ОБРАЗОВАНИЕ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

2025 ЕГЭ

ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

ФИЗИКА

УЧЕБНАЯ КНИГА УЧАСТНИКА ЕГЭ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ

БОЛЕЕ 1600 УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Москва
2025

sbor25.me

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
Характеристика экзаменационной работы 5
Инструкция по выполнению работы 6
Типовые бланки ответов ЕГЭ 7
Справочные данные 9
ВХОДНАЯ ДИАГНОСТИКА 11
ТЕМА 1. Механика. Кинематика 17
Задание 1 22
Задания 5 и 6 30
Тематический контроль 1 по теме «Механика. Кинематика» 36
Задание 22 39
Тематический контроль 2 по теме «Механика. Кинематика» 42
ТЕМА 2. Динамика 43
Задание 2 47
Задания 5 и 6 56
Тематический контроль 1 по теме «Динамика» . . 66
Задания 22 и 26 70
Тематический контроль 2 по теме «Динамика» . . 74
ТЕМА 3. Статика 76
Задание 4 80
Задания 5 и 6 85
Тематический контроль 1 по теме «Статика» . . . 92
Задания 22 и 26 95
Тематический контроль 2 по теме «Статика» . . . 99
ТЕМА 4. Законы сохранения в механике 101
Задание 3 106
Задания 5 и 6 119
Тематический контроль 1 по теме «Законы сохранения в механике» 134
Задания 22 и 26 137
Тематический контроль 2 по теме «Законы сохранения в механике» 144
ТЕМА 5. Механические колебания и волны 146
Задание 4 150
Задания 5 и 6 159
Тематический контроль 1 по теме «Механические колебания и волны» 167
Задание 22 170
ТЕМА 6. Молекулярная физика 173
Задание 7 179
Задания 9 и 10 185
Тематический контроль 1 по теме «Молекулярная физика» 194
Задания 21, 23 и 24 197
Тематический контроль 2 по теме «Молекулярная физика» 202
ТЕМА 7. Термодинамика 204
Задание 8 208
Задания 9 и 10 214
Тематический контроль 1 по теме «Термодинамика» 225
Задания 21, 23 и 24 228
Тематический контроль 2 по теме «Термодинамика» 234
ТЕМА 8. Электростатика 235
Задание 11 241
Задания 14 и 15 244
Тематический контроль 1 по теме «Электростатика» 253
Задания 21, 23 и 25 256
Тематический контроль 2 по теме «Электростатика» 261
ТЕМА 9. Законы постоянного тока 263
Задание 11 267
Задания 14 и 15 277
Тематический контроль 1 по теме «Законы постоянного тока» 284
Задания 21, 23 и 25 288
Тематический контроль 2 по теме «Законы постоянного тока» 293
ТЕМА 10. Магнитное поле 295
Задание 12 298
Задания 14 и 15 301
Тематический контроль 1 по теме «Магнитное поле» 307
Задания 21, 23 и 25 309
Тематический контроль 2 по теме «Магнитное поле» 313
ТЕМА 11. Электромагнитная индукция и электромагнитные колебания 315
Задание 12 319
Задание 13 325
Задания 14 и 15 329
Тематический контроль 1 по теме «Электромагнитная индукция и электромагнитные колебания» 339
Задания 21, 23 и 25 344
Тематический контроль 2 по теме «Электромагнитная индукция и электромагнитные колебания» 349
ТЕМА 12. Электромагнитные волны. Оптика 352
Задание 13 357
Задания 14 и 15 363
Тематический контроль 1 по теме «Электромагнитные волны. Оптика» 371
Задания 23 и 25 374
Тематический контроль 2 по теме «Электромагнитные волны. Оптика» 380
ТЕМА 13. Квантовая физика 381
Задание 16 385
Задание 17 389
Тематический контроль 1 по теме «Квантовая физика» 400
ИНТЕГРИРОВАННОЕ ЗАДАНИЕ 403
Задание 18 403
МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ 405
Задание 19 408
Задание 20 413
РАСЧЁТНАЯ ЗАДАЧА С ОБОСНОВАНИЕМ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ 420
Задание 26 421
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ 426
ОТВЕТЫ 432

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3{,}14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Соотношения между различными единицами

температура	0 К = −273 °С
атомная единица массы	1 а. е. м. = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж

Масса частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 а. е. м.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Плотность

воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	13600 кг/м^3
подсолнечного масла	900 кг/м^3		

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

парообразования воды	$2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2{,}5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление — 10^5 Па, температура — 0 °С

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

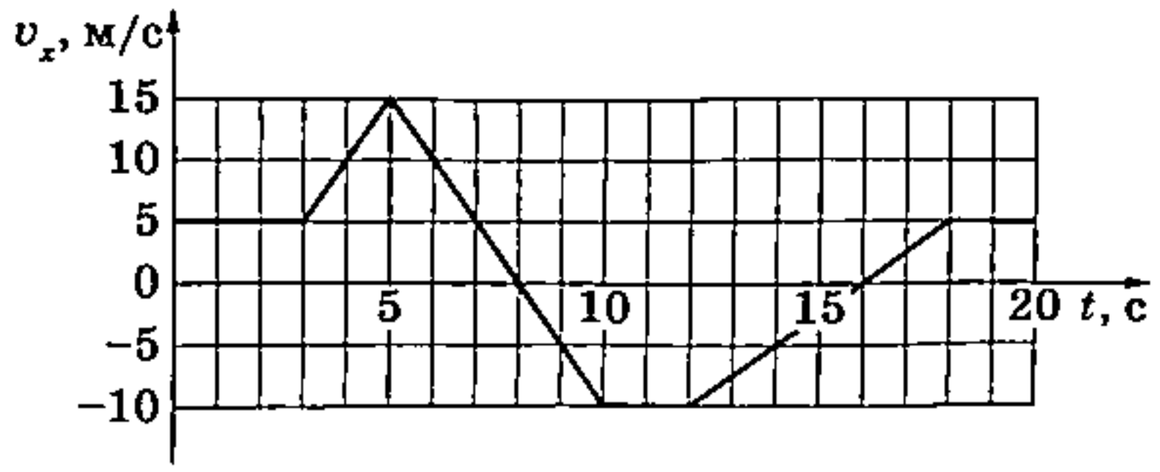
sbor25.me

ВХОДНАЯ ДИАГНОСТИКА

ЧАСТЬ 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

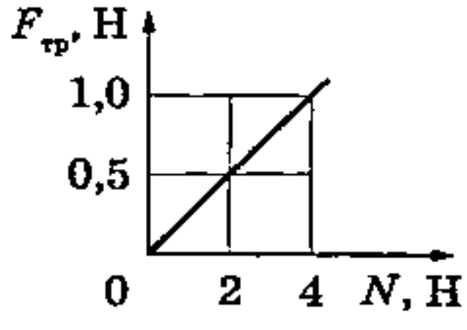
1 Тело движется прямолинейно вдоль оси Ox. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t.



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 12 до 18 с.

Ответ: _____ м.

2 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ бруска от модуля силы нормального давления N получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения.



Ответ: _____.

3 Автомобиль с выключенным двигателем сняли со стояночного тормоза, и он покатился под уклон, составляющий угол 30° с горизонтом. В начале горизонтального участка дороги, который следует за спуском, его скорость составляет 10 м/с. Какое расстояние автомобиль проехал по склону? Трением пренебречь.

Ответ: _____ м.

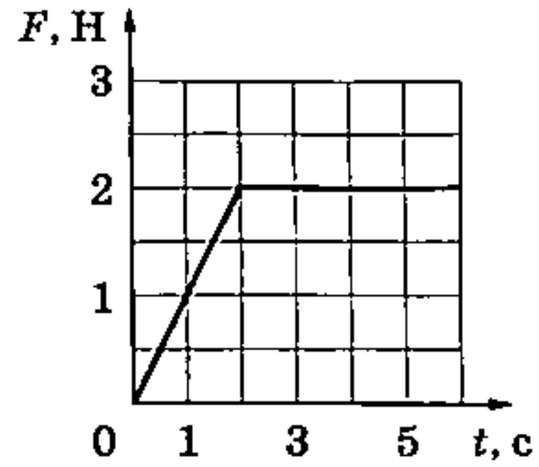
4 Колеблющаяся струна издаёт звук с длиной волны 0,17 м. Какова частота её колебаний, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: _____ Гц.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 Брусок массой 0,5 кг покоится на шероховатой горизонтальной плоскости. На него начинают действовать горизонтальной силой $\vec{F}$, модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2.

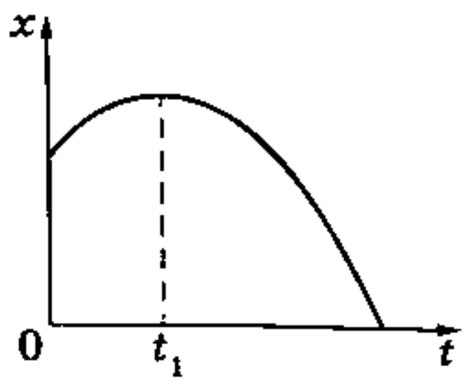


Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.

1) В промежутке от 1 до 2 с брусок покоился.
2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брусок, равна 1,5 Н.
3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1 с равна 0.
4) В момент времени 5 с ускорение бруска равно 2 м/с^2.
5) В промежутке от 2 до 4 с импульс бруска увеличился на 1 кг · м/с.

Ответ: _____.

6 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t.

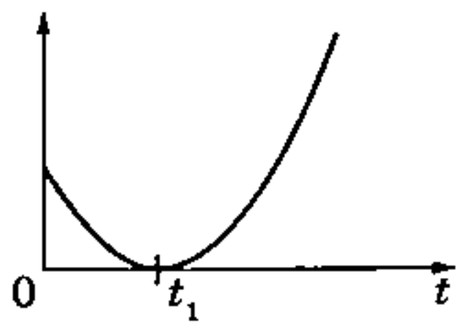


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

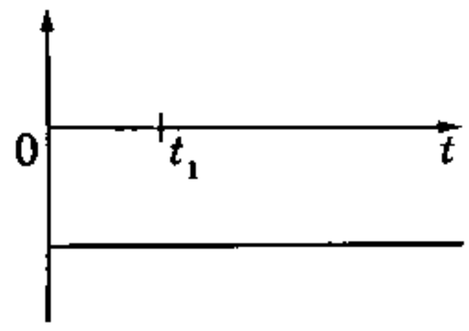
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль импульса тела
2) проекция перемещения тела на ось Ox
3) кинетическая энергия тела
4) проекция ускорения тела на ось Ox

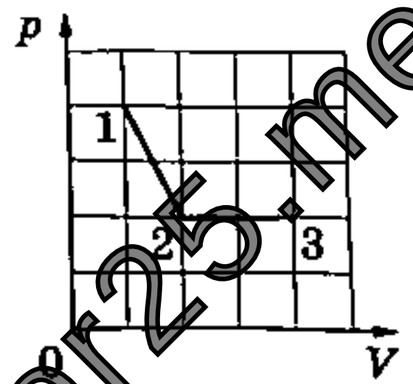
Ответ:

А	Б

7 В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ. Во сколько раз нужно уменьшить количество вещества газа в сосуде, чтобы после увеличения абсолютной температуры газа в 2 раза его давление стало вдвое меньше начального?

Ответ: в _____ раз(а).

8 На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ в этих двух процессах?



Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

9 Свинцовая заготовка в твёрдом агрегатном состоянии медленно нагревается в плавильной печи так, что подводимая к ней тепловая мощность постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры свинца с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	305	314	323	327	327	327	329	334

Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого экспериментального исследования.

1) Теплоёмкость свинца в твёрдом и жидком состоянии одинакова.
2) Процесс плавления образца продолжался более 20 мин.
3) Через 8 мин после начала измерений свинец частично расплавился.
4) Через 30 мин после начала измерений свинец полностью расплавился.
5) Температура плавления свинца в данных условиях равна 327 °C.

Ответ: _____.

10 Температуру нагревателя тепловой машины Карно понижают, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменяется. Как изменяются при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

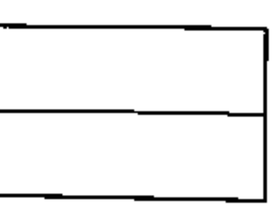
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

11 Плавкий предохранитель розетки бортовой электросети грузовика с напряжением 24 В снабжён надписью: «30 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в эту розетку, чтобы предохранитель не расплавился?

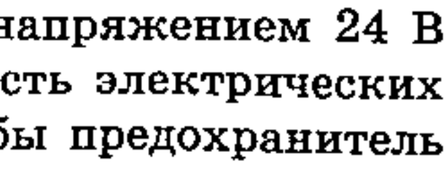
Ответ: _____ Вт.

12 В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos\omega t$, где $U_0 = 5$ В, $\omega = 500\pi$ с$^{-1}$. Определите период колебаний напряжения.



Ответ: _____ с.

13 Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен 20° (см. рисунок). Определите угол между падающим и отражённым лучами.

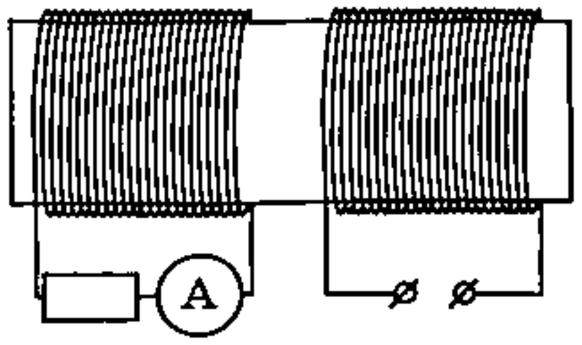


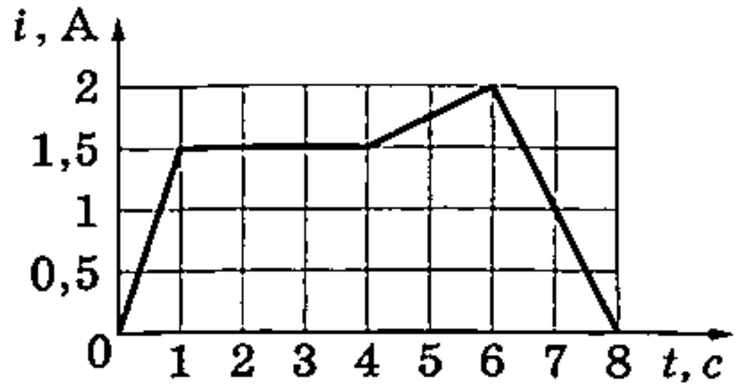
Ответ: _____ градусов.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14 На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику.





На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.

1) В промежутке 0–1 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
2) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 0–1 с больше, чем в промежутке 4–6 с.
3) В промежутках 0–1 и 6–8 с направления тока в правой катушке различны.
4) В промежутке 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.
5) В промежутке 6–8 с модуль индукции магнитного поля правой катушки равномерно уменьшается.

Ответ: _____.

15 Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на тройном фокусном расстоянии от неё. Предмет начинают отодвигать от линзы. Как меняются при этом оптическая сила линзы и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Оптическая сила линзы	Размер изображения

16 В свинцовую капсулу поместили радиоактивный актиний $^{227}_{89}\mathrm{Ac}$. Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа актиния останется в капсуле через 30 дней? Период полураспада актиния 10 дней.

Ответ: _____ %.

17 Монохроматический свет с энергией фотонов $E_ф$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{зап}$. Как изменятся длина волны падающего света и модуль запирающего напряжения $U_{зап}$, если частота падающих фотонов $E_ф$ уменьшится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{зап}$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

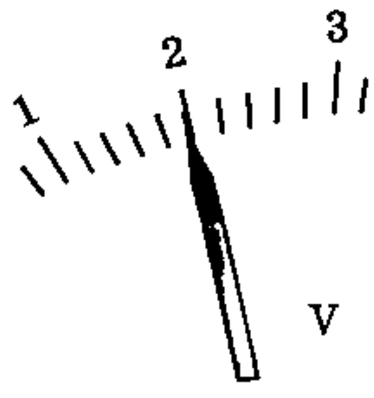
sbor25.me

18 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Материальной точкой можно считать тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
2) Теплопередача путём теплопроводности происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
3) В металлических проводниках электрический ток представляет собой упорядоченное движение электронов, происходящее на фоне их хаотического теплового движения.
4) Электромагнитные волны ультрафиолетового диапазона имеют меньшую длину волны, чем радиоволны.
5) Массовое число ядра равно массе всех протонов в ядре.

Ответ: .

19 Определите показания вольтметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения составляет половину цены деления вольтметра.



Ответ: (____ ± ____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20 Необходимо сделать нитяной маятник и с его помощью экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник уже взял штатив с муфтой и лапкой, медный шарик и нить.

Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) линейка
2) мензурка
3) электронные весы
4) секундомер
5) динамометр

В ответе запишите номера выбранных ответов.

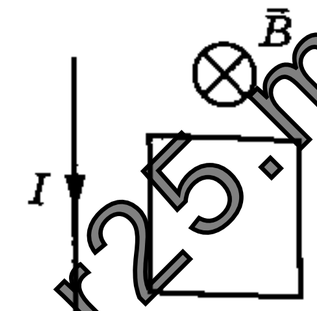
Ответ: ☐☐

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

ЧАСТЬ 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21 Прямолинейный проводник с током и проводящая рамка лежат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля. Опираясь на законы физики, укажите направление силы, действующей на рамку, когда величина магнитной индукции $\vec{B}$ увеличивается.

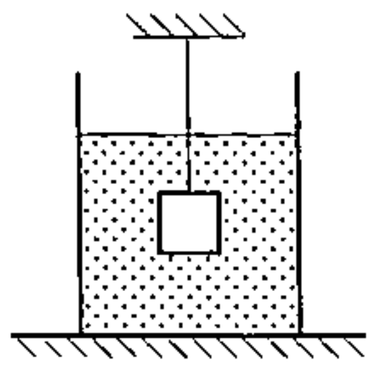


© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

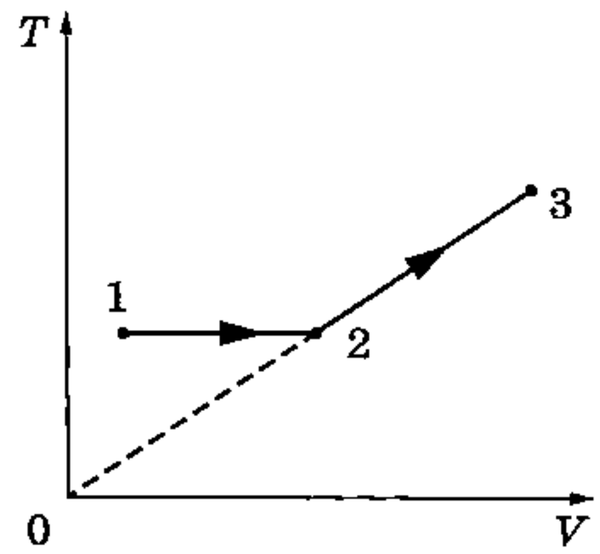
Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22 Груз массой $m = 1{,}5$ кг и объёмом $V = 10^{-3}$ м^3, подвешенный на тонкой нити, целиком погружён в керосин и не касается дна сосуда (см. рисунок). Найдите модуль силы натяжения нити.

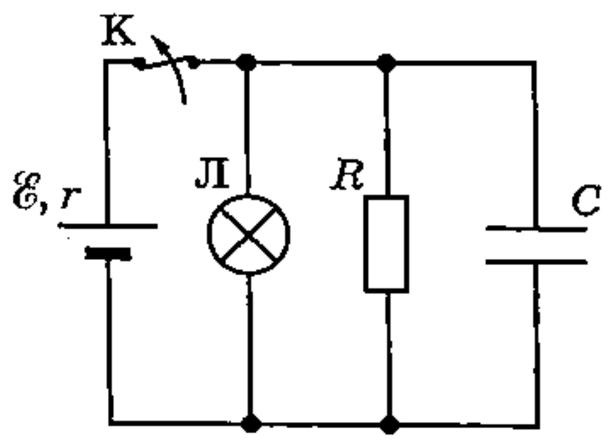


23 Плоская монохроматическая световая волна с частотой $4{,}5 \cdot 10^{14}$ Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 36 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядка равно 30 мм. Сколько штрихов на 1 мм содержит эта дифракционная решётка? Считать для малых углов ($\varphi \ll 1$ в радианах) $\mathrm{tg}\varphi \approx \sin\varphi \approx \varphi$.

24 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах T–V. Известно, что в процессе 1–2 газ совершил работу 3 кДж, а в процессе 2–3 объём газа V увеличился в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 3 равна 600 К?



25 К аккумулятору с ЭДС 50 В и внутренним сопротивлением 4 Ом подключили лампу сопротивлением 10 Ом и резистор сопротивлением 15 Ом, а также конденсатор ёмкостью 100 мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на лампе?



26 В установке, изображённой на рисунке, масса грузика m подобрана так, что первоначально покоящаяся тележка после толчка вправо движется равномерно по поверхности трибометра.



Во сколько раз масса грузика m меньше массы тележки M, если после толчка влево тележка движется с ускорением 2 м/с^2? Блок идеален. Нить невесома и нерастяжима. Силу сопротивления движению тележки считать постоянной и одинаковой в обоих случаях. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 1. МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Механическое движение — изменение положения тела в пространстве относительно других тел (или изменение формы тела) с течением времени.

Механическое движение вследствие этого определения **относительно**: то, как движется тело, зависит от того, относительно какого предмета рассматривается это движение.

Пример: чемодан неподвижно лежит на полке вагона, но вместе с поездом движется относительно Земли.

Система отсчёта служит для количественного описания механического движения. Поэтому вследствие определения механического движения систему отсчёта образуют:
1) тело отсчёта (не меняющее своей формы);
2) система координат, жёстко связанная с телом отсчёта;
3) часы (прибор для измерения времени), жёстко связанные с телом отсчёта.

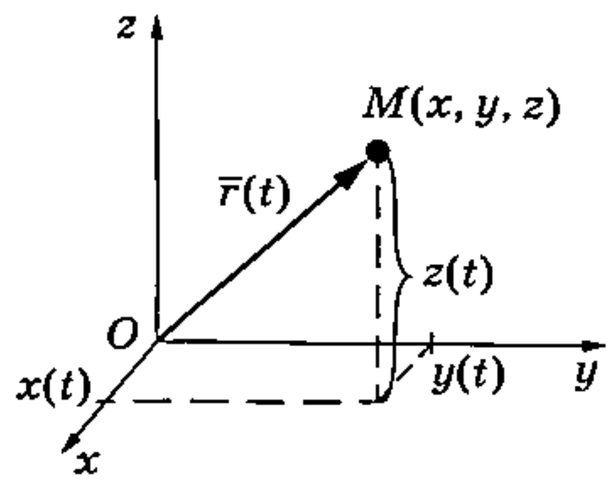
Материальная точка — модель тела, представляющая собой геометрическую точку, с которой связаны масса тела, его заряд и т. п.
Материальная точка — простейшая модель реального тела. Эта модель применима, если размерами тела можно пренебречь в данной задаче.

Два самых частых примера таких задач:

- пройденное телом расстояние много больше размеров самого тела (автомобиль проехал 100 км);
- случай поступательного движения твёрдого тела (см. ниже). В этом случае все точки тела движутся одинаково, поэтому достаточно исследовать движение одной точки тела.

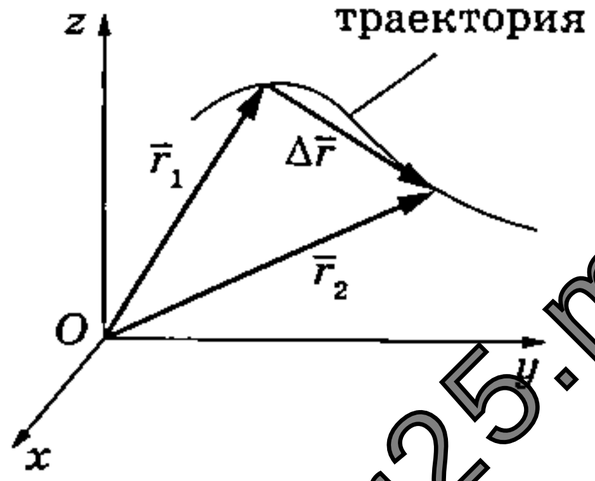
Прежде чем описывать изменение положения материальной точки, надо задать само это положение. Выбираем систему отсчёта, затем из начала координат в точку, в которой находится тело M в момент времени t, проводим **радиус-вектор** $\vec{r}(t)$.

Положение тела M в момент времени t можно задать и его координатами $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$.



Очевидно, что $\vec{r}(t) = \big(x(t),\ y(t),\ z(t)\big)$.

Тело в процессе своего движения проходит через точки, неподвижные в данной системе отсчёта. Эти точки образуют линию — **траекторию** движения тела в этой системе отсчёта.



В другой системе отсчёта, движущейся относительно данной, эти точки движутся, поэтому в новой системе отсчёта они не образуют траекторию. Таким образом, траектория тела в разных системах отсчёта получается разной. Это одна из иллюстраций **относительности движения.**

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Вектор $\Delta\vec{r}$, соединяющий два положения тела, называется перемещением тела.

По определению

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (\Delta x, \Delta y, \Delta z) = (x_2 - x_1,\ y_2 - y_1,\ z_2 - z_1).$$

Если за время Δt перемещение тела в системе отсчёта 1 составит $\Delta\vec{r}_1$, в системе отсчёта 2 составит $\Delta\vec{r}_2$, а перемещение системы отсчёта 2 относительно системы отсчёта 1 составит $\Delta\vec{r}_0$, то эти перемещения связаны друг с другом законом **сложения перемещений:** $\Delta\vec{r}_1 = \Delta\vec{r}_2 + \Delta\vec{r}_0$.

(Ещё одна иллюстрация относительности движения.)

Путь — расстояние, пройденное телом по траектории.

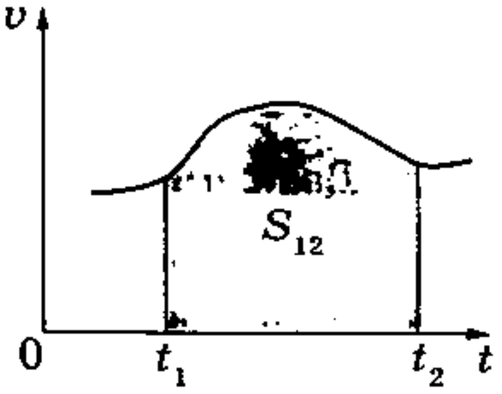
В общем случае это расстояние не совпадает с расстоянием между начальным и конечным положением тела и не равно длине траектории.

Пример: сделав два оборота по окружности радиусом R, материальная точка проходит путь $4\pi R$, длина траектории (окружности) равна $2\pi R$, а расстояние между начальным и конечным положением тела равно 0.

Путь — скалярная величина, как и любое расстояние.

Один из равносильных рецептов вычисления пути: путь равен сумме длин дуг траектории, проходимых по одному разу. Если дуга траектории проходится повторно, её длина добавляется в сумму. Другой равносильный рецепт: пройденный путь равен площади криволинейной трапеции под графиком зависимости модуля скорости тела от времени (см. рисунок).

Остаётся добавить, что путь, исходя из определения, является неотрицательной монотонно неубывающей функцией времени.



Скорость материальной точки — векторная величина, характеризующая быстроту изменения положения тела, т. е. быстроту движения.

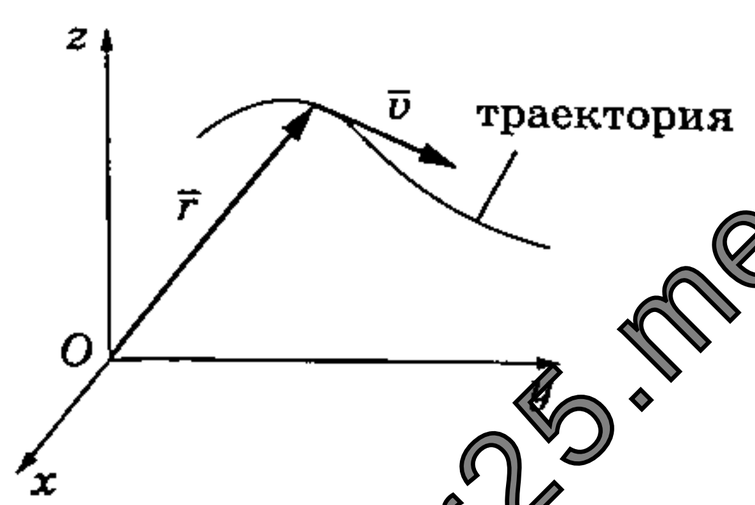
Поэтому скорость определена следующим образом:

$$\vec{v} = \left.\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \vec{r}\,'_t = (v_x, v_y, v_z),\ v_x = \left.\frac{\Delta x}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = x'_t,$$

аналогично $v_y = y'_t$, $v_z = z'_t$.

Вследствие этого определения скорость всегда направлена по касательной к траектории. При этом угол между $\vec{r}(t)$ и $\vec{v}(t)$ может быть любым.

Из закона сложения перемещений следует закон **сложения скоростей:** если скорость тела в первой системе отсчёта равна $\vec{v}_1$, во второй системе отсчёта равна $\vec{v}_2$, а вторая система отсчёта движется относительно первой со скоростью $\vec{v}_0$, то $\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0$.



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Ускорение материальной точки — векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела.

Поэтому построение ускорения через изменение скорости совпадает с построением скорости через изменение радиус-вектора:

$$\vec{a} = \left.\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \vec{v}_t' = \left(a_x, a_y, a_z\right), a_x = \left.\frac{\Delta v_x}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \left(v_x\right)_t'.$$

Аналогично $a_y = \left(v_y\right)_t'$, $a_z = \left(v_z\right)_t'$.

Если $\vec{a} \perp \vec{v}$, то изменяется только направление вектора $\vec{v}$, его модуль не меняется. Если $\vec{a} \parallel \vec{v}$, то изменяется только модуль вектора $\vec{v}$, а его направление не меняется.

Равномерное прямолинейное движение: тело движется по прямой с постоянной скоростью.

По этой прямой направим ось Ox. Тогда

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t, \\ v_x(t) = v_{0x} = \text{const}, \\ a_x = 0. \end{cases}$$

Константы x_0 и v_{0x} могут иметь любой знак. Если направление $\vec{v}_0$ совпадает с направлением оси Ox, то $v_{0x} = v_0 > 0$. Если вектор $\vec{v}_0$ направлен в обратную сторону, то $v_{0x} = -v_0 < 0$.

За конечное время тело проходит конечный отрезок прямой. Он и будет в этом случае траекторией тела. Если считать, что $t \in (-\infty, +\infty)$, то траектория тела — вся прямая $x \in (-\infty, +\infty)$.

Равноускоренное прямолинейное движение: тело движется по прямой с постоянным ускорением.

По этой прямой направим ось Ox. Тогда

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t + \dfrac{a_x t^2}{2}, \\ v_x(t) = v_{0x} + a_x t, \\ a_x = \text{const}. \end{cases}$$

Отсюда следует, что $v_2^2 - v_1^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$.

Константы x_0, v_{0x} и a_x могут иметь любой знак. Если направление $\vec{a}$ совпадает с направлением оси Ox, то $a_x = a > 0$. Если вектор $\vec{a}$ направлен в обратную сторону, то $a_x = -a < 0$.

За конечное время тело проходит конечный отрезок прямой. Он и будет в этом случае траекторией тела. Если считать, что $t \in (-\infty, +\infty)$, то траектория тела — луч, направленный в положительную сторону оси Ox при $a_x > 0$ и в отрицательную сторону оси Ox при $a_x < 0$.

Свободное падение — движение тела под действием только силы тяжести (все остальные силы отсутствуют или уравновешивают друг друга).

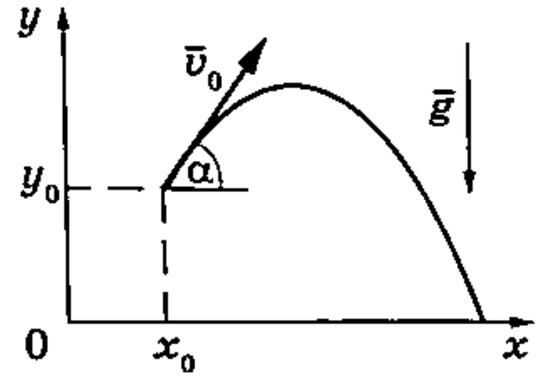
Ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли (или другой планеты) в пределах ограниченных перемещений считается постоянным по величине и направлению. С точностью не хуже 1 % это справедливо в пределах нескольких километров по высоте над уровнем моря и нескольких десятков километров вдоль поверхности Земли. Если это не так (например,

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

из-за присутствия рудной залежи больших размеров с высокой плотностью), то такая аномалия должна быть оговорена в условии задачи.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, представляет собой частный случай свободного падения и происходит в плоскости, в которой лежат векторы $\vec{v}_0$ и $\vec{g}$. Оси системы координат, связанной с Землёй, направим в этой плоскости следующим образом: ось Oy — параллельно вектору $\vec{g}$ вверх (вертикально), ось Ox — перпендикулярно вектору $\vec{g}$ (горизонтально). Тогда



$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos\alpha \cdot t, \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \dfrac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin\alpha \cdot t - \dfrac{gt^2}{2}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos\alpha, \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin\alpha - gt. \end{cases}$$

$$\begin{cases} g_x = 0, \\ g_y = -g = \text{const}. \end{cases}$$

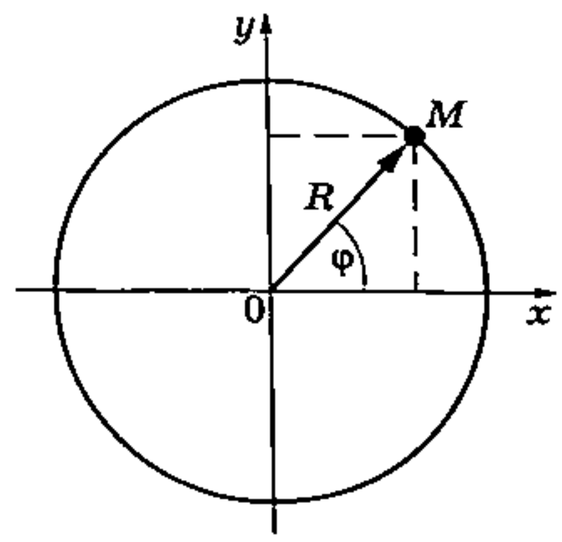
Траектория движения тела в данном случае — парабола. Действительно, положим для простоты $x_0 = 0$, $y_0 = 0$. Выразим t через x: $t = \dfrac{x}{v_0 \cos\alpha}$. Этот результат подставим в выражение $y(t)$ и получим уравнение траектории

$$y(x) = x \cdot tg\alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\alpha}.$$

В данном случае это уравнение параболы.

Движение тела по окружности.

Положение точки M на окружности можно задать её декартовыми координатами $(x = R\cos\varphi,\ y = R\sin\varphi)$ или полярными координатами $(R,\ \varphi)$.



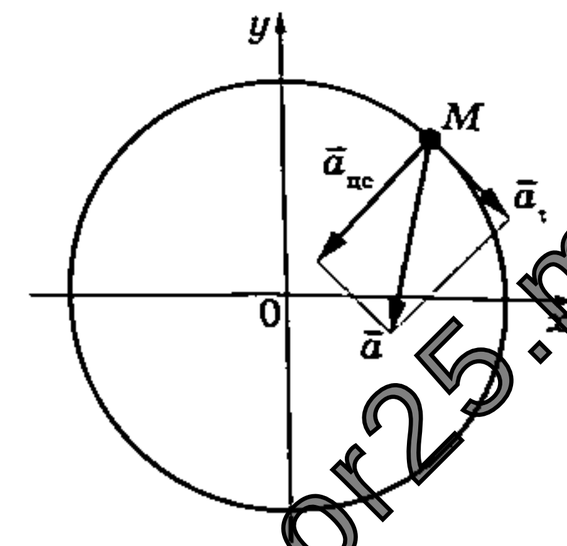
Угловая скорость ω описывает быстроту изменения угла φ:

$$\omega = \left.\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \varphi'_t.$$

Угловая скорость точки ω связана с её линейной скоростью v (т. е. с модулем обычной скорости) равенством: $v = |\omega| R.$

Центростремительное ускорение точки: $a_{цс} = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 R.$

Центростремительное ускорение точки направлено по радиусу к центру окружности. Поэтому $\vec{a}_{цс} \perp \vec{v}$. Значит, если у точки есть только центростремительное ускорение, точка движется по окружности равномерно, т. е. модуль v её скорости не меняется. Если v меняется, то у точки, помимо центростремительного ускорения $\vec{a}_{цс}$, должна быть тангенциальная (касательная) составляющая ускорения $\vec{a}_\tau$. В этом случае ускорение точки $\vec{a} = \vec{a}_{цс} + \vec{a}_\tau$.



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

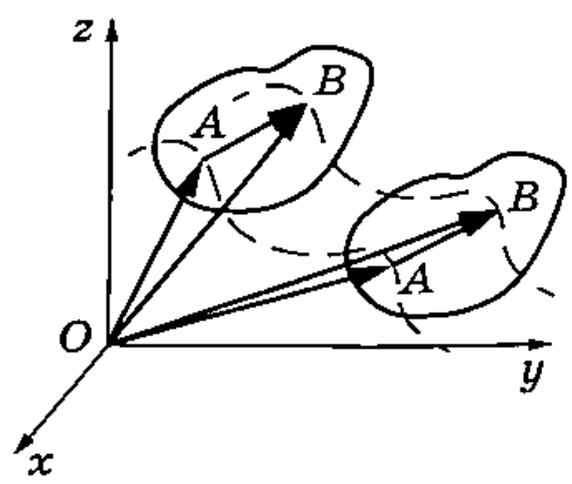
При равномерном движении по окружности $\omega = \text{const}$. В этом случае угловая скорость ω связана с периодом T и частотой обращения точки $\nu = \frac{1}{T}$ равенствами

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Твёрдое тело — модель реального тела. Тело называется твёрдым, если расстояние между любыми двумя его точками в процессе движения остаётся постоянным.

Поступательное движение твёрдого тела. Выберем две произвольные точки твёрдого тела и проведём через них прямую. Если в процессе движения эта прямая сохраняет своё направление, движение называется поступательным.

При поступательном движении твёрдое тело можно описать моделью материальной точки даже в том случае, когда размеры тела значительно больше модуля его перемещения. Это значит, что, зная движение одной точки твёрдого тела, мы знаем движение и любой другой точки этого тела. Действительно, выберем две произвольные точки твёрдого тела A и B. В любой момент времени их радиус-векторы связаны равенством $\vec{r}_B = \vec{r}_A + \overrightarrow{AB}$, причём по определению поступательного движения $\overrightarrow{AB} = \text{const}$. Тогда очевидно, что траектории точек A и B — одинаковые кривые, параллельные друг другу (на рисунке показаны пунктиром). Перемещения точек A и B за одно и то же время Δt одинаковы:



$$\Delta\vec{r}_B = \vec{r}_B(t+\Delta t) - \vec{r}_B(t) = \left[\vec{r}_A(t+\Delta t) + \overrightarrow{AB}\right] - \left[\vec{r}_A(t) + \overrightarrow{AB}\right] = \vec{r}_A(t+\Delta t) - \vec{r}_A(t) = \Delta\vec{r}_A.$$

Отсюда, в свою очередь, следует, что в один и тот же момент времени $\vec{v}_B = \vec{v}_A$ и $\vec{a}_B = \vec{a}_A$. Другими словами, точки A и B твёрдого тела при его поступательном движении движутся одинаково по параллельным траекториям.

Вращательное движение твёрдого тела. В этом случае все точки твёрдого тела движутся по окружностям, причём в один и тот же момент времени угловые скорости всех точек одинаковы. Плоскости окружностей параллельны друг другу, центры окружностей лежат на прямой, именуемой осью вращения и направленной перпендикулярно плоскостям окружностей.

Теорема: любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движения.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

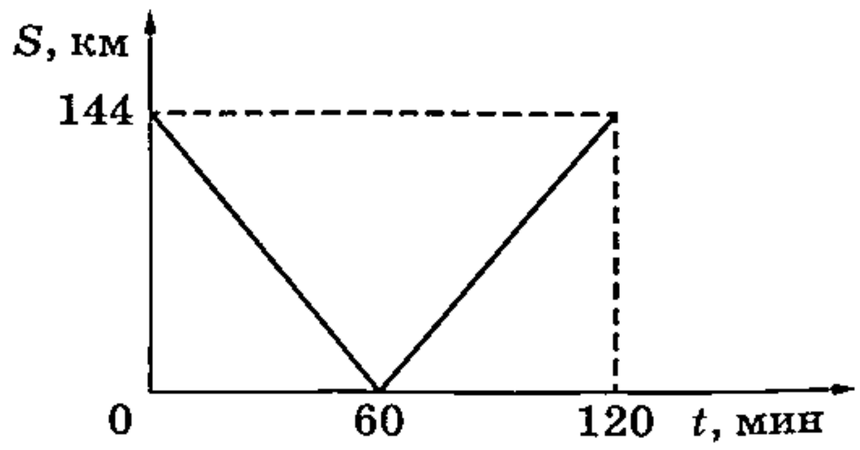
Sbor25.me

ЗАДАНИЕ 1

Что нужно знать	Что нужно уметь
Равномерное прямолинейное движение (стр. 19)	Определять по графику зависимости координаты тела от времени $x(t)$ проекцию скорости движения тела и её модуль, среднюю скорость, путь и перемещение тела на заданном интервале времени. Вычислять перемещение и путь тела по графику зависимости $v_x(t)$
Равноускоренное прямолинейное движение (стр. 19)	По графикам зависимости проекции скорости движения тела от времени $v_x(t)$ определять проекцию ускорения тела на заданном интервале времени. Вычислять перемещение и путь тела по графику зависимости $v_x(t)$

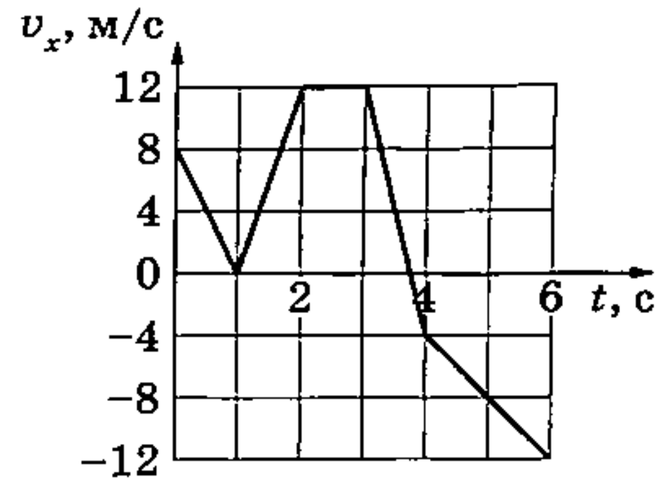
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показана зависимость расстояния между автомобилями от времени. Скорость первого автомобиля 15 м/с. 1) Чему равна скорость первого автомобиля относительно второго? 2) С какой скоростью движется второй автомобиль? 3) На каком расстоянии друг от друга будут автомобили через 15 минут после начала движения? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Из графика видно, что первоначально автомобили находились на расстоянии 144 км друг от друга. Согласно графику через 60 минут движения расстояние между автомобилями сократилось до нуля. Следовательно, скорость первого автомобиля относительно второго равна $$v_{отн} = \frac{S}{t} = \frac{144\,000}{60 \cdot 60} = 40 \text{ м/с}.$$ Ответ: 40 м/с. 2) Поскольку автомобили двигались навстречу друг другу, $v_{отн} = v_1 + v_2$. Значит, $v_2 = v_{отн} - v_1 = 40 - 15 = 25$ м/с. Ответ: 25 м/с. 3) Через 15 минут после начала движения расстояние между автомобилями составит $$S_1 = S - v_{отн} t_1 = 144\,000 - 40 \cdot 15 \cdot 60 = 108\,000 \text{ м} = 108 \text{ км}.$$ Ответ: 108 км

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

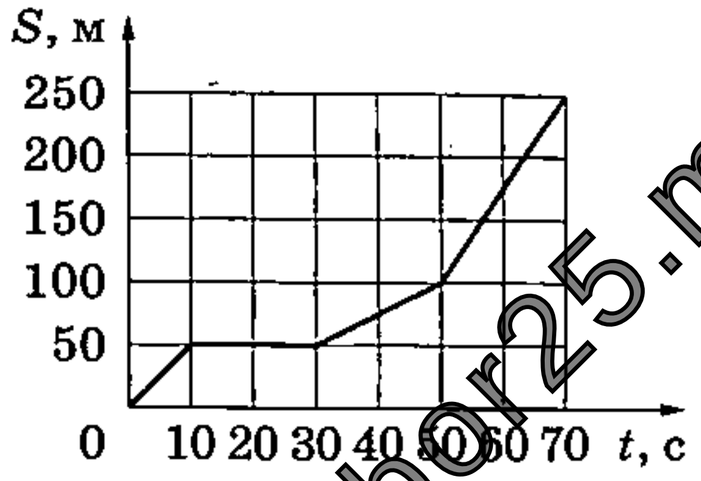
Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. 1) Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 3 до 4 с? 2) Какова проекция S_x перемещения тела в интервале времени от 4 до 6 с? 3) Определите среднюю скорость движения тела в интервале времени от 0 до 2 с 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Для определения проекции ускорения тела воспользуемся формулой $$a_x = \frac{v(4) - v(3)}{\Delta t} = \frac{-4 - 12}{4 - 3} = -16 \text{ м/с}^2.$$ Ответ: -16 м/с^2. 2) Проекцию перемещения в интервале времени от 4 до 6 с можно определить аналитически с помощью формулы $S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$, где $t = 2$ с, $v_{0x} = -4$ м/с, $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} = \frac{-12 - (-4)}{2} = -4$ м/с^2. Таким образом, $S_x = -4 \cdot 2 + \frac{-4 \cdot 2^2}{2} = -16$ м. Отрицательное значение проекции перемещения тела показывает, что тело двигалось в отрицательном направлении оси Ox. Существенно проще этот результат можно получить, используя графическую интерпретацию перемещения тела с помощью графика зависимости проекции скорости от времени. Как известно, проекция перемещения тела численно равна площади фигуры, образованной отрезком графика проекции скорости, осью времени и перпендикулярами, опущенными из начальной и конечной точек графика на ось времени. В данном случае фигура представляет собой прямоугольную трапецию с основаниями −4 м/с, −12 м/с и высотой 2 с. Значит, $$S_x = \frac{-4 - 12}{2} \cdot 2 = -16 \text{ м}.$$ Ответ: −16 м. 3) Средняя скорость определяется выражением $v_{ср} = \frac{L_{Общ}}{t_{Общ}}$, где $t_{Общ} = 2$ с. Пользуясь графическим способом определения перемещения, найдём численное значение общего перемещения за 2 с как сумму площадей двух треугольников $L_{Общ} = S_{0\text{-}1} + S_{1\text{-}2} = \frac{8 \cdot 1}{2} + \frac{12 \cdot 1}{2} = 10$ м. Таким образом, $$v_{ср} = \frac{10}{2} = 5 \text{ м/с}.$$ Ответ: 5 м/с

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

1
1

На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t. Определите скорость велосипедиста в интервале времени от 50 до 70 с.



Ответ: _____ м/с.

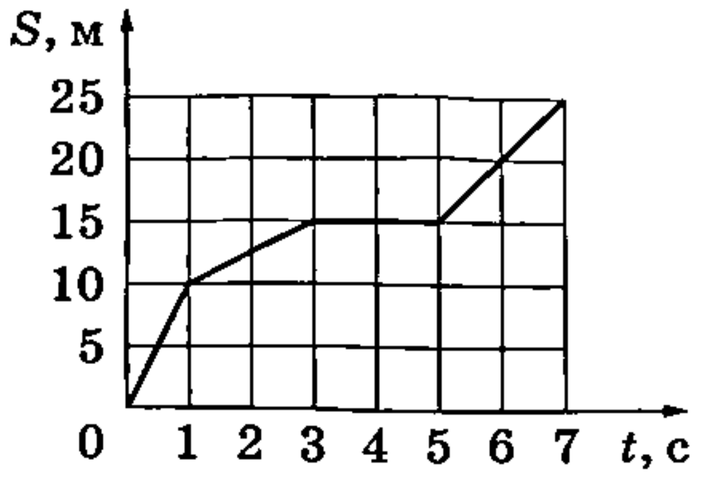
БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

1 2

На рисунке представлен график зависимости пути S, пройденного материальной точкой, от времени t. Определите скорость материальной точки в интервале времени от 1 до 3 с.

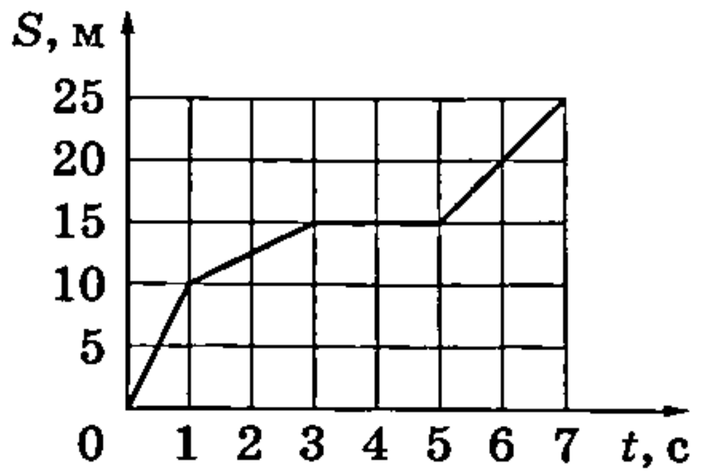


Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 3

На рисунке представлен график зависимости пути S, пройденного материальной точкой, от времени t. Определите скорость материальной точки в интервале времени от 5 до 7 с.

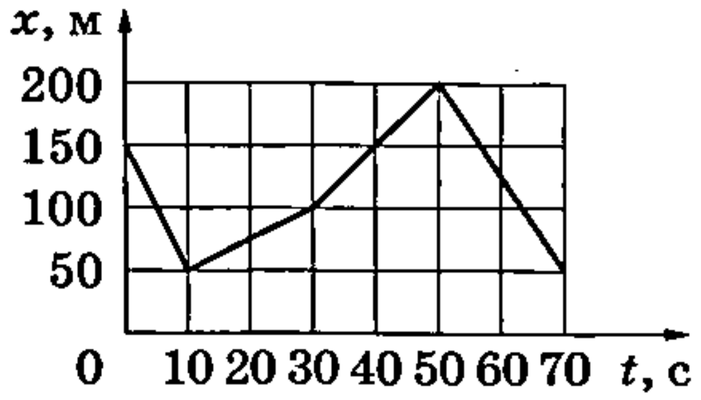


Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 4

На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t. Определите проекцию v_x скорости велосипедиста в интервале времени от 30 до 50 с.

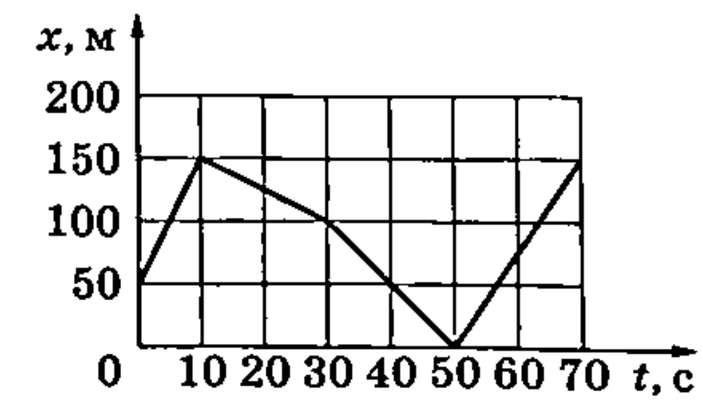


Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 5

На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t. Определите проекцию v_x скорости велосипедиста в интервале времени от 30 до 50 с.

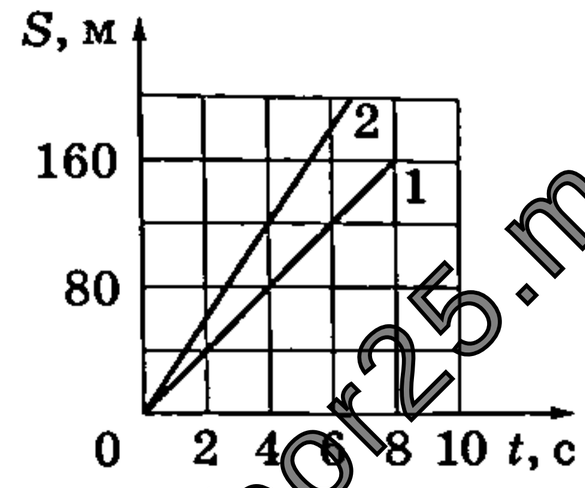


Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 6

На рисунке представлены графики зависимости пройденного пути от времени для двух тел. Определите, во сколько раз скорость второго тела v_2 больше скорости первого тела v_1.



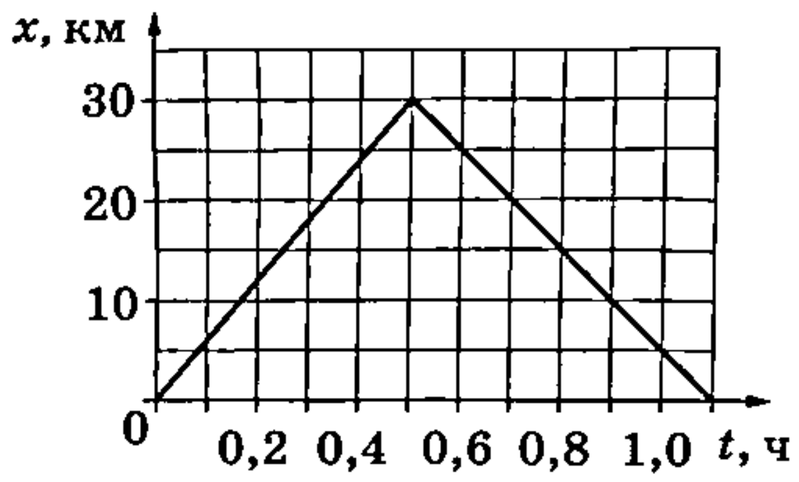
Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

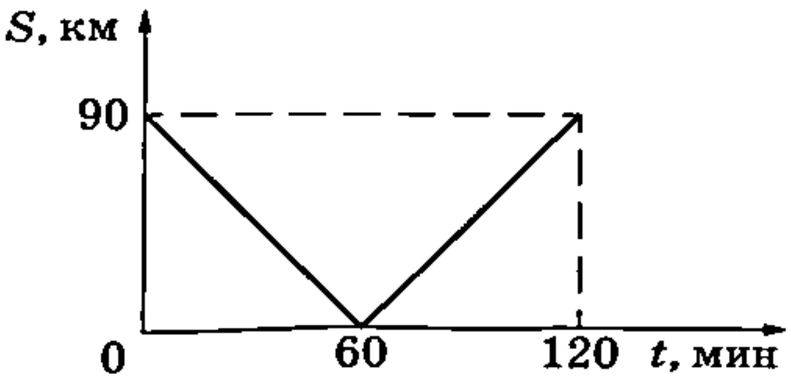
1 7 На рисунке представлен график движения автобуса из пункта А в пункт Б и обратно. Пункт А находится в точке $x = 0$, а пункт Б — в точке $x = 30$ км. Чему равна скорость автобуса на пути из Б в А?



Ответ: _____ км/ч.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

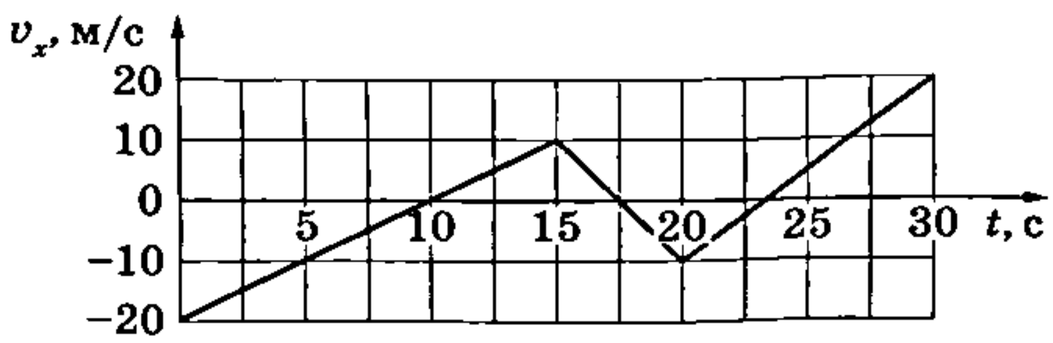
1 8 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показано **изменение** расстояния между автомобилями с течением времени. Какова скорость первого автомобиля в системе отсчёта, связанной со вторым автомобилем?



Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

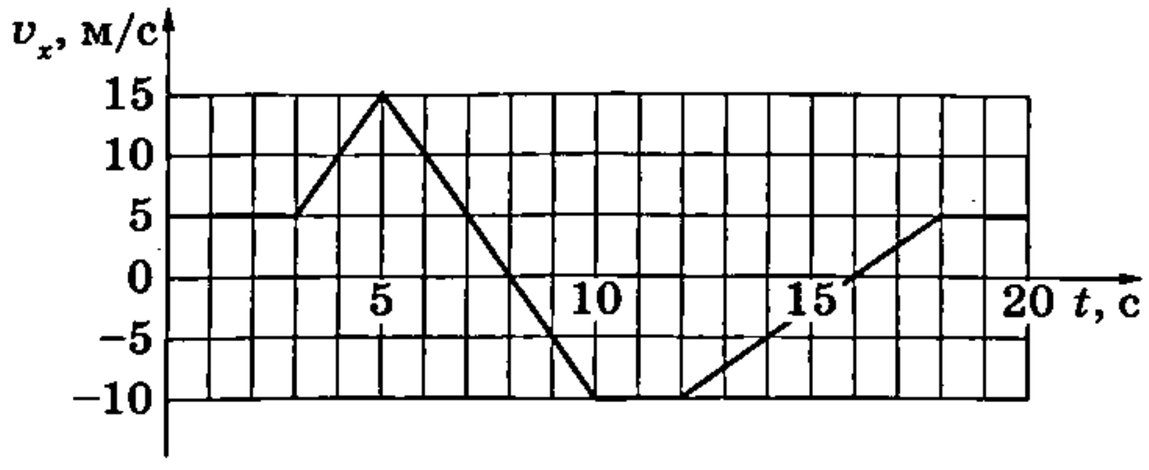
1 9 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 0 до 10 с.



Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 10 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t.

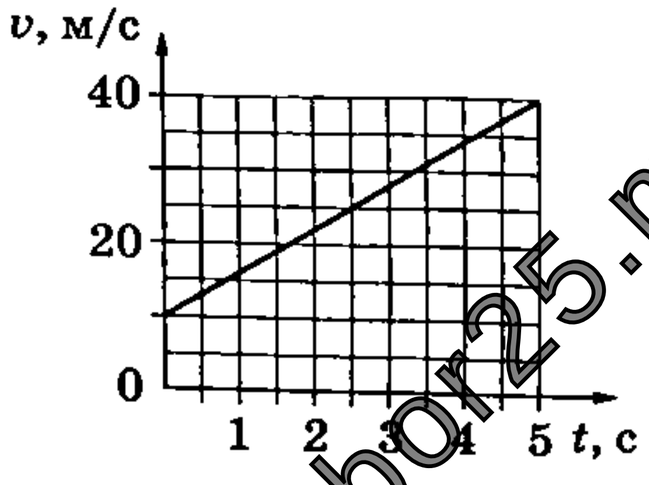


Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 11 На графике приведена зависимость скорости v прямолинейно движущегося тела от времени t. Определите ускорение тела.



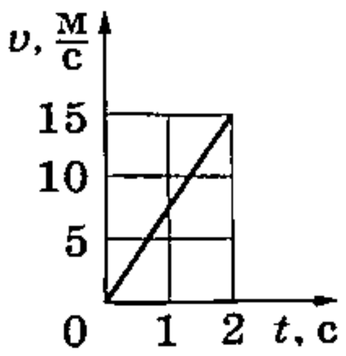
Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

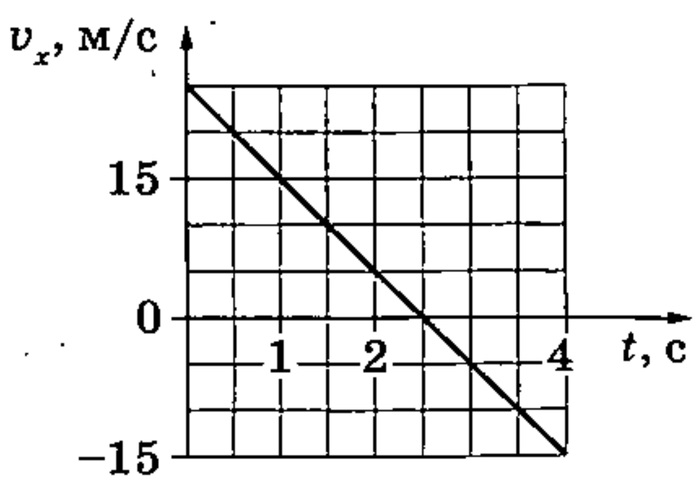
1 12 Используя график зависимости модуля скорости от времени (см. рисунок), определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени $t = 1$ с.



Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

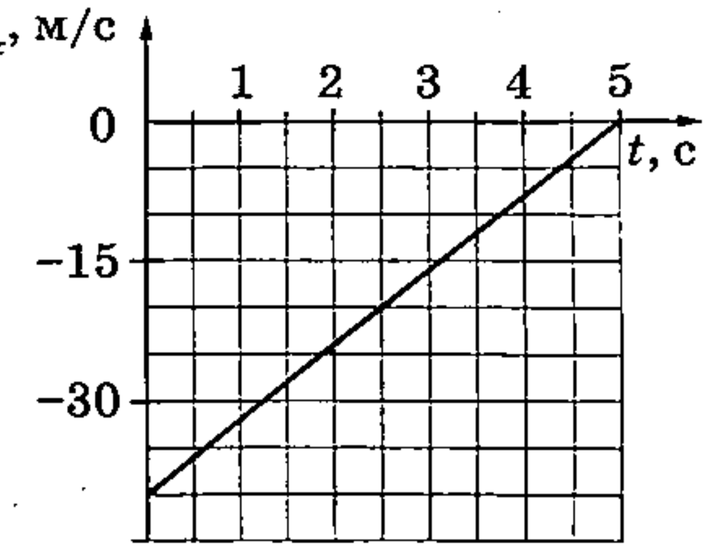
1 13 На графике приведена зависимость проекции v_x скорости тела от времени t при прямолинейном движении по оси Ox. Определите проекцию a_x ускорения тела.



Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

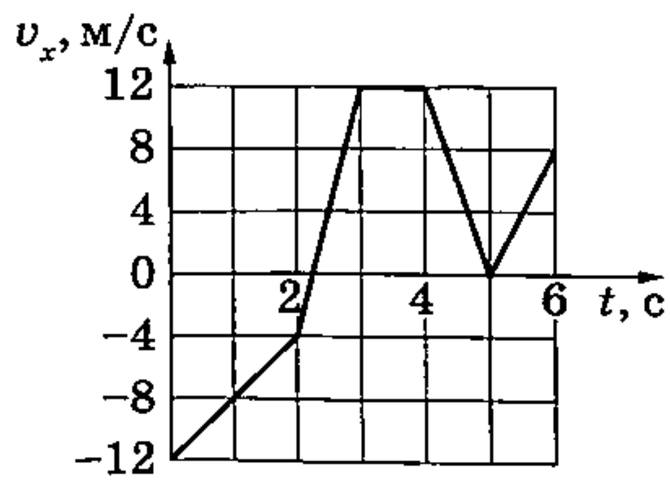
1 14 На графике приведена зависимость проекции v_x скорости тела от времени t при прямолинейном движении по оси Ox. Определите проекцию a_x ускорения тела.



Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

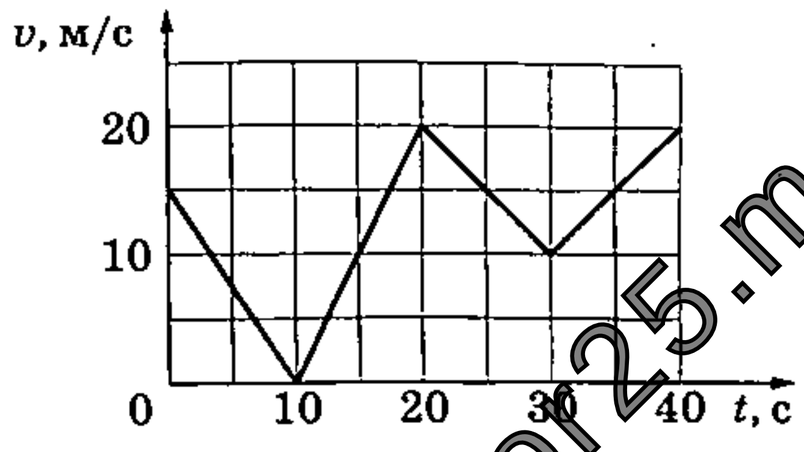
1 15 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. Какова проекция a_x ускорения этого тела в момент времени 2,4 с?



Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 16 Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите модуль минимального ускорения автомобиля за время наблюдения.



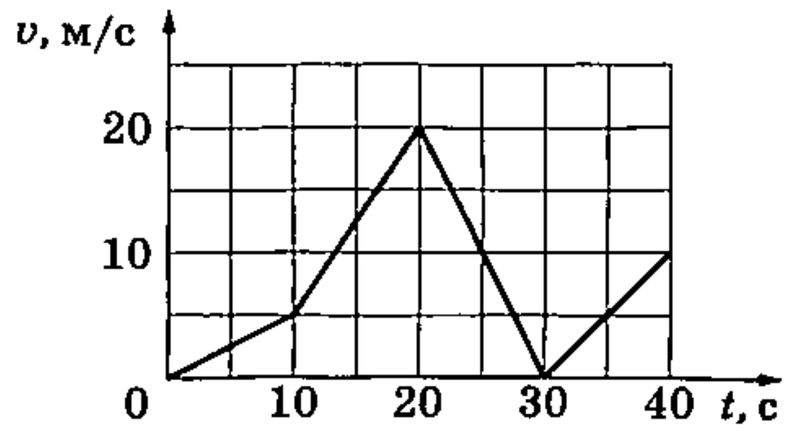
Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

1 17

Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите модуль максимального ускорения автомобиля за время наблюдения.

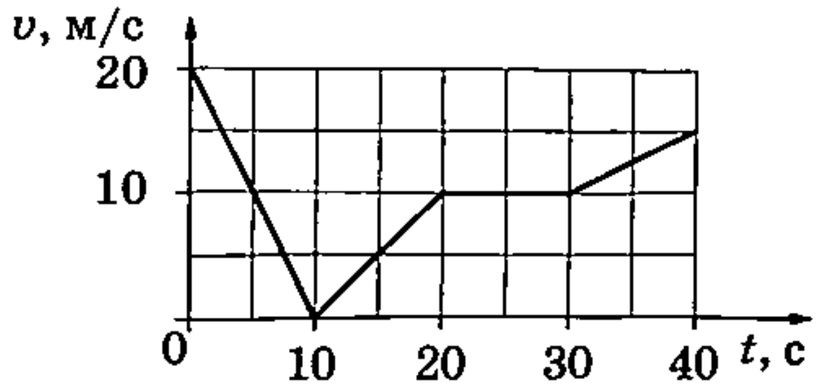


Ответ: _____ м/с².

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 18

На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите путь, пройденный автомобилем в течение интервала времени от 0 до 10 с.

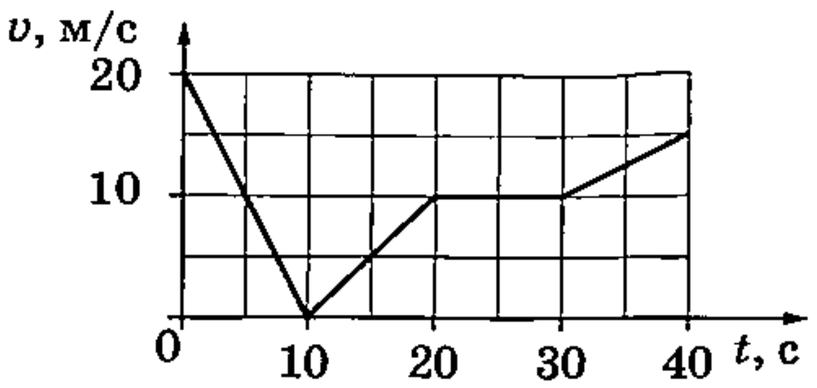


Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 19

На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите путь, пройденный автомобилем в течение интервала времени от 20 до 40 с.

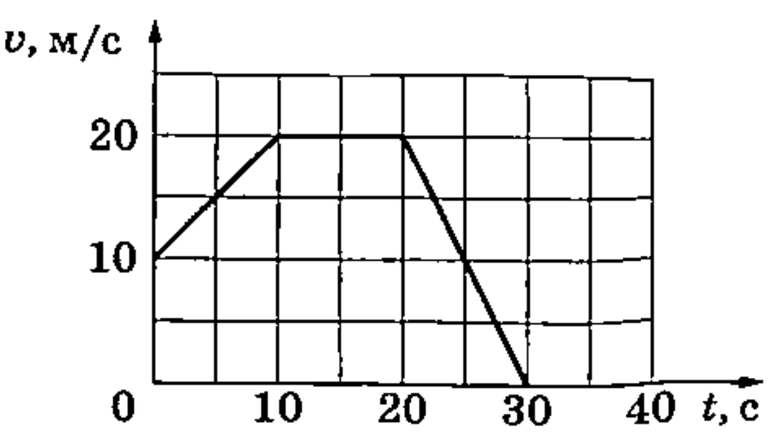


Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 20

На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите путь, пройденный автомобилем за 20 с от момента начала наблюдения.

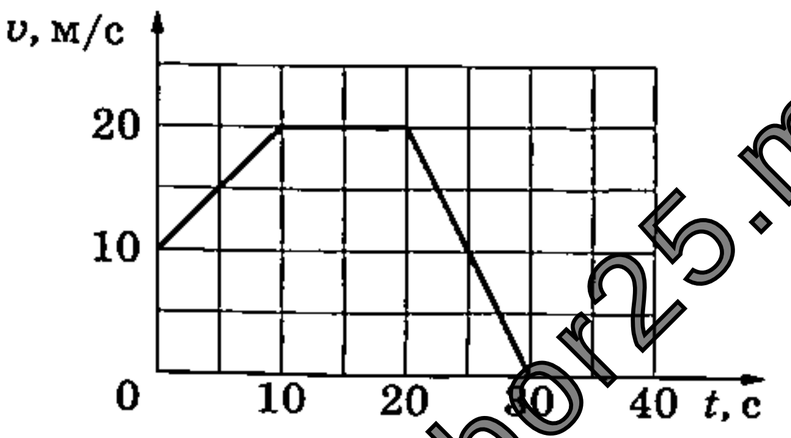


Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 21

На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.
Определите путь, пройденный автомобилем за 30 с от момента начала наблюдения.



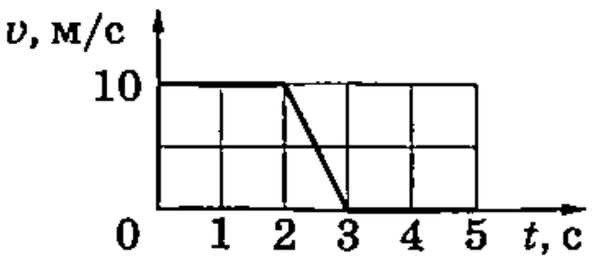
Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

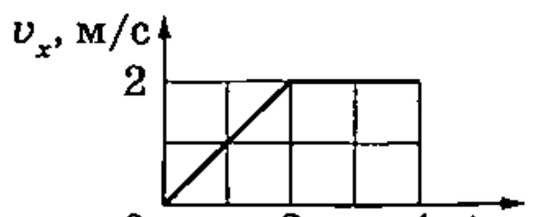
1 22 На рисунке представлен график зависимости скорости υ автомобиля от времени t. Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 3 с.



Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

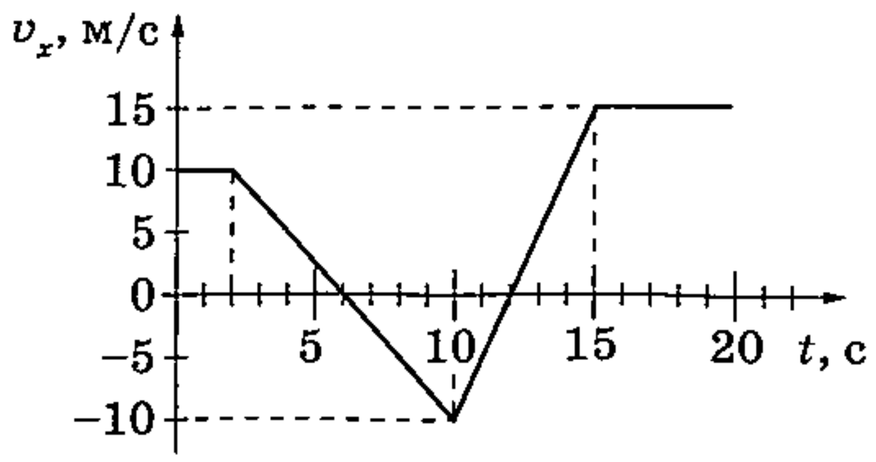
1 23 Тело движется вдоль оси Ox. На графике показана зависимость проекции скорости тела на ось Ox от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени $t = 4$ с?



Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

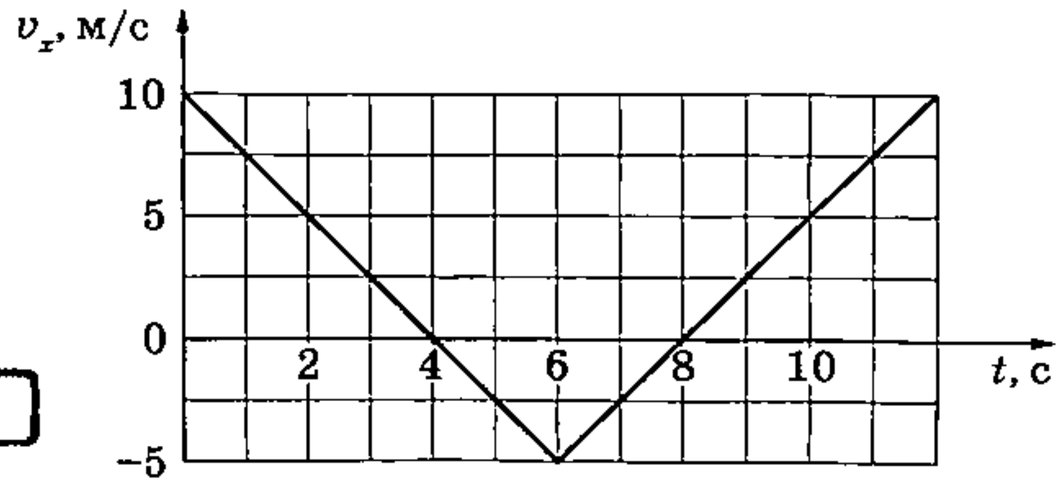
1 24 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени. Определите путь, пройденный телом за 10 с от начала наблюдения.



Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

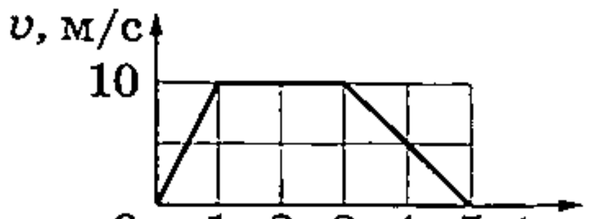
1 25 Тело движется вдоль оси Ox. По графику зависимости проекции υ_x скорости тела от времени t установите модуль перемещения тела за время от $t_1 = 0$ с до $t_2 = 6$ с.



Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

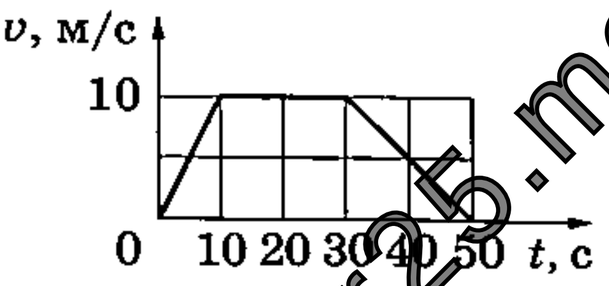
1 26 На рисунке представлен график зависимости скорости υ прямолинейно движущегося тела от времени t. Определите по графику среднюю скорость тела в интервале времени от 0 до 5 с.



Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 27 На рисунке представлен график зависимости скорости υ тела от времени t. Определите среднюю скорость тела в интервале времени от 10 до 50 с.



Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

1 28 Координата тела x меняется с течением времени t согласно закону $x = 4 - 2t$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию v_x скорости этого тела.

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 29 Координата тела x меняется с течением времени t согласно закону $x = 4t - 6$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию v_x скорости этого тела.

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 30 Координата тела x меняется с течением времени t согласно закону $x = 4 + 3t - 5t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию a_x ускорения этого тела.

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 31 Координата тела x меняется с течением времени t согласно закону $x = 15 - 5t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию a_x ускорения этого тела.

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

1 32 Зависимость пути от времени для прямолинейно движущегося тела имеет вид: $s(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите модуль ускорения этого тела.

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

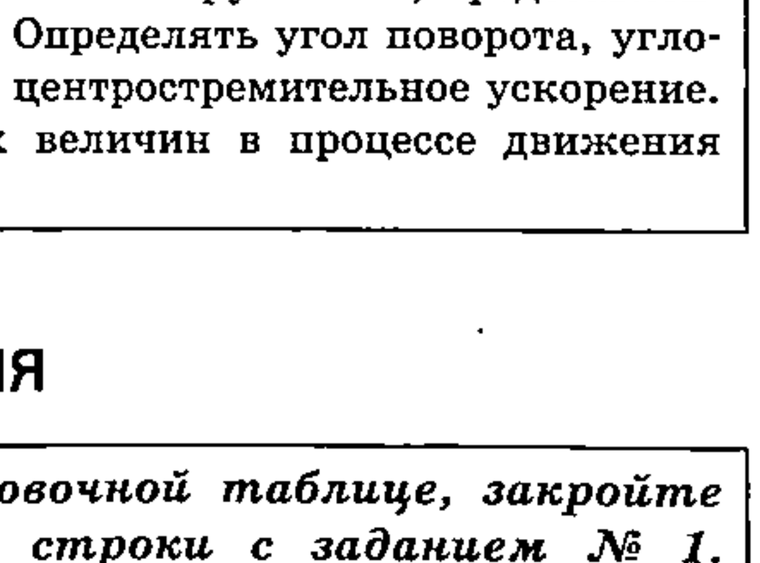
sbor25.me

Задания 5 и 6

Что нужно знать	Что нужно уметь
Равномерное прямолинейное движение (стр. 19)	Анализировать процесс равномерного прямолинейного движения, представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять координату, проекции перемещения и скорости, путь. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела. Строить графики зависимости от времени для физических величин, характеризующих прямолинейное равномерное движение
Равноускоренное прямолинейное движение (стр. 19)	Анализировать процесс равноускоренного прямолинейного движения, представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять координату, проекции перемещения, скорости и ускорения, путь. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела. Строить графики зависимости от времени для физических величин, характеризующих прямолинейное равноускоренное движение
Свободное падение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту (стр. 19, 20)	Анализировать процесс свободного падения (в том числе движения тела, брошенного под углом к горизонту), представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять координаты, проекции перемещения и скорости. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела. Строить графики зависимости от времени для физических величин, характеризующих процесс свободного падения (в том числе движения тела, брошенного под углом к горизонту)
Движение по окружности (стр. 20)	Анализировать процесс равномерного движения по окружности, представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять угол поворота, угловую и линейную скорости, период и частоту, центростремительное ускорение. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела.

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

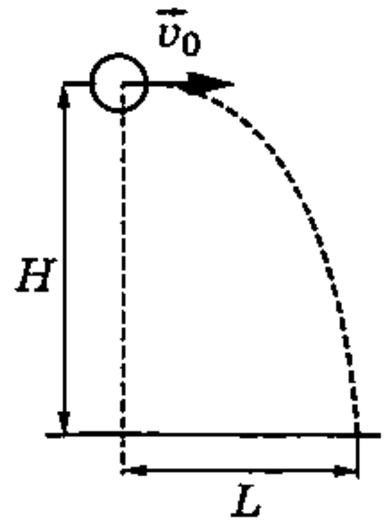
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: A и B, движущихся по прямой, вдоль которой направлена ось Ox. 1) Опишите движение тела A и определите его основные характеристики. 2) Опишите движение тела B и определите его основные характеристики 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) График зависимости координаты от времени для тела A представляет собой прямую, следовательно, тело движется равномерно. Закон движения выглядит так: $x(t) = x_0 + v_{0x}t$. Начальная координата тела A $x_0 = 0$, проекция скорости $$v_{0x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30}{6} = 5 \text{ м/с}.$$ Таким образом, $x(t) = 5t$, тело A начинает своё движение из начала координат с постоянной скоростью 5 м/с и движется в положительном направлении оси Ox. 2) График зависимости координаты от времени для тела B представляет собой параболу, следовательно, тело движется равноускоренно. Закон движения выглядит так: $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Начальная координата тела B $x_0 = -15$ м. Для нахождения проекции начальной скорости и ускорения необходимо решить систему уравнений: $$\begin{cases} x(5) = 10 = -15 + v_{0x} \cdot 5 + \frac{a_x 5^2}{2}, \\ x(10) = -15 = -15 + v_{0x} \cdot 10 + \frac{a_x 10^2}{2}. \end{cases}$$ Получим $\begin{cases} 10 = 2v_{0x} + 5a_x, \\ 0 = v_{0x} + 5a_x. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_{0x} = 10 \text{ м/с}, \\ a_x = -2 \text{ м/с}^2. \end{cases}$ Таким образом, проекция начальной скорости положительна и равна 10 м/с, а проекция ускорения отрицательна (ветви параболы направлены вниз) и равна -2 м/с^2. Вершина параболы соответствует моменту времени (t = 5 с), в который тело B останавливается и изменяет направление своего движения. Закон изменения скорости тела B имеет вид $v_x(t) = v_{0x} + a_x t = 10 - 2t$, а закон движения — $x(t) = -15 + 10t - t^2$. Получив эти выражения в явном виде, в дальнейшем легко можно ответить на любые вопросы относительно скорости и координаты тела B в любой момент времени
Задание № 2	Шарик массой m, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). В другом опыте на этой же установке шарик массой $2m$ бросили с той же высоты со скоростью $2\vec{v}_0$. Как изменились ***(увеличились, уменьшились, не изменились)*** перечисленные ниже физические величины в результате перехода от первого опыта ко второму? Сопротивлением воздуха пренебречь. 1) Ускорение шарика. 2) Время полёта шарика. 3) Дальность полёта шарика 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Брошенный шарик движется под действием силы тяжести, которая сообщает ему постоянное ускорение — ускорение свободного падения g = 10 м/с^2, направленное вертикально вниз, которое не зависит от массы тела. Следовательно, при замене шарика на более тяжёлый его ускорение ***не изменилось***. 2) В вертикальном направлении движение шарика подчиняется законам равноускоренного движения. Время полёта шарика при горизонтальной начальной скорости определяется его начальной высотой над поверхностью Земли: $H = \frac{gt^2}{2}$. Поскольку высота, с которой бросают шарик, в обоих опытах была одинакова, то и время полёта шарика также ***не изменилось***. 3) В горизонтальном направлении никакие силы на шарик не действуют, поэтому он движется равномерно. Дальность полёта определяется соотношением $L = v_0 t$. Время полёта осталось неизменным, при этом начальная скорость во втором опыте увеличилась. Следовательно, дальность полёта шарика ***увеличилась***

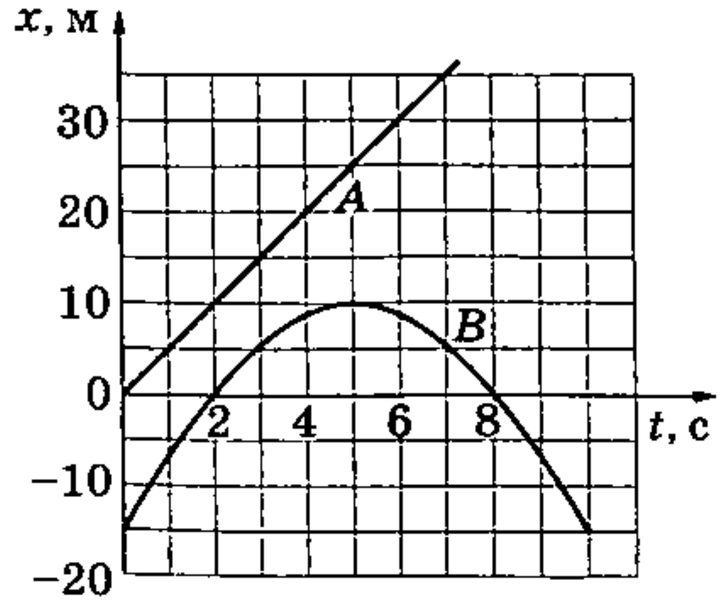
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

5 1

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: A и B, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось Ox. Выберите все верные утверждения о характере движения тел.

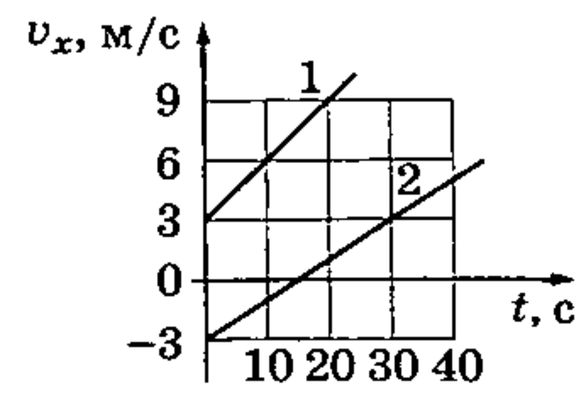


1) Тело A движется равноускоренно, а тело B — равнозамедленно.
2) Скорость тела A в момент времени $t = 5$ с равна 20 м/с.
3) Тело B меняет направление движения в момент времени $t = 5$ с.
4) Проекция ускорения тела B на ось Ox положительна.
5) Интервал между моментами прохождения телом B начала координат составляет 6 с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 2

Два тела движутся по оси Ox. На рисунке приведены графики зависимости проекций их скоростей на ось Ox от времени t. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о характере движения тел.

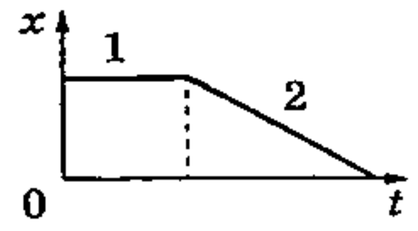


1) Модуль ускорения тела 1 меньше модуля ускорения тела 2.
2) Проекция a_x ускорения тела 1 равна 0,3 м/с^2.
3) Тело 2 в момент времени 15 с находилось в начале координат.
4) Первые 15 с тела двигались в противоположные стороны.
5) Проекция a_x ускорения тела 2 равна 0,1 м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 3

Бусинка может свободно скользить по неподвижной прямой спице, совпадающей с осью Ox. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Выберите все утверждения, которые можно сделать на основании графика.

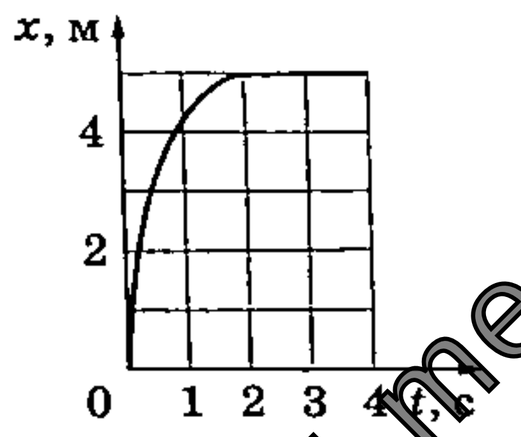


1) Проекция a_x ускорения бусинки на участке 1 отрицательна, а на участке 2 положительна.
2) Проекция a_x ускорения бусинки на участке 1 равна нулю, а на участке 2 отрицательна.
3) На участке 1 бусинка неподвижна, а участок 2 соответствует равномерному движению бусинки.
4) Участок 1 соответствует равномерному движению бусинки, а участок 2 — равноускоренному.
5) Скорость бусинки на участке 1 равна нулю, а на участке 2 отлична от нуля и постоянна.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 4

Шарик катится по прямому жёлобу вдоль оси Ox. Изменение координаты x шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. На основании этого графика выберите все верные утверждения о движении шарика.



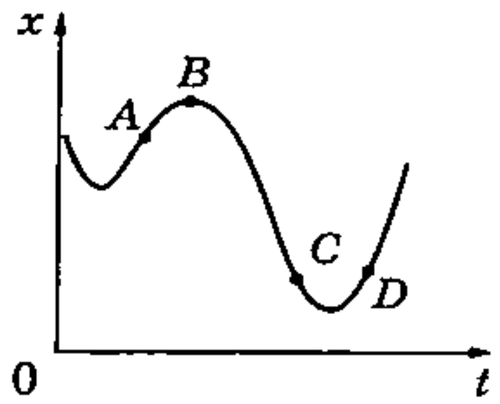
1) На шарик действовала всё увеличивавшаяся сила.
2) Первые 2 с проекция a_x ускорения шарика отрицательна.
3) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
4) Проекция v_x скорости шарика оставалась отрицательной на всём пути.
5) Первые 2 с шарик двигался, а затем покоился.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

5 5 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t.

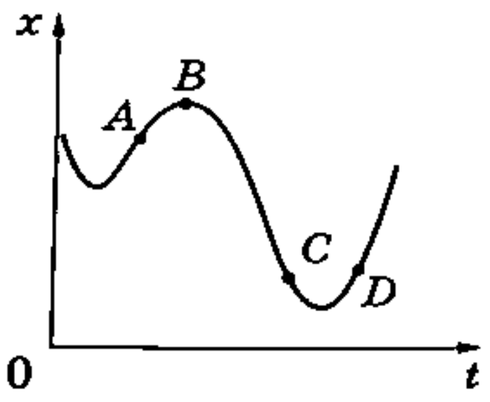


Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) В точке D ускорение тела и его скорость направлены в противоположные стороны.
2) На участке CD модуль скорости тела монотонно увеличивается.
3) Проекция перемещения тела на ось Ox при переходе из точки A в точку C отрицательна.
4) В точке B проекция ускорения тела на ось Ox отрицательна.
5) В точке A проекция скорости тела на ось Ox отрицательна.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 6 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) На участке AB модуль скорости тела монотонно уменьшается.
2) В точке C проекция скорости тела на ось Ox положительна.
3) Проекция перемещения тела на ось Ox при переходе из точки A в точку C положительна.
4) В точке D проекция ускорения тела на ось Ox отрицательна.
5) В точке B скорость тела равна нулю.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

6 7 Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к верхней точке траектории модуль ускорения шарика и вертикальная составляющая его скорости.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения шарика	Вертикальная составляющая скорости шарика

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 8 Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к Земле модуль ускорения шарика и горизонтальная составляющая его скорости.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения шарика	Горизонтальная составляющая скорости шарика

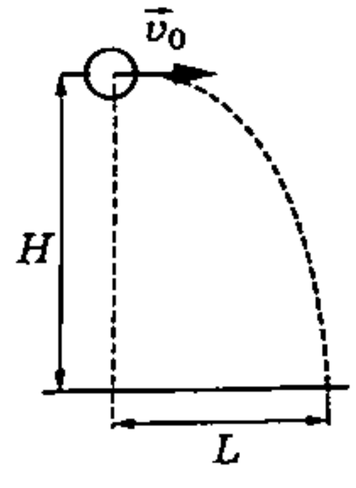
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
9

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт со временем полёта и ускорением шарика, если на той же установке при неизменной начальной скорости шарика увеличить высоту H? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

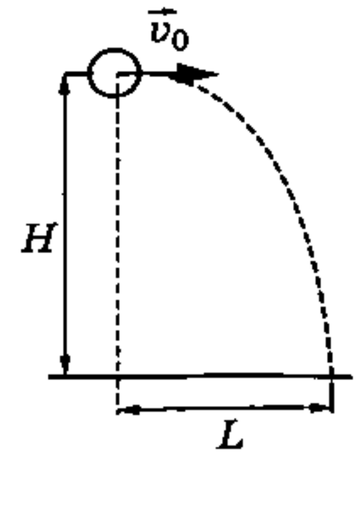
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Ускорение шарика

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
10

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт со временем полёта и дальностью полёта, если на той же установке при неизменной начальной скорости шарика уменьшить высоту H? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

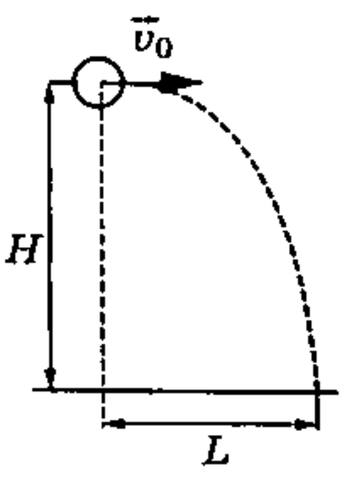
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Дальность полёта

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
11

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0, за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт со временем и дальностью полёта, если на этой же установке увеличить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Дальность полёта

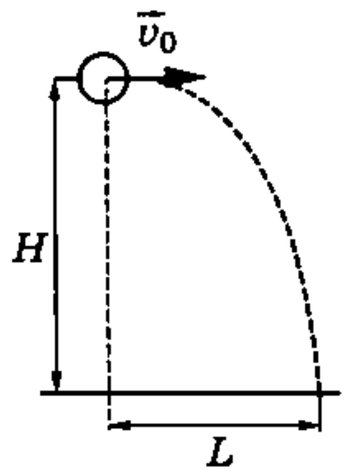
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
12

Шарик массой m, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). В другом опыте на этой же установке шарик массой $2m$ бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0/2$. Что произойдёт при этом с дальностью полёта и ускорением шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полёта	Ускорение шарика

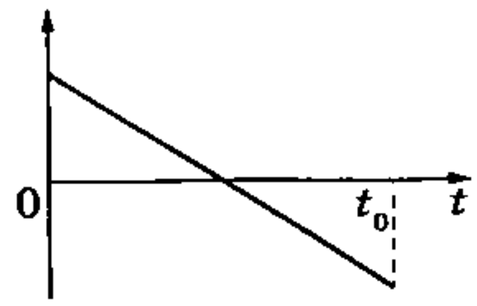
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

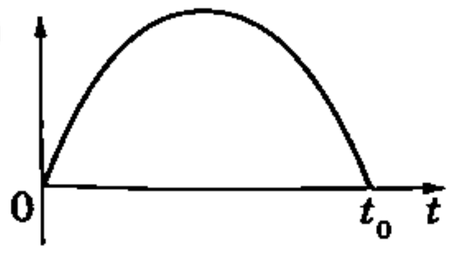
6
13

В момент времени $t = 0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью $\vec{v}$ (см. рисунок). На графиках А и Б представлены зависимости некоторых физических величин от времени движения шарика. Установите соответствие между этими графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта, сопротивлением воздуха пренебречь).
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ

А)


Б)


ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
1) координата шарика y
2) проекция скорости шарика v_y
3) проекция ускорения шарика a_y
4) проекция F_y силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

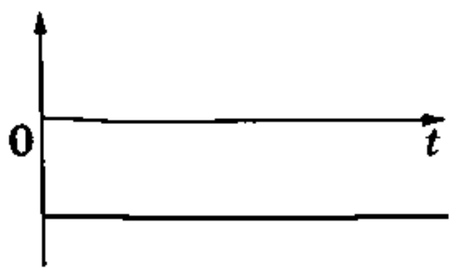
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

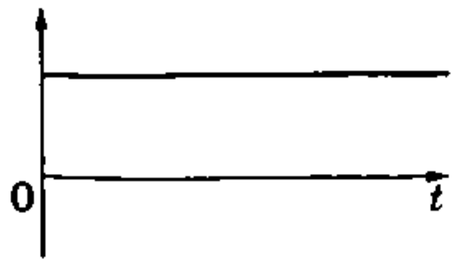
6
14

В момент времени $t = 0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью $\vec{v}$ (см. рисунок). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта).
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ

А)


Б)


ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
1) проекция скорости шарика v_y
2) проекция ускорения шарика a_y
3) координата шарика y
4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

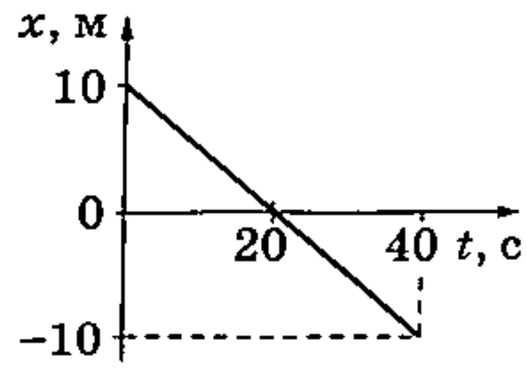
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

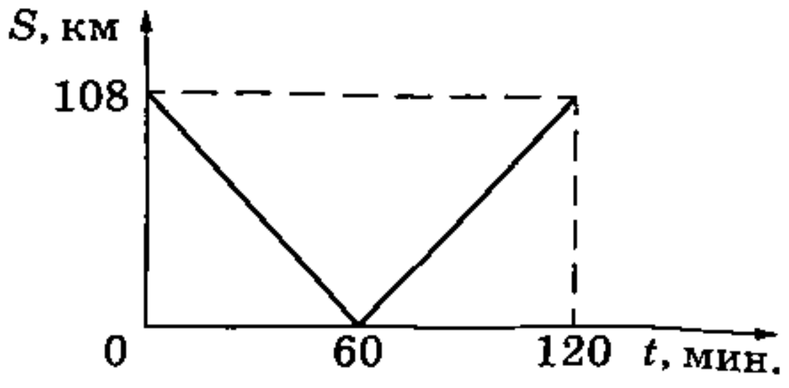
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1
ПО ТЕМЕ «МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА»

1 На рисунке приведён график зависимости координаты тела x от времени t при прямолинейном движении тела вдоль оси Ox. Определите проекцию v_x скорости тела.



Ответ: _____ м/с.

2 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показано изменение расстояния между автомобилями с течением времени. Какова скорость второго автомобиля в системе отсчёта, связанной с первым автомобилем?

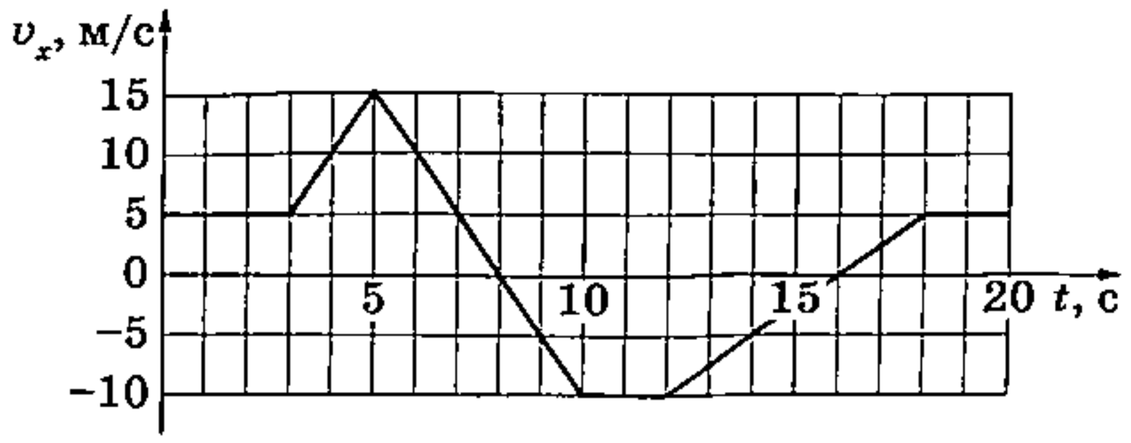


Ответ: _____ м/с.

3 Два тела движутся по прямой, параллельной оси Ox. Координаты тел меняются с течением времени t согласно законам $x_1(t) = 4t - 6$ и $x_2(t) = 10 - 3t$, где все величины выражены в СИ. Определите модуль скорости первого тела относительно второго.

Ответ: _____ м/с.

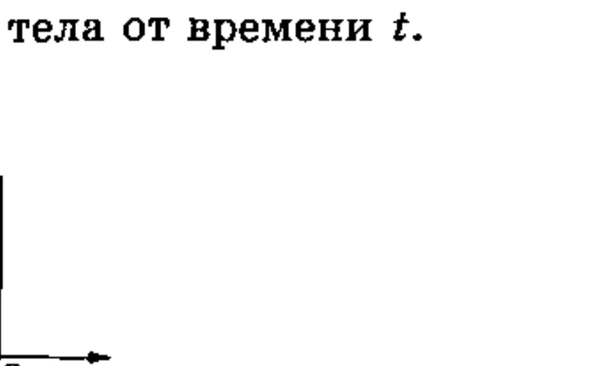
4 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t.



Определите проекцию a_x ускорения этого тела в момент времени 15 с.

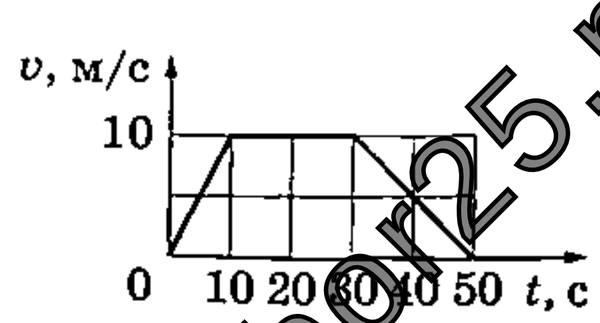
Ответ: _____ м/с^2.

5 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 5 с?



Ответ: _____ м/с^2.

6 На рисунке представлен график зависимости модуля v скорости автомобиля от времени t. Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 40 с.

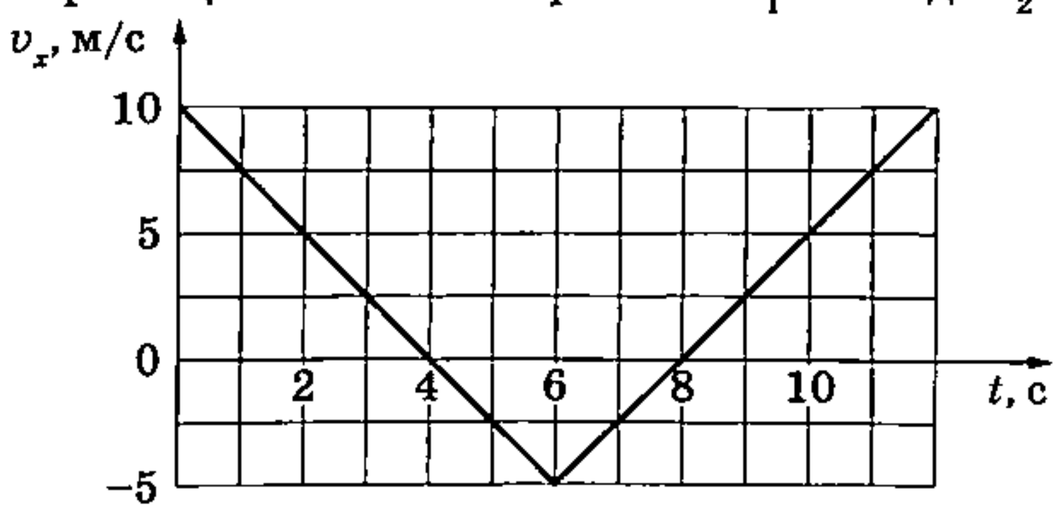


Ответ: _____ м.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

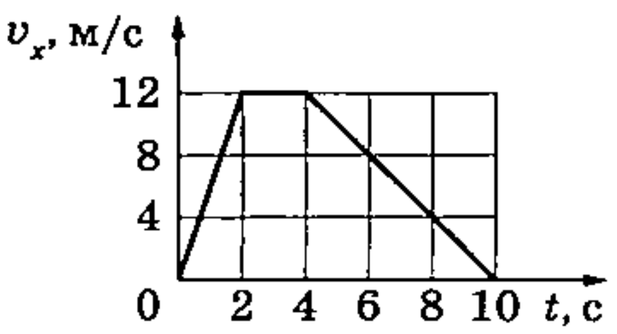
sbor25.me

7 Тело движется вдоль оси Ox. По графику зависимости проекции v_x скорости тела от времени t установите модуль перемещения тела за время от $t_1 = 6$ с до $t_2 = 10$ с.



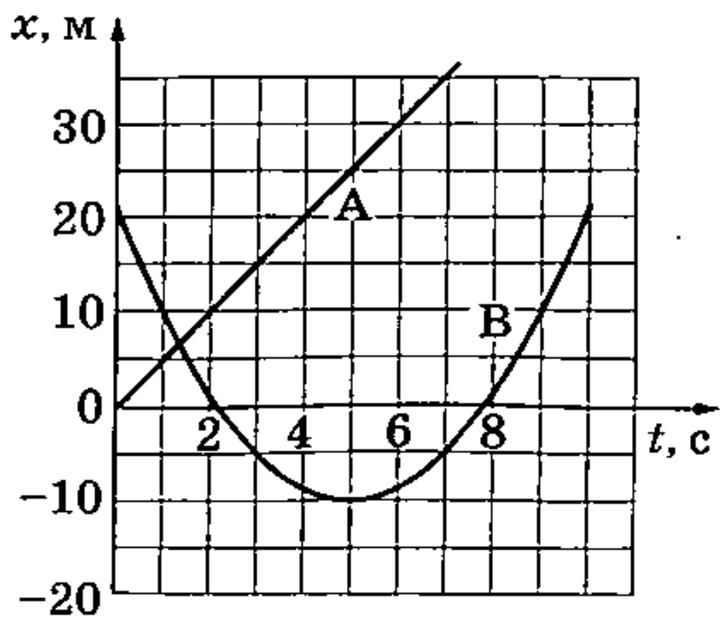
Ответ: _____ м.

8 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. Определите среднюю скорость движения тела на интервале времени от 0 до 10 с.



Ответ: _____ м/с.

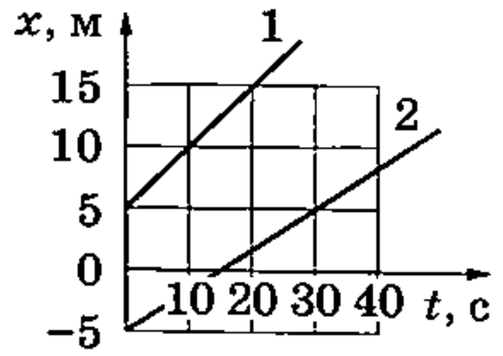
9 На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: A и B, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось Ox. Выберите все верные утверждения о характере движения этих тел.



1) Тело A движется равномерно, а тело B — равноускоренно.
2) Проекция скорости тела B на ось Ox на интервале времени от $t_1 = 0$ с до $t_2 = 2$ с положительна.
3) Скорость тела A в момент времени $t = 5$ с равна 25 м/с.
4) Проекция ускорения тела B на ось Ox отрицательна.
5) Скорость тела B в момент времени $t = 5$ с равна 0.

Ответ: _____.

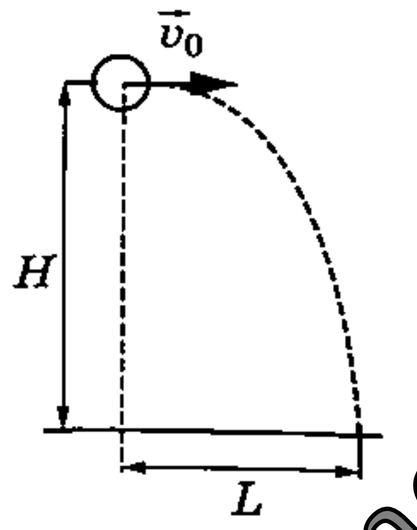
10 Два тела движутся по прямой, параллельной оси Ox. На рисунке приведены графики зависимости их координат от времени t.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о характере движения этих тел.



1) Проекция a_{x1} ускорения тела 1 больше проекции a_{x2} ускорения тела 2.
2) Проекция a_{x1} ускорения тела 1 равна 0,5 м/с^2.
3) Проекция v_{x1} скорости тела 1 больше проекции v_{x2} скорости тела 2.
4) В момент времени 15 с тело 2 достигло начала отсчёта.
5) Проекция v_{x2} скорости тела 2 равна 3 м/с.

Ответ: _____.

11 Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт со временем полёта и ускорением шарика, если на той же установке при неизменной высоте уменьшить начальную скорость $\vec{v}_0$? (Сопротивлением воздуха пренебречь.)



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта	Ускорение шарика

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

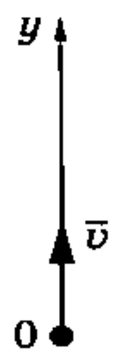
12 Шарик, брошенный с поверхности Земли под углом 30° к горизонту с начальной скоростью υ_0, поднялся на максимальную высоту H и пролетел в горизонтальном направлении расстояние L. Что произойдёт с максимальной высотой, на которую поднимется шарик, и временем полёта, если шарик бросить с той же начальной скоростью под углом 40° к горизонту? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

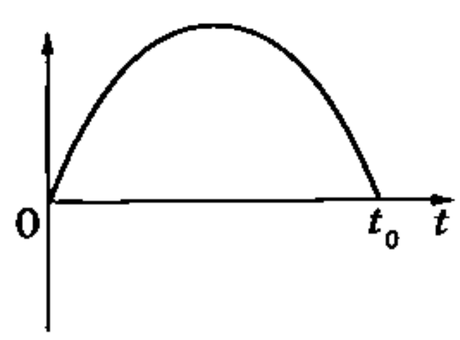
Максимальная высота подъёма	Время полёта шарика

13 В момент времени $t = 0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью $\vec{\upsilon}$, (см. рисунок). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта).
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

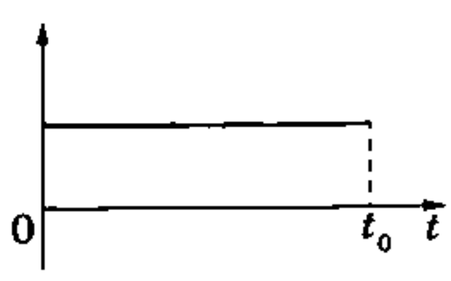


ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
1) проекция υ_y скорости шарика
2) проекция a_y ускорения шарика
3) координата y шарика
4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

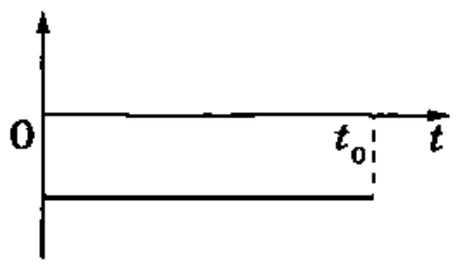
А	Б

14 В момент времени $t = 0$ камень брошен вверх с поверхности Земли со скоростью $\vec{\upsilon}_0$, как показано на рисунке. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение камня.
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать. Сопротивлением воздуха пренебречь, t_0 — время полёта камня.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

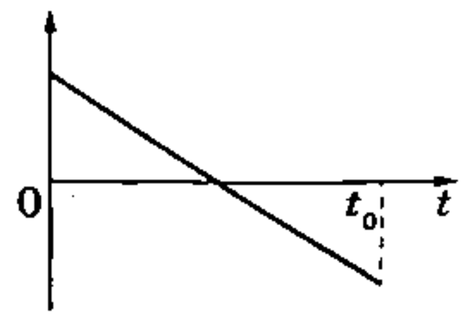


ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
1) координата y камня
2) проекция υ_y скорости камня
3) проекция a_y ускорения камня
4) модуль силы тяжести, действующей на камень

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 22

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

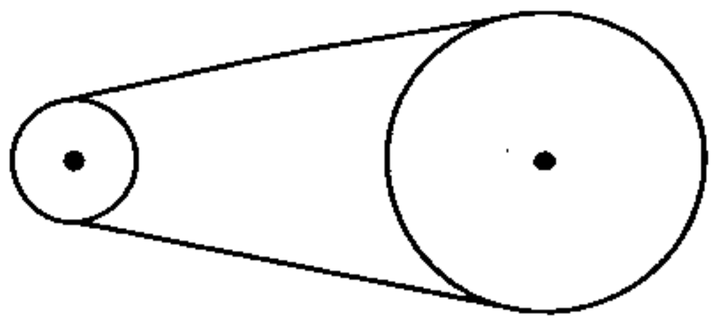
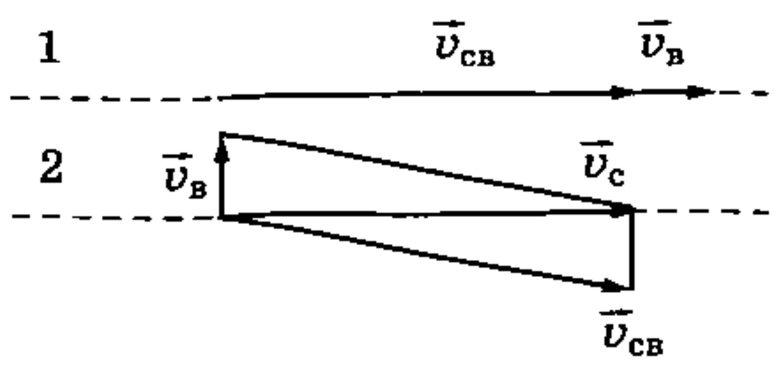
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Мимо остановки по прямой улице проезжает троллейбус со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку троллейбусу отъезжает автомобиль, движущийся с ускорением 3 м/с². На каком расстоянии от остановки автомобиль догонит троллейбус?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Запишем кинематические формулы, описывающие равномерное движение троллейбуса и равноускоренное движение автомобиля: $S = vt_1$ и $S = \frac{at_2^2}{2} = \frac{a(t_1 - t_0)^2}{2}$, где t_1 и $t_2 = t_1 - t_0$ — время движения троллейбуса и автомобиля до встречи на расстоянии S от остановки. Получим квадратное уравнение относительно t_1: $at_1^2 - 2(at_0 + v)t_1 + at_0^2 = 0$. Подставив числа, получим: $3t_1^2 - 50t_1 + 75 = 0$. Корни уравнения: $t_1 = 15$ с и 1,67 с. Второй корень не удовлетворяет условию задачи, так как автомобиль догоняет троллейбус спустя $t_1 > t_0 = 5$ с. Таким образом, автомобиль догонит троллейбус на расстоянии $S = vt_1 = 10 \cdot 15 = 150$ м. Ответ: $S = 150$ м
Задание № 2	Мячик, брошенный почти вертикально вверх с поверхности Земли, через 3 с после броска упал на крышу дома высотой 21 м. Найдите начальную скорость мячика. Сопротивлением воздуха пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Запишем уравнение координаты мячика (ось направим вертикально вверх): $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$. Отсюда $v_0 = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} = \frac{21}{3} + \frac{10 \cdot 3}{2} = 22$ м/с. Ответ: $v_0 = 22$ м/с
Задание № 3	Стрела, выпущенная из лука под углом к горизонту, упала на Землю через 8 с в 320 м от места выстрела. Чему равна минимальная скорость стрелы за время полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Минимальная скорость стрелы за время полёта достигается в верхней точке параболической траектории, потому что в этот момент времени вертикальная составляющая скорости равна нулю. Таким образом, $v_{min} = v_{0x}$. Дальность полёта стрелы: $S = v_{0x}t$. Отсюда $v_{min} = v_{0x} = \frac{S}{t} = \frac{320}{8} = 40$ м/с. Ответ: $v_{min} = 40$ м/с
Задание № 4	Два шкива, соединённые друг с другом ремнём, вращаются вокруг неподвижных осей (см. рисунок). Больший шкив радиусом 20 см делает 50 оборотов за 10 с, а частота обращения меньшего шкива равна 2400 оборотов в минуту. Каков радиус меньшего шкива? Ремень по шкивам не проскальзывает. 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Поскольку шкивы соединены ремнём, точки, находящиеся на краях шкивов, имеют одинаковую линейную скорость, но разную частоту вращения: $v_1 = v_2$, или $\frac{2\pi R_1}{T_1} = \frac{2\pi R_2}{T_2}$. Отсюда $2\pi R_1 \nu_1 = \frac{2\pi R_1 N_1}{t} = 2\pi R_2 \nu_2$. В итоге получаем $R_2 = \frac{R_1 N_1}{\nu_2 t} = \frac{20 \cdot 50}{40 \cdot 10} = 2,5$ см. Ответ: $R_2 = 2,5$ см
Задание № 5	Если во время полёта между двумя городами дует попутный ветер, то самолёт затрачивает на перелёт между ними 6 ч. Если дует такой же боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт 7,5 ч. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч
Возможное решение и ответ к заданию № 5	Расстояние между городами исходя из данных для перелёта в первом случае (см. рис. 1): $s = (v_{св} + v_в)t_1$, где $v_{св}$ — скорость самолёта относительно воздуха. Закон сложения скоростей в векторном виде для перелёта во время бокового ветра: $\vec{v}_с = \vec{v}_{св} + \vec{v}_в$, где $\vec{v}_с$ и $\vec{v}_в$ — соответственно скорость самолёта относительно Земли и скорость ветра. Выражение для скорости самолёта относительно Земли во втором случае имеет вид: $v_с = \sqrt{v_{св}^2 - v_в^2}$ (см. рис. 2).  Расстояние между городами во втором случае $s = v_с t_2 = \sqrt{v_{св}^2 - v_в^2} \cdot t_2$. Следовательно, $\sqrt{v_{св}^2 - v_в^2} \cdot t_2 = (v_{св} + v_в)t_1$. Возводя это уравнение в квадрат и сокращая на $v_{св} + v_в \neq 0$, получим линейное уравнение относительно $v_в$: $$(v_{св} - v_в)t_2^2 = (v_{св} + v_в)t_1^2$$ с решением $$v_в = v_{св}\frac{t_2^2 - t_1^2}{t_1^2 + t_2^2} = 328 \cdot \frac{7,5^2 - 6^2}{6^2 + 7,5^2} = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}.$$ Ответ: $v_в = 72$ км/ч $= 20$ м/с

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

22 1 Велосипедист, движущийся по прямой со скоростью 5 м/с, начинает разгон с постоянным ускорением, и через 3 с его скорость становится равной 17 м/с. С каким ускорением двигался велосипедист?

Ответ: _____ м/с^2.

22 2 Автомобиль начал равноускоренное движение по прямой из состояния покоя и закончил ускоряться через 150 м, достигнув скорости 30 м/с. Каково ускорение автомобиля?

Ответ: _____ м/с^2.

22 3 Начальная скорость самосвала, движущегося прямолинейно и равноускоренно, равна 5 м/с. Его конечная скорость через 10 с равна 15 м/с. Какой путь за это время прошёл самосвал?

Ответ: _____ м.

22 4 За 4 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 100 м, увеличив свою скорость в 4 раза. Определите начальную скорость тела.

Ответ: _____ м/с.

22 5 Мотоциклист, движущийся равноускоренно по прямой дороге, на пути 100 м увеличил свою скорость от 0 до 90 км/ч. Сколько времени длился разгон?

Ответ: _____ с.

22 6 Поезд, двигаясь со скоростью 30 м/с, начал торможение, а на последнем километре тормозного пути его скорость уменьшилась на 10 м/с. Определите общий тормозной путь поезда, считая его движение равноускоренным.

Ответ: _____ км.

22 7 Камень брошен вертикально вверх. Через 0,5 с после броска его скорость равна 10 м/с. Какова начальная скорость камня? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

22 8 Сосулька отрывается и падает с крыши дома высотой 25 м. На какой высоте от поверхности Земли она окажется через 2 с после начала падения? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

22 9 С вертолёта, зависшего над Землёй на высоте 980 м, упал груз. Сколько времени он падал до поверхности Земли? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ с.

22 10 Стрелу выпустили из лука под углом к горизонту. На какую максимальную высоту поднялась стрела, если через 4 с после выстрела её скорость была направлена горизонтально? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

22 11 Стрела, выпущенная из лука под углом к горизонту, упала на Землю в 160 м от места выстрела. Чему была равна скорость стрелы через 2 с после выстрела, если в этот момент она была направлена горизонтально? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

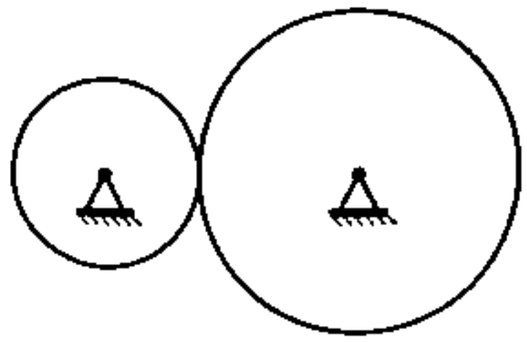
22 12 Верхнюю точку моста радиусом 50 м автобус проходит со скоростью 36 км/ч. Определите центростремительное ускорение автобуса.

Ответ: _____ м/с^2.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

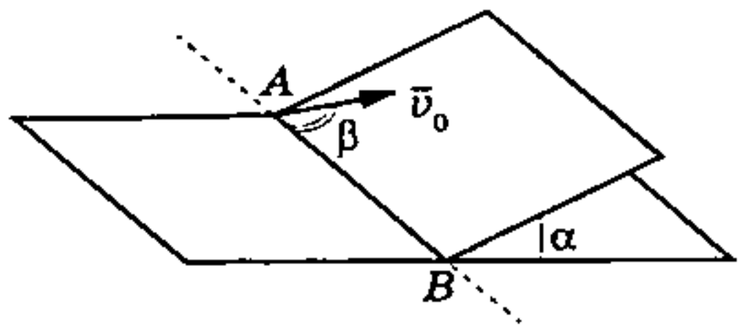
sbor25.me

22 13 Две шестерни, сцепленные друг с другом, вращаются вокруг неподвижных осей (см. рисунок). Большая шестерня радиусом 10 см делает 20 оборотов за 10 с, а частота обращения меньшей шестерни равна 5 $с^{-1}$. Каков радиус меньшей шестерни?



Ответ: _____ см.

22 14 Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB. Угол между плоскостями $\alpha = 30°$. Маленькая шайба скользит вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v_0 = 2$ м/с, направленной под углом $\beta = 60°$ к прямой AB (см. рисунок). Найдите максимальное расстояние, на которое шайба удалится от горизонтальной плоскости в ходе подъёма по наклонной плоскости. Трением между шайбой и наклонной плоскостью пренебречь.



ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА»

1 Расстояние между пунктами A и B равно 30 км. Из пункта A в направлении пункта B выезжает мотоциклист со скоростью 50 км/ч. Одновременно из пункта B в том же направлении, что и мотоциклист, выезжает трактор со скоростью 20 км/ч. На каком расстоянии от пункта A мотоциклист догонит трактор?

Ответ: _____ км.

2 Начальная скорость движения тела равна 5 м/с. Сколько потребуется времени, чтобы увеличить его скорость в 3 раза при равноускоренном движении по прямой в одном направлении на пути в 20 м?

Ответ: _____ с.

3 Какой путь пройдёт тело за 2 с, двигаясь по прямой в одном направлении, если его скорость за это время уменьшается в 3 раза? Модуль ускорения тела равен 5 $м/с^2$.

Ответ: _____ м.

4 Мимо остановки по прямой улице с постоянной скоростью проезжает автобус. Через 5 с от остановки вдогонку автобусу отъезжает автомобиль, движущийся с ускорением 3 $м/с^2$, и догоняет автобус на расстоянии 150 м от остановки. Чему равна скорость автобуса?

Ответ: _____ м/с.

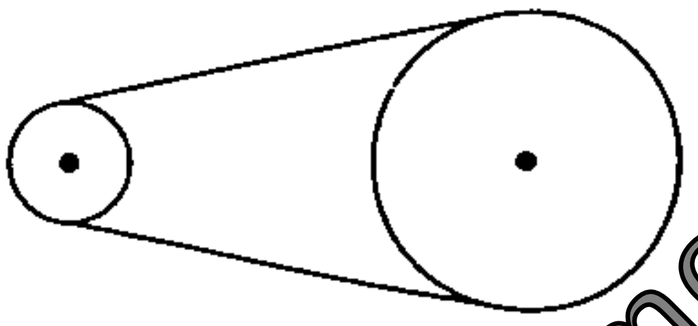
5 Мячик, брошенный с крыши дома почти вертикально вверх со скоростью 10 м/с, упал на Землю через 4 с после броска. С какой высоты брошен мячик? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: _____ м.

6 Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности Земли под углом к горизонту, достиг максимальной высоты 5 м и упал обратно на Землю в 20 м от места броска. Чему равна минимальная скорость камня за время полёта?

Ответ: _____ м/с.

7 Два шкива, соединённые друг с другом ремнём, вращаются вокруг неподвижных осей (см. рисунок). Шкив радиусом 20 см делает 50 оборотов за 10 с. Сколько оборотов в минуту делает шкив радиусом 5 см? Ремень по шкивам не проскальзывает.



Ответ: _____.

8 Две шестерни, сцепленные друг с другом, вращаются вокруг неподвижных осей. Маленькая шестерня радиусом 10 см делает 50 оборотов за 10 с, а частота обращения большой шестерни равна 2 $с^{-1}$. Каков радиус большой шестерни?

Ответ: _____ см.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 2. ДИНАМИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тело называется **свободным**, если на него не действуют другие тела либо воздействие других тел на это тело взаимно уравновешено.

Первый закон Ньютона. В некоторых системах отсчёта свободное тело движется равномерно прямолинейно или покоится. Такие системы отсчёта существуют и называются **инерциальными** (ИСО).

Если система отсчёта 1 является инерциальной, то система отсчёта 2, которая движется относительно системы отсчёта 1 поступательно с постоянной скоростью $\vec{v} = \text{const}$ (т. е. равномерно прямолинейно), тоже является инерциальной.

Действительно: во-первых, силы (см. ниже) воздействия одних тел на другие зависят только от *относительного* движения тел: их относительного расположения и относительных скоростей. Поэтому в механике Ньютона при переходе от одной произвольной системы отсчёта (СО) к другой силы не меняются. И если в СО 1 сумма сил равна нулю, то она равна нулю и в СО 2, т. е. в СО 2 тело тоже является свободным. Во-вторых, ускорение тела в системах отсчёта 1 и 2 одинаково, потому что СО 2 движется относительно СО 1 поступательно с постоянной скоростью $\vec{v} = \text{const}$. Поэтому если ускорение тела в СО 1 $\vec{a}_1 = 0$, то и в СО 2 ускорение тела $\vec{a}_2 = 0$. Значит, свободное тело движется в СО 2 равномерно прямолинейно. Следовательно, СО 2 инерциальна.

Таким образом, если существует одна инерциальная система отсчёта (ИСО), то их существует бесконечно много.

Системы отсчёта, связанные с известными нам природными объектами, можно считать инерциальными лишь с известной степенью точности. Поэтому утверждение о существовании точно инерциальных систем отсчёта подтверждается не примером такой системы отсчёта, а справедливостью механики Ньютона, основанной на этом утверждении.

Принцип относительности Галилея. Во всех ИСО любое механическое явление при одинаковых внешних условиях (включая начальные условия) протекает одинаково.

Это значит, что 1) результаты механических опытов в рамках одной ИСО не дают возможности обнаружить её движение относительно другой ИСО и поэтому не позволяют выбрать выделенную ИСО — все ИСО равноправны; 2) закономерности, установленные на основе механических опытов, во всех ИСО одинаковы.

Масса тела m: 1) мера инертности тела (инертная масса); 2) величина, от которой зависит гравитационное притяжение данного тела к другим массивным телам (гравитационная масса).

Экспериментальные данные (в частности, одинаковое ускорение свободного падения тел разной массы в одной и той же точке пространства) приводят к выводу о равенстве инертной и гравитационной масс тела (принцип эквивалентности).

Масса тела — собственная характеристика тела, не зависящая от его движения.

Масса тела — аддитивная величина: масса тела равна сумме масс всех его частей.

Замечание: теория относительности предсказывает нарушение аддитивности массы. Из-за взаимодействия частей тела друг с другом возникает дефект масс: масса тела оказывается меньше суммы масс всех его частей, измеренных по отдельности. Дефект масс подтверждается экспериментально в ядерных реакциях.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Плотность вещества ρ: для тела массой m и объёмом V из однородного вещества

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Сила $\vec{F}$ — векторная величина, описывающая воздействие одного тела на другое (или воздействие внешнего поля на тело).

Силы могут зависеть только от взаимного расположения тел и скорости их относительного движения. В физике для описания воздействия на тело других тел или полей используется и скалярная величина — потенциальная энергия.

Принцип суперпозиции сил: воздействие нескольких сил на тело, описываемое моделью материальной точки, равносильно воздействию на это тело равнодействующей этих сил: $\vec{F}_{равн} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots$

Второй закон Ньютона: в инерциальной системе отсчёта материальная точка постоянной массы m под действием силы $\vec{F}$ (равнодействующей приложенных к телу сил) движется с ускорением

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F}$$

Более общей, применимой и в случае тела переменной массы (например, при реактивном движении), является следующая формулировка: в ИСО скорость изменения импульса (см. ниже) материальной точки

$$\left.\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \vec{F}$$

Отсюда следует часто применяемая формулировка: в ИСО изменение импульса материальной точки (как постоянной, так и переменной массы) за время Δt

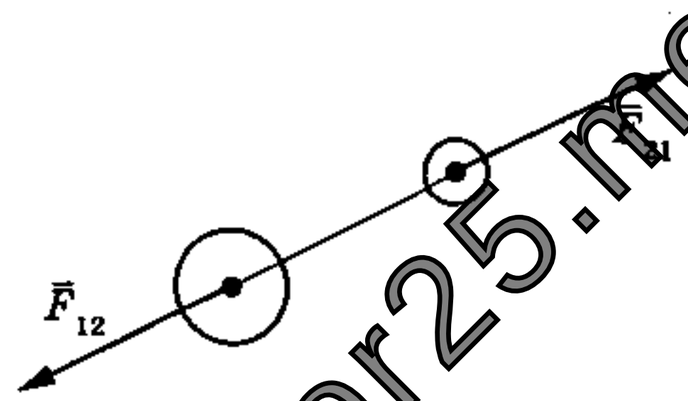
$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t,$$

если $\vec{F} = \text{const}$ или если интервал времени Δt достаточно мал, чтобы можно было пренебречь изменениями F за это время.

Третий закон Ньютона для материальных точек. Силы воздействия материальных точек друг на друга: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

То есть эти силы
– лежат на одной прямой,
– направлены в противоположные стороны,
– равны по модулю,
– имеют одну природу.

Этот результат наблюдается в любой системе отсчёта, не только в инерциальной.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

Sbor25.me

Закон всемирного тяготения: все массивные тела притягиваются друг к другу.
В случае точечных масс m_1 и m_2 (тел, чьи размеры много меньше расстояния R между ними) силы гравитационного притяжения между ними прямо пропорциональны массе каждого тела и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$$

В системе СИ гравитационная постоянная $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$ м^2/кг^2.
Та же формула для силы справедлива, если:

1) тело малых размеров находится около однородного шара или шара с изотропным относительно его центра распределением плотности вещества. Тогда R — расстояние от центра шара до тела;

2) рассматриваются два однородных шара или два шара с изотропным относительно их центров распределением плотности вещества. Тогда R — расстояние между центрами шаров.

Сила тяжести $m\vec{g}$ — равнодействующая гравитационных сил, приложенных к телу.

Поэтому вблизи поверхности Земли эта сила практически равна силе притяжения к Земле, вблизи поверхности Луны это практически сила притяжения к Луне и т. д.

Зависимость силы тяжести от высоты h над поверхностью планеты массой M и радиусом R_0: из закона всемирного тяготения следует, что

$$mg = G\frac{Mm}{(R_0 + h)^2}.$$

Первая космическая скорость $v_{1к}$ — скорость движения спутника по круговой орбите в непосредственной близости от поверхности небесного тела под действием только силы тяжести. Поэтому $mg_0 = G\dfrac{Mm}{R_0^2} = \dfrac{mv_{1к}^2}{R_0} \quad \Rightarrow \quad v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\dfrac{GM}{R_0}}.$

Сила упругости — сила, возникающая при упругой деформации тела.

Упругая деформация — изменение формы тела, связанное однозначным образом с приложенными внешними силами. Как следствие, остаточная деформация после снятия приложенных сил при упругой деформации равна нулю.

Закон Гука: при удлинении (сжатии) упругого стержня или пружины они действуют на внешние тела силой, направленной противоположно изменению длины стержня (пружины) и прямо пропорциональной величине этого изменения:

$$F_{упр\,x} = -kx$$

Сила трения — касательная составляющая силы реакции опоры.

Различают случаи вязкого и сухого трения. **Вязкое трение** наблюдается при движении твёрдого тела в жидкости или при наличии жидкой смазки между двумя твёрдыми телами. При вязком трении сила трения возникает только при движении тела относительно окружающей среды, эта сила направлена против скорости относительного движения тела в среде, модуль этой силы зависит от геометрии тела и растёт с ростом модуля относительной скорости (далеко не всегда соблюдается прямая пропорциональность). Сила трения покоя при вязком трении равна нулю.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

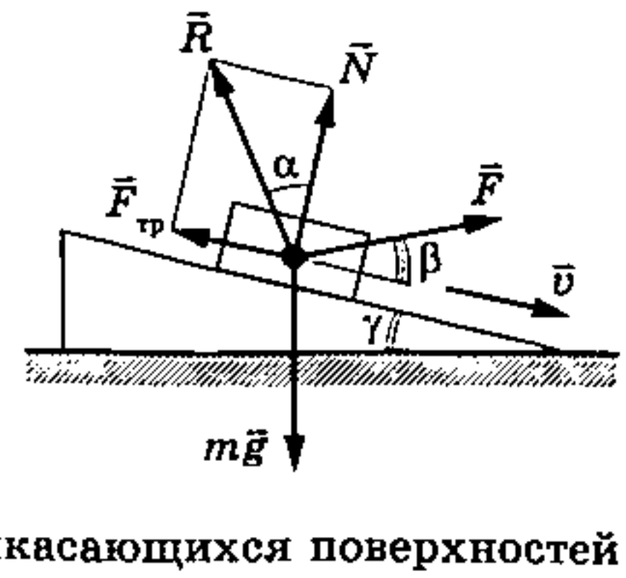
sbor25.me

Сухое трение наблюдается при непосредственном контакте двух твёрдых тел. В этом случае сила трения отлична от нуля не только при наличии относительного движения тел, но и в общем случае при его отсутствии.

Модельное описание сухого трения выглядит так:

1. Величина силы сухого трения не зависит от площади соприкосновения тела с опорой.

2. **Сила трения скольжения** $\vec{F}_{тр}$ направлена против скорости $\vec{v}$ движения тела относительно опоры. Модуль $\vec{F}_{тр}$ связан с модулем нормальной составляющей $\vec{N}$ силы реакции опоры $\vec{R}$ равенством



$$F_{тр} = \mu N,$$

где μ — **коэффициент трения**, определяемый только свойствами соприкасающихся поверхностей и не зависящий от скорости относительного движения. Отсюда видно, что сила реакции опоры $\vec{R} = \vec{F}_{тр} + \vec{N}$ образует с нормалью к плоскости опоры угол $\alpha = \operatorname{arctg} \mu$, не зависящий от массы и скорости тела и приложенных к нему других сил.

3. **Сила трения покоя:** $F_{тр} \le \mu N.$ С учётом этого ограничения величина и направление $\vec{F}_{тр}$ определяются из решения динамической задачи о покое тела относительно опоры.

Давление — скалярная удельная величина, равная отношению модуля нормальной составляющей контактной силы, действующей на площадку, к площади этой площадки:

$$p = \frac{F_\perp}{S}$$

Если сила распределена по площадке неравномерно, то для определения давления площадь площадки должна быть уменьшена:

$$p = \left.\frac{\Delta F_\perp}{\Delta S}\right|_{\Delta S \to 0}$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

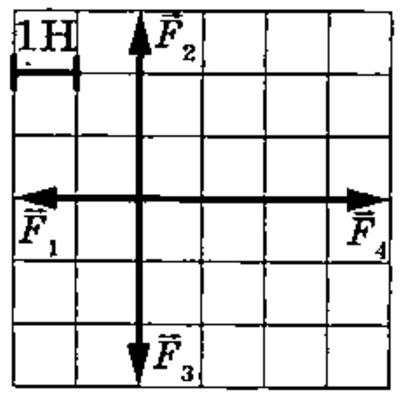
sbor25.me

Задание 2

Что нужно знать	Что нужно уметь
Законы Ньютона (стр. 43, 44)	Определять графически и аналитически равнодействующую сил, действующих на тело. Применять второй закон Ньютона для определения ускорения тела, движущегося в инерциальной системе отсчёта
Закон Гука (стр. 45)	Применять закон Гука. По графикам зависимости силы упругости от удлинения $F(\Delta x)$ определять жёсткость пружины
Сила трения (стр. 45, 46)	Использовать выражение для силы трения скольжения для расчёта физических величин. По графикам зависимости силы трения скольжения от нормальной составляющей силы реакции опоры (или массы тела) определять коэффициент трения скольжения между трущимися поверхностями

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

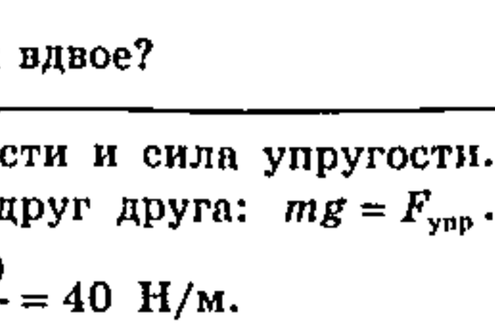
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. 1) Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил. 2) С каким ускорением в инерциальной системе отсчёта будет двигаться материальная точка, если её масса равна 250 г? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Равнодействующая сил, действующих на тело, равна их векторной сумме: $\vec{F}_{\text{Р}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$. Как видно по рисунку, силы $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$ равны по модулю и направлены в противоположные стороны, значит, их векторная сумма равна нулю. Модули сил $\left\|\vec{F}_1\right\| = 2$ Н, а $\left\|\vec{F}_4\right\| = 4$ Н, при этом силы направлены в противоположные стороны. По правилу сложения векторов равнодействующая этих сил будет направлена горизонтально вправо, а её модуль будет равен $$\left\|\vec{F}_{\text{Р}}\right\| = \left\|\vec{F}_4\right\| - \left\|\vec{F}_1\right\| = 4 - 2 = 2 \text{ Н}.$$ Ответ: 2 Н. 2) Согласно второму закону Ньютона $F_{\text{Р}} = ma$, следовательно, $a = \frac{F_{\text{Р}}}{m} = \frac{2}{0,25} = 8$ м/с^2. Ответ: 8 м/с^2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	На штативе закреплён школьный динамометр. К нему подвесили груз массой 0,1 кг. Пружина динамометра при этом удлинилась на 2,5 см. 1) Определите жёсткость пружины. 2) Чему будет равно удлинение пружины, если масса груза уменьшится вдвое?
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) На подвешенный на пружине груз действуют две силы: сила тяжести и сила упругости. Поскольку груз находится в равновесии, эти силы уравновешивают друг друга: $mg = F_{упр}$. Согласно закону Гука $F_{упр} = k\Delta x$. Таким образом, $k = \frac{F_{упр}}{\Delta x} = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{0,1 \cdot 10}{0,025} = 40$ Н/м. Ответ: 40 Н/м. 2) Если масса груза уменьшится вдвое, то $m_2 = \frac{m}{2} = 0,05$ кг и $\Delta x_2 = \frac{m_2 g}{k} = \frac{0,05 \cdot 10}{40} = 0,0125$ м = 1,25 см. Ответ: 1,25 см
Задание № 3	При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ бруска от модуля силы нормального давления N получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Для определения коэффициента трения воспользуемся формулой, связывающей силу трения скольжения и силу нормального давления: $F_{тр} = \mu N$. Значения сил однозначно определяются по приведённому графику, при этом можно воспользоваться любой из двух точек: $N_1 = 2$ Н и $F_{тр1} = 0,5$ Н или $N_2 = 4$ Н и $F_{тр2} = 1$ Н. В итоге $\mu = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{0,5}{2} = \frac{1}{4} = 0,25$. Ответ: 0,25

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

2 1 Тележку массой $m = 3$ кг, движущуюся по гладкому горизонтальному столу, толкают с силой $F = 6$ Н в направлении движения. Каково ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 2 Легкоподвижную тележку массой 4 кг толкают с силой 12 Н. Каково ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2 3 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение 4 м/с². Каково ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{2}\vec{F}$ в этой системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с².

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 4 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение 12 м/с². Определите ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{3}\vec{F}$ в этой системе отсчёта.

Ответ: _____ м/с².

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 5 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение $\vec{a}$. Во сколько раз нужно уменьшить массу тела, чтобы вдвое меньшая сила сообщала ему в этой системе отсчёта в 2 раза большее ускорение?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 6 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$, действуя на тело массой m, сообщает ему ускорение $\vec{a}$. Во сколько раз нужно уменьшить силу, чтобы, уменьшив массу тела вдвое, уменьшить его ускорение в этой системе отсчёта в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 7 В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщит телу массой 9 кг в этой системе отсчёта в 2 раза большее ускорение?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 8 В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какова масса тела, которому сила 60 Н сообщает такое же ускорение?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 9 В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 8 кг ускорение 5 м/с². Какое ускорение в той же системе отсчёта сообщит та же сила телу массой 5 кг?

Ответ: _____ м/с².

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 10 В инерциальной системе отсчёта сила $\vec{F}$ сообщает телу массой 4 кг ускорение $\vec{a}$. Какова должна быть масса тела, чтобы вдвое меньшая сила сообщала ему в 4 раза большее ускорение?

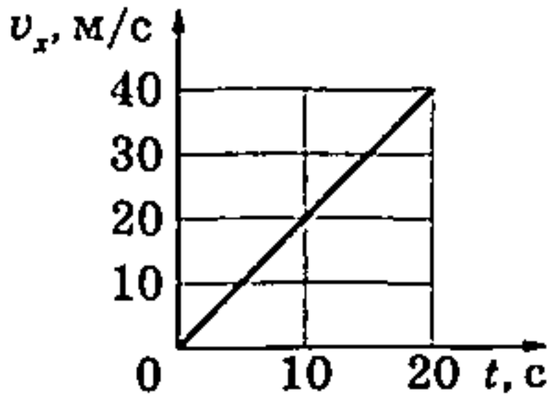
Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

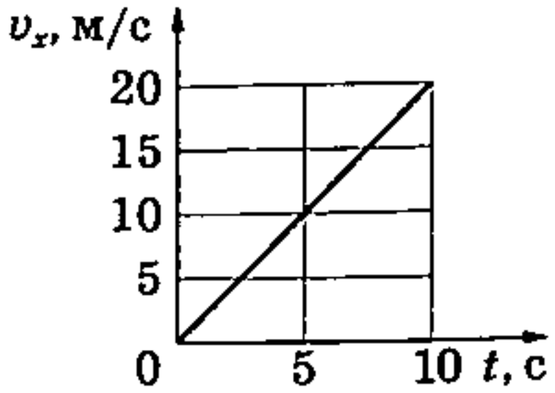
2 11 Скорость тела массой 3 кг, движущегося вдоль оси Ox в инерциальной системе отсчёта, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Определите равнодействующую приложенных к телу сил в момент времени $t = 10$ с.



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 12 Скорость тела массой 5 кг, движущегося вдоль оси Ox в инерциальной системе отсчёта, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Определите равнодействующую приложенных к телу сил в момент времени $t = 2,5$ с.



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 13 Земля притягивает к себе подброшенный мяч с силой 5 Н. С какой силой этот мяч притягивает к себе Землю?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 14 Мальчик медленно поднимает гирю, действуя на неё с силой 100 Н. С какой силой гиря действует на руку мальчика?

Ответ: _____ Н.

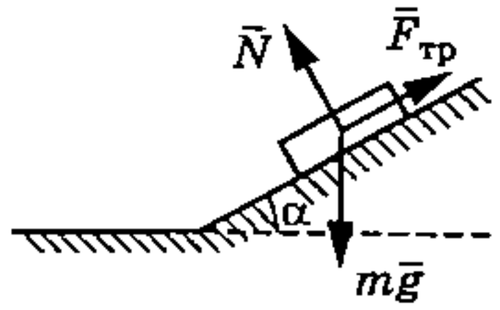
БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 15 Подъёмный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со стороны каната действует сила, равная по величине 8000 Н. Определите силу, действующую на канат со стороны груза.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

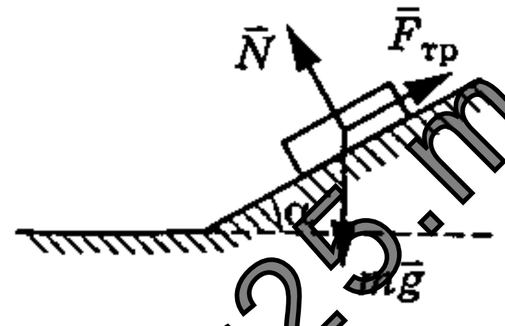
2 16 Брусок массой $m = 2$ кг положили на шероховатую наклонную опору (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Чему равен модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{тр}$ и $\vec{N}$, если брусок покоится?



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 17 Брусок массой $m = 0,5$ кг положили на шероховатую наклонную опору с углом наклона к горизонту $\alpha = 60°$ (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Чему равен модуль силы $\vec{N}$?



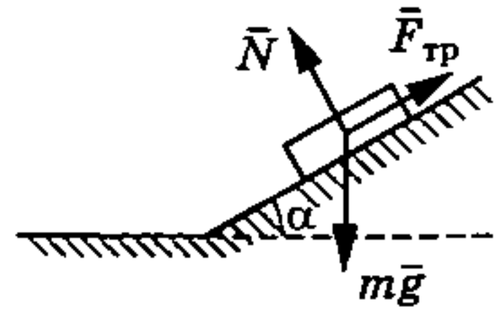
Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

2 18 Брусок массой $m = 0{,}6$ кг положили на шероховатую наклонную опору с углом наклона к горизонту $\alpha = 30°$ (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Чему равен модуль силы трения $\vec{F}_{тр}$, если брусок равномерно движется вниз?



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 19 Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 20 Определите жёсткость пружины, если под действием силы 15 Н она удлинится на 2 см.

Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 21 Определите удлинение пружины жёсткостью $k = 10^4$ Н/м под действием силы 1000 Н.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 22 В Вашем распоряжении динамометр и линейка. Растянув пружину динамометра на 5 см, Вы обнаружили, что его показания равны 2 Н. Какова жёсткость пружины динамометра?

Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 23 Под действием силы 3 Н пружина удлинилась на 4 см. Чему равен модуль силы, под действием которой удлинение этой пружины составит 6 см?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 24 Пружина жёсткостью $2 \cdot 10^4$ Н/м одним концом закреплена в штативе. На какую величину она растянется под действием силы 400 Н?

Ответ: _____ см.

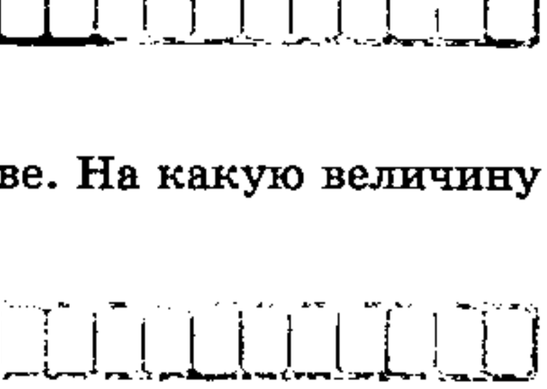
БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 25 Подвешенная к потолку пружина под действием силы 4 Н удлинилась на 6 см. Чему равно удлинение этой пружины под действием силы 6 Н?

Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 26 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Какова жёсткость пружины?



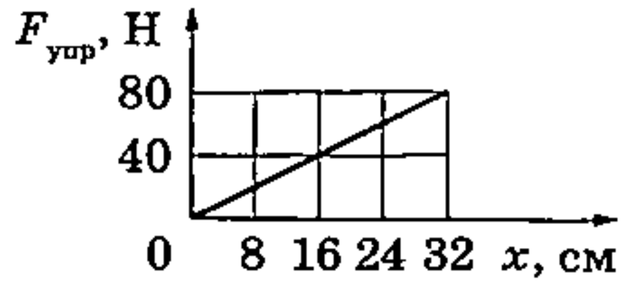
Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

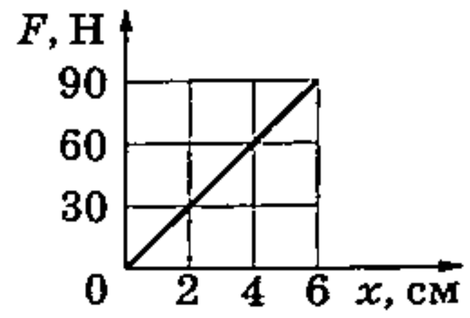
2 27 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Какова жёсткость пружины?



Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

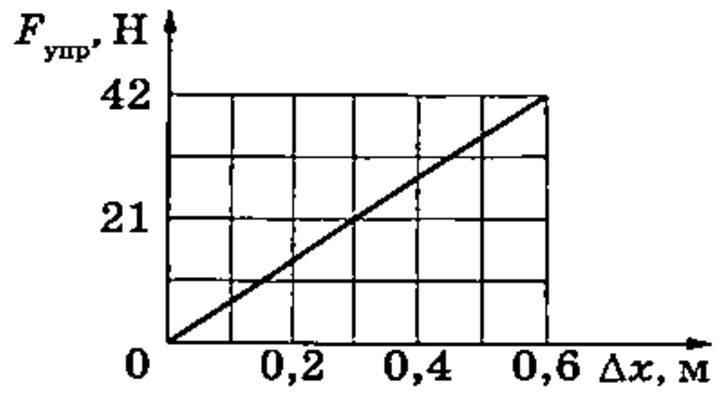
2 28 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости F от удлинения пружины x. Какова жёсткость пружины?



Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

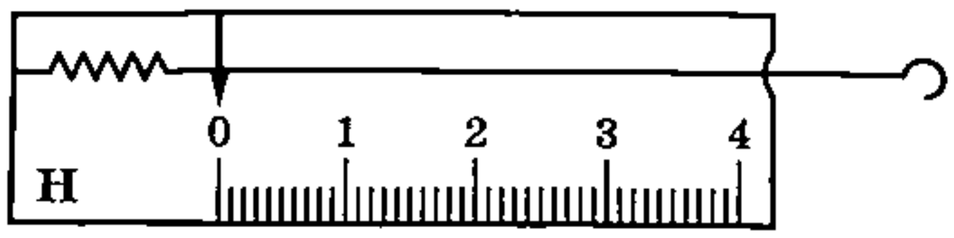
2 29 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости пружины от величины её деформации. Определите жёсткость этой пружины.

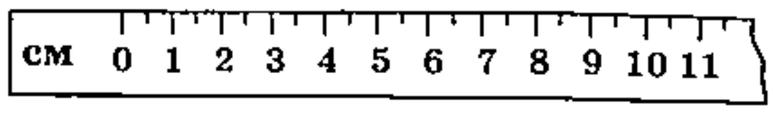


Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 30 На рисунке изображён лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Каким будет растяжение пружины динамометра, если к ней подвесить груз 200 г?

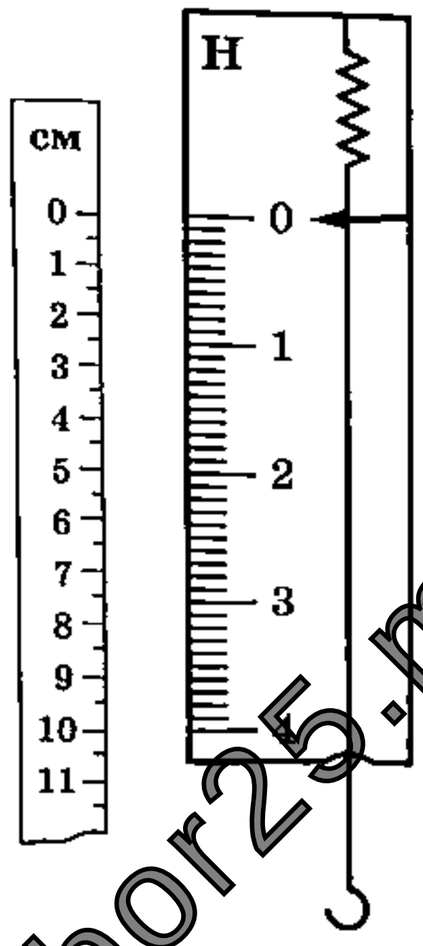




Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 31 На рисунке изображён лабораторный динамометр. Его шкала проградуирована в ньютонах. Какой должна быть масса груза, подвешенного к пружине, чтобы пружина растянулась на 2,5 см?

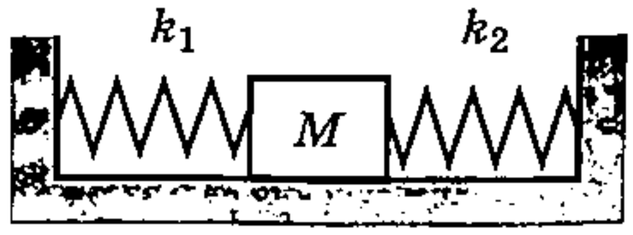


Ответ: _____ г.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

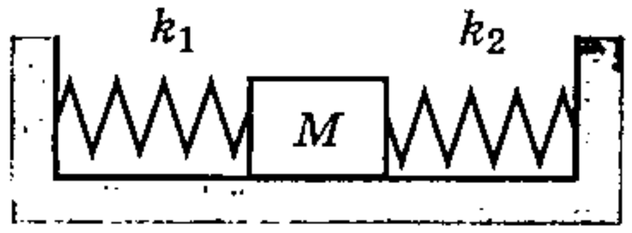
2 32 Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью $k_1 = 400$ Н/м сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

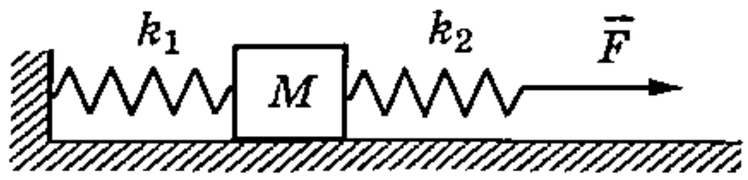
2 33 Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равна жёсткость первой пружины k_1?



Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

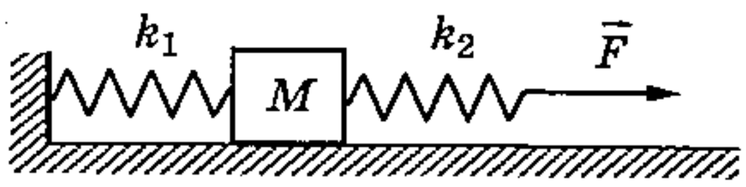
2 34 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплён к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение второй пружины?



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 35 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплён к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение первой пружины?



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 36 Сила трения, действующая на скользящие по горизонтальной дороге стальные санки массой 8 кг, равна 16 Н. Каков коэффициент трения скольжения стали по льду?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 37 Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 38 При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

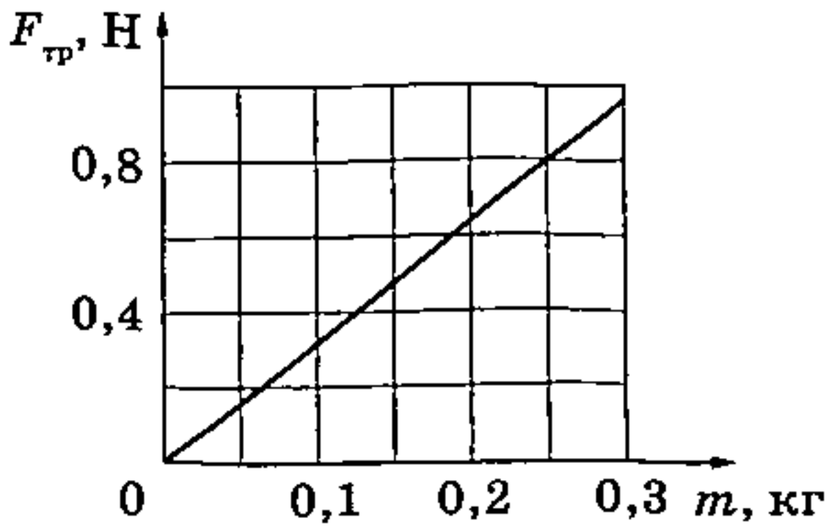
sdo25.me

2 39 При движении по горизонтальной поверхности на брусок массой 2 кг действует сила трения скольжения 8 Н. Какой станет сила трения скольжения, если на брусок положить сверху ещё один брусок такой же массы и бруски будут двигаться как одно целое? Коэффициент трения не изменился.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

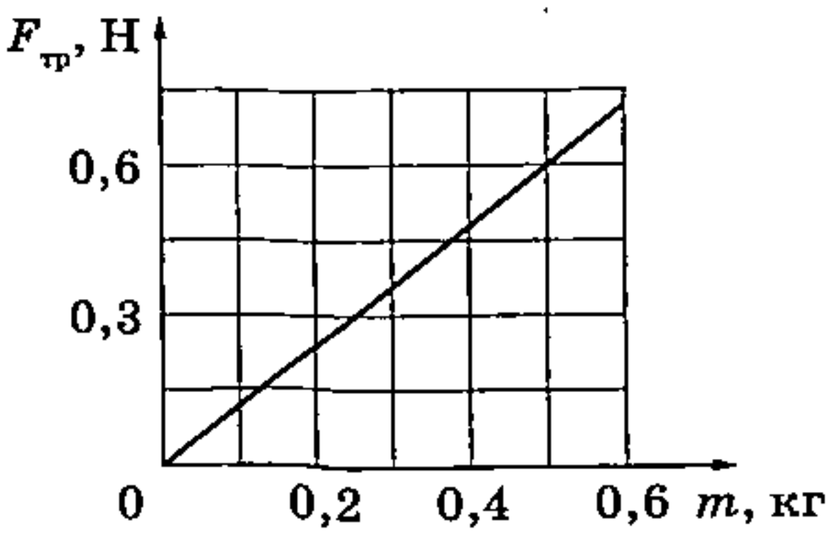
2 40 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

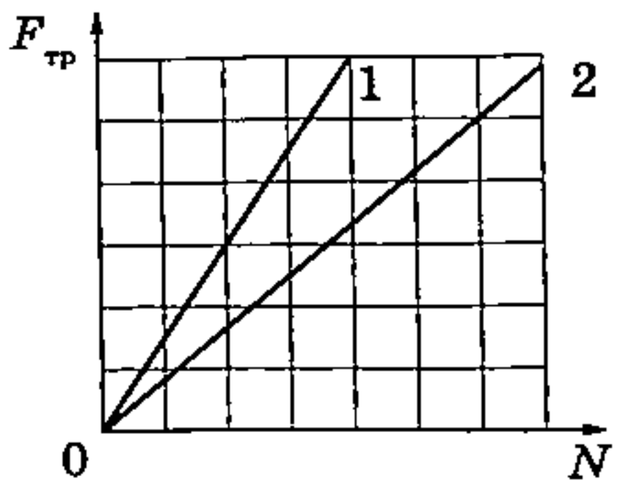
2 41 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

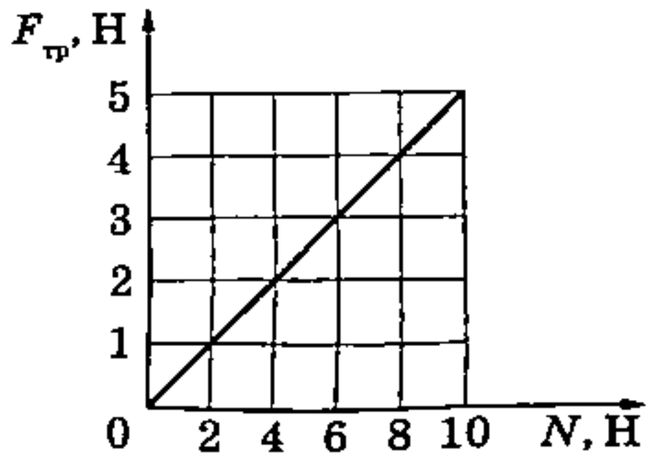
2 42 На рисунке представлены графики зависимости модуля силы трения скольжения от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры для двух тел. Определите отношение $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ коэффициентов трения скольжения.



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

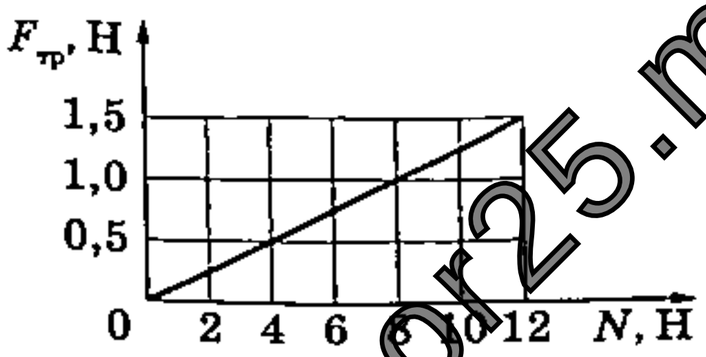
2 43 На рисунке приведён график зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ бруска от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры N. Каков коэффициент трения?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2 44 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры. Каков коэффициент трения?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2
45

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $\vec{F}_{тр}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры $\vec{N}$ были получены следующие данные:

$F_{тр}$, Н	1,0	2,0	3,0	4,0
N, Н	2,0	4,0	6,0	8,0

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2
46

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $\vec{F}_{тр}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры $\vec{N}$ были получены следующие данные:

$F_{тр}$, Н	0,8	1,0	1,2	1,4
N, Н	4,0	5,0	6,0	7,0

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2
47

На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, и он остаётся в покое. Какова сила трения между ящиком и полом?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2
48

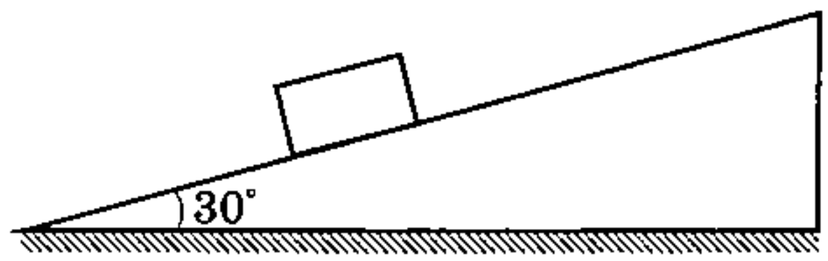
Стальной брусок массой 20 кг, лежащий на горизонтальной поверхности стола, тянут с горизонтальной силой 50 Н. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,4. Какова сила трения между бруском и столом?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2
49

Брусок покоится на наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом. Сила трения покоя равна 0,5 Н. Определите силу тяжести, действующую на брусок.

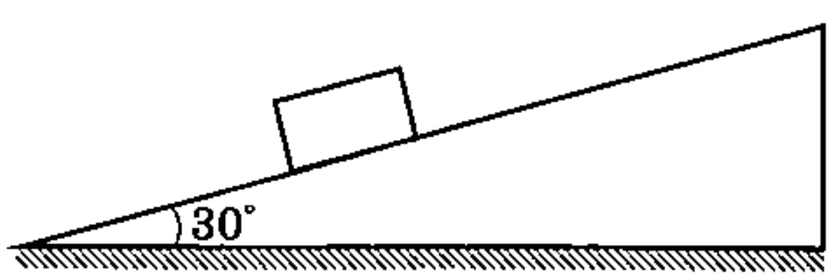


Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

2
50

Брусок массой 1 кг покоится на наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом. Определите силу трения покоя, действующую на брусок.



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 5 и 6

Что нужно знать	Что нужно уметь
Законы Ньютона (стр. 43, 44)	Анализировать процесс движения тела, представленный в виде таблиц, графиков или словесного описания. Определять характер движения в зависимости от сил, действующих на тело. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела. Строить графики зависимости от времени для физических величин, характеризующих движение тела
Закон всемирного тяготения (стр. 45)	Анализировать изменение физических величин в процессе движения искусственных спутников
Закон Гука, сила тяжести, сила трения (стр. 45)	Анализировать процесс движения тела под действием сил тяжести, упругости и трения, представленный в виде таблиц, графиков или словесного описания. Различать силы трения покоя и скольжения. Анализировать изменение различных физических величин в процессе движения тела

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Автомобиль массой 2 т, двигаясь с постоянной скоростью 36 км/ч, проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 40 м. Определите: 1) силу тяжести, действующую на автомобиль; 2) центростремительное ускорение автомобиля; 3) модуль и направление равнодействующей сил, действующих на автомобиль; 4) модуль и направление силы, с которой мост действует на автомобиль; 5) модуль и направление силы, с которой автомобиль действует на мост
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Сила тяжести, действующая на автомобиль, определяется формулой $F_т = mg = 2000 \cdot 10 = 20\,000$ Н и направлена вертикально вниз. Ответ: 20 000 Н. 2) Траектория движения автомобиля в верхней точке выпуклого моста близка к дуге окружности, поэтому автомобиль обладает центростремительным ускорением $a_{цс} = \frac{v^2}{R} = \frac{10^2}{40} = 2{,}5$ м/с^2, вектор которого направлен к центру окружности, т. е. вертикально вниз. Ответ: 2,5 м/с^2. 3) Модуль скорости автомобиля не меняется, поэтому $\bar{a} = \bar{a}_{цс}$. Согласно второму закону Ньютона $m\bar{a}_{цс} = \bar{F}$, направление ускорения, с которым движется автомобиль, совпадает с направлением равнодействующей сил, действующих на автомобиль. Следовательно, равнодействующая в верхней точке выпуклого моста направлена вертикально вниз, а её модуль равен $F = ma_{цс} = 2000 \cdot 2{,}5 = 5000$ Н. Ответ: 5000 Н.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Shor25.me

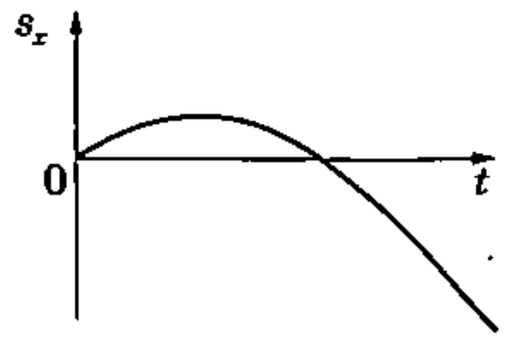
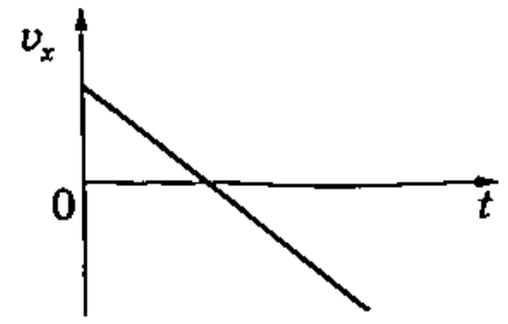
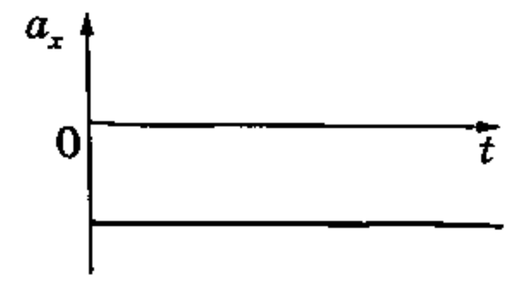
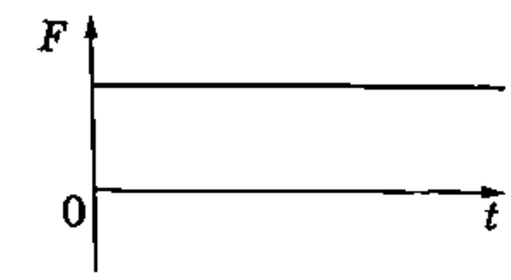
Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	4) На автомобиль в верхней точке выпуклого моста кроме силы тяжести действует со стороны моста сила реакции опоры $\vec{N}$. Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a}_{цс} = m\vec{g} + \vec{N}$. Записав это векторное выражение в проекциях на ось Ox, направленную вертикально вниз, получим: $ma_{цс} = mg - N$. Значит, сила реакции опоры направлена вертикально вверх, а её модуль равен $$N = m(g - a_{цс}) = 2000 \cdot (10 - 2{,}5) = 15\,000 \text{ Н}.$$ Ответ: 15 000 Н. 5) Согласно третьему закону Ньютона автомобиль и мост взаимодействуют друг с другом с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Значит, сила, с которой автомобиль действует на мост, направлена вертикально вниз, а её модуль равен 15 000 Н. Ответ: 15 000 Н
Задание № 2	Искусственный спутник Земли перешёл с одной круговой орбиты на другую. На новой орбите скорость его движения меньше, чем на прежней. Как изменились (***увеличились, уменьшились, не изменились***) перечисленные ниже физические величины в результате перехода спутника на новую орбиту? 1) высота орбиты; 2) сила притяжения спутника к Земле; 3) центростремительное ускорение спутника; 4) период обращения спутника
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) На спутник действует сила гравитационного притяжения к Земле, в результате чего он движется по круговой орбите с постоянной скоростью. По второму закону Ньютона $ma_{цс} = F$, или $m\frac{v^2}{R} = G\frac{Mm}{R^2}$, m и M — масса спутника и Земли соответственно, R — радиус орбиты спутника, v — его скорость. В итоге получим $R = G\frac{M}{v^2}$. Следовательно, если скорость спутника v уменьшилась, значит, радиус орбиты ***увеличился***. 2) При увеличении радиуса орбиты R, согласно закону всемирного тяготения, сила притяжения спутника к Земле $F = G\frac{Mm}{R^2}$ ***уменьшилась***. 3) Согласно второму закону Ньютона $ma_{цс} = F$, центростремительное ускорение спутника также ***уменьшилось***. 4) Согласно формуле для периода движения тела по окружности $T = \frac{2\pi R}{v}$ и увеличение радиуса орбиты (в числителе), и уменьшение скорости движения спутника (в знаменателе) приводит к его ***увеличению***
Задание № 3	Тело движется вдоль оси Ox, при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой $x(t) = -6 + 4t - 3t^2$ (все величины выражены в СИ). Схематически постройте графики зависимости от времени для физических величин, характеризующих движение тела: 1) проекции s_x перемещения тела; 2) проекции v_x скорости тела; 3) проекции a_x ускорения тела; 4) модуля равнодействующей $\vec{F}$ сил, действующих на тело

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

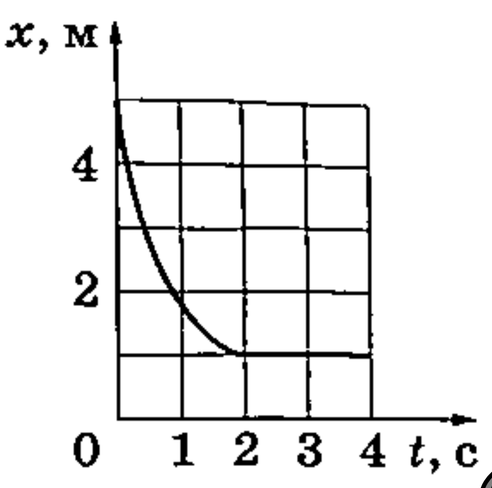
Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) Закон движения тела $x(t)$ представляет собой квадратичную зависимость, значит, тело движется равноускоренно. Выражение для перемещения будет иметь вид $s_x(t) = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} = 4t - 3t^2$. Схематический график представляет собой параболу, проходящую через начало координат и расположенную ветвями вниз (см. рисунок).  2) Выражение для проекции скорости тела будет иметь вид $v_x(t) = v_{0x} + a_x t = 4 - 6t$. Схематический график представляет собой наклонную прямую (см. рисунок).  3) Тело движется равноускоренно, значит, ускорение с течением времени остаётся постоянным, причём проекция ускорения a_x отрицательна. Схематический график представляет собой горизонтальную прямую, расположенную ниже оси t (см. рисунок).  4) Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}$ равнодействующая сил, действующих на тело, также остаётся постоянной во времени. Её проекция на ось x будет отрицательна, а модуль — положительным. Схематический график представляет собой горизонтальную прямую, расположенную выше оси t (см. рисунок) 

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

5 **1**

Шайба скользит по прямому жёлобу. Изменение координаты шайбы с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике.



Выберите **все** верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) Скорость шайбы увеличивалась в течение всего времени наблюдения.
2) Первые 2 с скорость шайбы уменьшалась, а затем стала равной нулю.
3) На шайбу действовала постоянная равнодействующая сила.
4) Первые 2 с шайба двигалась с увеличивающейся скоростью, а затем двигалась равномерно.
5) В промежутке времени от 2 до 4 с ускорение шайбы равно нулю.

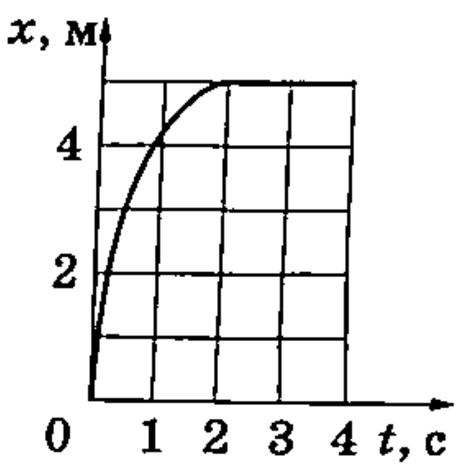
БЛАНК ОТВЕТОВ **5**

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 2

Шарик катится по прямому жёлобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике.



Выберите все верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) Скорость шарика постоянно увеличивалась.
2) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
3) На шарик действовала всё увеличивающаяся сила.
4) Первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.
5) В промежутке времени от 2 до 4 с равнодействующая всех сил, действующих на шарик, была равна нулю.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 3

В лабораторных опытах по изучению закона Гука две пружины с различной жёсткостью прикрепили к штативу, поочерёдно подвешивали к ним грузы разной массы и измеряли линейкой удлинение пружин. Результаты опытов с учётом погрешностей представлены в таблице.

№ опыта	№ пружины	Масса груза m, г	Удлинение пружины Δl, см
1	1	100	1,9 ± 0,1
2	1	200	4,1 ± 0,1
3	1	300	6,0 ± 0,1
4	2	200	1,9 ± 0,1
5	2	300	2,9 ± 0,1
6	2	400	4,1 ± 0,1

Выберите все утверждения, соответствующие результатам этих опытов.

1) Закон Гука выполняется только для пружины № 1.
2) Жёсткость пружины № 1 в 2 раза меньше, чем пружины № 2.
3) Жёсткость пружины № 1 равна 50 Н/м.
4) Жёсткость пружины № 2 равна 10 Н/м.
5) Если к пружине № 2 подвесить груз массой 500 г, то её удлинение составит 5,9 ± 0,1 см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 4

В лабораторных опытах по изучению закона Гука резиновый жгут прикрепили к штативу, затем стали подвешивать к нему грузы разной массы и измерять линейкой удлинение жгута. Результаты опытов с учётом погрешностей представлены в таблице.

№ опыта	Масса груза m, г	Удлинение жгута Δl, см
1	40	2,0 ± 0,1
2	80	3,9 ± 0,1
3	120	6,1 ± 0,1
4	160	8,5 ± 0,1
5	200	11,0 ± 0,1
6	240	13,5 ± 0,1

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

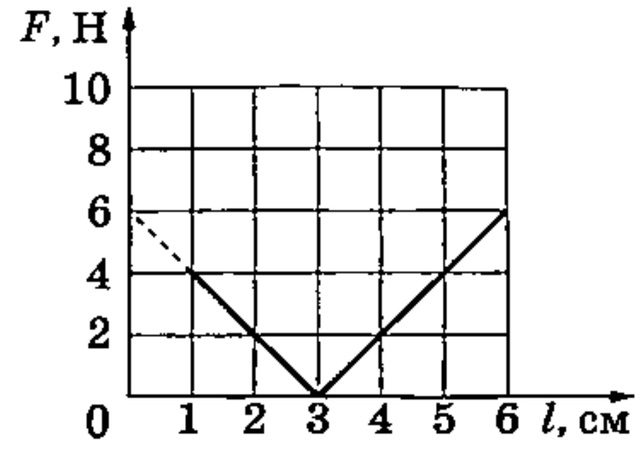
Выберите все утверждения, соответствующие результатам этих опытов.

1) Закон Гука выполняется во всех шести опытах.
2) Жёсткость жгута во всех опытах увеличивается с увеличением массы груза.
3) Закон Гука выполняется только в первых трёх опытах.
4) Жёсткость жгута в первых трёх опытах равна 20 Н/м.
5) Жёсткость жгута равна 40 Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
5

При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины. Эта зависимость выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке.



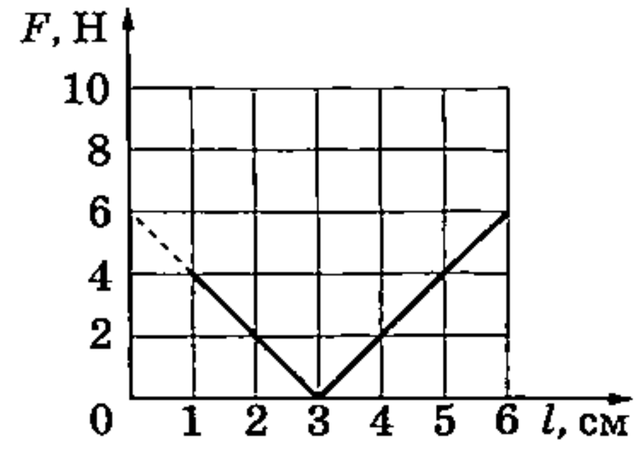
Выберите все утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

1) При действии силы, равной 4 Н, пружина разрушается.
2) Жёсткость пружины равна 200 Н/м.
3) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.
4) При действии силы 4 Н пружина сжимается или растягивается на 2 см.
5) При растяжении пружина не подчиняется закону Гука.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
6

При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины. Эта зависимость выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите все утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

1) Для данной пружины закон Гука выполняется только при деформации до 2 см.
2) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 3 см.
3) Жёсткость пружины равна 400 Н/м.
4) При длине 1 см пружина разрушается.
5) Под действием силы 2 Н пружина сжимается или растягивается на 1 см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

6
7

В результате перехода с одной круговой орбиты на другую скорость движения искусственного спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Земли

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 8 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его скорость увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Центростремительное ускорение

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 9 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его скорость движения по орбите вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 10 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения спутника по орбите и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость движения спутника по орбите	Период обращения спутника вокруг Земли

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 11 В результате перехода с одной круговой орбиты на другую радиус орбиты спутника уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость движения спутника	Центростремительное ускорение спутника

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
12

В результате перехода с одной круговой орбиты на другую радиус орбиты спутника увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение спутника	Период обращения спутника вокруг Земли

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
13

На шероховатой наклонной плоскости ($\mu < 1$) покоится деревянный брусок. Затем с ним проводят опыты, перемещая брусок равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости при помощи параллельной ей нити. Во второй серии опытов, в отличие от первой серии, на бруске закрепляют дополнительный груз, не меняя прочих условий.
Как изменяются при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Коэффициент трения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
14

На шероховатой наклонной плоскости ($\mu < 1$) покоится деревянный брусок. Затем с ним проводят опыты, перемещая брусок равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости при помощи параллельной ей нити. Во второй серии опытов угол с горизонтом при основании наклонной плоскости меньше, чем в первой серии опытов.
Как изменяются при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Коэффициент трения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 15 На шероховатой наклонной плоскости покоится деревянный брусок. Угол наклона плоскости увеличивают, но брусок относительно плоскости остаётся в покое. Как изменяются при этом сила трения покоя, действующая на брусок, и коэффициент трения бруска о плоскость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила трения покоя, действующая на брусок	Коэффициент трения бруска о плоскость

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 16 На шероховатой наклонной плоскости покоится деревянный брусок. Угол наклона плоскости уменьшают. Как изменяются при этом сила трения покоя, действующая на брусок, и коэффициент трения бруска о плоскость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила трения покоя, действующая на брусок	Коэффициент трения бруска о плоскость

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 17 По шероховатой наклонной плоскости из состояния покоя съезжает деревянный брусок. Угол наклона плоскости увеличивают. Как изменяются при этом сила трения скольжения, действующая на брусок, и коэффициент трения бруска о плоскость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила трения скольжения, действующая на брусок	Коэффициент трения бруска о плоскость

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 18 С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m. Как изменятся ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $2m$?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение бруска	Сила трения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdar25.me

6
19

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m. Как изменятся ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $0{,}5m$?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

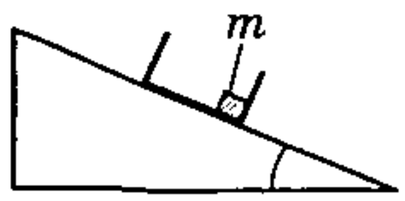
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение бруска	Сила трения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
20

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся ускорение при движении по наклонной плоскости и модуль силы реакции опоры, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой $3m$?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

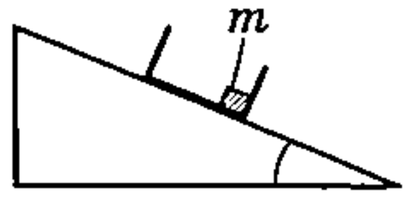
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение	Модуль силы реакции опоры

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
21

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся время движения по наклонной плоскости и модуль силы реакции опоры, если с вершины той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой $\frac{m}{2}$?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

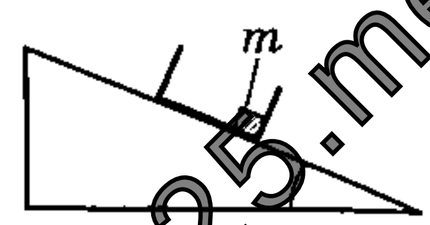
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения	Модуль силы реакции опоры

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
22

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок).
Как изменятся время движения по наклонной плоскости и ускорение той же коробочки, если она будет соскальзывать с вершины той же наклонной плоскости из состояния покоя, но в коробочке будет лежать груз массой $2{,}5m$?



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения по наклонной плоскости	Ускорение коробочки

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
23

В школьном опыте брусок, помещённый на горизонтальный диск, вращался вместе с ним с некоторой угловой скоростью. В ходе опыта угловую скорость диска увеличили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как изменились при этом линейная скорость бруска и сила нормального давления бруска на опору?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость бруска	Сила нормального давления бруска на опору

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
24

В школьном опыте брусок, помещённый на горизонтальный диск, вращается вместе с ним с некоторой угловой скоростью. В ходе опыта угловую скорость диска уменьшают. При этом положение бруска на диске остаётся прежним. Как изменяются при этом центростремительное ускорение бруска и сила трения между бруском и опорой?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение бруска	Сила трения между бруском и опорой

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
25

В первой серии опытов брусок с грузом перемещают при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещают этот брусок, закрепив на нём ещё один груз.
Как изменяются при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Коэффициент трения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
26

В первой серии опытов брусок с двумя грузами перемещали при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещали этот брусок, убрав с него один груз.
Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и сила трения, действующая на брусок со стороны плоскости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Сила трения

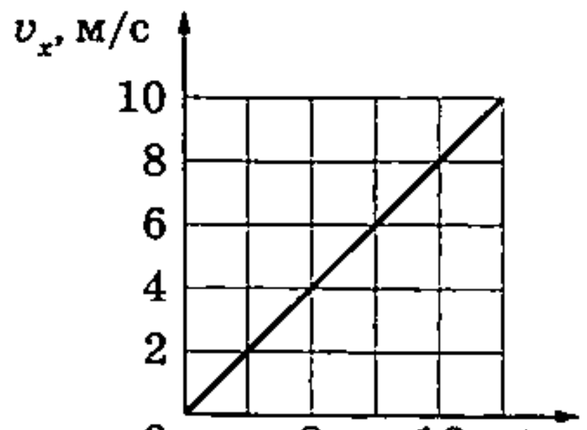
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ДИНАМИКА»

1 В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 2 кг ускорение 3 м/с^2. Какое ускорение в той же системе отсчёта сообщит вдвое большая сила телу массой 24 кг?

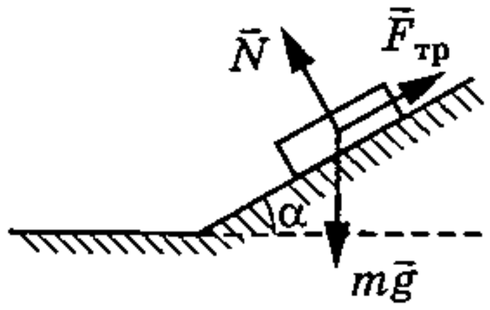
Ответ: _____ м/с^2.

2 Скорость автомобиля массой 1000 кг, движущегося вдоль оси Ox, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Чему равен модуль равнодействующей всех сил, действующих на автомобиль? Систему отсчёта считать инерциальной.



Ответ: _____ Н.

3 Брусок массой m = 3 кг положили на шероховатую наклонную опору (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Чему равен модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{тр}$ и $\vec{N}$, если брусок равномерно движется вниз вдоль опоры?



Ответ: _____ Н.

4 Камень массой 200 г брошен вертикально вверх с начальной скоростью v = 20 м/с. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска?

Ответ: _____ Н.

5 Расстояние от спутника до центра Земли равно четырём радиусам Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным двум радиусам Земли?

Ответ: в _____ раз(а).

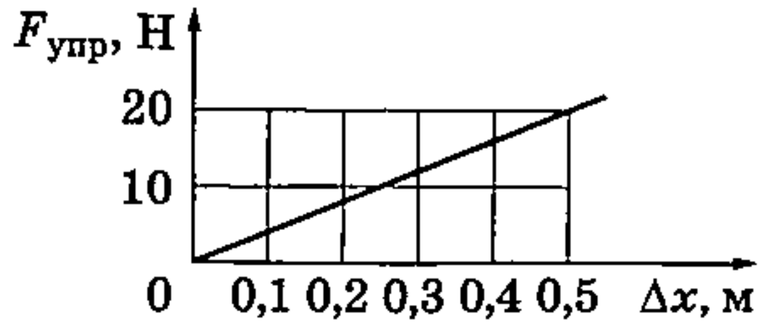
6 Во сколько раз масса Юпитера больше массы Земли, если сила притяжения Юпитера к Солнцу в 11,8 раза больше, чем сила притяжения Земли к Солнцу, а расстояние между Юпитером и Солнцем в 5,2 раза больше, чем расстояние между Солнцем и Землёй? (Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружности.) Ответ округлите до целых.

Ответ: в _____ раз(а).

© ООО «Издательство «Национальное образование»

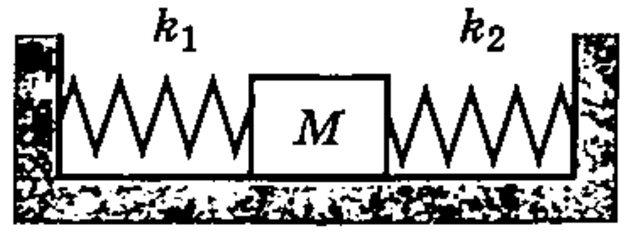
shor25.me

7 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости пружины от величины её деформации. Определите жёсткость этой пружины.



Ответ: _____ Н/м.

8 Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Жёсткость правой пружины k_2 = 800 Н/м. Левая пружина действует на кубик с силой 16 Н. Определите величину деформации правой пружины.



Ответ: _____ см.

9 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{тр}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры $F_{н}$ были получены следующие данные:

$F_{тр}$, Н	0,60	0,75	0,90	1,05
$F_{н}$, Н	2,0	2,5	3,0	3,5

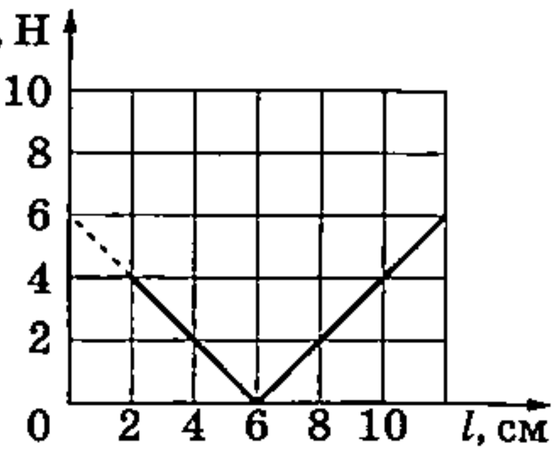
Чему равен коэффициент трения скольжения по результатам исследования?

Ответ: _____ .

10 Санки массой 5 кг скользят по горизонтальной дороге. Сила трения скольжения их полозьев о дорогу равна 6 Н. Каков коэффициент трения скольжения саночных полозьев о дорогу?

Ответ: _____ .

11 При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины. Эта зависимость выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите все утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

1) Под действием силы, равной 6 Н, пружина разрушается.
2) В процессе опыта жёсткость пружины сначала уменьшается, а затем увеличивается.
3) Жёсткость пружины равна 100 Н/м.
4) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.
5) Под действием силы 2 Н пружина сжимается или растягивается на 4 см.

Ответ: _____ .

12 Автомобиль массой 2 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 75 м, двигаясь с постоянной скоростью 54 км/ч. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие движение автомобиля.

1) Сила, с которой автомобиль действует на мост, направлена вертикально вверх.
2) Сила, с которой мост действует на автомобиль, меньше 20 000 Н и направлена вертикально вверх.
3) Сила тяжести, действующая на автомобиль, равна 26 000 Н.
4) Центростремительное ускорение автомобиля примерно равно 39 м/с^2.
5) Сумма сил, действующих на автомобиль, направлена вертикально вниз и перпендикулярна скорости автомобиля.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшается с 400 до 300 км. Как изменяются в результате этого скорость спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость движения спутника по орбите	Центростремительное ускорение

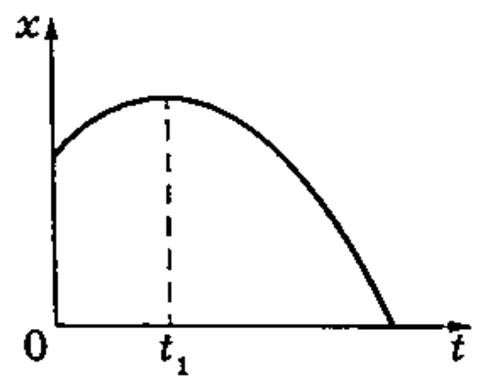
14 В школьном опыте брусок, помещённый на горизонтальный диск, вращался вместе с ним с некоторой частотой. В ходе опыта частоту вращения диска увеличили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как изменились при этом линейная скорость бруска и сила трения, действующая на брусок со стороны опоры?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость бруска	Сила трения, действующая на брусок со стороны опоры

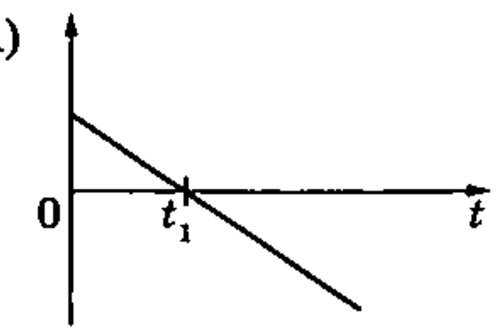
15 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox, от времени t. Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t.



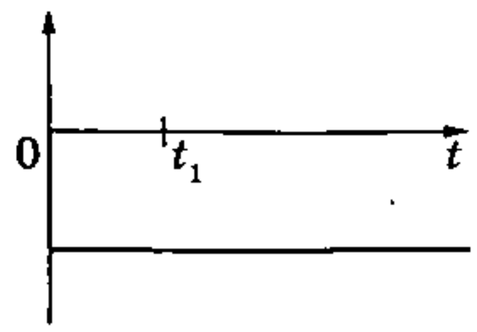
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
1) проекция скорости тела на ось Ox
2) проекция перемещения тела на ось Ox
3) проекция ускорения тела на ось Ox
4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

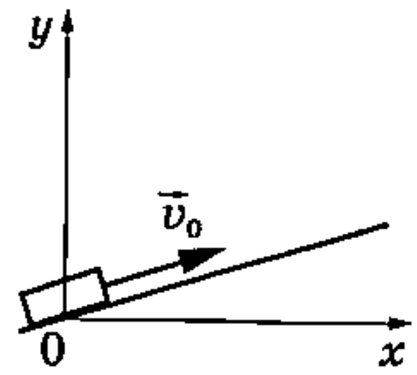
Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

16 После удара в момент $t = 0$ шайба начинает скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и в момент $t = t_0$ возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

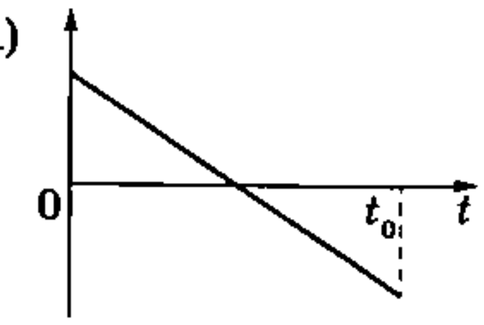


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

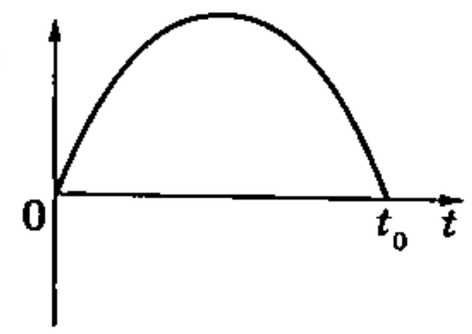
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция a_x ускорения
2) координата x
3) проекция a_y ускорения
4) проекция v_y скорости

Ответ:

А	Б

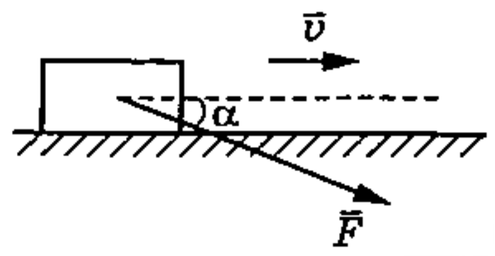
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 22 и 26

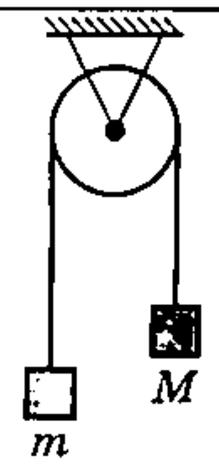
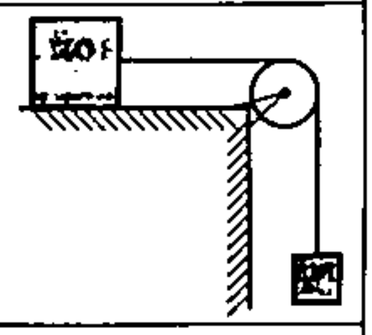
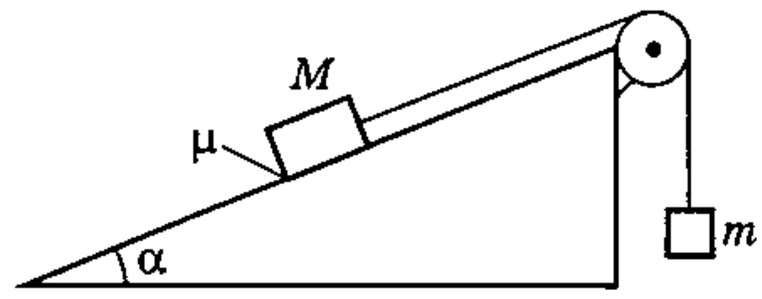
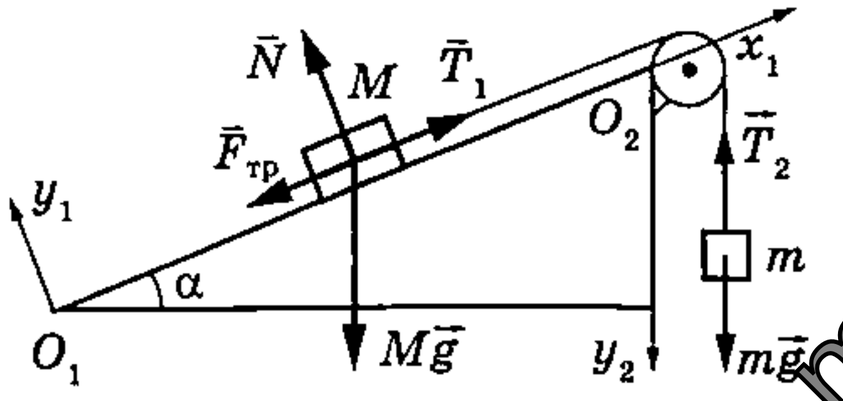
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Искусственный спутник обращается по круговой орбите на высоте 300 км от поверхности планеты со скоростью 5,7 км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Чему равно ускорение свободного падения на поверхности планеты?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Согласно закону всемирного тяготения $F = G\dfrac{Mm}{(R+h)^2} = ma_{цс}$. Центростремительное ускорение спутника $a_{цс} = \dfrac{v^2}{R+h}$. Ускорение свободного падения на поверхности планеты $g = G\dfrac{M}{R^2}$. Таким образом, $\dfrac{v^2}{R+h} = G\dfrac{M}{(R+h)^2} = g\dfrac{R^2}{(R+h)^2}$. В итоге получаем $g = \dfrac{v^2(R+h)}{R^2} = \dfrac{5{,}7^2 \cdot 10^6 \cdot (5{,}7+0{,}3)\cdot 10^6}{5{,}7^2 \cdot 10^{12}} = 6$ м/с^2. Ответ: $g = 6$ м/с^2
Задание № 2	Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На тело действует сила $\vec{F}$ под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Каков модуль силы $\vec{F}$, если модуль силы трения, действующей на тело, равен 7,5 Н? 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	На брусок, кроме сил $\vec{F}$ и $\vec{F}_{тр}$, действуют ещё сила тяжести $m\vec{g}$ и нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$. Второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось имеет вид: $0 = N - mg - F\sin\alpha$. Сила трения скольжения $F_{тр} = \mu N = \mu(mg + F\sin\alpha)$. Окончательно имеем $F = \dfrac{F_{тр} - \mu mg}{\mu\sin\alpha} = \dfrac{7{,}5 - 0{,}3\cdot 2\cdot 10}{0{,}3\cdot 0{,}5} = 10$ Н. Ответ: $F = 10$ Н

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

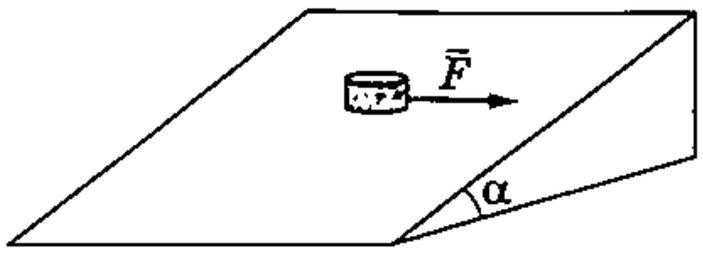
Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 3	Груз массой M соединён с более лёгким бруском массой m = 300 г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый идеальный блок (см. рисунок). Чему равна масса груза M, если модуль ускорения бруска равен 4 м/с^2? Сопротивлением воздуха пренебречь 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для каждого из двух связанных тел: $$Ma = Mg - T,$$ $$ma = T - mg.$$ Решая систему уравнений, получим $$M = \frac{m(g+a)}{g-a} = \frac{0,3\cdot(10+4)}{10-4} = 0,7 \text{ кг}.$$ Ответ: $M = 0,7$ кг
Задание № 4	По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой M = 1,6 кг, соединённый с грузом массой m = 0,4 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Груз движется с ускорением a = 0,8 м/с^2. Определите коэффициент трения бруска о поверхность стола 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси для двух связанных тел: $$Ma = T - F_{тр},$$ $$ma = mg - T.$$ Сила трения скольжения, действующая на брусок, равна: $F_{тр} = \mu N = \mu Mg$. Решая систему уравнений, получим $$\mu = \frac{mg - (M+m)a}{Mg} = \frac{0,4\cdot 10 - (1,6+0,4)\cdot 0,8}{1,6\cdot 10} = 0,15.$$ Ответ: $\mu = 0,15$
Задание № 5	Грузы массами M = 1 кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок (см. рисунок). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30°$, коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0,3$). Чему равно максимальное значение массы m, при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя? 
Возможное решение и ответ к заданию № 5	1. Если масса m достаточно велика, но грузы ещё покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой M, направлена вниз вдоль наклонной плоскости (см. рисунок). 2. Будем считать систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введённой системы координат: $$\left.\begin{aligned} O_1x_1:\ T_1 - Mg\sin\alpha - F_{тр} = 0 \\ O_1y_1:\ N - Mg\cos\alpha = 0 \\ O_2y_2:\ mg - T_2 = 0 \end{aligned}\right\}$$ 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 5	Учтём, что $T_1 = T_2 = T$ (нить лёгкая, блок идеальный), $F_{тр} \le \mu N$ (сила трения покоя). Тогда $T = mg$, $F_{тр} = mg - Mg\sin\alpha$, $N = Mg\cos\alpha$, и мы приходим к неравенству $mg - Mg\sin\alpha \le \mu Mg\cos\alpha$ с решением $m \le M(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$. Таким образом, $$m_{max} = M(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 1 \cdot (0{,}5 + 0{,}3 \cdot 0{,}5\sqrt{3}) \approx 0{,}76 \text{ кг}.$$ Ответ: $m_{max} \approx 0{,}76$ кг
Задание № 6	На шероховатой наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, лежит маленькая шайба массой m = 500 г. Коэффициент трения шайбы о плоскость μ = 0,7. Какую минимальную силу F_{min} в горизонтальном направлении вдоль плоскости надо приложить к шайбе, чтобы она сдвинулась с места? 
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Введём декартову систему координат ($Oxyz$), как показано на рисунке. На шайбу действуют сила трения $\vec{F}_{тр}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила тяжести $m\vec{g}$. Поскольку шайба по условию задачи первоначально покоится, это означает, что $\mu > \operatorname{tg}\alpha$. Шайба сдвинется в том случае, когда сила трения покоя достигнет своего максимального значения, равного силе трения скольжения: $$F_{тр} = \mu N. \quad (1)$$ 2. Поскольку до начала скольжения шайба находилась в покое, то согласно второму закону Ньютона минимальное значение F находится из условия $$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = 0. \quad (2)$$ Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось Oz: $$N - mg\cos\alpha = 0. \quad (3)$$ Обозначим составляющую равнодействующей двух сил: силы тяжести $m\vec{g}$ и силы $\vec{F}$, направленную вдоль наклонной плоскости, как силу $\vec{F}_{||}$. Из уравнения (2) следует, что $\vec{F}_{тр} = -\vec{F}_{||}$. Проекция силы $\vec{F}$ на ось Ox равна F, а проекция силы тяжести на ось Oy равна $mg\sin\alpha$. По теореме Пифагора (см. рисунок) $$F_{||}^2 = F^2 + (mg\sin\alpha)^2. \quad (4)$$ Из (1), (2) и (3) следует, что $$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha = F_{||}. \quad (5)$$ 3. Решая систему уравнений (4) и (5), получим $$F_{min} = mg\sqrt{(\mu\cos\alpha)^2 - (\sin\alpha)^2} = 0{,}5 \cdot 10\sqrt{0{,}75 \cdot 0{,}7^2 - 0{,}25} \approx 1{,}7 \text{ Н}.$$ Ответ: $F_{min} \approx 1{,}7$ Н

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

22 1 Автомобиль массой 2000 кг, разгоняясь с места равноускоренно, достиг скорости 90 км/ч за 10 с. Чему равна равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль?

Ответ: _____ Н.

22 2 Груз массой 2 кг подвешен к укреплённому к потолку лифта динамометру. Лифт начинает подниматься с постоянным ускорением. Показания динамометра при этом равны 26 Н. Чему равно ускорение лифта?

Ответ: _____ м/с^2.

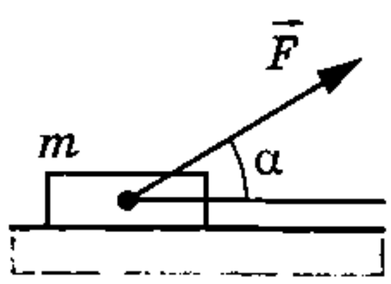
22 3 С какой максимальной скоростью автомобиль может совершить разворот радиусом 20 м на горизонтальной дороге, чтобы его не занесло, если коэффициент трения шин об асфальт равен 0,5?

Ответ: _____ м/с.

22 4 Брусок массой 0,2 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной перпендикулярно стене. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,3. Какую силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

Ответ: _____ Н.

22 5 Брусок движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 10$ Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0{,}2$. Определите массу бруска, если модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{тр} = 4$ Н.



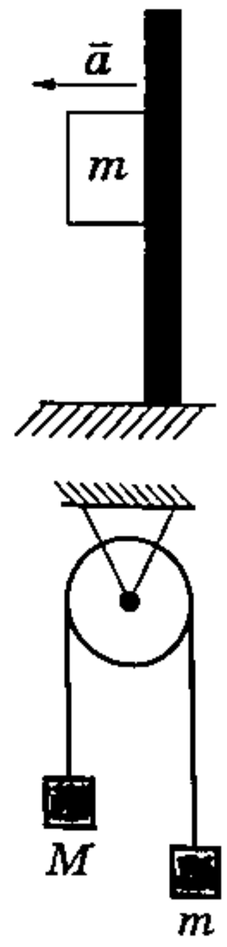
Ответ: _____ кг.

22 6 На горизонтальном столе покоится брусок массой 0,6 кг. Коэффициент трения между столом и бруском равен 0,25. К бруску в горизонтальном направлении прикладывают силу 2,7 Н. Какое ускорение приобретает брусок под действием этой силы?

Ответ: _____ м/с^2.

22 7 К подвижной вертикальной стенке приложили кирпич массой 3 кг. Каков коэффициент трения между кирпичом и стенкой, если минимальное ускорение, с которым надо передвигать стенку влево, чтобы кирпич не соскользнул вниз, равно 20 м/с^2?

Ответ: _____.



22 8 Брусок массой $M = 3$ кг соединён с грузом массой $m = 2$ кг невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый идеальный блок (см. рисунок). Чему равен модуль ускорения бруска?

Ответ: _____ м/с^2.

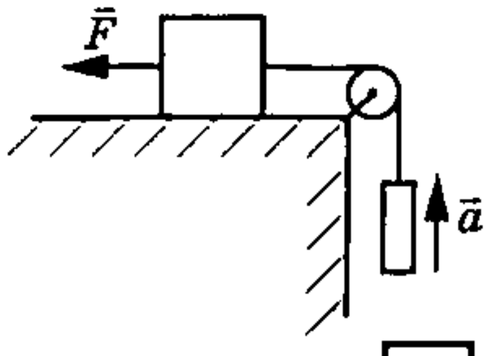
22 9 Два бруска массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 3$ кг соответственно, лежащие на гладком горизонтальном столе, связаны невесомой и нерастяжимой нитью. На грузы действуют силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, как показано на рисунке. Сила натяжения нити $T = 14$ Н. Каков модуль силы $\vec{F}_1$, если $F_2 = 20$ Н?

Ответ: _____ Н.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

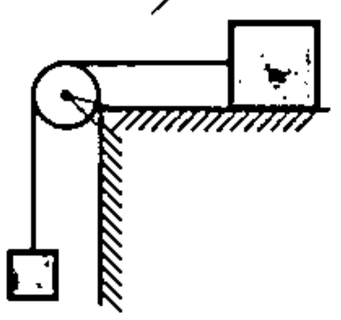
sbor25.me

22 10 Брусок, лежащий на гладком столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой 1 кг. На брусок действует постоянная горизонтальная сила $\vec{F}$, равная по модулю 20 Н (см. рисунок), при этом груз поднимается вверх с ускорением 2 м/с². Какова масса бруска?



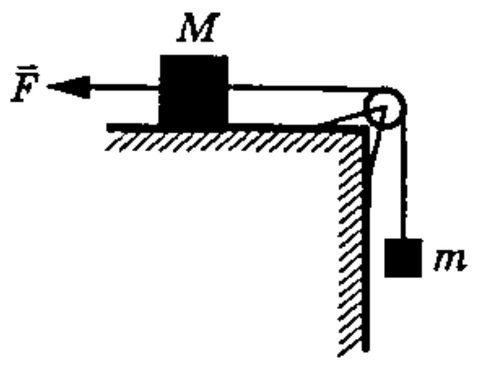
Ответ: _____ кг.

22 11 По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой 1,2 кг, соединённый с грузом массой 0,3 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,1. Определите ускорение бруска.



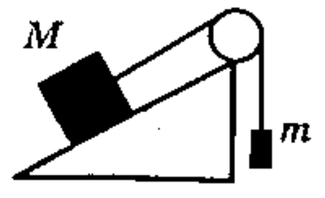
Ответ: _____ м/с².

22 12 Груз массой M = 1 кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой m = 0,75 кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила $\vec{F}$ (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с², направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,25. Чему равен модуль силы $\vec{F}$?



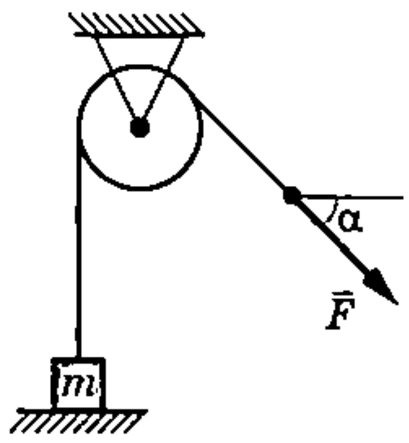
Ответ: _____ Н.

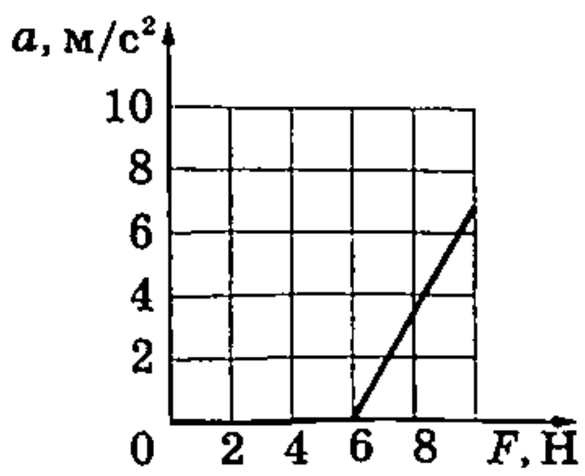
22 13 Брусок массой M = 400 г соединён с грузом массой m = 600 г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Брусок скользит по закреплённой гладкой наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Чему равно ускорение бруска?



Ответ: _____ м/с².

22 14 Груз, покоящийся на горизонтальном столе, привязан к лёгкой нерастяжимой верёвке, перекинутой через идеальный блок. К верёвке прикладывают постоянную силу $\vec{F}$, направленную под углом α = 45° к горизонту (см. рисунок). Зависимость модуля ускорения груза от модуля силы $\vec{F}$ представлена на графике. Чему равна масса груза?





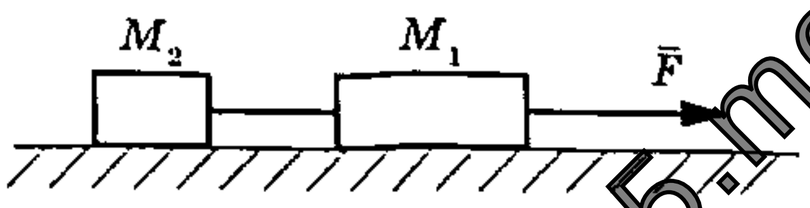
Ответ: _____ кг.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ДИНАМИКА»

1 Искусственный спутник обращается по круговой орбите на высоте 800 км от поверхности планеты. Радиус планеты равен 6200 км, ускорение свободного падения на поверхности планеты равно 7 м/с². Какова скорость движения спутника по орбите?

Ответ: _____ кг/с.

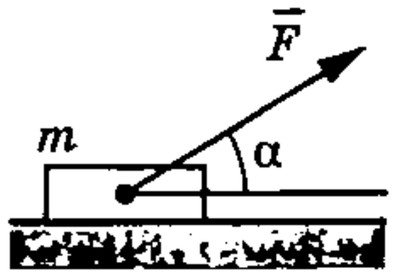
2 Два груза, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкому горизонтальному столу под действием силы $\vec{F}$, приложенной к грузу массой M_1 = 2 кг (см. рисунок). Известно, что нить может выдержать нагрузку не более 12 Н. Чему равна масса второго груза, если нить обрывается при действии силы $\vec{F}$, равной 20 Н?



Ответ: _____ кг.

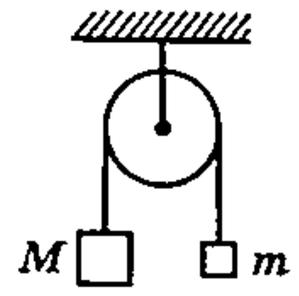
© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

3 Брусок массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы $\vec{F}$, направленной под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{тр} = 2,8$ Н. Чему равен модуль силы $\vec{F}$?



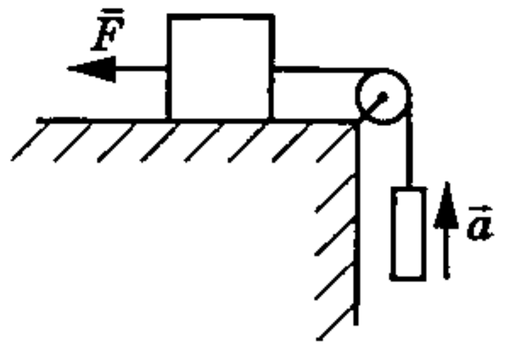
Ответ: _____ Н.

4 Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через $t = 1$ с после начала движения скорость правого груза направлена вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса левого груза $M = 1$ кг. Трением пренебречь.



Ответ: _____ Н.

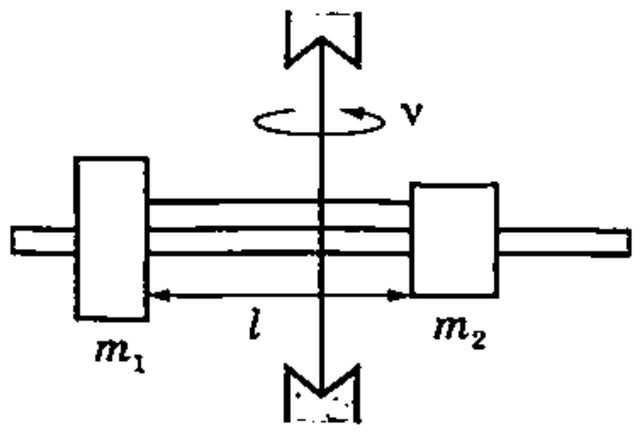
5 Груз массой 1 кг, находящийся на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с другим грузом. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила $\vec{F}$, равная по модулю 10 Н (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2, направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,2. Чему равна масса второго груза?



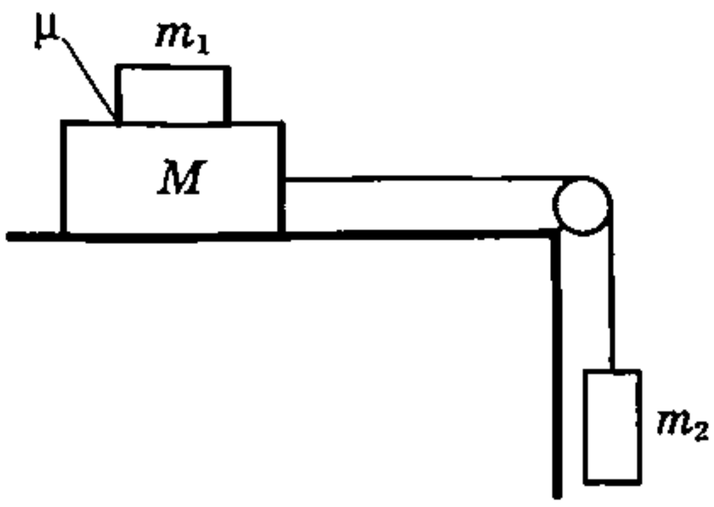
Ответ: _____ кг.

6 На горизонтальном столе лежит деревянный брусок. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском $\mu = 0,1$. Если приложить к бруску силу, направленную вверх под углом $\alpha = 45°$ к горизонту, то брусок будет двигаться по столу равномерно прямолинейно. С каким ускорением будет двигаться этот брусок по столу, если приложить к нему такую же по модулю силу, направленную вверх под углом $\beta = 30°$ к горизонту?

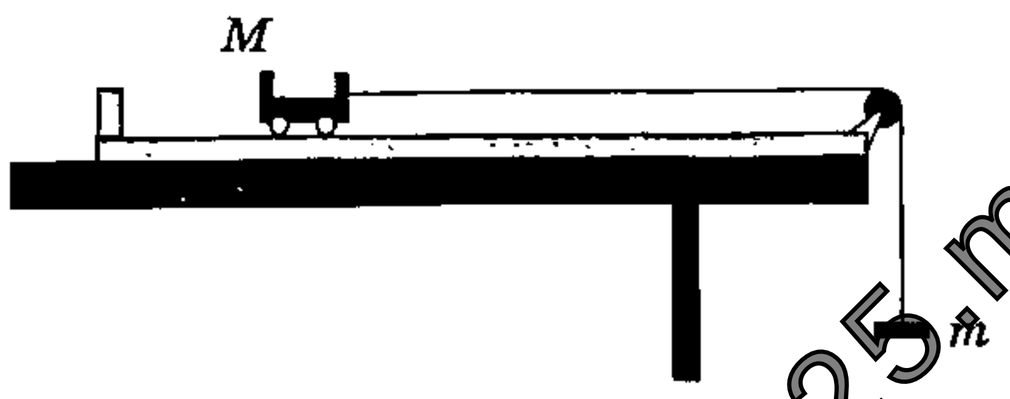
7 На вертикальной оси укреплена гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 300$ г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной $l = 20$ см. Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково (см. рисунок). Определите модуль силы натяжения T нити, соединяющей грузы, при вращении штанги с частотой 600 об/мин.



8 Система грузов M, m_1 и m_2, показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола — горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?



9 В установке, изображённой на рисунке, масса грузика m подобрана так, что первоначально покоящаяся тележка после толчка вправо движется равномерно по поверхности трибометра. С каким ускорением будет двигаться тележка, если её толкнуть влево? Масса грузика m в 9 раз меньше массы тележки M. Массами блока и нити пренебречь. Нить нерастяжима. Блок идеален. Силу сопротивления движению тележки считать постоянной и одинаковой в обоих случаях.



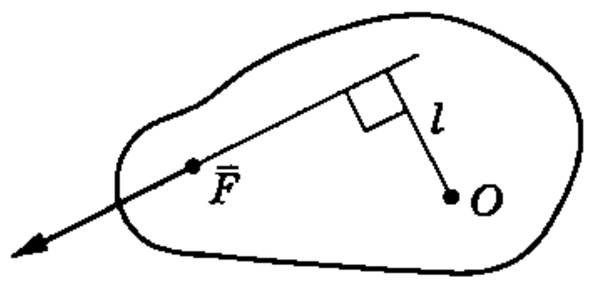
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 3. СТАТИКА

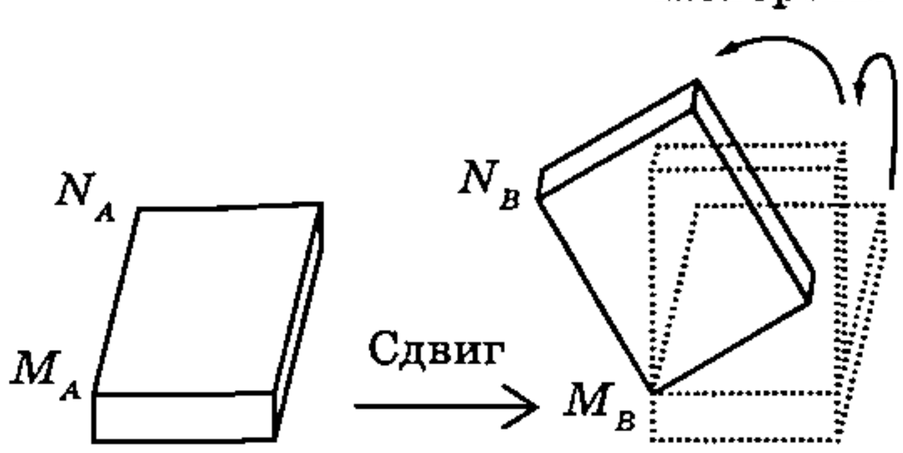
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Момент силы относительно оси вращения: $|M| = Fl$, где l — плечо силы $\vec{F}$ относительно оси вращения, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости рисунка.



Любое сколь угодно сложное движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движения.

Пример. Чтобы брусок перешёл из состояния A в состояние B (см. рисунок), его достаточно сдвинуть, не поворачивая (поступательное движение), а затем повернуть, не сдвигая (вращательное движение).



Поэтому, чтобы твёрдое тело находилось в равновесии, должны быть выполнены совместно два условия.

Условие равновесия твёрдого тела в ИСО относительно поступательного движения:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots = 0.$$

Условие равновесия твёрдого тела в ИСО относительно вращательного движения:

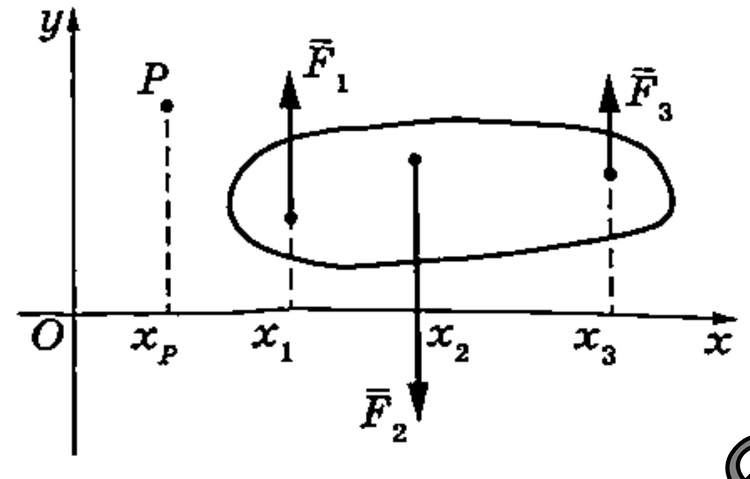
$$M_1 + M_2 + \ldots = 0.$$

В последнем равенстве нужно суммировать моменты сил, учитывая **правило знаков:** момент силы считается положительным, если под действием этой силы тело на оси выходит из состояния покоя, раскручиваясь против часовой стрелки.

Теорема. Если сумма сил равна нулю, то сумма их моментов относительно двух параллельных друг другу осей одна и та же.

В случае сил произвольного направления каждую силу можно представить в виде суммы составляющих, каждая из которых параллельна одной из координатных осей. Поэтому достаточно рассмотреть случай параллельных сил.

Пусть на тело действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$, параллельные оси Oy, причём $F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$. Через точку P проведём ось перпендикулярно плоскости рисунка. Сумма моментов сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$ относительно этой оси



$$\begin{aligned} M_P &= F_1(x_1 - x_P) - F_2(x_2 - x_P) + F_3(x_3 - x_P) = \\ &= F_{1y}(x_1 - x_P) + F_{2y}(x_2 - x_P) + F_{3y}(x_3 - x_P) = \\ &= F_{1y}x_1 + F_{2y}x_2 + F_{3y}x_3 - x_P(F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}) = \\ &= F_{1y}x_1 + F_{2y}x_2 + F_{3y}x_3 = M_O. \end{aligned}$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Таким образом, сумма моментов сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$ относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости Oxy через точку P, равна сумме их моментов относительно параллельной оси, проходящей через начало координат, т. е. не зависит от выбора точки P. Теорема доказана.

Мы получили право применять правило моментов не относительно реальной оси вращения (часто очевидно только её направление, но не положение), а относительно любой параллельной ей оси. Но всё это возможно, только если сумма приложенных к телу сил равна нулю.

Сложение сил, приложенных к твёрдому телу

Пусть твёрдое тело может вращаться относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через точку O. Построим равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, действующих в плоскости рисунка. Рассмотрим три случая.

1. Пусть силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ лежат на пересекающихся прямых AB и CD (рис. 1).

Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движения. Отметим два факта, которые связаны с этим утверждением.

При поступательном движении точка приложения силы не играет роли. Поэтому, сохраняя величину и направление силы, её можно переносить в любую точку тела. На поступательном движении тела этот перенос силы никак не скажется.

При вращательном движении твёрдого тела играет роль момент силы. Если, сохраняя величину и направление силы, переместить её по прямой, на которой сила лежала первоначально, то момент силы не изменится (плечо силы останется прежним). Поэтому такой перенос силы никак не скажется на вращательном движении твёрдого тела.

Перенесём силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ в точку M пересечения прямых AB и CD (рис. 2).

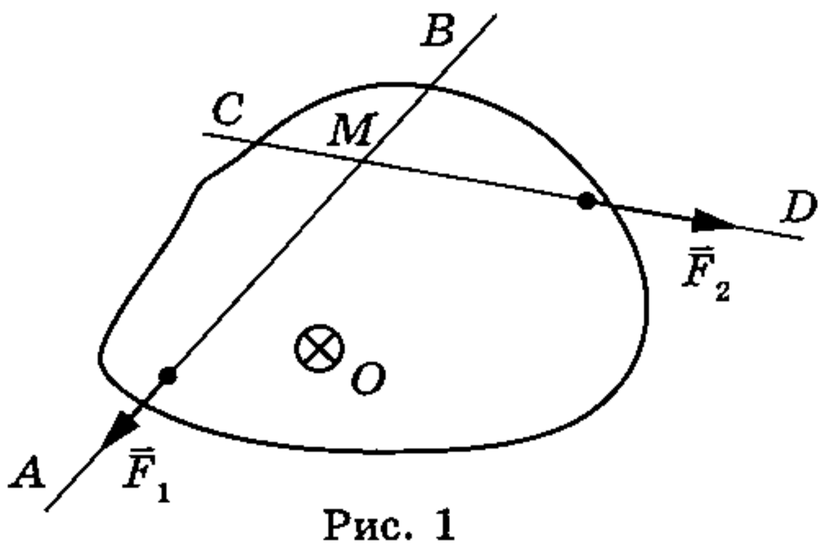


Рис. 1

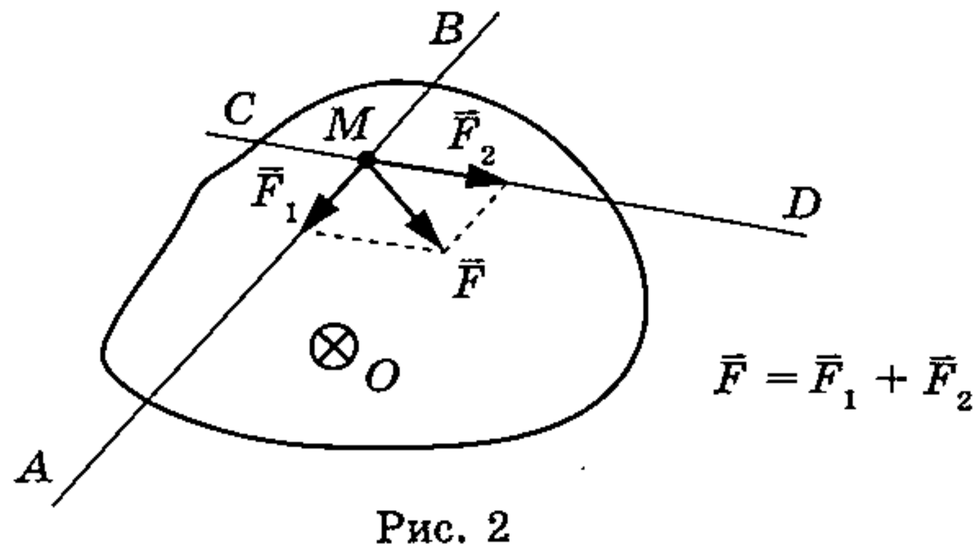


Рис. 2

В точке M сложим силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ по правилу параллелограмма, как обычно. Получим равнодействующую $\vec{F}$ сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$.

2. Пусть теперь силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ лежат на параллельных прямых AB и CD и направлены в одну сторону. Без ограничения общности выберем точки приложения сил на прямых AB и CD на общем перпендикуляре MN к этим прямым (рис. 3). Чтобы воспользоваться предыдущим рецептом, добавим две силы, лежащие на перпендикуляре MN: $\vec{F}_3$ в точке M и $\vec{F}_4 = -\vec{F}_3$ в точке N (рис. 4).

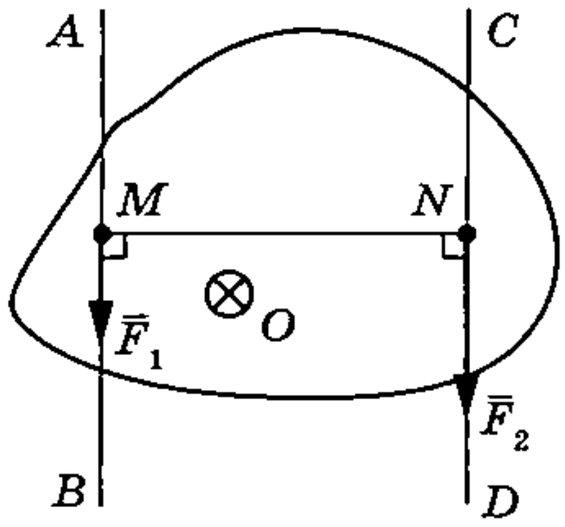


Рис. 3

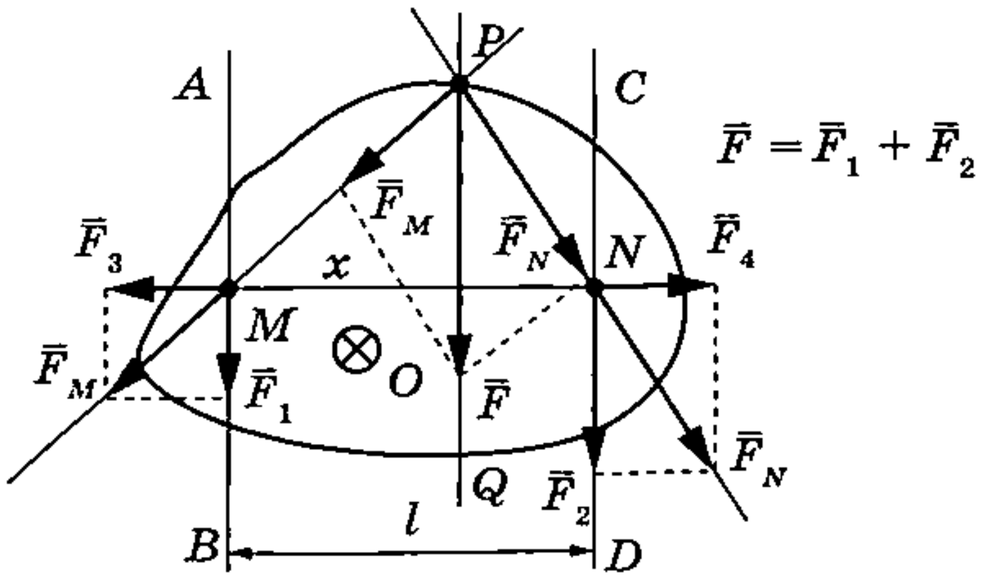


Рис. 4

Поскольку $\vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$ и эти силы лежат на одной прямой, то сумма моментов этих сил относительно оси вращения твёрдого тела равна нулю. Поэтому их присутствие никак не скажется ни на поступательном, ни на вращательном движении твёрдого тела. Но при этом можно те-

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

перь рассмотреть силу $\vec{F}_M = \vec{F}_1 + \vec{F}_3$, приложенную в точке M и лежащую на прямой MP, а также силу $\vec{F}_N = \vec{F}_2 + \vec{F}_4$, приложенную в точке N и лежащую на прямой NP. Дальше действуем, как в предыдущем случае. Перенесём силы $\vec{F}_M$ и $\vec{F}_N$ в точку P и построим их равнодействующую:

$$\vec{F} = \vec{F}_M + \vec{F}_N = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Таким образом, равнодействующая $\vec{F}$ сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ построена. Она лежит на прямой $PQ \parallel AB$, сонаправлена с силами $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, а её модуль $F = F_1 + F_2$. Пусть расстояние между прямыми AB и CD равно l. Тогда из рассмотрения подобных треугольников на рисунке 4 следует, что расстояние между прямыми AB и PQ

$$x = l \cdot \frac{F_2}{F_1 + F_2}.$$

3. Пусть силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ лежат на параллельных прямых AB и CD, но направлены в противоположные стороны (рис. 5). Действуем аналогично п. 2 (рис. 6).

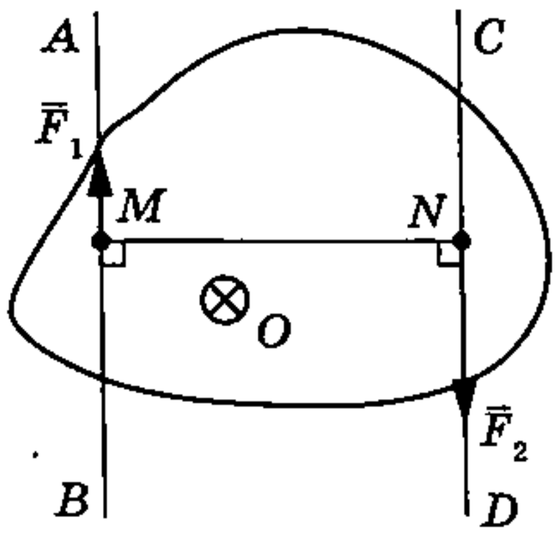


Рис. 5

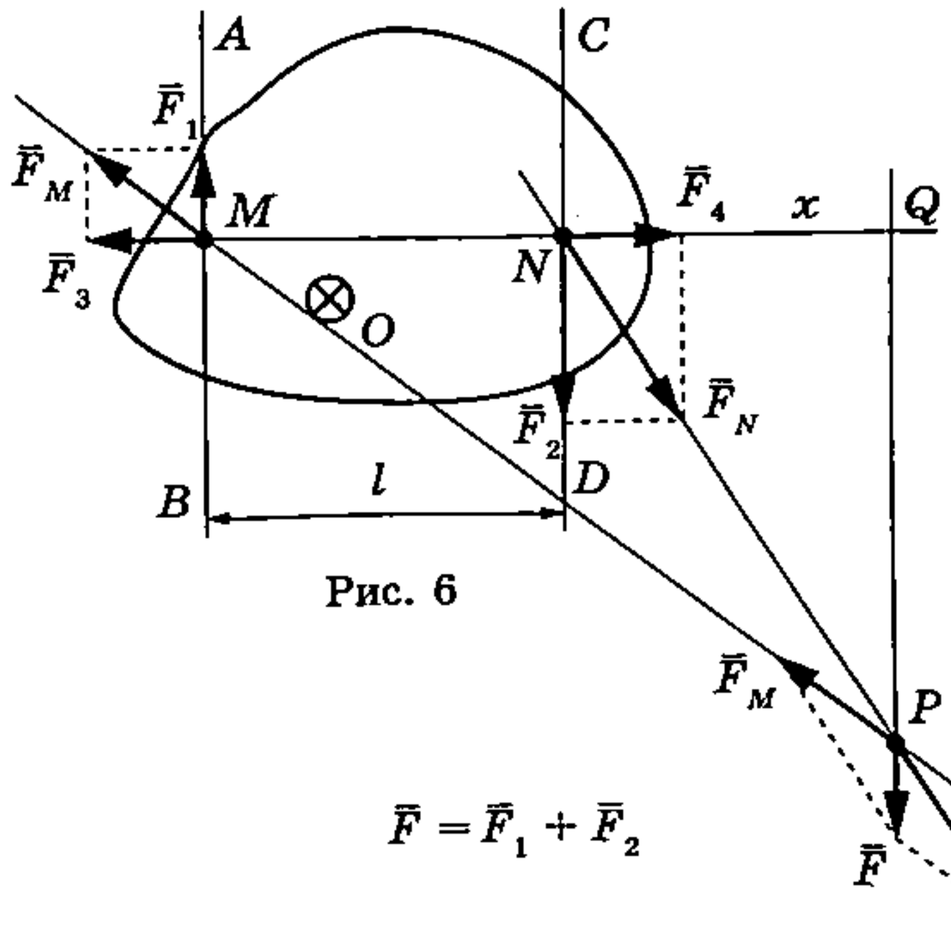


Рис. 6

Равнодействующая $\vec{F}$ сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ лежит на прямой $PQ \parallel AB$, направлена в ту же сторону, что и бóльшая из сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, а её модуль $F = |F_1 - F_2|$. Если расстояние между прямыми AB и CD равно l, то расстояние между прямыми CD и PQ

$$x = l \cdot \frac{F_1}{F_2 - F_1}.$$

Закон Паскаля: внешнее давление передаётся в покоящейся жидкости (покоящемся газе) по любому направлению без изменений.

Это означает, во-первых, что давление в данной точке покоящейся жидкости (покоящегося газа) не зависит от ориентации площадки, на которой оно измеряется. Во-вторых, давление, измеренное в любой точке покоящейся жидкости, содержит слагаемое p_0 — внешнее давление над свободной поверхностью жидкости. Это проявляется в следующей формуле.

Формула для давления в однородной жидкости плотностью ρ на глубине h в случае, когда жидкость и сосуд, куда она налита, покоятся относительно ИСО:

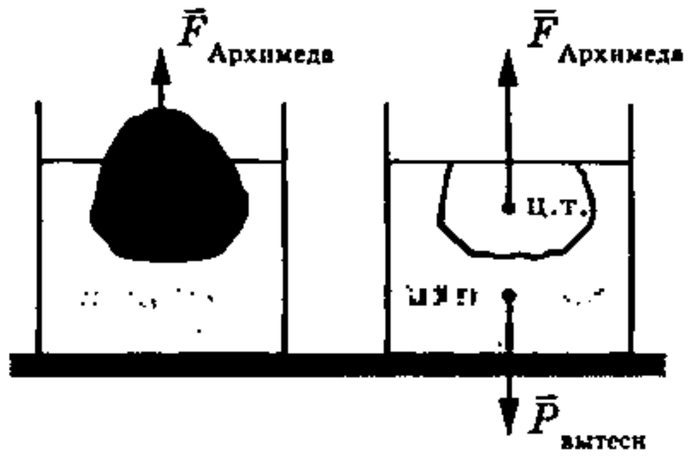
$$p = p_0 + \rho g h.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Закон Архимеда. Если тело погружено в жидкость (газ) и они покоятся друг относительно друга, то на тело со стороны жидкости (газа) действует выталкивающая сила $\vec{F}_{\text{Архимеда}}$ (сила Архимеда).

Точно такая же по величине и направлению сила Архимеда действует на жидкость (газ) в объёме погружённой части тела. По третьему закону Ньютона она равна по величине и противоположна по направлению силе, с которой жидкость (газ) в объёме погружённой части тела действует на окружающую жидкость (газ), т. е. весу жидкости (газа) в объёме погружённой части тела $\vec{P}_{\text{вытесн}}$. Поэтому



$$\vec{F}_{\text{Архимеда}} = -\vec{P}_{\text{вытесн}}.$$

Поскольку жидкость (газ) в объёме погружённой части тела покоится, то сила Архимеда уравновешивает силу тяжести, действующую на эту жидкость (этот газ). Значит, сила Архимеда приложена к центру тяжести жидкости (газа) в объёме погружённой части тела.

Если тело и жидкость плотностью ρ покоятся в ИСО, то

$$F_{\text{Архимеда}} = P_{\text{вытесн}} = m_{\text{вытесн}}g = \rho g V_{\text{вытесн}}.$$

Если тело и жидкость плотностью ρ покоятся друг относительно друга, но движутся с ускорением $\vec{a}$ относительно ИСО, то

$$F_{\text{Архимеда}} = P_{\text{вытесн}} = m_{\text{вытесн}}\left|\vec{g} - \vec{a}\right| = \rho\left|\vec{g} - \vec{a}\right| V_{\text{вытесн}}.$$

Отсюда видно, что при свободном падении ($\vec{g} = \vec{a}$) сила Архимеда равна нулю.

Условие плавания тел

А) Тело и жидкость покоятся в ИСО. Тогда действующие на тело силы уравновешивают друг друга: $\vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{Архимеда}} = 0$, то есть $m\vec{g} - m_{\text{вытесн}}\vec{g} = 0$. Следовательно, $m = m_{\text{вытесн}}$.

Б) Тело и жидкость покоятся друг относительно друга, но движутся с ускорением $\vec{a}$ относительно ИСО. Тогда $\vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{Архимеда}} = m\vec{a}$, т. е. $m\vec{g} - m_{\text{вытесн}}(\vec{g} - \vec{a}) = m\vec{a}$. Следовательно, при $\vec{g} \neq \vec{a}$ в этом случае тоже $m = m_{\text{вытесн}}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 4

Что нужно знать	Что нужно уметь
Условия равновесия твёрдого тела (стр. 76)	Определять момент силы относительно выбранной оси вращения. Определять условия равновесия твёрдого тела в инерциальной системе отсчёта
Закон Архимеда (стр. 79)	Определять силу Архимеда. Определять условия плавания тел в жидкости или газе

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№

Задание № 1

Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия рычага под действием двух сил: $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. l_1 и l_2 — плечи сил. Результаты, которые он получил, занесены в таблицу:

F_1, Н	l_1, м	F_2, Н	l_2, м
20	0,4	5	?

1) Каково плечо силы l_2, если рычаг находится в равновесии?
2) Чему равен момент силы F_1 относительно оси рычага?

Возможное решение и ответ к заданию № 1

1) Запишем условие равновесия для рычага:

$$M_1 = M_2 \Rightarrow F_1 l_1 = F_2 l_2 .$$

Отсюда $l_2 = \dfrac{F_1 l_1}{F_2} = \dfrac{20 \cdot 0,4}{5} = 1,6$ м.

Ответ: 1,6 м.

2) Момент силы F_1 относительно оси рычага равен

$$M_1 = F_1 l_1 = 20 \cdot 0,4 = 8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ответ: 8 Н · м

Задание № 2

Деревянный (сосновый) кубик массой 800 г плавает в воде.
1) Определите архимедову силу, действующую на кубик.
2) Какой объём кубика находится в воде?
3) Определите архимедову силу, действующую на кубик при его полном погружении в воду

Возможное решение и ответ к заданию № 2

1) Кубик плавает в воде — находится в состоянии равновесия, следовательно, векторная сумма силы Архимеда и силы тяжести равна нулю: $\vec{F}_A + m\vec{g} = 0$. Значит, $F_A = mg = 0,8 \cdot 10 = 8$ Н.

Ответ: 8 Н.

2) По закону Архимеда $F_A = \rho_ж g V_п$. Отсюда

$$V_п = \frac{F_A}{\rho_ж g} = \frac{8}{1000 \cdot 10} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 800 \text{ см}^3.$$

Ответ: 800 см³.

3) Объём кубика равен $V = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{0,8}{400} = 0,002$ м³. При его полном погружении сила Архимеда, действующая на кубик, будет равна $F_A = \rho_ж g V = 1000 \cdot 10 \cdot 0,002 = 20$ Н.

Ответ: 20 Н

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

4 1 Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Сила $F_1 = 4$ Н. Какова сила F_2, если плечо силы F_1 равно 15 см, а плечо силы F_2 равно 10 см?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 2 Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия рычага. Результаты, которые он получил, занесены в таблицу:

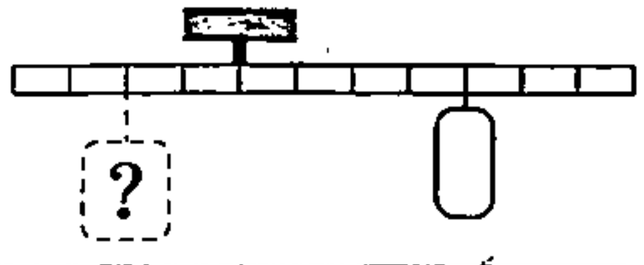
F_1, Н	l_1, м	F_2, Н	l_2, м
30	?	15	0,4

Каково плечо l_1, если рычаг находится в равновесии?

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

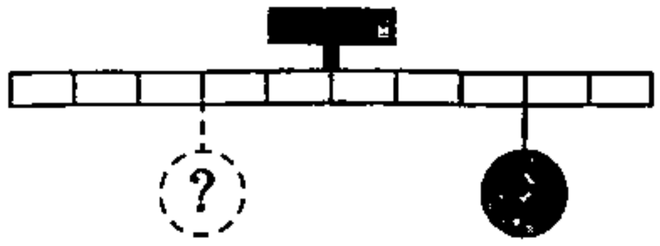
4 3 Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

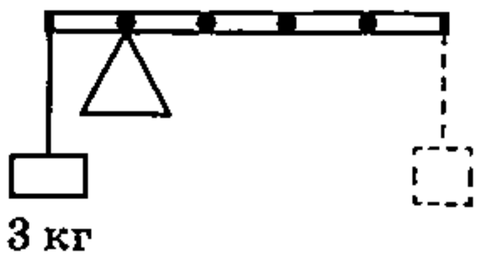
4 4 Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

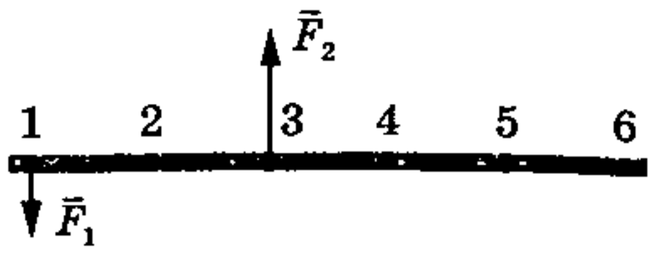
4 5 К левому концу невесомого стержня прикреплён груз массой 3 кг (см. рисунок). Стержень расположили на опоре, отстоящей от груза на 0,2 длины стержня. Груз какой массы надо подвесить к правому концу, чтобы стержень находился в равновесии?



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

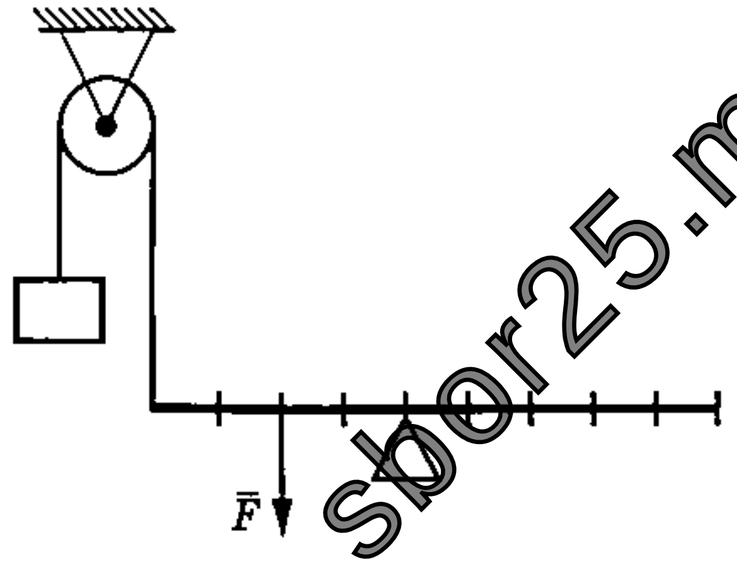
4 6 На рисунке изображён тонкий невесомый стержень, к которому приложены силы $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 300$ Н. Через какую точку должна проходить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?



Ответ: через точку _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 7 На рисунке изображена система, состоящая из рычага и блока. Масса груза 100 г. Какую силу нужно приложить к рычагу, чтобы система находилась в равновесии?



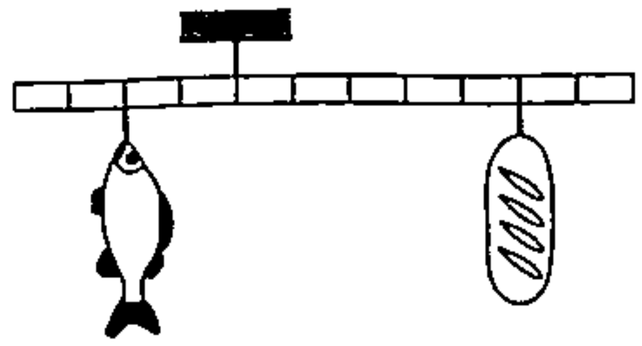
Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Sbor25.me

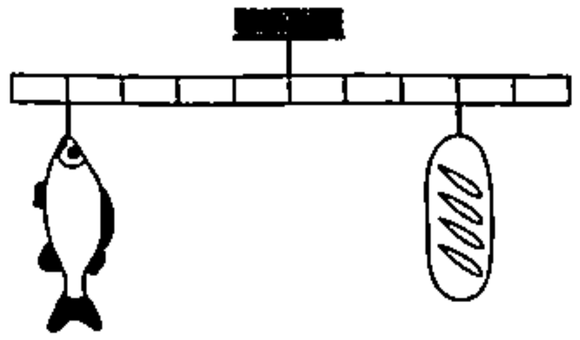
4 8 Мальчик взвесил рыбу на самодельных весах с коромыслом из лёгкой рейки (см. рисунок). В качестве гири он использовал батон хлеба массой 1 кг. Чему равна масса рыбы?



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

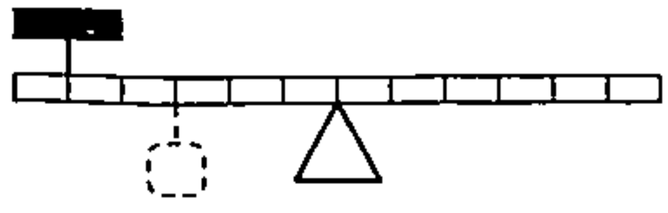
4 9 Мальчик взвесил рыбу на самодельных весах из лёгкой удочки (см. рисунок). В качестве гири он использовал батон хлеба массой 1 кг. Определите массу рыбы.



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

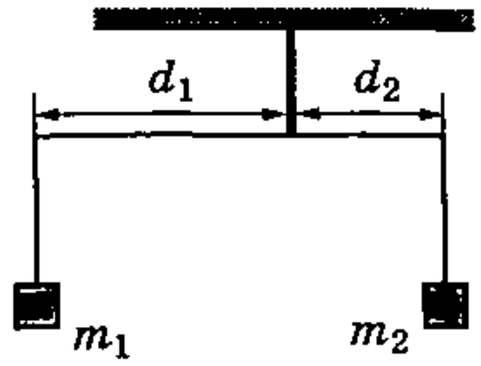
4 10 С использованием нити ученик зафиксировал рычаг. Какова масса подвешенного к рычагу груза, если сила натяжения нити равна 3 Н?



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

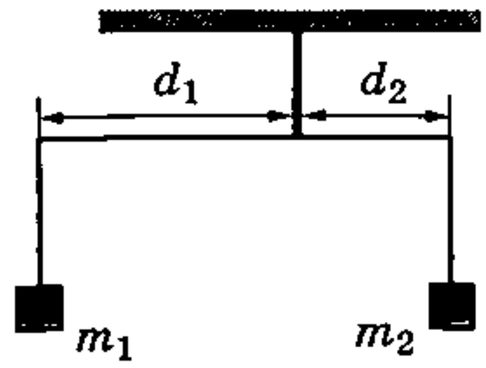
4 11 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Во сколько раз нужно уменьшить плечо d_1, чтобы после увеличения массы первого тела в 3 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

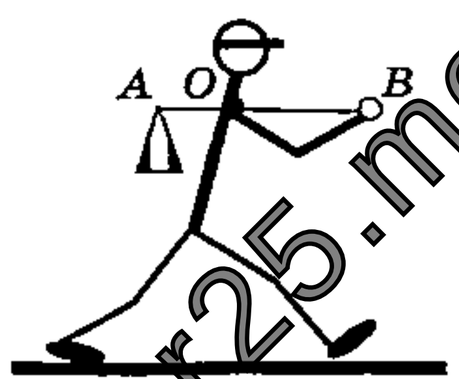
4 12 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Во сколько раз нужно уменьшить плечо d_2, чтобы после увеличения массы второго тела в 2 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 13 Человек несёт груз на лёгкой палке (см. рисунок). Чтобы удержать в равновесии груз весом 80 Н, он прикладывает к концу B палки вертикальную силу 30 Н. OB = 80 см. Чему равно OA?

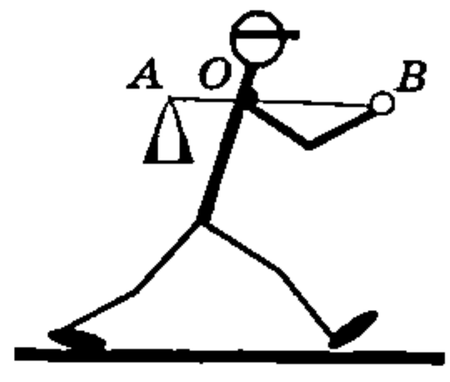


Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sdo25.me

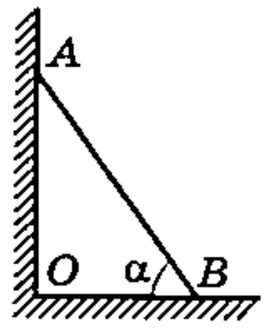
4 14 Человек несёт груз на лёгкой палке (см. рисунок). Чтобы удержать в равновесии груз массой m, он прикладывает к концу B палки вертикальную силу 40 Н. OB = 60 см, а OA = 20 см. Определите массу груза.



Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

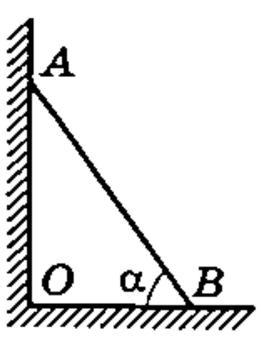
4 15 Однородный стержень AB массой 2 кг и длиной 80 см опирается на вертикальную стенку, образуя с горизонтом угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите плечо силы тяжести, действующей на стержень, относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через точку A.



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

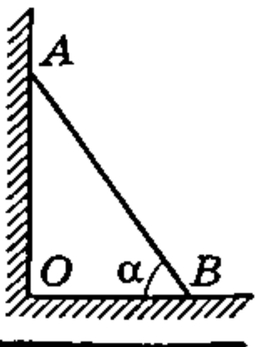
4 16 Однородный стержень AB массой 3 кг и длиной 70 см опирается на вертикальную стенку, образуя с горизонтом угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите плечо силы тяжести, действующей на стержень, относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через точку B.



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

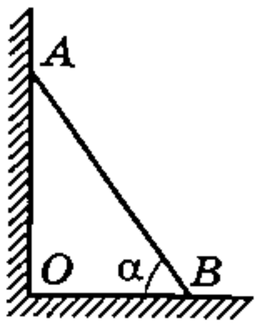
3 17 Однородный стержень AB массой 2 кг и длиной 80 см опирается на вертикальную стенку, образуя с горизонтом угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите момент силы тяжести, действующей на стержень, относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через точку A.



Ответ: _____ Н · м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

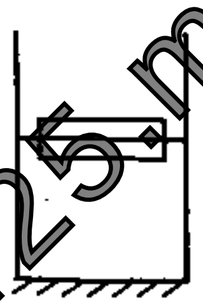
4 18 Однородный стержень AB массой 4 кг и длиной 70 см опирается на вертикальную стенку, образуя с горизонтом угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите момент силы тяжести, действующей на стержень, относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через точку O.



Ответ: _____ Н · м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 19 Два одинаковых бруска толщиной 4 см каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). На сколько увеличится глубина погружения стопки брусков, если в неё добавить ещё один такой же брусок?



Ответ: на _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

4 20 Шар плотностью 3 г/см³ и объёмом 250 см³ целиком опущен в керосин. Определите архимедову силу, действующую на шар.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 21 Кубик имеет объём 100 см³. Определите архимедову силу, действующую на него при полном погружении в воду.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 22 Деревянный кубик имеет ребро 5 см. Определите архимедову силу, действующую на кубик при его полном погружении в керосин.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 23 Подвешенный на нити алюминиевый кубик целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Длина ребра кубика равна 10 см. Каков модуль выталкивающей (архимедовой) силы, действующей на кубик?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 24 Пластиковый пакет с песком объёмом 1 л полностью погружён в воду, но не касается дна. Какова выталкивающая (архимедова) сила, действующая на пакет?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 25 Аэростат объёмом 1000 м³ заполнен гелием. Плотность гелия 0,18 кг/м³. Плотность воздуха 1,29 кг/м³. Определите выталкивающую силу, действующую на аэростат.

Ответ: _____ кН.

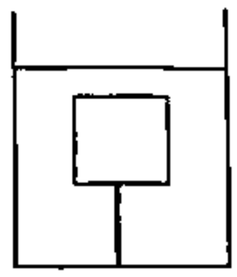
БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 26 Груз массой 0,1 кг подвешен к нити и опущен в воду. На груз действует выталкивающая архимедова сила, равная 0,3 Н. Определите силу натяжения нити.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 27 Водонепроницаемая коробка массой 0,2 кг привязана ниткой ко дну сосуда с водой (см. рисунок). На коробку действует сила Архимеда, равная 10 Н. Определите силу натяжения нити.



Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

© ООО «Издательство «Национальное образование»

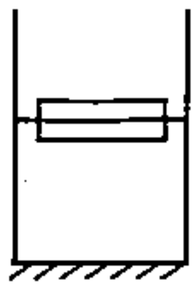
sbor25.me

Задания 5 и 6

Что нужно знать	Что нужно уметь
Условия равновесия твёрдого тела (стр. 76)	Определять условия равновесия твёрдого тела в инерциальной системе отсчёта на основе данных, представленных в виде таблиц, графиков или словесного описания. Анализировать изменение соответствующих физических величин при изменении условий проведения эксперимента
Закон Архимеда (стр. 79)	Анализировать условия плавания тел в жидкости, представленные в виде таблиц, графиков или словесного описания. Анализировать изменение соответствующих физических величин при изменении условий проведения эксперимента

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в керосине так, что уровень керосина приходится на границу между ними (см. рисунок).  Определите: 1) силу Архимеда, действующую на бруски; 2) плотность материала, из которого изготовлены бруски; 3) груз какой максимальной массы можно положить на верхний брусок, прежде чем бруски целиком уйдут под воду; 4) на сколько увеличится глубина погружения брусков, если в стопку добавить ещё два таких же бруска
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Бруски плавают в керосине, находясь в состоянии равновесия, значит, векторная сумма силы Архимеда и силы тяжести равна нулю: $\vec{F}_A + 2m\vec{g} = 0$. Значит, $F_A = 2mg = 2 \cdot 1 \cdot 10 = 20$ Н. Ответ: 20 Н. 2) По закону Архимеда $F_A = \rho_ж g V$. С другой стороны, $m = \rho V$. Значит, $$\rho_ж g V = 2\rho g V \Rightarrow \rho = \frac{\rho_ж}{2} = \frac{800}{2} = 400 \text{ кг/м}^3.$$ Ответ: 400 кг/м^3. 3) Максимальная сила Архимеда, действующая на бруски, возникает при их полном погружении. Запишем условие равновесия для брусков с грузом при их максимальном погружении: $$F_{A\max} = 2F_A = 2mg + Mg.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

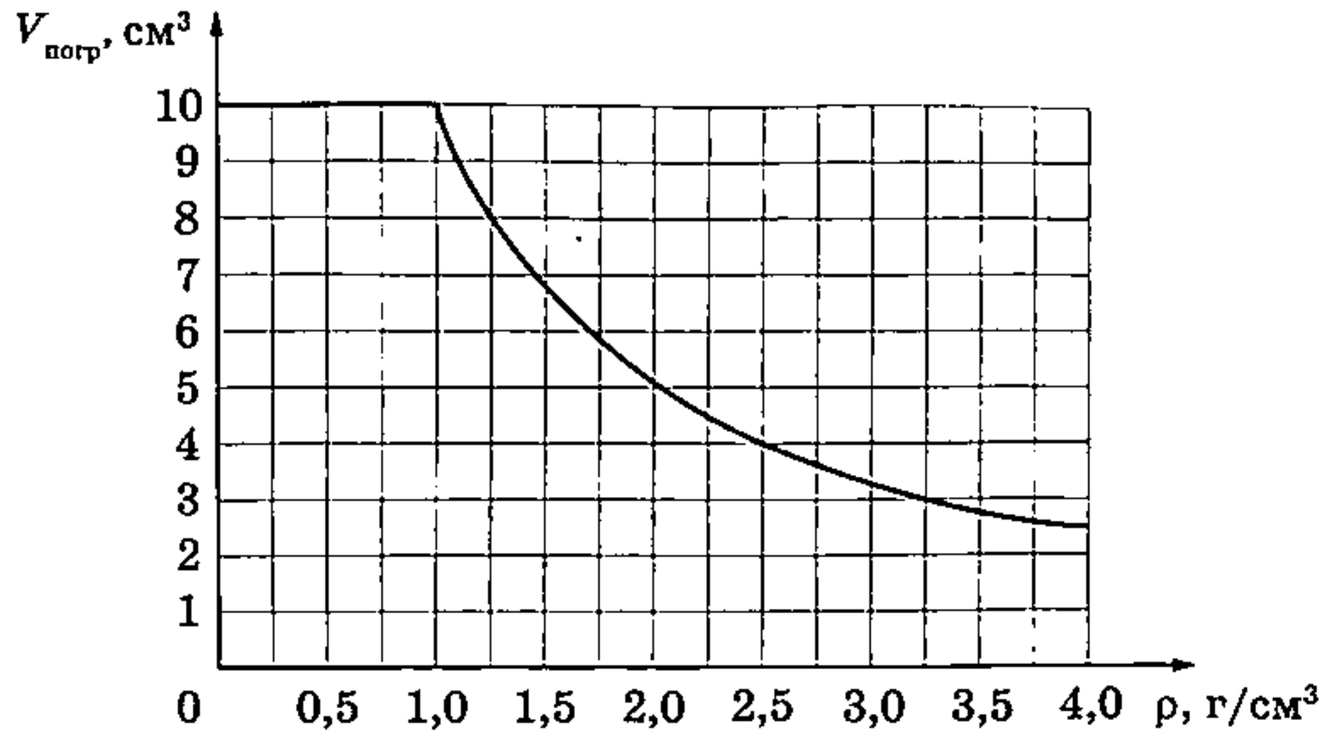
№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	В итоге $$M = \frac{2(F_A - mg)}{g} = \frac{2 \cdot (20 - 1 \cdot 10)}{10} = 2 \text{ кг}.$$ Ответ: 2 кг. 4) По условию задания видно, что плотность материала, из которого изготовлены бруски, такова, что бруски плавают в керосине, погрузившись в него ровно наполовину. Если в стопку добавить ещё два таких же бруска, то высота стопки составит 20 см, стопка будет плавать, погрузившись в керосин опять на половину своей высоты, т. е. на 10 см. Таким образом, глубина погружения стопки брусков увеличится на 5 см. Ответ: на 5 см
Задание № 2	Стальной кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменяются (***увеличиваются, уменьшаются, не изменяются***) перечисленные ниже физические величины, если приподнять кубик, оставив его целиком в воде? 1) сила Архимеда, действующая на кубик; 2) давление на нижнюю грань кубика; 3) модуль силы натяжения нити
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Согласно закону Архимеда ($F_A = \rho_ж g V_п$) выталкивающая сила зависит от плотности жидкости и объёма погружённой части тела, которые в процессе подъёма кубика остаются неизменными. Следовательно, сила Архимеда, действующая на кубик, ***не изменяется***. 2) Давление жидкости определяется формулой $p = \rho g h$, где h — глубина, на которой находится нижняя грань кубика. При подъёме кубика глубина уменьшается, следовательно, давление также ***уменьшается***. 3) Сила натяжения нити, согласно условию равновесия, равна $T = mg - F_A$. Поскольку при подъёме кубика и сила тяжести, и сила Архимеда остаются постоянными, то и модуль силы натяжения нити ***не изменяется***
Задание № 3	Алюминиевый кубик, висящий на нити, целиком погружён в керосин и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменяются (***увеличиваются, уменьшаются, не изменяются***) перечисленные ниже физические величины, если керосин заменить на воду, не меняя положения кубика в жидкости? 1) сила Архимеда, действующая на кубик; 2) давление на нижнюю грань кубика; 3) модуль силы натяжения нити
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) Согласно закону Архимеда ($F_A = \rho_ж g V_п$) выталкивающая сила зависит от плотности жидкости и объёма погружённой части тела. Плотность керосина равна 800 кг/м^3, а воды — 1000 кг/м^3. При замене керосина на воду плотность жидкости увеличивается, следовательно, сила Архимеда, действующая на кубик, ***увеличивается***. 2) Давление жидкости определяется формулой $p = \rho g h$, где h — глубина, на которой находится нижняя грань кубика. Плотность жидкости увеличивается, следовательно, и давление на нижнюю грань кубика также ***увеличивается***. 3) Сила натяжения нити, согласно условию равновесия, равна $T = mg - F_A$. При замене керосина на воду плотность жидкости увеличивается, сила Архимеда, действующая на кубик, увеличивается, а значит, модуль силы натяжения нити ***уменьшается***

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

5 1 Ученик помещал цилиндр объёмом $V = 10$ см^3, не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погружённой в жидкость части цилиндра $V_{погр}$. По результатам измерений была получена зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{погр}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).



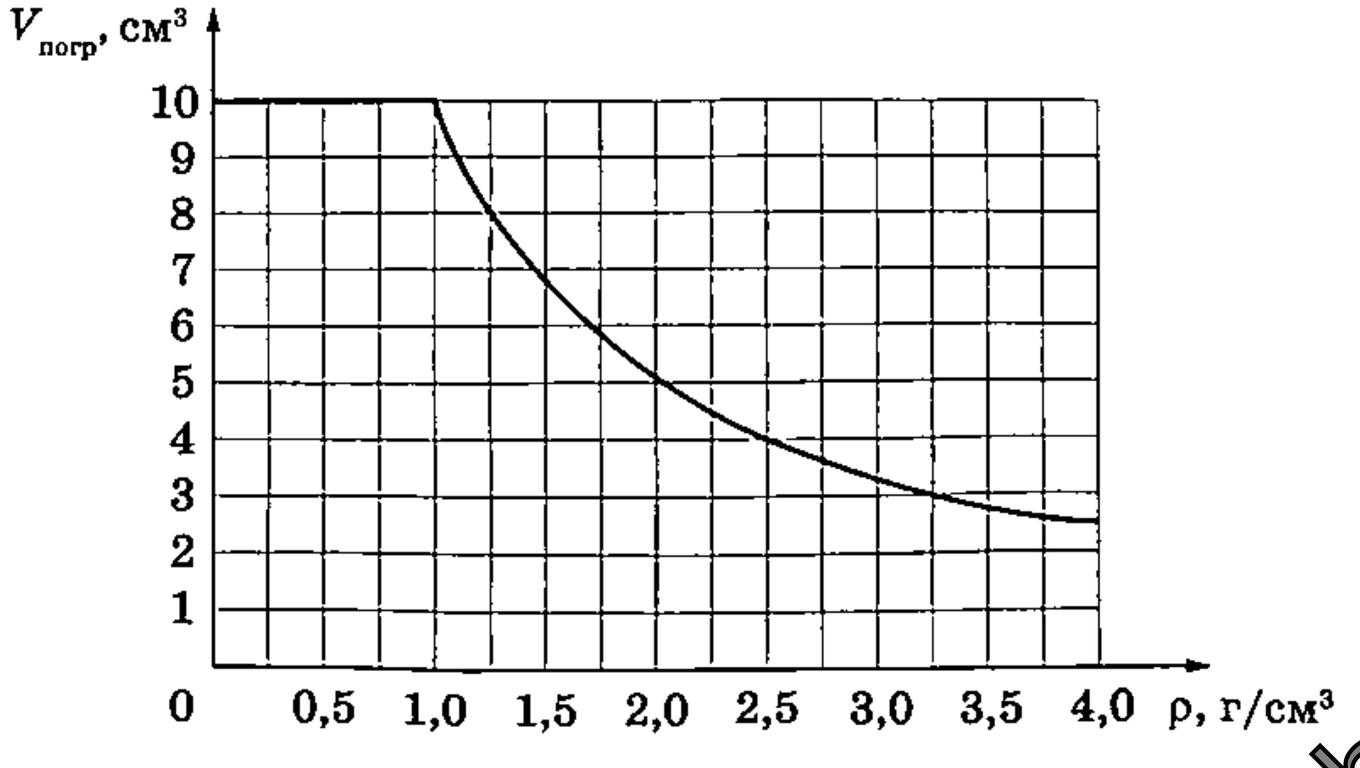
Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
ρ, г/см^3	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

Выберите **все** верные утверждения, согласующиеся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

1) В бензине и спирте сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.
2) Цилиндр тонет в спирте.
3) На цилиндр, плавающий в бромоформе, действует выталкивающая сила около 35 мН.
4) Цилиндр плавает во всех жидкостях, указанных в таблице.
5) При плавании цилиндра в хлороформе и дийодметане сила Архимеда, действующая на него, одинакова.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 2 Ученик помещал цилиндр объёмом $V = 10$ см^3, не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погружённой в жидкость части цилиндра $V_{погр}$. По результатам измерений была получена зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{погр}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
ρ, г/см³	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

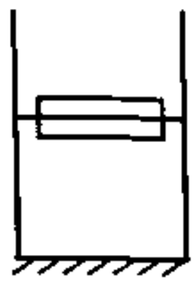
Выберите все верные утверждения, согласующиеся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

1) В бензине сила Архимеда, действующая на цилиндр, меньше, чем в спирте.
2) Цилиндр тонет в глицерине.
3) На цилиндр, плавающий в бромоформе, действует выталкивающая сила 100 мН.
4) Цилиндр тонет во всех жидкостях, указанных в таблице.
5) В хлороформе и спирте сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 3

Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

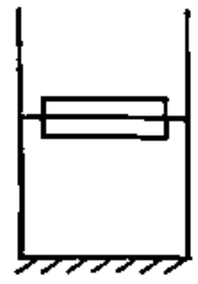


1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 500 кг/м³.
2) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков уменьшится.
4) Если на верхний брусок положить груз массой 1,5 кг, то бруски утонут.
5) Если в стопку добавить ещё один такой же брусок, то глубина её погружения увеличится на 2,5 см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 4

Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.



1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 1000 кг/м³.
2) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 20 Н.
3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков увеличится.
4) Если на верхний брусок положить груз массой 0,5 кг, то бруски утонут.
5) Если в стопку добавить ещё один такой же брусок, то глубина её погружения увеличится на 5 см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

6 5

Стальной кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на верхнюю грань кубика, а также модуль силы Архимеда, действующей на кубик, если приподнять кубик, но так, чтобы он целиком оставался в воде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление воды на верхнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 6 Медный кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на верхнюю грань кубика, а также модуль силы Архимеда, действующей на кубик, если опустить кубик глубже, но так, чтобы он не касался дна сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление воды на верхнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 7 На поверхности воды плавает деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной воды и действующая на брусок сила Архимеда, если его заменить бруском с теми же размерами, но с меньшей плотностью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса вытесненной воды	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 8 На поверхности воды плавает деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной воды и действующая на брусок сила Архимеда, если его заменить бруском той же плотности и той же массы, но меньшей высоты?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса вытесненной воды	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 9 На поверхности керосина плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его перенести из керосина в воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 10 На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 11 Деревянный шарик плавает в стакане с водой. Как изменятся сила тяжести, действующая на шарик, и глубина погружения шарика в жидкость, если он будет плавать в подсолнечном масле?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на шарик	Глубина погружения шарика в жидкость

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 12 Деревянный шарик плавает в керосине. Как изменятся сила тяжести, действующая на шарик, и глубина погружения шарика в жидкость, если он будет плавать в воде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на шарик	Глубина погружения шарика в жидкость

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 13 На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью 700 кг/м^3. Брусок заменяют на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 400 кг/м^3. Как при этом изменяются глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 14

На поверхности керосина плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью 400 кг/м³. Брусок заменяют на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 600 кг/м³. Как при этом изменяются глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 15

Стальной шарик висит на нитке, привязанной к штативу (см. рис. 1). Затем под шарик подставляют стакан с водой, и шарик оказывается целиком в воде (см. рис. 2). Как изменяются при этом сила натяжения нити и сила тяжести, действующая на шарик?

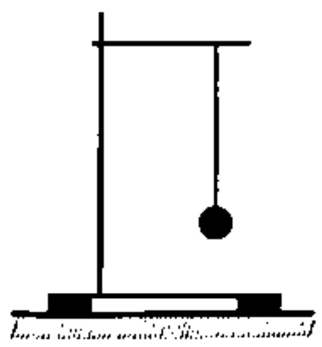


Рис. 1

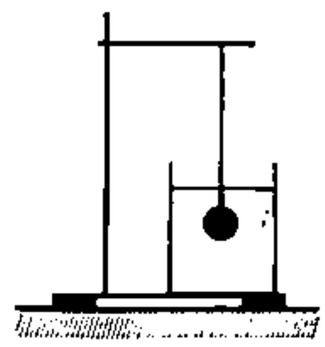


Рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Сила тяжести, действующая на шарик

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 16

Стальной шарик висит на нитке, привязанной к штативу. Шарик целиком погружён в керосин (см. рис. 1). Затем стакан с керосином заменяют на стакан с водой, и шарик оказывается целиком в воде (см. рис. 2). Как изменяются при этом сила натяжения нити и сила Архимеда, действующая на шарик?

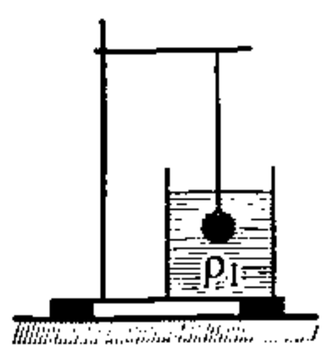


Рис. 1

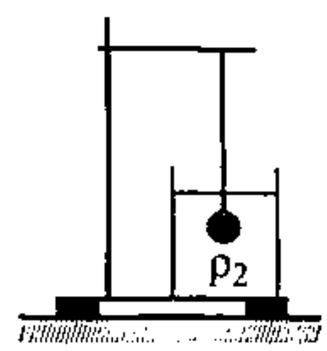


Рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Сила Архимеда, действующая на шарик

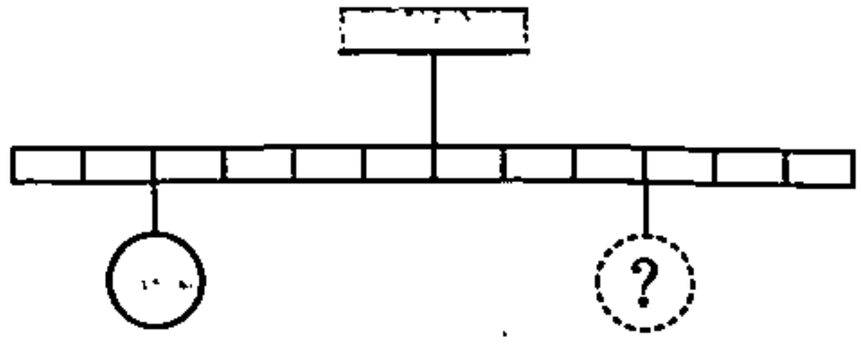
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdor25.me

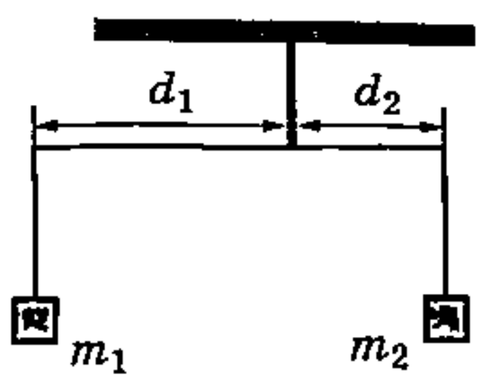
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «СТАТИКА»

1 Тело массой 1,5 кг подвешено к рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Ответ: _____ кг.

2 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Массы тел $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 4$ кг соответственно, а длина плеча $d_1 = 60$ см. Чему равна длина плеча d_2? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



Ответ: _____ см.

3 Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия лёгкого рычага, к которому приложены силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Результаты, которые он получил, представлены в таблице. l_1 и l_2 — плечи сил.

F_1, Н	l_1, м	F_2, Н	l_2, м
40	0,8	?	0,2

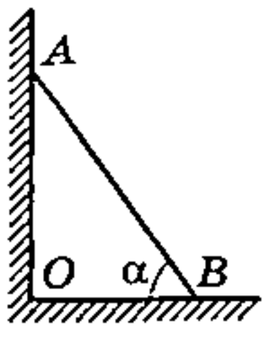
Каков модуль силы $\vec{F}_2$, если рычаг находится в равновесии?

Ответ: _____ Н.

4 Момент первой силы, действующей на рычаг, равен 50 Н · м. Какой должна быть вторая сила, чтобы рычаг находился в равновесии, если её плечо равно 50 см?

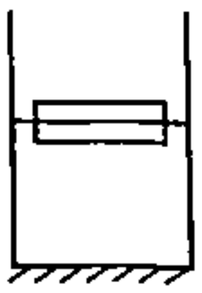
Ответ: _____ Н.

5 Однородный стержень AB массой 1,5 кг и длиной 80 см опирается на вертикальную стенку, образуя с горизонтом угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите плечо силы тяжести, действующей на стержень, относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через точку O.



Ответ: _____ см.

6 Два одинаковых бруска толщиной 4 см каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). На сколько увеличится глубина погружения стопки брусков, если в неё добавить ещё два таких же бруска?



Ответ: на _____ см.

7 Сосновый брус объёмом 0,06 м^3 плавает в воде, погрузившись в неё на 40 % своего объёма. Какова величина выталкивающей (архимедовой) силы, действующей на брус?

Ответ: _____ Н.

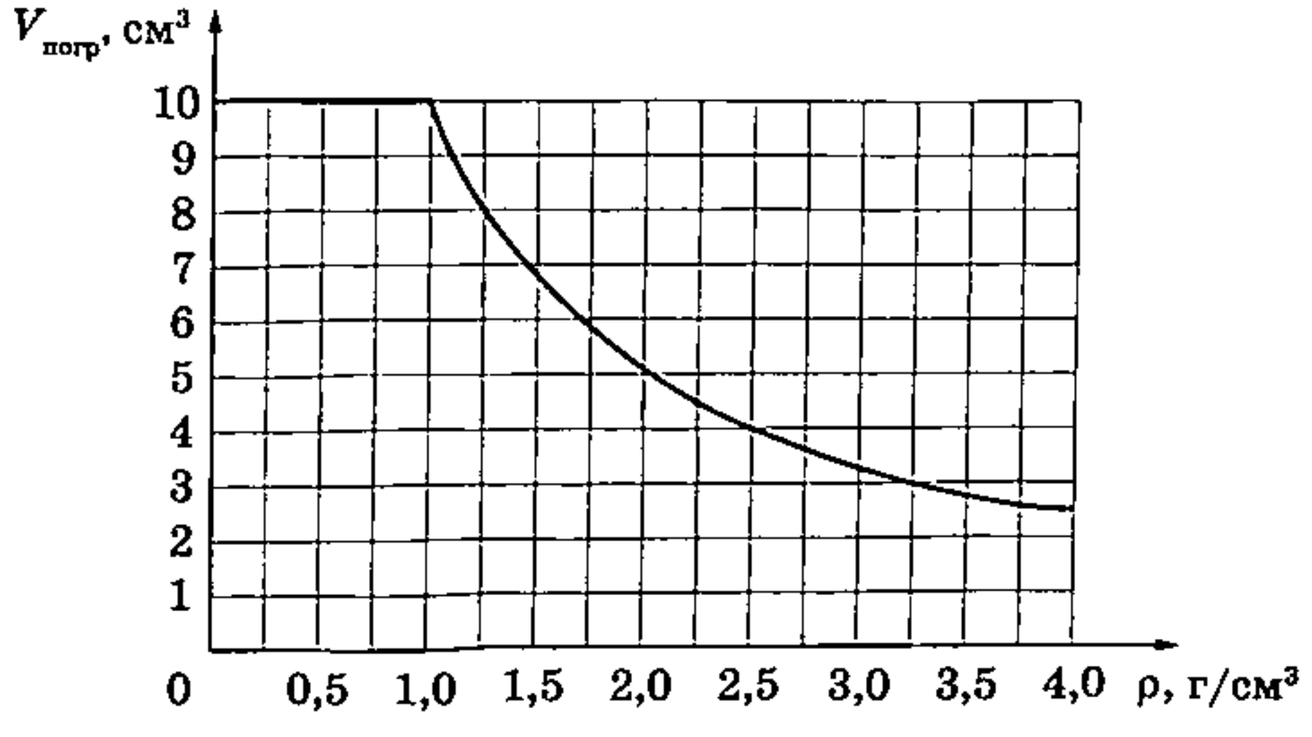
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

8 Пробковый кубик массой 250 г плавает в керосине, частично погрузившись в жидкость. Чему равна сила Архимеда, действующая на кубик?

Ответ: _____ Н.

9 Ученик помещал цилиндр объёмом $V = 10$ см^3, не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погружённой в жидкость части цилиндра $V_{погр}$. По результатам измерений была получена зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{погр}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).



Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
ρ, г/см^3	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

Выберите **все** верные утверждения, согласующиеся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

1) Цилиндр не тонет в спирте.
2) В глицерине и дийодметане сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.
3) На цилиндр, плавающий в хлороформе, действует выталкивающая сила 100 мН.
4) Цилиндр плавает во всех жидкостях, указанных в таблице.
5) В бромоформе и бензине сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.

Ответ: _____.

10 Медный кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на нижнюю грань кубика, а также модуль силы Архимеда, действующей на кубик, если опустить его глубже, но так, чтобы он не касался дна сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление воды на нижнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11 Стальной шарик висит на нитке, привязанной к штативу. Шарик целиком погружён в воду (см. рис. 1). Затем стакан с водой заменяют на стакан с подсолнечным маслом, и шарик оказывается целиком в масле (см. рис. 2). Как изменяются при этом сила натяжения нити и сила Архимеда, действующая на шарик?

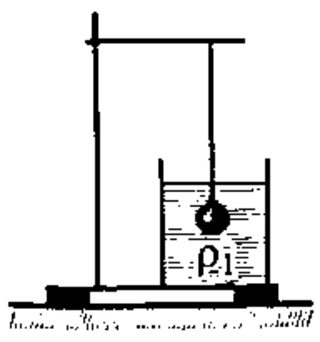


Рис. 1

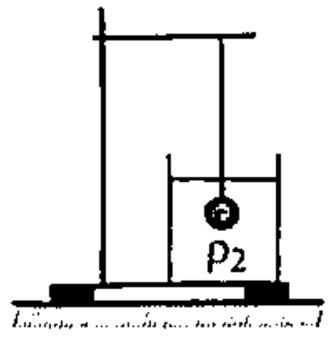


Рис. 2

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила натяжения нити	Сила Архимеда, действующая на шарик

12 На поверхности пресной воды плотностью $\rho_1 = 1000$ кг/м^3 плавает деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брусок будет плавать на поверхности морской воды плотностью $\rho_2 = 1080$ кг/м^3?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

13 На поверхности воды плавает деревянный брусок, частично погружённый в жидкость. Как изменятся сила Архимеда, действующая на брусок, и глубина погружения бруска, если он будет плавать в подсолнечном масле?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила Архимеда	Глубина погружения бруска

14 На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью 400 кг/м^3. Брусок заменяют на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 600 кг/м^3. Как при этом изменяются глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

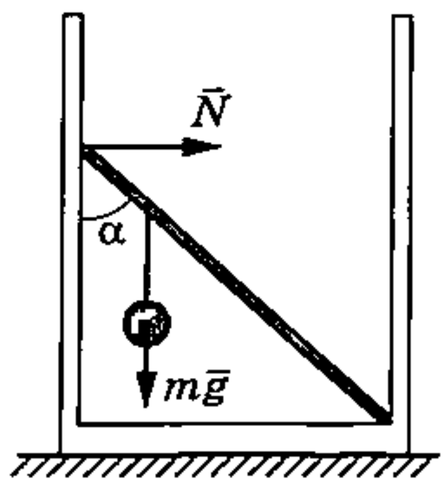
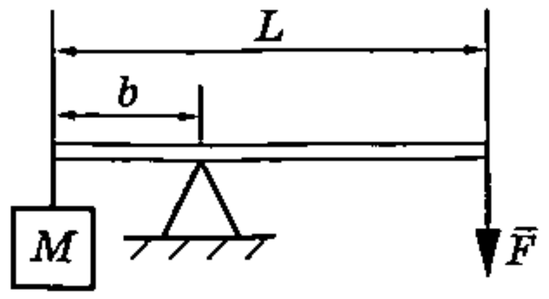
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 22 и 26

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

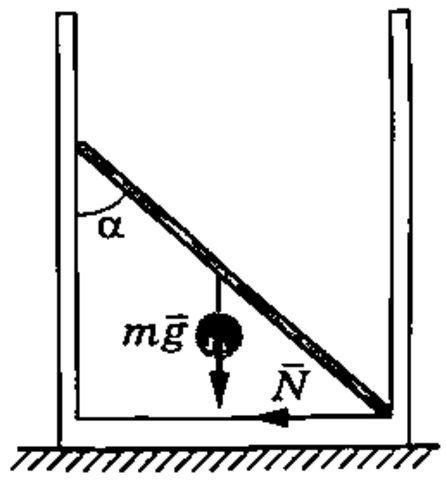
№	Задание
Задание № 1	Стержень длиной $L = 1$ м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол $\alpha = 45°$ с вертикалью (см. рисунок). К стержню на расстоянии $a = 20$ см от его левого конца подвешен на нити шар массой $m = 5$ кг (см. рисунок). Каков модуль силы $\vec{N}$, действующей на стержень со стороны левой стенки ящика? Массой стержня пренебречь 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Запишем условие равновесия (уравнение моментов) для стержня относительно оси, проходящей через нижний край стержня перпендикулярно плоскости рисунка: $$NL\cos\alpha - mg(L-a)\sin\alpha = 0\,.$$ В итоге получаем $$N = \frac{mg(L-a)\sin\alpha}{L\cos\alpha} = \frac{mg(L-a)\sin 45^\circ}{L\cos 45^\circ} = \frac{5\cdot 10\cdot(1-0{,}2)}{1} = 40 \text{ Н}.$$ Ответ: $N = 40$ Н
Задание № 2	Груз массой $M = 130$ кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной $F = 300$ Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой $m = 20$ кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза $b = 1$ м. Определите длину стержня 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Запишем условие равновесия (уравнение моментов) для стержня относительно оси шарнира: $$Mgb - mg\left(\frac{L}{2} - b\right) - F(L-b) = 0\,.$$ В итоге получаем $$L = \frac{2b(F+Mg+mg)}{2F+mg} = \frac{2\cdot 1\cdot(300+130\cdot 10+20\cdot 10)}{2\cdot 300+20\cdot 10} = 4{,}5 \text{ м}.$$ Ответ: $L = 4{,}5$ м

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

22
2

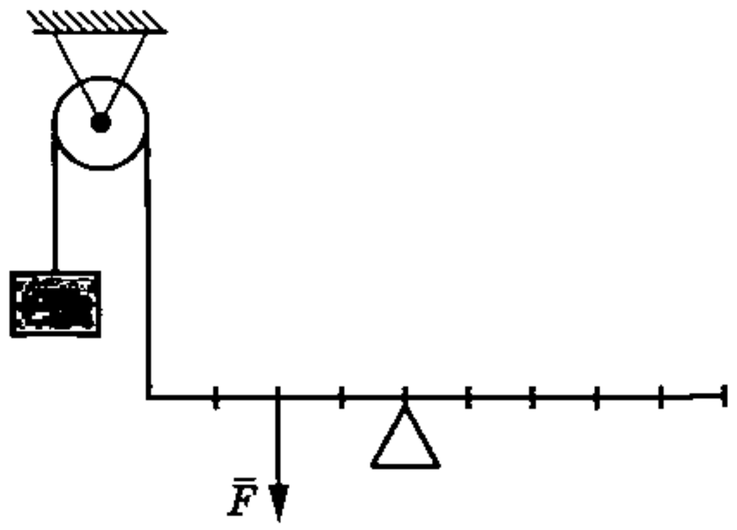
Стержень, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол 45° с вертикалью (см. рисунок). К середине стержня подвешен на нити шар массой 3 кг. Каков модуль горизонтальной составляющей силы упругости $\vec{N}$, действующей на нижний конец стержня со стороны ящика? Массой стержня пренебречь.



Ответ: _____ Н.

22
3

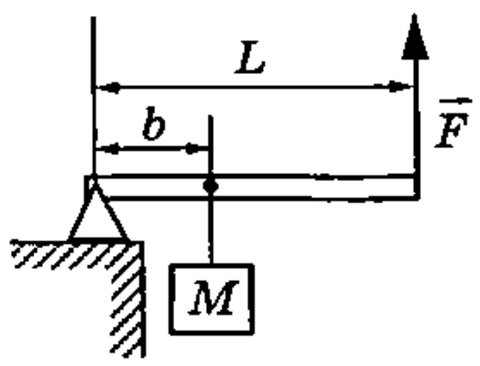
На рисунке изображена система, состоящая из рычага и блока. Чтобы система находилась в равновесии, к рычагу необходимо приложить вертикальную силу величиной $F = 15$ Н. Определите массу груза. Массой рычага пренебречь.



Ответ: _____ кг.

22
4

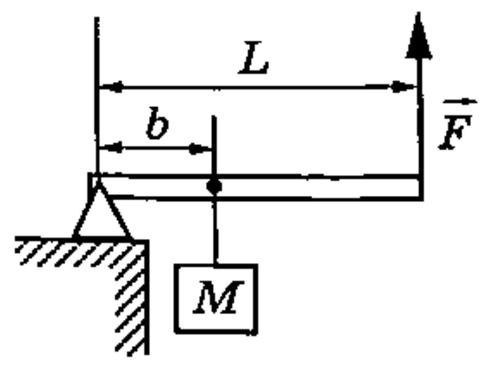
Груз массой 80 кг удерживают на месте с помощью рычага, приложив вертикальную силу 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного массивного стержня длиной 4 м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Определите массу стержня.



Ответ: _____ кг.

22
5

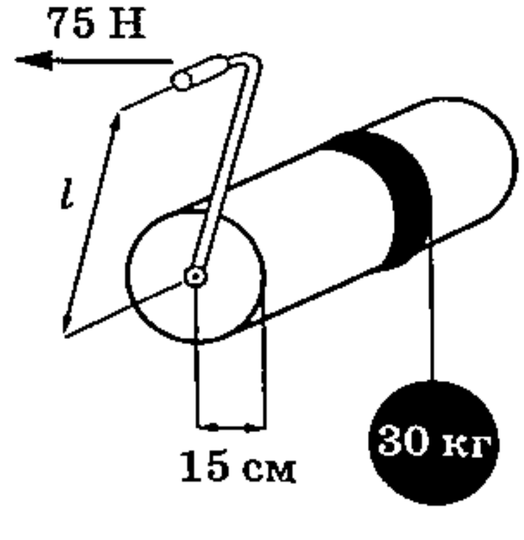
Груз поднимают с помощью рычага (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой $m = 20$ кг и длиной $L = 4$ м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза $b = 1$ м. Какую вертикальную силу надо приложить к концу рычага, чтобы медленно поднимать груз массой $M = 80$ кг?



Ответ: _____ Н.

22
6

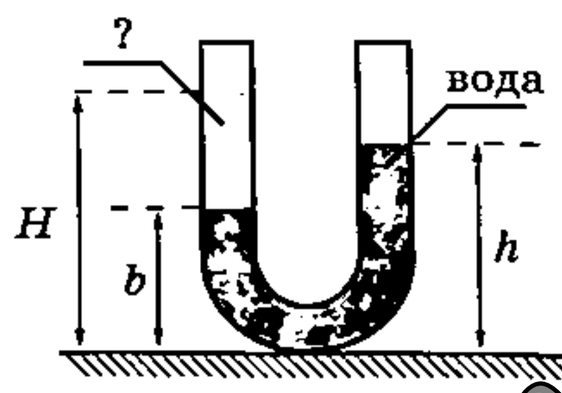
Какой длины l должна быть рукоятка ворота, чтобы при усилии в 75 Н равномерно поднимать груз массой 30 кг? Радиус вала ворота 15 см. Трением пренебречь.



Ответ: _____ см.

22
7

В U-образную трубку с открытыми широкими коленами налиты неизвестная жидкость и вода (см. рисунок). На рисунке $b = 20$ см, $h = 40$ см, $H = 45$ см. Чему равна плотность неизвестной жидкости?



Ответ: _____ кг/м³.

22
8

Определите массу оболочки воздушного шара, висящего неподвижно на высоте, где плотность воздуха равна 0,9 кг/м³. Шар заполнен газом плотностью 0,75 кг/м³. Объём шара равен 600 м³.

Ответ: _____ кг.

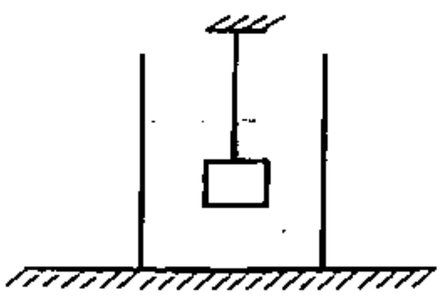
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

22 9 Водолаз погрузился на дно озера глубиной 15 м. Какое внешнее давление испытывает его снаряжение?

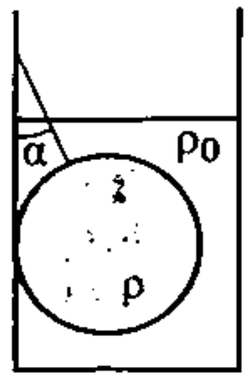
Ответ: _____ кПа.

22 10 Груз массой $m = 2{,}0$ кг и объёмом $V = 10^{-3}$ м^3, подвешенный на тонкой нити, целиком погружён в жидкость и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити $T = 12$ Н. Найдите плотность жидкости.



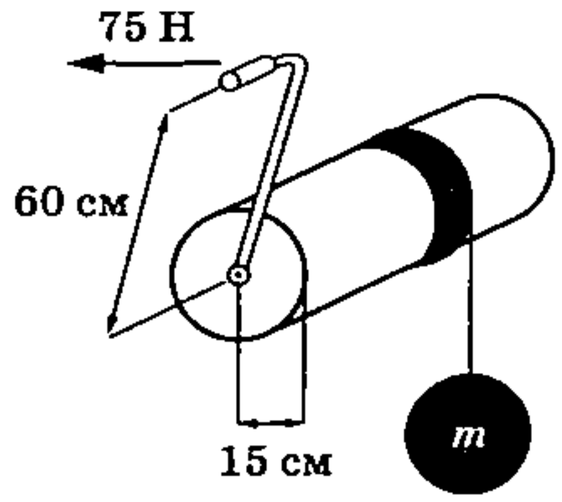
Ответ: _____ кг/м^3.

26 11 Железный шар массой 2,5 кг подвешен на нити и полностью погружён в воду (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30°$. Определите силу, с которой шар действует на нить. Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шар.



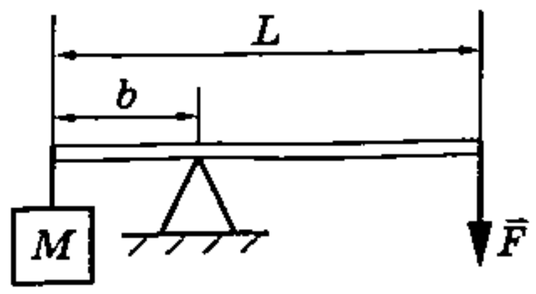
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «СТАТИКА»

1 Длина рукоятки ворота 60 см, радиус вала 15 см (см. рисунок). Какую максимальную массу m можно равномерно поднимать при помощи ворота, прикладывая к рукоятке силу 75 Н? Трением пренебречь.



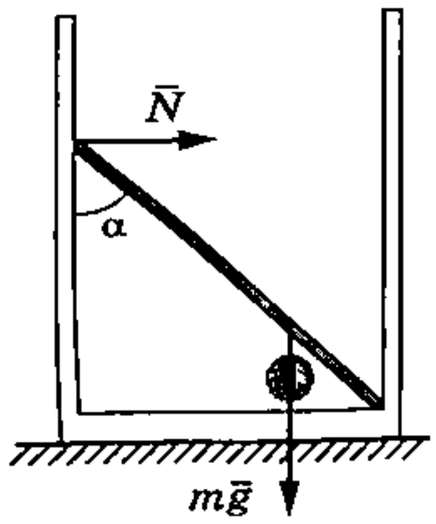
Ответ: _____ кг.

2 Груз удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной 200 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой 10 кг и длиной 3 м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Определите массу груза.



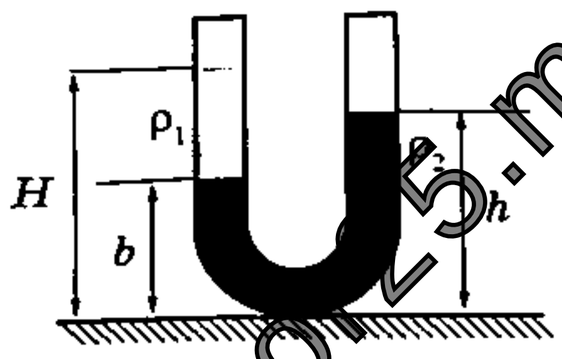
Ответ: _____ кг.

3 Невесомый стержень длиной 3 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол 45° с вертикалью (см. рисунок). К стержню на расстоянии 1 м от его правого конца подвешен на нити шар массой 3 кг. Каков модуль силы реакции опоры $\vec{N}$, действующей на стержень со стороны левой стенки ящика?



Ответ: _____ Н.

4 В широкую U-образную трубку с открытыми вертикальными коленами налиты жидкости плотностью ρ_1 и ρ_2 (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке $b = 15$ см, $h = 30$ см, $H = 35$ см.



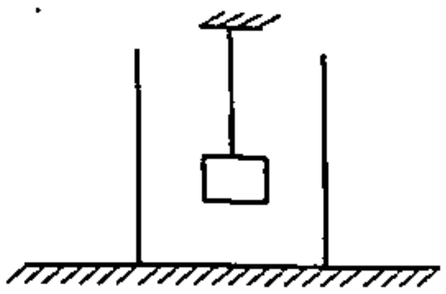
Определите отношение плотностей $\frac{\rho_1}{\rho_2}$.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

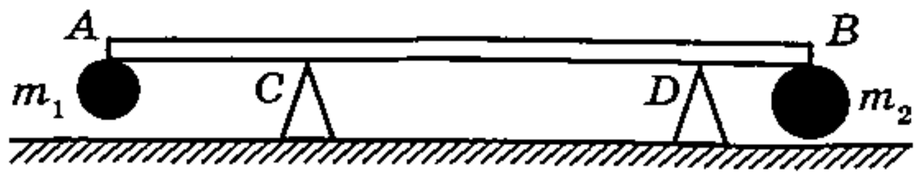
5ballov.me

5 Груз массой 2,0 кг, подвешенный на тонкой нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити равен 13 Н. Найдите объём груза.



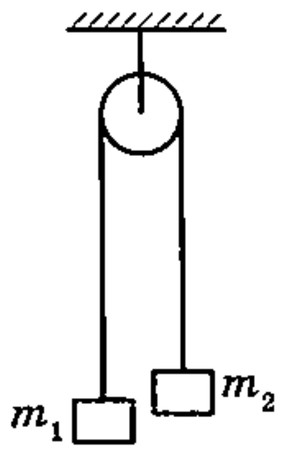
Ответ: _____ л.

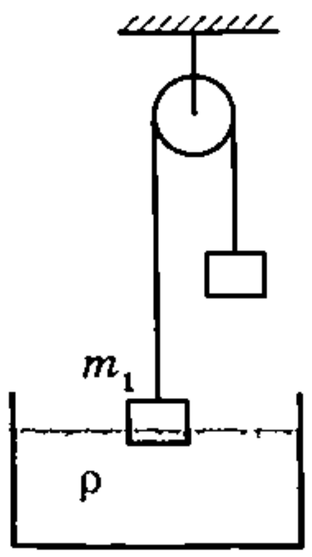
6 Два небольших шара массами $m_1 = 0{,}2$ кг и $m_2 = 0{,}3$ кг закреплены на концах невесомого стержня AB, расположенного горизонтально на опорах C и D (см. рисунок). Расстояние между опорами $l = 0{,}6$ м, а расстояние AC равно 0,2 м. Чему равна длина стержня L, если сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору C? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».



7 Деревянный шар привязан нитью ко дну цилиндрического сосуда с площадью дна $S = 100$ см^2. В сосуд наливают воду так, что шар полностью погружается в жидкость, при этом нить натягивается и действует на шар с силой T. Если нить перерезать, то шар всплывёт, а уровень воды изменится на $h = 5$ см. Найдите силу натяжения нити T.

8 Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой $m_1 = 500$ г движется из состояния покоя вниз с ускорением a. Если первое тело опустить в воду с плотностью $\rho = 1000$ кг/м^3, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погружённой в воду части тела равен $V = 1{,}5 \cdot 10^{-4}$ м^3. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите ускорение a первого тела.





© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 4. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

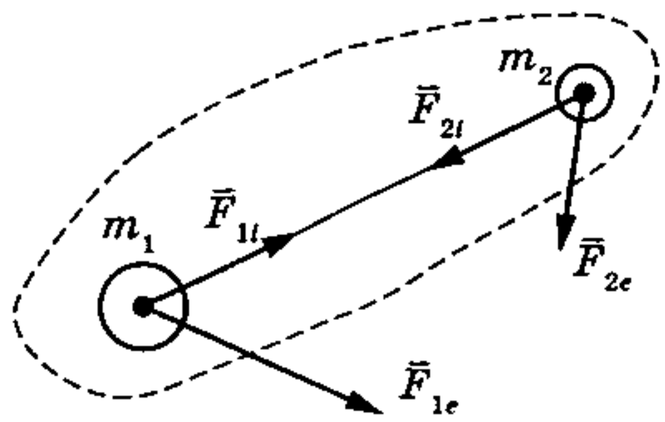
Импульс материальной точки массой m, движущейся со скоростью $\vec{v}$: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots$

Рассмотрим в качестве примера систему двух тел (материальных точек) массами m_1 и m_2.

На эти тела действуют внутренние силы $\vec{F}_{1i}$ и $\vec{F}_{2i}$, подчинённые третьему закону Ньютона $\left(\vec{F}_{1i} = -\vec{F}_{2i}\right)$, и внешние силы $\vec{F}_{1e}$ и $\vec{F}_{2e}$.

Импульс системы двух тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$, его изменение за время Δt: $\Delta\vec{p} = \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2$.



Для каждого из двух тел по отдельности, согласно второму закону Ньютона, в ИСО

$$\begin{aligned} \Delta\vec{p}_1 &= \vec{F}_{1i}\Delta t + \vec{F}_{1e}\Delta t, \\ \Delta\vec{p}_2 &= \vec{F}_{2i}\Delta t + \vec{F}_{2e}\Delta t. \end{aligned}$$

С учётом третьего закона Ньютона получаем, складывая эти два уравнения:

$$\text{в ИСО } \Delta\vec{p} = \vec{F}_{1e}\Delta t + \vec{F}_{2e}\Delta t.$$

Этот же результат справедлив для системы из произвольного числа материальных точек, а значит, и для любой системы тел.

Закон изменения и сохранения импульса.
В ИСО изменение импульса системы тел равно сумме импульсов внешних сил, приложенных к этим телам.
В ИСО импульс системы тел сохраняется, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю.

Если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю, систему тел называют **замкнутой**. Таким образом, в ИСО сохраняется импульс замкнутой системы тел.

Рассмотрим случай, когда сумма внешних сил (обозначим её просто $\vec{F}$), действующих на систему тел, отлична от нуля и *сохраняет* направление. Зададим это направление с помощью *постоянного* вектора $\vec{n}$. Тогда проекция силы $\vec{F}$ на плоскость α, перпендикулярную вектору $\vec{n}$, равна нулю: $F_\alpha = 0$. Из закона сохранения импульса следует, что в этом случае **в ИСО сохраняется составляющая импульса** системы тел, параллельная плоскости α: $p_\alpha = \text{const}$. Но импульс системы этих тел в целом не сохраняется, так как из-за силы $\vec{F}$ меняется его проекция на направление вектора $\vec{n}$: $\Delta p_n = F_n\Delta t \neq 0$.

В качестве примера рассмотрим два шарика, связанных друг с другом пружиной и падающих в воздухе. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то на шарики и пружину действуют внешние силы тяжести, направленные по вертикали. Поэтому в ИСО сохраняется только горизонтальная составляющая импульса системы этих тел. Такой ИСО с хорошей точностью может служить система отсчёта, связанная с Землёй.

Другой пример. Пусть тела системы действуют друг на друга силами, которые по модулю во много раз больше внешних сил конечной величины. При этом взаимодействие кратковременно, и поэтому изменение импульса каждого из тел системы конечно (типичный пример — удар или взрыв). Рассмотрим снова в качестве примера систему двух тел (см. рисунок на предыдущей странице). Согласно второму закону Ньютона в ИСО:

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

$$\Delta\vec{p}_1 = \vec{F}_{1i}\Delta t + \vec{F}_{1e}\Delta t,$$
$$\Delta\vec{p}_2 = \vec{F}_{2i}\Delta t + \vec{F}_{2e}\Delta t.$$

Как мы условились, второе слагаемое в правой части каждого из уравнений мало́ по сравнению с остальными слагаемыми. Пренебрегая малыми слагаемыми, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \Delta\vec{p}_1 \approx \vec{F}_{1i}\Delta t, \\ \Delta\vec{p}_2 \approx \vec{F}_{2i}\Delta t. \end{cases}$$

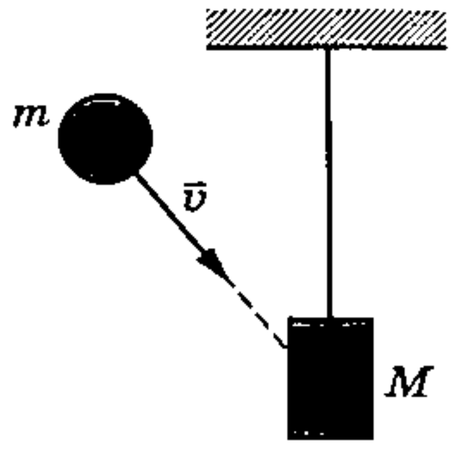
Сложим уравнения системы и учтём, что по третьему закону Ньютона $\vec{F}_{1i} = -\vec{F}_{2i}$. Получим

$$\Delta\vec{p} = \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 \approx \left(\vec{F}_{1i} + \vec{F}_{2i}\right)\Delta t = 0.$$

Таким образом, в ИСО импульс системы тел при ударе приближённо сохраняется: $\Delta\vec{p} \approx 0$.

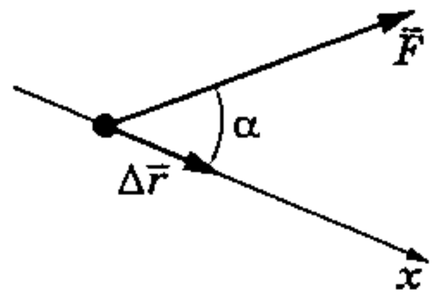
Эта закономерность выполняется тем точнее, чем короче время взаимодействия. Действительно, при конечном модуле внешней силы $\vec{F}_в$ её импульс (которым мы пренебрегли) $\vec{F}_в\Delta t \to 0$ при $\Delta t \to 0$.

Ситуация существенно меняется, если хотя бы одна из внешних сил при ударе становится сопоставимой по величине с внутренними силами. Такой случай представлен на рисунке справа. Шарик m абсолютно неупруго сталкивается с бруском M, неподвижно висящим на прочной нити. При ударе брусок с прилипшим к нему шариком двинется горизонтально вправо. Значит, импульс системы тел «шарик + брусок» сразу после удара направлен горизонтально вправо. А перед ударом импульс этой системы тел равен $m\vec{v}$ и направлен наклонно по направлению $\vec{v}$. Таким образом, в этой задаче импульс системы тел «шарик + брусок» не сохраняется (но сохраняется его горизонтальная составляющая). Причина: сила натяжения нити при ударе сопоставима по модулю с вертикальной проекцией силы, с которой шарик при ударе воздействует на брусок.



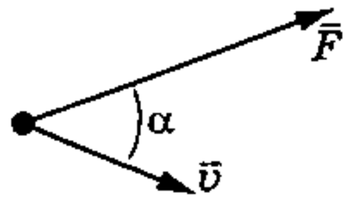
Работа силы: на малом перемещении (элементарная работа) или когда силу можно считать постоянной:

$$A = \left|\vec{F}\right| \cdot \left|\Delta\vec{r}\right| \cdot \cos\alpha = F_x \cdot \Delta x.$$



Мощность силы:

$$P = \left.\frac{\Delta A}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = F \cdot v \cdot \cos\alpha.$$



Кинетическая энергия материальной точки:

$$E_к = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек. Для иллюстрации рассмотрим случай прямолинейного движения материальной точки по оси x. Согласно второму закону Ньютона в ИСО

$$ma_x = F_x, \text{ т. е. } m\Delta v_x = F_x\Delta t \text{ при } \Delta t \to 0.$$

Домножим это равенство на v_x:

$$mv_x \cdot \Delta v_x = F_x \cdot (v_x\Delta t) = F_x\Delta x = \Delta A,$$

где ΔA — элементарная работа (т. е. работа на бесконечно малом перемещении Δx, совершаемом за бесконечно малое время Δt).

С другой стороны, за малое время $\Delta t \to 0$ величина $\Delta v_x \to 0$, поэтому изменение квадрата скорости за время $\Delta t \to 0$ составляет

$$\Delta(v_x^2) = v_x^2(t+\Delta t) - v_x^2(t) = (v_x + \Delta v_x)^2 - v_x^2 = (2v_x + \Delta v_x)\cdot\Delta v_x \approx 2v_x \cdot \Delta v_x.$$

Таким образом, за бесконечно малое время Δt для материальной точки в ИСО в случае движения по прямой получаем

$$\Delta\left(\frac{mv_x^2}{2}\right) = \Delta A.$$

Отсюда следует, что в случае трёхмерного движения материальной точки в ИСО

$$\Delta\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \Delta A, \text{ т. е. } \Delta E_к = \Delta A.$$

Теперь, рассматривая конечный интервал времени τ, считаем его суммой бесконечно малых интервалов Δt, на каждом из которых справедливо полученное равенство. Суммируя по отдельности левые и правые части таких равенств, приходим к результату:

> В ИСО изменение кинетической энергии материальной точки равно суммарной работе всех приложенных к телу сил (или, что то же самое, равно работе равнодействующей приложенных к телу сил):
>
> $$\Delta E_к = A.$$

Переходя от одной материальной точки к их системе, определим кинетическую энергию такой системы как сумму кинетических энергий отдельных материальных точек:

$$E_к = E_{1к} + E_{2к} + E_{3к} + \ldots = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} + \frac{m_3v_3^2}{2} + \ldots$$

Для каждой очередной точки (с номером i) в ИСО выполняется равенство: $\Delta E_{iк} = A_i$, т. е. изменение кинетической энергии каждой материальной точки равно работе всех сил, приложенных к этой точке. Поэтому для системы материальных точек в ИСО получаем

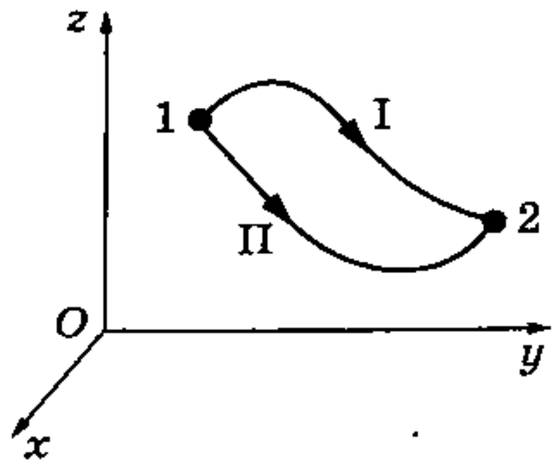
$$\Delta E_к = \Delta E_{1к} + \Delta E_{2к} + \Delta E_{3к} + \ldots = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots = A,$$

т. е.: в ИСО изменение кинетической энергии системы материальных точек равно работе A всех сил, приложенных ко всем телам системы. Это значит, что учитывается работа всех внутренних сил и всех внешних сил, всех потенциальных сил (см. ниже) и всех непотенциальных сил.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Введём понятие **потенциальной силы:** если при движении тела из произвольной точки 1 в произвольную точку 2 по любой траектории (на рисунке как пример показаны траектории I и II) работа силы $\vec{F}$, приложенной к телу, одна и та же, то сила $\vec{F}$ потенциальна.
Равносильное определение: сила $\vec{F}$ потенциальна, если её работа по любой замкнутой траектории равна нулю.



Пусть сила $\vec{F}$ потенциальна. Тогда её работа A_{12} зависит от выбора точек 1 и 2, но не зависит от выбора траектории перехода из точки 1 в точку 2. В этом случае работу A_{12} можно записать в виде разности значений потенциальной энергии $E_п$, заданной в каждой точке пространства, в том числе и в точках 1 и 2:

$$A_{12} = E_{1п} - E_{2п} = -\Delta E_п.$$

Таким образом, **потенциальная энергия** вводится как величина, изменение которой при переходе тела из одной точки в другую равно (с учётом знака) работе потенциальной силы при этом переходе.

Из изучаемых в школьном курсе физики к потенциальным относятся гравитационные силы, силы упругости и силы электростатического воздействия на заряженные тела. В каждом из этих случаев известно выражение для потенциальной энергии тела, находящегося под воздействием этих сил.

Потенциальная энергия тела массой m, находящегося в однородном поле тяжести на высоте h над началом отсчёта: $E_п = mgh$.

Потенциальная энергия деформированной пружины при её удлинении или сжатии, равном x: $E_п = \dfrac{kx^2}{2}$.

В ИСО изменение кинетической энергии $\Delta E_к$ системы материальных точек равно работе A всех сил, приложенных ко всем телам системы, $\Delta E_к = A$. Каждую силу из числа действующих на тела системы относим либо к потенциальным, либо к непотенциальным. Тогда

$$A = A_{\text{всех потенц. сил}} + A_{\text{всех непотенц. сил}}.$$

Работу потенциальных сил представим через изменение потенциальной энергии системы материальных точек:

$$A_{\text{всех потенц. сил}} = -\Delta E_п.$$

Учтём, что механическая энергия системы тел $E_{мех} = E_к + E_п$. Тогда

$$\Delta E_{мех} = \Delta E_к + \Delta E_п = A - A_{\text{всех потенц. сил}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Закон изменения и сохранения механической энергии.
Таким образом, в ИСО изменение механической энергии системы материальных точек (системы тел) равно работе всех непотенциальных сил, как внутренних, так и внешних:

$$\text{в ИСО } \Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}.$$

Поэтому в ИСО механическая энергия системы материальных точек (системы тел) сохраняется, если работа всех непотенциальных сил, как внутренних, так и внешних, равна нулю:

$$\text{в ИСО } \Delta E_{\text{мех}} = 0, \text{ если } A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

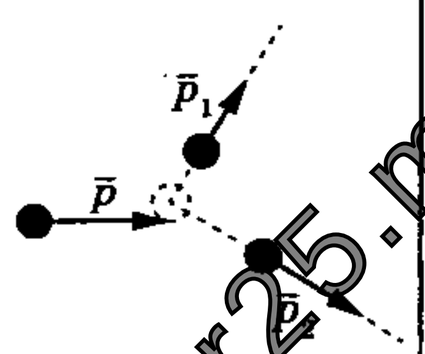
sbor25.me

Задание 3

Что нужно знать	Что нужно уметь
Импульс тела и системы тел. Закон сохранения импульса (стр. 101)	Определять импульс тела и его изменение. Применять закон сохранения импульса для определения изменения импульсов и скоростей взаимодействующих тел, составляющих замкнутую систему
Работа силы (стр. 102)	Применять формулы для расчёта работы силы
Кинетическая энергия тела. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести и упруго деформированного тела (стр. 102, 104)	Определять кинетическую энергию и её изменение для движущегося тела. Определять потенциальную энергию и её изменение
Закон изменения и сохранения механической энергии (стр. 104, 105)	Применять закон сохранения и изменения полной механической энергии для движущегося тела или системы тел

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его. Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н и направленной вдоль этой прямой. Сколько времени потребуется для того, чтобы под действием этой силы импульс тела изменился на 50 кг · м/с?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Согласно второму закону Ньютона действие на тело силы приводит к появлению у тела ускорения, а значит, к изменению скорости или импульса тела: $F\Delta t = p_2 - p_1 = \Delta p$. Таким образом, $\Delta t = \frac{\Delta p}{F} = \frac{50}{10} = 5$ с. Ответ: 5 с
Задание № 2	На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс p = 0,5 кг · м/с. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного p_1 = 0,3 кг · м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения? 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Взаимодействующие бильярдные шары образуют замкнутую систему тел, а значит, для определения импульса шара после соударения можно воспользоваться законом сохранения импульса: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$. Полный импульс системы взаимодействующих тел является векторной суммой импульсов каждого тела. Используя геометрическую интерпретацию правила сложения векторов (см. рисунок), с помощью теоремы Пифагора получим выражение, связывающее импульсы шаров до и после соударения: $p^2 = p_1^2 + p_2^2$. В итоге получим $$p_2 = \sqrt{p^2 - p_1^2} = \sqrt{0,5^2 - 0,3^2} = 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$ Ответ: 0,4 кг · м/с
Задание № 3	Охотник массой $m_1 = 60$ кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда $m_2 = 0,04$ кг. Какова скорость дробинок при выстреле, если после выстрела охотник приобретает скорость $v_1 = 0,2$ м/с?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	В этом примере замкнутую систему тел образуют охотник с ружьём и заряд дробинок. В начальном состоянии и охотник, и дробинки покоятся, следовательно, суммарный импульс системы тел равен нулю. После выстрела (взаимодействия) охотник и дробинки начинают двигаться в разные стороны. Из закона сохранения импульса $0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ получим запись в проекциях на ось Ox, направленную вдоль движения охотника: $0 = m_1v_1 - m_2v_2$. В итоге $v_2 = \dfrac{m_1v_1}{m_2} = \dfrac{60 \cdot 0,2}{0,04} = 300$ м/с. Ответ: 300 м/с
Задание № 4	Человек, равномерно поднимая верёвку, за 10 с достал ведро с водой из колодца глубиной 5 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 6,5 кг. 1) Какую работу при этом совершил человек? 2) Какую среднюю мощность развивал человек при подъёме ведра?
Возможное решение и ответ к заданию № 4	1) Поднимая ведро с водой, человек совершал работу силой, равной по модулю силе тяжести, действующей на ведро с водой: $$A = F\Delta h = (m_1 + m_2)g\Delta h = (1,5 + 6,5) \cdot 10 \cdot 5 = 400 \text{ Дж}.$$ Совершив эту работу, человек увеличил потенциальную энергию ведра с водой на 400 Дж. Ответ: 400 Дж. 2) Для вычисления мощности воспользуемся формулой $$N = \frac{A}{\Delta t} = \frac{400}{10} = 40 \text{ Вт}.$$ Ответ: 40 Вт
Задание № 5	Координата тела массой 0,5 кг, движущегося вдоль оси Ox, изменяется по закону $x(t) = 10 - 6t + t^2$. 1) Определите проекцию p_x импульса тела в момент времени $t_1 = 2$ с. 2) Какова кинетическая энергия тела в момент времени $t_2 = 5$ с?

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 5	1) Из закона движения $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \dfrac{a_x t^2}{2}$ получим закон изменения скорости тела $v_x(t) = v_{0x} + a_x t = -6 + 2t$. В момент времени $t_1 = 2$ с проекция скорости тела равна $v_x(2) = -6 + 2 \cdot 2 = -2$ м/с. Значит, проекция p_x импульса тела в этот момент времени равна $$p_x(2) = mv_x(2) = 0,5 \cdot (-2) = -1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$ Ответ: −1 кг · м/с. 2) Чтобы определить кинетическую энергию, определим скорость тела в момент времени $t_2 = 5$ с: $v_x(5) = -6 + 2 \cdot 5 = 4$ м/с. Таким образом, $$E_к = \frac{m \cdot v_x(5)^2}{2} = \frac{0,5 \cdot 4^2}{2} = 4 \text{ Дж}.$$ Ответ: 4 Дж
Задание № 6	Книгу массой 600 г переложили со стола на шкаф высотой 2,1 м. Высота стола от уровня пола составляет 70 см. 1) Какой потенциальной энергией обладала книга относительно пола, находясь на столе? 2) Во сколько раз увеличилась потенциальная энергия книги при перемещении её со стола на шкаф?
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1) Потенциальная энергия тела в поле тяжести определяется формулой $E_п = mgh$. Для книги, лежащей на столе, $$E_{п1} = mgh_1 = 0,6 \cdot 10 \cdot 0,7 = 4,2 \text{ Дж}.$$ Ответ: 4,2 Дж. 2) Отношение значений потенциальной энергии книги на шкафу и на столе равно $$\frac{E_{п2}}{E_{п1}} = \frac{mgh_2}{mgh_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2,1}{0,7} = 3.$$ Ответ: 3
Задание № 7	Первая пружина имеет жёсткость 20 Н/м, вторая — 40 Н/м. Первая пружина растянута на 10 см, а вторая — на 5 см. Определите отношение значений потенциальной энергии пружин $\dfrac{E_2}{E_1}$
Возможное решение и ответ к заданию № 7	Потенциальная энергия растянутой пружины определяется формулой $$E_п = \frac{k(\Delta x)^2}{2}.$$ Таким образом, $$\frac{E_2}{E_1} = \frac{k_2(\Delta x_2)^2}{2} \cdot \frac{2}{k_1(\Delta x_1)^2} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \left(\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}\right)^2 = \frac{40}{20} \cdot \left(\frac{0,05}{0,1}\right)^2 = 0,5.$$ Ответ: 0,5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 8	Мячик массой 200 г падает с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на Землю его кинетическая энергия равна 24 Дж. С какой высоты падал мячик, если потеря полной механической энергии за счёт сопротивления воздуха составила 20 %?
Возможное решение и ответ к заданию № 8	Поскольку в процессе движения мячика на него действует сила сопротивления воздуха, закон сохранения полной механической энергии в этом случае не выполняется, но справедливым остаётся закон изменения энергии. Изменение полной механической энергии (потеря) равно $\Delta E = E_{п1} - E_{к2}$. Начальная полная механическая энергия равна начальной потенциальной энергии мячика $E_{п1} = mgh$ (начальная кинетическая энергия мячика равна нулю, поскольку он покоился). По условию задачи $\Delta E = 0,2E_{п1}$. В итоге получим $0,2E_{п1} = E_{п1} - E_{к2} \Rightarrow 0,8E_{п1} = 0,8mgh = E_{к2}$. Тогда $$h = \frac{E_{к2}}{0,8mg} = \frac{24}{0,8 \cdot 10 \cdot 0,2} = 15 \text{ м}.$$ Ответ: 15 м

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

3 1 Отношение импульса автокрана к импульсу легкового автомобиля $\frac{p_1}{p_2} = 1,8$. Каково отношение их масс $\frac{m_1}{m_2}$, если отношение скорости автокрана к скорости легкового автомобиля $\frac{v_1}{v_2} = 0,3$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 2 Отношение импульса самосвала к импульсу легкового автомобиля $\frac{p_1}{p_2} = 2$. Каково отношение их скоростей $\frac{v_1}{v_2}$, если отношение массы самосвала к массе легкового автомобиля $\frac{m_1}{m_2} = 12,5$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 3 Легковой автомобиль и грузовик массами $m_1 = 1000$ кг и $m_2 = 3000$ кг движутся по дороге. Каково отношение скорости грузовика к скорости легкового автомобиля, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 4 Отношение массы автокрана к массе легкового автомобиля $\frac{m_1}{m_2} = 8$. Каково отношение $\frac{v_1}{v_2}$ их скоростей, если отношение импульса автокрана к импульсу легкового автомобиля равно 4?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 5 Отношение импульса автобуса к импульсу грузового автомобиля $\frac{p_1}{p_2} = 2{,}8$. Каково отношение их масс $\frac{m_1}{m_2}$, если отношение скорости автобуса к скорости грузового автомобиля $\frac{v_1}{v_2} = 2$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 6 Отношение скорости грузовика к скорости легкового автомобиля $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2}$. Масса грузовика $m_1 = 3000$ кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 7 Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $v_1 = 108$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч. Масса легкового автомобиля $m = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 8 В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы в течение 5 с. Определите модуль силы, если за это время под действием этой силы импульс тела изменился на 30 кг · м/с.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 9 Материальная точка движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении под действием постоянных сил. За 3 с импульс тела увеличивается на 24 кг · м/с. Чему равен модуль равнодействующей сил, приложенных к телу?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 10 Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой. Начальный импульс тела равен 60 кг · м/с. Под действием постоянной силы величиной 10 Н, направленной вдоль этой прямой, за 5 с импульс тела уменьшился. Определите импульс тела в конце указанного промежутка времени.

Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

3 11 В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной 3 Н. На сколько увеличится импульс тела за 5 с движения?

Ответ: на _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 12 На тело, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, в течение 3 с в направлении движения действует постоянная сила 12 Н. Каково увеличение импульса тела за это время?

Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 13 Тело движется по прямой в инерциальной системе отсчёта. На него в течение 3 с действует постоянная сила, направленная вдоль этой прямой и равная по модулю 24 Н. Каков модуль изменения импульса тела за это время?

Ответ: _____ кг · м/с.

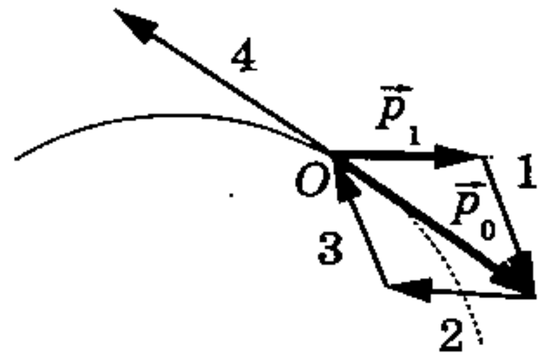
БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 14 В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы. За 2 с импульс тела изменился на 8 кг · м/с. Каков модуль силы?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

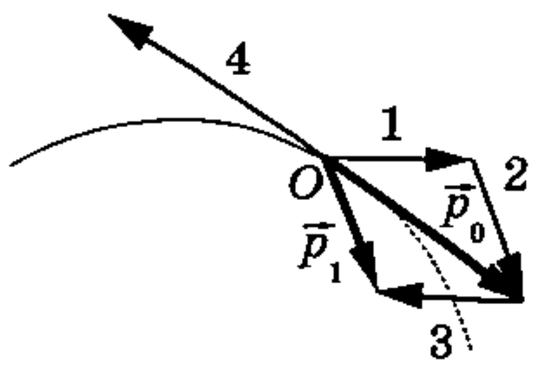
3 15 Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс $\vec{p}_0$, разорвался на два осколка. Один из осколков имеет импульс $\vec{p}_1$. Каким из векторов (1, 2, 3 или 4) изображается импульс второго осколка?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

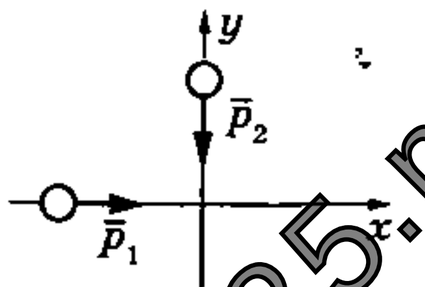
3 16 Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс $\vec{p}_0$, разорвался на два осколка. Один из осколков имеет импульс $\vec{p}_1$. Каким из векторов (1, 2, 3 или 4) изображается импульс второго осколка?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 17 Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 4$ кг · м/с, а второго тела $p_2 = 3$ кг · м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



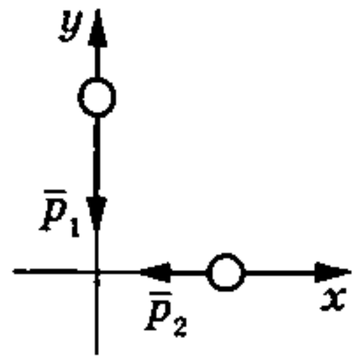
Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

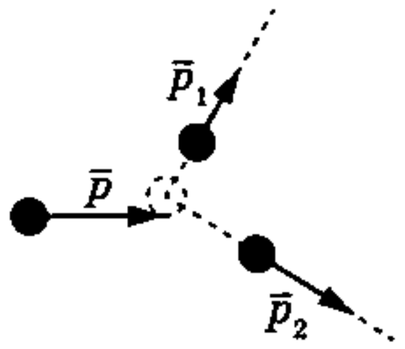
3 18 Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 8$ кг · м/с, второго тела $p_2 = 6$ кг · м/с. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

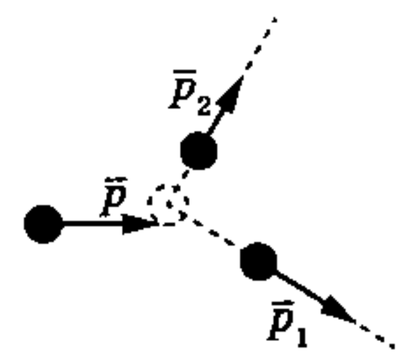
3 19 На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $p_1 = 0{,}3$ кг · м/с, а другого $p_2 = 0{,}4$ кг · м/с (см. рисунок). Какой импульс имел до удара налетевший шар?



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

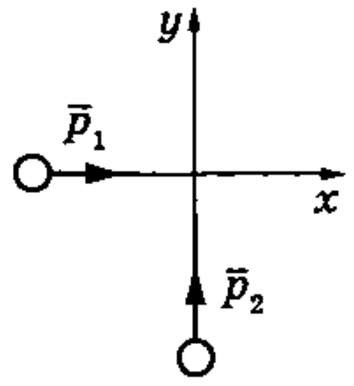
3 20 На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс $p = 0{,}5$ кг · м/с. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $p_1 = 0{,}4$ кг · м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

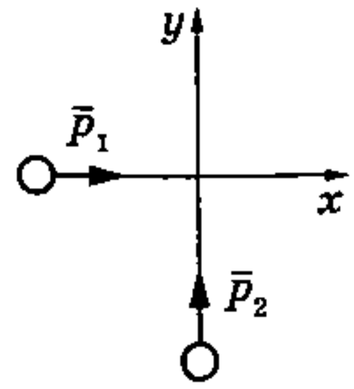
3 21 По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей x и y две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1 = 2$ кг · м/с и $p_2 = 3{,}5$ кг · м/с (см. рисунок). После их соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси y в прежнем направлении. Модуль импульса первой шайбы после удара равен $p_1' = 2{,}5$ кг · м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы после удара.



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

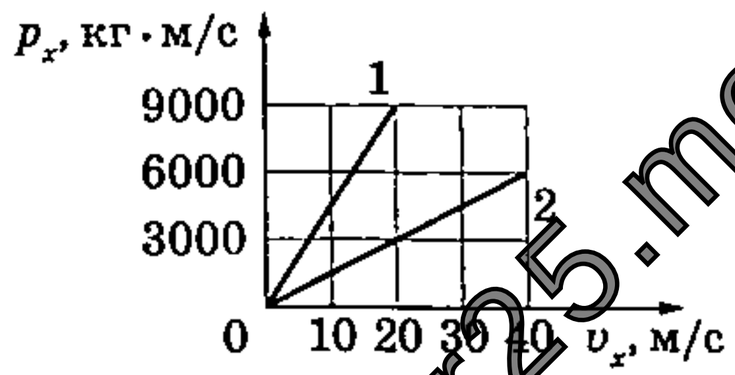
3 22 По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей x и y две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1 = 5$ кг · м/с и $p_2 = 3$ кг · м/с (см. рисунок). После их соударения первая шайба продолжает двигаться по оси x в прежнем направлении. Модуль импульса второй шайбы после удара равен $p_2' = 5$ кг · м/с. Найдите модуль импульса первой шайбы после удара.



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 23 На рисунке приведены графики зависимости проекции импульса p_x двух автомобилей от проекции их скоростей v_x относительно Земли. Каков импульс первого автомобиля в системе отсчёта, связанной со вторым автомобилем, когда их скорости относительно Земли равны 20 м/с?



Ответ: _____ кг · м/с.

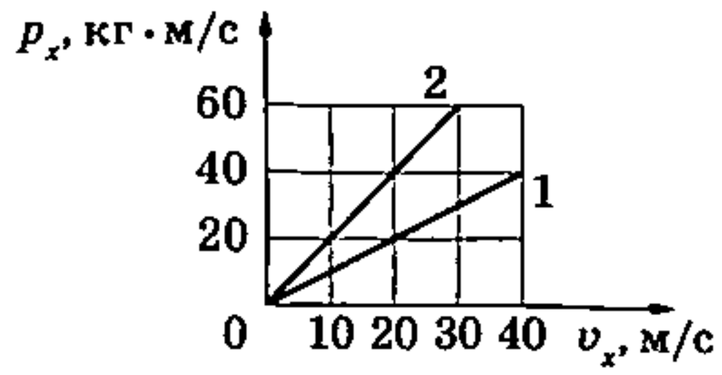
БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 24

На рисунке приведены графики зависимости проекции p_x импульсов двух игрушечных автомобилей от проекции v_x их скоростей относительно Земли. Какова проекция импульса первого автомобиля в системе отсчёта, связанной со вторым автомобилем, в тот момент времени, когда проекция скорости первого автомобиля относительно Земли была равна 20 м/с, а второго 10 м/с?



Ответ: _____ кг · м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 25

Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё со скоростью 2 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения тележки?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 26

Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 100 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё со скоростью 2 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения тележки?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 27

Охотник, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,04 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова масса охотника, если его скорость после выстрела равна 0,2 м/с?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 28

Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова скорость охотника после выстрела?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 29

Груз массой 1 кг под действием силы величиной 30 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м. Определите работу этой силы.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 30

Отец везёт сына на санках с постоянной скоростью по горизонтальной заснеженной дороге. Сила трения санок о снег равна 30 Н. Отец совершил механическую работу, равную 3000 Дж. Определите пройденный путь.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 31

Мальчик тянет санки за верёвку с силой 50 Н. Протащив санки на расстояние 1 м, он совершил механическую работу 50 Дж. Каков угол между верёвкой и дорогой?

Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 32 Тело массой 0,2 кг, двигаясь по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы 25 Н, направленной под углом 30° к горизонту, переместилось на расстояние 1 м. Какую работу при этом совершила сила тяжести?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 33 Ящик тянут по Земле за верёвку по горизонтальной окружности диаметром $D = 20$ м с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 3{,}0$ кДж. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны Земли? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 34 На горизонтальной поверхности лежит тело. На тело действуют с силой 10 Н, направленной вверх под углом 60° к горизонту. Под действием этой силы тело переместилось вдоль поверхности на 5 м. Какова работа этой силы?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 35 Скорость груза массой 0,2 кг равна 3 м/с. Какова кинетическая энергия груза?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 36 С какой скоростью движется груз массой 0,4 кг, если его кинетическая энергия равна 5 Дж?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 37 Тележка движется со скоростью 3 м/с. Её кинетическая энергия равна 27 Дж. Какова масса тележки?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 38 Скорость груза массой 2 кг равна 4 м/с. Определите кинетическую энергию груза.

Ответ: _____ Дж.

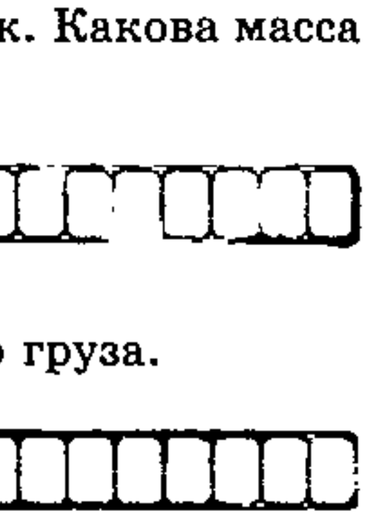
БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 39 Определите кинетическую энергию автомобиля массой 500 кг, движущегося со скоростью 36 км/ч.

Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 40 Первый автомобиль имеет массу 1000 кг, второй — 500 кг. Скорости их движения изменяются с течением времени в соответствии с графиками, представленными на рисунке. Определите отношение $\frac{E_{к2}}{E_{к1}}$ значений кинетической энергии автомобилей в момент времени t_1.



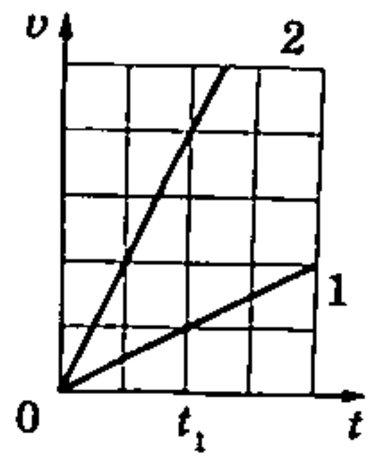
Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 41 Скорости движения двух одинаковых автомобилей изменяются с течением времени в соответствии с графиками на рисунке. Определите отношение $\frac{E_{к2}}{E_{к1}}$ значений кинетической энергии автомобилей в момент времени t_1.



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 42 Координата тела массой 8 кг, движущегося вдоль оси x, изменяется по закону $x = x_0 + v_x t$, где $x_0 = 6$ м; $v_x = 8$ м/с. Какова кинетическая энергия тела в момент времени $t = 2$ с?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 43 Скорость тела массой 2 кг, движущегося по оси x, изменяется по закону $v_x = v_{0x} + a_{xt}$, где $v_{0x} = 10$ м/с, $ax = -2$ м/с^2. Определите кинетическую энергию тела в момент времени $t = 2$ с.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 44 Самосвал массой m_0 при движении на пути к карьеру имеет кинетическую энергию $2{,}5 \cdot 10^5$ Дж. Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он двигался с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза?

Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 45 Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту, причём масса легкового автомобиля $m_1 = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды $\frac{E_{п\,Гр}}{E_{п\,Авт}} = 2{,}5$?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 46 Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение значений их потенциальной энергии относительно уровня воды равно 3?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 47 Легковой автомобиль и грузовик движутся по горизонтальному мосту. Масса грузовика $m = 4500$ кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение потенциальной энергии грузовика к потенциальной энергии легкового автомобиля относительно уровня воды в реке равно 3?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 48 Спортсмен поднял штангу массой 75 кг на высоту 2 м. На сколько изменилась при этом потенциальная энергия штанги?

Ответ: на _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

3 49 Потенциальная энергия взаимодействия с Землёй гири массой 5 кг увеличилась на 75 Дж. На сколько при этом подняли гирю?

Ответ: на _____ м.

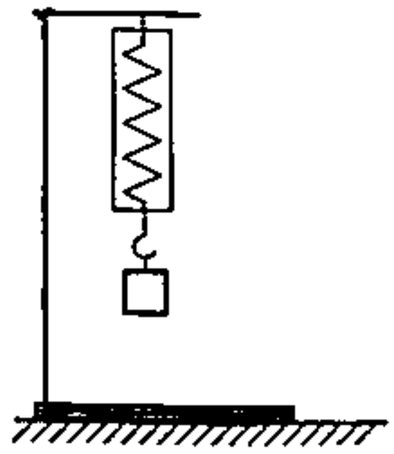
БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 50 Мальчик бросил мяч массой 0,1 кг вертикально вверх с высоты 1 м над поверхностью Земли. Мяч поднялся на высоту 2,5 м от поверхности Земли. Каково изменение потенциальной энергии мяча?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 51 Ученик собрал установку, показанную на рисунке. Под действием груза массой 0,4 кг пружина растянулась на 0,1 м. Определите потенциальную энергию пружины при таком удлинении.



Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 52 Ученик исследовал зависимость модуля силы упругости F пружины от её растяжения x и получил следующие результаты:

F, Н	0	0,5	1	1,5	2	2,5
x, м	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Определите потенциальную энергию пружины при её растяжении на 0,08 м.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 53 При упругой деформации 1 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 1 Дж. На сколько увеличится потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации ещё на 1 см?

Ответ: на _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 54 При упругой деформации 2 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 4 Дж. Какой станет потенциальная энергия этой пружины при уменьшении деформации на 1 см?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 55 Первая пружина имеет жёсткость 20 Н/м, вторая — 40 Н/м. Первая растянута на 2 см, вторая — на 1 см. Чему равно отношение потенциальной энергии второй пружины к потенциальной энергии первой пружины $\frac{E_{п2}}{E_{п1}}$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 56 Шарик брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 30 Дж. На какую величину изменится потенциальная энергия шарика в поле тяготения Земли, когда он окажется в верхней точке траектории полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 57 Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м. Какой кинетической энергией обладало тело тотчас после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 58 Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх. В начальный момент его механическая энергия равна 200 Дж. На какую максимальную высоту поднимется камень над точкой старта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 59 Тело, брошенное вертикально вверх от поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м. С какой начальной скоростью тело было брошено вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 60 Шарик массой 150 г начинает падать с высоты 20 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на Землю, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 61 Шарик массой 300 г начинает падать с высоты 10 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на поверхность Земли, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 62 Максимальная высота, на которую шайба массой 40 г может подняться по гладкой наклонной плоскости относительно начального положения, равна 0,2 м. Определите кинетическую энергию шайбы в начальном положении. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 63 У основания гладкой наклонной плоскости шайба массой 10 г обладает кинетической энергией 0,04 Дж. Определите максимальную высоту, на которую шайба может подняться по плоскости относительно основания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 64 Тело массой 2 кг, брошенное вертикально вверх, достигло максимальной высоты 10 м. Какой кинетической энергией обладало тело сразу после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 65 Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Какова его кинетическая энергия в момент перед ударом о Землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 4 Дж?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 66 Шарик массой 100 г падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на Землю потеря полной механической энергии за счёт сопротивления воздуха составила 10 %. Какова кинетическая энергия шарика в этот момент?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 67 Шарик массой 100 г падает с высоты 100 м с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна его кинетическая энергия в момент перед падением на Землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 20 Дж?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

3 68 Шарик массой 100 г падает с некоторой высоты. Начальная скорость шарика равна нулю. Его кинетическая энергия при падении на Землю равна 6 Дж, а потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 1 Дж. С какой высоты упал шарик?

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

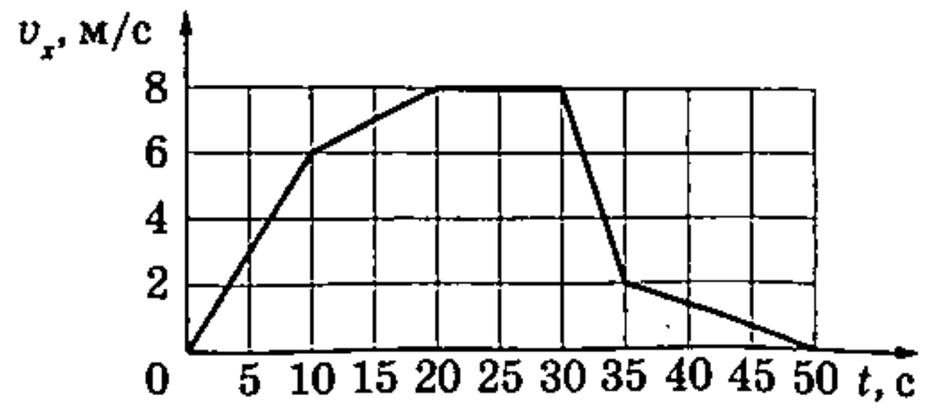
sbor25.me

Задания 5 и 6

Что нужно знать	Что нужно уметь
Импульс тела и системы тел. Закон сохранения импульса (стр. 101, 102)	Анализировать процесс движения тела, представленный в виде таблиц, графиков или словесного описания. Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тел и их взаимодействия. Строить графики зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени
Работа и мощность силы (стр. 102)	Анализировать процессы движения тела, представленные в виде таблиц, графиков и словесного описания. Определять работу и мощность силы. Анализировать изменение этих физических величин в процессах движения тела
Кинетическая энергия тела. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести и упруго деформированного тела (стр. 102, 103)	Анализировать процесс движения тела, представленный в виде таблиц, графиков или словесного описания. Определять изменения кинетической и потенциальной энергии тела (системы тел). Анализировать изменение этих физических величин в процессе движения тела. Строить графики зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени
Закон изменения и сохранения механической энергии (стр. 103)	Применять закон сохранения и изменения полной механической энергии для движущегося тела или системы тел

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 2 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t. Определите: 1) проекцию a_x ускорения тела в момент времени 5 с; 2) модуль перемещения тела в промежутке от 10 до 20 с; 3) равнодействующую сил, действующих на тело, в момент времени 25 с; 4) на сколько изменился импульс тела в промежутке от 30 до 35 с; 5) работу равнодействующей сил, действующих на тело, в промежутке от 35 до 50 с 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) В промежутке времени от 0 до 10 с тело движется равноускоренно, так как график зависимости скорости от времени представляет собой наклонную прямую. Ускорение в этом промежутке, а значит, и в момент времени 5 с, определяется по формуле $$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} = \frac{6-0}{10} = 0{,}6 \text{ м/с}^2.$$ Ответ: 0,6 м/с^2.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

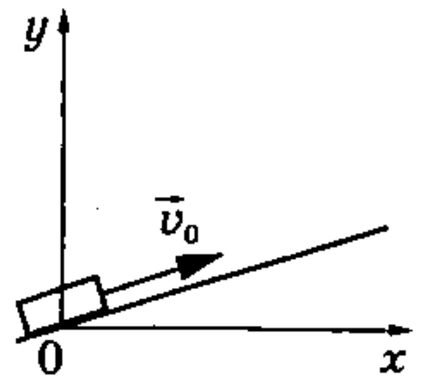
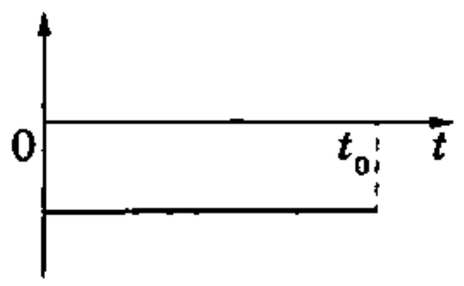
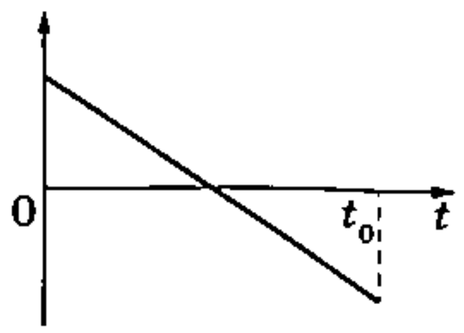
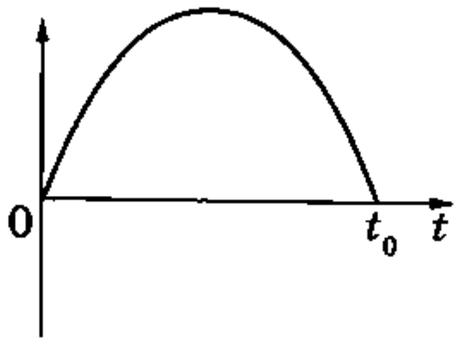
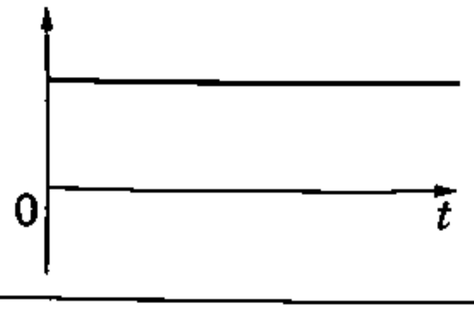
Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	2) Перемещение в интервале времени от 10 до 20 с определим, используя графический смысл перемещения, как площадь трапеции, образованной графиком зависимости скорости от времени, осью времени и перпендикулярами, опущенными из концов отрезка на ось времени: $$S = \frac{v(10)+v(20)}{2}\Delta t = \frac{6+8}{2}\cdot 10 = 70 \text{ м}.$$ Ответ: 70 м. 3) В интервале времени от 20 до 30 с тело движется по прямой с постоянной скоростью, а значит, и ускорение, и равнодействующая сил, действующих на тело, равны нулю. Ответ: 0. 4) В моменты времени 30 и 35 с скорости тела равны 8 и 2 м/с соответственно. Значит, импульс тела в эти моменты времени равен $$p(30) = m\cdot v(30) = 2\cdot 8 = 16 \text{ кг}\cdot\text{м/с и } p(35) = m\cdot v(35) = 2\cdot 2 = 4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$ Следовательно, импульс тела изменился на $\Delta p = -12$ кг · м/с, т. е. уменьшился. Ответ: −12 кг · м/с. 5) Работу равнодействующей сил, действующих на тело, в интервале от 35 до 50 с определим по теореме об изменении кинетической энергии: $$A = \Delta E_к = E_{к2} - E_{к1} = 0 - \frac{mv^2}{2} = -\frac{2\cdot 2^2}{2} = -4 \text{ Дж}.$$ Ответ: −4 Дж
Задание № 2	Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются по мере подъёма камня (***увеличиваются, уменьшаются, не изменяются***) перечисленные ниже физические величины? 1) модуль ускорения камня; 2) горизонтальная составляющая скорости камня; 3) полная механическая энергия камня; 4) потенциальная энергия камня; 5) кинетическая энергия камня; 6) модуль импульса камня
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) На летящий камень действует единственная сила — сила тяжести. Значит, по второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F} = m\vec{g}$. Таким образом, всё время полёта камень движется с постоянным ускорением, равным ускорению свободного падения. Следовательно, ускорение камня ***не изменяется***. 2) В горизонтальном направлении на камень не действуют никакие силы, а значит, в этом направлении движение равномерное, и горизонтальная составляющая скорости камня ***не изменяется***. 3) Поскольку на камень действует только сила тяжести, а сопротивление воздуха пренебрежимо мало, то для него выполняется закон сохранения полной механической энергии $E_п + E_к = \text{const}$, которая в процессе полёта ***не изменяется***. 4), 5) и 6) По мере подъёма камня его потенциальная энергия $E_п = mgh$ ***увеличивается***, а кинетическая энергия $E_к = \frac{mv^2}{2}$, а значит, и его импульс $p = mv$, согласно закону сохранения полной механической энергии, будут ***уменьшаться***

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 3	После удара в момент времени $t = 0$ шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и в момент t_0 вернулась в исходное положение. Схематически постройте графики зависимости от времени физических величин, характеризующих движение шайбы: 1) проекций ускорения шайбы a_x и a_y; 2) проекций импульса шайбы v_x и v_y; 3) координат шайбы x и y; 4) полной механической энергии шайбы 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) На движущуюся по гладкой наклонной плоскости шайбу действуют сила тяжести и сила реакции опоры. Равнодействующая этих сил направлена вниз вдоль наклонной плоскости и остаётся постоянной в процессе движения шайбы. Значит, движение шайбы будет равноускоренным, а схематические графики проекции ускорения на оси Ox и Oy будут представлять собой прямую (см. рисунок).  2) При равноускоренном движении скорость тела, а значит, и его импульс изменяются по линейному закону (см. рисунок).  3) При равноускоренном движении координата тела изменяется по квадратичному закону, парабола будет расположена ветвями вниз, так как проекции ускорения отрицательны (см. рисунок).  4) Поскольку трение отсутствует, для шайбы выполняется закон сохранения полной механической энергии, которая в процессе движения остаётся положительной и постоянной (см. рисунок) 

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

5 1

Ящик соскальзывает вниз по наклонной плоскости с постоянной скоростью. Система отсчёта, связанная с наклонной плоскостью, является инерциальной.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о движении ящика.

1) Равнодействующая сил, действующих на ящик, направлена в сторону движения ящика.
2) Полная механическая энергия ящика уменьшается.
3) Сила тяжести, действующая на ящик, совершает положительную работу.
4) Сила трения, действующая на ящик, совершает положительную работу.
5) Кинетическая энергия ящика увеличивается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 2 Ящик соскальзывает вниз по наклонной плоскости с постоянной скоростью. Система отсчёта, связанная с наклонной плоскостью, является инерциальной.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о движении ящика.

1) Равнодействующая сил, действующих на ящик, направлена в сторону, противоположную движению ящика.
2) Полная механическая энергия ящика увеличивается.
3) Сила тяжести, действующая на ящик, совершает отрицательную работу.
4) Сила трения, действующая на ящик, совершает отрицательную работу.
5) Кинетическая энергия ящика остаётся неизменной.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 3 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Спутник находится в точке ***максимального*** удаления от Земли.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно этого момента в движении спутника.

1) Потенциальная энергия спутника в этом положении минимальна.
2) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении максимальна.
3) Полная энергия спутника в этом положении максимальна.
4) Импульс спутника в этом положении минимален.
5) Ускорение спутника в этом положении минимально.

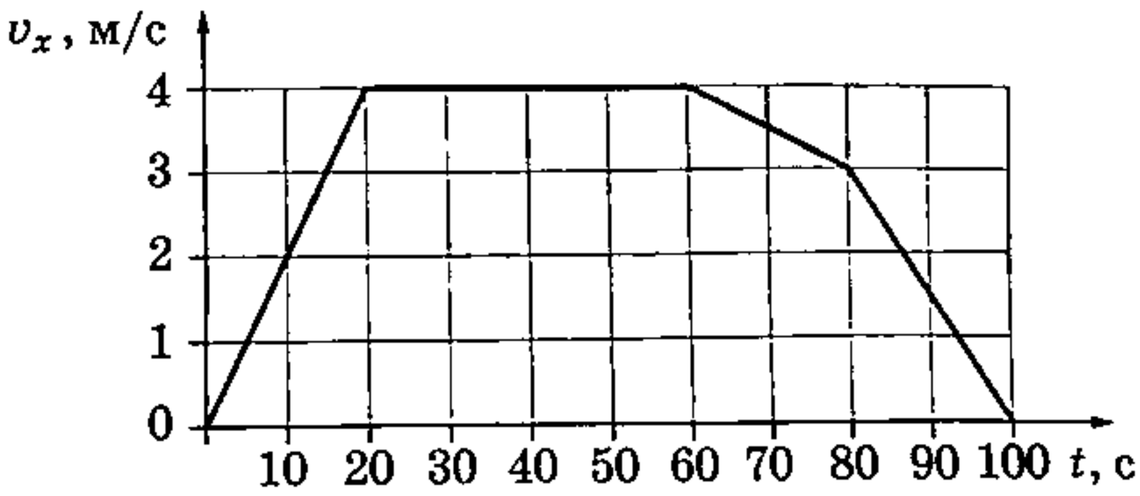
БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 4 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Спутник находится в точке ***минимального*** удаления от Земли.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно этого момента в движении спутника.

1) Потенциальная энергия спутника в этом положении минимальна.
2) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении максимальна.
3) Полная энергия спутника в этом положении максимальна.
4) Скорость спутника в этом положении минимальна.
5) Ускорение спутника в этом положении равно 0.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 5 В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о движении этого тела.

1) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 20 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с.
2) В промежутке времени от 0 до 10 с тело переместилось на 20 м.
3) В момент времени 40 с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
4) В промежутке времени от 80 до 100 с импульс тела уменьшился на 60 кг · м/с.
5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 10 до 20 с увеличилась в 2 раза.

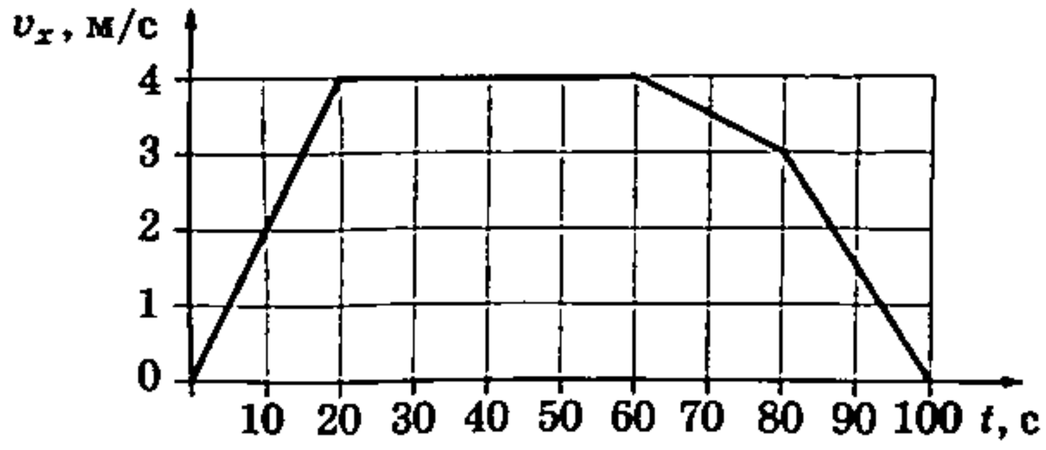
БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

5 6

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t.



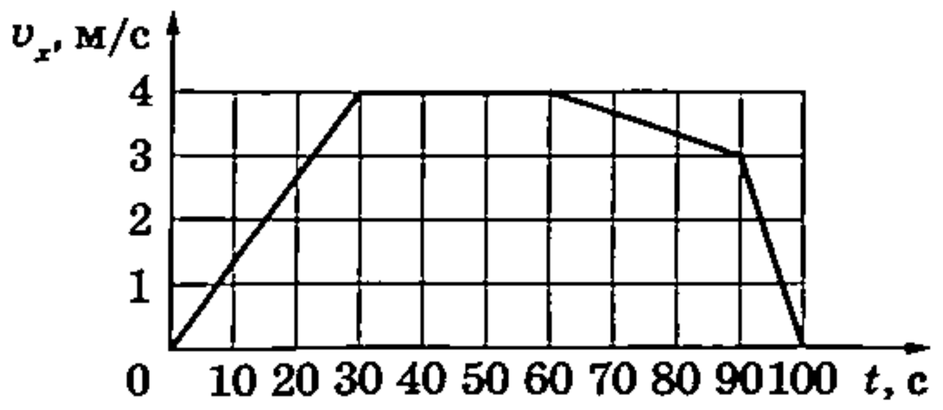
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о движении этого тела.

1) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 3 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.
2) В промежутке времени от 80 до 100 с тело переместилось на 30 м.
3) В момент времени 90 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен 1,5 Н.
4) В промежутке времени от 60 до 80 с импульс тела увеличился на 40 кг · м/с.
5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 10 до 20 с увеличилась в 4 раза.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 7

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t.



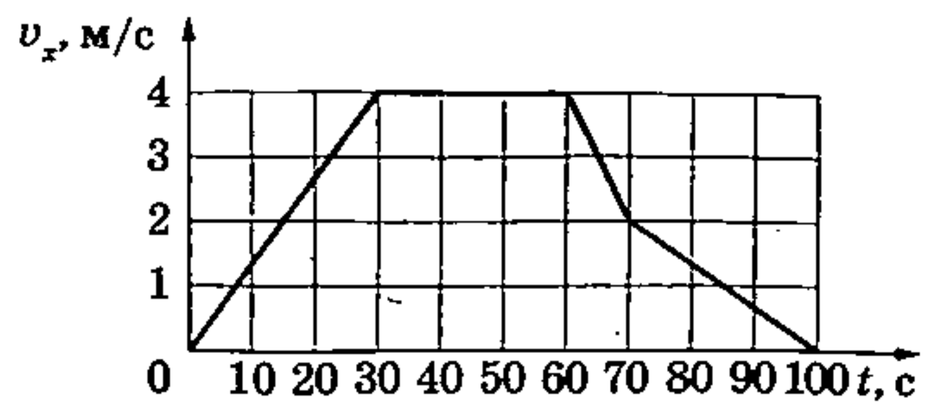
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения этого тела.

1) В промежутке времени от 0 до 30 с модуль перемещения тела в 2 раза меньше, чем в промежутке времени от 60 до 90 с.
2) В момент времени 95 с проекция F_x равнодействующей сил, действующих на тело, отрицательна.
3) В промежутке времени от 90 до 100 с направление равнодействующей сил, действующих на тело, совпадает с направлением скорости тела.
4) В промежутке времени от 10 до 30 с равнодействующая сил, действующих на тело, совершает работу, равную нулю.
5) Кинетическая энергия тела в момент времени 15 с равна 40 Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 8

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 5 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t.



Из приведённого ниже списка выберите все утверждения, правильно описывающие этот процесс.

1) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 60 до 70 с уменьшилась в 2 раза.
2) За промежуток времени от 0 до 30 с тело переместилось на 20 м.
3) В момент времени 40 с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 30 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 70 до 100 с.
5) В промежутке времени от 70 до 100 с импульс тела уменьшился на 30 кг · м/с.

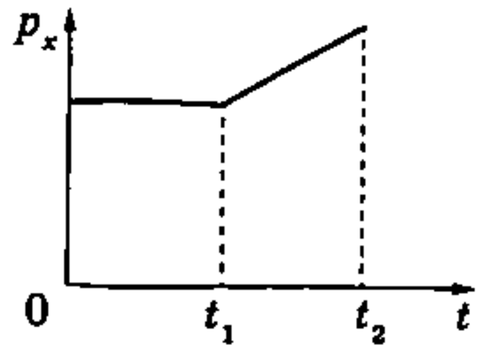
БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5
9

На рисунке приведён график зависимости от времени для проекции на ось Ox импульса тела, движущегося по прямой. Как двигалось тело в интервалах времени от 0 до t_1 и от t_1 до t_2?
Выберите **все** утверждения, соответствующие графику.

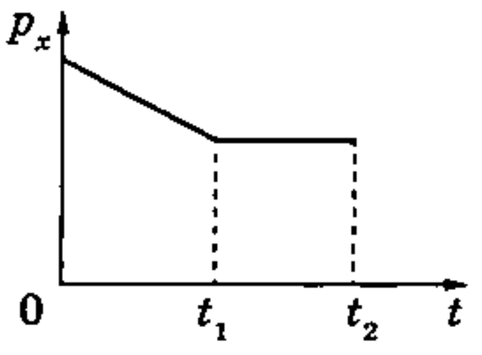


1) В интервале от 0 до t_1 тело не двигалось.
2) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равномерно.
3) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равноускоренно.
4) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равномерно.
5) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равноускоренно.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
10

На рисунке приведён график зависимости от времени для проекции на ось Ox импульса тела, движущегося по прямой. Как двигалось тело в интервалах времени от 0 до t_1 и от t_1 до t_2?
Выберите **все** утверждения, соответствующие графику.

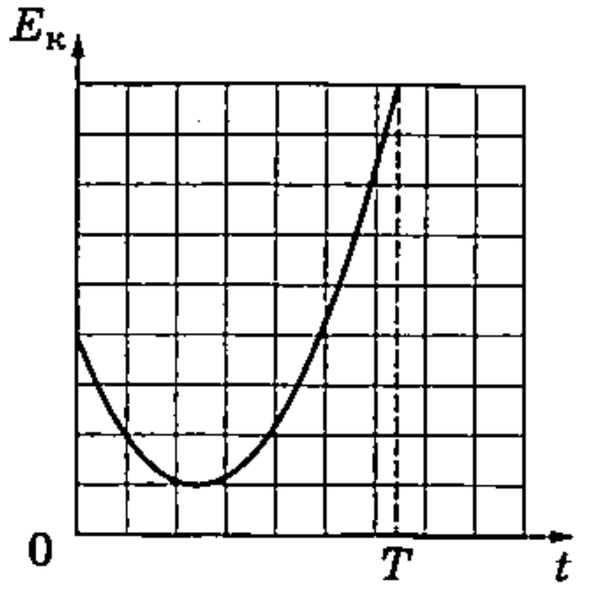


1) В интервале от 0 до t_1 тело не двигалось.
2) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равномерно.
3) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равноускоренно.
4) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равномерно.
5) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равноускоренно.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
11

На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите **все** утверждения, которые соответствуют этому графику.

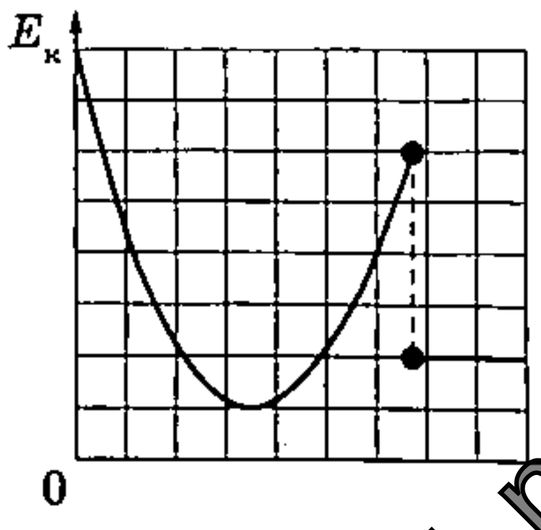


1) В процессе наблюдения кинетическая энергия тела всё время увеличивалась.
2) В конце наблюдения кинетическая энергия тела становится равной нулю.
3) Тело брошено под углом к горизонту с балкона и упало на Землю.
4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало обратно на Землю.
5) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на Землю.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
12

На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите **все** утверждения, которые соответствуют этому графику.



1) В конце наблюдения кинетическая энергия тела отлична от нуля.
2) Кинетическая энергия тела в течение всего времени наблюдения уменьшается.
3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на балкон.
4) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на Землю.
5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

5
13

Свинцовый брусок массой m_1 = 1000 г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой m_2 = 200 г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое.
Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

1) Скорость тел после соударения равна 0,5 м/с.
2) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,75 Дж.
3) Кинетическая энергия свинцового бруска после соударения равна 0,25 Дж.
4) Суммарный импульс тел после удара равен 3 кг · м/с.
5) Общая кинетическая энергия системы тел «брусок + шарик» при ударе не изменилась.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

5
14

Свинцовый брусок массой m_1 = 1000 г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой m_2 = 200 г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое.
Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

1) Скорость тел после соударения равна 0,25 м/с.
2) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,5 Дж.
3) Кинетическая энергия свинцового бруска после соударения равна 0,125 Дж.
4) Суммарный импульс тел после удара равен 0,6 кг · м/с.
5) Общая кинетическая энергия системы тел «брусок + шарик» при ударе не изменилась.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
15

В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой m = 500 г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

t, с	0	1	2	3	4	5	6	7
L, м	0	1	4	9	16	25	36	49

Какие выводы не противоречат результатам эксперимента?

1) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 8 м/с.
2) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 12 Дж.
3) Первые 3 с тело двигалось равномерно, а затем оно двигалось равноускоренно.
4) За первые 3 с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 9 Дж.
5) Равнодействующая сил, действующих на тело, всё время возрастала.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5
16

В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой m = 500 г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

t, с	0	1	2	3	4	5	6	7
L, м	0	1	4	9	16	25	36	49

Какие выводы не противоречат результатам эксперимента?

1) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 16 м/с.
2) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 9 Дж.
3) Первые 4 с тело двигалось равноускоренно, а затем оно двигалось равномерно.
4) За первые 3 с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 12 Дж.
5) Равнодействующая сил, действующих на тело, всё время оставалась постоянной.

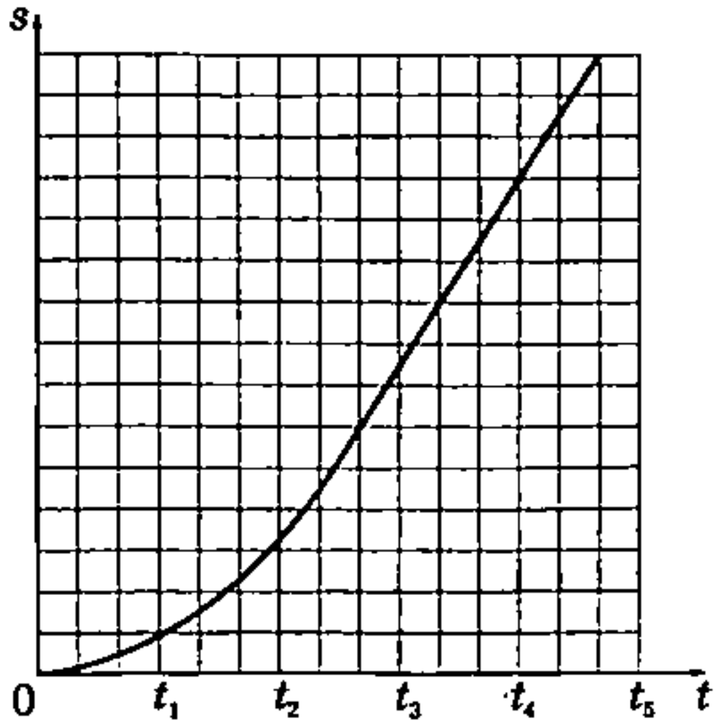
БЛАНК ОТВЕТОВ 5

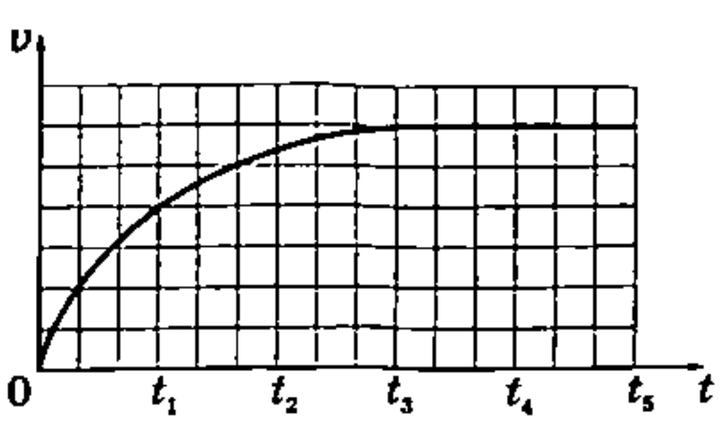
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5
17

Учащиеся роняли с башни шарики для настольного тенниса и снимали их полёт цифровой видеокамерой. Обработка видеозаписей позволила построить графики зависимости пути s, пройденного шариком, и его скорости υ от времени падения t.





Выберите все утверждения, подтверждаемые приведёнными графиками.

1) Величина ускорения, с которым падал шарик, увеличивалась в интервале времени $(0–t_3)$ и оставалась постоянной при $t > t_4$.
2) В течение всего времени падения $(0–t_5)$ потенциальная энергия шарика в поле тяжести, отсчитываемая от основания башни, увеличивалась.
3) Сумма кинетической и потенциальной энергий шарика оставалась неизменной во время падения.
4) В интервале времени $(0–t_3)$ величина импульса шарика постоянно возрастала.
5) Величина ускорения, с которым падал шарик, уменьшалась в интервале времени $(0–t_3)$.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

6
18

На тело массой m, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная равнодействующая сила $\vec{F}$ в течение времени Δt. Если действующая на тело сила увеличится, то как изменятся модуль импульса силы $\vec{F}$ и модуль изменения импульса тела в течение того же промежутка времени Δt?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль импульса равнодействующей силы	Модуль изменения импульса тела

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
19

На тело массой m, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная равнодействующая сила $\vec{F}$ в течение времени Δt. Если действующая на тело сила уменьшится, то как изменятся модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела в течение того же промежутка времени Δt?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения тела	Модуль изменения импульса тела

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

6 20

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются модуль ускорения камня и его потенциальная энергия в поле тяжести при движении камня вниз?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения камня	Потенциальная энергия камня

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 21

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются модуль ускорения камня и его кинетическая энергия при движении камня вверх?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения камня	Кинетическая энергия камня

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 22

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются по мере подъёма камня горизонтальная составляющая его скорости и модуль его импульса?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Горизонтальная составляющая скорости камня	Модуль импульса камня

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 23

В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшается с 400 до 300 км. Как изменяются в результате этого кинетическая энергия спутника и период его обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Период обращения

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
24

В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле силы тяжести Земли и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

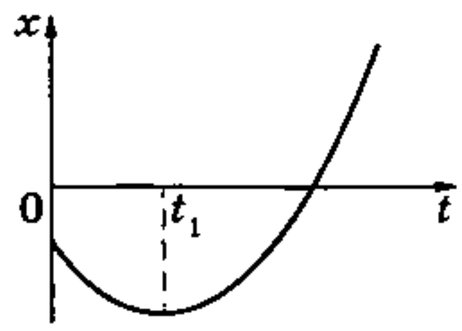
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия	Скорость движения по орбите

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
25

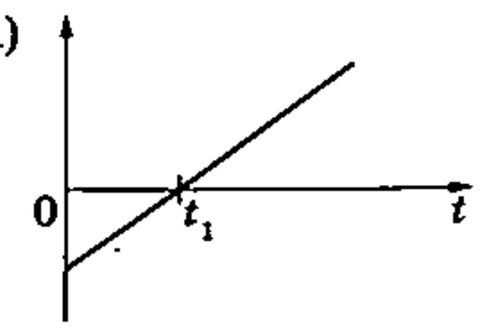
На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



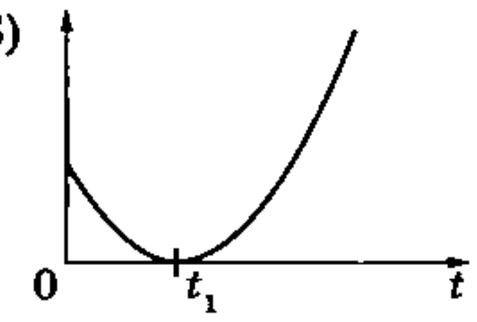
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль импульса тела
2) проекция скорости тела на ось Ox
3) кинетическая энергия тела
4) модуль ускорения тела

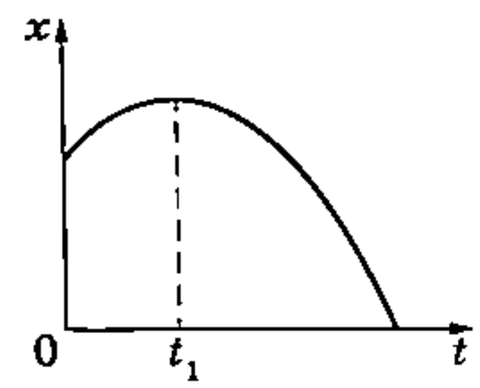
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
26

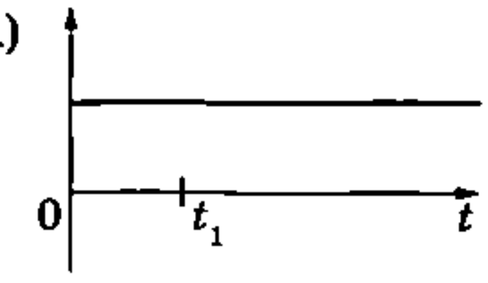
На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox, от времени t. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих данное движение этого тела, от времени t. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



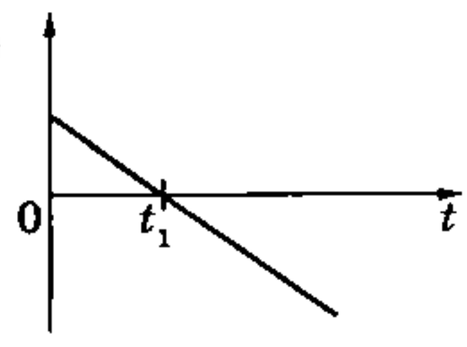
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) кинетическая энергия тела
2) модуль ускорения тела
3) модуль импульса тела
4) проекция скорости тела на ось Ox

Ответ:

А	Б

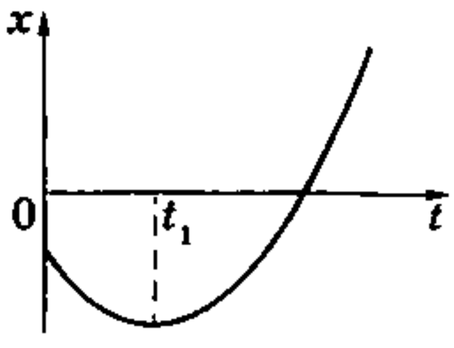
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

6
27

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени t.

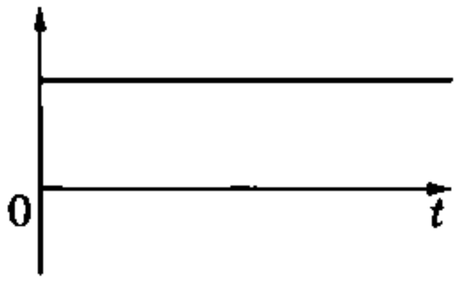


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

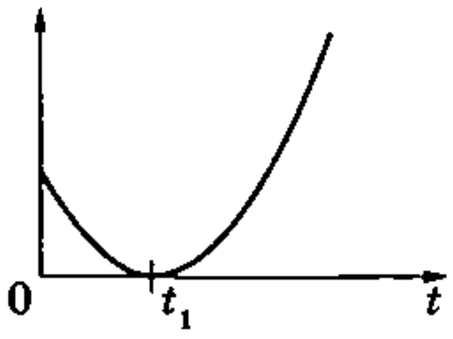
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция на ось Ox перемещения тела из начального положения
2) модуль импульса тела
3) модуль равнодействующей сил, действующих на тело
4) кинетическая энергия тела

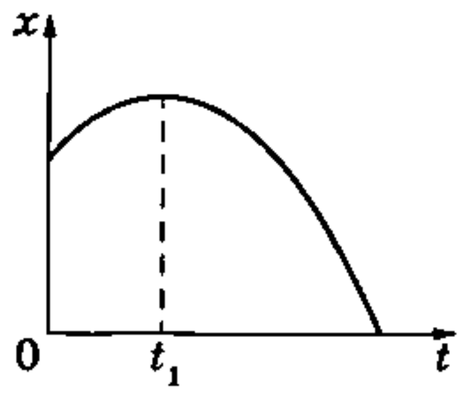
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
28

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox, от времени t. Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t.

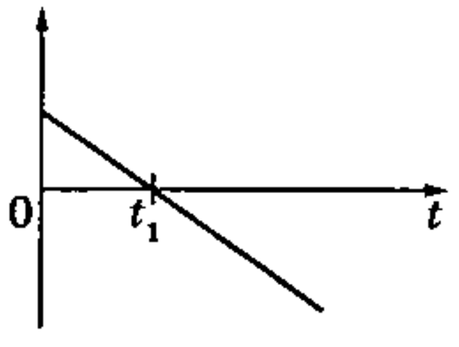


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

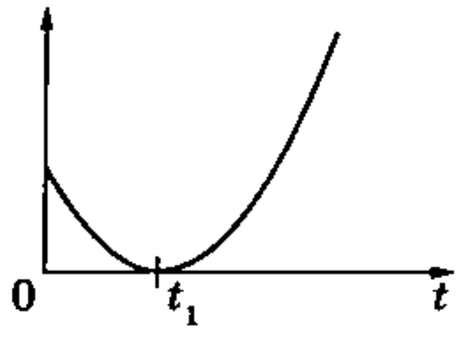
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль скорости тела
2) проекция импульса тела на ось Ox
3) проекция ускорения тела на ось Ox
4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

Ответ:

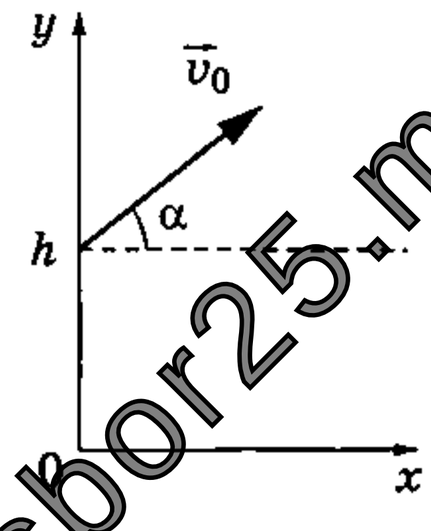
А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
29

В момент времени $t = 0$ мячик бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Сопротивлением воздуха пренебречь.



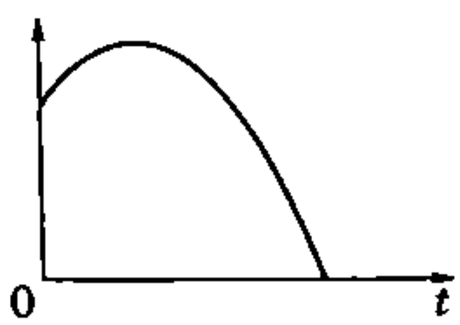
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

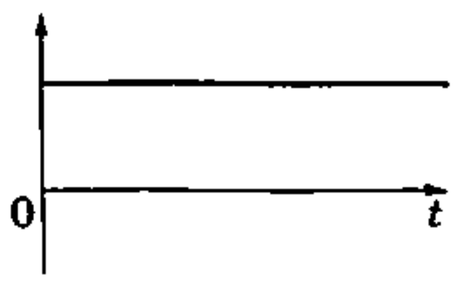
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата y мячика
2) проекция скорости мячика на ось Ox
3) кинетическая энергия мячика
4) координата x мячика

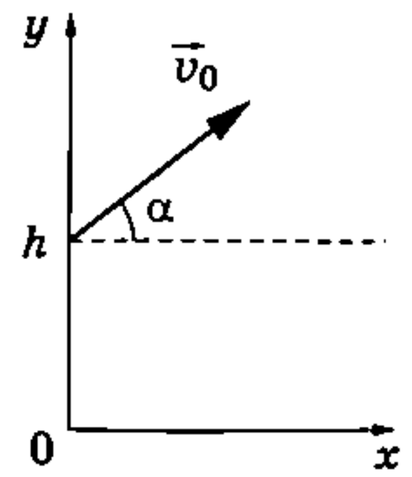
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 30

В момент времени $t = 0$ мячик бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t.

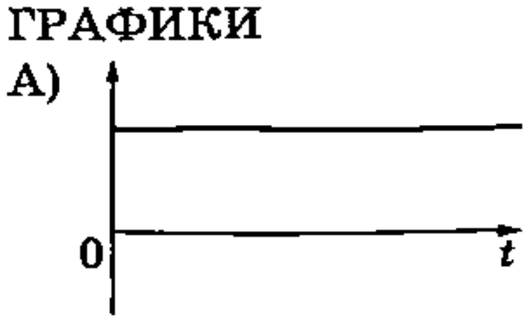


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.)

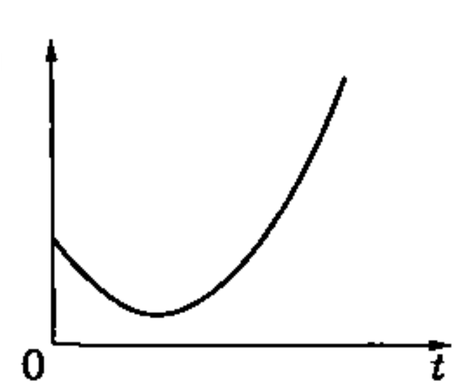
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) потенциальная энергия мячика
2) полная механическая энергия мячика
3) кинетическая энергия мячика
4) проекция ускорения мячика на ось Oy

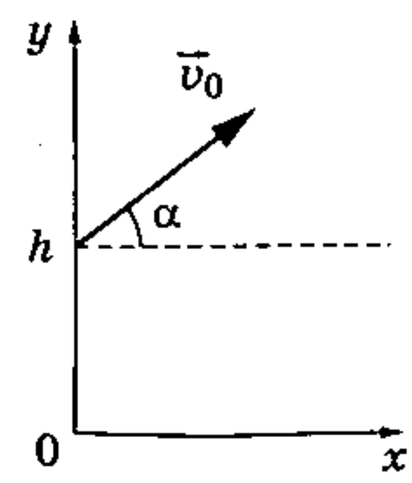
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6 31

В момент времени $t = 0$ мячик бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t.

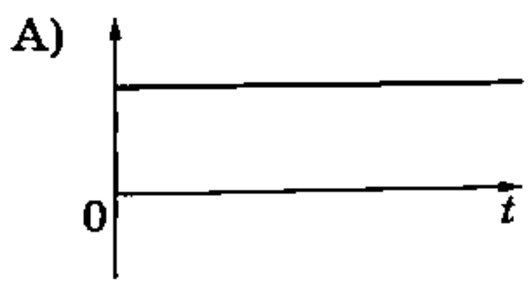


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.)

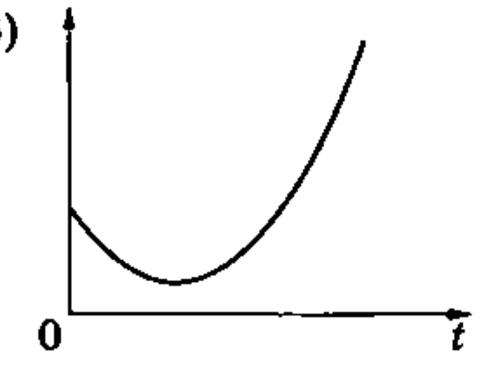
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) потенциальная энергия мячика
2) проекция импульса мячика на ось Oy
3) кинетическая энергия мячика
4) проекция импульса мячика на ось Ox

Ответ:

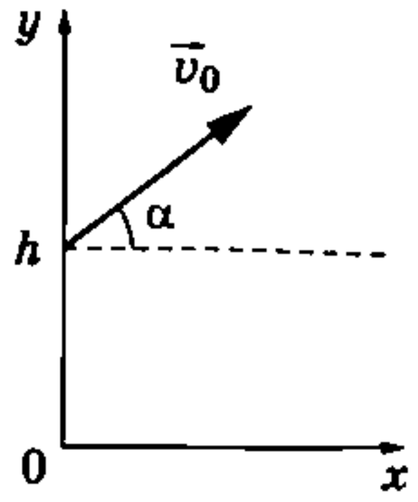
А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»
spor25.me

6
32

В момент времени $t = 0$ мячик бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t.

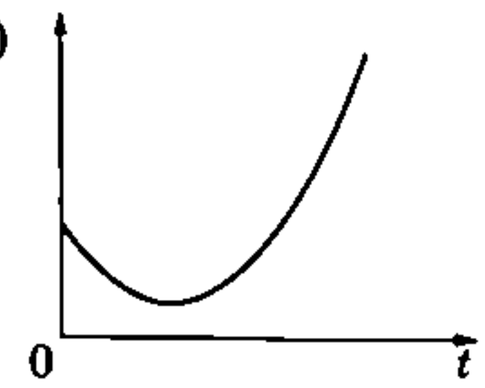


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.)

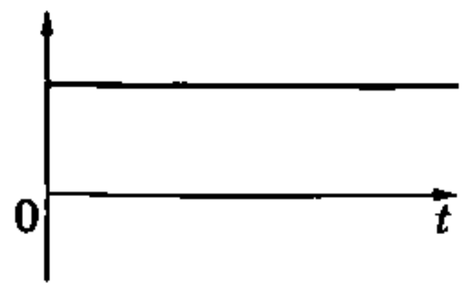
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль ускорения мячика a
2) кинетическая энергия мячика
3) проекция импульса мячика на ось Oy
4) потенциальная энергия мячика

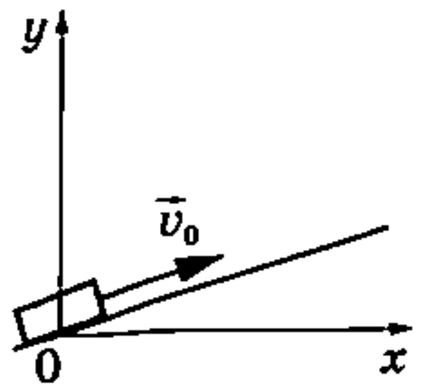
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
33

После удара в момент времени $t = 0$ шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и в момент времени $t = t_0$ вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

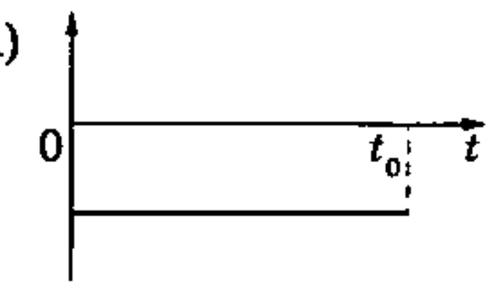


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

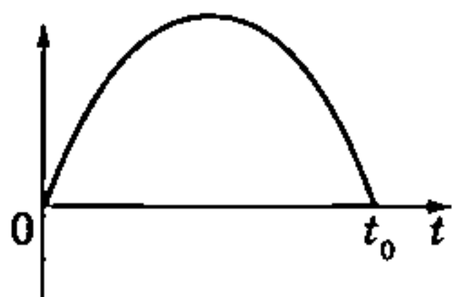
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата y
2) проекция p_x импульса
3) проекция a_y ускорения
4) кинетическая энергия $E_к$

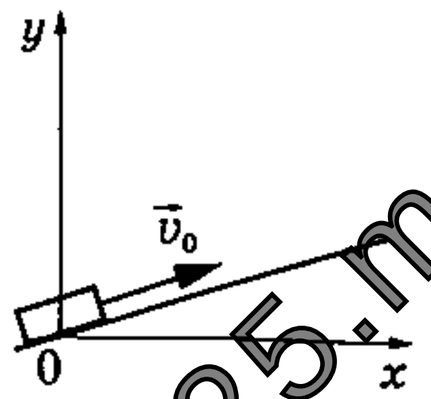
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
34

После удара в момент времени $t = 0$ шайба начинает скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и в момент времени $t = t_0$ возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

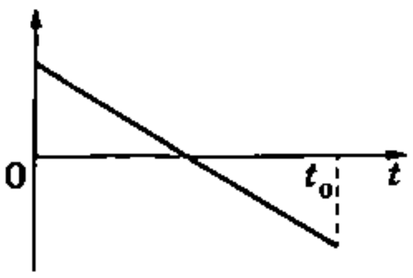
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

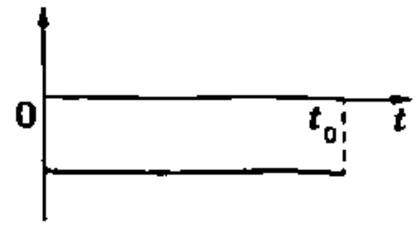
sbor25.me

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция F_x равнодействующей силы
2) кинетическая энергия $E_к$
3) проекция v_y скорости
4) потенциальная энергия $E_п$

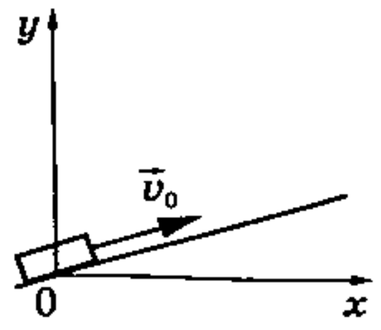
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
35

После удара в момент времени $t = 0$ шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке. В момент времени t_0 шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

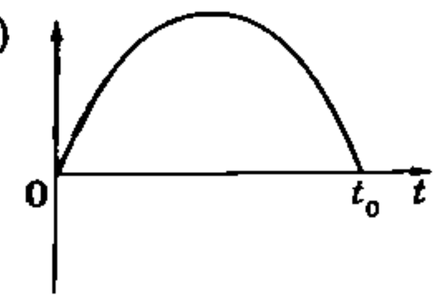


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

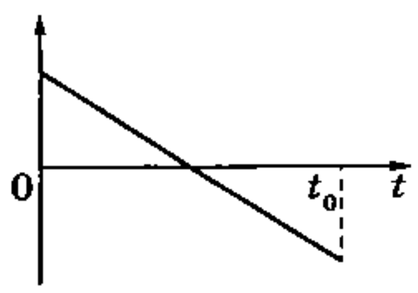
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) полная механическая энергия $E_{мех}$
2) проекция p_y импульса
3) кинетическая энергия $E_к$
4) координата y

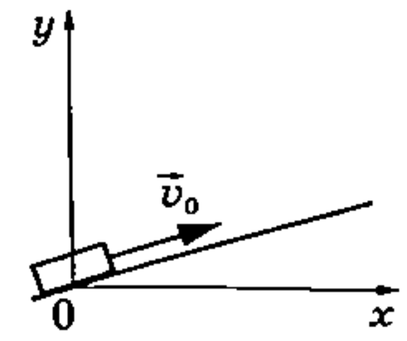
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
36

После удара в момент времени $t = 0$ шайба начинает скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке, и в момент времени $t = t_0$ возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

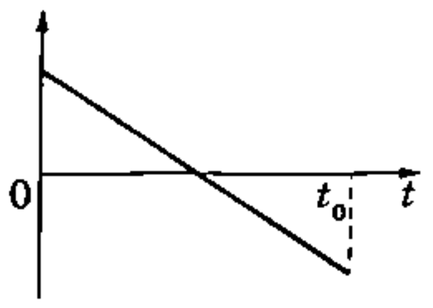


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

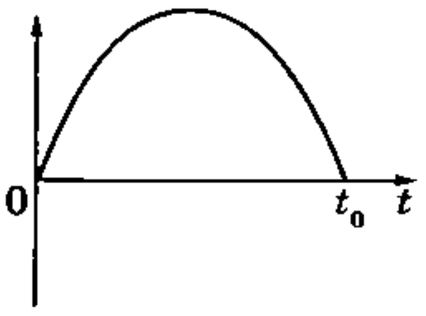
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) кинетическая энергия $E_к$
2) проекция a_x ускорения
3) координата x
4) проекция v_y скорости

Ответ:

А	Б

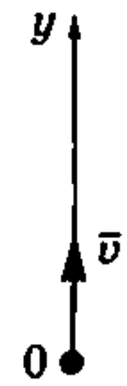
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
37

В момент времени $t = 0$ шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью $\vec{v}$ (см. рисунок). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

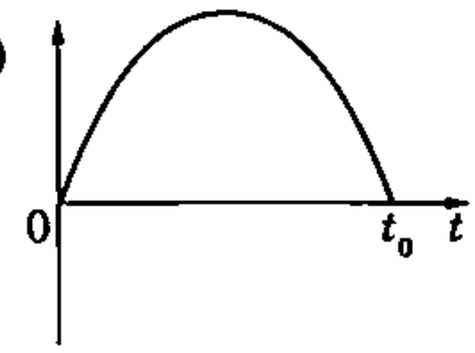


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 — время полёта). Принять потенциальную энергию равной нулю на уровне точки старта.

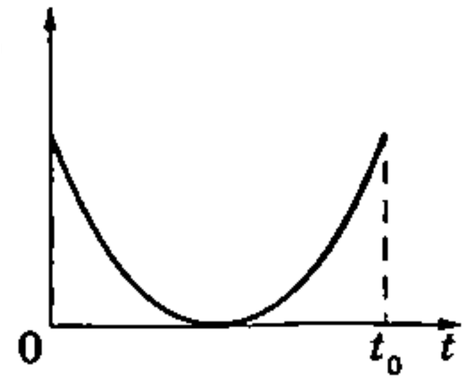
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция a_y ускорения шарика
2) кинетическая энергия шарика
3) потенциальная энергия шарика
4) проекция v_y скорости шарика

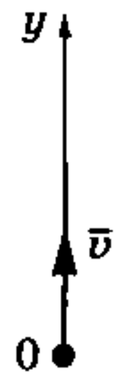
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
38

В момент времени $t = 0$ мяч брошен вверх с поверхности Земли со скоростью $\vec{v}$, как показано на рисунке. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение мяча.

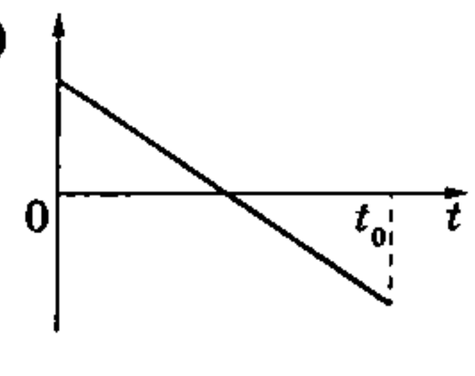


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать. Сопротивлением воздуха пренебречь, t_0 — время полёта мяча.

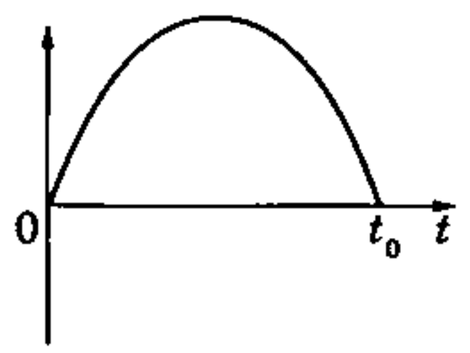
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция a_y ускорения
2) кинетическая энергия $E_к$
3) координата y
4) проекция p_y импульса

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

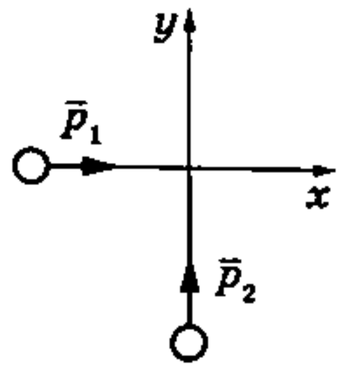
sbor25.me

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1
ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ»

1 Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $v_1 = 108$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч соответственно. Масса грузовика $m = 3000$ кг. Какова масса легкового автомобиля, если импульс грузовика больше импульса легкового автомобиля на 15 000 кг · м/с?

Ответ: _____ кг.

2 Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 3$ кг · м/с, а второго тела $p_2 = 4$ кг · м/с. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: _____ кг · м/с.

3 В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной 5 Н. За какое время под действием этой силы импульс тела увеличится на 40 кг · м/с?

Ответ: _____ с.

4 Груз массой 0,4 кг под действием силы 6 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м. Какую работу совершает при этом сила тяжести?

Ответ: _____ Дж.

5 Шарику массой 0,1 кг, подвешенному на нити, сообщили скорость 3 м/с, направленную горизонтально. Чему равна кинетическая энергия шарика в этот момент времени?

Ответ: _____ Дж.

6 Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение значений их потенциальной энергии относительно уровня воды равно 1,5?

Ответ: _____.

7 Недеформированную пружину жёсткостью 30 Н/м растянули на 0,04 м. Определите потенциальную энергию растянутой пружины.

Ответ: _____ Дж.

8 Тело, брошенное вертикально вверх от поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м. Какой скоростью обладало тело на высоте 15 м от Земли? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

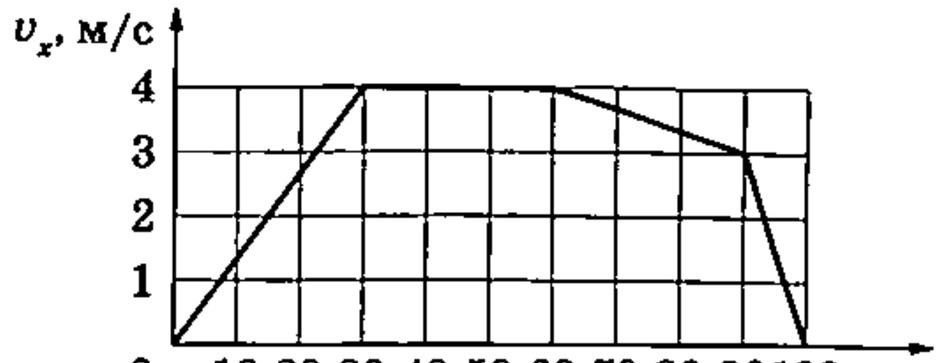
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Его кинетическая энергия в момент перед ударом о Землю равна 35 Дж. Какова потеря механической энергии шарика за счёт сопротивления воздуха?

Ответ: _____ Дж.

10 В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости этого тела от времени t.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о движении этого тела.

1) В промежутке времени от 30 до 60 с перемещение тела в 1,5 раза больше, чем в промежутке времени от 60 до 90 с.
2) В промежутке времени от 60 до 90 с направление равнодействующей сил, действующих на тело, противоположно направлению скорости тела.
3) В момент времени 50 с проекция на ось Ox равнодействующей сил, действующих на тело, равна 0.
4) В промежутке времени от 0 до 30 с равнодействующая сил, действующих на тело, совершает отрицательную работу.
5) Кинетическая энергия тела в момент времени 60 с равна 40 Дж.

Ответ: _____.

11 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит точку ***минимального*** удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно этого момента в движении спутника.

1) Ускорение спутника при прохождении этого положения равно 0.
2) Полная механическая энергия спутника в этом положении достигает максимума.
3) Кинетическая энергия спутника при прохождении этого положения максимальна.
4) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении максимальна.
5) Скорость спутника при прохождении этого положения минимальна.

Ответ: _____.

12 Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к Земле полная механическая энергия шарика и модуль горизонтальной составляющей его скорости.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

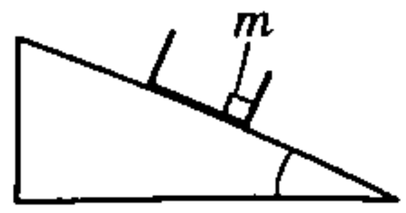
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Полная механическая энергия шарика	Модуль горизонтальной составляющей скорости шарика

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 С вершины шероховатой наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся ускорение коробочки и модуль работы силы трения при движении коробочки от вершины до основания наклонной плоскости, если в коробочке будет лежать груз массой $\frac{1}{3}m$? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

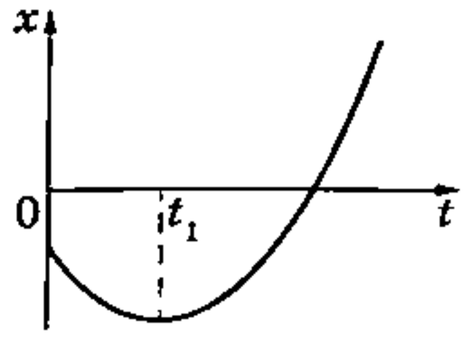


1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение коробочки	Модуль работы силы трения

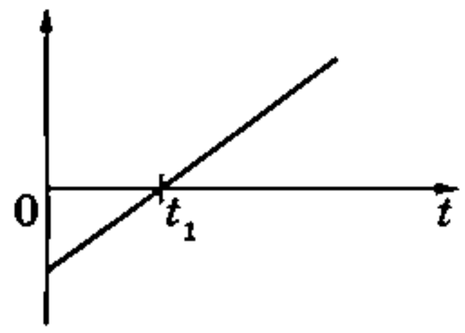
14 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



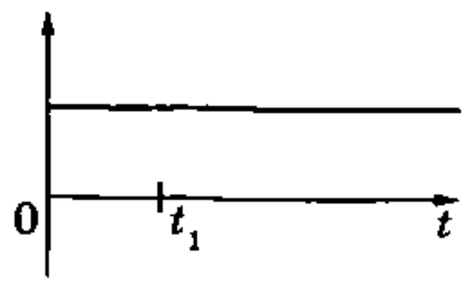
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль перемещения тела
2) проекция скорости тела на ось Ox
3) проекция ускорения тела на ось Ox
4) кинетическая энергия тела

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 22 и 26

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Снаряд, выпущенный вертикально вверх, разорвался в верхней точке своей траектории на три осколка массами $m_1 = 3m$, $m_2 = 4{,}5m$ и $m_3 = 5m$. Скорости первых двух осколков взаимно перпендикулярны, а их модули равны соответственно $V_1 = 4v$ и $V_2 = 2v$. Определите отношение модулей скоростей третьего и второго осколков
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Снаряд разорвался в верхней точке своей траектории, следовательно, его скорость непосредственно перед взрывом равна нулю. Согласно закону сохранения импульса для осколков снаряда имеем: $0 = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 + m_3\vec{V}_3$. Так как векторы скоростей первого и второго осколков взаимно перпендикулярны, то согласно теореме Пифагора из предыдущего уравнения получаем $$(m_1V_1)^2 + (m_2V_2)^2 = (m_3V_3)^2.$$ Подставим значения: $(3m \cdot 4v)^2 + (4{,}5m \cdot 2v)^2 = (5mV_3)^2$ $$(12v)^2 + (9v)^2 = (5V_3)^2 \Rightarrow 225v^2 = 25V_3{}^2 \Rightarrow V_3 = 3v.$$ В итоге получаем $\frac{V_3}{V_2} = \frac{3v}{2v} = 1{,}5$. Ответ: $\frac{V_3}{V_2} = 1{,}5$
Задание № 2	Подъёмный кран равномерно поднимает груз массой $m = 15$ т на высоту $h = 30$ м за $t = 2$ мин. Определите коэффициент полезного действия механизмов крана, если мощность его двигателя $N = 50$ кВт
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Коэффициент полезного действия механизма определяется соотношением $\eta = \frac{A_{\text{Пол}}}{A_{\text{Затр}}}$. В данном случае полезная работа, совершённая краном, равна изменению потенциальной энергии поднятого груза $A_{\text{Пол}} = mgh$, а затраченная определяется мощностью его двигателя: $A_{\text{Затр}} = Nt$. В итоге получаем $$\eta = \frac{A_{\text{Пол}}}{A_{\text{Затр}}} = \frac{mgh}{Nt} = \frac{15\,000 \cdot 10 \cdot 30}{50\,000 \cdot 120} = 0{,}75 = 75\%.$$ Ответ: $\eta = 75\%$
Задание № 3	Сани с седоками общей массой $m = 120$ кг съезжают с горы высотой $h = 10$ м и длиной $S = 80$ м. Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости $v = 10$ м/с, а начальная скорость равна нулю?

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Согласно закону изменения механической энергии работа силы сопротивления движению равна изменению механической энергии саней: $A = E_{к2} - E_{п1}$. На вершине горы сани обладали потенциальной энергией $E_{п1} = mgh$, а в конце спуска кинетической энергией $E_{к2} = \frac{mv^2}{2}$. Работа силы сопротивления движению равна $A = FS\cos 180° = -FS$. Таким образом, $FS = mgh - \frac{mv^2}{2}$. В итоге получаем $F = \frac{m}{2S}\cdot(2gh - v^2) = \frac{120}{2\cdot 60}\cdot(2\cdot 10\cdot 10 - 10^2) = 100$ Н. Ответ: $F = 100$ Н
Задание № 4	Летящая горизонтально пластилиновая пуля массой $m = 20$ г попадает в неподвижно висящий на нити длиной $L = 1{,}6$ м шар массой $M = 80$ г, в результате чего шар с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом $\alpha = 60°$. Какова скорость пули перед попаданием в шар?
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Согласно закону сохранения импульса для системы «пуля + шар» $mv = (m + M)U$, где U — скорость системы сразу после неупругого удара. После удара механическая энергия системы «пуля + шар» сохраняется: $$E_{к1} = E_{п2} = \frac{(m + M)U^2}{2} = (m + M)gh.$$ Поскольку нить отклоняется на максимальный угол $\alpha = 60°$, то $\cos\alpha = \frac{L - h}{L} = \frac{1}{2}$, а значит, $h = \frac{L}{2}$. Таким образом, $U = \sqrt{gL} = \sqrt{10\cdot 1{,}6} = 4$ м/с. В итоге получаем $$v = \frac{(m + M)U}{m} = \frac{(0{,}02 + 0{,}08)\cdot 4}{0{,}02} = 20 \text{ м/с}.$$ Ответ: $v = 20$ м/с
Задание № 5	Шар массой $m = 0{,}5$ кг привязали к нити длиной $L = 1$ м. Нить с шаром отвели до горизонтального положения и отпустили. Каково центростремительное ускорение шара в момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 60°$? Сопротивлением воздуха пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 5	Двигаясь на нити из начальной точки 1, шар описывает окружность радиусом L. Центростремительное ускорение шара определяется по формуле $a_{цс} = \frac{v^2}{L}$. Будем отсчитывать потенциальную энергию шара в поле тяжести от его положения, в котором нить образует с вертикалью угол $\alpha = 60°$ (точка 2). Тогда, согласно закону сохранения полной механической энергии для шара, $E_{п1} = E_{к2} \Rightarrow mgh = \frac{mv^2}{2}$, где h — высота точки 1 над точкой 2. В тот момент, когда нить отклоняется на угол $\alpha = 60°$, $\cos\alpha = \frac{h}{L} = \frac{1}{2}$, а значит, $h = \frac{L}{2}$. Таким образом, $v^2 = gL$. В итоге получаем $a_{цс} = \frac{v^2}{L} = g = 10$ м/с^2. Ответ: $a_{цс} = 10$ м/с^2

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 6	В маленький шар массой $M = 250$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой $m = 10$ г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости? Сопротивлением воздуха пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 6	Закон сохранения импульса связывает скорость пули v_0 перед ударом со скоростью v_1 составного тела массой $m + M$ сразу после удара: $mv_0 = (m+M)v_1$, а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью v_2 в верхней точке: $$\frac{(m+M)v_1^2}{2} = \frac{(m+M)v_2^2}{2} + (m+M)g \cdot 2l.$$ Условие минимальности v_0 означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление x в верхней точке траектории принимает вид: $$(m+M)a_{цс} = (m+M)g = \frac{(m+M)v_2^2}{l}.$$ Выразив отсюда v_2^2 и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим $v_1 = \sqrt{5gl}$. Подставив выражение для v_1 в закон сохранения импульса, получим $$v_0 = \left(1 + \frac{M}{m}\right)\sqrt{5gl} = \left(1 + \frac{0{,}25}{0{,}01}\right)\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0{,}5} = 130 \text{ м/с}.$$ Ответ: $v_0 = 130$ м/с
Задание № 7	Пушка, закреплённая на высоте 5 м, стреляет в горизонтальном направлении снарядами массой 10 кг. Вследствие отдачи её ствол сжимает на 1 м пружину жёсткостью $6 \cdot 10^3$ Н/м, производящую перезарядку пушки. При этом на сжатие пружины идёт относительная доля $\eta = \frac{1}{6}$ энергии отдачи. Какова масса ствола, если дальность полёта снаряда равна 600 м? Сопротивлением воздуха при полёте снаряда пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 7	1. Применяем закон сохранения импульса для системы «снаряд — ствол пушки» во время выстрела, пока пружина ещё не сжата и систему можно считать замкнутой: $$0 = MV - mv, \quad (1)$$ здесь M и V — соответственно масса ствола и его скорость, а m и v — соответственно масса и скорость снаряда. 2. Заданное в условии соотношение для преобразования механической энергии в системе «ствол пушки — пружина» можно записать так: $\eta\frac{MV^2}{2} = \frac{k(\Delta x)^2}{2}$. (2) 3. Время t полёта снаряда, вылетевшего горизонтально с высоты h, определяется соотношением $$h = \frac{gt^2}{2}, \quad (3)$$ дальность полёта $$s = vt. \quad (4)$$ 4. Из (1)–(4) получаем: $\begin{cases} MV = ms\sqrt{\frac{g}{2h}} \\ MV^2 = \frac{k(\Delta x)^2}{\eta} \end{cases}$, откуда $M = \frac{\eta g}{2kh}\left(\frac{sm}{\Delta x}\right)^2 = \frac{\frac{1}{6}\cdot 10}{2 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 5}\left(\frac{600 \cdot 10}{1}\right)^2 = 1000$ кг. Ответ: $M = 1000$ кг

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

22 1 Человек массой 60 кг с разбега запрыгнул в сани массой 240 кг, стоявшие на горизонтальной обледенелой дороге. Скорость саней после прыжка составила 0,5 м/с. Какой была проекция скорости человека на горизонтальное направление в момент касания саней?

Ответ: _____ м/с.

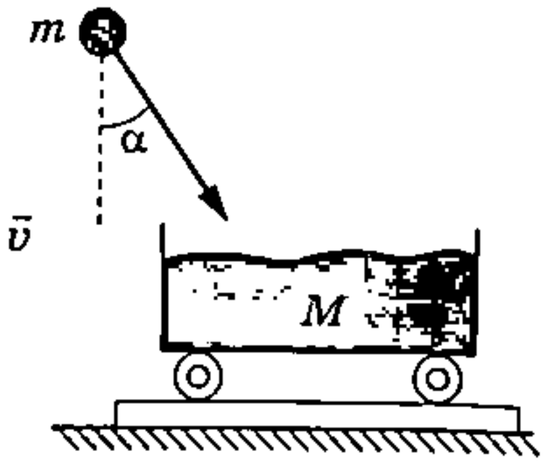
22 2 Мальчик массой 50 кг катится на скейте массой 10 кг по горизонтальной дороге со скоростью 1,5 м/с. Каким станет модуль скорости скейта, если мальчик прыгнет с него со скоростью 1 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения?

Ответ: _____ м/с.

22 3 Мальчик на коньках массой 40 кг, стоя на катке, бросает груз массой 2 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 10 м/с. Какую скорость приобретёт мальчик?

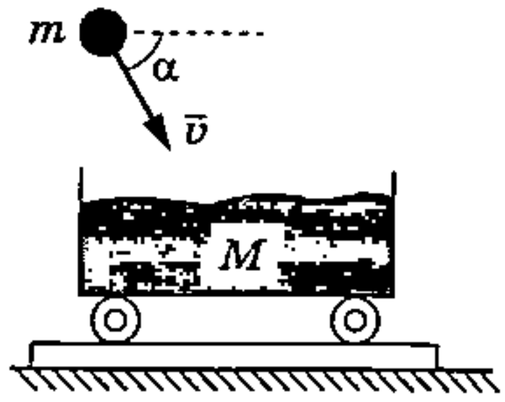
Ответ: _____ м/с.

22 4 Камень массой m = 10 кг падает под углом α = 30° к вертикали со скоростью 12 м/с в тележку с песком общей массой M = 50 кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах (см. рисунок). Чему равна скорость тележки после падения в неё камня?



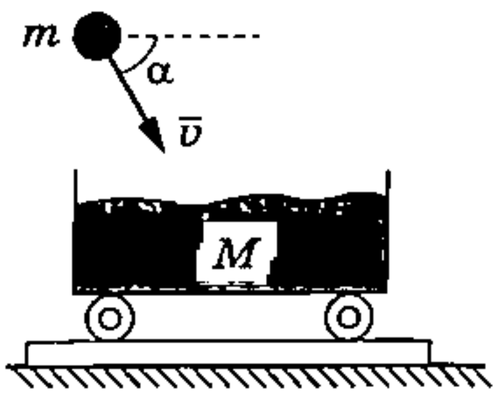
Ответ: _____ м/с.

22 5 Камень массой 6 кг падает со скоростью 8 м/с в тележку с песком общей массой 18 кг, покоящуюся на гладких горизонтальных рельсах (см. рисунок). Вектор скорости камня непосредственно перед падением составляет угол α = 60° с горизонтом. Определите кинетическую энергию тележки с камнем после падения в неё камня.



Ответ: _____ Дж.

22 6 Камень массой 3 кг падает под углом α = 60° к горизонту в тележку с песком общей массой 15 кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах, и застревает в песке (см. рисунок). После падения кинетическая энергия тележки с камнем равна 2,25 Дж. Определите скорость камня перед падением в тележку.



Ответ: _____ м/с.

22 7 При делении покоившегося ядра химического элемента образовалось три осколка массами $1{,}5m$, m и $5m$. Скорости первых двух взаимно перпендикулярны, а их модули равны соответственно $2v$ и $4v$. Определите отношение модулей скоростей первого и третьего осколков.

Ответ: _____.

22 8 Летящий снаряд разрывается на два осколка, при этом первый осколок летит со скоростью 50 м/с под углом 90° по отношению к направлению движения снаряда, а второй — под углом 30° со скоростью 200 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

Ответ: _____.

22 9 Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка одинаковой массы, при этом первый осколок летит под углом 90° по отношению к направлению движения снаряда, а второй — со скоростью 250 м/с. Определите скорость первого осколка.

Ответ: _____ м/с.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

22 10 Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению, а второй — под углом 60°. Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с?

Ответ: _____ кг.

22 11 Пуля летит горизонтально со скоростью 300 м/с и пробивает насквозь деревянный брусок массой 200 г, лежащий на столе. При вылете пули из бруска её скорость равна 100 м/с, а скорость бруска равна 5 м/с. Какова масса пули?

Ответ: _____ г.

22 12 Человек, равномерно поднимая верёвку, достал ведро с водой из колодца глубиной 8 м. Масса пустого ведра 2 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какова работа силы упругости верёвки? Массой верёвки пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

22 13 На горизонтальном столе лежит брусок, на который действуют с силой 5 Н, направленной вверх под углом 60° к горизонту. Под действием этой силы брусок переместился по поверхности стола на 20 см. Какова работа этой силы?

Ответ: _____ Дж.

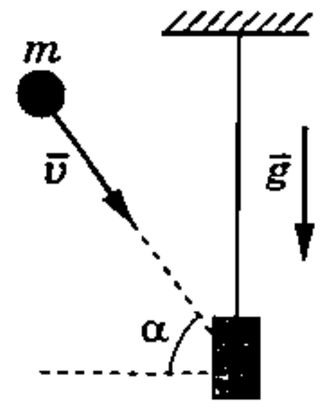
22 14 Подъёмник равномерно поднимает груз массой 500 кг на высоту 6 м за 15 с. Коэффициент полезного действия механизмов подъёмника равен 80 %. Какова мощность двигателя подъёмника?

Ответ: _____ Вт.

22 15 Механизм равномерно поднимает груз массой 100 кг на высоту 8 м за 20 с. Определите мощность этого механизма.

Ответ: _____ Вт.

22 16 Груз массой 1,6 кг подвешен к потолку на лёгкой нити. На груз со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,4 кг и прилипает к нему (см. рисунок). Скорость шарика перед ударом направлена под углом $\alpha = 60°$ к нормали к доске. Чему равна кинетическая энергия системы тел после соударения?



Ответ: _____ Дж.

22 17 Два пластилиновых шарика массами 400 г и 600 г движутся вдоль одной прямой навстречу друг другу с одинаковыми скоростями 10 м/с. Определите их общую кинетическую энергию после абсолютно неупругого центрального удара.

Ответ: _____ Дж.

22 18 Летящий горизонтально пластилиновый шарик массой 50 г попадает в брусок массой 450 г, лежащий на гладком горизонтальном столе. После удара брусок с прилипшим к нему пластилином начинает двигаться поступательно, при этом их кинетическая энергия равна 0,25 Дж. Определите импульс шарика перед ударом.

Ответ: _____ кг · м/с.

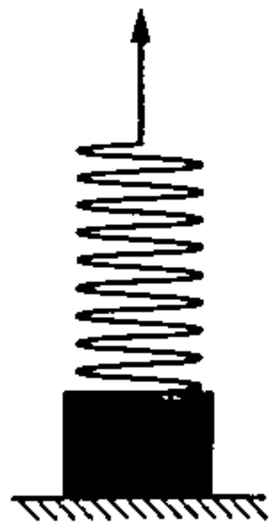
22 19 Мальчик столкнул санки с вершины горки, сообщив им начальную скорость 4 м/с. Какова высота горки, если у подножия горки скорость санок равна 12 м/с? Трение санок о снег пренебрежимо мало.

Ответ: _____ м.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

22 20 К бруску массой 2 кг, лежащему на горизонтальной поверхности стола, прикреплена пружина жёсткостью 400 Н/м. Свободный конец пружины тянут медленно в вертикальном направлении (см. рисунок). Определите величину потенциальной энергии, запасённой в пружине к моменту отрыва бруска от поверхности стола. Массой пружины пренебречь.



Ответ: _____ Дж.

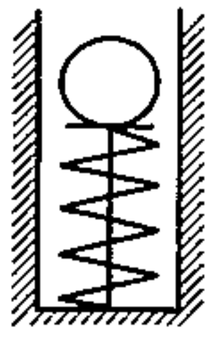
22 21 При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх стрела массой 40 г поднимается на высоту 3 м. Определите жёсткость пружины, если до выстрела она была сжата на 2 см. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Н/м.

22 22 На горизонтальном гладком столе расположена лёгкая пружина жёсткостью 200 Н/м. Один её конец закреплён, а к другому прикреплён брусок массой 0,5 кг. Брусок сдвигают, растягивая пружину, и отпускают. На какую длину была растянута пружина, если после отпускания бруска его максимальная скорость была равна 2 м/с?

Ответ: _____ см.

22 23 Нить, удерживающая вертикально расположенную лёгкую пружину в сжатом на 1 см состоянии, внезапно оборвалась (см. рисунок). Какова масса шарика, если его скорость при отрыве от пружины равна 10 м/с? Жёсткость пружины 2 кН/м. Колебаниями пружины после отрыва шарика пренебречь.



Ответ: _____ г.

22 24 Мяч массой 0,5 кг свободно падает с высоты 3,2 м из состояния покоя на Землю. В результате удара о Землю модуль импульса мяча уменьшается на 25 %. Какое количество теплоты выделилось при ударе?

Ответ: _____ Дж.

22 25 Камень массой 200 г падает с высоты 5 м из состояния покоя на Землю. Какова кинетическая энергия камня на высоте 2 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

22 26 Мячик массой 0,2 кг брошен вверх под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с. Насколько увеличилась потенциальная энергия мячика в высшей точке подъёма по сравнению с его начальным положением?

Ответ: _____ Дж.

22 27 Тело массой 2 кг бросили с горизонтальной поверхности Земли со скоростью 10 м/с под углом 30° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полёта тела (от броска до падения на Землю)?

Ответ: _____ Дж.

22 28 С высоты 5 м бросают вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с камешек массой 0,1 кг. Найдите, на какую глубину камешек входит в песок при падении на Землю, если средняя сила сопротивления песка движению камешка равна 500 Н. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

22 29 Автомобиль, движущийся с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 25 м/с. Затем автомобиль стал перемещаться вверх по склону горы с углом 30° к горизонту. Какой путь он должен пройти по склону, чтобы его скорость уменьшилась до 5 м/с? Трением пренебречь.

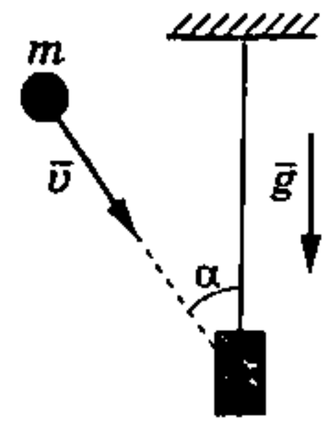
Ответ: _____ м.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

22
30

Груз массой 0,8 кг подвешен к потолку на лёгкой нити. На груз со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,2 кг и прилипает к нему. Скорость шарика перед ударом направлена под углом $\alpha = 30°$ к вертикали (см. рисунок). Определите высоту подъёма груза относительно положения равновесия после соударения.



Ответ: _____ м.

22
31

Угол наклона плоскости к горизонту равен 30°. Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 140 кг, прикладывая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 1000 Н. Определите коэффициент полезного действия наклонной плоскости.

Ответ: _____ %.

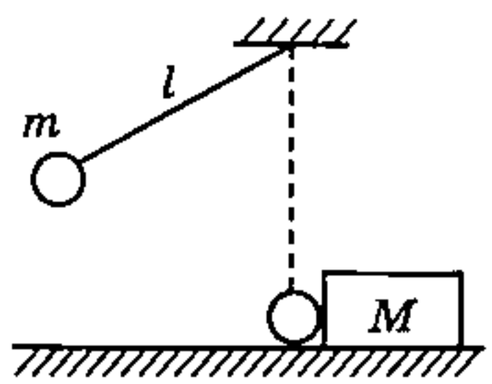
22
32

Мальчик на санках (их общая масса 50 кг) спустился с ледяной горы высотой 10 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 100 Н. Какое расстояние он проехал по горизонтали до остановки? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

Ответ: _____ м.

26
33

Маленький шарик массой $m = 0{,}5$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0{,}8$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 8{,}6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара $v = 0{,}4$ м/с. Какова масса M бруска? Считать, что брусок после удара движется поступательно.

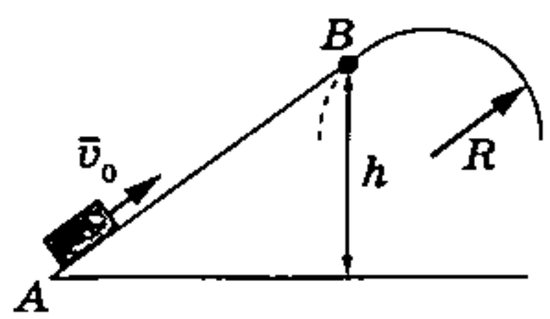


26
34

По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30°$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3{,}6$ м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой $m = 5$ г. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2{,}5$ м от места удара. Найдите скорость пули перед попаданием в брусок.

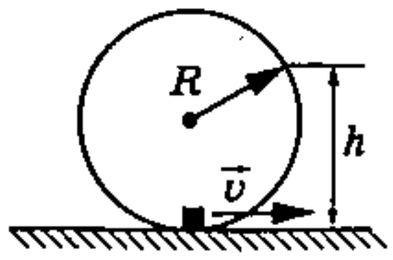
26
35

Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки A (см. рисунок). В точке B, находящейся выше точки A на $h = 0{,}6$ м, наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0{,}4$ м. Если в точке A скорость шайбы превосходит $v_0 = 4$ м/с, то в точке B шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости $AB = L = 1$ м. Найдите коэффициент трения μ между наклонной плоскостью и шайбой.



26
36

Небольшая шайба массой $m = 10$ г, начав движение из нижней точки закреплённого вертикального гладкого кольца радиусом $R = 0{,}14$ м, скользит по его внутренней поверхности. На высоте $h = 0{,}18$ м она отрывается от кольца и свободно падает. Какую кинетическую энергию имела шайба в начале движения? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в точке A.



26
37

От груза, неподвижно висящего на невесомой пружине жёсткостью $k = 400$ Н/м, отделился с начальной скоростью, равной нулю, его фрагмент, после чего оставшаяся часть груза в ходе начавшихся колебаний поднималась на максимальную высоту $h = 3$ см относительно первоначального положения. Какова масса m отделившегося от груза фрагмента?

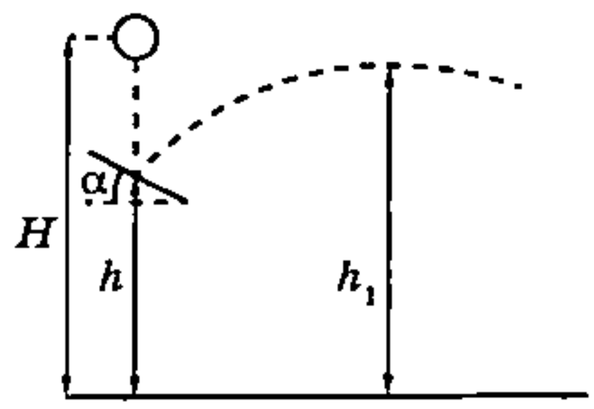


© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

26 38 Пластилиновый шарик в момент времени $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарики абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени τ шарики упадут на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

25 39 Шарик падает с высоты $H = 2$ м над поверхностью Земли из состояния покоя. На высоте $h = 1$ м он абсолютно упруго ударяется о доску, расположенную под углом к горизонту (см. рисунок). После этого удара шарик поднялся на максимальную высоту $h_1 = 1{,}25$ м от поверхности Земли. Какой угол α составляет доска с горизонтом? Сопротивлением воздуха пренебречь.



26 40 Небольшое тело массой $M = 0{,}79$ кг лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой $m = 0{,}01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 160$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы, $h = 0{,}8$ м. Высота отсчитывается от основания полусферы.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ»

1 Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 200 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 300 м/с. Найдите скорость второго осколка.

Ответ: _____ м/с.

2 Девочка на санках из состояния покоя спустилась с ледяной горы и проехала по горизонтальной поверхности до остановки ещё 50 м. Коэффициент трения между полозьями санок и горизонтальной поверхностью равен 0,1. С какой высоты спустилась девочка? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

Ответ: _____ м.

3 Летящая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 15 г попадает в неподвижно висящий на длинной нити груз, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальная высота подъёма груза от положения равновесия при этом составляет 45 см. Какова масса груза?

Ответ: _____ г.

4 При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх шарик массой 100 г поднимается на высоту 2 м. Какова жёсткость пружины, если до выстрела она была сжата на 5 см? Сопротивление воздуха движению шарика не учитывать.

Ответ: _____ Н/м.

5 Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была втрое больше его скорости сразу после удара. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом, если при ударе выделилось количество теплоты, равное 16 Дж.

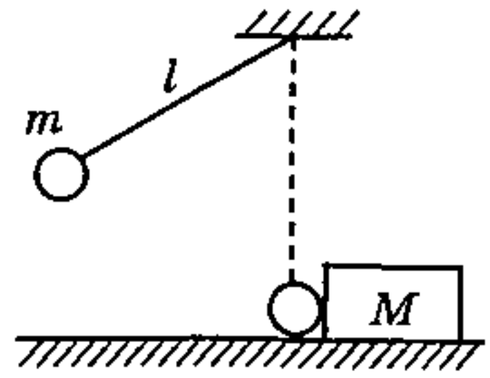
Ответ: _____ Дж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

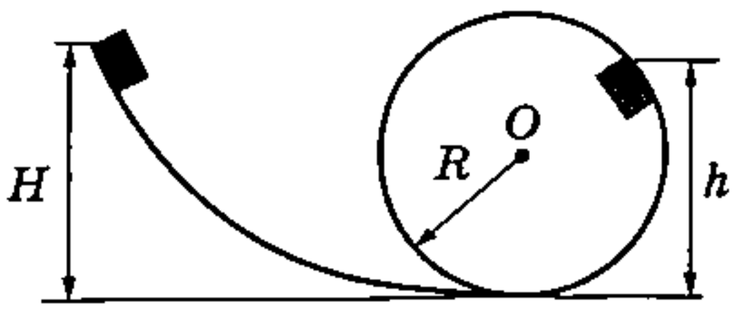
sbor25.me

6 Брусок массой m скользит по горизонтальной поверхности стола и нагоняет брусок массой $4m$, скользящий по столу в том же направлении. В результате неупругого соударения бруски слипаются. Их скорости перед ударом: $v_0 = 5$ м/с и $\frac{v_0}{2}$. Коэффициент трения скольжения между брусками и столом $\mu = 0{,}5$. На какое расстояние от места соударения переместятся слипшиеся бруски к моменту, когда их скорость станет равна $\frac{2}{5}v_0$? Влиянием силы трения со стороны стола на столкновение брусков пренебречь. Соударение считать центральным.

7 Маленький шарик массой $m = 0{,}3$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0{,}9$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1{,}5$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость v бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



8 Небольшой кубик массой $m = 1$ кг начинает скользить с нулевой начальной скоростью по гладкой горке, переходящей в «мёртвую петлю» радиусом $R = 2$ м (см. рисунок). С какой высоты H был отпущен кубик, если на высоте $h = 2{,}5$ м от нижней точки петли сила давления кубика на стенку петли $F = 5$ Н? Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Гармонические колебания. Кинематическое определение:

$$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0),$$

где $A > 0$ — амплитуда колебаний; аргумент синуса, то есть выражение $(\omega t + \varphi_0)$ — фаза колебаний; φ_0 — начальная фаза; ω — циклическая частота колебаний.

Из определения гармонических колебаний следует

$$v_x(t) = x_t' = \omega A\cos(\omega t + \varphi_0),$$
$$a_x(t) = (v_x)_t' = -\omega^2 A\sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x(t).$$

Из этих формул получаем связь амплитуды A колебаний исходной величины $x(t)$ с амплитудами колебаний её скорости v_{max} и ускорения a_{max}:

$$v_{max} = \omega A,\ a_{max} = \omega^2 A.$$

Равносильное определение гармонических колебаний: $x(t) = a\sin\omega t + b\cos\omega t$. Очевидно, что $a = A\cos\varphi_0$, $b = A\sin\varphi_0$.

Из выражения для ускорения $a_x(t) = -\omega^2 x(t)$ следует уравнение колебаний

$$a_x + \omega^2 x = 0.$$

При $\omega^2 > 0$ любое решение этого уравнения сводится к виду $x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0)$.

Систему, в которой наблюдаются гармонические колебания, называют гармоническим осциллятором.

Найдём амплитуду A и начальную фазу φ_0 гармонических колебаний, зная начальные условия — начальное положение и начальную скорость тела:

$$x(0) = x_0,\ v_x(0) = v_{0x}.$$

Зная, что тело совершает гармонические колебания, получим отсюда систему уравнений:

$$\begin{cases} A\sin\varphi_0 = x_0, \\ \omega A\cos\varphi_0 = v_{0x}. \end{cases}$$

Отсюда получаем

$$\begin{cases} A^2 = x_0^2 + \left(\dfrac{v_{0x}}{\omega}\right)^2, \\ \operatorname{tg}\varphi_0 = \dfrac{\omega x_0}{v_{0x}}. \end{cases}$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Тогда

$$A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_{0x}}{\omega}\right)^2},$$

$$\varphi_0 = \begin{cases} \operatorname{arctg}\left(\dfrac{\omega x_0}{v_{0x}}\right) & \text{при } v_{0x} > 0, \\ \operatorname{arctg}\left(\dfrac{\omega x_0}{v_{0x}}\right) + \pi & \text{при } v_{0x} < 0, \\ \dfrac{\pi}{2} & \text{при } v_{0x} = 0,\ x_0 > 0, \\ \dfrac{3\pi}{2} & \text{при } v_{0x} = 0,\ x_0 < 0. \end{cases}$$

Почему ответ для φ_0 не ограничивается первой строкой? Очень просто: значения $x_0 = A\sin\varphi_0$ и $v_{0x} = \omega A\cos\varphi_0$ могут иметь любой знак, поэтому φ_0 может быть любым числом в пределах одного оборота в тригонометрическом круге. Например, любым числом в пределах от $-\frac{\pi}{2}$ до $\frac{3\pi}{2}$. А область значений функции $\varphi_0 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega x_0}{v_{0x}}\right)$ при конечных значениях аргумента — это интервал $(-\frac{\pi}{2};\ +\frac{\pi}{2})$. Но именно на этом интервале $\cos\varphi_0 = \frac{v_{0x}}{\omega A} > 0$. А это возможно только при $v_{0x} > 0$, что и записано на первой строке ответа.

Но ведь возможен и случай $v_{0x} < 0$. Тогда $\cos\varphi_0 = \frac{v_{0x}}{\omega A} < 0$, и мы оказываемся на левой половине тригонометрического круга, где $\varphi_0 \in \left(\frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{2}\right)$. Здесь угол φ_0 с прежним значением тангенса получится в виде $\operatorname{arctg}\left(\frac{\omega x_0}{v_{0x}}\right) + \pi$. (Здесь мы учли, что период тангенса равен π.)

Наконец, возможен случай, когда $v_{0x} = 0$. Тогда $\cos\varphi_0 = 0$, и при $\varphi \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{2}\right]$ корни этого уравнения $\varphi_{01} = \frac{\pi}{2}$, $\varphi_{02} = \frac{3\pi}{2}$. В первом случае $\sin\varphi_0 = \frac{x_0}{A} = 1$, поэтому $x_0 > 0$. Во втором случае $\sin\varphi_0 = \frac{x_0}{A} = -1$, поэтому $x_0 < 0$.

Все эти случаи и представлены в ответе для φ_0.

Динамическое описание. Сравним выражение для ускорения в случае гармонических колебаний с записью второго закона Ньютона для случая одномерного движения под действием упругой силы:

$$a_x = -\omega^2 x,$$
$$ma_x = -kx.$$

Мы видим, что эти уравнения совпадают при $m > 0$ и $\omega^2 = \frac{k}{m}$. Значит, под действием упругой силы $F_x = -kx$ тело массой m совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии). Если выражения для x и v_x подставить в формулу для механической энергии, то получим:

$$E_{\text{мех}} = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}.$$

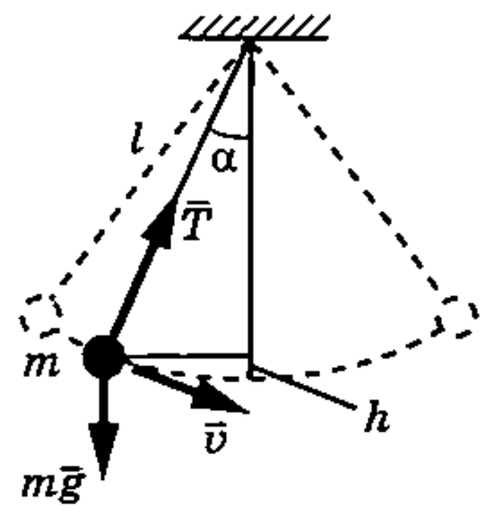
Период и частота колебаний. В случае гармонических колебаний их период T, частота ν и циклическая частота ω связаны между собой соотношениями: $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = \dfrac{1}{\nu}$.

Назовём колебания в системе **свободными**, если на тела системы действуют периодические силы, период которых определяется только свойствами самой системы и поэтому не может быть задан извне.

Пример: при свободных колебаниях математического маятника на грузик действуют постоянная сила тяжести и периодическая сила натяжения нити подвеса.
Период колебаний модуля силы натяжения нити равен половине периода колебаний маятника и зависит при малых колебаниях только от длины нити и ускорения свободного падения.

Период малых свободных колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$.

Получим этот результат, исходя из сохранения механической энергии при колебаниях математического маятника. Пусть шарик ничтожных размеров массой m подвешен к потолку на лёгкой нерастяжимой нити длиной l. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то на шарик действуют только сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити $\vec{T}$. Пусть в момент t шарик движется со скоростью $\vec{v}$, а нить отклонена от вертикали на угол α (см. рисунок). Значит, шарик поднят над положением равновесия на высоту $h = l(1 - \cos\alpha)$, а модуль его скорости $v = l\dot{\alpha}$, где $\dot{\alpha} = \alpha'_t$ — угловая скорость движения шарика по окружности в этот момент. В процессе колебаний механическая энергия шарика сохраняется:



$$E_{\text{мех}} = \frac{ml^2(\dot{\alpha})^2}{2} + mgl(1 - \cos\alpha) = \text{const}.$$

Значит, скорость изменения механической энергии шарика равна нулю:

$$(E_{\text{мех}})'_t = 0 = ml^2 \cdot \dot{\alpha} \cdot \ddot{\alpha} + mgl \cdot \sin\alpha \cdot \dot{\alpha},$$

где $\ddot{\alpha} = (\dot{\alpha})'_t$ — угловое ускорение. Сокращая на $\dot{\alpha} \neq 0$ и упрощая, получим

$$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l} \cdot \sin\alpha = 0.$$

Это уравнение описывает колебания математического маятника при любых $|\alpha| < \dfrac{\pi}{2}$. Видно, что при конечных углах α колебания маятника не будут гармоническими (уравнение — другое). Нетрудно догадаться, что период колебаний будет расти с ростом их амплитуды. При малых углах ($|\alpha| \ll 1$ в радианах, $\sin\alpha \approx \alpha \approx \text{tg}\,\alpha$) приходим к уравнению

$$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l} \cdot \alpha = 0,$$

которое по форме совпадает с уравнением гармонических колебаний $a_x + \omega^2 x = 0$. Делаем вывод: свободные малые колебания математического маятника являются гармоническими с циклической частотой $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{l}}$ и периодом $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Период свободных колебаний пружинного маятника: $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.}$ Этот результат основан на выводе, сделанном выше по поводу динамического описания гармонических колебаний: под действием упругой силы $F_x = -kx$ тело массой m совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Остаётся учесть, что $T = 2\pi/\omega$.

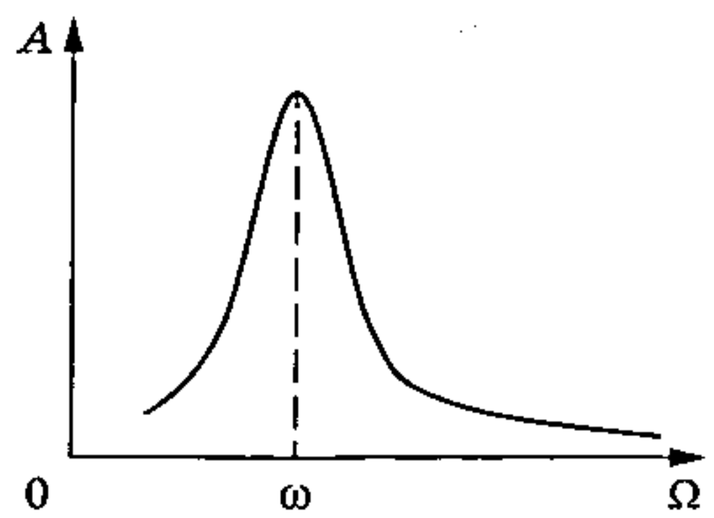
Вынужденные колебания. Тот факт, что механическая энергия гармонического осциллятора сохраняется, говорит о том, что в этой системе отсутствует трение. При наличии трения механическая энергия системы будет уменьшаться и колебания в системе будут **затухающими**.

Если на такую систему с циклической частотой свободных колебаний ω действует внешняя вынуждающая периодическая сила с циклической частотой Ω (величина Ω может быть задана извне произвольно), то в системе возникают как свободные, так и **вынужденные** колебания.

Через некоторое время свободные колебания затухнут и будут наблюдаться только вынужденные колебания с частотой Ω вынуждающей силы.

При сближении частоты свободных колебаний ω с циклической частотой вынуждающей силы Ω наблюдается явление **резонанса** — увеличение амплитуды вынужденных колебаний при неизменной амплитуде вынуждающей силы.

График зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты Ω при известной частоте ω называется **резонансной кривой** (см. рисунок).



Процесс распространения колебаний в пространстве называется **волной**. Если колебания происходят в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны, то волна называется **поперечной**. Если же колебания происходят в направлении распространения волны, то волна называется **продольной**.

Если на стол с гладкой поверхностью положить пружину длиной в несколько метров и диаметром намотки в несколько сантиметров, то, создавая колебания торца пружины перпендикулярно её оси, мы будем наблюдать распространение по пружине поперечной волны смещений, а создавая колебания торца пружины вдоль её оси — распространение по пружине продольной волны сжатий и растяжений.

Скорость распространения волны c, длина волны λ и период колебаний T связаны между собой соотношениями

$$\boxed{\lambda = cT = \frac{c}{\nu}.}$$

При распространении механических волн, как и волн любой другой природы, наблюдается ряд явлений, обладающих общими для всех волн свойствами. К таким явлениям относятся, в частности, интерференция и дифракция. Эти два явления обсуждаются в разделе ОПТИКА (стр. 352).

Звук представляет собой волну смещений частиц упругой среды.

Звук в газах и в жидкостях представляет собой продольную волну. В твёрдых телах звук может быть как продольной, так и поперечной волной. **Скорость звука** зависит от упругих свойств среды, поэтому в воздухе она ниже, чем в воде или в твёрдых телах.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

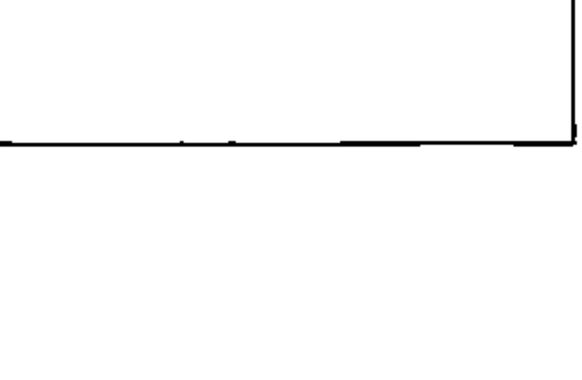
sbor25.me

ЗАДАНИЕ 4

Что нужно знать	Что нужно уметь
Гармонические колебания. Кинематическое описание гармонических колебаний (стр. 146)	Определять по графику зависимости координаты колеблющегося тела от времени или по таблице со значениями времени и координаты амплитуду колебаний, период и частоту колебаний. Используя кинематическое описание для координаты, скорости или ускорения, определять амплитудные значения величин, период и частоту колебаний
Период и частота колебаний: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$. **Период малых свободных колебаний математического маятника:** $T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}$. **Период свободных колебаний пружинного маятника:** $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (стр. 148, 149)	Используя формулы для периода малых свободных колебаний математического маятника и свободных колебаний пружинного маятника, определять изменение периода или частоты свободных колебаний при изменении длины нити, массы груза и жёсткости пружины маятника
Скорость распространения и длина волны: $\lambda = \upsilon T = \frac{\upsilon}{\nu}$. **Звук. Скорость звука** (стр. 149)	Рассчитывать величины, характеризующие распространение волны, в том числе и звуковой

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

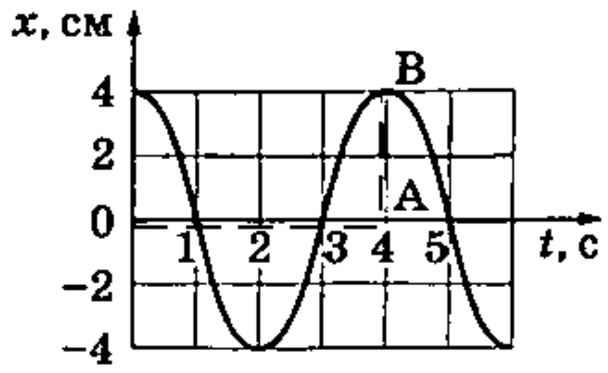
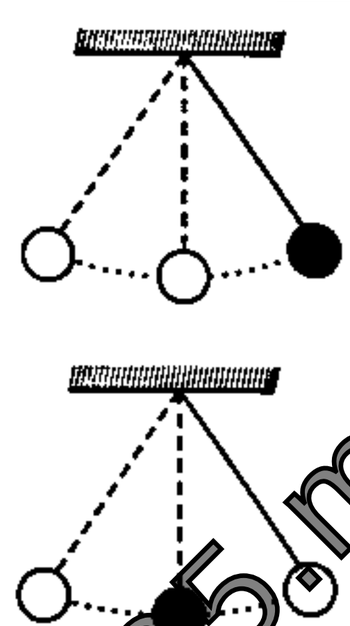
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	При гармонических колебаниях пружинного маятника координата груза $x(t) = A\sin\left(2\pi\frac{t}{T} + \varphi_0\right)$ изменяется с течением времени t, как показано на рисунке.  Определите 1) амплитуду колебаний; 2) период колебаний; 3) частоту колебаний

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	На графике амплитуда равна отрезку AB, период колебаний равен промежутку времени, обозначенному как отрезок 0A. Следовательно, амплитуда равна 4 см, период колебаний 4 с. Частота колебаний определяется по формуле $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0{,}25$ Гц.  Ответ: 4 см; 4 с; 0,25 Гц
Задание № 2	Шарик массой 0,4 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. 1) Во сколько раз изменится период колебаний маятника, если жёсткость пружины уменьшить в 4 раза? 2) Какой должна быть масса шарика, чтобы частота его вертикальных гармонических колебаний на этой же пружине была в 2 раза больше?
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Период свободных колебаний пружинного маятника определяется по формуле $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Если жёсткость уменьшить в 4 раза, то период увеличится в 2 раза. 2) Частота колебаний определяется по формуле $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$. Чтобы частота увеличилась в 2 раза, необходимо массу шарика уменьшить в 4 раза. Следовательно, искомая масса равна 0,1 кг
Задание № 3	Математический маятник совершает незатухающие колебания с периодом 4 с. В момент времени $t = 0$ отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. 1) Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени 2 с? 2) Сколько раз за 2 с потенциальная энергия груза маятника в поле тяжести Земли достигнет максимального значения, если в начальный момент времени маятник находился в положении равновесия?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) В начальный момент времени отклонение маятника максимально (см. рисунок). 2 с составляют половину периода, следовательно, за это время маятник переместится влево на расстояние, равное двум амплитудам, и займёт крайнее левое положение. Кинетическая энергия достигнет максимума в положении равновесия, которое маятник проходит за это время 1 раз. 2) В начальный момент времени маятник находился в положении равновесия (см. рисунок). За 2 с маятник отклонится на максимальное расстояние и вернётся обратно в положение равновесия. Следовательно, потенциальная энергия груза маятника достигнет своего максимума 1 раз, в момент максимального отклонения маятника 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

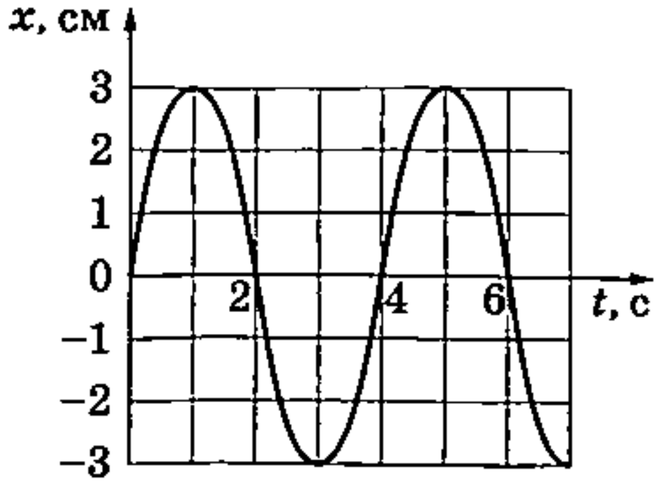
sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 4	Сигнал гидролокатора подводной лодки, отразившись от цели, отстоящей от неё на 3 км, зарегистрирован через 4 с после его подачи. Частота колебаний вибратора гидролокатора 10 кГц. Определите длину звуковой волны в воде
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Длина волны определяется по формуле $\lambda = \frac{v}{\nu}$. Сигнал прошёл расстояние 6 км со скоростью $v = \frac{2S}{t}$. Следовательно, $\lambda = \frac{2S}{t\nu} = \frac{2 \cdot 3000}{4 \cdot 10 \cdot 10^3} = 0{,}15$ м $= 15$ см. Ответ: 15 см

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

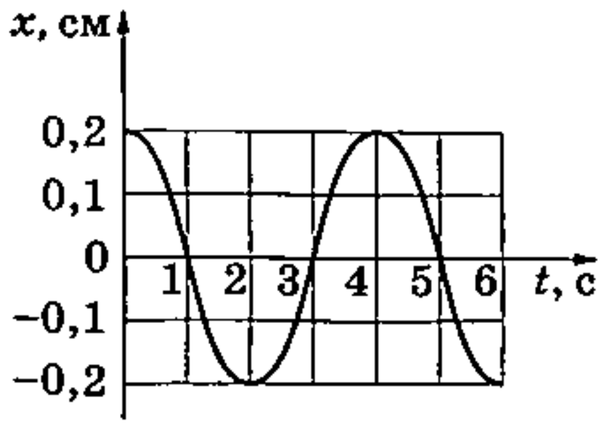
4 1 На рисунке дан график зависимости координаты тела от времени. Определите частоту колебаний тела.



Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

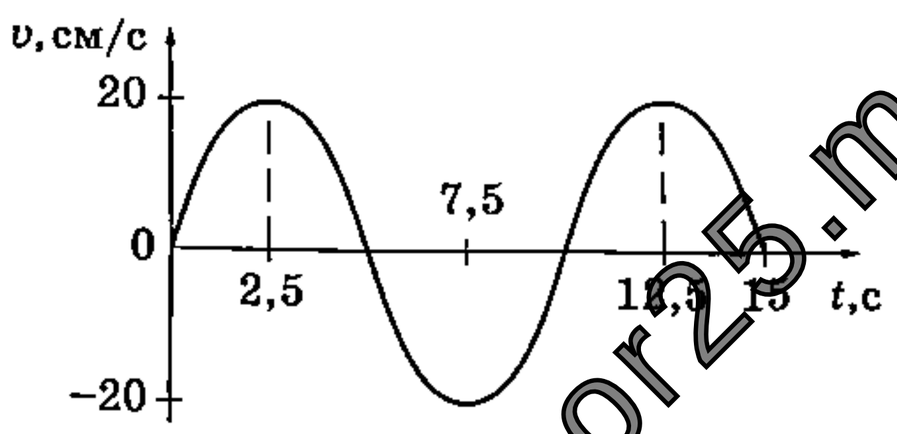
4 2 На рисунке изображён график зависимости смещения от времени для одной из точек колеблющейся струны. Чему равна амплитуда колебаний точки согласно этому графику?



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 3 На графике показано, как меняется скорость груза, подвешенного на нити. Определите амплитуду скорости груза.

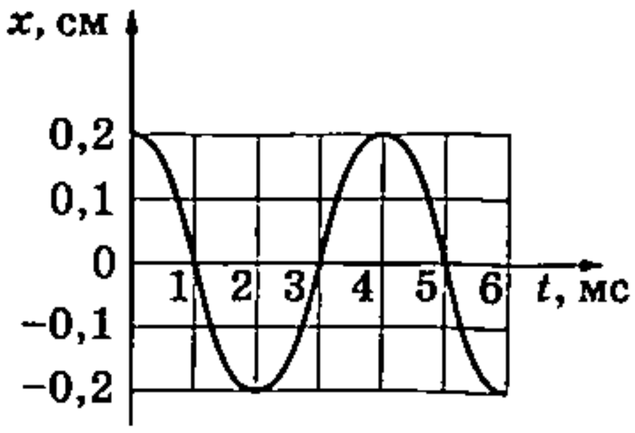


Ответ: _____ см/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»
Shor25.me

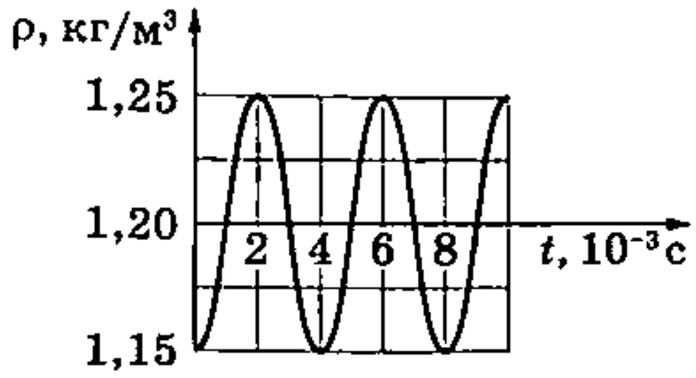
4 4 На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Чему равна частота этих колебаний согласно графику?



Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

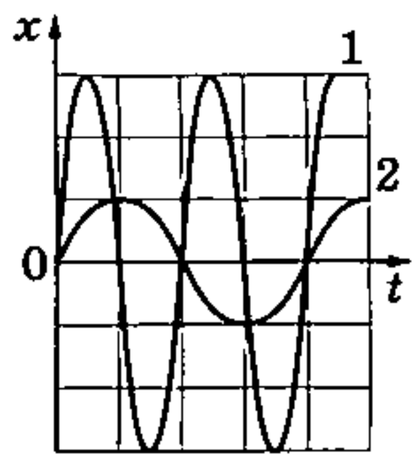
4 5 На рисунке показан график зависимости плотности воздуха в звуковой волне от времени. Определите амплитуду колебаний плотности воздуха.



Ответ: _____ кг/м³.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

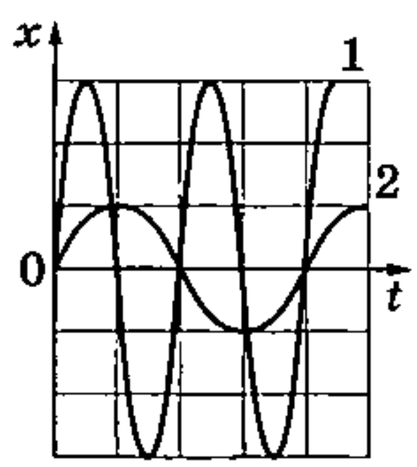
4 6 На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух тел. Чему равно отношение амплитуд их колебаний $\frac{A_1}{A_2}$?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 7 На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух тел. Чему равно отношение частот их колебаний $\frac{\nu_1}{\nu_2}$?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 8 В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси Ox, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	−5	−9	−12	−14	−15	−14

Каков период колебаний шарика?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 9 В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси Ox, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	−5	−9	−12	−14	−15	−14

Какова частота колебаний шарика?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

4 10 Колебательное движение тела происходит по закону: $x = a\sin\left(bt + \frac{\pi}{2}\right)$, где $a = 5$ см, $b = 3$ с$^{-1}$. Чему равна амплитуда колебаний?

Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 11 Скорость тела, совершающего колебательное движение, меняется по закону: $v_x = a\cos(bt + \frac{\pi}{2})$, где $a = 5$ см/с, $b = 3$ с$^{-1}$. Чему равна амплитуда скорости?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 12 Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением $v = 3 \cdot 10^{-2}\sin 2\pi t$, где все величины выражены в СИ. Какова амплитуда колебаний скорости?

Ответ: _____ м/с.

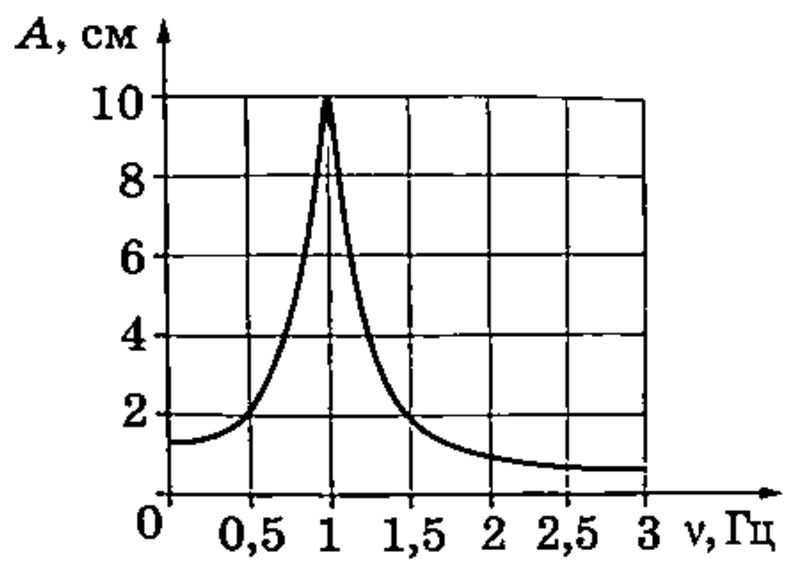
БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 13 Груз массой тела 0,1 кг колеблется так, что его ускорение изменяется в соответствии с уравнением $a_x = 5\sin 10t$. Чему равно максимальное значение модуля равнодействующей сил, действующих на тело?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

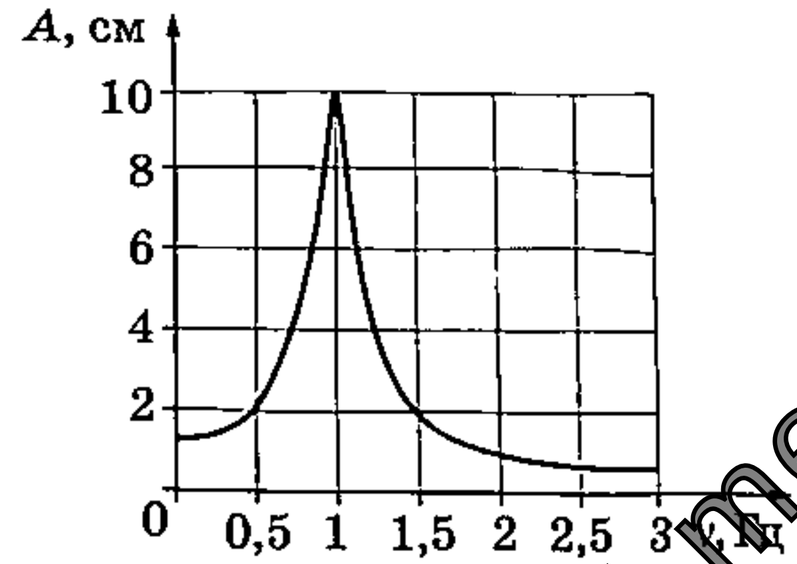
4 14 На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Частота вынуждающей силы вначале была равна 0,5 Гц, а затем стала равна 1,0 Гц.
Во сколько раз изменилась при этом амплитуда установившихся вынужденных колебаний маятника?



Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 15 На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая).
Определите амплитуду установившихся вынужденных колебаний маятника при резонансе.



Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 16 Во сколько раз уменьшится период свободных гармонических колебаний математического маятника, если его длину уменьшить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

4 17 Во сколько раз увеличится период свободных гармонических колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 9 раз?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 18 Во сколько раз уменьшится частота свободных гармонических колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 19 Период свободных малых колебаний математического маятника равен 1 с. Каким станет период колебаний, если массу груза увеличить в 4 раза?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 20 Частота свободных малых колебаний математического маятника равна 2 Гц. Какой станет частота колебаний, если массу груза увеличить в 9 раз?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 21 Период свободных малых колебаний математического маятника равен 2 с. Каким станет период колебаний, если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 22 Частота свободных малых колебаний математического маятника равна 2 Гц. Какой станет частота колебаний, если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: _____ Гц.

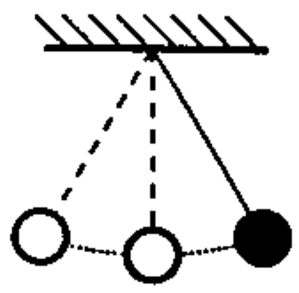
БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 23 Математический маятник отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили без толчка. Период колебаний маятника 2 с. Через какое минимальное время потенциальная энергия маятника вновь достигнет максимума?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

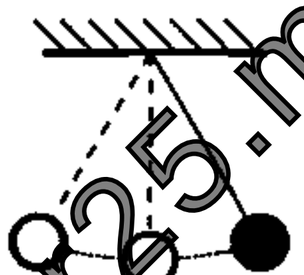
4 24 Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 25 Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет минимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdr25.me

4 26 Массивный шарик, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Во сколько раз нужно уменьшить жёсткость пружины, чтобы период колебаний шарика увеличился в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 27 Массивный шарик, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Во сколько раз нужно увеличить жёсткость пружины, чтобы частота колебаний шарика увеличилась в 3 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 28 Шарик массой 0,2 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Какой должна быть масса шарика, чтобы период его свободных вертикальных гармонических колебаний на этой же пружине был в 2 раза больше?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 29 Частота свободных гармонических колебаний пружинного маятника равна 4 Гц. Какой будет частота колебаний маятника, если увеличить жёсткость его пружины в 4 раза?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 30 Частота свободных гармонических колебаний пружинного маятника равна 4 Гц. Какой будет частота колебаний маятника, если уменьшить жёсткость его пружины в 4 раза?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 31 Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 250 Н/м, совершает вертикальные свободные колебания с циклической частотой 50 $с^{-1}$. Определите массу груза.

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 32 Груз массой 0,16 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Какой массы груз надо подвесить к той же пружине вместо этого груза, чтобы частота колебаний увеличилась в 2 раза?

Ответ: _____ кг.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 33 Груз, подвешенный на пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Какой должна быть жёсткость пружины, чтобы частота колебаний этого же груза увеличилась в 2 раза?

Ответ: _____ Н/м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

3 34 Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника при его свободных колебаниях равен 1 с. Каким будет период её колебаний, если массу груза маятника увеличить в 2 раза, а жёсткость пружины вдвое уменьшить?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdor25.me

4 35 Сколько раз за один период вертикальных свободных колебаний груза на пружине потенциальная энергия маятника и кинетическая энергия его груза принимают равные значения?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 36 Пружинный маятник совершает гармонические колебания с периодом 0,5 с. В момент времени $t = 0$ отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени 2 с?

Ответ: _____.

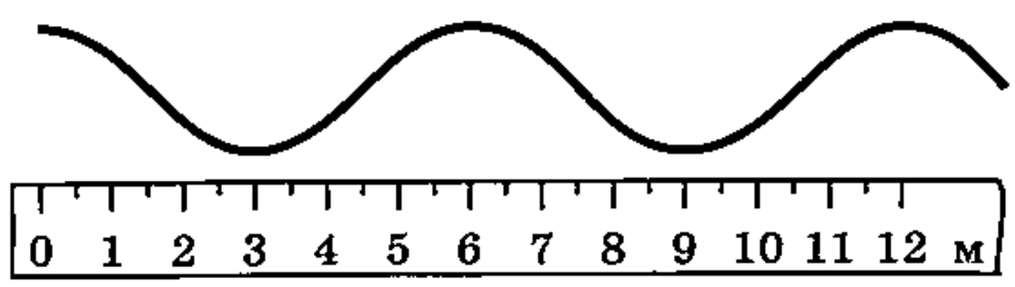
БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 37 Пружинный маятник совершает гармонические колебания с периодом 1 с. В момент времени $t = 0$ отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз потенциальная энергия маятника достигнет своего минимального значения к моменту времени 2 с?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 38 На рисунке представлена фотография шнура, по которому распространяется поперечная волна. Скорость распространения волны по шнуру равна 12 м/с. Определите период колебаний источника волны.



Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 39 Волна с периодом колебаний 0,5 с распространяется со скоростью 20 м/с. Определите длину волны.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 40 Волна частотой 3 Гц распространяется в среде со скоростью 6 м/с. Определите длину волны.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 41 Мимо рыбака, сидящего на пристани, прошло 5 гребней волны за 10 с. Каков период колебаний поплавка на волнах?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 42 Мимо неподвижного наблюдателя за 20 с прошло 8 гребней волны. Каков период колебаний частиц волны?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 43 Скорость звука в воздухе 330 м/с. Длина звуковой волны 60 см. Какова частота колебаний источника звука?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

4 44 Какова частота колебаний звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде $\upsilon = 500$ м/с, а длина волны $\lambda = 2$ м?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 45 Какова частота звуковых волн, если в среде длина волны составляет 3 м, а скорость распространения 1800 м/с?

Ответ: _____ Гц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 46 Скорость звука в воздухе 330 м/с. Определите длину звуковой волны, которая создаётся источником звука с частотой колебаний 440 Гц.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 47 Частота колебаний струны равна 500 Гц. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Какова длина звуковой волны?

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 48 Какова скорость звуковых волн в среде, если при частоте 400 Гц длина волны $\lambda = 4$ м?

Ответ: _____ м/с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 49 На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Ответ округлите до десятых долей секунды. Скорость звука в воздухе 330 м/с.

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

4 50 Мужской голос баритон занимает частотный интервал от $\nu_1 = 100$ Гц до $\nu_2 = 400$ Гц. Определите отношение длин звуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, соответствующих границам этого интервала.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 4

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 5 и 6

Что нужно знать	Что нужно уметь
Колебания пружинного маятника (стр. 149)	Анализировать процесс колебаний пружинного маятника, представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять амплитуду колебаний, период и частоту колебаний. Анализировать изменение физических величин (координата, скорость, потенциальная, кинетическая и полная механическая энергия) в процессе колебаний. Строить графики зависимости физических величин, характеризующих колебания пружинного маятника, от времени
Колебания математического маятника (стр. 148)	Анализировать процесс колебаний математического маятника, представленный в виде таблиц, графиков или описания. Определять амплитуду колебаний, период и частоту колебаний. Анализировать изменение физических величин (координата, скорость, потенциальная, кинетическая и полная механическая энергия) в процессе колебаний. Строить графики зависимости физических величин, характеризующих колебания математического маятника, от времени
Звук (стр. 149)	Анализировать процесс распространения звуковых волн, изменение характеристик звуковых волн (период и частота колебаний, амплитуда, скорость распространения) при переходе из одной среды в другую

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

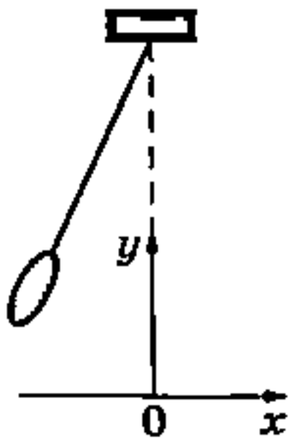
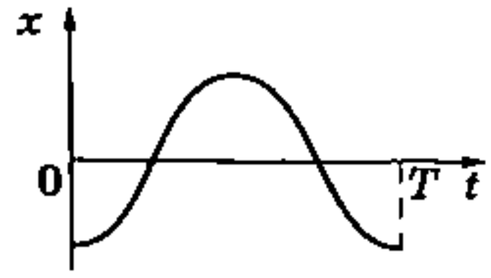
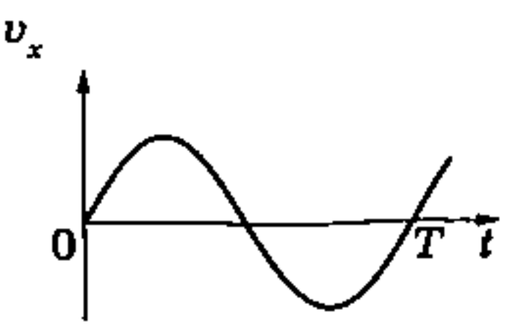
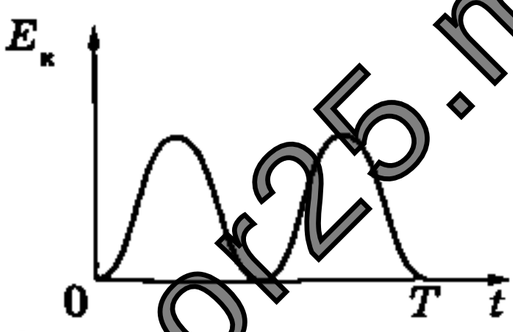
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси Ox, в различные моменты времени. t, с: 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 x, мм: 0 | 5 | 9 | 12 | 14 | 15 | 14 | 12 | 9 | 5 | 0 | −5 | −9 | −12 | −14 | −15 | −14 1) Определите амплитуду, период и частоту колебаний шарика. 2) Определите, в какие моменты времени потенциальная энергия пружины максимальна. 3) Определите, в какие моменты времени кинетическая энергия шарика максимальна
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) В соответствии с таблицей максимальное отклонение шарика от положения равновесия — амплитуда равна 15 мм. Из таблицы следует, что на интервале от 0 до 2 с укладывается половина периода колебаний. Следовательно, период равен 4 с. Частота колебаний $$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0{,}25 \text{ Гц}.$$ Ответ: 15 мм; 4 с; 0,25 Гц. 2) Потенциальная энергия пружины максимальна в те моменты времени, когда она максимально деформирована, т. е. координата x по модулю равна амплитуде. За период наблюдения это 1 с и 3 с. Ответ: 1 с; 3 с. 3) Кинетическая энергия шарика максимальна, когда он проходит положение равновесия, так как в этот момент скорость шарика максимальна. Это моменты времени 0 и 2 с. Ответ: 0 с; 2 с

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

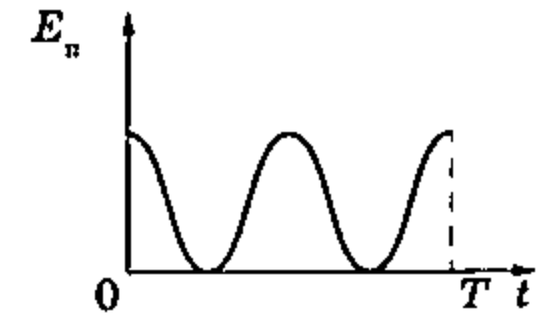
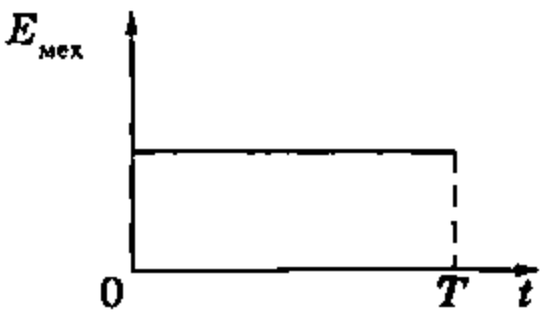
Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 2	В первой серии опытов по исследованию малых колебаний разных грузиков на нерастяжимой нити одинаковой длины использовался сплошной медный грузик, во второй — сплошной алюминиевый грузик такого же объёма. Максимальный угол отклонения нити от вертикали в обоих исследованиях одинаковый. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменялись перечисленные ниже физические величины? 1) период и частота колебаний грузика; 2) максимальная потенциальная энергия грузика; 3) максимальная скорость и максимальная кинетическая энергия грузика
Возможное решение и ответ к заданию № 2	При замене грузика с медного на алюминиевый масса грузика уменьшилась (объём не изменился, а плотность алюминия меньше плотности меди). 1) Период и частота колебаний математического маятника не зависят от массы грузика: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Следовательно, период и частота колебаний не изменились. 2) Максимальный угол отклонения нити от вертикали в обоих исследованиях одинаковый, а значит, и высота, на которую поднимается грузик, одинаковая. Масса грузика уменьшилась, следовательно, и максимальная потенциальная энергия $E_{\text{пот. макс}} = mgh$ уменьшилась. 3) Полная механическая энергия маятника не изменяется. Следовательно, $E_{\text{пот. макс}} = E_{\text{кин. макс}}$ и максимальная кинетическая энергия также уменьшилась. Максимальная скорость грузика не изменилась, так как $mgh_{\text{макс}} = \frac{mv^2_{\text{макс}}}{2}$; следовательно, $v_{\text{макс}} = \sqrt{2gh_{\text{макс}}}$
Задание № 3	Маятник отклонили от положения равновесия (см. рисунок) и отпустили в момент времени $t = 0$ с начальной скоростью, равной нулю. Изобразите графики зависимости указанных ниже физических величин от времени (T — период колебаний маятника). Сопротивлением воздуха пренебречь. 1) координата x; 2) проекция скорости v_x; 3) кинетическая энергия $E_к$; 4) потенциальная энергия $E_п$; 5) полная механическая энергия $E_{мех}$ 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1. Координата шарика в начальный момент времени равна по модулю амплитуде и отрицательна:  2. Проекция скорости шарика v_x в начальный момент времени равна нулю, а следующую половину периода имеет положительное значение:  3. Кинетическая и потенциальная энергии имеют период колебаний в 2 раза меньший, чем период колебаний маятника. Кинетическая энергия в начальный момент времени равна нулю: 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

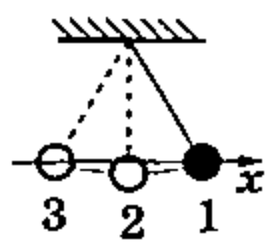
Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	4. Потенциальная энергия в начальный момент времени максимальна:  5. Полная механическая энергия маятника не изменяется: 

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

5 1

Математический маятник с частотой колебаний 0,5 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения маятника.



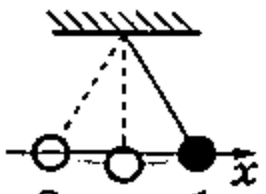
1) При движении из положения 1 в положение 2 модуль проекции ускорения груза маятника на ось x уменьшается.
2) Потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 1 с после начала движения.
3) Через 4 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 1 с после начала движения.
5) При движении из положения 1 в положение 2 полная механическая энергия маятника увеличивается.

Ответ: ☐☐

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 2

Математический маятник с частотой колебаний 0,5 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения маятника.



1) При движении из положения 2 в положение 3 модуль проекции ускорения груза маятника на ось x уменьшается.
2) Потенциальная энергия маятника во второй раз достигнет своего максимума через 4 с после начала движения.
3) Через 2 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 0,5 с после начала движения.
5) При движении из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника увеличивается.

Ответ: ☐☐

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 3

В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси Ox, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	−5	−9	−12	−14	−15	−14

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения шарика.

1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,0 с максимальна.
2) Период колебаний шарика равен 4 с.
3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с минимальна.
4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна.

Ответ: ☐☐

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

5 4

В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси Ox, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	−5	−9	−12	−14	−15	−14

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения шарика.

1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с максимальна.
2) Период колебаний шарика равен 4,0 с.
3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 2,0 с минимальна.

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

6 5

В первой серии опытов исследуют малые колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепляют на нити большей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковы.

Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период колебаний и амплитуда колебаний груза?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Амплитуда колебаний

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
6

В первой серии опытов по исследованию малых колебаний разных грузиков на нерастяжимой нити одинаковой длины используется сплошной алюминиевый грузик, во второй — сплошной железный грузик такой же формы и такого же объёма. Максимальный угол отклонения нити от вертикали в обоих исследованиях одинаковый.
Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся частота колебаний и максимальная кинетическая энергия грузика?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

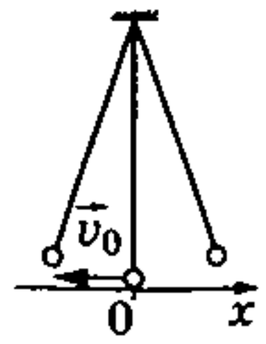
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний грузика	Максимальная кинетическая энергия грузика

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
7

Груз, привязанный к нити, в момент времени $t = 0$ вышел с начальной скоростью $\vec{v}_0$ из состояния равновесия (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. T — период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза.



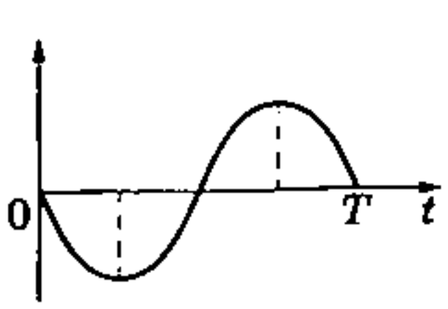
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата груза x
2) проекция v_x скорости груза
3) кинетическая энергия груза $E_к$
4) потенциальная энергия груза $E_п$

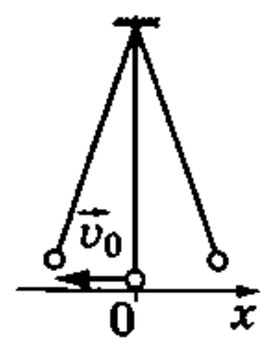
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
8

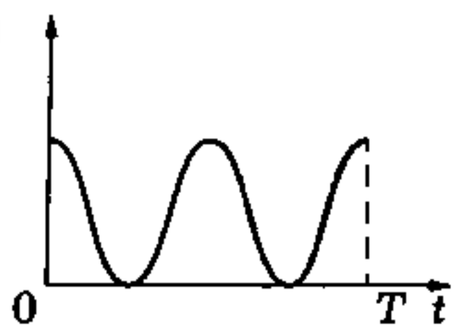
Груз, привязанный к нити, в момент времени $t = 0$ вышел с начальной скоростью $\vec{v}_0$ из состояния равновесия (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. T — период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза.



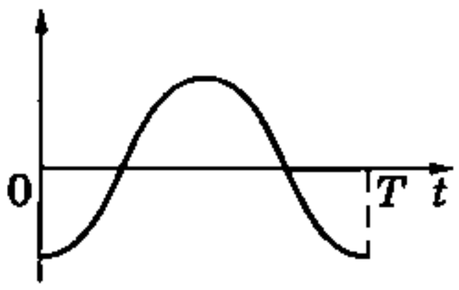
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата груза x
2) проекция скорости груза v_x
3) кинетическая энергия груза $E_к$
4) потенциальная энергия груза $E_п$

Ответ:

А	Б

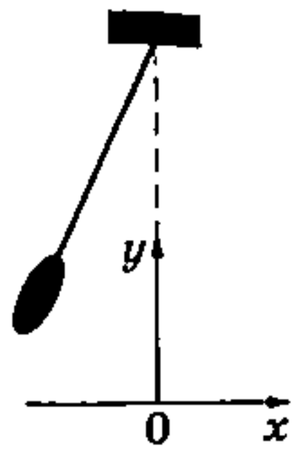
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

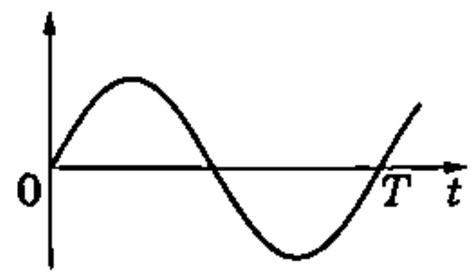
6
9

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. T — период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

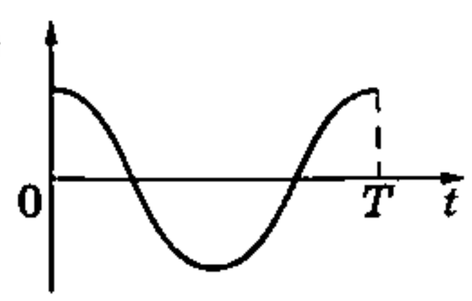


ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) кинетическая энергия груза $E_к$
2) координата груза x
3) проекция p_x импульса груза
4) проекция a_x ускорения груза

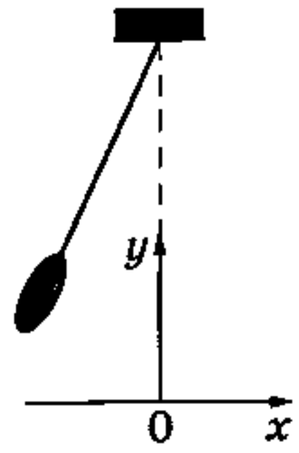
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
10

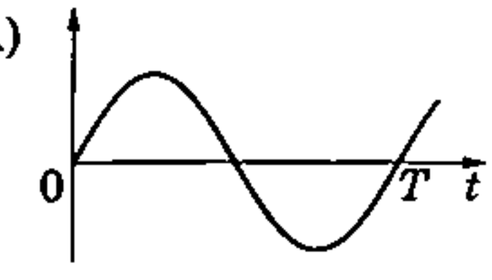
Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент времени $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого. T — период колебаний.
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.



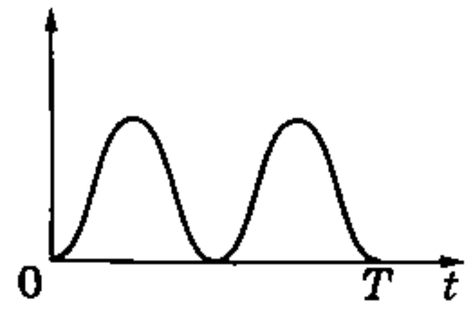
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) проекция v_x скорости груза
2) координата груза x
3) кинетическая энергия груза $E_к$
4) потенциальная энергия груза $E_п$

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

5
11

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия пружины и скорость груза, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Скорость груза

БЛАНК ОТВЕТОВ 5

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
12

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
13

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия груза в поле тяжести и его скорость, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

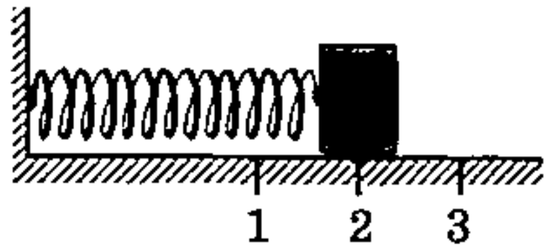
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия груза в поле тяжести	Скорость груза

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
14

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 3 к точке 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

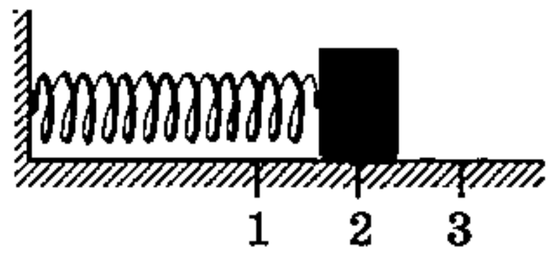
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза	Жёсткость пружины

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
15

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника и потенциальная энергия его пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Потенциальная энергия пружины маятника

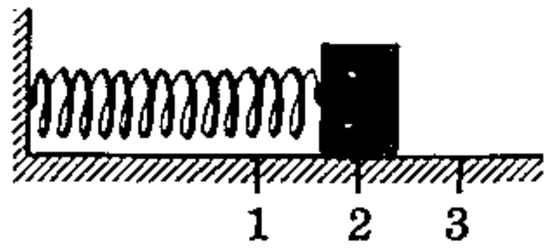
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
16

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются скорость груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 1 к точке 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость груза	Жёсткость пружины

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
17

В школьной лаборатории изучают колебания пружинного маятника при различных значениях жёсткости пружины маятника. Как изменятся период его колебаний и период изменения его кинетической энергии, если увеличить жёсткость пружины, не изменяя массу маятника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Период изменения кинетической энергии

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
18

В школьной лаборатории изучают колебания пружинного маятника при различных значениях массы маятника. Как изменятся период его колебаний и период изменения его потенциальной энергии, если увеличить массу маятника, не изменяя жёсткость пружины?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

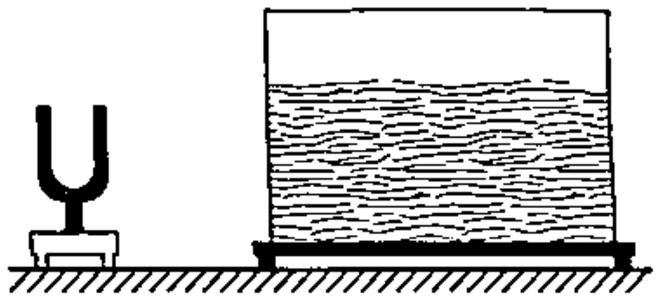
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Период изменения потенциальной энергии

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

6
19

На демонстрационном столе в кабинете физики стоят камертон на 440 Гц и аквариум с водой. Учитель ударяет молоточком по ножке камертона. Как изменятся скорость звуковой волны и частота колебаний при переходе звука из воздуха в воду?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость звуковой волны	Частота колебаний

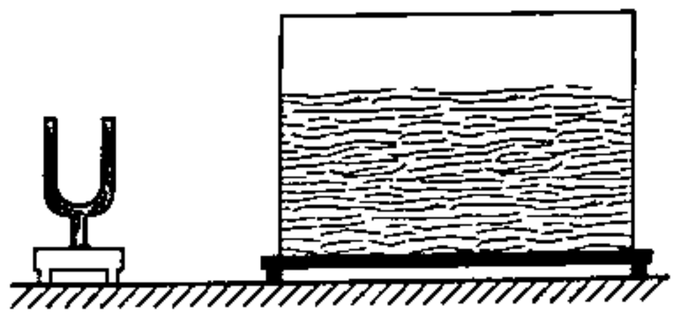
БЛАНК ОТВЕТОВ 6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6
20

На демонстрационном столе в кабинете физики стоят камертон на 440 Гц и аквариум с водой. Учитель ударяет молоточком по ножке камертона.



Как изменятся период колебаний и длина волны при переходе звука из воздуха в воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

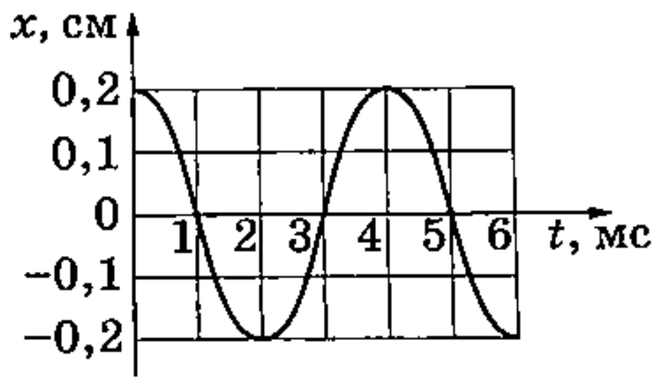
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Длина волны

БЛАНК ОТВЕТОВ 6

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»

1 На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Чему равен период этих колебаний согласно графику?



Ответ: _____ с.

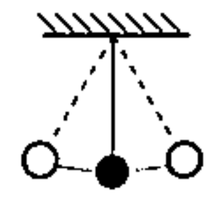
2 Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением $\upsilon = 0{,}6\sin 2\pi t$, где все величины выражены в СИ. Какова амплитуда колебаний скорости?

Ответ: _____ м/с.

3 Частота свободных малых колебаний математического маятника равна 0,3 Гц. Какой станет частота колебаний, если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 9 раз?

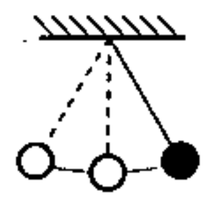
Ответ: _____ Гц.

4 В момент времени $t_0 = 0$ груз нитяного маятника, имеющего период колебаний $T = 1{,}6$ с, проходит через положение равновесия (см. рисунок). За какой промежуток времени с момента t_0 он проходит путь, равный амплитуде колебаний?



Ответ: _____ с.

5 Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: _____ с.

6 Груз массой 200 г, подвешенный на пружине, совершает свободные колебания по вертикали с частотой 4 Гц. С какой частотой будет совершать свободные колебания по вертикали груз массой 50 г, если его подвесить на ту же пружину?

Ответ: _____ Гц.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 Шарик массой 0,4 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Какой должна быть масса шарика, чтобы период его свободных вертикальных гармонических колебаний на этой же пружине был в 2 раза меньше?

Ответ: _____ кг.

8 Волна с периодом колебаний 1 с распространяется со скоростью 40 м/с. Определите длину волны.

Ответ: _____ м.

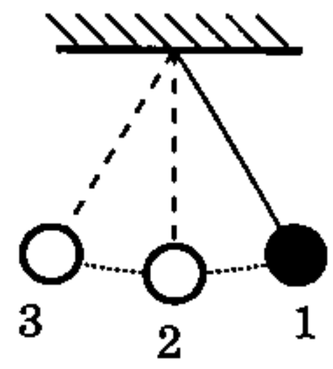
9 Колеблющаяся струна издаёт звук с длиной волны 0,68 м. Какова частота её колебаний, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: _____ Гц.

10 Звуковой сигнал, отразившись от препятствия, вернулся обратно к источнику через 5 с после его испускания. Каково расстояние от источника до препятствия, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: _____ м.

11 Математический маятник с периодом колебаний 1 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения маятника.



1) При движении из положения 1 в положение 2 кинетическая энергия маятника уменьшается.
2) Потенциальная энергия маятника вновь достигнет своего максимума через 0,5 с после начала движения.
3) Через 2 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 1 с после начала движения.
5) При движении из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника не изменяется.

Ответ: _____.

12 В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося на пружине вдоль горизонтальной оси Ox, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	−5	−9	−12	−14	−15	−14

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно движения шарика.

1) Потенциальная энергия пружины минимальна в момент времени 3 с.
2) Период колебаний шарика равен 2 с.
3) Кинетическая энергия шарика максимальна в момент времени 1 с.
4) Амплитуда колебаний шарика равна 15 мм.
5) Полная механическая энергия маятника из шарика и пружины остаётся неизменной.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 Подвешенный на пружине груз совершал вертикальные свободные гармонические колебания. Массу груза увеличили, оставив жёсткость пружины и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменились частота колебаний груза и его максимальная скорость?

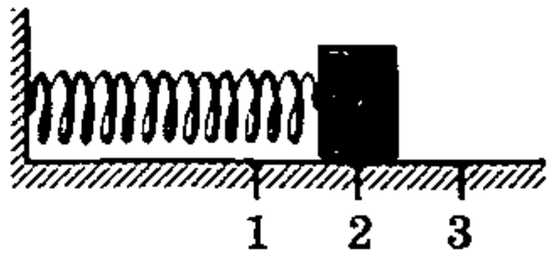
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний груза	Максимальная скорость груза

14 Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 3?



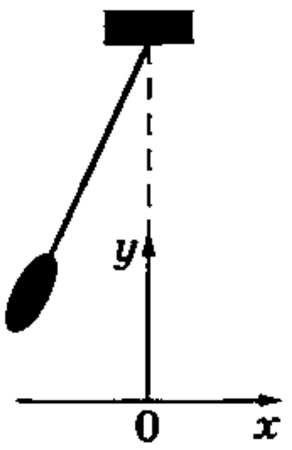
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза	Жёсткость пружины

15 Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент времени $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. T — период колебаний.

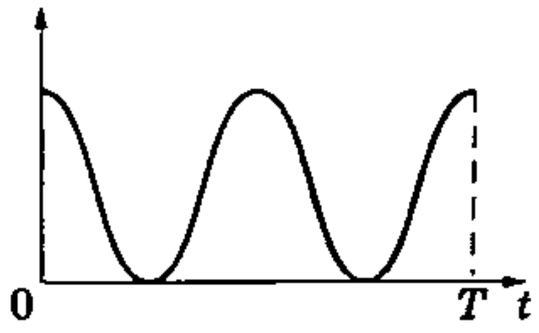


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза.

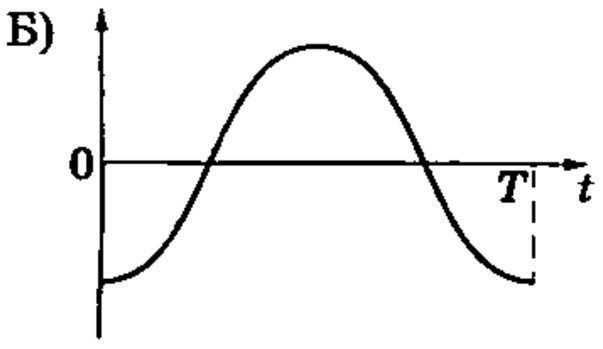
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата x
2) проекция скорости v_x
3) кинетическая энергия $E_к$
4) потенциальная энергия $E_п$

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 22

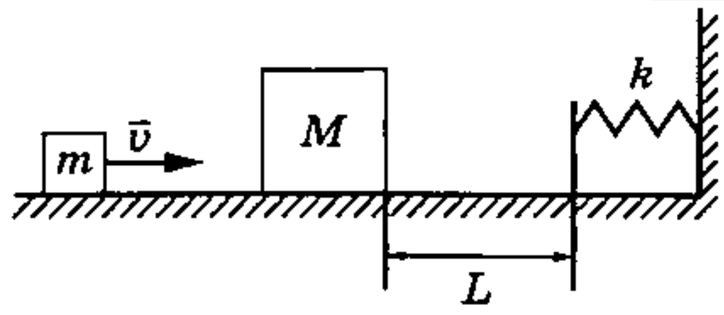
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Шарик массой 0,4 кг совершает колебания на длинной лёгкой нерастяжимой нити. Максимальная кинетическая энергия шарика равна 0,2 Дж. На какой высоте относительно положения равновесия кинетическая энергия шарика равна его потенциальной энергии? Сопротивлением воздуха пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Запишем закон сохранения полной механической энергии для колеблющегося шарика: $E_{мех} = \max E_к = E_п + E_к$. Потенциальная энергия шарика в поле силы тяжести равна $E_п = mgh$, а по условию задачи $E_п = E_к$. В итоге получаем, что $\max E_к = 2E_п = 2mgh$. Окончательно имеем: $$h = \frac{\max E_к}{2mg} = \frac{0,2}{2 \cdot 0,4 \cdot 10} = 0,025 \text{ м} = 2,5 \text{ см}.$$ Ответ: $h = 2,5$ см
Задание № 2	Грузик массой 200 г, прикреплённый к пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль горизонтальной прямой. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени. t, с: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 x, см: 6; 3; 0; 3; 6; 3; 0; 3 Какова максимальная потенциальная энергия пружины? Ответ в миллиджоулях округлите до целых
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Запишем закон сохранения полной механической энергии для системы тел «грузик + пружина»: $$E_{п\,max} = E_{к\,max} = \frac{m\upsilon_{max}^2}{2}.$$ Максимальная скорость тела при гармонических колебаниях связана с амплитудой его колебаний соотношением: $\upsilon_{max} = A\omega$, где $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклическая частота колебаний. В итоге получаем $$E_{п\,max} = 2m\left(\frac{A\pi}{T}\right)^2 = 2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,03 \cdot 3,14}{0,4}\right)^2 \approx 0,022 \text{ Дж} = 22 \text{ мДж}.$$ Ответ: $E_{п\,max} \approx 22$ мДж

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 3	Небольшой брусок массой $m = 100$ г, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, абсолютно неупруго сталкивается с неподвижным телом массой $M = 2m$. При дальнейшем поступательном движении тела́ налетают на недеформированную пружину, одним концом прикреплённую к стене (см. рисунок). Через какое время t после абсолютно неупругого удара бруски вернутся в точку столкновения? Скорость движения бруска до столкновения $v = 2$ м/с, жёсткость пружины $k = 30$ Н/м, а расстояние от точки столкновения до пружины $L = 10$ см 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1. В процессе абсолютно неупругого столкновения сохраняется суммарный импульс системы тел: $mv = (m + M)v_1$, где v_1 — скорость тел после столкновения. 2. Так как поверхность гладкая, то трения нет и движение тел от момента удара до момента касания свободного конца пружины будет равномерным: $L = v_1 t_1$, где t_1 — время движения на этом участке. 3. После касания пружины и до отрыва от неё тела будут двигаться, совершая гармоническое колебание. До отрыва пройдёт время $t_2 = \frac{T}{2}$, где T — период колебаний груза на пружине: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$. 4. Отрыв тел от пружины произойдёт в точке касания пружины. По закону сохранения механической энергии при гармонических колебаниях скорость тел в точке отрыва равна v_1. Дальнейшее движение тел будет равномерным. Поэтому полное время движения тел до точки столкновения $t = 2t_1 + t_2 = \frac{2L}{v_1} + \frac{T}{2} = \frac{2L(m+M)}{mv} + \pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$. Учитывая, что $M = 2m$, получим $t = \frac{6L}{v} + \pi\sqrt{\frac{3m}{k}} = \frac{6 \cdot 0{,}1}{2} + 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0{,}1}{30}} = 0{,}614$ с. Ответ: $t = 0{,}614$ с

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

22 1 Шарик массой 0,3 кг совершает колебания на длинной лёгкой нерастяжимой нити. Максимальная потенциальная энергия шарика в поле тяжести, если отсчитывать её от положения равновесия, равна 0,6 Дж. Определите максимальную скорость шарика в процессе колебаний. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

22 2 Шарик, подвешенный на пружине, сместили вертикально вниз на расстояние 0,1 м от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Какова частота колебаний шарика, если путь 0,2 м он пройдёт за 0,25 с?

Ответ: _____ Гц.

22 3 Амплитуда малых колебаний пружинного маятника 4 см, масса груза 400 г, жёсткость пружины 40 Н/м. Определите максимальную скорость колеблющегося груза.

Ответ: _____ м/с.

22 4 Груз массой 1 кг, подвешенный на пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает свободные гармонические колебания по вертикали. Максимальное ускорение груза при этом равно 20 м/с^2. Какова максимальная скорость груза?

Ответ: _____ м/с.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

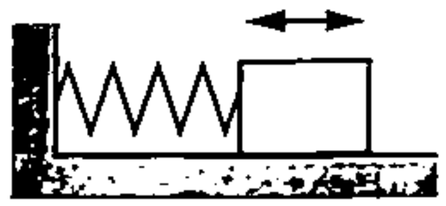
22 5 Груз массой 2 кг, подвешенный на пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает свободные гармонические колебания по вертикали. Максимальное ускорение груза при этом равно 10 м/с^2. Какова амплитуда колебаний груза?

Ответ: _____ см.

22 6 Груз массой 1,5 кг, подвешенный на пружине жёсткостью 600 Н/м, совершает свободные гармонические колебания по вертикали с амплитудой 10 см. Определите максимальный импульс груза.

Ответ: _____ кг · м/с.

22 7 Груз, прикреплённый к пружине жёсткостью 300 Н/м, совершает гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна 1,5 Дж. Какова амплитуда колебаний груза?



Ответ: _____ м.

22 8 Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону $x(t) = 0,03 \cdot \cos(2\pi t)$, где все величины выражены в СИ. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, потенциальная энергия маятника вернётся к своему исходному значению?

Ответ: _____ с.

22 9 Скорость тела, совершающего колебательное движение, меняется по закону: $v_x = a\cos(bt + \frac{\pi}{2})$, где $a = 5$ см/с, $b = 2$ с$^{-1}$. Чему равна амплитуда колебаний тела?

Ответ: _____ см.

22 10 Скорость тела массой 400 г, совершающего колебательное движение, меняется по закону: $v_x = a\cos(bt + \frac{\pi}{2})$, где $a = 5$ см/с, $b = 2$ с$^{-1}$. Чему равна максимальная сила, действующая на тело?

Ответ: _____ Н.

22 11 Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону $x(t) = 0,05 \cdot \cos(4t)$, где все величины выражены в СИ. Определите максимальную кинетическую энергию груза, если его масса равна 300 г.

Ответ: _____ мДж.

22 12 Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени.

t, с	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x, см	4	2	0	2	4	2	0	2

Какова максимальная скорость грузика?

Ответ: _____ см/с.

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

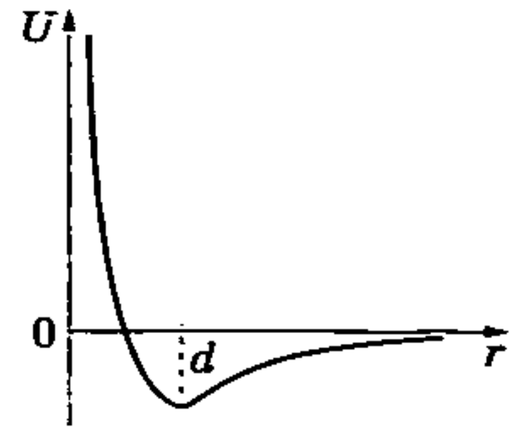
ТЕМА 6. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные положения **молекулярно-кинетической теории** (МКТ) подчёркивают специфику тех вопросов, которые изучаются в молекулярной физике и термодинамике.
1. Все макроскопические тела состоят из атомов, молекул, ионов и т. п., т. е. из **микроскопических частиц**. (Это новая задача: тело как одно целое со своей массой, объёмом и т. п. рассматривается одновременно и как система, состоящая из большого числа частиц. Иными словами, в задаче используются два масштаба — микроскопический и макроскопический. До сих пор в школьном курсе механики таких задач не возникало.)
2. Эти микроскопические частицы участвуют в хаотическом **тепловом движении**, которое никогда не прекращается. (Даже при достижении термодинамического равновесия в макроскопическом теле, когда все макроскопические параметры, описывающие это тело, перестают изменяться.) Это тоже новая ситуация: в школьном курсе механики случайное движение тел не рассматривалось.
3. Микроскопические частицы, образующие макротело, **взаимодействуют друг с другом**. (В том, что частицы взаимодействуют друг с другом, нет ничего нового: в механике это обычная ситуация. Но дело в том, что взаимодействие микрочастиц — единственная причина, по которой макротела самопроизвольно приходят с течением времени к равновесному состоянию.)

Отметим, что термодинамическое равновесие включает в себя тепловое равновесие (прекращается теплообмен), механическое равновесие и равновесие по обмену частицами.

Для взаимодействия нейтральных атомов и молекул характерно сильное отталкивание при малых расстояниях между ними и слабое притяжение на больших расстояниях (см. график справа для потенциальной энергии U взаимодействия нейтральных молекул как функции от расстояния r между их центрами). Значение $r = d$ соответствует минимуму U. При таком расстоянии между центрами частиц силы притяжения между частицами уравновешиваются силами отталкивания. Значит, на таком расстоянии друг от друга находятся центры частиц при плотной упаковке, поэтому можно считать, что d — размер одной частицы.



Из характера взаимодействия нейтральных атомов и молекул следуют модели строения и теплового движения газов, жидкостей и твёрдых тел.

В **газах** в среднем молекулы находятся на больших расстояниях друг от друга (при нормальных условиях среднее расстояние между молекулами газа составляет около 3 нм, тогда как для молекул N_2, H_2, H_2O и т. п. оценка размера даёт d ~ 0,3 нм). Поэтому силы притяжения между молекулами незначительны. Тепловое движение молекул газа по этой причине представляет собой свободное движение в промежутках между редкими столкновениями молекул. Из-за своей разреженности и практического отсутствия взаимодействия молекул газы легко сжимаемы и занимают весь предоставленный им объём. В ряде задач взаимодействием молекул можно пренебречь, что приводит к модели идеального газа (см. ниже).

В **жидкостях** частицы плотно упакованы (об этом говорит практическая несжимаемость жидкостей). Поэтому тепловое движение частиц (молекул или ионов) в жидкостях сводится в основном к колебаниям около положения равновесия. Вместе с тем жидкостям свойственна текучесть. Это заставляет предположить, что время от времени молекулы или ионы «перескакивают» из одного положения равновесия в другое, меняя своё местоположение в жидкости. В результате жидкости сохраняют величину своего объёма, но принимают форму сосуда.

В **твёрдых телах**, как и в жидкостях, частицы плотно упакованы (об этом, как и в случае жидкостей, говорит практическая несжимаемость твёрдых тел). Тепловое движение частиц (атомов, молекул или ионов) в твёрдых телах сводится к колебаниям около положения равновесия.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

«Перескоки» частиц из одного положения равновесия в другое происходят, по сравнению с жидкостями, значительно реже и на меньшее расстояние (чаще всего в соседнее положение равновесия). Поэтому твёрдые тела сохраняют не только объём, но и форму.

Диффузия — процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого вещества.

Диффузия вызвана тепловым движением атомов и молекул и поэтому, во-первых, протекает в разных средах с разной скоростью: быстрее всего в газах, медленнее всего в твёрдых телах. Во-вторых, интенсивность процесса диффузии увеличивается с ростом температуры.

Броуновское движение — хаотическое движение видимых (размером не менее 1 мкм, т. е. уже макроскопических) частиц, находящихся в среде микрочастиц (например, в жидкости или в газе).

Броуновское движение вызвано тем, что при малых размерах броуновских частиц хаотические удары микрочастиц по броуновской частице не уравновешивают друг друга. Возникает хаотически меняющаяся равнодействующая сил, приложенных к броуновской частице, что вызывает хаотическое движение этой частицы.

Диффузия и броуновское движение являются наиболее наглядными примерами опытного обоснования МКТ.

Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом.

Эта модель применима в случае разреженных газов, когда среднее расстояние между молекулами газа $\bar{r} >> d$, и поэтому можно пренебречь потенциальной энергией взаимодействия между молекулами газа (а вместе с ней и самим взаимодействием) по сравнению с их средней кинетической энергией. Эта ситуация реализуется в газах, в частности, при нормальных (и близких к ним) условиях.

Отметим, что отсутствие взаимодействия между молекулами газа означает, что такой газ не может самопроизвольно перейти к термодинамическому равновесию. Поэтому модель идеального газа пригодна только для описания равновесного состояния разреженного газа и не может применяться к описанию перехода газов к термодинамическому равновесию.

Основное уравнение МКТ идеального газа устанавливает связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\left(\frac{m_0 v^2}{2} \right)} = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}.$$

Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа (в том числе и неидеального) определяется только его абсолютной температурой:

$$\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \overline{\left(\frac{m_0 v^2}{2} \right)} = \frac{3}{2} kT,$$ где m_0 — масса одной молекулы.

Абсолютная температура T (шкала Кельвина) связана с температурой по шкале Цельсия $t°$ соотношением $T = t° + 273$ К.

Если описание жидкости или твёрдого тела на микроскопическом уровне сводится к механике Ньютона (т. е. можно не учитывать квантово-механические эффекты), то и для этих агрегатных состояний вещества справедлива та же формула:

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

$$\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \frac{3}{2}kT.$$

Используя уравнения $p = \frac{2}{3}n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$ и $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \frac{3}{2}kT$, для идеального газа получим уравнение

$$p = nkT.$$

Модель любой системы в термодинамике представляет собой систему уравнений.

Идеальный газ в термодинамике описывается системой двух уравнений:

$$\begin{cases} \text{уравнение Менделеева — Клапейрона} \\ \text{выражение для внутренней энергии} \end{cases}$$

Уравнение Менделеева — Клапейрона для идеального газа из молекул произвольного состава можно записать в различных эквивалентных формах:

$$pV = \frac{m}{\mu}RT = \nu RT = NkT,$$

а также в форме $p = \frac{\rho RT}{\mu}$, где $\rho = \frac{m}{V}$ — плотность вещества.

В этих формулах $R = 8{,}31$ Дж/(К · моль) — универсальная газовая постоянная, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана, $R = kN_A$, где $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ 1/моль — число Авогадро.

Выражение для внутренней энергии U *одноатомного* идеального газа (применимые формы записи):

$$U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}NkT = \frac{3}{2}\frac{m}{\mu}RT = \nu c_v T = C_{VN}T.$$

В случае идеального газа многоатомных молекул выражение для внутренней энергии $U = \nu c_v T = C_{VN}T$ остаётся справедливым, но выражение для молярной теплоёмкости c_v будет больше, чем в случае одноатомного газа, для которого $c_v = \frac{3}{2}R$.

Уравнение Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$ остаётся справедливым и в том случае, когда система представляет собой смесь разреженных газов разного химического состава. В этом случае количество вещества ν равно сумме количеств вещества отдельных газов: $\nu = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \ldots$

Тогда величина $p_i = \frac{\nu_i RT}{V}$ является парциальным давлением очередного газа в смеси, а из уравнения Менделеева — Клапейрона следует **закон Дальтона для давления смеси разреженных газов:**

$$p = p_1 + p_2 + \ldots$$

Из уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$ следует описание изопроцессов в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества ν):

© ООО «Издательство «Национальное образование»

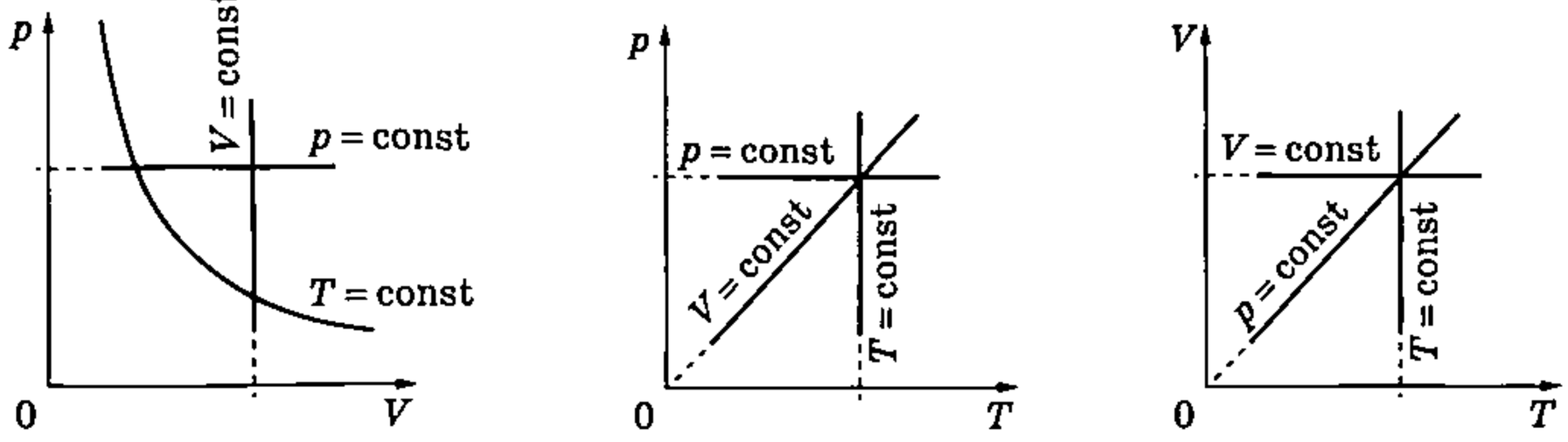
sbor25.me

изотерма (T = const): pV = const (закон Бойля — Мариотта),

изохора (V = const): $\frac{p}{T}$ = const (закон Шарля),

изобара (p = const): $\frac{V}{T}$ = const (закон Гей-Люссака).

Графическое представление изопроцессов в разреженном газе с постоянным числом частиц N на pV-, pT- и VT-диаграммах:



Пар, находящийся в термодинамическом равновесии со «своей» жидкостью (т. е. с жидкостью того же химического состава), называется насыщенным. Если концентрация частиц пара оказывается ниже концентрации частиц насыщенного пара при той же температуре, то пар является ненасыщенным.

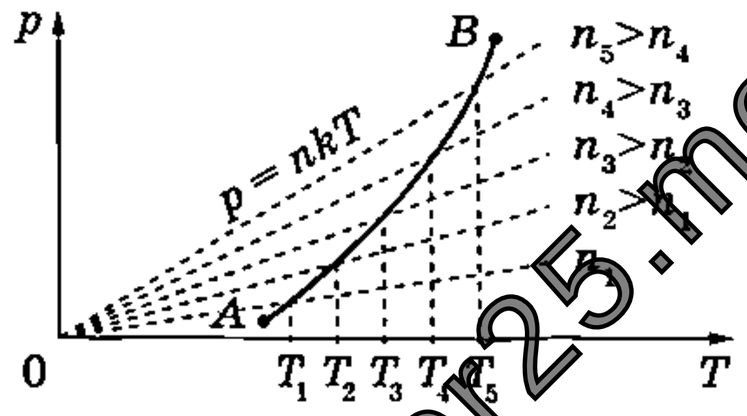
Пар над свободной поверхностью жидкости возникает за счёт того, что наиболее быстрые молекулы, преодолев притяжение жидкости, вылетают из неё и занимают объём над ней. Часть молекул пара падает обратно в жидкость. В состоянии термодинамического равновесия число молекул, за один и тот же интервал времени вылетевших с поверхности жидкости и упавших обратно, в среднем одинаково. Поэтому в равновесии концентрация молекул пара постоянна.

При вылете с поверхности жидкости кинетическая энергия молекулы уменьшается на величину работы сил притяжения молекулы к этой поверхности. С ростом температуры жидкости растёт число молекул с кинетической энергией, превышающей эту величину и, следовательно, достаточной для покидания жидкости. Поэтому с ростом температуры растёт концентрация молекул насыщенного пара $n(T)$. Как правило, при температурах заметно ниже критической температуры насыщенные и ненасыщенные пары можно описывать моделью идеального газа, используя, в частности, уравнение $p = nkT$. Учитывая, что для насыщенного пара концентрация его молекул $n = n(T)$ растёт с ростом температуры T, получаем, что давление насыщенного пара зависит только от температуры, причём с ростом температуры оно растёт быстрее, чем линейно.

Построим на уровне качественных рассуждений график зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры.

Концентрация молекул насыщенного водяного пара при температурах не выше 100 °C не превышает концентрацию молекул газов при нормальных условиях. Концентрация молекул ненасыщенного водяного пара ещё ниже. Поэтому к водяным парам при этих температурах применима модель идеального газа и справедливо уравнение $p = nkT$.

Построим семейство графиков, изображающих эту зависимость p от T при n = const при разных значениях n. Получим семейство лучей, исходящих из начала координат. В случае насыщенного пара, как мы знаем, n растёт с ростом T. Поэтому, задавая последовательность значений температуры $T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5$, мы всякий раз для более высокой температуры выбираем точку на луче, отвечающем большему значению n (см. рисунок). В результате получаем кривую AB. Это и есть искомый график $p = p(T)$ зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

Начальная точка A на графике — это тройная точка воды — состояние, в котором в равновесии друг с другом находятся лёд, вода и её пар. В этом состоянии $t_A = +0{,}01$ °C, $p_A = 611$ Па $\approx 0{,}006$ атм.

Конечная точка B на графике — критическая точка воды ($t_B = +374$ °C, $p_B = 218$ атм).

Влажность воздуха характеризует количество водяных паров в воздухе.

Относительная влажность определяется как отношение плотности водяного пара в воздухе к плотности насыщенного водяного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ. пара}}(T)}.$$

Следовательно, относительная влажность воздуха не превосходит 100 %. Учтём, что $\rho_{\text{пара}} = m_0 \cdot n_{\text{пара}}$, где m_0 — масса одной молекулы воды. Тогда

$$\varphi = \frac{n_{\text{пара}}(T)}{n_{\text{насыщ. пара}}(T)}.$$

Кроме того, для пара используем уравнение $p = nkT$. Тогда $p_{\text{пара}} = n_{\text{пара}}kT = \rho_{\text{пара}} \cdot \dfrac{kT}{m_0}$, откуда получаем ещё одно равносильное определение относительной влажности:

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)}.$$

Испарение — частный случай парообразования, т. е. перехода вещества из жидкого агрегатного состояния в газообразное.

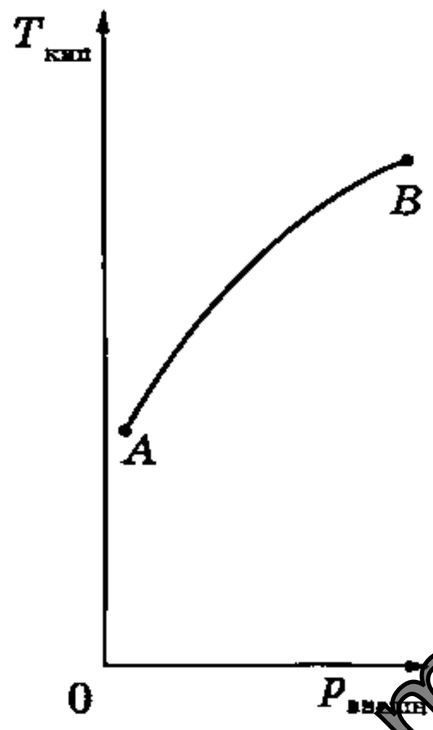
При испарении такой переход происходит со свободной поверхности жидкости. (Переход из твёрдого агрегатного состояния в газообразное, минуя жидкое, в литературе принято называть возгонкой, или сублимацией, хотя в быту и он часто называется испарением.)

Конденсация — процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое или твёрдое.

Кипение жидкости — интенсивный процесс парообразования, происходящий как внутри, так и на свободной поверхности жидкости.

В отличие от испарения, кипение жидкости при заданном внешнем давлении происходит только при определённой температуре. Кипение происходит, когда давление насыщенного пара практически равно внешнему. Известно, что вода кипит при нормальном давлении $p_0 = 10^5$ Па при температуре $t = 100$ °C. Значит, давление насыщенного водяного пара при $t = 100$ °C равно 10^5 Па.

График зависимости температуры кипения от внешнего давления представляет собой график обратной функции к зависимости давления насыщенного пара от температуры. Начальная точка A на графике — тройная точка для данного вещества, а конечная точка B на графике — его критическая точка.



Плавление — процесс перехода тела из твёрдого агрегатного состояния в жидкое.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Плавление кристаллов происходит при определённой температуре. У аморфных тел и, как правило, у сплавов нет определённой температуры плавления: процесс их плавления происходит в конечном интервале температур. В литературе нередко термин «плавление» применяется только к переходу из кристаллического твёрдого состояния в жидкое.

Кристаллизация — процесс образования кристаллов из жидкостей или газов.

Преобразование энергии при переходах вещества из одного агрегатного состояния в другое. При любых переходах вещества из одного агрегатного состояния в другое происходит изменение характера теплового движения частиц, образующих вещество, и связанное с этим изменение механической энергии тела. При плавлении и любых видах парообразования средняя потенциальная энергия взаимодействия частиц вещества увеличивается, а при конденсации и кристаллизации она уменьшается. Что касается кинетической энергии частиц вещества, то в случае, когда для описания микроскопического движения частиц твёрдого тела или жидкости достаточно механики Ньютона (т. е. квантово-механические эффекты несущественны), средняя кинетическая энергия частиц вещества при изотермических переходах из одного агрегатного состояния в другое, в том числе и в газообразное, не меняется.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ЗАДАНИЕ 7

Что нужно знать	Что нужно уметь
Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ) (стр. 174)	Использовать основное уравнение МКТ для расчёта физических величин $$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\left(\frac{m_0 v^2}{2} \right)} = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$$
Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц (стр. 174)	Использовать формулу $$\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \overline{\left(\frac{m_0 v^2}{2} \right)} = \frac{3}{2} kT$$ для расчёта физических величин
Уравнение $p = nkT$ (стр. 175)	Использовать уравнение $p = nkT$ для расчёта физических величин
Уравнение Менделеева — Клапейрона (стр. 175)	Использовать уравнение Менделеева — Клапейрона для расчёта параметров газа в изопроцессах. Анализировать pV-, VT-, pT-диаграммы

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом концентрация молекул газа в сосуде?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	В соответствии с уравнением $p = \frac{2}{3} n \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$, чтобы давление снизилось в 5 раз, произведение концентрации и средней кинетической энергии также должно уменьшиться в 5 раз. Так как энергия уменьшилась в 2 раза, то концентрация должна уменьшиться в 2,5 раза. Ответ: в 2,5 раза

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа?
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения частиц $\overline{\varepsilon_{пост}} = \overline{\left(\frac{m_0 v^2}{2}\right)} = \frac{3}{2}kT$. Так как эта энергия прямо пропорциональна абсолютной температуре, то при уменьшении средней кинетической энергии в 3 раза температура газа также уменьшится в 3 раза. Так как начальная температура была равна 600 К, то конечная будет равна 200 К. Ответ: 200 К
Задание № 3	Концентрацию молекул идеального одноатомного газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза уменьшили абсолютную температуру газа. Во сколько раз в результате этого понизилось давление газа в сосуде?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Так как $p = nkT$, то при уменьшении концентрации в 5 раз, а абсолютной температуры в 2 раза давление уменьшилось в 10 раз. Ответ: в 10 раз
Задание № 4	Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре T_0 и давлении p_0 равен 20 л. Каков объём 3 моль водорода при том же давлении и вдвое большей температуре?
Возможное решение и ответ к заданию № 4	В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$) для первого случая $$p_0 V_1 = \nu_1 R T_0;$$ для второго случая $$p_0 V_2 = \nu_2 R \cdot 2T_0.$$ Отсюда $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{2\nu_2}$. Следовательно, $\frac{20}{V_2} = \frac{1}{6}$. $V_2 = 120$ л. Ответ: 120 л

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

7 1 Во сколько раз уменьшится давление идеального одноатомного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул и их концентрацию уменьшить в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 2 Концентрация молекул идеального одноатомного газа уменьшилась в 4 раза, а средняя кинетическая энергия теплового движения молекул увеличилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилось давление газа на стенки сосуда?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 3 При неизменной концентрации молекул гелия их средняя кинетическая энергия теплового движения увеличилась в 4 раза. Во сколько раз при этом увеличилось давление газа?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 4 Во сколько раз увеличится давление идеального одноатомного газа при увеличении средней кинетической энергии теплового движения его молекул в 3 раза и уменьшении концентрации молекул в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 5 В сосуде содержится гелий под давлением 150 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул уменьшили в 3 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 6 В сосуде содержится аргон под давлением 200 кПа. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул увеличили в 5 раз. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 7 В сосуде содержится гелий под давлением 100 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул уменьшили в 4 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 8 В сосуде содержится аргон под давлением 300 кПа. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул увеличили в 3 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 9 В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась концентрация молекул газа в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 10 В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде увеличилось в 2 раза, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 6 раз. Во сколько раз уменьшилась концентрация молекул газа в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 11 При нагревании идеального газа его абсолютная температура увеличилась в 2 раза. Во сколько раз увеличилась при этом средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 12 В результате нагревания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Во сколько раз увеличилась при этом абсолютная температура газа?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 13 Температура гелия увеличилась с 27 до 327 °С. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия его молекул?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 14 Температура неона уменьшилась со 127 до −23 °С. Во сколько раз уменьшилась средняя кинетическая энергия его молекул?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 15 Во сколько раз увеличится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 16 Во сколько раз уменьшится давление разреженного одноатомного газа, если абсолютная температура газа уменьшится в 4 раза, а концентрация молекул увеличится в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 17 В сосуде содержится аргон, абсолютная температура которого равна 250 К. Концентрацию аргона уменьшили в 1,5 раза, при этом его давление увеличилось в 2 раза. Определите установившуюся абсолютную температуру газа.

Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 18 В сосуде содержится неон, абсолютная температура которого равна 900 К. Концентрацию неона увеличили в 1,5 раза, при этом его давление уменьшилось в 3 раза. Определите установившуюся абсолютную температуру газа.

Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 19 При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

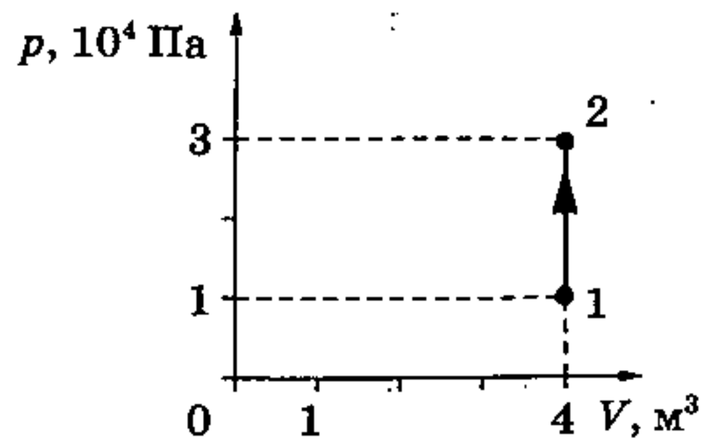
БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 20 При увеличении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова конечная температура газа?

Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

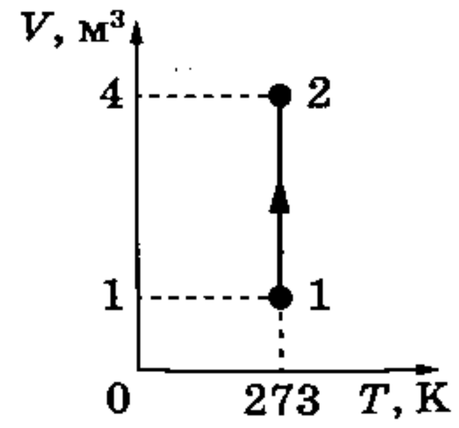
7 21 На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна 27 °С. Какая температура соответствует состоянию 2?



Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

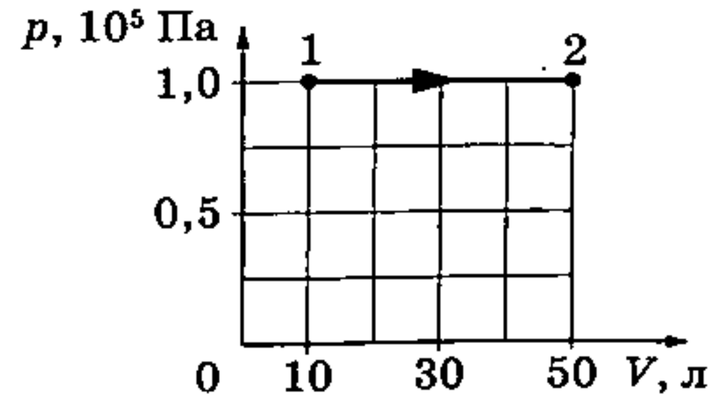
7 22 На рисунке представлен график зависимости объёма идеального газа от его температуры в некотором процессе. В состоянии 1 давление газа было равно нормальному атмосферному давлению. Какое давление соответствует состоянию 2, если масса газа остаётся неизменной?



Ответ: _____ кПа.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

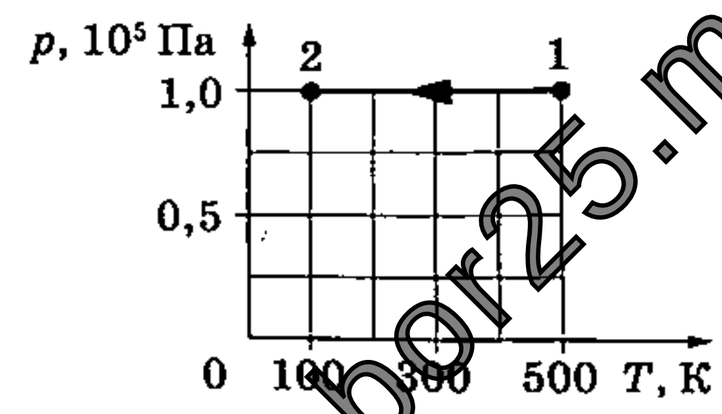
7 23 На рисунке приведён график процесса 1–2, в котором участвует неон. Абсолютная температура газа в состоянии 1 равна 200 К. Определите абсолютную температуру неона в состоянии 2.



Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 24 На рисунке приведён график процесса 1–2, в котором участвует аргон. Объём, занимаемый газом в состоянии 1, равен 15 л. Определите объём аргона в состоянии 2.



Ответ: _____ л.

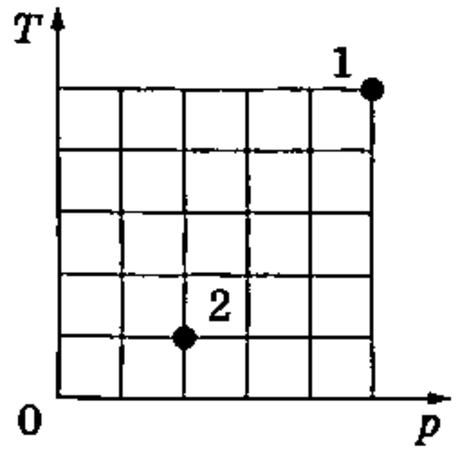
БЛАНК ОТВЕТОВ 7

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 25

В сосуде находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится объём газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?

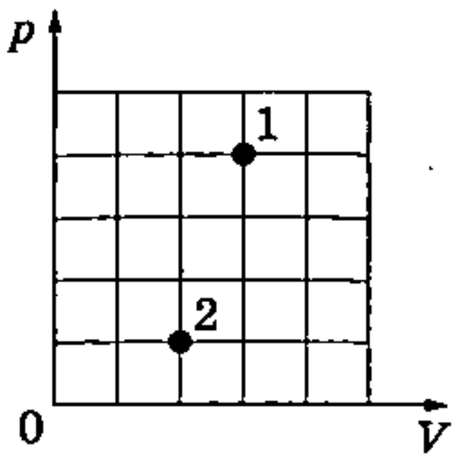


Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 26

В сосуде находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится абсолютная температура газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 27

Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре T и давлении p равен V_1. Объём 4 моль водорода при том же давлении и температуре $2T$ равен V_2. Чему равно отношение V_2/V_1? (Водород считать идеальным газом.)

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 28

Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре T и давлении p равен V_1. Объём 2 моль водорода при том же давлении и температуре $3T$ равен V_2. Чему равно отношение V_2/V_1? (Водород считать идеальным газом.)

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 29

Газ в цилиндре переводится из состояния A в состояние B так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния идеального газа, приведены в таблице:

	p, 10^5 Па	V, 10^{-3} м^3	T, К
состояние A	1,0	4	
состояние B	1,5	8	900

Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

7 30

Газ в цилиндре переводится из состояния A в состояние B, причём его масса не изменяется. Параметры, определяющие состояние идеального газа, приведены в таблице:

	p, 10^5 Па	V, 10^{-3} м^3	T, К
состояние A	1,0	4	300
состояние B		2	600

Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 7

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdor25.me

Задания 9 и 10

Что нужно знать	Что нужно уметь
Основное уравнение МКТ, связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул, уравнение Менделеева — Клапейрона, закон Дальтона, изопроцессы (стр. 174–176)	Анализировать изменение физических величин, характеризующих изопроцессы в идеальном газе, определять изменение физических величин (давление, объём, абсолютная температура, количество вещества, плотность газа и концентрация его молекул, средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа) в различных изопроцессах
Насыщенные и ненасыщенные пары. Относительная влажность воздуха (стр. 176)	Анализировать процессы, происходящие с насыщенным и ненасыщенным паром, определять изменение физических величин (концентрация молекул пара, давление пара, относительная влажность воздуха)

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Объём сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое и добавили в сосуд такое же количество того же газа. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Как изменились при этом следующие физические величины? 1) концентрация молекул газа; 2) плотность газа в сосуде; 3) давление газа в сосуде; 4) внутренняя энергия газа в сосуде
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) При уменьшении объёма сосуда в 2 раза концентрация газа увеличивается в 2 раза. После добавления такого же количества вещества в сосуд концентрация возрастёт ещё в 2 раза, т. е. суммарно увеличится в 4 раза. 2) Плотность газа пропорциональна его концентрации, следовательно, плотность также увеличится в 4 раза. 3) В соответствии с уравнением $p = nkT$ давление увеличилось в 4 раза, так как температура неизменна, а концентрация увеличилась в 4 раза. 4) Внутренняя энергия газа определяется по формуле $U = \frac{3}{2}\nu RT$. Так как температура газа не менялась, а количество вещества увеличилось в 2 раза (добавили такое же количество того же газа), то внутренняя энергия увеличилась в 2 раза

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой — 1 моль аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Сравните указанные ниже физические величины, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе. 1) Сравните внутреннюю энергию гелия в конечном и начальном состояниях. 2) Сравните внутренние энергии гелия и аргона в конечном состоянии. 3) Сравните концентрации газов в левой и правой частях сосуда. 4) Сравните давление газов в правой и левой частях сосуда
Возможное решение и ответ к заданию № 2	В левой части содержится 8 г гелия. Так как молярная масса гелия составляет 4 г/моль, то, следовательно, первоначально в левой части сосуда было 2 моль гелия. После установления равновесия гелий равномерно распределится по всему сосуду и в каждой части будет по 1 моль гелия. 1) Внутренняя энергия $U = \frac{3}{2}\nu RT$. Так как температура и количество вещества гелия в сосуде осталось неизменным, то внутренняя энергия гелия не изменилась. 2) Температуры газов равны. Количество вещества гелия в сосуде больше, чем количество вещества аргона. Поэтому внутренняя энергия гелия больше внутренней энергии аргона. Если сравнивать внутренние энергии газов в правой части сосуда после установления равновесия, то их внутренние энергии будут одинаковы, так как в этой части сосуда будет по 1 моль каждого газа. 3) После установления равновесия в левой части сосуда 1 моль гелия, а в правой — 2 моль газов. Следовательно, концентрация в правой части больше, чем в левой. 4) Так как объёмы частей сосуда одинаковы, а температуры газов равны, то в соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$) давление газа в каждой из частей будет пропорционально количеству вещества. В левой части 1 моль газа, а в правой — 2 моль, следовательно, в правой части давление будет в 2 раза больше, чем в левой
Задание № 3	В цилиндре под поршнем находятся воздух и ненасыщенный водяной пар. Поршень медленно перемещают вниз при постоянной температуре. Как будут изменяться: 1) концентрация молекул пара; 2) давление пара; 3) масса пара; 4) плотность пара; 5) относительная влажность воздуха в цилиндре?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Водяной пар находится в цилиндре, закрытом поршнем, его температура остаётся неизменной. При сжатии будут наблюдаться два процесса: сжатие ненасыщенного пара и затем сжатие насыщенного пара и выпадение росы. В первом случае масса пара будет оставаться постоянной, концентрация молекул пара будет увеличиваться, плотность будет расти, давление также будет увеличиваться, пока не станет равным давлению насыщенных паров при данной температуре. Относительная влажность воздуха будет увеличиваться, пока не достигнет 100 %. При сжатии насыщенного пара часть пара будет конденсироваться, его масса будет уменьшаться, концентрация молекул пара, его плотность и давление будут оставаться неизменными. Относительная влажность воздуха будет оставаться неизменной и равной 100 %

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

10 1

В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 3 моль первого газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов, если температура в сосуде поддерживалась неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилось 2) уменьшилось 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Суммарное давление газов

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10 2

В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль второго газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов, если температура в сосуде поддерживалась неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилось 2) уменьшилось 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Суммарное давление газов

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10 3

При исследовании изопроцессов используется закрытый сосуд переменного объёма, заполненный разреженным аргоном и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно увеличивают, сохраняя массу и температуру аргона в нём неизменной. Как изменяются при этом внутренняя энергия аргона в сосуде и его плотность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутренняя энергия аргона в сосуде	Плотность аргона в сосуде

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10 4

При исследовании изопроцессов используется закрытый сосуд переменного объёма, заполненный разреженным криптоном и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно уменьшают, сохраняя массу и температуру криптона в нём неизменной. Как изменяются при этом давление криптона в сосуде и его внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление криптона в сосуде	Внутренняя энергия криптона в сосуде

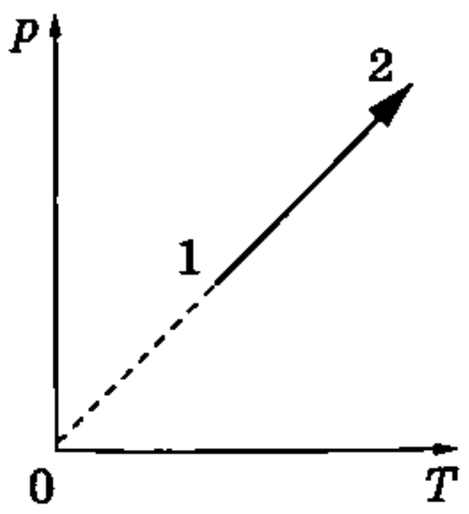
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

10
5

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2, график которого изображён на рисунке в координатах p–T (p — давление и T — абсолютная температура газа). Как изменяются в ходе этого процесса внутренняя энергия газа и его объём?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

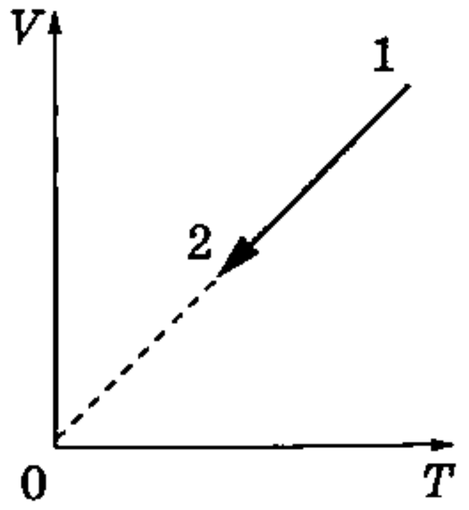
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутренняя энергия газа	Объём газа

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
6

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2, график которого изображён на рисунке в координатах V–T (V — объём и T — абсолютная температура газа). Как изменяются в ходе этого процесса внутренняя энергия газа и его давление?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

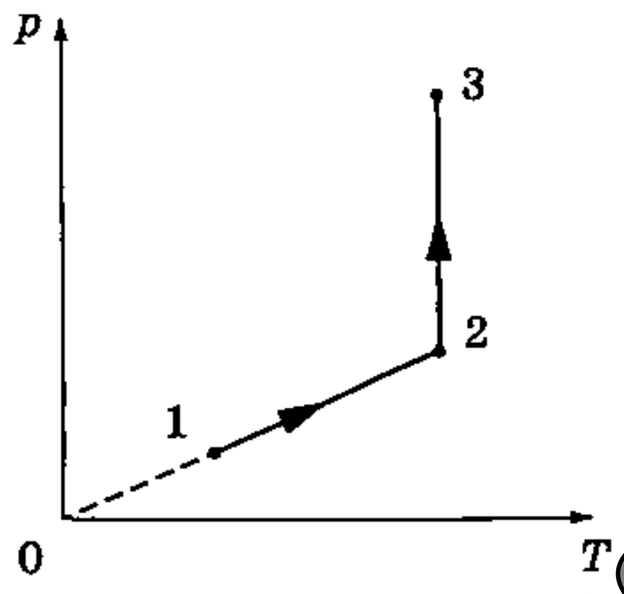
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутренняя энергия газа	Давление газа

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
7

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура газа. Как изменяются объём газа V в ходе процесса 1–2 и плотность газа ρ в ходе процесса 2–3?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа в ходе процесса 1–2	Плотность газа в ходе процесса 2–3

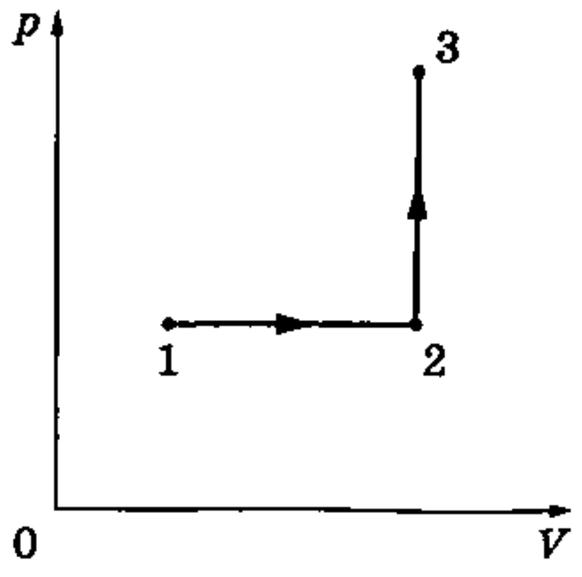
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdam25.me

10
8

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах p–V, где p — давление газа, V — объём газа. Как изменяются абсолютная температура газа T в ходе процесса 1–2 и плотность газа ρ в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Абсолютная температура газа в ходе процесса 1–2	Плотность газа в ходе процесса 2–3

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
9

1 моль одноатомного идеального газа изобарно охлаждают. Как изменяются при этом его объём и внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Внутренняя энергия газа

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
10

1 моль одноатомного идеального газа изобарно нагревают. Как изменяются при этом его объём и внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

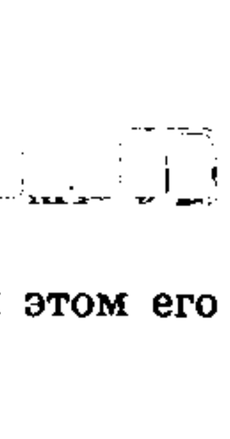
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Внутренняя энергия газа

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
11

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Из сосуда медленно выпускается половина массы газа при неизменной температуре. Как изменяются в результате этого объём газа и сила, действующая на поршень со стороны газа?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Сила, действующая на поршень со стороны газа

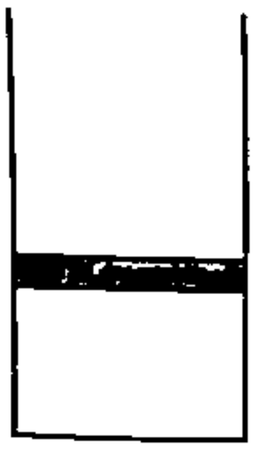
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

10
12

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). В сосуд закачивается ещё такое же количество газа при неизменной температуре. Как изменяются в результате этого давление газа и концентрация его молекул?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

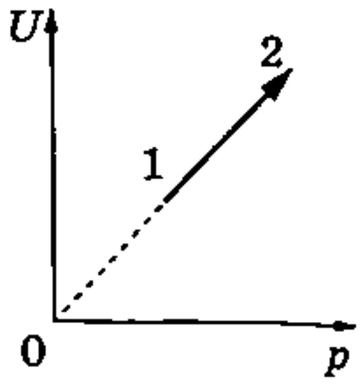
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа	Концентрация молекул газа

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

9
13

На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа (U — внутренняя энергия газа, p — его давление). Используя данные графика, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

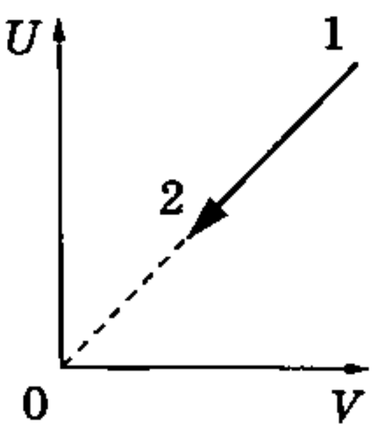


1) Концентрация молекул газа в ходе процесса уменьшается.
2) Объём газа в этом процессе остаётся неизменным.
3) Плотность газа в этом процессе увеличивается.
4) В ходе процесса газ расширяется.
5) Температура газа в ходе процесса повышается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9
14

На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа (U — внутренняя энергия газа, V — его объём). Используя данные графика, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

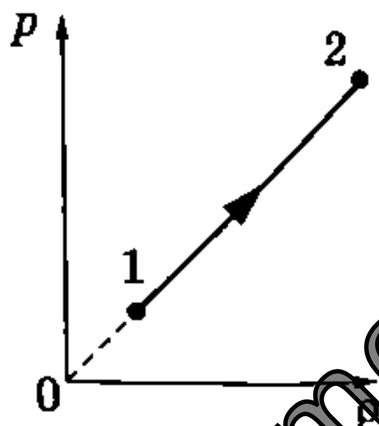


1) Концентрация молекул газа в ходе процесса увеличивается.
2) Объём газа в этом процессе остаётся неизменным.
3) Плотность газа в этом процессе уменьшается.
4) Давление газа в ходе процесса остаётся неизменным.
5) Температура газа в ходе процесса повышается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9
15

При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление газа p прямо пропорционально его плотности ρ (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшается.
2) Концентрация молекул газа уменьшается.
3) Абсолютная температура газа остаётся неизменной.
4) Происходит изотермическое сжатие газа.
5) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается.

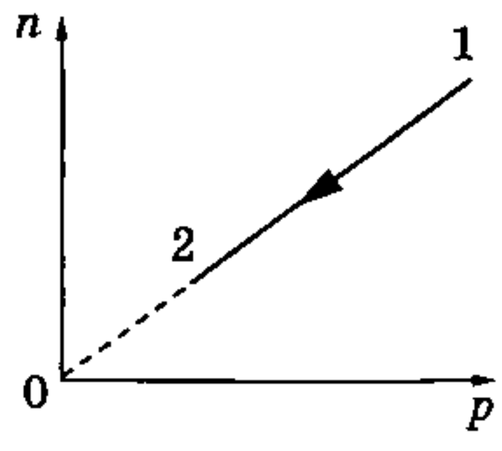
БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 16

При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул n прямо пропорциональна давлению p (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



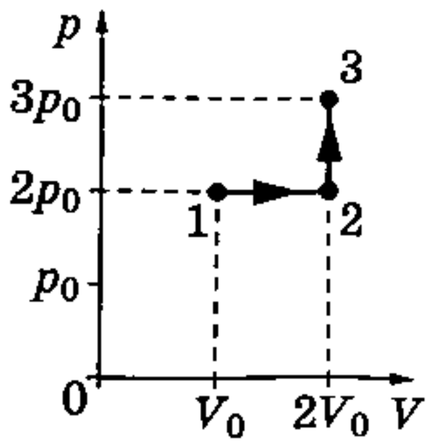
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
2) Плотность газа уменьшается.
3) Абсолютная температура газа увеличивается.
4) Происходит изотермическое сжатие газа.
5) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 17

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V. Масса газа в процессе остаётся постоянной.



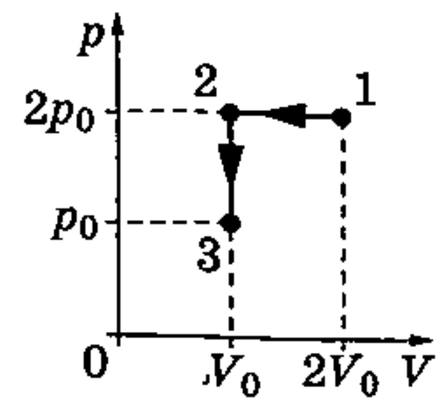
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

1) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 3.
2) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 1,5 раза.
4) Плотность газа минимальна в состоянии 1.
5) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается в 3 раза.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 18

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V. Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

1) Абсолютная температура газа минимальна в состоянии 2.
2) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 2 раза.
4) Концентрация газа минимальна в состоянии 1.
5) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа уменьшается в 4 раза.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 19

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 1 моль гелия, в правой — 40 г аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите **все** верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем аргона.
2) Отношение давления газов в правой части к давлению газа в левой части равно 1,5.
3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
4) Внутренняя энергия гелия и аргона одинакова.
5) В результате установления равновесия давление в правой части увеличилось в 3 раза.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

9
20

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой — 1 моль аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной.

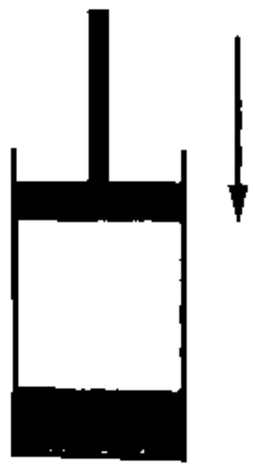
Выберите все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
3) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой части.
4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

10
21

В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как изменятся давление пара и масса жидкости при медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре, пока поршень не коснётся поверхности жидкости?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

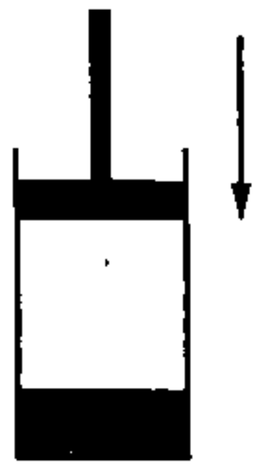
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление пара	Масса жидкости

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
22

В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как изменятся масса пара и давление пара при медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре, пока поршень не коснётся поверхности жидкости?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса пара	Давление пара

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
23

В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре находится воздух, содержащий ненасыщенный водяной пар. Температуру воздуха увеличивают на 20 К. Как изменятся при этом концентрация молекул воды и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация молекул воды в сосуде	Относительная влажность воздуха в сосуде

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

10 24

В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре долгое время находится влажный воздух. На стенках внутри сосуда видна обильная роса. Температуру воздуха медленно увеличивают на 20 К. Роса на стенках сосуда при этом не пропадает. Как изменяются при этом концентрация молекул водяного пара и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

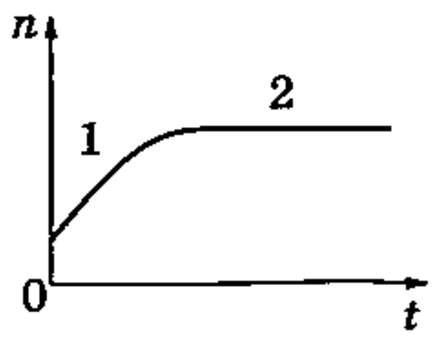
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация молекул водяного пара в сосуде	Относительная влажность воздуха в сосуде

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

9 25

В сосуде под поршнем находятся только пары аммиака. Поршень медленно и равномерно опускают, уменьшая объём сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем t концентрации n молекул паров аммиака внутри сосуда.



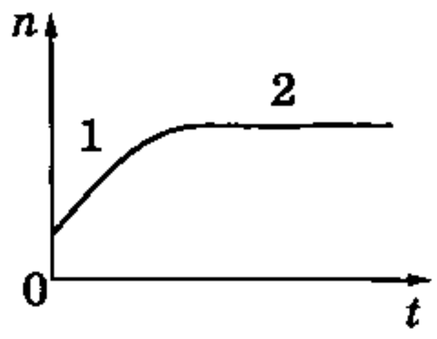
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно проводимого процесса.

1) На участке 1 плотность паров аммиака уменьшалась.
2) На участке 2 давление паров аммиака увеличивалось.
3) На участке 1 пар аммиака ненасыщенный, а на участке 2 — насыщенный.
4) На участке 1 давление паров аммиака увеличивалось.
5) На участке 2 плотность паров аммиака уменьшалась.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 26

В стеклянную колбу налили немного воды и закрыли её пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем t концентрации n молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно проводимого процесса.

1) На участке 1 плотность водяных паров увеличивалась.
2) На участке 2 давление водяных паров не менялось.
3) На обоих участках водяной пар ненасыщенный.
4) На участке 1 давление водяных паров уменьшалось.
5) На участке 2 плотность водяных паров уменьшалась.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 27

В понедельник и вторник температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в понедельник было меньше, чем во вторник.

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

1) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в понедельник была меньше, чем во вторник.
2) Относительная влажность воздуха в понедельник была меньше, чем во вторник.
3) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в понедельник и вторник была одинаковой.
4) Давление насыщенных водяных паров в понедельник было больше, чем во вторник.
5) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м^3 воздуха, в понедельник была больше, чем во вторник.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 28 В субботу и воскресенье температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в субботу было больше, чем в воскресенье.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

1) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в субботу была меньше, чем в воскресенье.
2) Относительная влажность воздуха в субботу была меньше, чем в воскресенье.
3) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в субботу была меньше, чем в воскресенье.
4) Давление насыщенных водяных паров в субботу и воскресенье было одинаковым.
5) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м^3 воздуха, в субботу была больше, чем в воскресенье.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 29 При одинаковой температуре 100 °С давление насыщенных паров воды равно 10^5 Па, аммиака — $59 \cdot 10^5$ Па и ртути — 37 Па.
Из предложенного перечня выберите **все** правильные утверждения, согласующиеся с этими данными.

1) При одном и том же внешнем давлении ртуть кипит при более высокой температуре, чем аммиак.
2) При одном и том же внешнем давлении температура кипения воды ниже, чем у аммиака.
3) Для нагревания 1 кг ртути до температуры кипения необходимо количество теплоты, равное 37 кДж.
4) При кипении в открытом сосуде давление насыщенных паров аммиака равно атмосферному давлению.
5) Аммиак закипит, когда давление его насыщенных паров превысит $59 \cdot 10^5$ Па.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 30 При одинаковой температуре 20 °С давление насыщенных паров воды равно 17,4 мм рт. ст., сероуглерода — 198 мм рт. ст., а эфира — 442 мм рт. ст.
Из предложенного перечня выберите **все** правильные утверждения, согласующиеся с этими данными.

1) При одном и том же внешнем давлении эфир кипит при более высокой температуре, чем сероуглерод.
2) При одном и том же внешнем давлении температура кипения воды выше, чем у сероуглерода.
3) Для нагревания 1 кг сероуглерода до температуры кипения необходимо количество теплоты, равное 198 кДж.
4) Эфир закипит, когда давление его насыщенных паров превысит 442 мм рт. ст.
5) При кипении в открытом сосуде давление насыщенных паров эфира равно атмосферному давлению.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

1 В сосуде содержится неон под давлением 100 кПа. Концентрацию неона уменьшили в 3 раза, а среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул увеличили в 6 раз. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

2 Сосуд с идеальным газом сжали, увеличив концентрацию молекул газа в 5 раз. Давление газа при этом возросло в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась абсолютная температура газа?

Ответ: в _____ раз(а).

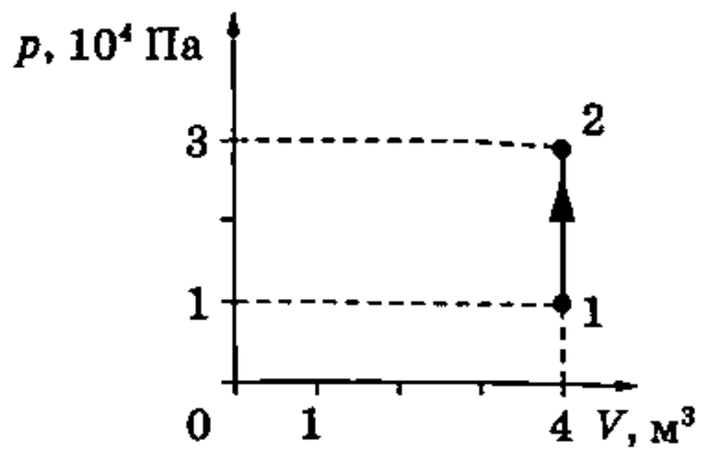
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3 Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — аргон. Температуры газов одинаковы. Определите отношение концентрации молекул неона к концентрации молекул аргона.

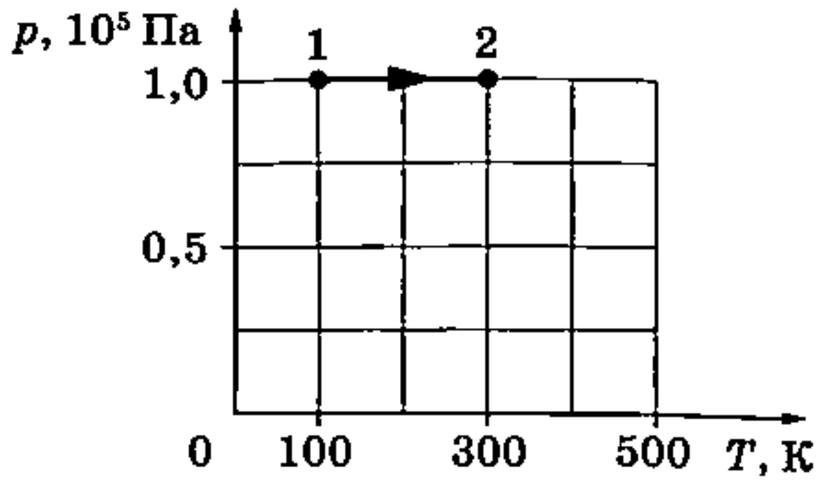
Ответ: _____.

4 На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 2 равна 627 °С. Какая температура соответствует состоянию 1?



Ответ: _____ К.

5 На рисунке приведён график процесса 1–2, в котором участвует 5 моль гелия. Объём, занимаемый газом в состоянии 1, равен 5 л. Определите объём гелия в состоянии 2.



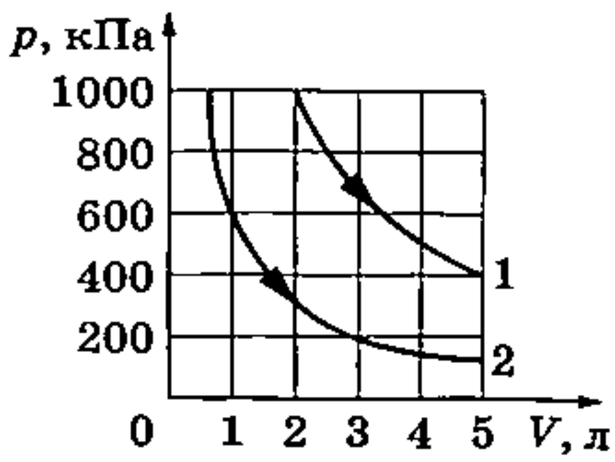
Ответ: _____ л.

6 При температуре T_0 и давлении p_0 1 моль идеального газа занимает объём 10 л. Каков объём 2 моль газа при том же давлении p_0 и температуре $2T_0$?

Ответ: _____ л.

7 На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой одноатомного идеального газа.

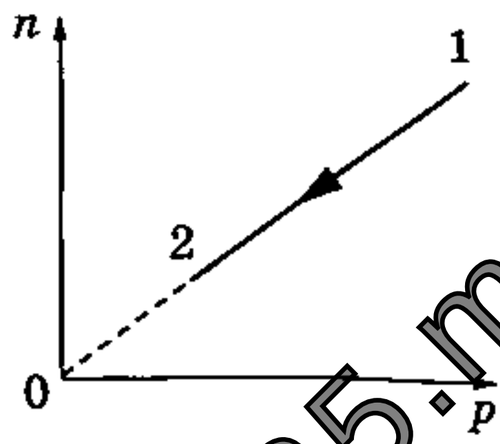
Выберите все верные утверждения о процессах, происходящих с газом.



1) В процессе 1 объём газа увеличивается.
2) В процессе 1 внутренняя энергия газа увеличивается.
3) Процесс 2 идёт при более высокой температуре.
4) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
5) Процесс 1 идёт при более высокой температуре.

Ответ: _____.

8 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул n прямо пропорциональна давлению p (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

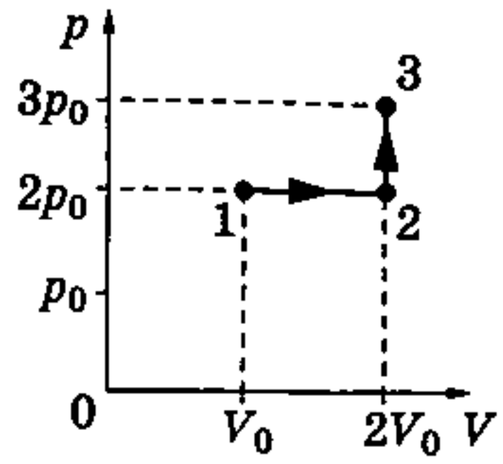
1) Абсолютная температура газа уменьшается.
2) Плотность газа остаётся неизменной.
3) Происходит изотермическое расширение газа.
4) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличивается.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

1) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 1.
2) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно увеличилась в 1,5 раза.
4) Плотность газа минимальна в состоянии 1.
5) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается в 6 раз.

Ответ: _____.

10 В сосуде под поршнем при комнатной температуре долгое время находятся вода и водяной пар. Масса воды равна массе пара. Объём сосуда медленно изотермически увеличивают в 3 раза.

Выберите все утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

1) Плотность пара в начале и в конце опыта одинакова.
2) Давление пара сначала было постоянным, а затем стало уменьшаться.
3) Концентрация пара в сосуде в начале опыта больше, чем в конце опыта.
4) В конечном состоянии давление пара в сосуде в 3 раза меньше первоначального.
5) Масса пара в сосуде не изменяется.

Ответ: _____.

11 В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль второго газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов, если температура в сосуде поддерживалась неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилось 2) уменьшилось 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Суммарное давление газов

12 В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре долгое время находится влажный воздух. На стенках внутри сосуда видна обильная роса. Температура воздуха медленно увеличивается на 40 К. Роса на стенках сосуда при этом полностью пропадает. Как изменяются при этом концентрация молекул водяного пара и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация молекул водяного пара в сосуде	Относительная влажность воздуха в сосуде

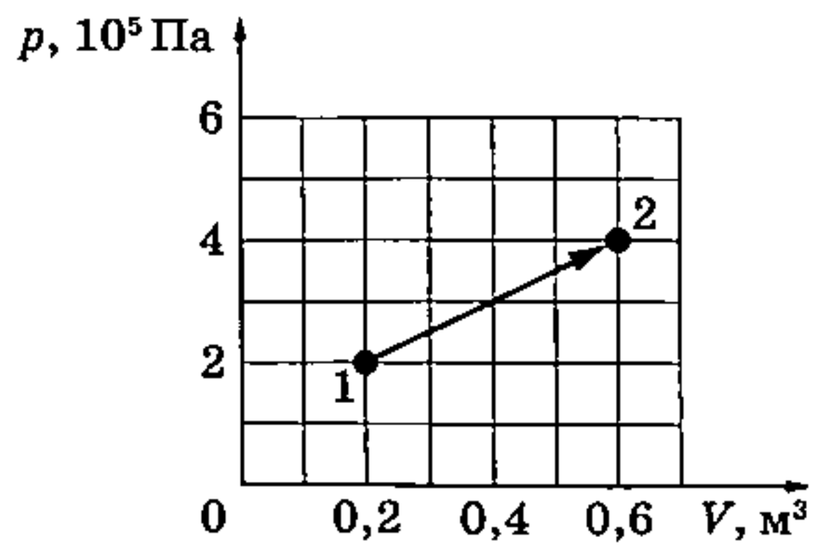
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 24

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

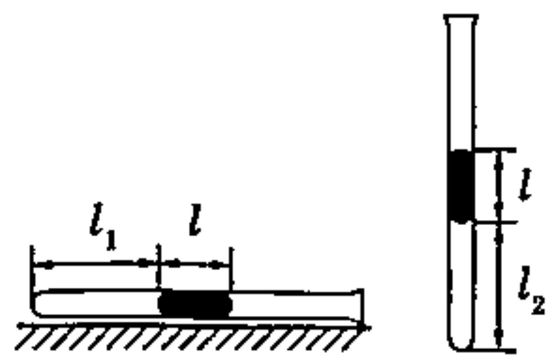
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В баллон закачивают воздух, одновременно нагревая его. При этом абсолютная температура воздуха в баллоне повысилась в 2 раза, а его давление возросло в 6 раз. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в баллоне?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для двух состояний воздуха в баллоне $$p_1V = \frac{m_1}{\mu}RT_1 \text{ и } p_2V = \frac{m_2}{\mu}RT_2.$$ В итоге получаем $\frac{p_2V}{p_1V} = \frac{m_2RT_2\mu}{\mu m_1RT_1} = \frac{m_2T_2}{m_1T_1} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{p_2}{p_1}\cdot\frac{T_1}{T_2} = 6\cdot\frac{1}{2} = 3.$ Ответ: в 3 раза
Задание № 2	Кислород в сосуде под поршнем перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок), при этом его абсолютная температура повысилась в 8 раз. Сквозь зазор между поршнем и стенками сосуда мог просачиваться газ. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул кислорода в сосуде в конце опыта к их числу в начале опыта. Кислород считать идеальным газом. 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для двух состояний кислорода в сосуде $$p_1V_1 = \frac{m_1}{\mu}RT_1 \text{ и } p_2V_2 = \frac{m_2}{\mu}RT_2.$$ Масса газа связана с количеством его молекул соотношением $\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$, где N_A — число Авогадро. В итоге получаем $\frac{p_2V_2}{p_1V_1} = \frac{m_2RT_2\mu}{\mu m_1RT_1} = \frac{N_2T_2}{N_1T_1} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2V_2}{p_1V_1}\cdot\frac{T_1}{T_2} = \frac{4\cdot10^5\cdot0{,}6}{2\cdot10^5\cdot0{,}2}\cdot\frac{1}{8} = 0{,}75.$ Ответ: $\frac{N_2}{N_1} = 0{,}75$
Задание № 3	В сосуде под поршнем находится 3 г водяного пара под давлением 50 кПа и при температуре 100 °С. Не изменяя температуры, объём сосуда уменьшили в 6 раз. Найдите массу образовавшейся при этом воды

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

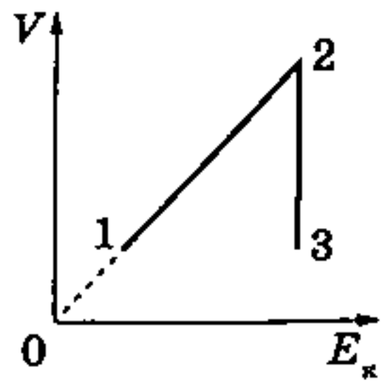
Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	При 100 °С давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению 100 кПа, так как при 100 °С в открытом сосуде закипает вода и образуется насыщенный водяной пар. Значит, первоначально водяной пар ненасыщенный ($p_1 < 100$ кПа), его можно считать идеальным газом. Следовательно, первоначально сжатие водяного пара приведёт к увеличению его давления до состояния насыщения: $p_2 = 100$ кПа $= 2p_1$. Для этого объём пара следует уменьшить в 2 раза. Давление насыщенного водяного пара не зависит от его объёма, поэтому дальнейшее его сжатие приведёт к частичной конденсации водяных паров. Таким образом, уменьшив объём насыщенного водяного пара в оставшиеся 3 раза, получим уменьшение массы водяного пара также в 3 раза. Значит, масса оставшегося пара $m_2 = \frac{m_1}{3} = 1$ г, при этом масса образовавшейся воды равна $m_B = m_2 - m_1 = 2$ г. Ответ: $m_B = 2$ г
Задание № 4	В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения (см. рисунок) находится столбик воздуха длиной $l_1 = 30{,}7$ см, запертый столбиком ртути. Если трубку поставить вертикально отверстием вверх, то длина воздушного столбика под ртутью будет равна $l_2 = 23{,}8$ см. Какова длина ртутного столбика? Атмосферное давление 747 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	1. Когда трубка расположена горизонтально, объём воздуха и его давление равны, соответственно, $V_1 = l_1 S$, где S — площадь сечения трубки; $p_1 = p_{атм}$. 2. Когда трубка расположена вертикально отверстием вверх, объём закрытой части трубки и давление воздуха в ней равны, соответственно, $V_2 = l_2 S$; $p_2 = p_{атм} + \rho g l$, где ρ — плотность ртути. 3. Так как $T = \text{const}$, получаем $p_1 V_1 = p_2 V_2$: $p_{атм} l_1 S = (p_{атм} + \rho g l) l_2 S$, откуда, учитывая, что $p_{атм} = \rho g l_0$, $l_0 = 747$ мм, получим $l = \frac{p_{атм}(l_1 - l_2)}{\rho g l_2} = \frac{747 \cdot (30{,}7 - 23{,}8)}{238} \approx 21{,}7$ см. Ответ: $l \approx 21{,}7$ см
Задание № 5	Для того чтобы совершить воздушный полёт, отважный мальчик решил использовать воздушные шары объёмом 10 л, наполненные гелием. Сколько воздушных шаров потребуется, чтобы поднять в воздух мальчика массой 40 кг при нормальном атмосферном давлении? Температура окружающего воздуха 28 °С. Массой оболочек шаров и их упругостью, а также силой Архимеда, действующей на мальчика, пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 5	Для того чтобы шарики подняли в воздух мальчика, необходимо, чтобы сила Архимеда, действующая на шарики, превышала силу тяжести, действующую на мальчика и гелий в шариках: $F_A \geq Mg + m_Г g$, где $F_A = \rho_B N V_0 g = m_B g$ — сила Архимеда, действующая на шарики, N — количество шариков, V_0 — объём одного шарика, ρ_B и m_B — соответственно плотность и масса вытесненного шариками атмосферного воздуха, $m_Г$ — масса гелия в шариках. Для атмосферного воздуха и гелия справедливо уравнение Менделеева — Клапейрона: $p_0 N V_0 = \frac{m_B}{\mu_B} RT$ и $p_0 N V_0 = \frac{m_Г}{\mu_Г} RT$, где p_0 — атмосферное давление, μ_B и $\mu_Г$ — молярные массы соответственно воздуха и гелия. Выражая массы газов, окончательно получим минимальное количество шаров $N \geq \frac{MRT}{p_0 V_0 (\mu_B - \mu_Г)} = \frac{40 \cdot 8{,}31 \cdot 301}{10^5 \cdot 0{,}01 (0{,}029 - 0{,}004)} \approx 4003$ шт. Ответ: $N \geq 4003$ шт.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 6	На графике представлена зависимость объёма постоянного количества молей одноатомного идеального газа от средней кинетической энергии теплового движения молекул газа. Опишите, как изменяются температура и давление газа в процессах 1–2 и 2–3. Укажите, какие закономерности Вы использовали для объяснения 
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного идеального газа $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона $V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{2\nu N_A \bar{E}_k}{3p}$, где N_A — число Авогадро. 2. На участке 1–2 объём изменяется прямо пропорционально средней кинетической энергии молекул. Следовательно, в соответствии с только что полученным равенством в этом процессе давление газа не изменяется. Поскольку средняя кинетическая энергия молекул на этом участке возрастает, температура газа увеличивается. 3. В процессе 2–3 средняя кинетическая энергия не изменяется; следовательно, температура газа остаётся постоянной. На участке 2–3 объём газа уменьшается при постоянной температуре. Следовательно, в этом процессе давление газа в соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона увеличивается. Ответ: на участке 1–2 давление газа не меняется, температура газа растёт. На участке 2–3 давление газа увеличивается, температура газа остаётся постоянной

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 При увеличении абсолютной температуры на 400 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул аргона увеличилась в 3 раза. Какова конечная температура газа?

Ответ: _____ К.

23 2 Неон нагревают в закрытом сосуде постоянного объёма так, что его температура изменяется на 200 К, а давление — в 1,5 раза. Найдите начальную абсолютную температуру газа.

Ответ: _____ К.

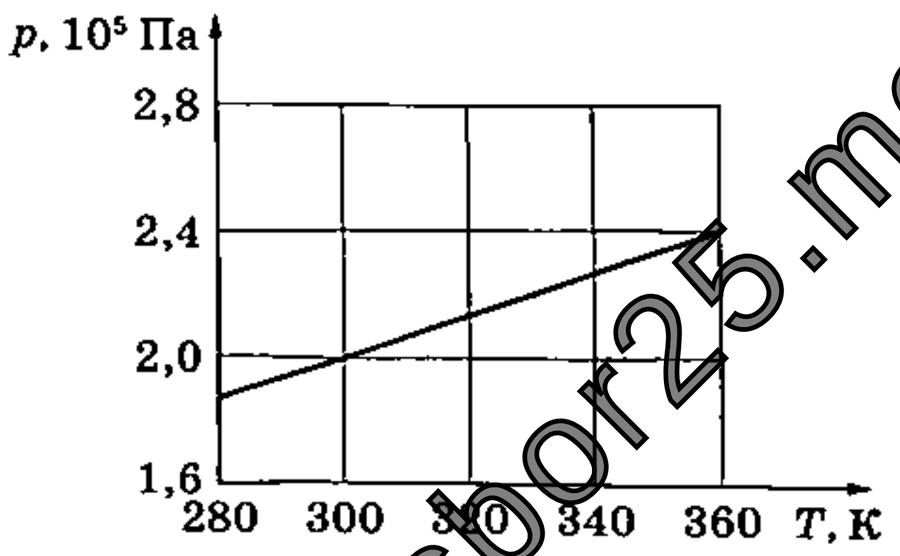
23 3 Воздух охлаждали в сосуде постоянного объёма. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде снизилась в 2,4 раза, а его давление уменьшилось в 1,6 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо и через него просачивался воздух. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а).

23 4 Определите плотность воздуха, находящегося в баллоне при температуре 17 °С под давлением 200 кПа. Ответ в кг/м^3 округлите до десятых.

Ответ: _____ кг/м^3.

23 5 На рисунке показан график изменения давления 320 г неона при изохорном нагревании. Каков объём газа? Ответ в м^3 округлите до десятых.



Ответ: _____ м^3.

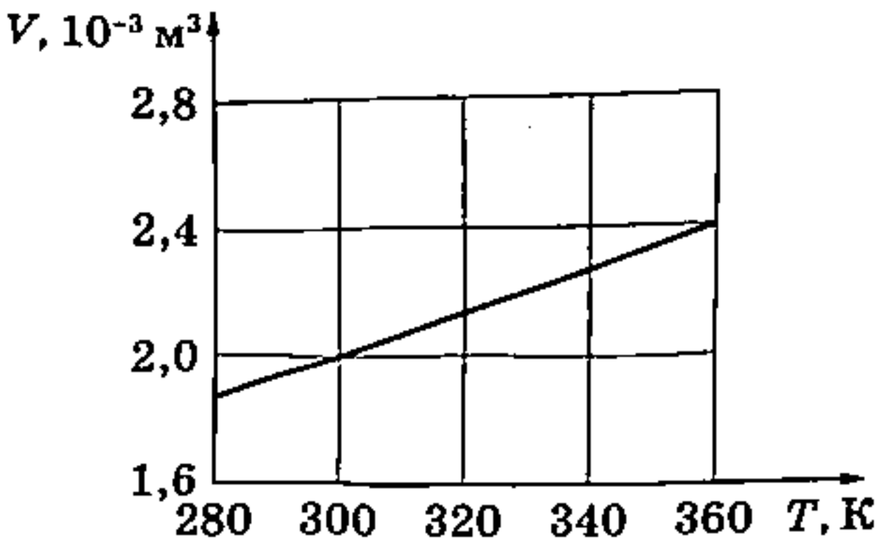
© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

23 6

На рисунке показан график изменения давления 8 г аргона при изобарном нагревании. Чему равно давление газа? Ответ в кПа округлите до целых.

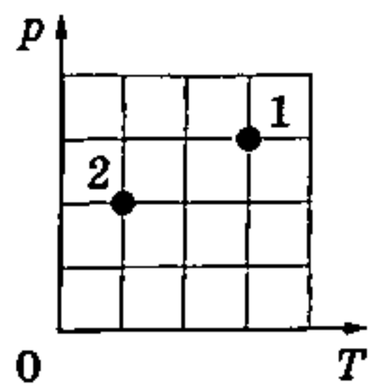
Ответ: _____ кПа.



23 7

Идеальный газ, находящийся в сосуде под поршнем, переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок, где p — давление газа, T — его абсолютная температура). Масса газа в сосуде остаётся постоянной. Найдите отношение объёмов газа V_2/V_1.

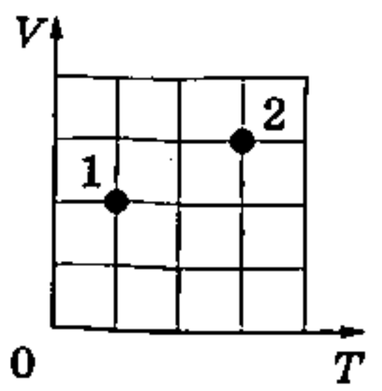
Ответ: _____.



23 8

Идеальный газ, находящийся в сосуде под поршнем, переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок, где V — объём газа, T — его абсолютная температура). Масса газа в сосуде остаётся постоянной. Найдите отношение давлений газа p_2/p_1.

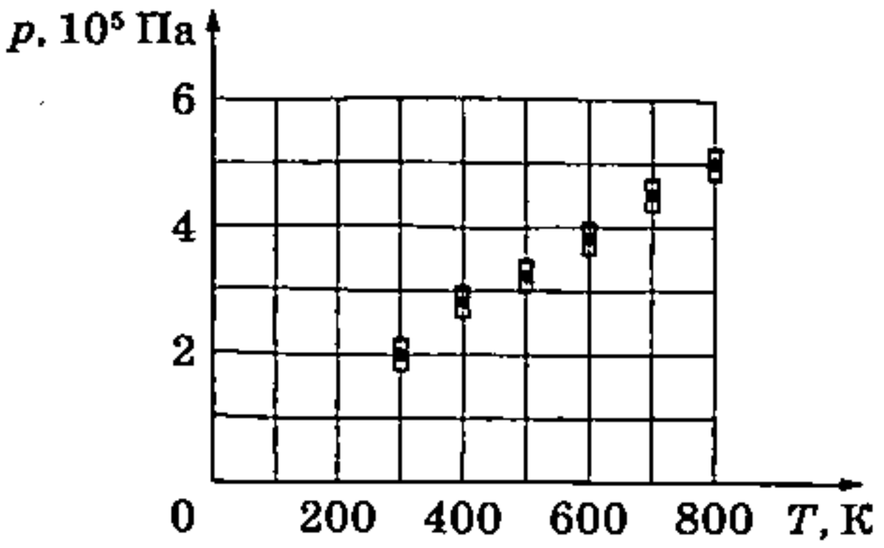
Ответ: _____.



23 9

На рисунке показаны результаты измерения давления 4 г водорода при изохорном повышении его температуры. Погрешность измерения температуры $\Delta T = \pm 10$ К, давления $\Delta p = \pm 2 \cdot 10^4$ Па. Чему равен объём газа? Ответ в литрах (л) округлите до целых.

Ответ: _____ л.

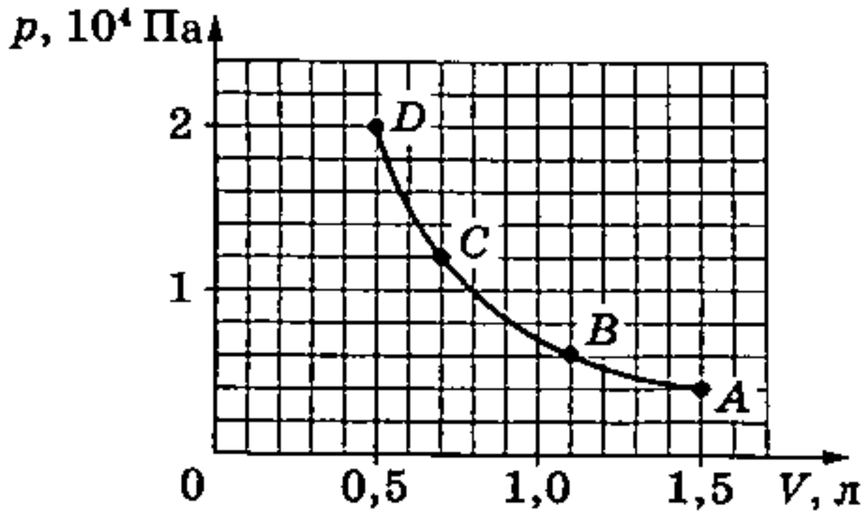


23 10

На рисунке представлен график зависимости давления некоторой постоянной массы кислорода от его объёма в адиабатном процессе.

В исходном состоянии (точка A) температура газа равна 300 К. Какую температуру будет иметь кислород при возрастании давления на $0,8 \cdot 10^4$ Па?

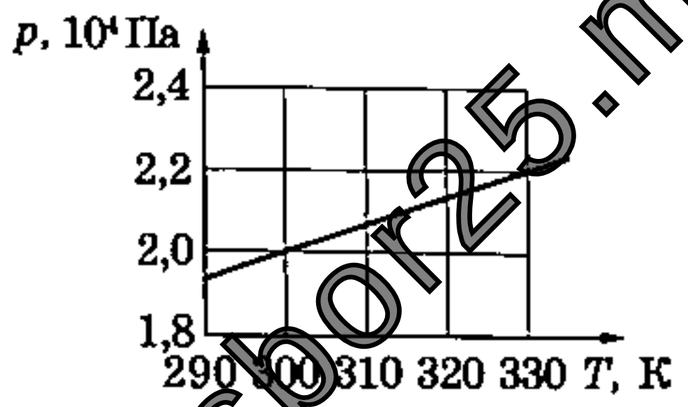
Ответ: _____ К.



23 11

На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Объём сосуда равен 0,25 м³. Какое количество газообразного вещества содержится в этом сосуде? Ответ в моль округлите до целых.

Ответ: _____ моль.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

21
12 На рисунке 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его давления p в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса на рисунке 2 в переменных p–V. Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

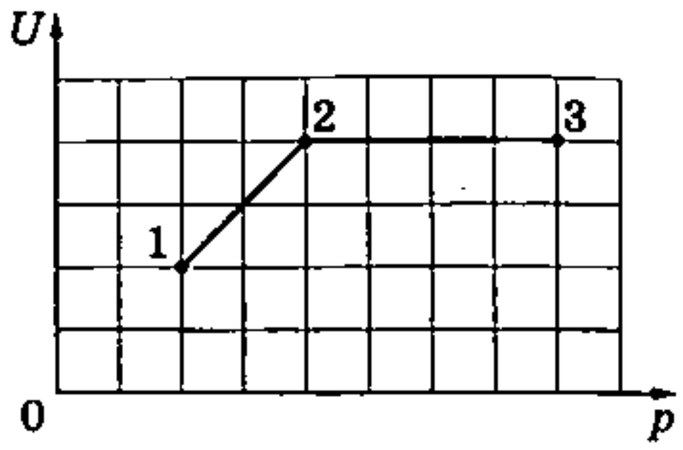


Рис. 1

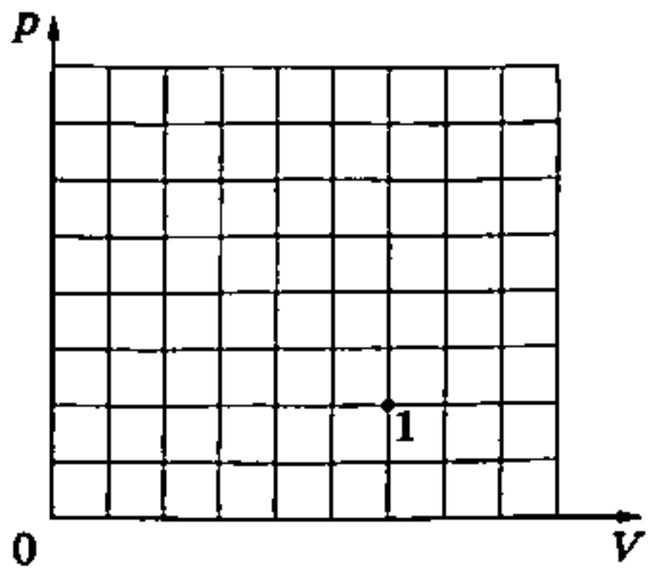


Рис. 2

24
13 Со дна озера, имеющего глубину $H = 20$ м, медленно поднимается пузырёк воздуха. У дна озера пузырёк имел объём $V_1 = 1$ мм^3. Определите объём пузырька V_2 на глубине $h = 1$ м от поверхности воды. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силы поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

24
14 В запаянной с одного конца стеклянной трубке, расположенной горизонтально, находится столбик воздуха длиной $l_1 = 30{,}7$ см, запертый столбиком ртути (см. рис. 1). Если трубку закрепить вертикально отверстием вниз, то длина воздушного столбика над ртутью будет равна $l_2 = 43{,}2$ см (см. рис. 2). Какова длина l ртутного столбика? Атмосферное давление 747 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной.

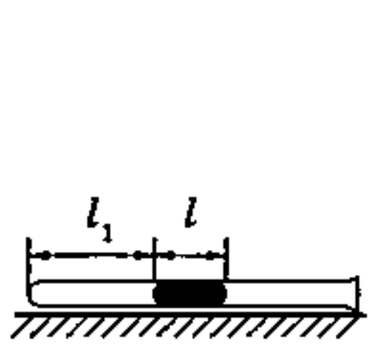


Рис. 1

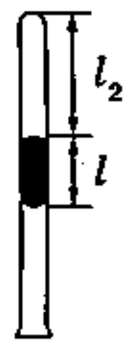
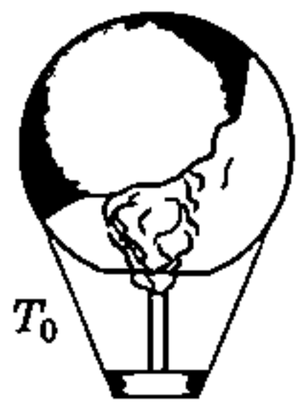


Рис. 2

24
15 Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м^3, наполняется при нормальном атмосферном давлении горячим воздухом, нагретым до температуры $T = 265$ °C. Определите максимальную температуру T_0 окружающего воздуха, при которой шар начнёт подниматься. Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



23
16 В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 20 °C находится 6,9 г водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха. Ответ в процентах округлите до целых.

t, °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ρ, 10^{-2} кг/м^3	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ %.

23
17 Днём при температуре 24 °C относительная влажность воздуха равна 80 %. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите, сколько воды сконденсируется из одного кубического метра воздуха, если вечером температура понизится до 16 °C. Ответ в граммах округлите до целых.

t, °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ρ, 10^{-2} кг/м^3	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ г.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 18 В сосуде под поршнем находится 10 г водяного пара под давлением 25 кПа и при температуре 100 °С. Не изменяя температуры, объём сосуда уменьшили в 8 раз. Найдите массу пара, оставшегося после этого в сосуде.

Ответ: _____ г.

21 19 После влажной уборки парциальное давление водяного пара в комнате возросло, при этом температура воздуха не изменилась. Как изменились относительная влажность воздуха и плотность водяных паров в комнате? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

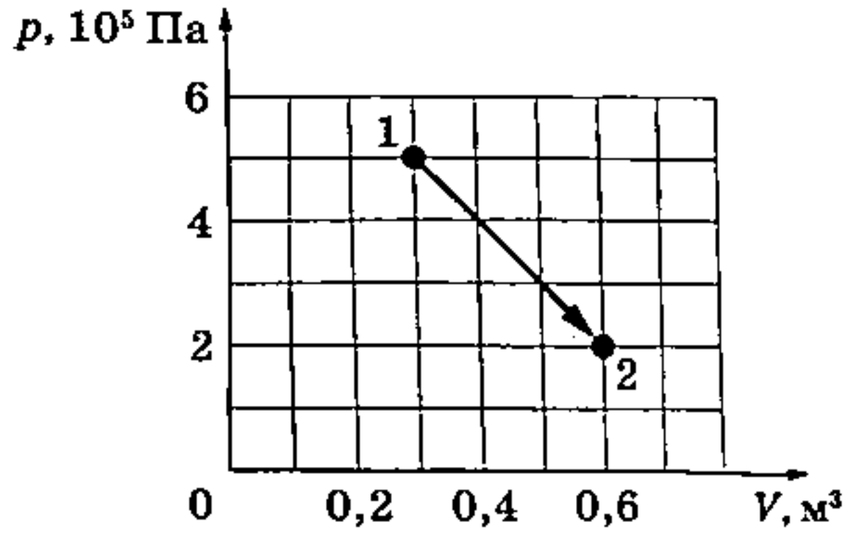
24 20 В комнате размерами 6 м × 5 м × 3 м, в которой воздух имеет температуру 20 °С и относительную влажность 35 %, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,36 кг/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна 70 %? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20 °С равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

1 Один моль гелия находится в закрытом сосуде. Газ изохорно охлаждают, при этом его абсолютная температура уменьшается в 1,25 раза, а давление — на 100 кПа. Каково первоначальное давление газа?

Ответ: _____ кПа.

2 Воздух в сосуде под поршнем перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок), при этом абсолютная температура воздуха повысилась в 1,6 раза. Сквозь зазор между поршнем и стенками сосуда мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце опыта к их числу в начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



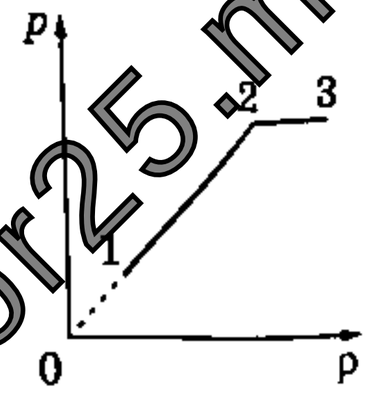
Ответ: _____.

3 Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите, сколько воды необходимо испарить, чтобы в комнате размерами 4 × 5 × 3 м³ при температуре 18 °С повысить относительную влажность воздуха на 25 %.

t, °С	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ρ, 10^{-2} кг/м³	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ г.

4 На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

5 **В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещён столбик ртути длиной d, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку положили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на 60 К. В результате объём, занимаемый воздухом, стал прежним. Температура воздуха в лаборатории 300 К, а атмосферное давление составляет 750 мм рт. ст. Какова длина столбика ртути d?**

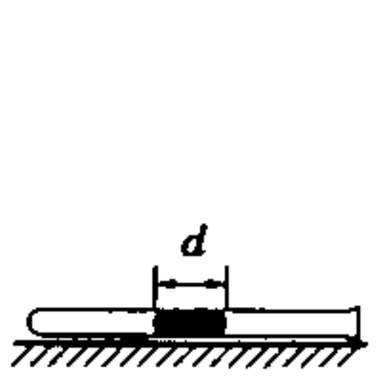


Рис. 1

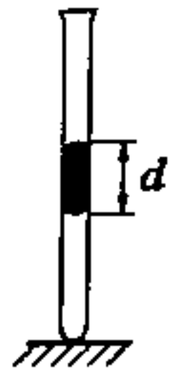


Рис. 2

6 **Два баллона объёмами 10 и 20 л содержат 2 моль кислорода и 1 моль азота соответственно при температуре 28 °С. Какое давление установится в баллонах, если их соединить между собой? Температуру газов считать неизменной.**

● ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 7. ТЕРМОДИНАМИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тепловое равновесие и температура. На основе экспериментальных данных в термодинамику введён постулат транзитивности теплового равновесия: если тела A и B находятся в тепловом равновесии друг с другом и при этом тела B и C тоже находятся в тепловом равновесии друг с другом, то и тела A и C находятся в тепловом равновесии друг с другом. Для отображения этого постулата вводится физическая величина — температура t, одинаковая у тел, находящихся в тепловом равновесии друг с другом. Действительно:

1) пусть тела A и B находятся в тепловом равновесии друг с другом; тогда $t_A = t_B$,

2) пусть тела B и C находятся в тепловом равновесии друг с другом; тогда $t_B = t_C$.

Из 1) и 2) вытекает, что $t_A = t_C$, и, следовательно, тела A и C находятся в тепловом равновесии друг с другом. Таким образом, справедливость постулата транзитивности теплового равновесия подтверждена.

Внутренняя энергия обычно определяется как среднее значение механической энергии покоящегося тела как системы микрочастиц.

Поэтому во внутреннюю энергию включаются средняя кинетическая энергия частиц, образующих тело, средняя потенциальная энергия взаимодействия этих частиц друг с другом и средняя потенциальная энергия этих частиц во внешних полях, воздействующих на тело. Вместе с тем в школьном курсе физики обычно вклад внешних полей не рассматривается и даже не упоминается.

В механике изменение механической энергии системы связано с совершением работы. В термодинамике известен способ изменения внутренней энергии тела и в том случае, когда работа не совершается. Этот способ — **теплопередача**. При этом энергия самопроизвольно передаётся от более горячего тела к более холодному. **Конвекция** — теплопередача, связанная с переносом вещества в струях, потоках и т. п. Теплопередача может происходить также благодаря **теплопроводности** материальных тел — их способности передавать энергию благодаря тепловому движению частиц, образующих тело. Теплопередача может происходить и через электромагнитное **излучение**. В этом случае теплопередача происходит и в вакууме, что невозможно при конвекции и теплопроводности.

Количество теплоты — энергия, переданная телу при теплообмене.

При этом температура тела изменяется, за исключением случая изотермического процесса. Поэтому для описания поведения вещества, из которого состоит тело, при теплообмене вводится **удельная теплоёмкость вещества** c. При малом количестве теплоты Q, переданном телу массой m, его температура изменяется на малую величину ΔT, так что

$$Q = cm\Delta T.$$

Если $c = \text{const}$ на большом интервале температур, то в пределах этого интервала та же формула описывает взаимосвязь конечного Q с конечным ΔT. Примером такого вещества может служить вода в интервале температур от 0 до 100 °C. На этом интервале температур относительные изменения удельной теплоёмкости воды не превышают 1 %, поэтому во многих задачах можно считать $c = \text{const}$.

Для описания процессов теплообмена вводятся и другие удельные величины, описывающие свойства вещества (Q — количество теплоты, m — масса тела).

© ООО «Издательство «Национальное образование»

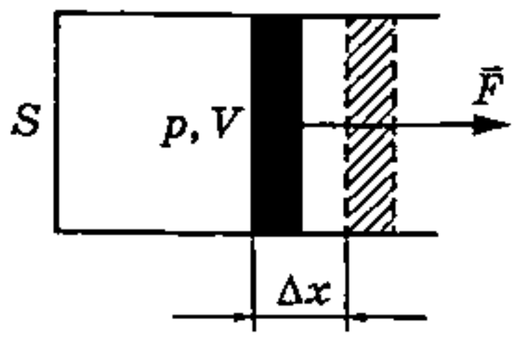
sbor25.me

Удельная теплота парообразования r: $Q = rm$.

Удельная теплота плавления λ: $Q = \lambda m$.

Удельная теплота сгорания топлива q: $Q = qm$.

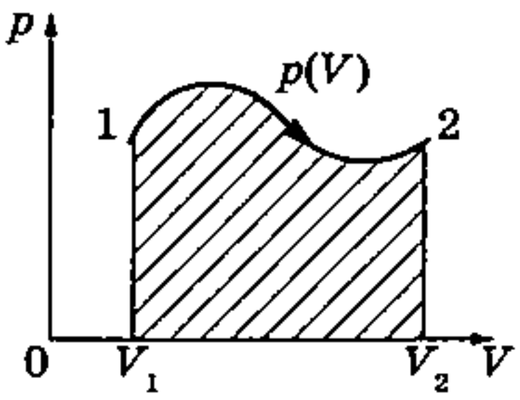
Из выражения для элементарной работы силы в механике следует (см. рисунок) **выражение для элементарной работы в термодинамике:**



$$A = F\Delta x = (pS)\Delta x = p(S\Delta x) = p\Delta V.$$

Вычисление работы по графику процесса на pV-диаграмме.

Из выражения для элементарной работы следует, что при конечном изменении состояния газа его работа численно равна площади криволинейной трапеции (заштрихована на рисунке) под графиком процесса $p(V)$ на pV-диаграмме. Эта площадь берётся с плюсом при расширении газа и с минусом при его сжатии.



Первый закон термодинамики: при переходе термодинамической системы из состояния 1 в состояние 2

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}, \text{ где } \Delta U_{12} = U_2 - U_1.$$

Это равенство выражает закон сохранения энергии в процессе перехода из 1 в 2, но содержит и другую — новую и принципиально важную информацию: внутренняя энергия U играет в этом равенстве особую роль, что видно даже по обозначениям.

Первый закон термодинамики постулирует, что внутренняя энергия любой термодинамической системы *является функцией состояния* и поэтому не зависит от того, как система попала в это состояние. Вследствие этого изменение ΔU_{12} внутренней энергии не зависит от выбора перехода из состояния 1 в состояние 2. В противоположность этому величины Q_{12} и A_{12} *не являются функциями состояния*, потому что *зависят* от выбора перехода из 1 в 2 (это видно по графику, рассмотренному выше, где из состояния 1 можно перейти в состояние 2, используя разные зависимости $p(V)$ и получая вследствие этого разные результаты для работы). Отметим, что функциями состояния являются давление, объём, температура и многие другие термодинамические величины.

Второй закон термодинамики для обратимых процессов (т. е. процессов, составленных из равновесных состояний): через заданное равновесное состояние проходит только одна равновесная адиабата.

Существуют другие равносильные формулировки.

Адиабата — это процесс, в котором на любом шаге теплообмен отсутствует. Иными словами, на любом шаге $1 \Rightarrow 2$ $Q_{12} = 0$.

Эта формулировка второго закона термодинамики не должна удивлять: через заданное равновесное состояние проходит также только одна изохора, только одна изобара и только одна изотерма. Таким образом, адиабата имеет важное сходство с изопроцессами.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

5ber25.me

Второй закон термодинамики для необратимых процессов (одна из равносильных формулировок): положительное количество теплоты самопроизвольно (без совершения работы и без обмена частицами) переходит от более горячего тела к более холодному телу.

Это подтверждается повседневным опытом. В этой формулировке содержится утверждение о необратимости процессов самопроизвольного перехода термодинамических систем к равновесию. Действительно, встречного процесса *самопроизвольного* перехода теплоты от холодного тела к горячему никто не наблюдал. Вместе с тем это не противоречит работе холодильника, стоящего на кухне. Да, в холодильнике или в морозильной камере положительное количество теплоты переходит как раз от более холодного тела (камеры с продуктами) к более горячему телу (радиатору и окружающему воздуху). Но происходит это *не самопроизвольно, а в результате работы* мотора. Холодильник — пример теплового насоса, работа которого происходит в полном соответствии с законами термодинамики.

В качестве **теплового двигателя** рассмотрим циклически работающее устройство, в котором энергия, поступающая к рабочему телу через теплообмен от нагревателя, затрачивается на совершение механической работы. Вследствие второго закона термодинамики для обратимых и для необратимых процессов поступившая через теплообмен энергия не может целиком превратиться в механическую работу, поэтому в составе теплового двигателя есть ещё и холодильник, забирающий часть поступившей от нагревателя энергии.

Исходя из первого закона термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, получим, что за цикл $\Delta U_{\text{за цикл}} = 0$, поэтому $A_{\text{за цикл}} = Q_{\text{за цикл}}$. Таким образом, тепловой двигатель работает только за счёт теплообмена с нагревателем и холодильником, в строгом соответствии с законом сохранения энергии.

Разобьём цикл на множество маленьких шагов. Соберём все положительные количества теплоты, полученные на этих шагах, в сумму, которую назовём, естественно, количеством теплоты $Q_{\text{нагр}}$, полученным от нагревателя. Сумму *полученных* отрицательных количеств теплоты, *взятую со знаком «минус»*, назовём количеством теплоты, *отданным* холодильнику: $|Q_{\text{хол}}|$.

Тогда

$$A_{\text{за цикл}} = Q_{\text{за цикл}} = Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{хол}}|.$$

Как обычно, введём **КПД теплового двигателя** η как отношение полезного результата $A_{\text{за цикл}}$ к затратам $Q_{\text{нагр}}$:

$$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}}.$$

Судя по этой формуле, из первого закона термодинамики следует, что КПД любого теплового двигателя не превосходит единицы, причём $\eta = 1$ при $|Q_{\text{хол}}| = 0$. Второй закон термодинамики требует, чтобы $|Q_{\text{хол}}| > 0$. Это налагает на величину КПД дополнительные ограничения (см. ниже).

Из второго закона термодинамики следует, что самый выгодный способ теплообмена рабочего тела с нагревателем и с холодильником — это теплообмен на изотерме. Поэтому самый высокий КПД цикла, в котором у рабочего тела максимальная температура равна $T_{\text{нагр}}$, а минимальная температура равна $T_{\text{хол}}$, будет у цикла Карно, состоящего из двух изотерм (одна — при температуре $T_{\text{нагр}}$, другая — при температуре $T_{\text{хол}}$) и двух адиабат.

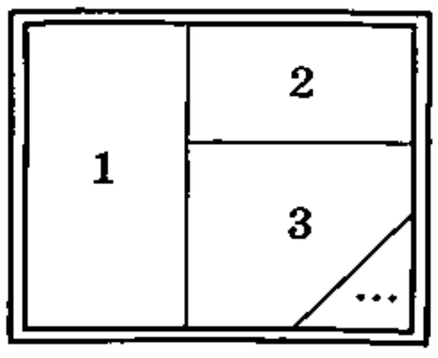
КПД цикла Карно не зависит от выбора рабочего тела и равен

$$\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}.$$

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Поскольку $T_{нагр} > T_{хол} > 0$, то при заданных максимальной и минимальной температурах рабочего тела в произвольном цикле его КПД $\eta \leq \eta_{max} < 1$.



Если термодинамическая система теплоизолирована от внешнего мира и состоит из нескольких частей, между которыми возможен теплообмен (см. рисунок), то, задав начальные состояния всех частей системы, можно найти её равновесное состояние. Для этого используется **уравнение теплового баланса**, следующее из первого закона термодинамики и отражающее тот факт, что подсистемы могут участвовать в теплообмене, но нет теплообмена системы в целом с внешним миром:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots = 0.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

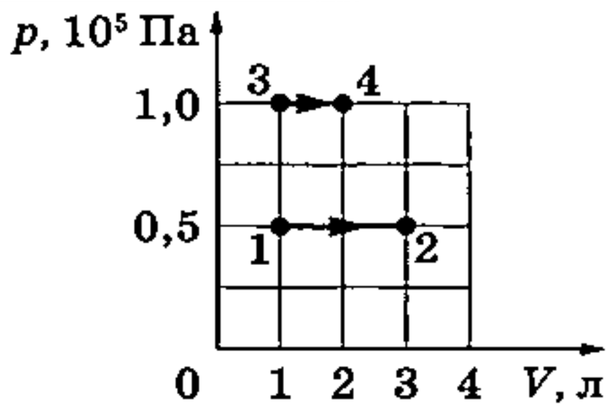
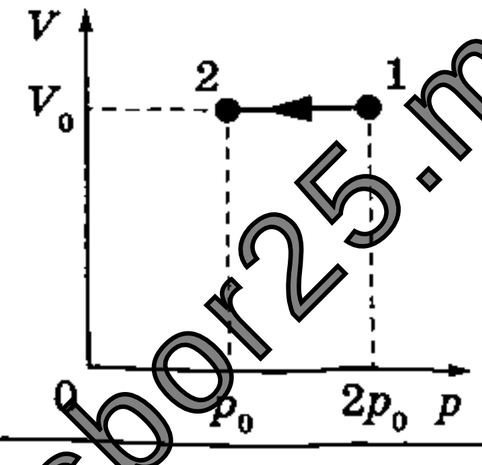
sbor25.me

ЗАДАНИЕ 8

Что нужно знать	Что нужно уметь
Элементарная работа в термодинамике (стр. 204)	Определять работу газа в изобарном процессе по формуле $A = p\Delta V$ и с использованием pV-диаграммы
Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ (стр. 204)	Применять первый закон термодинамики к различным процессам
КПД теплового двигателя (стр. 205)	Применять формулы для расчёта КПД теплового двигателя

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На рисунке показано расширение газообразного гелия двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение $\frac{A_{12}}{A_{34}}$ работ газа в процессах 1–2 и 3–4 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Гелий расширяется в обоих случаях изобарно. Следовательно, работа определяется по формуле $A = p\Delta V$ и равна площади прямоугольника под графиком $p(V)$. В данном случае обе площади одинаковы, следовательно, и работы равны: $A_{12} = A_{34}$. Ответ: 1
Задание № 2	На Vp-диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального газа. Внутренняя энергия газа уменьшилась на 30 кДж. Какое количество теплоты отдал газ в этом процессе? 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

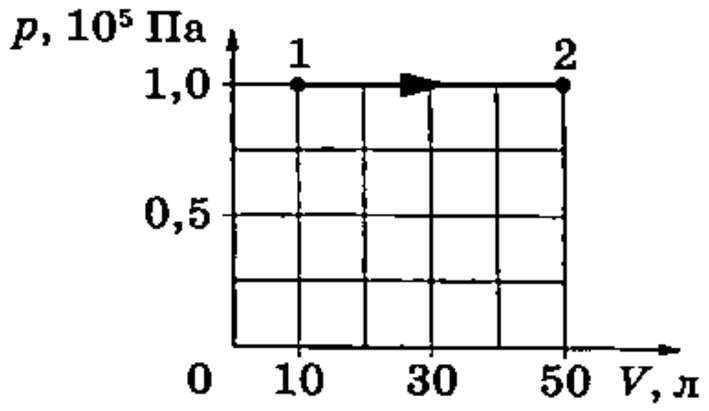
sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	На графике изображён процесс изохорного охлаждения ($V = \text{const}$, $\frac{p}{T} = \text{const}$). В этом процессе работа газа равна нулю. В соответствии с первым законом термодинамики в этом случае газ отдаёт положительное количество теплоты только за счёт уменьшения внутренней энергии. Следовательно, газ в этом процессе отдал количество теплоты, равное 30 кДж. Ответ: 30 кДж
Задание № 3	У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя 227 °С, а температура холодильника 27 °С. Определите КПД теплового двигателя
Возможное решение и ответ к заданию № 3	КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно, определяется по формуле $$\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}.$$ По условию задания $$T_{\text{нагр}} = 227 + 273 = 500 \text{ К},$$ $$T_{\text{хол}} = 27 + 273 = 300 \text{ К}.$$ Следовательно, $$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 0,4 = 40\ \%.$$ Ответ: 40 %

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

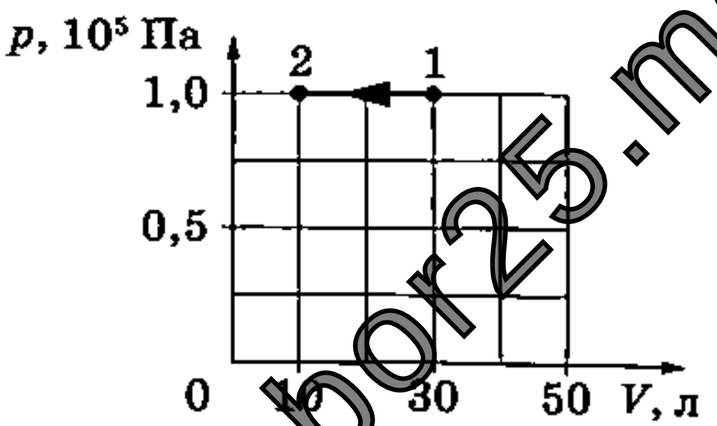
8 1 Газ участвует в процессе 1–2, график которого показан на рисунке. Какую работу совершил газ в этом процессе?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 2 Газ участвует в процессе 1–2, график которого показан на рисунке. Какую работу совершили над газом в этом процессе?



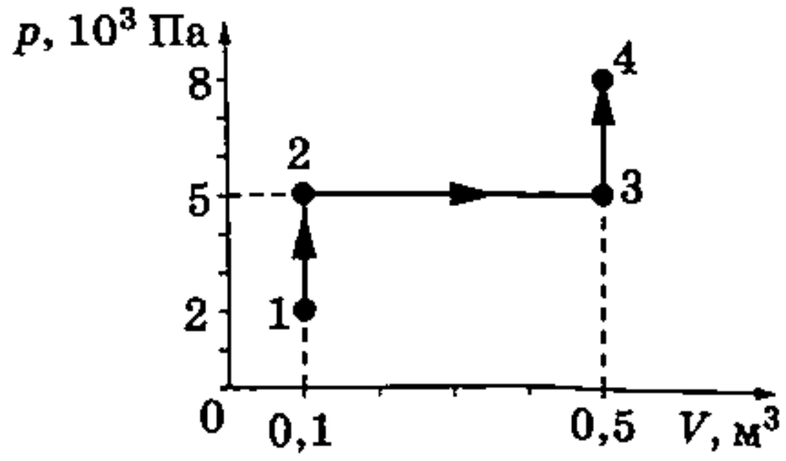
Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

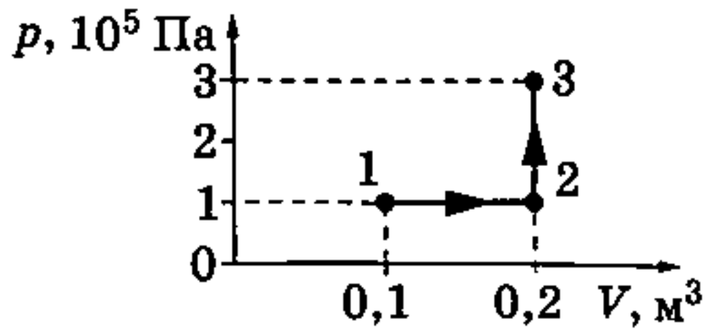
8 3 Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 4 (см. рисунок)?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

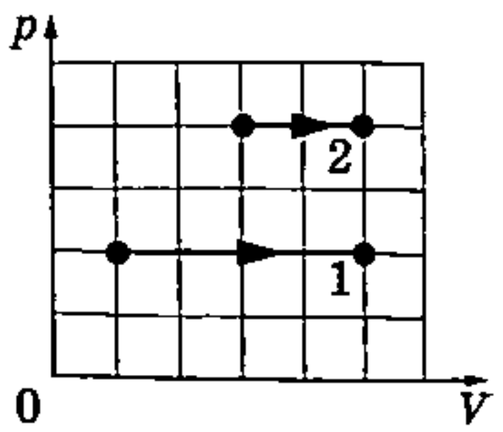
8 4 Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3 (см. рисунок)?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

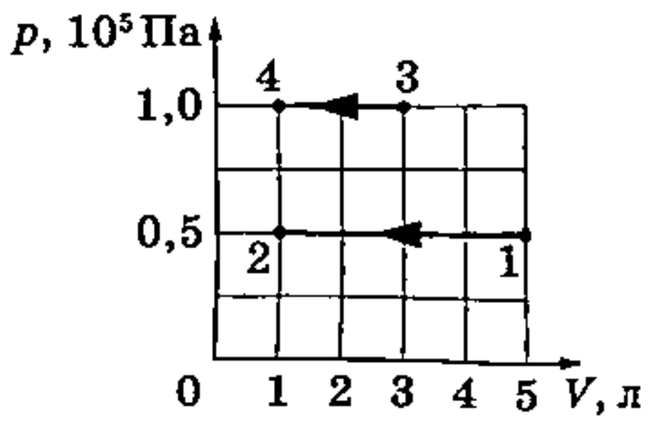
8 5 На *pV*-диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона. Определите отношение работ $\frac{A_2}{A_1}$ газа в этих процессах.



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

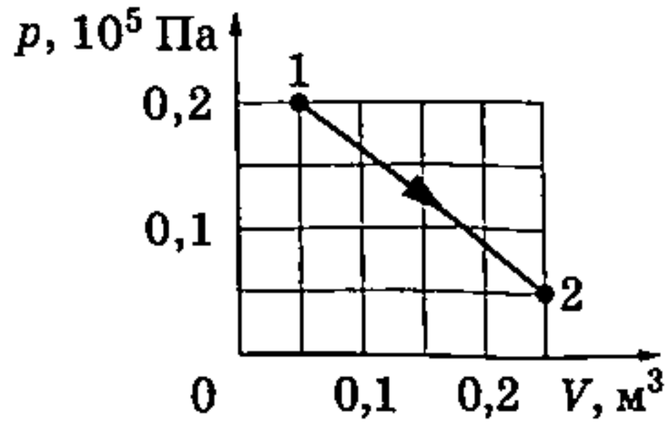
8 6 На *pV*-диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона. Определите отношение работ $\frac{A_{12}}{A_{34}}$, совершённых над газом в этих процессах.



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

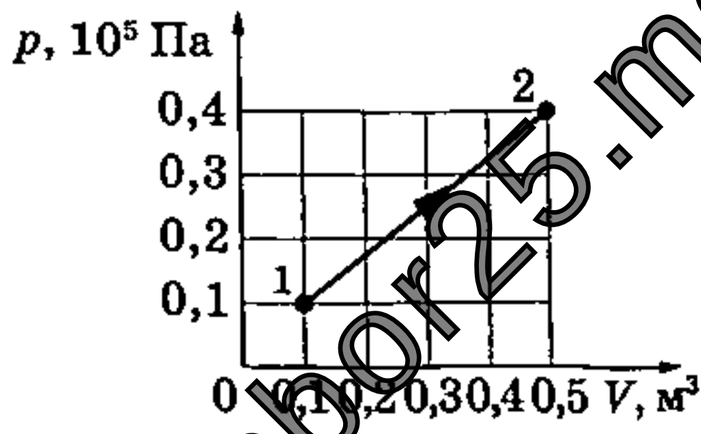
8 7 Какую работу совершил газ в процессе, изображённом на *pV*-диаграмме (см. рисунок)?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 8 Какую работу совершил газ в процессе, изображённом на *pV*-диаграмме?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sdor25.me

8 9 Газ в сосуде сжали, совершив работу 30 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 25 Дж. Какое количество теплоты отдал газ окружающей среде?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 10 Над газом внешние силы совершили работу 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Какое количество теплоты отдал газ в этом процессе?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 11 Находясь в цилиндре двигателя, газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 10 кДж. Затем он расширился, совершив работу 15 кДж. На сколько в результате всех этих процессов уменьшилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 12 Находясь в цилиндре двигателя, газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 30 кДж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 20 кДж. Какую работу в этом процессе совершил газ?

Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 13 Трём молям газа сообщили количество теплоты, равное 1500 Дж, при этом внешние силы совершили над газом работу 600 Дж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ Дж.

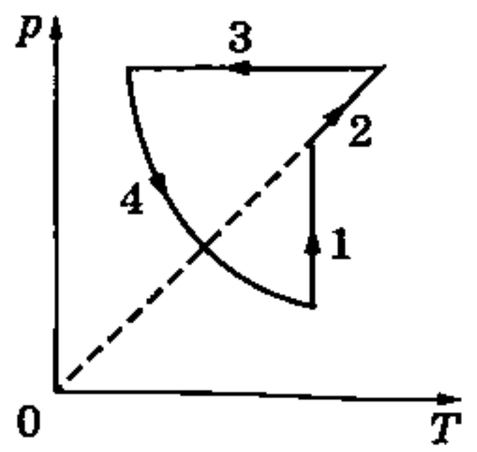
БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 14 Двум молям газа сообщили количество теплоты, равное 2000 Дж, при этом внешние силы совершили над газом работу 800 Дж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

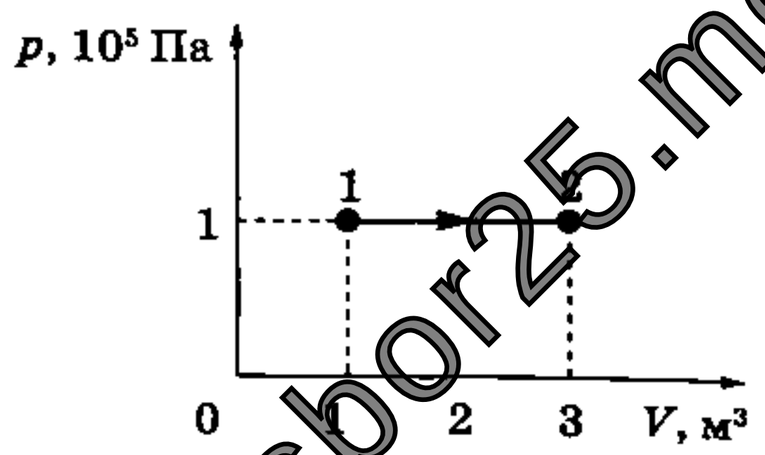
8 15 На рисунке показан циклический процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. На каком участке цикла изменение внутренней энергии газа равно полученному газом количеству теплоты?



Ответ: на участке _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 16 На рисунке приведён график зависимости давления одноатомного идеального газа от его объёма. Внутренняя энергия газа увеличилась на 300 кДж. Определите количество теплоты, сообщённое газу.



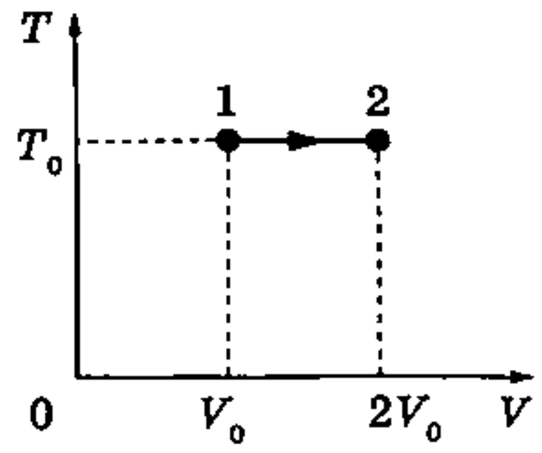
Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

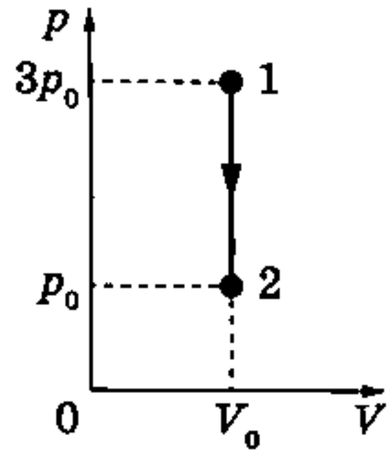
8 17 На TV-диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил количество теплоты, равное 50 кДж. Какую работу совершил газ в этом процессе, если его масса не меняется?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

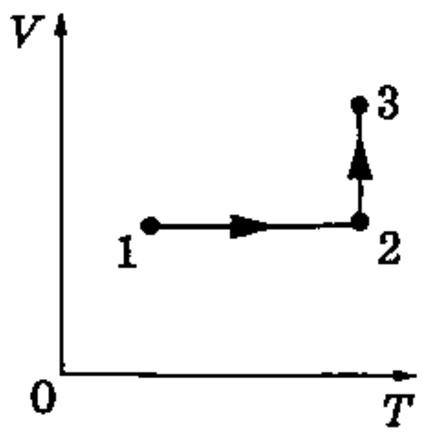
8 18 На pV-диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы газа. В этом процессе внутренняя энергия газа уменьшилась на 30 кДж. Чему равно количество теплоты, отданное газом?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

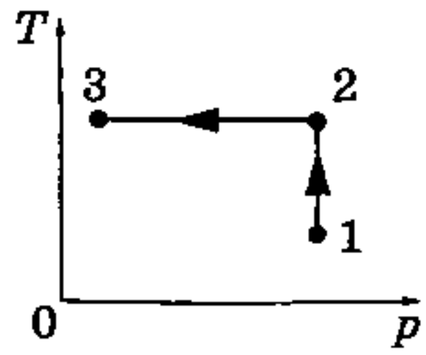
8 19 Идеальный одноатомный газ участвует в процессе 1–2–3, график которого приведён на рисунке (V — объём газа, T — абсолютная температура газа). Масса газа в ходе процесса не меняется. В процессе 1–2 газу сообщают количество теплоты, равное 8 кДж. Определите изменение внутренней энергии в процессе 1–2.



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

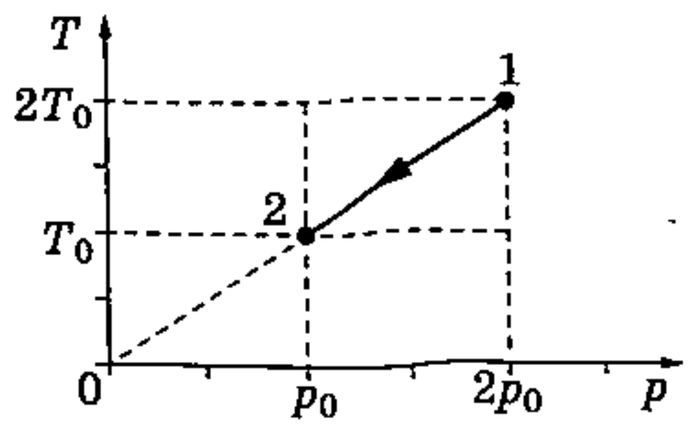
8 20 Идеальный одноатомный газ участвует в процессе 1–2–3, показанном на рисунке (T — абсолютная температура газа, p — давление газа). Масса газа в ходе процесса не меняется. В процессе 1–2 газ отдаёт количество теплоты, равное 20 кДж. Какую работу совершают над газом в процессе 1–2 внешние силы?



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 21 На Tp-диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Масса газа в ходе процесса не меняется. Внутренняя энергия газа уменьшилась на 30 кДж. Определите количество теплоты, отданное газом.



Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 22 Тепловая машина с КПД 60 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж. Какую работу машина совершает за цикл?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

8 23 Тепловая машина с КПД 40 % совершает за цикл работу, равную 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 24 Тепловой двигатель получает за цикл от нагревателя количество теплоты, равное 200 Дж, и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 150 Дж. Определите КПД двигателя.

Ответ: _____ %.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 25 Тепловая машина с КПД 40 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 26 Тепловая машина с КПД 30 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 5 кДж. Какое количество теплоты машина отдаёт за цикл холодильнику?

Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 27 Тепловая машина с КПД 20 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 15 кДж. Какое количество теплоты машина отдаёт за цикл холодильнику?

Ответ: _____ кДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 28 У идеальной тепловой машины Карно температура холодильника равна 300 К. Какой должна быть температура её нагревателя, чтобы КПД машины был равен 40 %?

Ответ: _____ К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 29 Определите максимальный КПД тепловой машины с температурой нагревателя 227 °С и температурой холодильника 27 °С.

Ответ: _____ %.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

8 30 Каков максимальный КПД, который может иметь тепловой двигатель с температурой нагревателя 727 °С и температурой холодильника 27 °С ?

Ответ: _____ %.

БЛАНК ОТВЕТОВ 8

© ООО «Издательство «Национальное образование»

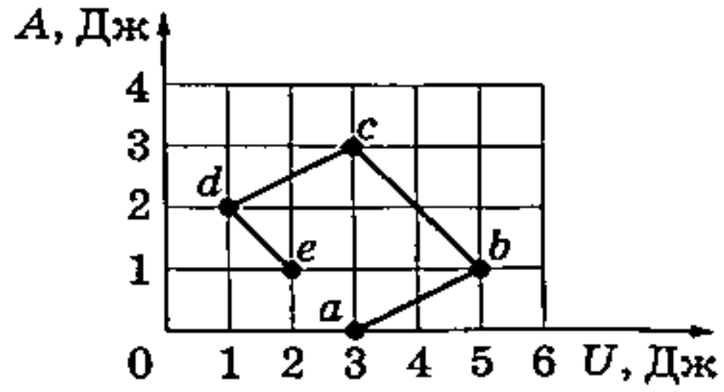
sbor25.me

Задания 9 и 10

Что нужно знать	Что нужно уметь
Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам (стр. 204)	Анализировать процессы в идеальном газе, представленные с помощью таблиц или графиков, характеризовать изменение внутренней энергии, количества теплоты, совершение работы газом / над газом. Применять первый закон термодинамики к изопроцессам (изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный)
КПД тепловых машин (стр. 205)	Анализировать изменение физических величин, характеризующих процессы в тепловых двигателях
Количество теплоты. Изменение агрегатного состояния вещества (стр. 203, 204)	Анализировать процессы нагревания и охлаждения вещества, изменения агрегатного состояния вещества, используя графики зависимости температуры вещества от полученного количества теплоты (времени нагревания/охлаждения)

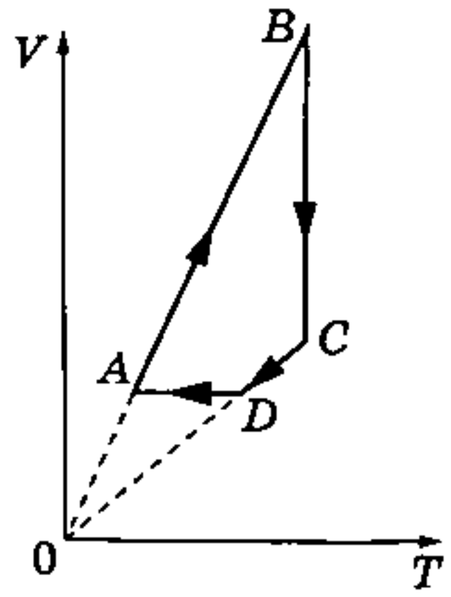
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	С постоянным количеством газа провели процесс $a \to b \to c \to d \to e$, в течение которого измеряли работу A, совершённую газом от момента начала процесса, и вычисляли внутреннюю энергию U газа. AU-диаграмма процесса приведена на рисунке. Какие участки графика соответствуют адиабатному процессу? Ответ поясните 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	При адиабатном процессе теплообмен отсутствует, т. е. $Q = 0$. Следовательно, согласно первому закону термодинамики для адиабатного расширения $$A = -\Delta U > 0,$$ что соответствует участку графика $b \to c$ (газ совершает работу, внутренняя энергия газа уменьшается). Для адиабатного сжатия $$\Delta U = -A > 0,$$ что соответствует участку графика $d \to e$ (работу совершают над газом $\Rightarrow$ работа газа отрицательна, внутренняя энергия газа увеличивается)

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

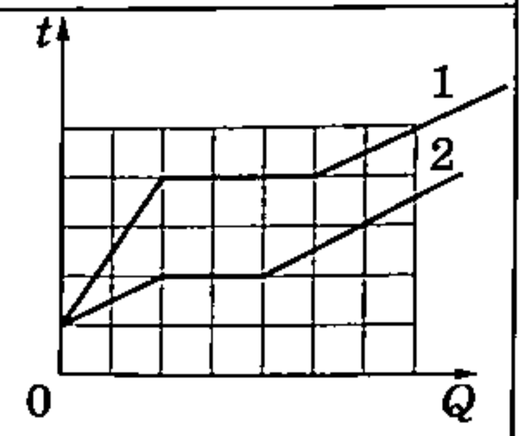
Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 2	На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах V–T, где V — объём газа, T — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно. Для каждого из участков: – определите, как изменяются концентрация газа, его давление и внутренняя энергия; – определите, какому изопроцессу соответствует каждый из участков; – запишите первый закон термодинамики для каждого из участков 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1. На участке AB объём газа прямо пропорционален температуре и при этом увеличивается, что соответствует изобарному расширению. Концентрация газа уменьшается, так как объём увеличивается, внутренняя энергия газа увеличивается, так как увеличивается его температура. В этом процессе газ нагревают, он совершает положительную работу, его внутренняя энергия увеличивается, поэтому $Q = \Delta U + A > 0$, где A — работа газа. 2. На участке BC объём газа уменьшается, температура (а значит, и внутренняя энергия) газа остаётся неизменной, что соответствует изотермическому сжатию. Концентрация газа увеличивается, так как объём уменьшается, давление газа увеличивается (pV = const). В этом процессе над газом совершают положительную работу, и он отдаёт положительное количество теплоты: $Q = A < 0$, где A — работа газа. 3. На участке CD объём газа прямо пропорционален температуре и при этом уменьшается, что соответствует изобарному сжатию. Концентрация газа увеличивается, так как его объём уменьшается, внутренняя энергия газа уменьшается, так как уменьшается его температура. В этом процессе над газом совершают положительную работу, его внутренняя энергия уменьшается, газ охлаждается: $Q = \Delta U + A < 0$, где A — работа газа. 4. На участке DA объём газа остаётся неизменным, температура уменьшается, что соответствует изохорному охлаждению. Концентрация газа не меняется, так как объём неизменен. Внутренняя энергия газа уменьшается, так как уменьшается его температура. Давление газа уменьшается $(\frac{p}{T} = \text{const})$. В этом процессе работа не совершается, газ отдаёт положительное количество теплоты, и его внутренняя энергия уменьшается: $Q = \Delta U < 0$
Задание № 3	Температура холодильника идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_2, а коэффициент полезного действия этого двигателя равен η. За цикл двигатель отдаёт холодильнику количество теплоты Q_2. 1) Запишите формулы, по которым можно рассчитать работу, совершаемую двигателем за цикл, и температуру нагревателя. 2) Температуру холодильника тепловой машины Карно понизили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

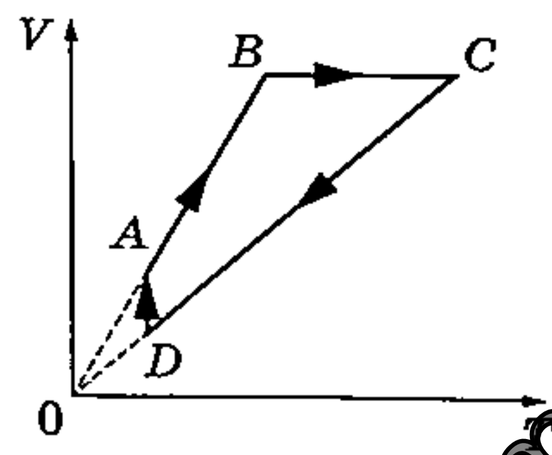
Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) КПД идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, определяется по формуле $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, где T_1 — температура нагревателя. Следовательно, $T_1 = \frac{T_2}{1-\eta}$. Работа, совершаемая двигателем за цикл $A = Q_1 - Q_2$, где Q_1 — количество теплоты, полученное за цикл от нагревателя, КПД определяется по формуле $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$. Следовательно, $A = \frac{Q_2\eta}{1-\eta}$. 2) Если температуру холодильника тепловой машины Карно понизили, оставив температуру нагревателя прежней, то в соответствии с определением ($\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$) КПД теплового двигателя увеличился. Если при этом количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось, то в соответствии с формулой $\eta = \frac{A}{Q_1}$ при увеличении КПД работа газа за цикл также увеличилась
Задание № 4	На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты Q. Каждое тело находится в сосуде под поршнем. Первоначально тела находились в жидком агрегатном состоянии. Сравните удельные теплоёмкости двух тел в жидком состоянии, их теплоёмкости в газообразном состоянии, температуры плавления двух тел и удельную теплоту парообразования этих тел 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	На графике изображены три участка: первый соответствует нагреванию жидкостей, второй — кипению жидкостей, третий — нагреванию паров жидкостей. Количество теплоты, потребляемое при нагревании, $Q = cm\Delta t$. Массы тел одинаковы. Для нагревания обоих тел от одинаковой начальной температуры до температуры кипения потребовалось одинаковое количество теплоты, но Δt для первого тела больше, чем для второго, следовательно, удельная теплоёмкость первой жидкости меньше удельной теплоёмкости второй жидкости. Для нагревания паров оба графика параллельны, значит, при получении одного и того же количества теплоты изменение их температур одинаково. Следовательно, их удельные теплоёмкости в газообразном состоянии одинаковы. Температура кипения первой жидкости выше, чем второй. Для полного выкипания второй жидкости потребовалось меньшее количество теплоты. Так как $Q = Lm$, а массы одинаковы, то удельная теплота парообразования второй жидкости меньше, чем первой

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

9 1

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах V–T, где V — объём газа, T — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

1) Газ за цикл совершает работу, равную нулю.
2) Давление газа в процессе AB постоянно, при этом внешние силы над газом совершают положительную работу.
3) В процессе BC газ получает положительное количество теплоты.
4) В процессе CD внутренняя энергия газа уменьшается.
5) В процессе DA давление газа изотермически увеличивается.

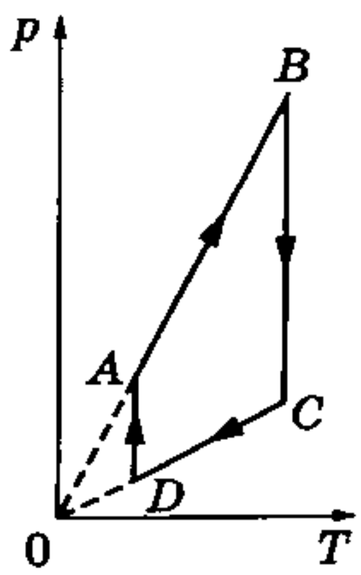
БЛАНК ОТВЕТОВ **9**

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 2

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

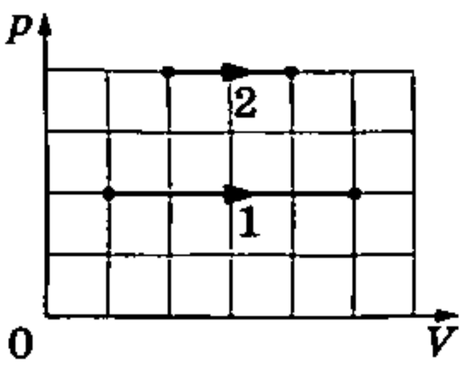


1) Газ за цикл совершает отрицательную работу.
2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
3) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
4) В процессе CD над газом совершают положительную работу внешние силы.
5) В процессе DA газ изотермически расширяется.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 3

На pV-диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

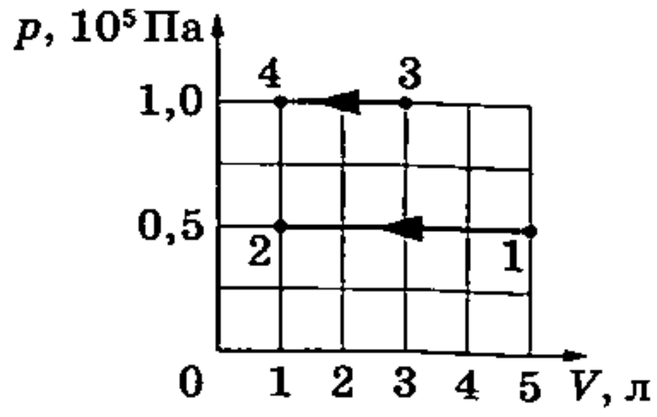


1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно увеличилась в 2 раза.
2) В процессе 1 плотность неона увеличилась в 5 раз.
3) В процессе 1 неон изобарно увеличил свой объём в 5 раз.
4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
5) Работа, совершённая неоном в процессе 1, больше, чем в процессе 2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 4

На pV-диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного аргона.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

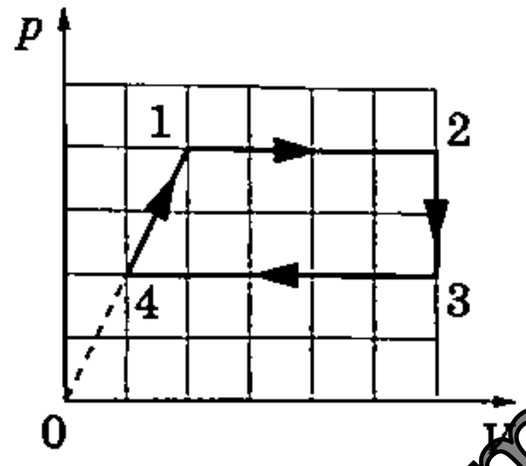


1) Работа, совершённая внешними силами над аргоном, в процессах 1–2 и 3–4 одинакова.
2) В процессе 3–4 абсолютная температура аргона изобарно уменьшилась в 5 раз.
3) В процессе 1–2 давление аргона в 2 раза больше, чем в процессе 3–4.
4) В процессе 1–2 аргон изобарно увеличил свой объём на 4 л.
5) В процессе 1–2 внутренняя энергия аргона уменьшилась в 5 раз.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 5

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах p–V.
Из предложенного перечня выберите все правильные утверждения.



1) В процессе 1–2 газ совершает отрицательную работу.
2) В процессе 2–3 газу сообщают положительное количество теплоты.
3) В процессе 3–4 газ отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду.
4) В процессе 4–1 внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
5) Работа, совершённая газом в процессе 1–2, в 1,6 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3–4.

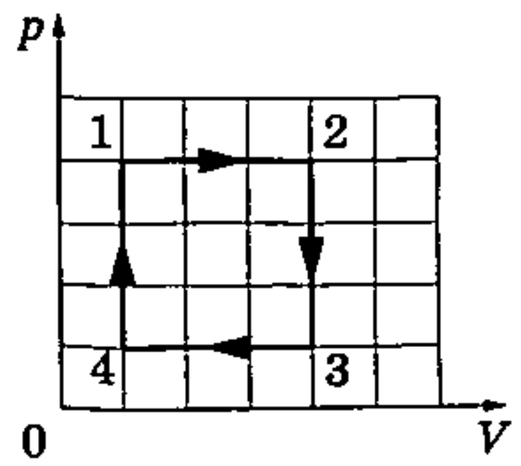
БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9
6

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах p–V.



Из предложенного перечня выберите все правильные утверждения.

1) В процессе 1–2 внутренняя энергия газа увеличивается.
2) В процессе 2–3 газ совершает положительную работу.
3) В процессе 3–4 газу сообщают положительное количество теплоты.
4) В процессе 4–1 абсолютная температура газа увеличивается в 4 раза.
5) Работа, совершённая газом в процессе 1–2, в 3 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3–4.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9
7

При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
p, кПа	100	90	75	50	55	75	100
t, °C	27	27	27	27	57	177	327

Какие из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать одноатомным идеальным.

1) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 3 раза больше, чем в состоянии 5.
2) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса газ совершал положительную работу.
3) В состояниях 1–3 объём газа был одинаковым.
4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ отдавал положительное количество теплоты.
5) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза больше объёма газа в состоянии 1.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9
8

При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
p, кПа	100	90	75	50	55	75	100
t, °C	27	27	27	27	57	177	327

Какие из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать одноатомным идеальным.

1) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 2 раза больше, чем в состоянии 5.
2) При переходе от состояния 3 к состоянию 4 в ходе изотермического процесса газ получал положительное количество теплоты.
3) В состояниях 4–7 объём газа был одинаковым.
4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ совершал работу.
5) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза меньше объёма газа в состоянии 1.

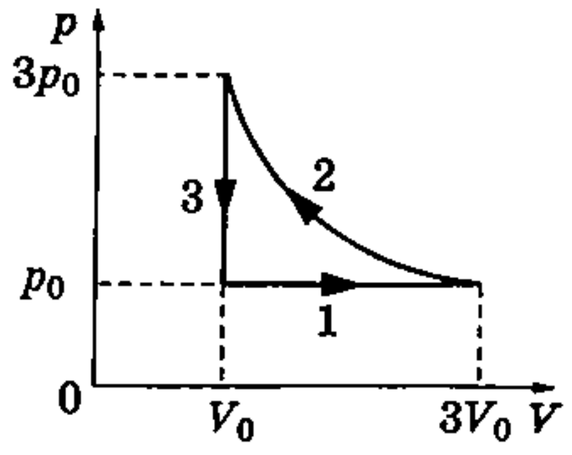
БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

9
9

На pV-диаграмме отображена последовательность трёх процессов ($1 \to 2 \to 3$) изменения состояния 2 моль одноатомного идеального газа.



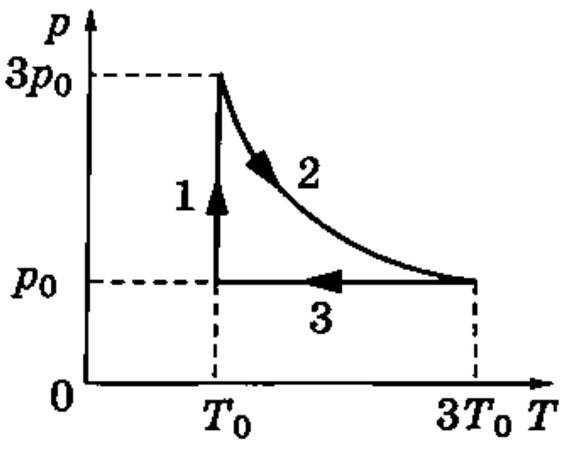
Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые не противоречат диаграмме.

1) В процессе 1 газ нагревают.
2) Процесс 1 является изотермическим.
3) В процессе 3 газ совершает работу.
4) В процессе 2 происходит сжатие газа при постоянной температуре.
5) Процесс 3 является изобарным.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9
10

На pT-диаграмме отображена последовательность трёх процессов ($1 \to 2 \to 3$) изменения состояния 2 моль одноатомного идеального газа.



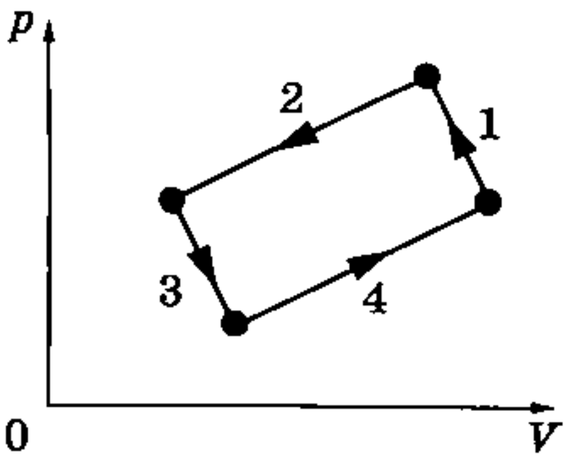
Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые не противоречат диаграмме.

1) В процессе 1 газ отдаёт положительное количество теплоты.
2) Процесс 2 является изотермическим.
3) В процессе 3 газ совершает положительную работу.
4) В процессе 2 происходит расширение газа при постоянной температуре.
5) В процессе 1 происходит сжатие газа при постоянной температуре.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

10
11

На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наименьшими положительными значениями работы газа и работы внешних сил?



Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ

А) работа газа положительна и минимальна

Б) работа внешних сил положительна и минимальна

НОМЕРА ПРОЦЕССОВ

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Ответ:

А	Б

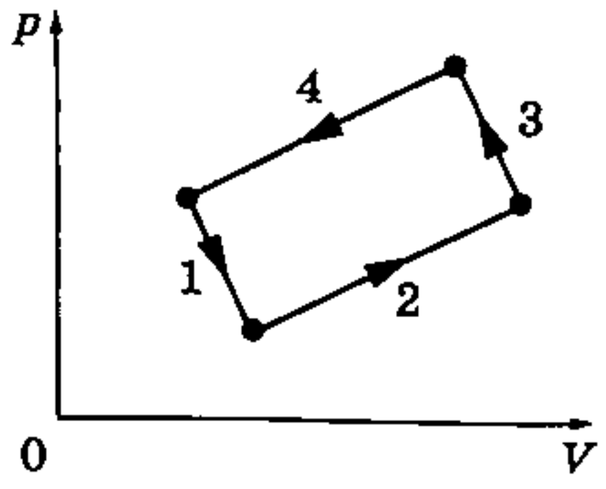
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

10
12

На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наибольшим положительным значением работы газа и наибольшим положительным значением работы внешних сил?



Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ	НОМЕРА ПРОЦЕССОВ
А) работа газа положительна и максимальна	1) 1
Б) работа внешних сил положительна и максимальна	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

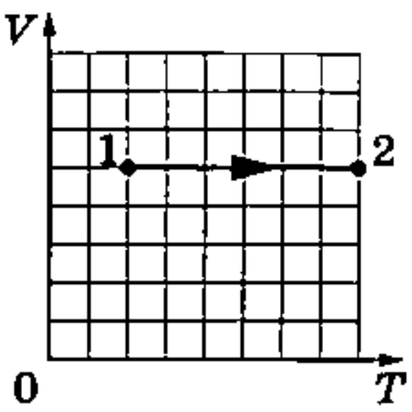
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

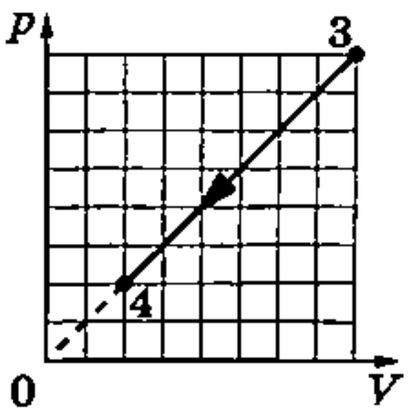
10
13

На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль разреженного гелия. Графики построены в координатах V–T и p–V, где p — давление, V — объём и T — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)


Б)


УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Над газом совершают положительную работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
2) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

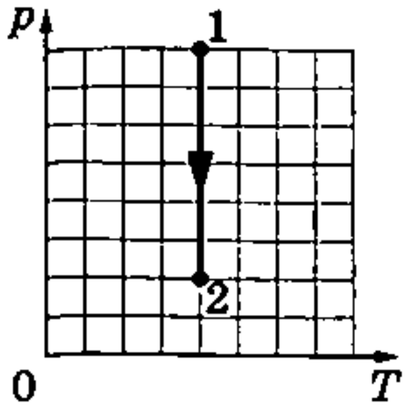
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

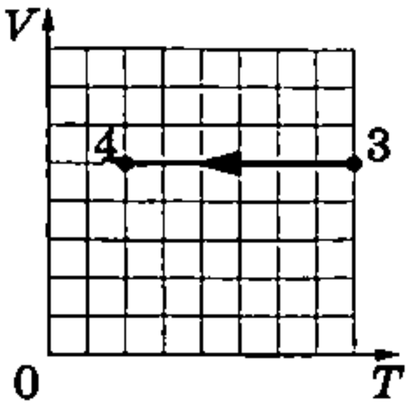
10 14 На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль разреженного неона. Графики построены в координатах p–T и V–T, где p — давление, V — объём и T — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Над газом совершают положительную работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

Ответ:

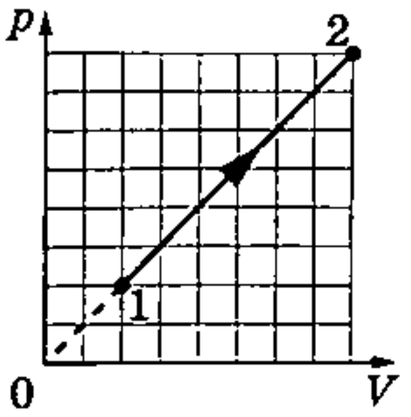
А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

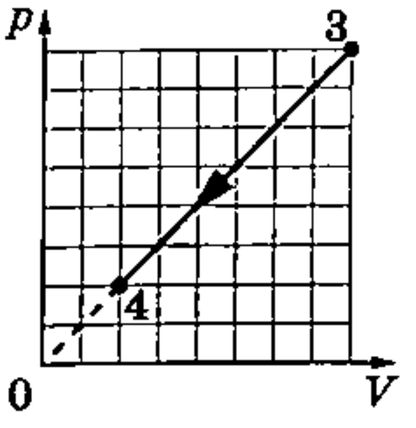
10 15 На рисунках А и Б приведены графики для процессов 1–2 и 3–4, проводимых с 1 моль разреженного аргона. На диаграммах p — давление, V — объём.
Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
3) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
4) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

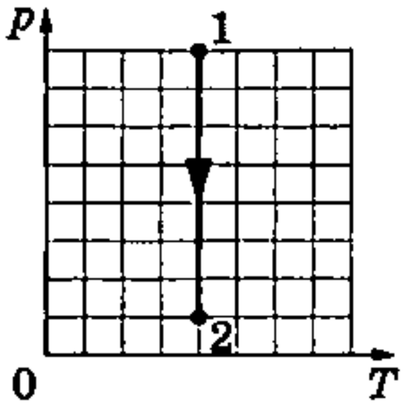
10 16 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, каждый из которых совершает 1 моль разреженного аргона. Графики построены в координатах p–T и V–T, где p — давление, V — объём и T — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

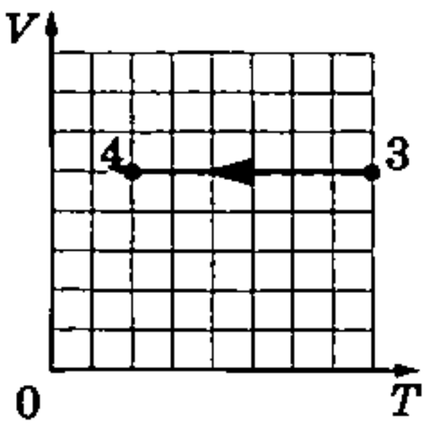
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
2) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
4) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10 17 Температуру нагревателя тепловой машины Карно понижают, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменяется. Как изменяются при этом КПД тепловой машины и работа тепловой машины за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа тепловой машины за цикл

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10 18 Температуру нагревателя тепловой машины Карно увеличивают, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменяется. Как изменяются при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, полученное рабочим телом за цикл от нагревателя?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя за цикл работы

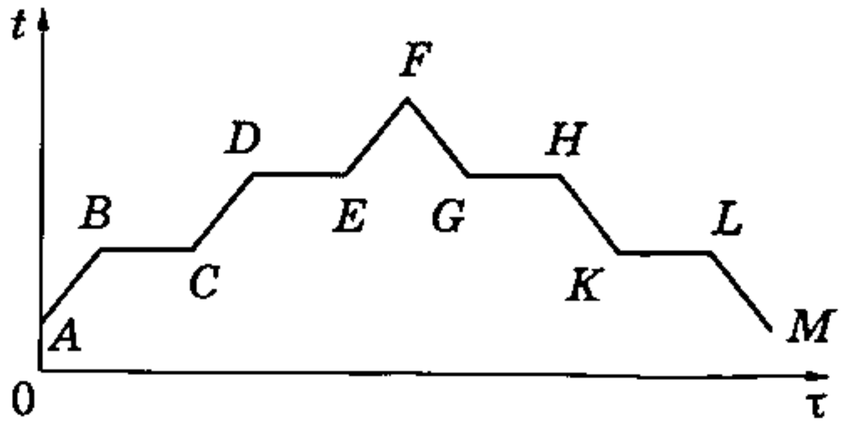
БЛАНК ОТВЕТОВ 10

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

10
19

В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ.



Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УЧАСТКИ ГРАФИКА	ПРОЦЕССЫ
А) *CD*	1) охлаждение твёрдого вещества
Б) *AB*	2) нагревание жидкости
	3) охлаждение пара
	4) нагревание твёрдого вещества

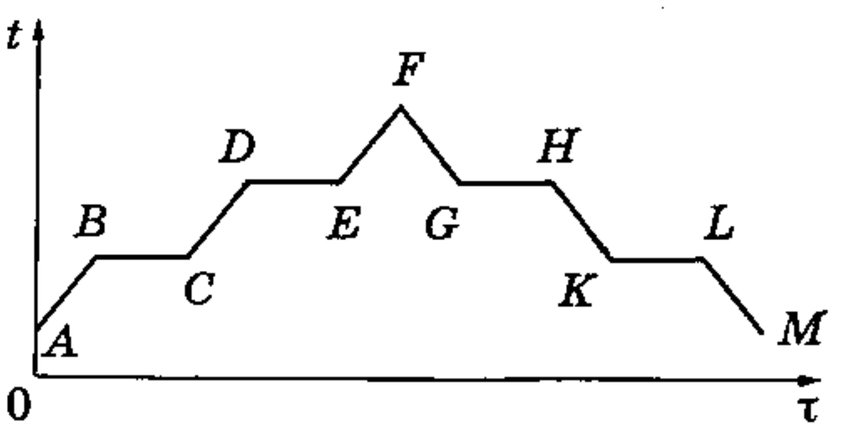
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

10
20

В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр сначала нагревали в печи, а затем охлаждали. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ.



Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УЧАСТКИ ГРАФИКА	ПРОЦЕССЫ
А) *DE*	1) охлаждение пара
Б) *FG*	2) нагревание жидкости
	3) кипение жидкости
	4) плавление твёрдого вещества

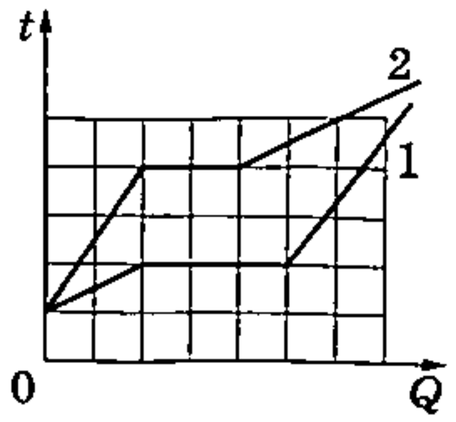
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 10

9
21

На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты Q. Первоначально тела находились в жидком агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

1) Температура кипения у первого тела в 2 раза ниже, чем у второго.
2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.
3) Удельная теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии у первого тела в 3 раза больше, чем у второго.
4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту парообразования.
5) Удельная теплоёмкость в газообразном агрегатном состоянии у первого тела в 2 раза больше, чем у второго.

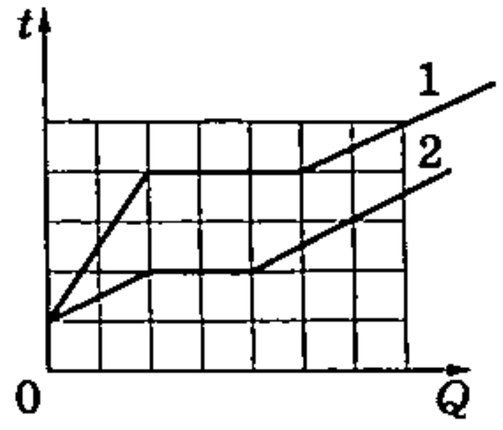
БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

9 22

На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты Q. Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.
Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

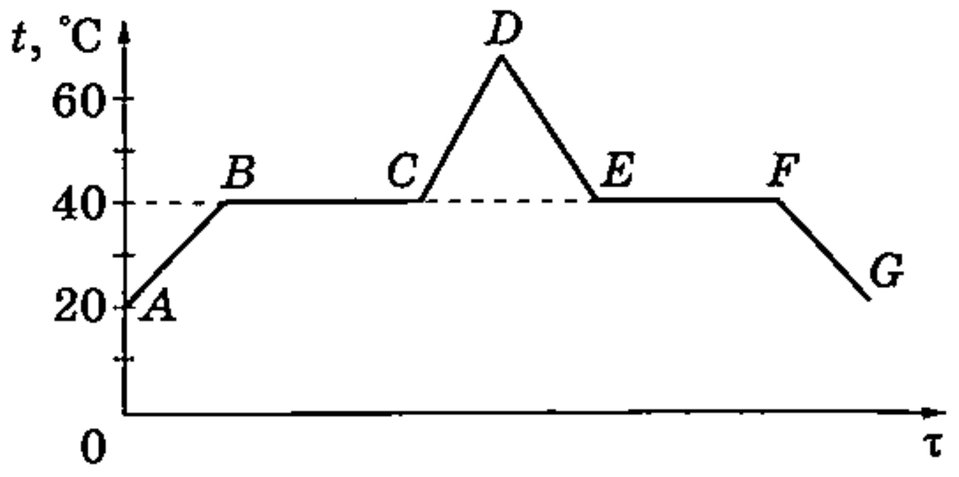


1) Температура плавления у первого тела в 4 раза больше, чем у второго.
2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
3) Удельная теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии у второго тела в 3 раза больше, чем у первого.
4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
5) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 23

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке схематично показан график зависимости температуры t эфира от времени его нагревания и последующего охлаждения.
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих с эфиром.

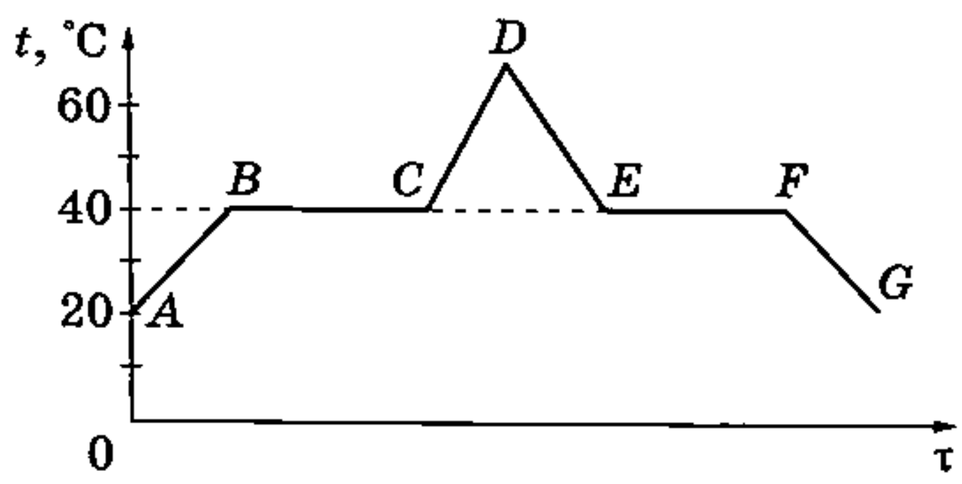


1) Процесс BC соответствует плавлению твёрдого эфира.
2) Процесс DE соответствует охлаждению жидкого эфира.
3) Процесс EF соответствует конденсации эфира.
4) В процессе BC внутренняя энергия эфира остаётся неизменной.
5) В процессе EF внутренняя энергия эфира уменьшается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 9

9 24

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке схематично представлен график зависимости температуры t эфира от времени его нагревания и последующего охлаждения.
Из приведённого ниже списка выберите все утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.



1) На участке EF внутренняя энергия эфира увеличивается.
2) В точке C эфир закипел.
3) Температура кипения эфира равна 40 °C.
4) В точке F в сосуде в жидком и газообразном состоянии находятся равные массы эфира.
5) Время, за которое весь эфир выкипел, приблизительно равно времени, за которое он весь сконденсировался.

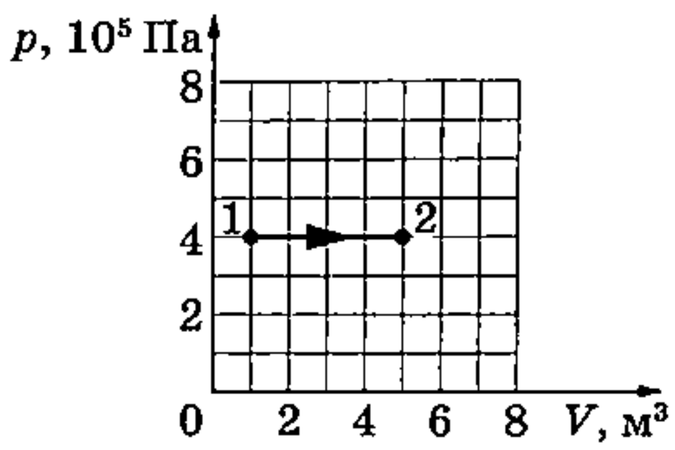
БЛАНК ОТВЕТОВ 9

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

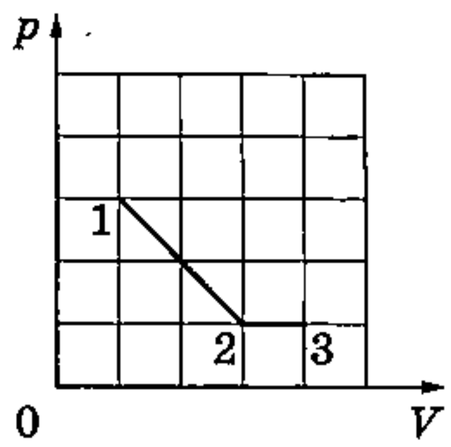
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ТЕРМОДИНАМИКА»

1 Газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Какую работу совершил газ в этом процессе?



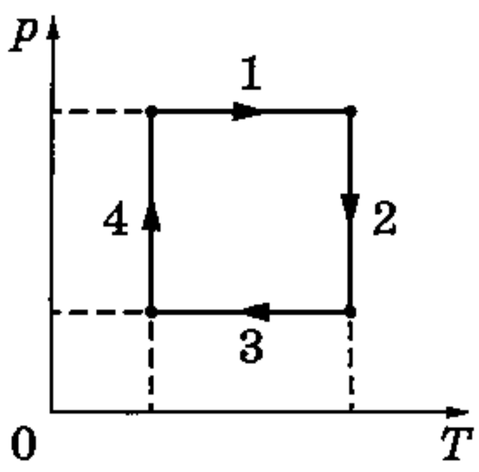
Ответ: _____ кДж.

2 На рисунке показано, как менялось давление идеального газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух отрезках pV-диаграммы?



Ответ: _____.

3 На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке работа внешних сил над газом положительна и равна отданному газом количеству теплоты?

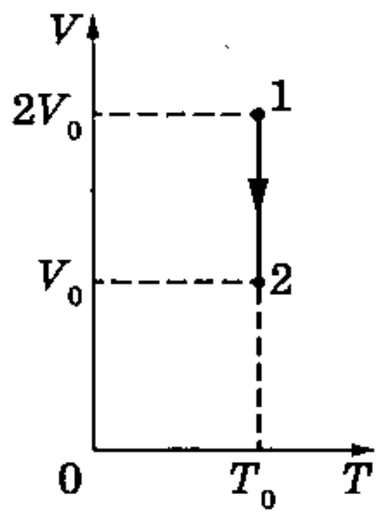


Ответ: на участке _____.

4 Внутренняя энергия 3 молей газа уменьшилась на 600 Дж, при этом внешние силы совершили над ним работу 200 Дж. Какое количество теплоты отдал газ?

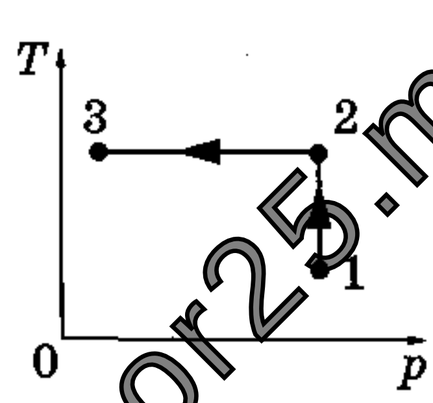
Ответ: _____ Дж.

5 На VT-диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа, где V — объём газа, T — его абсолютная температура. Работа, совершённая над газом в этом процессе, равна 50 кДж. Какое количество теплоты отдал газ в окружающую среду?



Ответ: _____ кДж.

6 Идеальный одноатомный газ участвует в процессе 1–2–3, показанном на рисунке (T — абсолютная температура газа, p — давление газа). Масса газа в ходе процесса не меняется. В процессе 2–3 газу сообщают количество теплоты, равное 5 кДж. Какую работу совершает газ в процессе 2–3?



Ответ: _____ кДж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Sbor25.me

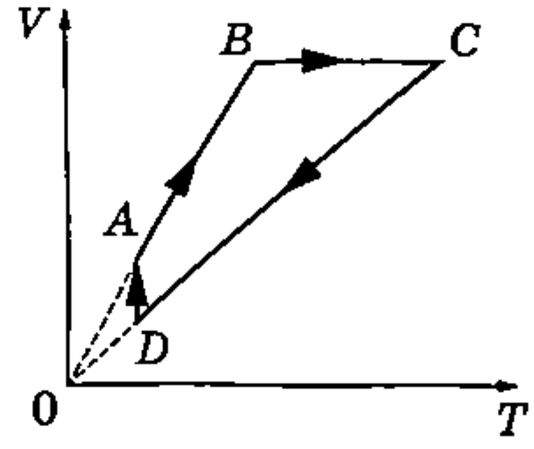
7 Тепловая машина с КПД 30 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 70 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: _____ Дж.

8 Вычислите максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины, если температура нагревателя 127 °С, а температура холодильника 27 °С.

Ответ: _____ %.

9 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах V–T, где V — объём газа, T — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике.

1) Газ за цикл совершает работу, равную нулю.
2) Давление газа в процессе AB постоянно, при этом внешние силы над газом совершают положительную работу.
3) В процессе BC газ отдаёт положительное количество теплоты.
4) В процессе CD внутренняя энергия газа уменьшается.
5) В процессе DA давление газа изотермически уменьшается.

Ответ: _____.

10 В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного аргона уменьшилась. Выберите из предложенного перечня все утверждения, верно описывающие данный процесс.

1) Абсолютная температура газа в ходе процесса увеличилась.
2) В ходе процесса газ расширился, совершив положительную работу.
3) Давление газа в течение всего процесса оставалось неизменным.
4) Концентрация молекул газа в ходе процесса уменьшилась.
5) Объём газа в ходе процесса уменьшился.

Ответ: _____.

11 Твёрдый образец медленно нагревается в плавильной печи так, что подводимая к нему тепловая мощность постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры образца с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	305	314	323	327	327	327	329	334

Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённого экспериментального исследования.

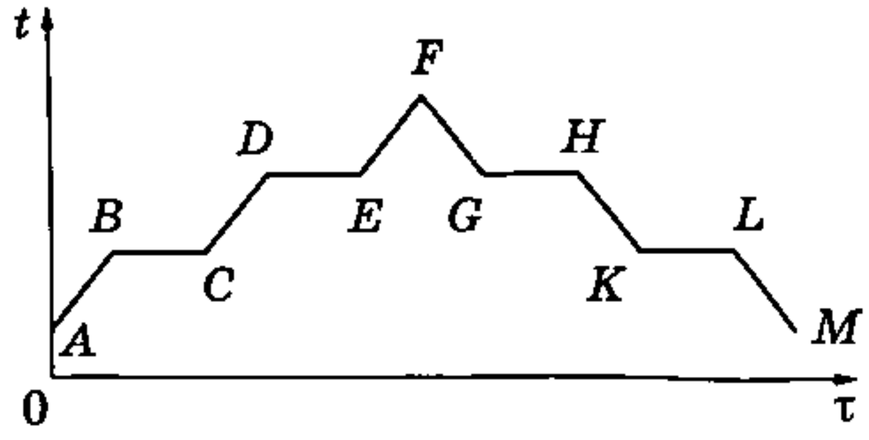
1) Теплоёмкость вещества, из которого изготовлен образец, в жидком и твёрдом состояниях одинакова.
2) Процесс плавления образца продолжался менее 20 мин.
3) Через 18 мин после начала измерений образец частично расплавился.
4) Через 30 мин после начала измерений образец ещё не расплавился.
5) Температура плавления вещества в данных условиях равна 329 °С.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ. Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.



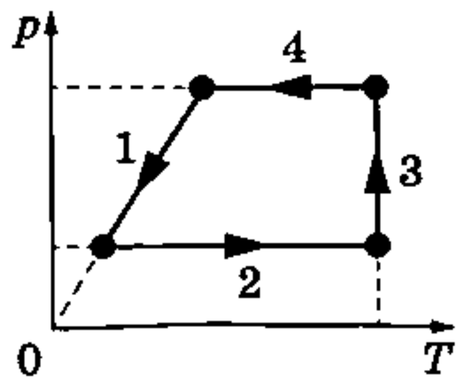
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УЧАСТКИ ГРАФИКА	ПРОЦЕССЫ
А) BC	1) плавление твёрдого вещества
Б) FG	2) нагревание жидкости
	3) охлаждение пара
	4) нагревание твёрдого вещества

Ответ:

А	Б

13 На рисунке показан график изменения состояния постоянного количества одноатомного идеального газа.



Установите соответствие между участками графика и значениями физических величин, характеризующих процессы на этих участках (ΔU — изменение внутренней энергии газа, A — работа газа).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УЧАСТКИ ГРАФИКА	ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
А) 1	1) $\Delta U = 0$; $A > 0$
Б) 3	2) $\Delta U < 0$; $A = 0$
	3) $\Delta U = 0$; $A < 0$
	4) $\Delta U > 0$; $A > 0$

Ответ:

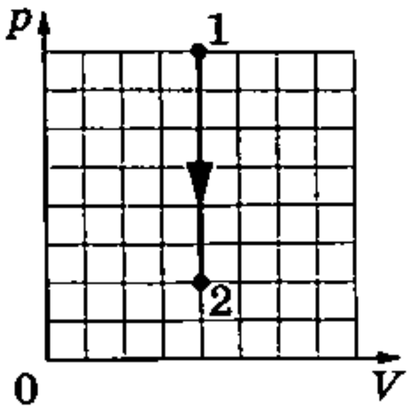
А	Б

14 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молем аргона. Графики построены в координатах p–V и V–T, где p — давление, V — объём и T — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

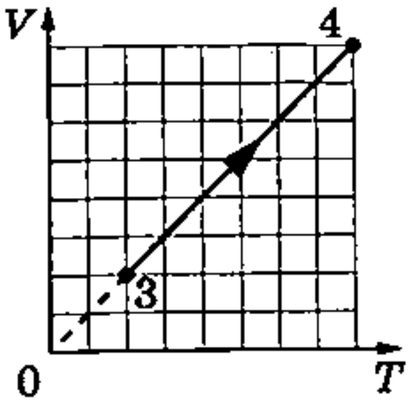
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
2) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
3) Газ получает положительное количество теплоты, но не совершает работы.
4) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 24

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

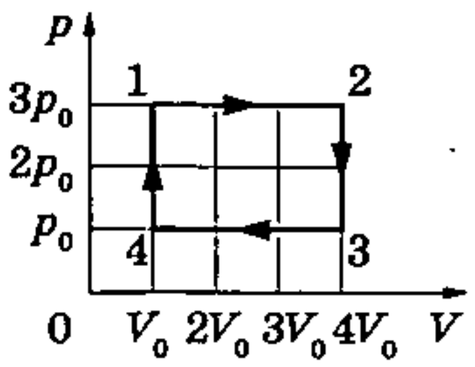
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Газообразному гелию массой 16 г сообщают количество теплоты 8 кДж, при этом температура газа повышается на 100 К. Какую работу совершает гелий в этом процессе?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Согласно первому закону термодинамики $Q = \Delta U + A$. Гелий является одноатомным газом, значит, для него справедлива формула для внутренней энергии $\Delta U = \frac{3}{2}\frac{m}{\mu}R\Delta T$. Таким образом, $A = Q - \Delta U = Q - \frac{3}{2}\frac{m}{\mu}R\Delta T = 8\cdot10^3 - \frac{3}{2}\cdot\frac{16\cdot10^{-3}}{4\cdot10^{-3}}\cdot 8{,}31\cdot100 \approx 3$ кДж. Ответ: $A \approx 3$ кДж
Задание № 2	Воздух массой 3 г находится в равновесии в вертикальном гладком открытом сверху цилиндре под массивным поршнем с площадью основания 20 см². В результате охлаждения воздуха поршень опустился на 5 см, а его температура понизилась на 14 К. Какова масса поршня? Атмосферное давление принять равным 10^5 Па
Возможное решение и ответ к заданию № 2	На поршень действуют три силы: Mg — сила тяжести (направлена вертикально вниз); $F_0 = p_0S$ — сила давления атмосферного воздуха (вниз); $F = pS$ — сила давления воздуха, находящегося под поршнем (вверх). Запишем условие равновесия для поршня: $$F - Mg - F_0 = 0, \text{ или } \frac{Mg}{S} + p_0 = p\,.$$ Поскольку Mg и F_0 в процессе охлаждения воздуха остаются неизменными, то и $F = \text{const}$, следовательно, воздух под поршнем участвует в изобарном процессе. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона для двух состояний воздуха имеем $$pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_1 \text{ и } pV_2 = \frac{m}{\mu}RT_2\,.$$ Вычитая, получаем $p\Delta V = pSh = \frac{m}{\mu}R\Delta T$. В итоге $Mgh + p_0Sh = \frac{m}{\mu}R\Delta T$. (*)

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

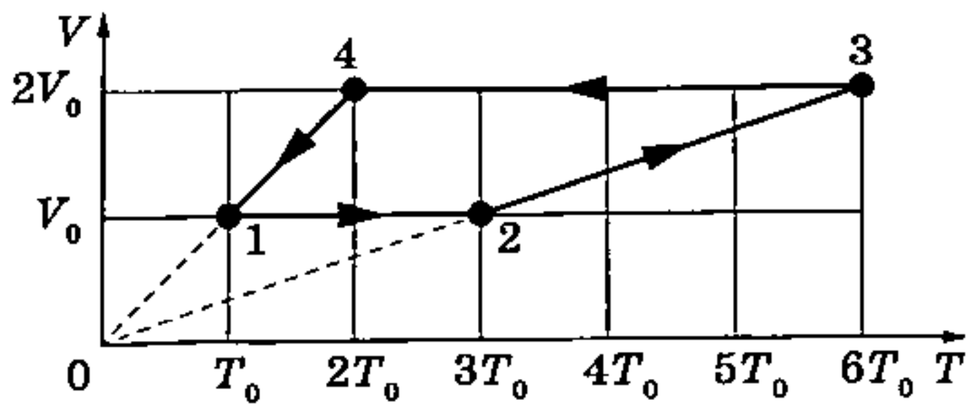
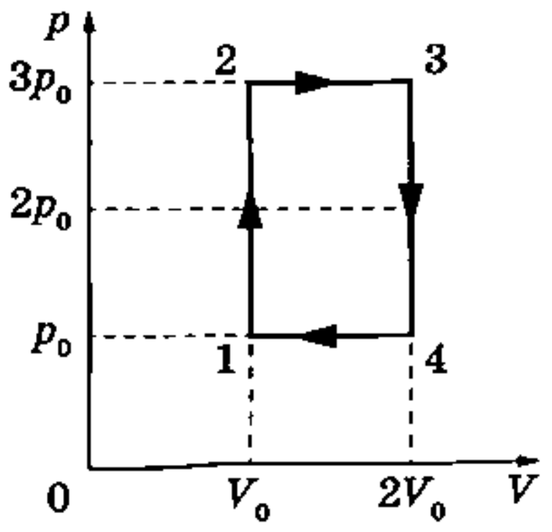
Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	$$M = \frac{1}{g}\left(\frac{mR\Delta T}{\mu h} - p_0 S\right) = \frac{1}{10}\cdot\left(\frac{3\cdot 10^{-3}\cdot 8{,}31\cdot 14}{29\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}05} - 10^5\cdot 20\cdot 10^{-4}\right) \approx 4 \text{ кг}.$$ Ответ: $M = 4$ кг. Можно предложить и альтернативное решение, рассмотрев работу, совершённую внешними силами над воздухом, находящимся под поршнем: $A = A_1 + A_0$, где $A = p\Delta V = \frac{m}{\mu}R\Delta T$ (второе равенство даёт уравнение Менделеева — Клапейрона); $A_1 = Mgh$ — работа силы тяжести поршня; $A_0 = p_0 Sh$ — работа силы атмосферного давления. В итоге $\frac{m}{\mu}R\Delta T = Mgh + p_0 Sh$. Анализируя полученный результат, видим, что он полностью совпадает с формулой (*)
Задание № 3	Тепловой двигатель работает по циклу, график которого показан на рисунке в координатах p–V, где p — давление газа, V — его объём. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты, равное 8,5 кДж. Коэффициент полезного действия цикла равен $\frac{4}{17}$. Масса газа постоянна. Какую работу газ совершает на участке 1–2? 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Коэффициент полезного действия цикла равен $\eta = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}}$, где A — работа газа, совершённая за цикл, $Q_{\text{нагр}}$ — количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя. Работа A, совершённая газом за цикл, определяется по графику в координатах p–V как площадь прямоугольника, ограниченного графиком цикла: $$A = (3p_0 - p_0)(4V_0 - V_0) = 6p_0V_0.$$ Работа A_{12}, совершённая газом в процессе 1–2, численно равна площади прямоугольника под графиком этого процесса: $$A_{1\text{–}2} = 3p_0(4V_0 - V_0) = 9p_0V_0.$$ Таким образом, $A_{1\text{–}2} = \frac{3}{2}A = \frac{3}{2}\eta Q_{\text{нагр}} = \frac{3}{2}\cdot\frac{4}{17}\cdot 8500 = 3000$ Дж $= 3$ кДж. Ответ: $A_{12} = 3$ кДж
Задание № 4	Кусок льда, имеющий температуру 0 °С, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду с температурой 20 °С, требуется количество теплоты 100 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 70 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 4	В первом случае кусок льда массой m при температуре 0 °С сперва плавится, а затем образовавшаяся вода нагревается до 20 °С. Согласно уравнению теплового баланса $Q_1 = \lambda m + cm(t_2 - t_1)$. Отсюда масса куска льда $$m = \frac{Q_1}{\lambda + c(t_2 - t_1)} = \frac{10^5}{330\cdot 10^3 + 4200\cdot(20-0)} \approx 0{,}242 \text{ кг}.$$ Для того чтобы этот кусок льда расплавить, ему необходимо сообщить количество теплоты $$Q = \lambda m = 0{,}242\cdot 330\cdot 10^3 \approx 8\cdot 10^4 \text{ Дж}.$$ Таким образом, $Q_2 < Q$, а это значит, что весь лёд не расплавится и в сосуде будут находиться лёд и вода при температуре $t = 0$ °С. Ответ: $t = 0$ °С

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 5	Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. В первом сосуде находится $\nu_1 = 2$ моль гелия при температуре $T_1 = 400$ К; во втором — $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре $T_2 = 300$ К. Кран открывают. В установившемся равновесном состоянии давление в сосудах становится $p = 5{,}4$ кПа. Определите объём V одного сосуда. Объёмом трубки пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 5	1. Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется: $$\frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT,$$ где T — температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана. 2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для конечного состояния можно записать: $$p(2V) = (\nu_1 + \nu_2)RT.$$ Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру T, получаем искомое выражение для объёма $$V = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)R}{2p} = \frac{(2\cdot 400 + 3\cdot 300)\cdot 8{,}31}{2\cdot 5400} \approx 1{,}3 \text{ м}^3.$$ Ответ: $V \approx 1{,}3$ м^3
Задание № 6	1 моль разрежённого гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V–T, где V — объём газа, T — абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах p–V, где p — давление газа, V — объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1 
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1. $\dfrac{A_{23}}{\lvert A_{41}\rvert} = 3$. 2. Перестроим график цикла в координатах p–V. Процесс 1–2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Шарля $\left(\dfrac{p}{T} = \text{const}\right)$ и давление газа увеличилось в 3 раза. Процесс 2–3 является изобарным, поскольку его график в координатах V–T является отрезком прямой, которая проходит через начало координат $\left(\dfrac{V}{T} = \text{const}\right)$. В этом процессе и объём, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза. В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 3 раза, а в процессе 4–1 изобарно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).  3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3 $A_{23} = 3p_0(2V_0 - V_0) = 3p_0V_0$, а модуль работы внешних сил в процессе 4–1 $\lvert A_{41}\rvert = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$. Таким образом, искомое отношение $\dfrac{A_{23}}{\lvert A_{41}\rvert} = 3$. Ответ: 3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 При изобарном нагревании 2 моль газообразного аргона сообщили количество теплоты 500 Дж. Каково изменение внутренней энергии газа? Масса аргона в данном процессе оставалась неизменной.

Ответ: _____ Дж.

23 2 При изобарном нагревании 3 моль гелия его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Какую работу совершил газ в этом процессе? Масса гелия в данном процессе не менялась.

Ответ: _____ Дж.

23 3 Газообразный гелий массой 32 г нагрели при постоянном давлении, в результате чего он совершил работу 10 кДж. На сколько увеличилась температура газа? Ответ в кельвинах (К) округлите до целых.

Ответ: на _____ К.

23 4 Газообразный неон массой 80 г, находящийся в баллоне, нагрели на 40 К. Какое количество теплоты получил газ в этом процессе? Ответ в кДж округлите до целых.

Ответ: _____ кДж.

23 5 Гелий массой 8 г находится в сосуде объёмом 20 л под давлением 300 кПа. Определите внутреннюю энергию этого газа.

Ответ: _____ кДж.

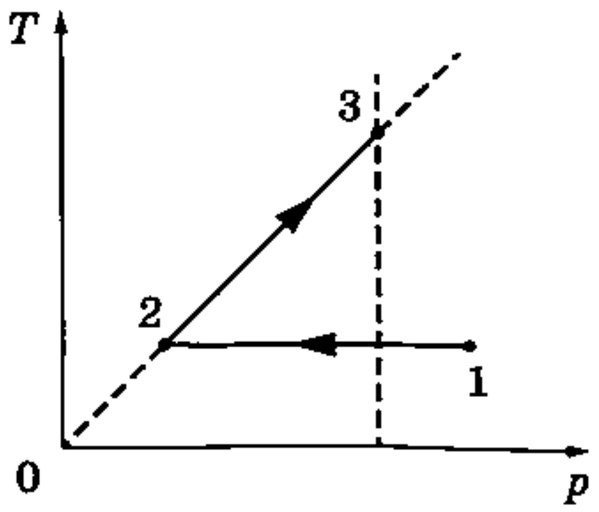
23 6 Аргон массой 120 г в ходе адиабатического процесса сжали, при этом температура газа увеличилась на 150 К. Какую работу совершили при этом внешние силы? Ответ в кДж округлите до десятых.

Ответ: _____ кДж.

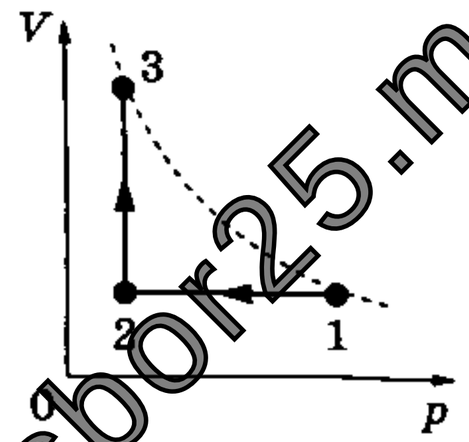
23 7 Азот массой 2 г находится в равновесии в вертикальном гладком открытом сверху цилиндре под поршнем массой 5 кг и площадью основания 30 см^2. В результате нагревания температура азота повысилась на 20 К. На какое расстояние при этом сдвинулся поршень? Атмосферное давление принять равным 10^5 Па. Ответ в см округлите до десятых.

Ответ: на _____ см.

24 8 Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически расширился (T_1 = 300 К). Затем газ изохорно нагрели, повысив его давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?



24 9 1 моль идеального одноатомного газа участвует в процессе 1–2–3, график которого представлен на рисунке в координатах V–p, где V — объём газа, p — его давление. Температуры газа в состояниях 1 и 3 $T_1 = T_3$ = 300 К. В процессе 2–3 газ увеличил свой объём в 3 раза. Какое количество теплоты отдал газ в процессе 1–2?

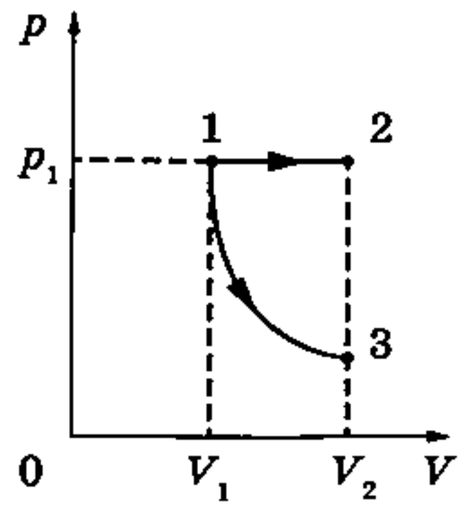


sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

24
10 Гелий в количестве $\nu = 3$ моль изобарно сжимают, совершая работу $A_1 = 2{,}4$ кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза: $T_2 = \frac{T_1}{4}$. Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения $T_3 = \frac{T_1}{8}$. Найдите работу газа A_2 при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

24
11 Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния p_1, V_1 до одного и того же конечного объёма V_2 первый раз по изобаре 1–2, а второй — по адиабате 1–3 (см. рисунок). Отношение работы газа в процессе 1–2 к работе газа в процессе 1–3 равно $\frac{A_{12}}{A_{13}} = k = 2$. Чему равно отношение x количества теплоты Q_{12}, полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1–2, к модулю изменения внутренней энергии газа $|U_3 - U_1|$ в ходе процесса 1–3?



24
12 С идеальным одноатомным газом, который находится в сосуде с поршнем, провели два опыта. В первом опыте газу сообщили, закрепив поршень, количество теплоты Q_1, в результате чего его температура повысилась на $\Delta T = 1$ К. Во втором опыте, предоставив газу возможность изобарно расширяться, ему сообщили количество теплоты Q_2, которое на 208 Дж больше, чем Q_1. В результате температура газа повысилась, как и в первом случае, на ΔT. Какова, по данным этих двух опытов, молярная масса газа, если его масса $m = 1$ кг?

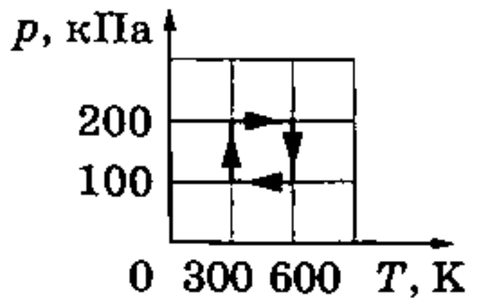
23
13 У идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, температура нагревателя 800 К, а температура холодильника 300 К. Рабочее тело получает за цикл работы от нагревателя количество теплоты, равное 40 кДж. Какую работу совершает за один цикл этот двигатель?

Ответ: _____ кДж.

23
14 Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227 °С, а температура холодильника 27 °С. Рабочее тело двигателя за цикл отдаёт в окружающую среду количество теплоты, равное 24 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

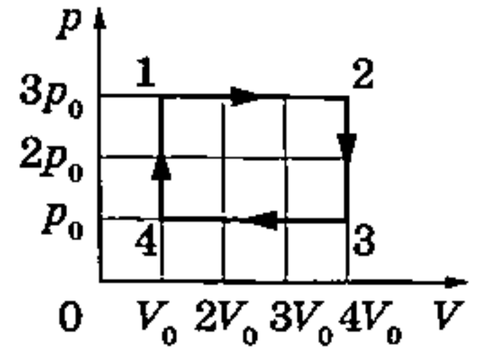
Ответ: _____ кДж.

23
15 Идеальный газ совершает циклический процесс, график которого приведён на рисунке в координатах p–T, где p — давление газа, T — его абсолютная температура. Количество вещества газа равно 0,3 моль. Определите наибольший объём, который занимает газ в этом процессе. Ответ в литрах округлите до целых.



Ответ: _____ л.

23
16 Тепловой двигатель работает по циклу, график которого показан на рисунке в координатах p–V, где p — давление газа, V — его объём. За цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты 6,5 кДж. Коэффициент полезного действия цикла равен $\frac{4}{17}$. Масса газа постоянна. Какую работу совершают над газом внешние силы на участке 3–4?



Ответ: _____ кДж.

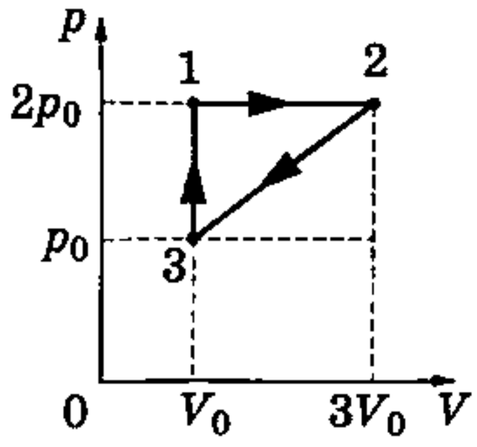
23
17 Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с водой, а в качестве холодильника — сосуд со льдом при 0 °С. При совершении машиной работы 1 МДж растаяло 12,1 кг льда. Определите температуру воды в резервуаре. Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ К.

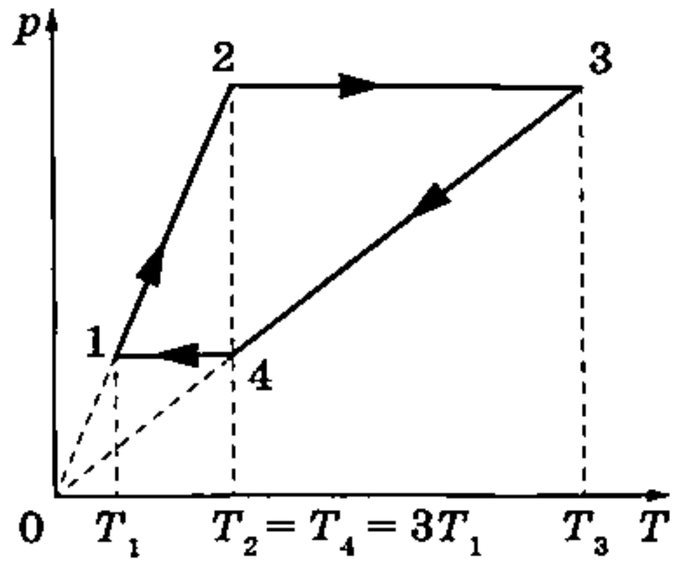
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

24
18 Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Газ отдаёт за цикл холодильнику количество теплоты $|Q_x| = 8$ кДж. Какую работу совершают внешние силы при переходе газа из состояния 2 в состояние 3? Масса газа постоянна.



24
19 В тепловом двигателе 1 моль идеального одноатомного газа совершает цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 3 раза. Определите КПД цикла.



23
20 Свинцовому и алюминиевому брускам сообщили одинаковое количество теплоты, что привело к одинаковым изменениям их температуры. Определите отношение масс этих шариков $\frac{m_{Pb}}{m_{Al}}$. Ответ запишите, округлив до целых.

Ответ: _____.

23
21 Кусок льда опустили в термос с горячей водой при температуре 50 °С. Начальная температура льда 0 °С. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса горячей воды в термосе? Теплоёмкостью термоса можно пренебречь.

Ответ: _____ г.

23
22 В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная температура воды 44 °С. На сколько увеличилась масса воды? Ответ выразите в процентах от первоначальной массы воды. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Ответ: на _____ %.

23
23 В калориметре находится вода, масса которой 80 г и температура 0 °С. В него добавляют кусок льда, масса которого 50 г и температура –10 °С. Какой будет температура содержимого калориметра после установления в нём теплового равновесия? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Ответ: _____ °С.

23
24 В калориметр с водой, температура которой 0 °С, опущена трубка. По трубке в воду впускают насыщенный водяной пар при температуре 100 °С. В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 230 г. На сколько граммов увеличилась масса воды? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: на _____ г.

23
25 В стакан калориметра, содержащий 351 г воды, опустили кусок льда массой m, имевший температуру 0 °С. Начальная температура калориметра и воды 45 °С. В момент времени, когда наступило тепловое равновесие, температура воды и калориметра стала равной 5 °С. Чему равна масса m? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ г.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ТЕРМОДИНАМИКА»

1 В цилиндре под поршнем находится разреженный гелий. Газ расширился при постоянном давлении, совершив работу 2 кДж. Какое количество теплоты сообщили газу?

Ответ: _____ кДж.

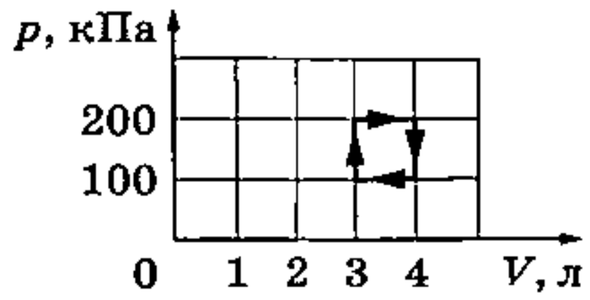
2 Разреженному газообразному аргону массой 80 г сообщают количество теплоты, равное 7 кДж, при этом газ совершает работу, равную 3 кДж. На какую величину повышается при этом температура аргона? Ответ в кельвинах (К) округлите до целых.

Ответ: на _____ К.

3 Идеальный одноатомный газ находится в закрытом герметичном сосуде объёмом 50 л. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 15 кДж. На какую величину снизилось при этом давление газа?

Ответ: на _____ кПа.

4 Над углекислым газом совершают циклический процесс, график которого приведён на рисунке в координатах p–V, где p — давление газа, V — его объём. Минимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, равна 300 К. Определите массу углекислого газа, участвующего в этом процессе. Ответ в граммах округлите до десятых.



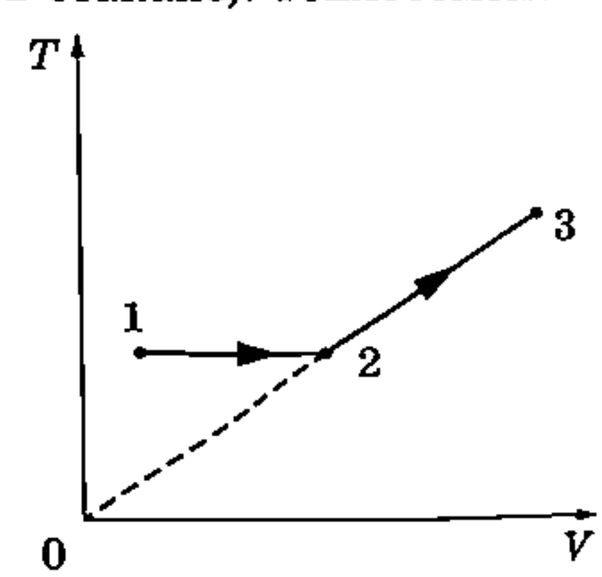
Ответ: _____ г.

5 Кусок льда, имеющий температуру 0 °С, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду с температурой 30 °С, требуется количество теплоты 200 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 120 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

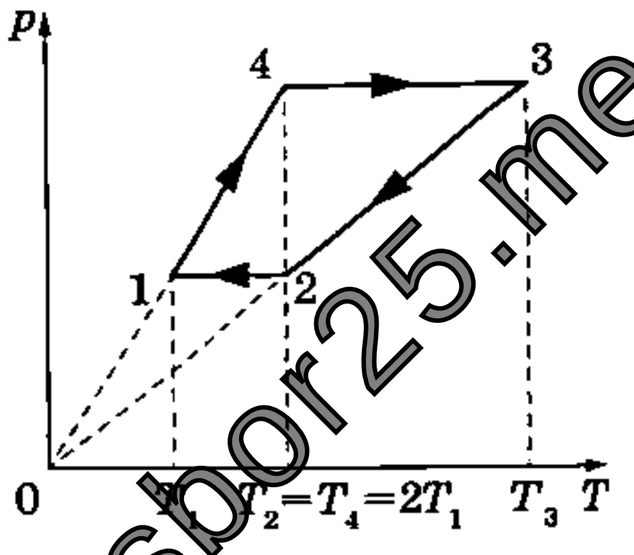
Ответ: _____ °С.

6 В стакан с водой, нагретой до температуры $t_1 = 50$ °С, положили металлический шарик, имеющий температуру $t_2 = 10$ °С. После установления теплового равновесия температура воды стала $t_3 = 40$ °С. Определите температуру воды t_4 после того, как в стакан положили ещё один такой же шарик температурой t_2 (первый шарик остался в стакане). Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

7 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах T–V. Известно, что в процессе 1–2 газ совершил работу 2,5 кДж, а в процессе 2–3 объём газа V увеличился в 3 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К?



8 В тепловом двигателе 1 моль одноатомного разреженного газа совершает цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 2 раза. Определите КПД цикла.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

ТЕМА 8. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Электрический заряд — скалярная физическая величина, описывающая способность тел участвовать в электромагнитном взаимодействии.

Электрические заряды бывают положительные (например, на стекле, натёртом кожей) и отрицательные (например, на янтаре, натёртом шерстью).

Электризация — процесс приобретения телом электрического заряда. Заряженные в результате электризации тела взаимодействуют друг с другом — притягиваются или отталкиваются.

Элементарный электрический заряд $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл равен модулю заряда электрона.

В природе не встречается тел с зарядом, модуль которого меньше e.

Закон сохранения электрического заряда: в электрически изолированной системе тел алгебраическая сумма электрических зарядов тел сохраняется.

Электрические заряды называются **точечными**, если они расположены на телах, чьи размеры много меньше расстояния между ними. Одноимённые точечные заряды отталкиваются друг от друга, разноимённые точечные заряды притягиваются друг к другу.

Закон Кулона: два неподвижных точечных заряда в вакууме действуют друг на друга с силами, прямо пропорциональными модулю каждого из зарядов и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними:

$$F = k\frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

В системе СИ $k = 9 \cdot 10^9 \dfrac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$, и закон Кулона можно переписать в новых обозначениях:

$$F = k\frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где $\varepsilon_0 \approx 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электрическая постоянная.

По закону Кулона сила, действующая на заряженное тело, пропорциональна величине его электрического заряда. Поэтому можно утверждать, что заряженное тело находится под действием **электрического поля**, существующего в месте расположения тела и действующего на тело пропорционально его заряду. Воздействие одного заряженного тела на другое в этом случае описывается так: первое тело создаёт вокруг себя электрическое поле, которое воздействует на второе тело.

Для количественного описания электрического поля в заданной точке $\vec{r}$ (причём не только поля неподвижных зарядов, т. е. электростатического, но и любого другого электрического поля) вводится векторная физическая величина — **напряжённость электрического поля** $\vec{E}$. В поле в точку $\vec{r}$ помещают пробный заряд $q_{\text{пробный}}$ и измеряют силу $\vec{F}$, которая действует на него со стороны поля.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Напряжённость электрического поля определяется по формуле

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}.$$

Таким образом, на заряд q, помещённый в электрическое поле с напряжённостью $\vec{E}$, действует сила $\vec{F} = q\vec{E}$.

Величина пробного заряда и размеры тела, на котором он находится, должны быть достаточно малы, чтобы как можно меньше изменять первоначальное расположение зарядов, создающих исследуемое поле.

Для наглядного графического представления электрического поля используется картина его линий (линий напряжённости поля). Линии напряжённости поля ориентированы: на них выбрано и показано положительное направление. В любой точке пространства вектор $\vec{E}$ направлен по касательной к линии поля, его направление совпадает с направлением линии поля. Густота линий поля выше там, где больше модуль $\vec{E}$. Линии поля не пересекаются, начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных зарядах. Они могут также приходить из бесконечности или уходить на бесконечность.

Картина линий электростатического поля точечного заряда, в зависимости от знака заряда, имеет следующий вид: если заряд $q > 0$, то вектор $\vec{E}$ направлен по радиусу от точки, в которой расположен заряд (см. рис. 1); если $q < 0$, то вектор $\vec{E}$ направлен по радиусу к точке, в которой расположен заряд (см. рис. 2). Из закона Кулона следует, что проекция вектора $\vec{E}$ на луч r, выходящий из точки, где находится заряд,

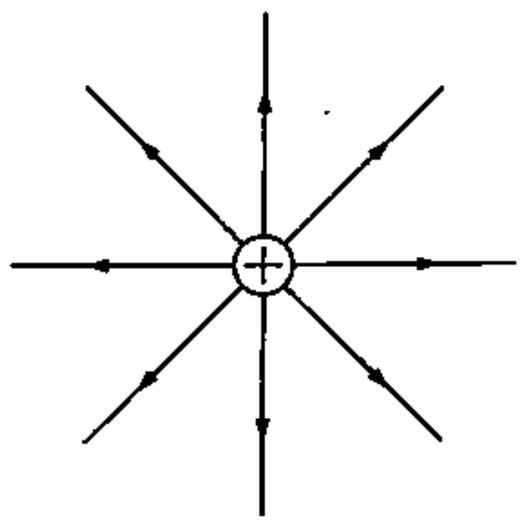


Рис. 1

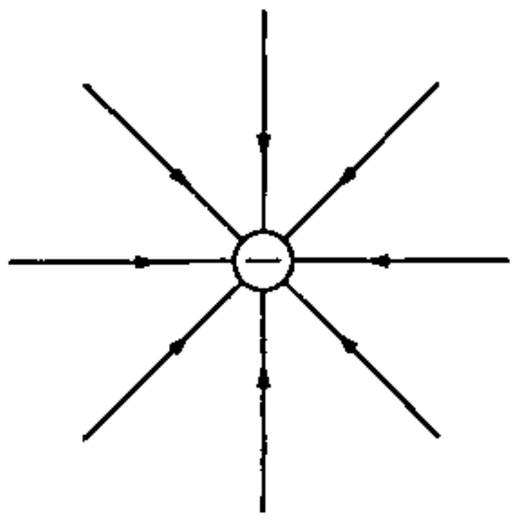
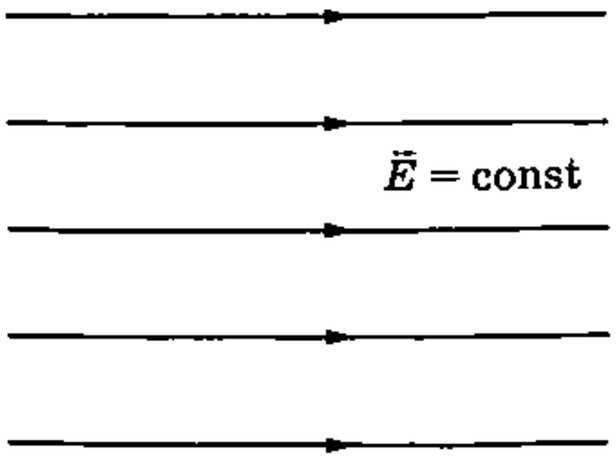


Рис. 2

$$E_r = k\frac{q}{r^2}.$$

Картина линий однородного электростатического поля. Поле называется однородным, если $\vec{E} = \text{const}$, т. е. вектор $\vec{E}$ во всех точках пространства имеет одинаковую величину и одинаковое направление. Картина линий этого поля представляет собой семейство параллельных прямых, проведённых на равном расстоянии друг от друга.



Однородным является электростатическое поле плоской бесконечной равномерно заряженной пластины. Приблизительно однородным является поле внутри плоского конденсатора, у которого размеры пластин значительно больше расстояния между ними.

Электростатическое поле потенциально: работа электростатического поля при переносе заряда $q \neq 0$ из фиксированной точки 1 в фиксированную точку 2 не зависит от траектории перехода из 1 в 2. Другими словами, работа электростатического поля при переносе заряда $q \neq 0$ по любому замкнутому контуру равна нулю. В этом случае работу поля A_{12} по переносу заряда q из точки 1 в точку 2 можно выразить через разность значений потенциальной энергии W заряда в точках 1 и 2:

$$A_{12} = W_1 - W_2 = -\Delta W.$$

Подобно тому, как мы связали силу, действующую на заряд, с напряжённостью поля в точке, где находится этот заряд $\left(\vec{F} = q\vec{E}\right)$, представим **потенциальную энергию заряда** в этой точке

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

в виде $W = q\varphi$, где скалярная физическая величина $\varphi = \dfrac{W}{q}$ — **потенциал электростатического поля в данной точке.** В результате работу электростатического поля A_{12} по переносу заряда q из точки 1 в точку 2 можно представить в виде

$$A_{12} = W_1 - W_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU_{12},$$

где U_{12} — **напряжение** между точками 1 и 2. В случае электростатического поля напряжение равно **разности потенциалов:** $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = -\Delta\varphi.$

Потенциал поля в разных точках по отдельности измерить нельзя, в эксперименте измеряется только разность потенциалов между двумя точками. Поэтому потенциал электростатического поля определён с точностью до постоянного слагаемого C: потенциалы $\varphi_1(\vec{r})$ и $\varphi_2(\vec{r}) = \varphi_1(\vec{r}) + C$ описывают одно и то же поле. Чтобы получить выражение для $\varphi(\vec{r})$ однозначно, т. е. выбрать определённое значение константы C, нужно выбрать из соображений удобства точку $\vec{r}_0$ и положить $\varphi(\vec{r}_0) = 0$. Тогда $\varphi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) - \varphi(\vec{r}_0)$, т. е. потенциал в точке $\vec{r}$ равен разности потенциалов в точках $\vec{r}$ и $\vec{r}_0$. Эту величину уже можно измерить.

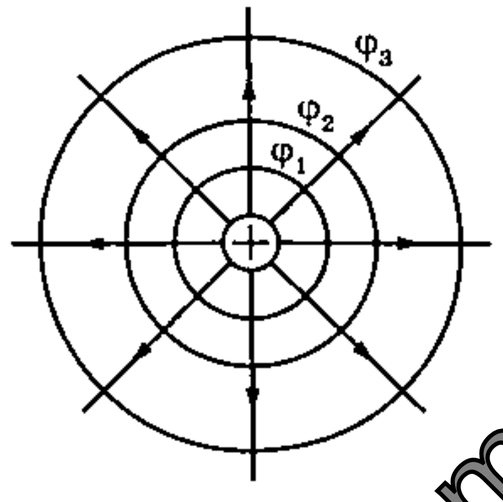
Возможность «сдвига» потенциала на константу повторяет ситуацию с потенциальной энергией $W_{\text{потенц}}$ в механике: там потенциальная энергия тоже может быть «сдвинута» на произвольную константу, потому что эксперимент позволяет измерить только работу потенциальной силы $A_{12} = W_{\text{потенц1}} - W_{\text{потенц2}}$. Такое совпадение свойств вызвано тем, что электростатическое поле потенциально и $\varphi = \dfrac{W}{q}$.



Множество точек, в которых значение потенциала $\varphi(\vec{r})$ одинаково, образует **эквипотенциальную поверхность.**

Выберем на этой поверхности две произвольные точки $\vec{r}_1$ и $\vec{r}_2$, в которых, по определению эквипотенциальной поверхности, $\varphi(\vec{r}_1) = \varphi(\vec{r}_2)$. Пусть перемещение $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ достаточно мало и можно считать на перемещении $\Delta\vec{r}$, что $\vec{E} = \vec{E}(\vec{r}_1) = \text{const}$. Тогда при переносе заряда q из $\vec{r}_1$ в $\vec{r}_2$ электростатическое поле совершает работу $A_{12} = q\left|\vec{E}\right| \cdot \left|\Delta\vec{r}\right| \cdot \cos\alpha$, где α — угол между векторами $\vec{E}$ и $\Delta\vec{r}$. С другой стороны, $A_{12} = q(\varphi(\vec{r}_1) - \varphi(\vec{r}_2)) = 0$. Но $q \neq 0$, $\left|\vec{E}\right| \neq 0$ и $\left|\Delta\vec{r}\right| \neq 0$. Значит, $\cos\alpha = 0 \Rightarrow \Delta\vec{r} \perp \vec{E}$. Это означает, что вектор $\vec{E}(\vec{r}_1)$ перпендикулярен эквипотенциальной поверхности, на которой лежат точки $\vec{r}_1$ и $\vec{r}_2$. Но направление вектора $\vec{E}(\vec{r}_1)$ совпадает с направлением линии напряжённости поля в точке $\vec{r}_1$. Значит, **линия напряжённости поля пересекает эквипотенциальную поверхность по перпендикуляру.** При этом вектор $\vec{E}$ направлен в сторону *уменьшения* потенциала $\varphi(\vec{r})$, так как при перемещении положительного заряда q по направлению $\vec{E}$ поле совершает *положительную* работу.

В силу центральной симметрии электростатического поля точечного заряда эквипотенциальные поверхности этого поля представляют собой концентрические сферы с центром в точке размещения заряда (на рисунке справа наряду с линиями напряжённости поля показаны только три таких сферы). Разность потенциалов между соседними эквипотенциальными поверхностями одна и та же. Поэтому эквипотенциальные поверхности изображаются ближе друг к другу там, где потенциал меняется быстрее, т. е. там, где напряжённость поля больше.



$\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$

Найдём зависимость $\varphi(\vec{r})$ для электростатического поля точечного заряда Q. При малом перемещении заряда q вдоль линии напряжённости поля в положительном направлении из точки r в точку $r + \Delta r$ считаем, что $E_r = \dfrac{kQ}{r^2}$ на всём перемещении остаётся неизменным. Тогда работа поля на таком перемещении этого заряда

$$A = q(\varphi(r) - \varphi(r + \Delta r)) = qE_r \cdot \Delta r = \frac{kqQ}{r^2} \cdot \Delta r,$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

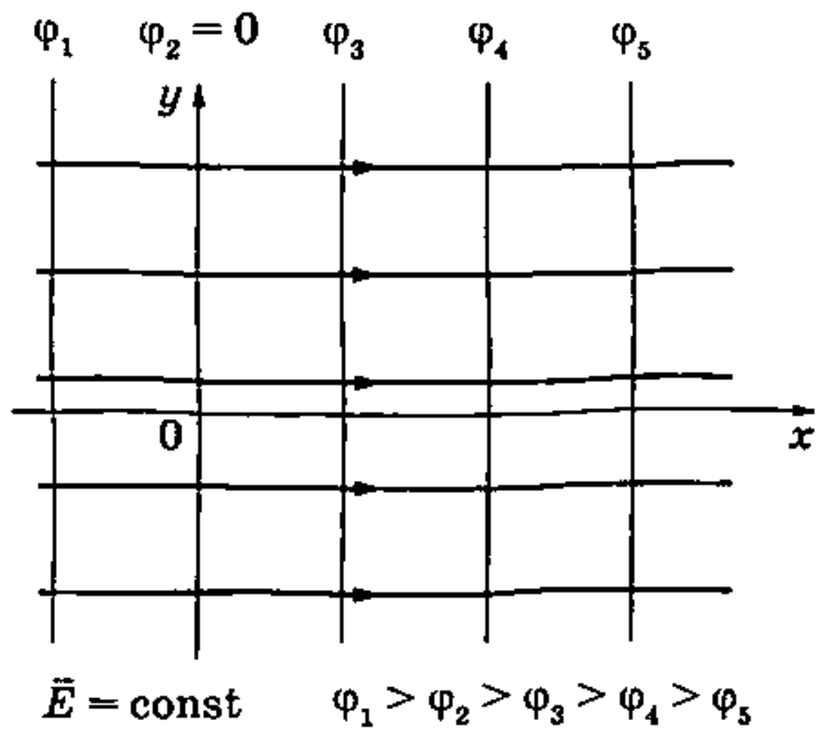
откуда

$$\left.\frac{\varphi(r+\Delta r)-\varphi(r)}{\Delta r}\right|_{\Delta r\to 0} = \varphi'_r = -\frac{kQ}{r^2}.$$

Значит, $\varphi(r) = \frac{kQ}{r} + \text{const}$. Положим теперь, что $\varphi(r) \to 0$ при $r \to \infty$ (это мы выбираем точку $\vec{r}_0$, в которой $\varphi(\vec{r}_0) = 0$, и у нас точка $\vec{r}_0$ выбрана на бесконечности, поэтому const = 0). Тогда окончательно для потенциала электростатического поля точечного заряда Q получаем

$$\boxed{\varphi(r) = \frac{kQ}{r}.}$$

В случае однородного электростатического поля эквипотенциальные поверхности, всюду перпендикулярные вектору $\vec{E}$, в силу трансляционной инвариантности поля ($\vec{E} = \text{const}$) представляют собой семейство параллельных плоскостей, расположенных на равном расстоянии друг от друга (см. рисунок справа, где $\vec{E} \parallel Ox$).



Очевидно, что в данном случае потенциал зависит только от x: $\varphi = \varphi(x)$. Перенесём заряд q в этом поле на величину Δx вдоль оси Ox. Работа поля в этом случае

$$A = qE \cdot \Delta x = q(\varphi(x) - \varphi(x+\Delta x)).$$

Тогда

$$\left.\frac{\varphi(x+\Delta x)-\varphi(r)}{\Delta x}\right|_{\Delta x\to 0} = \varphi'_x = -E = \text{const}$$

и $\varphi(x) = -E \cdot x + C$. Выберем теперь точку $\vec{r}_0$, в которой $\varphi(\vec{r}_0) = 0$, в начале координат. Тогда $C = 0$.

Потенциал однородного электростатического поля с напряжённостью $\vec{E} = (E, 0, 0)$ имеет вид: $\varphi(x) = -E \cdot x$.

Отсюда следует, что в случае однородного электростатического поля напряжение U между точками, находящимися на одной линии поля на расстоянии d друг от друга, связано с модулем напряжённости поля $\vec{E}$ равенством: $\boxed{U = Ed.}$

Опыт показывает, что справедлив принцип суперпозиции для потенциала и напряжённости электрического поля: $\boxed{\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots,\ \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \ldots,}$ т. е. внешние поля воздействуют на заряженное тело независимо друг от друга, при этом их воздействия складываются. Вспоминая, что $F = q\vec{E}$, видим, что этот результат согласуется с принципом суперпозиции сил в механике: $F_{\text{равн}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots$

Когда **проводник** оказывается **во внешнем электростатическом поле**, свободные носители заряда внутри проводника под действием этого поля приходят в упорядоченное движение, и в проводнике из-за этого происходит перераспределение зарядов. В результате поле внутри проводника уменьшается. Так продолжается до тех пор, пока напряжённость поля внутри проводника не уменьшится до нуля. Таким образом, внутри проводника, находящегося во внешнем электростатическом поле, в равновесии $\vec{E} = 0$. Поэтому внутри и на поверхности проводника потенциал электростатического поля $\varphi = \text{const}$. Следовательно, независимо от формы проводника его поверхность в электростатике эквипотенциальна, и поэтому линии электростатического поля вблизи его поверхности перпендикулярны к ней.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Диэлектрики во внешнем электростатическом поле поляризуются. В частности, на их поверхности появляются поверхностные связанные заряды. Поэтому поле внутри диэлектрика и в его окрестности отличается от исходного внешнего поля. В частности, если всё пространство вокруг точечного заряда q заполнено однородным изотропным диэлектриком с **диэлектрической проницаемостью** ε, то напряжённость поля $\vec{E}$ в каждой точке пространства уменьшается в ε раз, и проекция вектора $\vec{E}$ на луч r, выходящий из точки, где находится заряд, записывается в виде:

$$E_r = k\frac{q}{\varepsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}.$$

Конденсатор представляет собой два проводника (обкладки, пластины), изолированных друг от друга.

На обкладки можно поместить произвольные заряды, но обычно рассматривается случай, когда заряды обкладок противоположны друг другу. В этом случае суммарный заряд обкладок конденсатора равен нулю, а зарядом конденсатора q считается положительный заряд одной из обкладок. **Электроёмкость** (или просто ёмкость) **конденсатора**

$$C = \frac{q}{U}$$

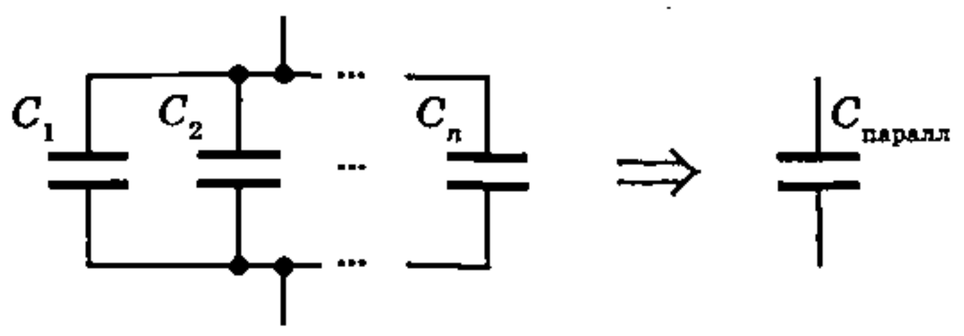
не зависит от его заряда и определяется формой и размерами конденсатора, а также свойствами диэлектрика между его обкладками. **Электроёмкость плоского конденсатора**: конденсатор состоит из двух одинаковых плоских пластин площадью S, расположенных параллельно друг другу, зазор толщиной d между пластинами целиком заполнен однородным изотропным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε, d много меньше длины и ширины пластин; тогда

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}.$$

Если зазор между пластинами конденсатора (любой формы, не только плоского) заполнен воздухом или вакуумом, то его ёмкость C_0 связана с ёмкостью C того же конденсатора, но заполненного диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε, соотношением

$$C = \varepsilon C_0.$$

Параллельное соединение конденсаторов. Соединим параллельно конденсаторы C_1, C_2, ... C_n. Вычислим ёмкость $C_{\text{паралл}}$ этой системы конденсаторов.



Напряжение на всех конденсаторах одинаково: $U_1 = U_2 = \ldots U_n = U$.

Общий заряд верхних пластин конденсаторов равен сумме зарядов их верхних пластин: $q = q_1 + q_2 + \ldots + q_n$.

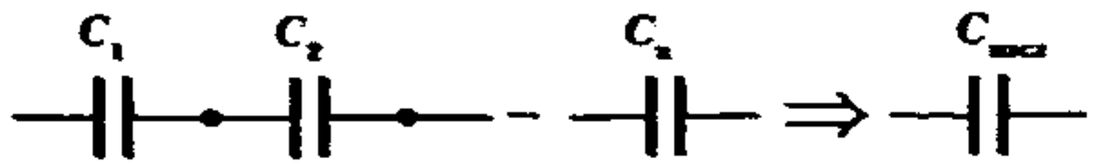
Заряд любого конденсатора $q = CU$, поэтому из предыдущего равенства следует, что $C_{\text{паралл}}U = C_1U + C_2U + \ldots + C_nU$, откуда

$$C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \ldots + C_n.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Последовательное соединение конденсаторов. Соединим последовательно конденсаторы C_1, C_2, ... C_n. Вычислим ёмкость $C_{посл}$ этой системы конденсаторов.



Напряжение на концах цепочки конденсаторов равно сумме напряжений на каждом конденсаторе: $U = U_1 + U_2 + ... + U_n$.

Поскольку обычно считается, что первоначально конденсаторы были не заряжены, то при последовательном соединении у них одинаковые заряды: $q_1 = q_2 = ... q_n = q$. Учитывая, что $U = \frac{q}{C}$, получим $\frac{q}{C_{посл}} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + ... + \frac{q}{C_n}$, откуда

$$\frac{1}{C_{посл}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}.$$

Энергия заряженного конденсатора:

$$W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

где q — заряд конденсатора, U — напряжение на нём.

© 000 [illegible]
5bor25.me

Задание 11

Что нужно знать	Что нужно уметь
Закон Кулона, связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля (стр. 234)	Использовать закон Кулона, связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля для расчёта физических величин

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Два небольших металлических шарика одинакового диаметра, имеющие заряды $q_1 = +40$ нКл и $q_2 = -60$ нКл, находятся на расстоянии 6 м друг от друга. 1) Определите модуль сил электростатического взаимодействия этих шариков. 2) Во сколько раз изменится модуль сил взаимодействия этих шариков, если расстояние между ними увеличить в 3 раза? 3) Каким станет модуль сил взаимодействия между ними, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) По закону Кулона модуль сил взаимодействия $$F = k\frac{\lvert q_1\rvert \cdot \lvert q_2\rvert}{r^2} = \frac{9\cdot 10^9 \cdot 40\cdot 10^{-9}\cdot 60\cdot 10^{-9}}{36} = 0{,}6 \text{ мкН}.$$ Ответ: 0,6 мкН. 2) Так как модуль сил взаимодействия заряженных шариков обратно пропорционален квадрату расстояния между ними, то при увеличении расстояния в 3 раза модуль сил взаимодействия уменьшится в 9 раз. Ответ: в 9 раз. 3) Так как шарики одинакового размера, то после соприкосновения заряды шариков будут одинаковы. Если шары привести в соприкосновение, а затем раздвинуть, то выполняется закон сохранения заряда $q_1 + q_2 = 2q$, где q — заряд каждого из шариков после соприкосновения. Следовательно, $q = \frac{+40 - 60}{2} = -10$ нКл. По закону Кулона модуль силы взаимодействия станет $$F = \frac{9\cdot 10^9 \cdot 10^{-8}\cdot 10^{-8}}{36} = 0{,}025 \text{ мкН}.$$ Ответ: 0,025 мкН

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

11 1 Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен F. Во сколько раз увеличится модуль этих сил, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 2 Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен F. Во сколько раз уменьшится модуль этих сил, если один заряд уменьшить в 5 раз, другой заряд увеличить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 3 Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 20 мН. Каким станет модуль этих сил, если заряд каждого тела увеличить в 3 раза?

Ответ: _____ мН.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 4 Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 80 мН. Каким станет модуль этих сил, если расстояние между телами увеличить в 2 раза?

Ответ: _____ мН.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 5 С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга? Заряд каждого шарика $8 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Ответ: _____ мкН.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 6 На каком расстоянии необходимо расположить в вакууме два маленьких заряженных шарика, чтобы сила их электростатического взаимодействия была равна 2,5 мкН? Заряд каждого шарика 0,1 мкКл.

Ответ: _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 7 Силы электростатического взаимодействия между двумя небольшими одинаковыми металлическими шариками, имеющими заряды $q_1 = +60$ нКл и $q_2 = -20$ нКл, равны по модулю 9 мкН. Каким станет модуль сил взаимодействия между шариками, если их привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: _____ мкН.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 8 Силы электростатического взаимодействия между двумя небольшими одинаковыми металлическими шариками, имеющими заряды $q_1 = -80$ нКл и $q_2 = +40$ нКл, равны по модулю 18 мкН. Каким станет модуль сил взаимодействия между шариками, если их привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: _____ мкН.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11
9

Во сколько раз увеличится ускорение заряженной пылинки, движущейся в однородном электрическом поле, если её заряд увеличить в 6 раз, а напряжённость поля уменьшить в 2 раза? Силу тяжести и сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11
10

Во сколько раз увеличится ускорение заряженной пылинки, движущейся в однородном электрическом поле, если её заряд уменьшить в 2 раза, а напряжённость поля увеличить в 3 раза? Силу тяжести и сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

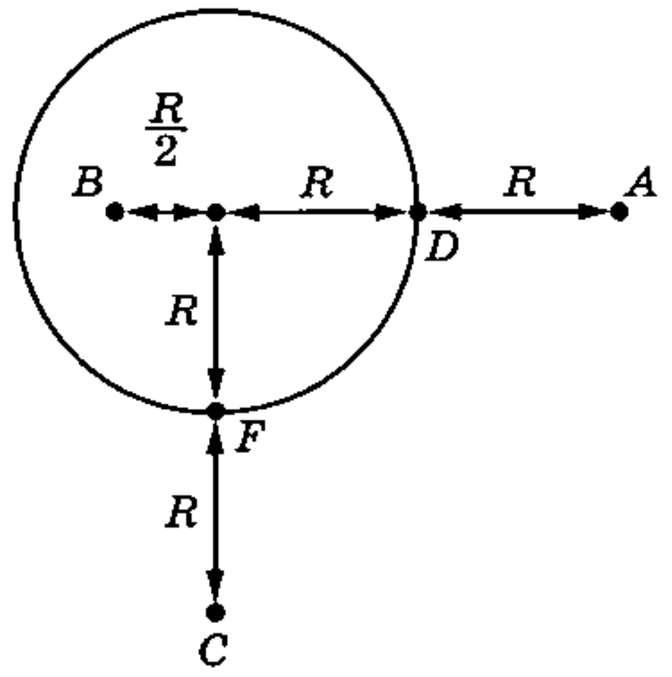
sbor25.me

Задания 14 и 15

Что нужно знать	Что нужно уметь
Электризация тел и её проявления. Взаимодействие зарядов. Напряжённость электрического поля. Разность потенциалов и напряжение. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле (стр. 234, 235)	Анализировать процессы, связанные с явлением электризации тел, электростатической индукцией в проводниках и поляризацией диэлектриков. Использовать физические величины (кулоновская сила, напряжённость электрического поля, потенциал, разность потенциалов) для характеристики электростатических полей
Конденсатор. Электроёмкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора (стр. 238, 239)	Анализировать процессы, связанные с изменением характеристик плоского конденсатора, используя физические величины (электроёмкость конденсатора, напряжённость электрического поля, напряжение между обкладками конденсатора, энергия конденсатора). Анализировать движение заряженных частиц в однородном электрическом поле между пластинами конденсатора

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

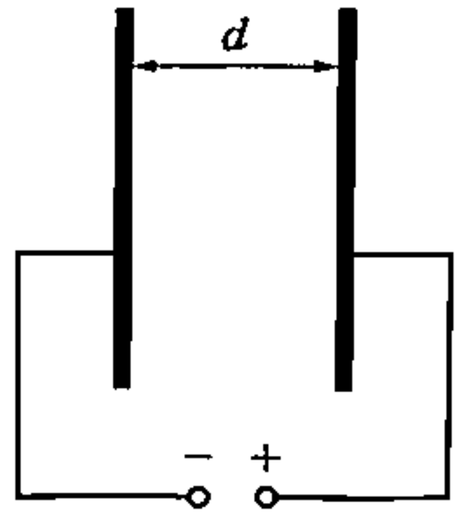
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На уединённой неподвижной проводящей сфере радиусом R находится положительный заряд Q. Сфера находится в вакууме. Напряжённость электростатического поля сферы в точке A равна 36 В/м. Все расстояния указаны на рисунке. 1) Определите напряжённость поля в точках C и B. 2) Сравните потенциалы в точках B, C, F и D 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Точка C находится на таком же расстоянии от сферы, что и точка A. Следовательно, из-за центральной симметрии электростатического поля сферы напряжённость поля в точке C такая же по модулю, что и в точке A: $E_C = 36$ В/м. Точка B находится внутри заряженной сферы, где электростатическое поле отсутствует. Следовательно, $E_B = 0$. 2) Поверхность заряженной сферы эквипотенциальна. Следовательно, $\varphi_D = \varphi_F$. По мере удаления от положительно заряженной сферы потенциал убывает. Значит, $\varphi_C < \varphi_F$. Внутри заряженной сферы электростатическое поле отсутствует. Поэтому работа поля при переносе заряда q из точки B в точку F равна нулю: $$A = q(\varphi_B - \varphi_F) = 0 \Rightarrow \varphi_B = \varphi_F$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

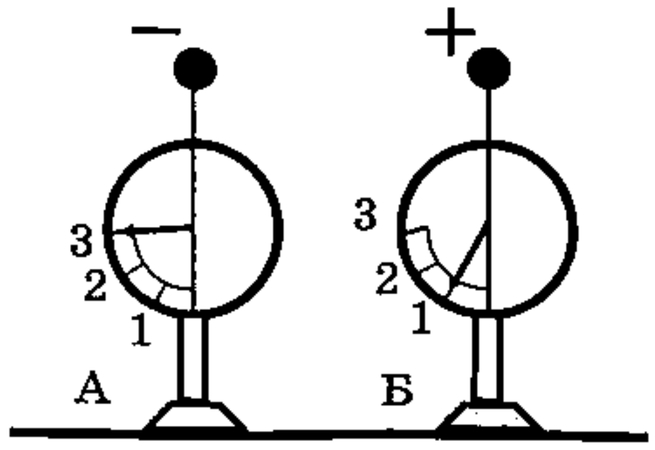
sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Как изменятся электроёмкость конденсатора, его заряд, напряжение между пластинами, напряжённость электрического поля внутри конденсатора и энергия электрического поля конденсатора, если уменьшить расстояние между пластинами конденсатора? 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Электроёмкость плоского конденсатора определяется по формуле $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$. При уменьшении расстояния между пластинами *электроёмкость конденсатора увеличивается.* Поскольку конденсатор остаётся подключённым к источнику постоянного напряжения, то *напряжение между пластинами конденсатора остаётся неизменным.* Заряд конденсатора $q = CU$. При увеличении электроёмкости и неизменном напряжении заряд конденсатора также увеличивается. Напряжение между пластинами конденсатора и напряжённость однородного электрического поля внутри конденсатора связаны соотношением $U = Ed$. При уменьшении расстояния d между пластинами и неизменном напряжении U напряжённость поля увеличивается. Энергия электрического поля конденсатора определяется по формуле $W = \frac{CU^2}{2}$. При увеличении электроёмкости и неизменном напряжении U энергия электрического поля конденсатора увеличивается

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

14 **1** На рисунке изображены два одинаковых электрометра: А и Б, шары которых имеют заряды противоположных знаков. В первом опыте электрометры соединяют медной проволокой, а во втором — деревянной линейкой.
Выберите все утверждения, соответствующие данным этих опытов.



1) В первом опыте показание электрометра А станет равным 1, а показание электрометра Б — равным 3.
2) В первом опыте показания обоих электрометров станут равными 1.
3) В первом опыте электрометр Б полностью разрядится.
4) Во втором опыте показания электрометров не изменятся.
5) Во втором опыте показания электрометров станут одинаковыми.

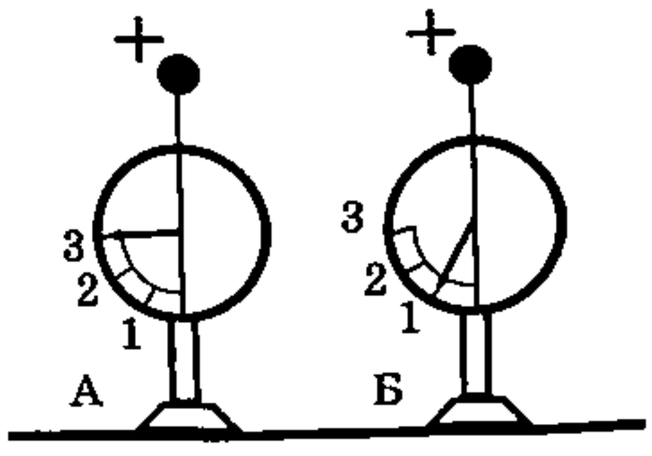
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14
2

На рисунке изображены два одинаковых электрометра: А и Б, шары которых заряжены положительно. В первом опыте электрометры соединяют медной проволокой, а во втором — деревянной линейкой.



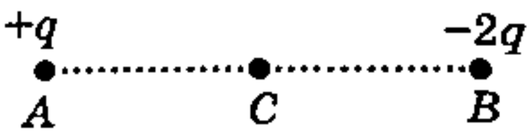
Выберите все утверждения, соответствующие данным этих опытов.

1) В первом опыте показание электрометра А станет равным 1, а показание электрометра Б — равным 3.
2) Во втором опыте показания электрометров станут одинаковыми.
3) Во втором опыте показания электрометров не изменятся.
4) В первом опыте электрометр Б полностью разрядится.
5) В первом опыте показания обоих электрометров станут равными 2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
3

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках A и B, несут на себе заряды $+q > 0$ и $-2q < 0$ соответственно (см. рисунок). Точка C находится посередине между бусинками A и B.



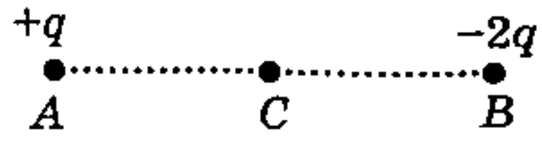
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) На бусинку B со стороны бусинки A действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.
2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
4) Если бусинки соединить тонкой медной проволокой, они будут отталкиваться друг от друга.
5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
4

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках A и B, несут на себе заряды $+q > 0$ и $-2q < 0$ соответственно (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

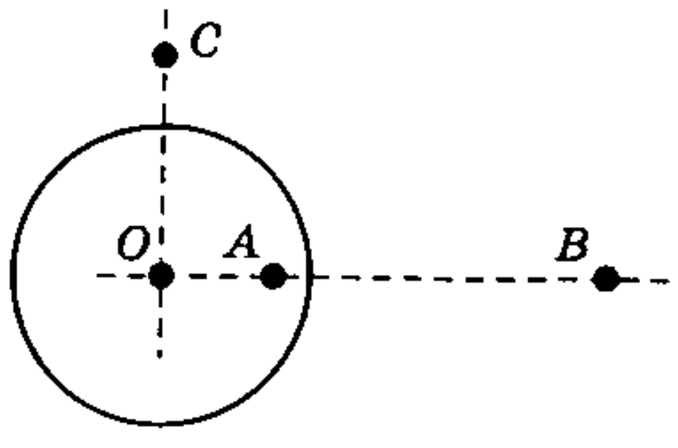
1) На бусинку A со стороны бусинки B действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.
2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально вправо.
3) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку B, в 2 раза меньше, чем модуль силы Кулона, действующей на бусинку A.
4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут продолжать притягиваться друг к другу.
5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды не изменятся.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

15 5

На неподвижном проводящем уединённом шарике радиусом R находится заряд Q. Точка O — центр шарика, $OA = \frac{3R}{4}$, $OB = 3R$, $OC = \frac{3R}{2}$. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C. Определите модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B.



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЗНАЧЕНИЯ
А) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке A	1) 0
Б) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке B	2) $4E_C$
	3) $\frac{E_C}{2}$
	4) $\frac{E_C}{4}$

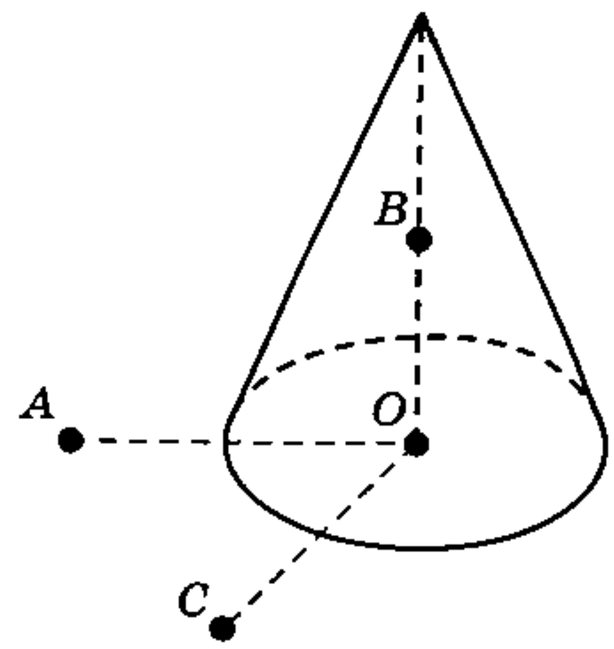
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 6

На неподвижном проводящем уединённом конусе высотой H и радиусом основания $R = \frac{H}{2}$ находится заряд Q. Точка O — центр основания конуса, $OA = OC = 2R$, $OB = R$, угол AOC прямой, отрезки OA и OC лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C. Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и в точке B?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЗНАЧЕНИЯ
А) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке A	1) 0
Б) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке B	2) E_C
	3) $2E_C$
	4) $4E_C$

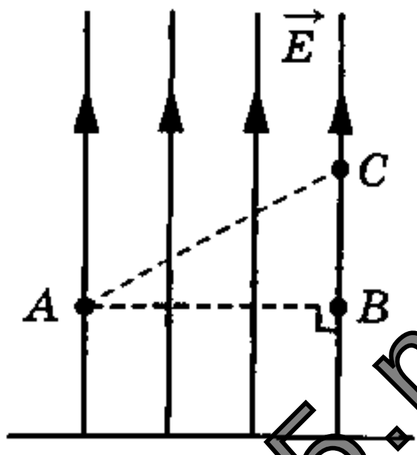
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

14 7

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой металлической пластиной.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Заряд пластины отрицательный.
2) Потенциал электростатического поля в точке B ниже, чем в точке C.
3) Работа сил электростатического поля по перемещению точечного отрицательного заряда из точки A в точку B равна нулю.
4) Если в точку A поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз.
5) Напряжённость поля в точке A меньше, чем в точке C.

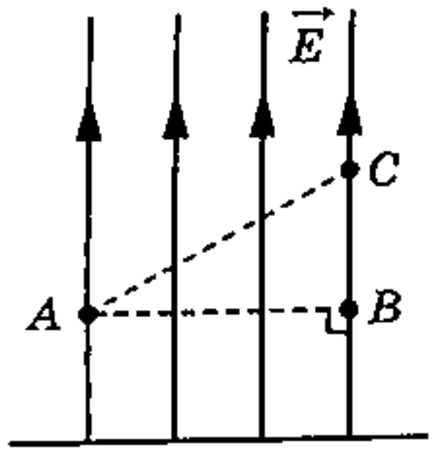
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

14 8

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой металлической пластиной.



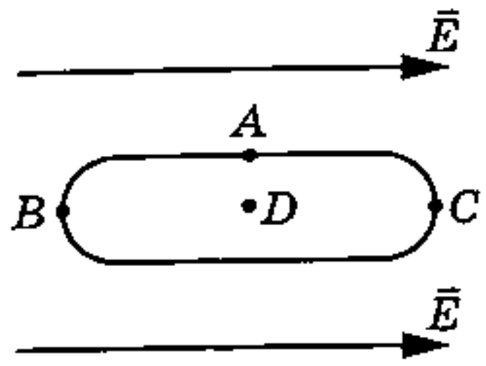
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения.

1) Заряд пластины положительный.
2) Потенциал электростатического поля в точке B выше, чем в точке C.
3) Работа сил электростатического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки A в точку B положительна.
4) Если в точку B поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.
5) Напряжённость поля в точке A меньше, чем в точке C.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 9

Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электростатическое поле напряжённостью $\vec{E}$.



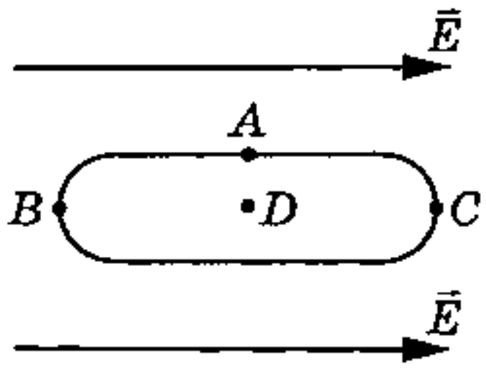
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

1) Напряжённость электростатического поля в точке D не равна нулю.
2) Потенциалы электростатического поля в точках A и C равны.
3) Концентрация свободных электронов в точке B наибольшая.
4) В точке A индуцируется положительный заряд.
5) В точке D индуцируется отрицательный заряд.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 10

Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электростатическое поле напряжённостью $\vec{E}$.



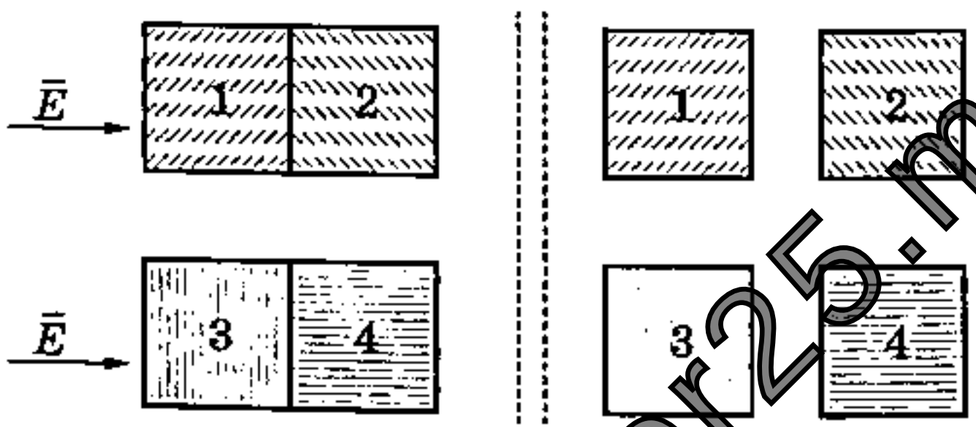
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

1) Напряжённость электрического поля в точке D не равна нулю.
2) Потенциал в точке A меньше, чем в точке D.
3) Концентрация свободных электронов в точке A наименьшая.
4) Вблизи точки C индуцируется положительный заряд.
5) Вблизи точки B индуцируется отрицательный заряд.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 11

Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электростатическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. То же самое проделали с двумя незаряженными медными кубиками 3 и 4. Затем кубики быстро раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (правая часть рисунка).



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

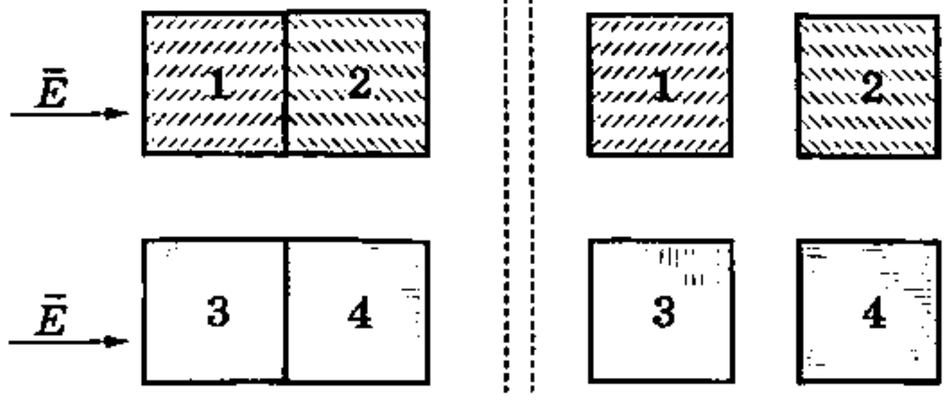
Выберите все верные утверждения, описывающие данный процесс.

1) После разделения кубик 3 приобретает отрицательный заряд.
2) При помещении стеклянных кубиков в электростатическое поле наблюдается явление поляризации.
3) В электростатическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный отрицательный заряд.
4) В электростатическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
5) После разделения кубик 2 приобретает положительный заряд.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
12

Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электростатическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. То же самое проделали с двумя незаряженными медными кубиками 3 и 4. Затем кубики быстро раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (правая часть рисунка).



Выберите все верные утверждения, описывающие данный процесс.

1) После разделения кубик 2 приобретает отрицательный заряд.
2) После разделения кубик 4 приобретает положительный заряд.
3) При помещении медных кубиков в электростатическое поле наблюдается явление электростатической индукции.
4) В электростатическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный положительный заряд.
5) В электростатическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

15
13

Плоский конденсатор зарядили и отключили от гальванического элемента. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора электроёмкость конденсатора и величина заряда на его обкладках?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электроёмкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
14

Плоский конденсатор зарядили и отключили от гальванического элемента. Как изменятся при увеличении зазора между обкладками конденсатора электроёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15
15 Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключён к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удаляют из конденсатора. Как изменятся при этом ёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
16 Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся напряжённость поля в зазоре между обкладками конденсатора и величина заряда на его обкладках, если увеличить зазор между ними?

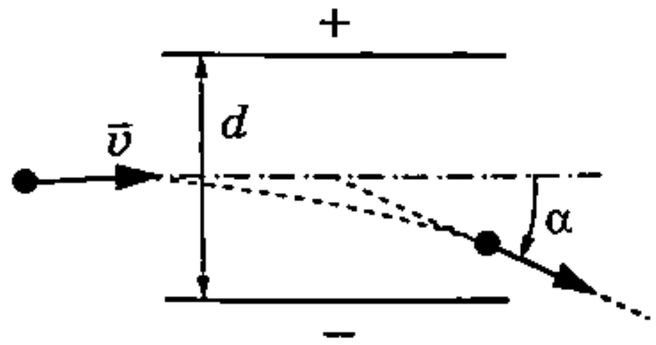
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжённость поля в зазоре между обкладками конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
17 Заряженная частица массой m, движущаяся со скоростью $\vec{v}$, влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно d, а напряжённость электрического поля между пластинами равна $\vec{E}$. Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол α.



Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол α, если увеличить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора? Сопротивлением воздуха и силой тяжести пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения α

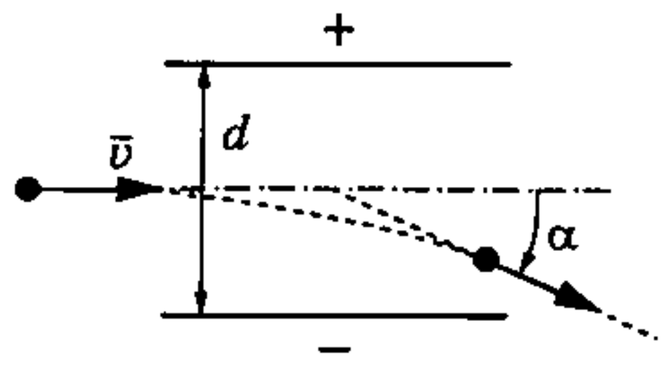
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15
18

Протон, движущийся в вакууме со скоростью $v \ll c$, пролетает между пластинами заряженного конденсатора так, как показано на рисунке.



Как изменятся кинетическая энергия протона на выходе из конденсатора и время пролёта конденсатора, если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора? Сопротивлением воздуха и силой тяжести пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

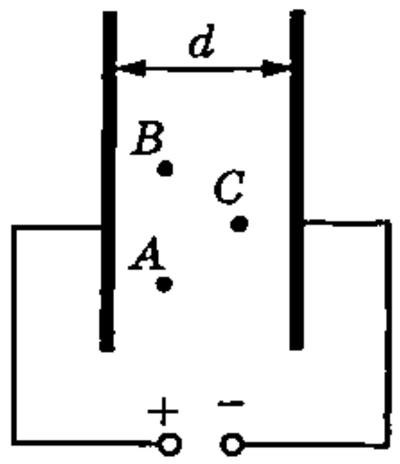
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия протона на выходе из конденсатора	Время пролёта конденсатора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

14
19

Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на малом расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Если увеличить расстояние d между пластинами, то напряжённость электрического поля в точке B увеличится.
2) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля пластин останется прежней.
3) Напряжённость электрического поля в точках A, B и C одинакова.
4) Потенциал электрического поля в точке A выше, чем в точке C.
5) Если уменьшить расстояние d между пластинами, то заряд левой пластины уменьшится.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
20

Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на малом расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рис. 1). Пластины закрепили на изолирующих подставках и спустя длительное время отключили от источника (см. рис. 2).

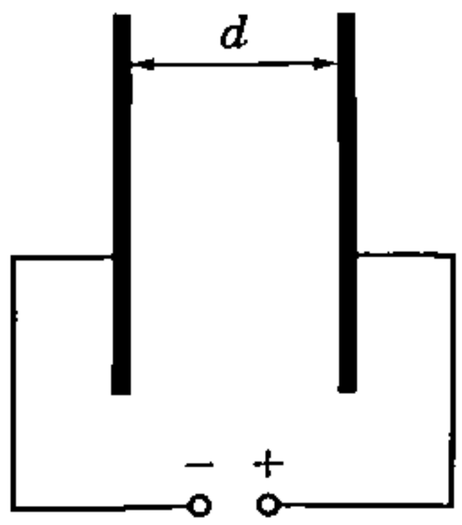


Рис. 1

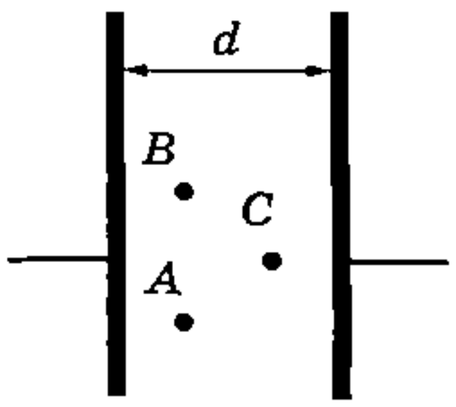


Рис. 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

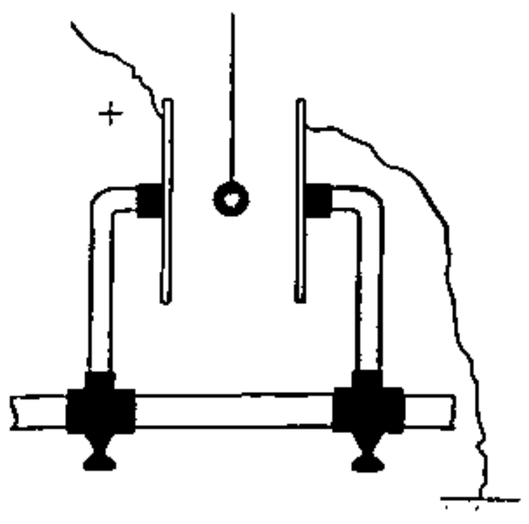
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Если уменьшить расстояние между пластинами d, то заряд правой пластины не изменится.
2) Если увеличить расстояние между пластинами d, то напряжённость электрического поля в точке C не изменится.
3) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля конденсатора останется прежней.
4) Напряжённость электрического поля в точке A больше, чем в точке B.
5) Потенциал электрического поля в точке A выше, чем в точке C.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
21

Для оценки заряда, накопленного воздушным конденсатором, можно использовать устройство, изображённое на рисунке: лёгкий шарик из оловянной фольги подвешен на изолирующей нити между двумя пластинами конденсатора, при этом одна из пластин заземлена, а другая заряжена положительно. Когда устройство собрано, а конденсатор заряжен и отсоединён от источника, шарик приходит в колебательное движение, касаясь поочерёдно обеих пластин.



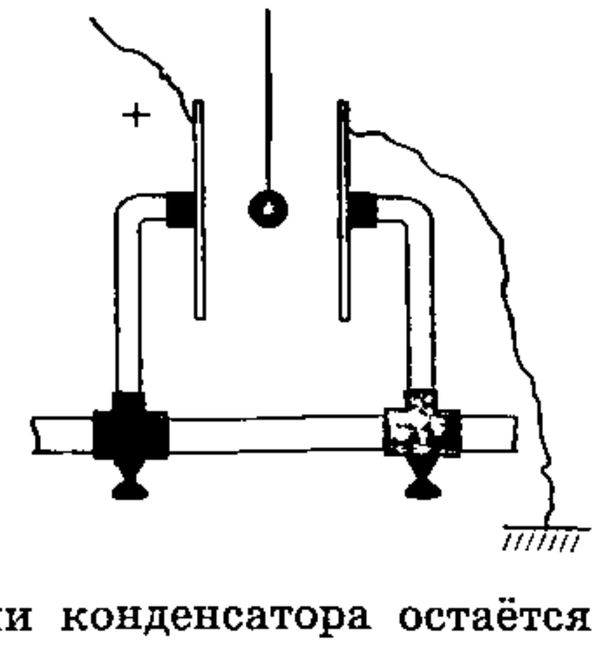
Выберите все верные утверждения, соответствующие колебательному движению шарика после первого касания пластины.

1) По мере колебаний шарика напряжение между пластинами конденсатора уменьшается.
2) При движении шарика к положительно заряженной пластине его заряд равен нулю, а при движении к заземлённой пластине — положителен.
3) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен положительно, а при движении к положительно заряженной пластине — отрицательно.
4) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен отрицательно, а при движении к положительно заряженной пластине — положительно.
5) По мере колебаний шарика электрическая ёмкость конденсатора уменьшается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
22

Для оценки заряда, накопленного воздушным конденсатором, можно использовать устройство, изображённое на рисунке: лёгкий шарик из оловянной фольги подвешен на изолирующей нити между двумя пластинами конденсатора, при этом одна из пластин заземлена, а другая заряжена положительно. Когда устройство собрано, а конденсатор заряжен и отсоединён от источника, шарик приходит в колебательное движение, касаясь поочерёдно обеих пластин.



Выберите все верные утверждения, соответствующие колебательному движению шарика после первого касания пластины.

1) В процессе колебаний шарика напряжение между пластинами конденсатора остаётся неизменным.
2) При движении шарика к положительно заряженной пластине его заряд равен нулю, а при движении к заземлённой пластине — отрицателен.
3) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен отрицательно, а при движении к положительно заряженной пластине — положительно.
4) По мере колебаний шарика энергия электрического поля конденсатора уменьшается.
5) В процессе колебаний шарика электрическая ёмкость конденсатора остаётся неизменной.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.ne

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»

1 Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен 12 мкН. Каким будет модуль сил взаимодействия между ними, если уменьшить величину каждого заряда в 2 раза, не меняя расстояния между ними?

Ответ: _____ мкН.

2 Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, каждый из зарядов увеличили в 3 раза. Во сколько раз увеличился модуль сил электростатического взаимодействия между ними?

Ответ: в _____ раз(а).

3 Два неподвижных заряженных шарика, находящиеся в вакууме на расстоянии 0,3 м друг от друга, притягиваются друг к другу с силой $8 \cdot 10^{-9}$ Н. Чему равен модуль заряда второго шарика, если заряд первого составляет $2 \cdot 10^{-10}$ Кл?

Ответ: _____ нКл.

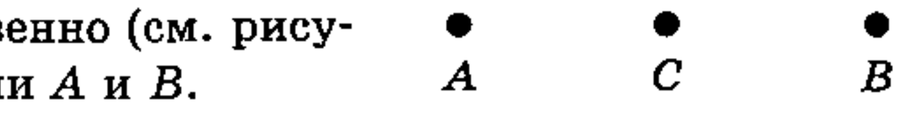
4 Силы электростатического взаимодействия между двумя небольшими металлическими шариками одинакового диаметра, имеющими заряды $q_1 = -100$ нКл и $q_2 = +20$ нКл, равны по модулю 10 мкН. Каким станет модуль сил взаимодействия между шариками, если их привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: _____ мкН.

5 Во сколько раз увеличится ускорение заряженной пылинки, движущейся в однородном электрическом поле, если её заряд уменьшить в 4 раза, а напряжённость поля увеличить в 6 раз? Силу тяжести и сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: в _____ раз(а).

6 Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках A и B, несут на себе заряды $-q < 0$ и $+2q > 0$ соответственно (см. рисунок). Точка C находится посередине между бусинками A и B.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

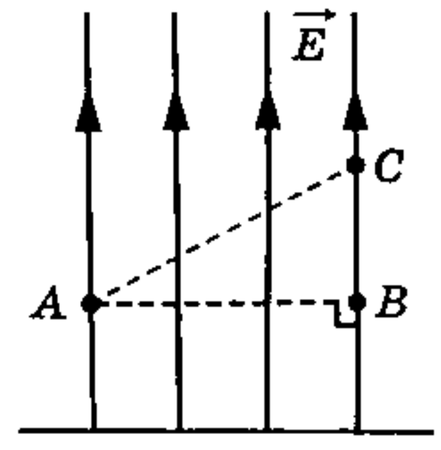
1) На бусинку B со стороны бусинки A действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.
2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
4) Если бусинки соединить тонкой медной проволокой, они будут притягиваться друг к другу.
5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой металлической пластиной.

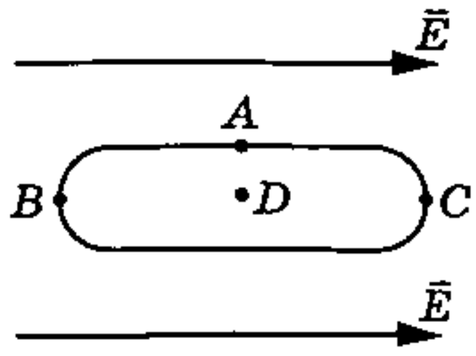


Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Заряд пластины отрицательный.
2) Потенциал в точке A выше, чем в точке C.
3) Работа сил электростатического поля по перемещению точечного отрицательного заряда из точки A в точку B отрицательна.
4) Если в точку B поместить точечный положительный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз.
5) Напряжённость электрического поля в точках A, B и C одинакова.

Ответ: _____.

8 Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электростатическое поле напряжённостью $\vec{E}$.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

1) Напряжённость электростатического поля в точке D не равна нулю.
2) Потенциалы в точках A и B равны.
3) Концентрация свободных электронов в точке D наибольшая.
4) В точке C индуцируется положительный заряд.
5) В точке A индуцируется отрицательный заряд.

Ответ: _____.

9 В воздушный зазор между пластинами плоского заряженного конденсатора, отключённого от источника напряжения, медленно вдвигают диэлектрическую пластинку. Как изменяются с течением времени электроёмкость конденсатора и разность потенциалов между его пластинами?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между пластинами конденсатора

10 Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора его электроёмкость и величина заряда на его обкладках?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

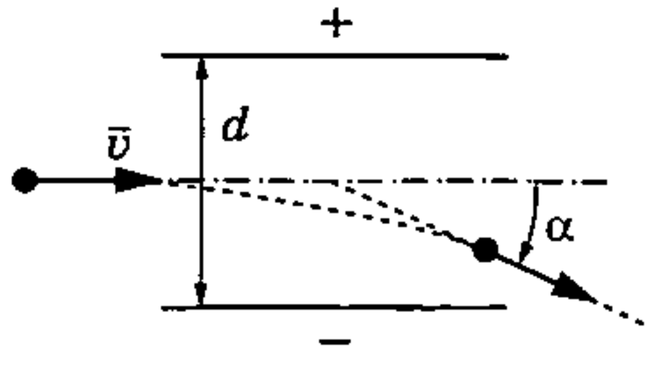
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электроёмкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11 Заряженная частица массой m, движущаяся со скоростью $\vec{v}$, влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно d, а напряжённость электрического поля между пластинами равна $\vec{E}$. Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол α.



Как изменятся модуль силы, действующей на частицу в конденсаторе, и угол α, если увеличить скорость частицы на входе в конденсатор? Сопротивлением воздуха и силой тяжести пренебречь.

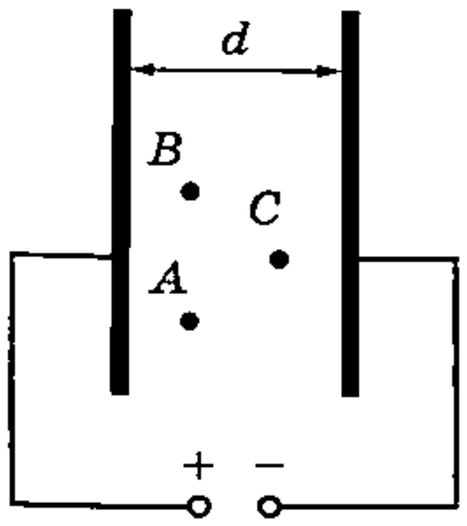
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы, действующей на частицу в конденсаторе	Угол отклонения α

12 Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на малом расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок).

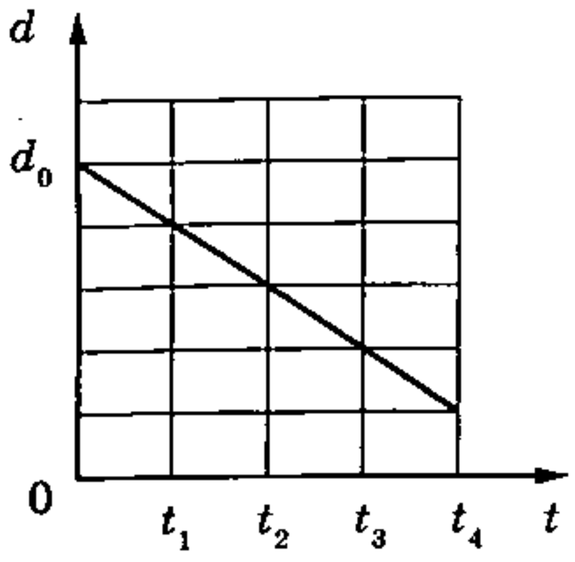


Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Если уменьшить расстояние d между пластинами, то напряжённость электрического поля между пластинами увеличится.
2) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля пластин увеличится.
3) Напряжённость электрического поля в точках A и B больше, чем в точке C.
4) Потенциал электрического поля в точке C выше, чем в точке A.
5) Если увеличить расстояние d между пластинами, то модуль заряда правой пластины увеличится.

Ответ: _____.

13 Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0, подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии d_0 друг от друга. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.



Выберите все верные утверждения, соответствующие описанию опыта.

1) В момент времени t_4 ёмкость конденсатора увеличилась в 5 раз по сравнению с первоначальной (при $t = 0$).
2) В интервале времени от t_1 до t_4 заряд конденсатора монотонно возрастает.
3) В интервале времени от t_1 до t_4 энергия конденсатора равномерно уменьшается.
4) В промежутке времени от t_1 до t_4 напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
5) В промежутке времени от t_1 до t_4 напряжение между пластинами конденсатора уменьшилось в 5 раз.

Ответ: _____.

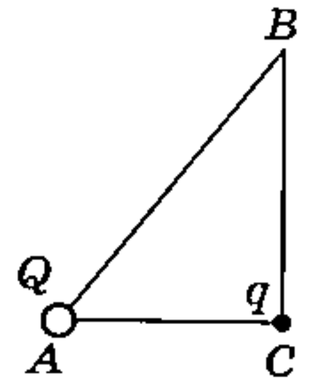
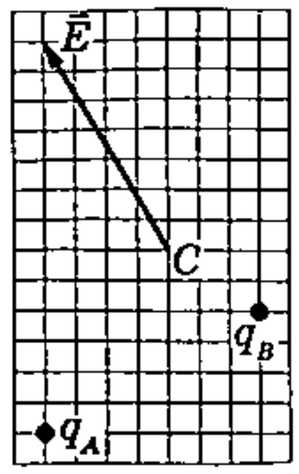
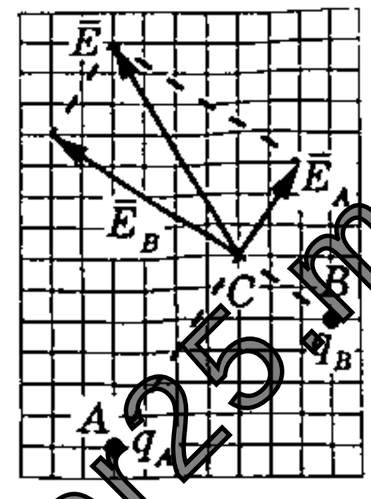
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 25

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В вершине A прямоугольного треугольника ABC находится точечный заряд Q (см. рисунок). Он действует с силой 50 мкН на точечный заряд q, помещённый в вершину C. Если заряд q перенести в вершину B, то заряды будут взаимодействовать с силой 18 мкН. Найдите отношение $\frac{AC}{BC}$ 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Согласно закону Кулона $F_1 = k\frac{Qq}{AC^2}$ и $F_2 = k\frac{Qq}{AB^2}$. По теореме Пифагора $AB^2 = AC^2 + BC^2$. $$\frac{F_2}{F_1} = \frac{AC^2}{AB^2} = \frac{18}{50} = \frac{9}{25}.$$ Таким образом, $$\frac{AC}{BC} = \frac{AC}{\sqrt{AB^2 - AC^2}} = \frac{AC}{\sqrt{\frac{25}{9}AC^2 - AC^2}} = \frac{3}{\sqrt{25-9}} = \frac{3}{4} = 0{,}75.$$ Ответ: $AC/BC = 0{,}75$
Задание № 2	На рисунке показан вектор напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке C, созданного двумя точечными зарядами q_A и q_B. Чему равен заряд q_B, если заряд q_A равен +5 нКл? 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Согласно принципу суперпозиции вектор напряжённости результирующего электростатического поля равен: $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$. Построим векторы напряжённостей электростатических полей в точке C от точечных зарядов, расположенных в точках A и B (см. рисунок). Сложение векторов $\vec{E}_A$ и $\vec{E}_B$ производится по правилу параллелограмма, вектор $\vec{E}$ является его диагональю. Чтобы построить $\vec{E}_A$ и $\vec{E}_B$, зная $\vec{E}$, проведём прямые AC и BC, а также две параллельные им прямые через остриё вектора $\vec{E}$. На рисунке все четыре прямые показаны пунктирами. Искомые векторы $\vec{E}_A$ и $\vec{E}_B$ оказываются сторонами возникшего параллелограмма (в нашем случае — прямоугольника). 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

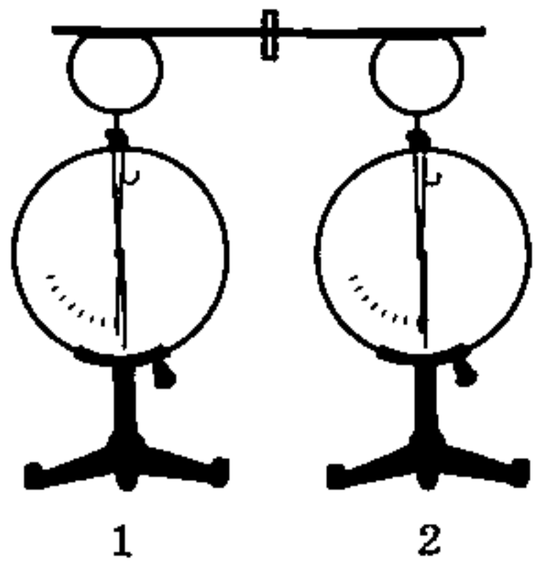
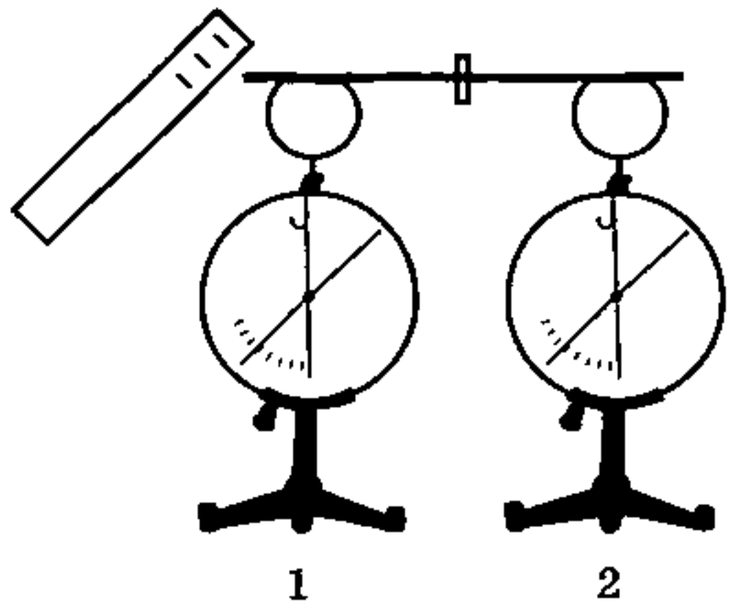
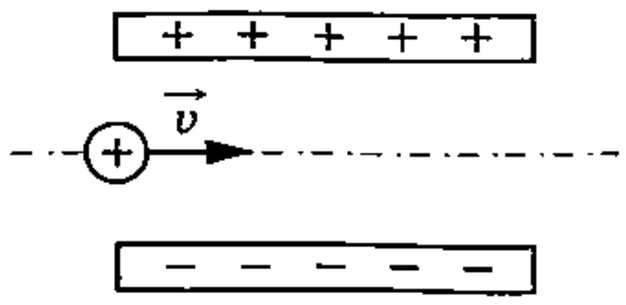
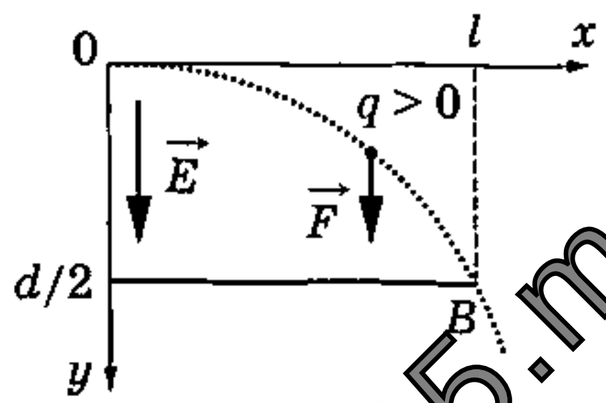
Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Из рисунка видно, что $E_B = 2E_A$, так как длина вектора $\vec{E}_B$ в 2 раза больше $\vec{E}_A$. Напряжённость полей точечных зарядов: $E_A = k\frac{q_A}{r_A^2}$ и $E_B = k\frac{q_B}{r_B^2}$. Определим из рисунка расстояния r_A и r_B в «клетках»: $r_A^2 = 4^2 + 6^2 = 52$ и $r_B^2 = 2^2 + 3^2 = 13$. Таким образом, $\frac{r_A^2}{r_B^2} = \frac{52}{13} = 4$. В итоге $k\frac{q_B}{r_B^2} = 2k\frac{q_A}{r_A^2} \Rightarrow q_B = 2q_A\frac{r_B^2}{r_A^2} = 2q_A\frac{1}{4} = \frac{q_A}{2} = 2{,}5$ нКл. Ответ: $q_B = 2{,}5$ нКл
Задание № 3	Частица с зарядом 5 нКл находится в однородном горизонтальном электрическом поле напряжённостью 200 В/м. Какова масса частицы, если за 3 с она переместилась по горизонтали из состояния покоя на расстояние 1,8 м? Сопротивлением воздуха пренебречь
Возможное решение и ответ к заданию № 3	На частицу со стороны электрического поля действует горизонтальная сила $\vec{F} = q\vec{E}$, в результате чего горизонтальное перемещение частицы происходит равноускоренно. Направим ось x по горизонтальному перемещению частицы. Согласно второму закону Ньютона $ma_x = F$, откуда $a_x = qE/m$. Перемещение частицы по горизонтали определяется по формуле $S = \frac{at^2}{2}$. Таким образом, $S = \frac{qEt^2}{2m}$. В итоге $m = \frac{Eqt^2}{2S} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 3^2}{2 \cdot 1{,}8} = 2{,}5 \cdot 10^{-6} = 2{,}5$ мг. Ответ: $m = 2{,}5$ мг
Задание № 4	Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = 2$ и масс $\frac{m_2}{m_1} = 4$ попадают в однородное электрическое поле. Начальная скорость у обеих частиц равна нулю. Определите отношение кинетических энергий этих частиц $\frac{W_2}{W_1}$ в один и тот же момент времени после начала движения. Действием силы тяжести пренебречь. Частицы находятся в вакууме
Возможное решение и ответ к заданию № 4	На частицу со стороны электрического поля действует сила $F = qE$, в результате чего частица начинает равноускоренно двигаться по прямой. Согласно второму закону Ньютона $ma = F$. Скорость частицы определяется формулой $V = V_0 + at$, а её кинетическая энергия — $W = \frac{mV^2}{2}$. В нашем случае, с учётом начальных условий, $V = at = \frac{qEt}{m}$. Таким образом, $W = \frac{(Eqt)^2}{2m}$. В итоге $\frac{W_2}{W_1} = \frac{(Eq_2t)^2}{2m_2} \cdot \frac{2m_1}{(Eq_1t)^2} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \cdot \frac{m_1}{m_2} = 2^2 \cdot \frac{1}{4} = 1$. Ответ: $W_2/W_1 = 1$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 5	На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (см. рис. 1). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (см. рис. 2). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали палочку.  1 2 Рис. 1  1 2 Рис. 2 Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали
Возможное решение и ответ к заданию № 5	1. Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 — отрицательный. 2. При поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны с шара, стержня и стрелки электрометра 1 по металлическому стержню в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 2. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки соединённых друг с другом металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. 3. Поскольку соединённые металлическим стержнем части электрометров образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда положительный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю отрицательному заряду электрометра 2. 4. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились
Задание № 6	Частица, имеющая заряд $q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл, влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость, с которой частица должна влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него, $\upsilon = 250$ м/с. Длина пластин конденсатора $l = 5$ см; расстояние между пластинами $d = 1$ см; напряжённость электрического поля внутри конденсатора $E = 5000$ В/м. Чему равна масса частицы? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести пренебречь. Считать, что конденсатор находится в вакууме 
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1. На заряженную частицу в однородном поле конденсатора действует сила $\vec{F} = q\vec{E}$, пропорциональная напряжённости поля $\vec{E}$ и заряду частицы q. 2. В инерциальной системе отсчёта Oxy, связанной с Землёй, ось которой Ox направлена по начальной скорости частицы (см. рисунок), под действием поля частица приобретает постоянное ускорение, определяемое вторым законом Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F} = q\vec{E}$. Отсюда: ускорение частицы вдоль оси Oy $a = \frac{q}{m}E$ получается постоянным, а движение — равноускоренным. 

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Окончание табл.

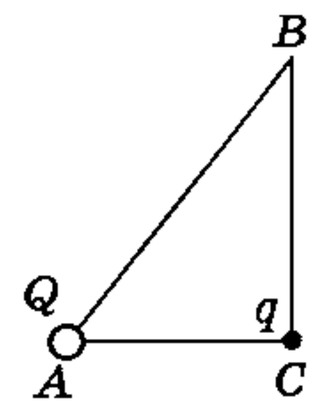
№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 6	3. Закон движения частицы в поле конденсатора: $x = vt$; $y = \dfrac{at^2}{2}$. При минимальной скорости траектория проходит через точку B с координатами $(l,\ d/2)$, удовлетворяющими уравнениям $l = vt$, $d = at^2$. Эти условия определяют массу частицы: $$d \cdot m = qE\left(\frac{l}{v}\right)^2 \Rightarrow m = \frac{qE}{d}\left(\frac{l}{v}\right)^2 = \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 5000 \cdot 0{,}05^2}{0{,}01 \cdot 250^2} = 10^{-10}\ \text{кг}.$$ Ответ: $m = 10^{-10}$ кг

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 Точечные заряды $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = -30$ нКл находятся на некотором расстоянии друг от друга. Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия между ними, если их сначала привести в соприкосновение, а потом развести на прежнее расстояние?

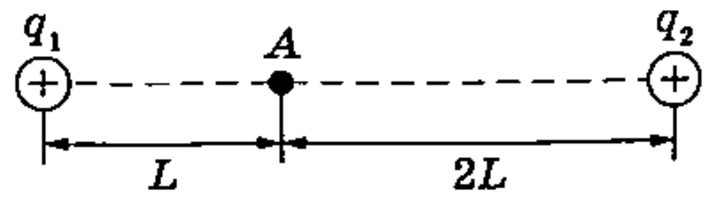
Ответ: в _____ раз(а).

23 2 В вершине A прямоугольного треугольника ABC находится точечный заряд Q (см. рисунок). Он действует с силой 25 мкН на точечный заряд q, помещённый в вершину C. Определите, с какой силой будут взаимодействовать заряды, если заряд q перенести в вершину B. Отношение сторон $\dfrac{AC}{AB} = 0{,}6$.



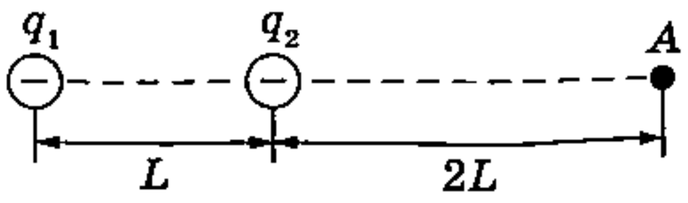
Ответ: _____ мкН.

23 3 Два точечных положительных заряда $q_1 = 5$ нКл и $q_2 = 10$ нКл находятся в вакууме. Определите величину напряжённости электростатического поля этих зарядов в точке A, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого и $2L$ от второго заряда. $L = 30$ см (см. рисунок).



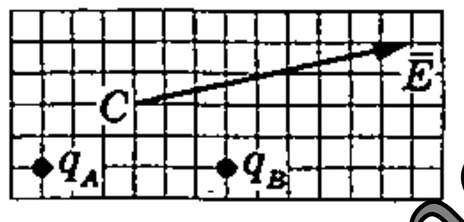
Ответ: _____ В/м.

23 4 Два точечных отрицательных заряда $q_1 = -9$ нКл и $q_2 = -4$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $L = 60$ см друг от друга. Определите величину напряжённости электростатического поля этих зарядов в точке A, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии $2L$ от второго заряда (см. рисунок).



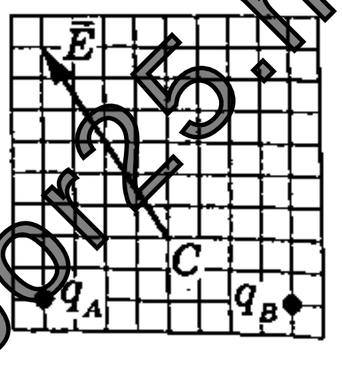
Ответ: _____ В/м.

23 5 На рисунке показан вектор напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке C, созданного двумя точечными зарядами q_A и q_B. Чему равен заряд q_B, если заряд q_A равен +30 нКл?



Ответ: _____ нКл.

23 6 На рисунке показан вектор напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке C, созданного двумя точечными зарядами q_A и q_B. Каков заряд q_B, если заряд q_A равен +4 нКл?



Ответ: _____ нКл.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 7 Потенциал электростатического поля в точке A равен 300 В, потенциал в точке B равен 50 В. Какую работу совершает электростатическое поле при перемещении положительного заряда 2 мкКл из точки A в точку B?

Ответ: _____ мДж.

23 8 Разность потенциалов между точками, находящимися на расстоянии 20 см друг от друга на одной линии напряжённости однородного электростатического поля, равна 150 В. Чему равна напряжённость этого поля?

Ответ: _____ В/м.

23 9 В вертикальном однородном электрическом поле с напряжённостью 500 В/м неподвижно висит песчинка, заряд которой 40 нКл. Чему равна масса песчинки?

Ответ: _____ мг.

23 10 Протон движется в однородном электрическом поле напряжённостью 100 В/м. За какое время протон переместится на расстояние 3 м вдоль линии напряжённости электрического поля, если его начальная скорость равна нулю? Ответ в микросекундах (мкс) округлите до целых.

Ответ: _____ мкс.

23 11 Песчинка с массой 2 мг и зарядом 50 нКл влетела в однородное электрическое поле с напряжённостью 20 кВ/м вдоль линий напряжённости поля с начальной скоростью 10 м/с. На какое расстояние переместилась песчинка к тому моменту, когда её скорость увеличилась на 0,2 м/с? Действием силы тяжести и сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ в миллиметрах округлите до десятых.

Ответ: _____ мм.

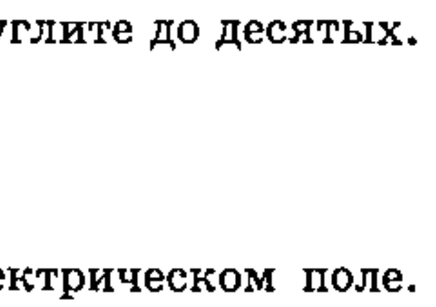
23 12 В однородное электрическое поле влетает протон со скоростью $4 \cdot 10^6$ м/с и движется параллельно линиям напряжённости поля. Какое расстояние пролетит протон до полной остановки, если модуль напряжённости поля равен 25 кВ/м? Ответ в метрах округлите до десятых.

Ответ: _____ м.

23 13 Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = 2$ движутся в однородном электрическом поле. Начальная скорость у обеих частиц равна нулю. Определите отношение масс $\frac{m_2}{m_1}$ этих частиц, если отношение их кинетических энергий в один и тот же момент времени после начала движения $\frac{W_2}{W_1} = 2$. Действием силы тяжести пренебречь.

Ответ: _____.

23 14 Пластины плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 3$ см друг от друга. Размеры пластин много больше расстояния между пластинами. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли 4 мг, её заряд $q = 0{,}2$ нКл. При каком напряжении на пластинах конденсатора скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.

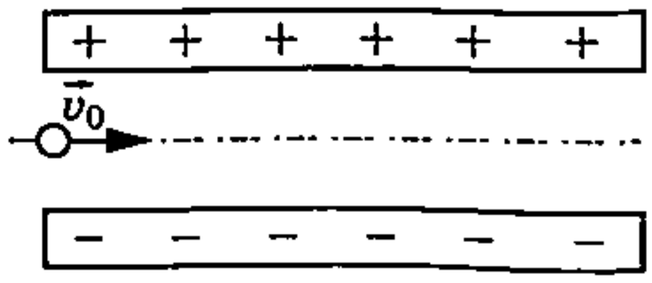


Ответ: _____ В.

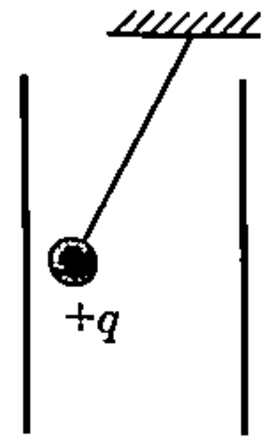
© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

25 15 Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью v_0 ($v_0 \ll c$) параллельно его обкладкам (см. рисунок), расстояние между которыми равно d. На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если разность потенциалов между обкладками конденсатора равна $\Delta\varphi$? Длина пластин L ($L \gg d$).

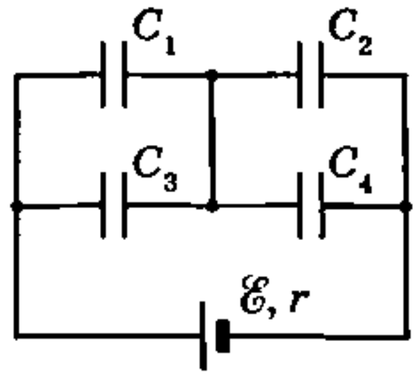


25 16 Маленький шарик с зарядом $q = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл и массой 0,3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,05 мм?



25 17 Полый металлический шарик массой 3 г подвешен на шёлковой нити длиной 50 см над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное электрическое поле напряжённостью $2 \cdot 10^6$ В/м. Электрический заряд шарика отрицателен и по модулю равен $6 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите циклическую частоту свободных гармонических колебаний данного маятника.

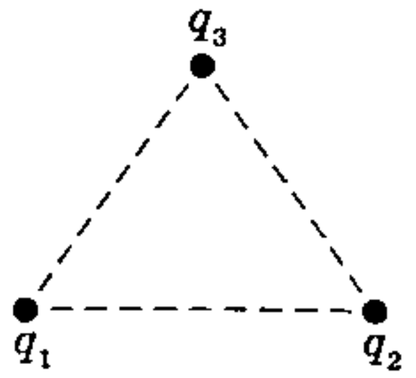
25 18 Батарея из четырёх конденсаторов электроёмкостью $C_1 = 2C$, $C_2 = C$, $C_3 = 4C$ и $C_4 = 2C$ подключена к источнику постоянного тока с ЭДС $\mathscr{E}$ и внутренним сопротивлением r (см. рисунок). Определите энергию конденсатора C_1.



ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»

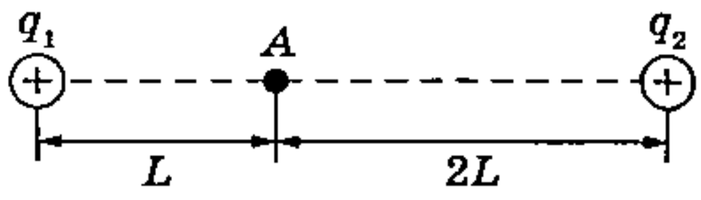
1 Три одинаковые маленькие бусинки расположены в воздухе в вершинах правильного треугольника со стороной 20 см. Первая бусинка несёт заряд $q_1 = 40$ нКл, вторая — $q_2 = 30$ нКл, а третья — $q_3 = 80$ нКл. С какой силой третья бусинка действует на первую?

Ответ: _____ мН.



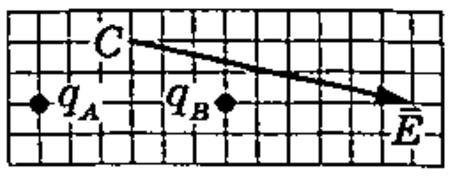
2 Два точечных положительных заряда $q_1 = 200$ нКл и $q_2 = 400$ нКл находятся в вакууме. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке A, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого и $2L$ от второго заряда. $L = 1{,}5$ м.

Ответ: _____ В/м.



3 На рисунке изображён вектор напряжённости $\vec{E}$ электрического поля в точке C, которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B. Каков заряд q_B, если заряд $q_A = +1$ нКл?

Ответ: _____ нКл.



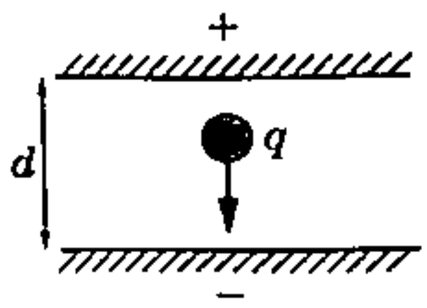
4 В электрическом поле, вектор напряжённости которого направлен горизонтально и равен по модулю 500 кВ/м, лёгкая шёлковая нить с подвешенным на ней маленьким заряженным шариком отклонилась на угол 45° от вертикали. Масса шарика 1,4 г. Чему равен заряд шарика?

Ответ: _____ нКл.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 Большие по размерам пластины плоского воздушного конденсатора расположены горизонтально на расстоянии d друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, её заряд $q = 8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком расстоянии между пластинами скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.



Ответ: _____ см.

6 На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (см. рис. 1). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, положительно заряженную палочку (см. рис. 2). Не убирая палочки, сняли стержень, а затем убрали палочку.

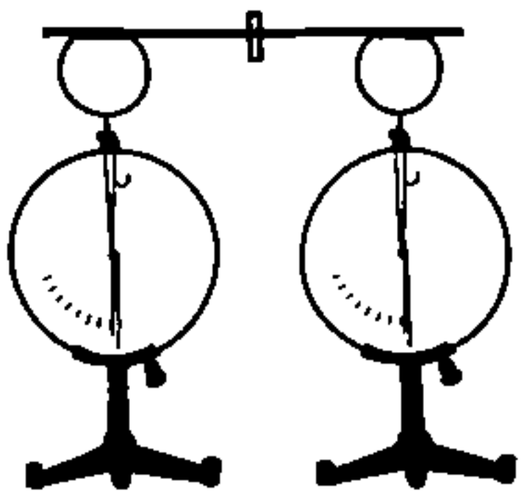


Рис. 1

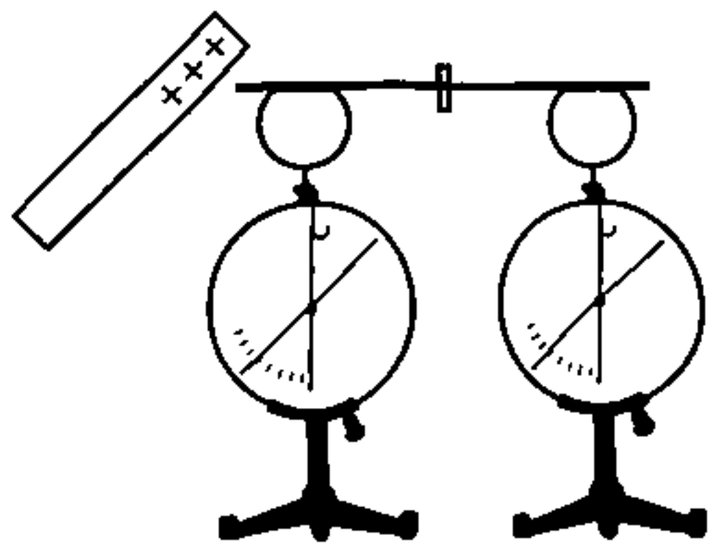
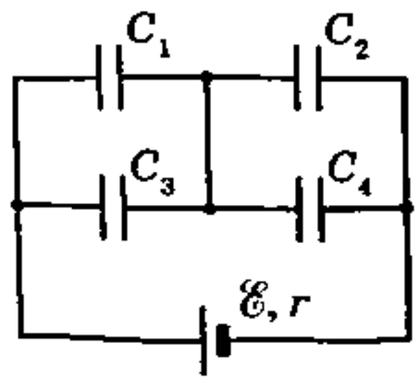


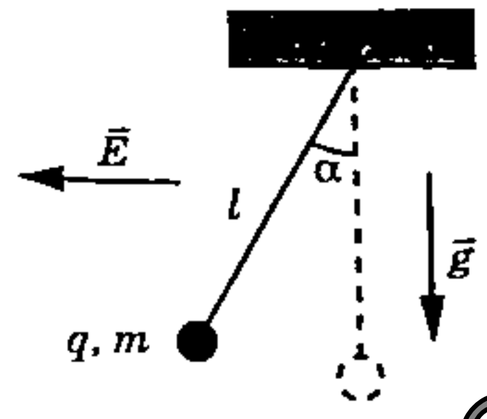
Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знак заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

7 Батарея из четырёх конденсаторов электроёмкостью $C_1 = 2C$, $C_2 = C$, $C_3 = 4C$ и $C_4 = 2C$ подключена к источнику постоянного напряжения с ЭДС $\mathscr{E}$ и внутренним сопротивлением r (см. рисунок). На сколько и как изменится общая энергия, запасённая в батарее, если в конденсаторе C_3 возникнет пробой?



8 Маленький шарик массой m с зарядом $q = 5$ нКл, подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной $l = 0{,}8$ м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле $\vec{E}$ с модулем напряжённости поля $E = 6 \cdot 10^5$ В/м (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30°$, модуль скорости шарика $v = 0{,}9$ м/с. Чему равна масса шарика m? Сопротивлением воздуха пренебречь.



sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТЕМА 9. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Сила тока — скалярная физическая величина, описывающая скорость изменения заряда:

$$I = \left.\frac{\Delta q}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0}.$$

Постоянный ток: $I = \text{const}$. В цепи постоянного тока за время t протекает заряд $q = It$.

Условия существования постоянного электрического тока:

1. Электрическая цепь должна быть замкнутой.

2. Поскольку свободные носители заряда в проводнике испытывают сопротивление своему упорядоченному движению (за исключением случая сверхпроводимости), для поддержания этого движения нужны внешние силы, т. е. **напряжённость электрического поля в проводнике должна быть отлична от нуля.** Поэтому между концами любого участка цепи существует **напряжение.** Для компенсации потерь энергии свободных носителей заряда *сторонние силы* должны совершать работу. Работа этих сил при перемещении заряда по замкнутому контуру (по электрической цепи) должна быть положительна, поэтому сторонние силы *непотенциальны*. Работа сторонних сил в электрической цепи характеризуется скалярной физической величиной — ЭДС (см. ниже).

Закон Ома для участка цепи, на котором не действуют сторонние силы, описывает зависимость силы тока I от напряжения U на концах участка:

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление этого участка, определяемое свойствами самого участка и не зависящее от напряжения U.

Действительно, прямая пропорциональная зависимость силы тока от напряжения экспериментально наблюдается в ряде случаев, в том числе в твёрдых металлических проводниках, если их температура постоянна или меняется незначительно. Это происходит, если ток слишком мал, чтобы вызывать заметный нагрев участка. В то же время во многих других случаях, например в ионизированных газах, зависимость $I(U)$ (вольт-амперная характеристика) выглядит существенно иначе.

Электрическое сопротивление (или просто — сопротивление) зависит от геометрии проводника и от свойств вещества, из которого он сделан.

Сопротивление R длинного однородного проводника постоянного поперечного сечения S и длиной l равно

$$R = \rho\frac{l}{S},$$

где ρ — **удельное сопротивление** материала проводника. Величина ρ зависит от температуры: с повышением температуры величина ρ в случае твёрдых металлов увеличивается, а в случае растворов и расплавов электролитов — уменьшается. Поэтому табличные значения ρ сопровождаются указанием, к какой температуре они относятся.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

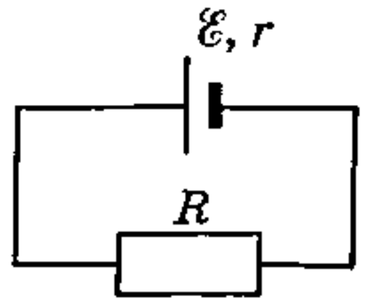
Та часть электрической цепи, где действуют сторонние силы, называется источником тока.

Сторонние силы могут действовать как на коротком участке цепи (как в случае гальванического элемента), так и во всей цепи (как это может быть в случае явления электромагнитной индукции). Сторонние силы в источнике тока при прохождении по нему заряда q совершают работу $A_{\text{сторонних сил}}$, при этом **ЭДС источника тока**

$$\mathscr{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}.$$

Работа сторонних сил считается положительной, если внутри источника заряд $q > 0$ переносится от отрицательного полюса к положительному. Наряду с ЭДС $\mathscr{E}$ источник тока характеризуется **внутренним сопротивлением** r, которое учитывается в электрической цепи наравне с сопротивлением остальных элементов.

Пусть электрическая цепь состоит из источника тока (с ЭДС $\mathscr{E}$ и внутренним сопротивлением r) и внешней цепи в виде резистора с сопротивлением R. Из закона сохранения энергии следует, что при протекании по цепи заряда q работа сторонних сил $A_{\text{сторонних сил}} = q\mathscr{E}$ расходуется на работу тока, протекающего через R и r: $q\mathscr{E} = qU_R + qU_r$, откуда



$$\mathscr{E} = U_R + U_r.$$

Обобщением этого результата служит так называемое *второе правило Кирхгофа*: в любом замкнутом контуре, выбранном в произвольной разветвлённой электрической цепи, алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме напряжений на элементах контура, включая внутреннее сопротивление источников тока. Упомянем и *первое правило Кирхгофа*: поскольку в узлах (разветвлениях) цепи заряд не накапливается, алгебраическая сумма токов, входящих в узел, равна нулю.

Из закона Ома для участка цепи (без сторонних сил) следует, что $U_R = IR$, $U_r = Ir$.

Подставляя эти результаты в предыдущее выражение, получаем

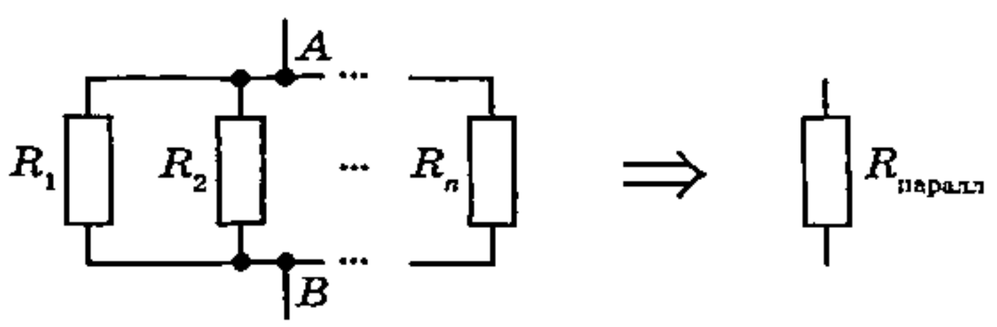
Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи:

$$\mathscr{E} = IR + Ir, \text{ откуда } I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}.$$

Параллельное соединение проводников. Соединим параллельно резисторы R_1, R_2, ... R_n. Вычислим сопротивление $R_{\text{паралл}}$ этой системы резисторов.

Напряжение на всех резисторах одинаково: $U_1 = U_2 = \ldots = U_n = U$.

Ток I, входящий в эту цепь через точку A и выходящий через точку B, равен сумме токов, протекающих через резисторы:



$$I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n.$$

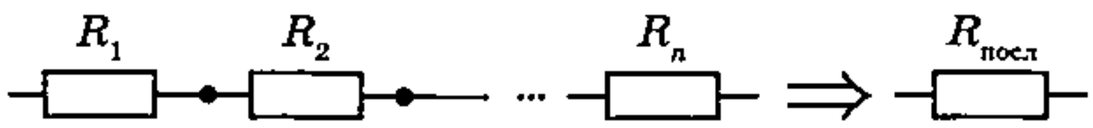
По закону Ома для участка цепи ток через любой из резисторов $I_k = \frac{U}{R_k}$, поэтому

$$\frac{U}{R_{\text{паралл}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \ldots + \frac{U}{R_n}, \text{ откуда } \frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Shor25.me

Последовательное соединение проводников. Соединим последовательно резисторы R_1, R_2, ... R_n. Вычислим сопротивление $R_{посл}$ этой системы резисторов.



Напряжение на концах цепочки резисторов равно сумме напряжений на каждом резисторе: $U = U_1 + U_2 + ... + U_n$.

При последовательном соединении через резисторы течёт одинаковый ток:

$$I_1 = I_2 = ... = I_n = I.$$

Из закона Ома для участка цепи следует, что напряжение на каждом резисторе $U_k = IR_k$, поэтому $U = IR_{посл} = IR_1 + IR_2 + ... + IR_n$, откуда

$$R_{посл} = R_1 + R_2 + ... + R_n.$$

Работа постоянного электрического тока. Если напряжение на концах участка цепи равно U, то электрическое поле при переносе заряда q по этому участку совершает работу $A = qU$. В случае постоянного тока за время t по цепи протекает заряд $q = It$, поэтому работа электрического поля при протекании постоянного тока (часто говорят: работа тока) равна

$$A = IUt.$$

Закон Джоуля — Ленца. При протекании тока через резистор, согласно закону Ома для участка цепи, $U = IR$.

Кроме того, вся затраченная работа при протекании тока через резистор превращается в тепло: $Q = A = IUt$. Поэтому за время t на резисторе R при протекании постоянного тока I выделяется количество теплоты

$$Q = I^2Rt.$$

Мощность электрического тока. Исходя из выражения для работы электрического поля при протекании постоянного тока $A = IUt$, получаем, что расходуемая мощность тока

$$P = \left.\frac{\Delta A}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = IU.$$

Эта формула справедлива и в общем случае переменного тока.

Из закона Джоуля — Ленца ($Q = I^2Rt$) следует, что выделяемая на резисторе тепловая мощность

$$P = I^2R.$$

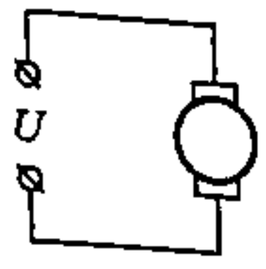
Из закона Ома для участка цепи $\left(I = \frac{U}{R}\right)$ следует, что выделяемую на резисторе тепловую мощность можно равносильно представить следующими формулами:

$$P = I^2R = IU = \frac{U^2}{R}.$$

Все эти формулы справедливы и в общем случае переменного тока.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me



Замечание. Если напряжение U приложено к концам участка цепи, содержащего, например, электродвигатель постоянного тока, то в обмотках электродвигателя при его работе создаётся ЭДС индукции. Поэтому ток I в цепи и сопротивление обмоток R подчиняются неравенству $IR < U$, потребляемая мощность $P = IU$, выделяемая в обмотках тепловая мощность $P_Q = I^2R < P$, а механическая мощность электродвигателя $P_{мех} = P - P_Q = IU - I^2R > 0$.

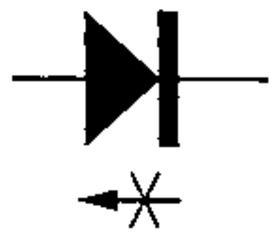
Мощность источника тока: $$P_i = \left.\frac{\Delta A_{\text{сторонних сил}}}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = \mathcal{E}I.$$

Свободные носители электрических зарядов в проводниках. В твёрдых металлах это электроны, в растворах и расплавах электролитов — положительные и отрицательные ионы. Газы из нейтральных молекул не проводят электрический ток. Они становятся проводниками только при ионизации. Свободными носителями зарядов в ионизированных газах являются электроны, а также положительные и, возможно, отрицательные ионы. Во всех проводящих средах электрический ток представляет собой упорядоченное движение свободных носителей заряда, происходящее на фоне их хаотического теплового движения.

Полупроводники — вещества, занимающие по своему удельному сопротивлению промежуточное место между проводниками и диэлектриками.

Удельное сопротивление полупроводников быстро убывает с ростом температуры и сильно зависит от концентрации примесей в составе вещества, а также от воздействия различных излучений.

Полупроводниковый диод — устройство из двух частей в контакте друг с другом. Одна часть представляет собой полупроводник n-типа, а другая — полупроводник p-типа. Из-за этого полупроводниковый диод обладает односторонней проводимостью: проводит ток от p- к n-полупроводнику и практически не проводит ток в обратном направлении. Обозначение полупроводникового диода в электрических схемах показано на рисунке. Там же показано, в каком направлении диод проводит ток.



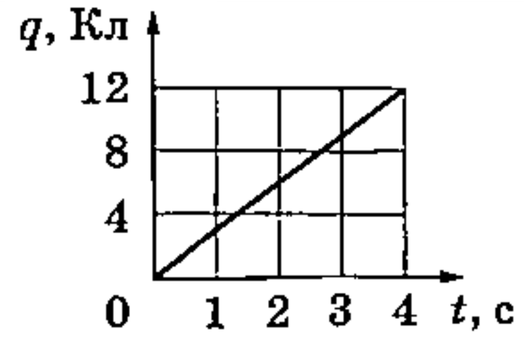
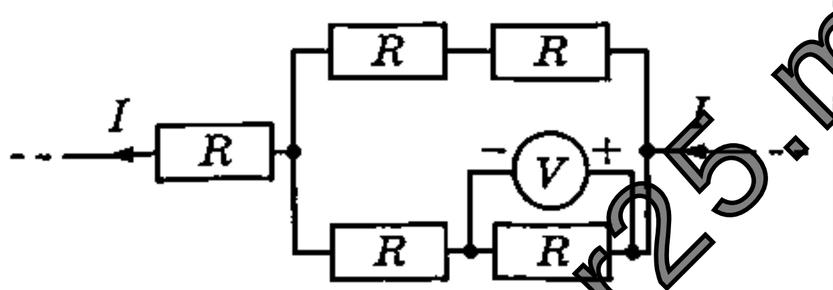
© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Задание 11

Что нужно знать	Что нужно уметь
Сила тока. Закон Ома для участка цепи (стр. 262)	Использовать формулу $q = It$ и закон Ома для участка цепи для вычисления физических величин. Определять: силу тока по графику зависимости от времени для заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника; сопротивление проводника по графику зависимости силы тока от напряжения между его концами
Последовательное и параллельное соединение проводников (стр. 262, 263)	Читать схемы электрических цепей постоянного тока. Определять общее сопротивление участков цепей с последовательным и параллельным соединением резисторов. Использовать закон Ома для участка цепи для расчёта цепей
Работа электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. Мощность электрического тока (стр. 263)	Использовать формулы $A = IUt$, $Q = I^2Rt$, $P = IU$, $P = I^2R = \frac{U^2}{R}$ для вычисления физических величин

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

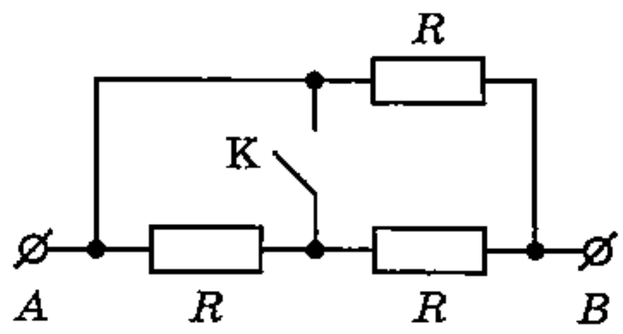
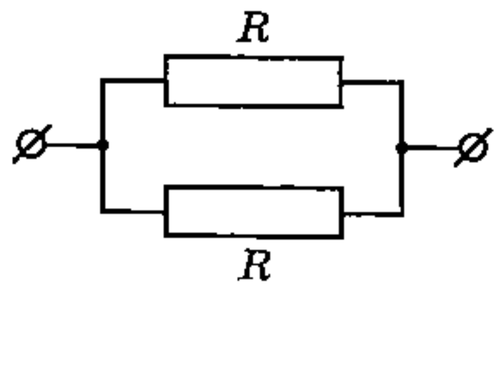
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, возрастает с течением времени согласно графику. Определите силу тока в цепи 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Сила тока в цепи определяется по формуле $I = \frac{q}{t} = \frac{12}{4} = 3$ А, где значения величин получены из графика для момента времени $t = 4$ с. Ответ: 3 А
Задание № 2	Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 25 Ом каждый соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток $I = 4$ А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр? 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Поскольку все резисторы имеют одинаковое сопротивление, то и общее сопротивление каждой из параллельных ветвей последовательно соединённых резисторов будет одинаковым. Ток будет делиться пополам и равен 2 А в каждой из ветвей. Следовательно, напряжение $U = IR = 2 \cdot 25 = 50$ В. Ответ: 50 В
Задание № 3	На сколько уменьшится сопротивление участка цепи AB, изображённого на рисунке, после замыкания ключа К, если сопротивление каждого резистора $R = 6$ Ом? 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Первоначально общее сопротивление цепи $\frac{1}{R_{1общ}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{12\,\text{Ом}}$. $R_{1общ} = 4$ Ом. После замыкания ключа левый резистор в нижней ветви оказывается закорочен, и ток по нему протекать не будет. Эквивалентная схема во втором случае показана справа.  Общее сопротивление в этом случае $R_{2общ} = \frac{R}{2} = 3$ Ом. Следовательно, общее сопротивление цепи изменилось на 1 Ом. Ответ: на 1 Ом
Задание № 4	В цепи из трёх одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты, равное 230 Дж. Какое количество теплоты будет выделяться в цепи из этих резисторов за час, если все три резистора включить параллельно друг другу, а подводимое к ним напряжение уменьшить в 3 раза?
Возможное решение и ответ к заданию № 4	В первом случае общее сопротивление трёх последовательно соединённых резисторов равно $3R$. Количество теплоты будет определяться по формуле $Q_1 = \frac{U^2}{3R}t$. Если резисторы соединить параллельно, то общее сопротивление участка цепи станет равным $\frac{R}{3}$. С учётом уменьшения напряжения в 3 раза количество теплоты в этом случае будет рассчитываться по формуле $$Q_2 = \frac{\left(\frac{U}{3}\right)^2}{\frac{R}{3}}t = \frac{U^2}{3R}t.$$ Так как промежуток времени в обоих случаях одинаков, то количество теплоты во втором случае равно первоначальному — 230 Дж. Ответ: 230 Дж

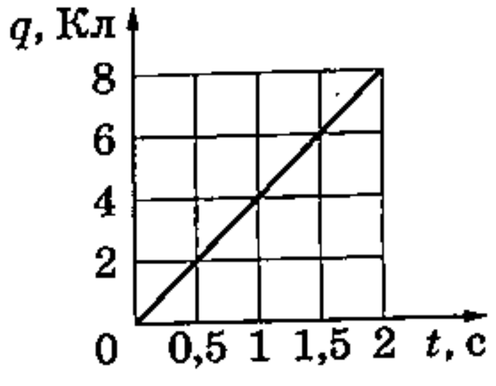
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

11 1

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего по проводнику, возрастает с течением времени согласно графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.

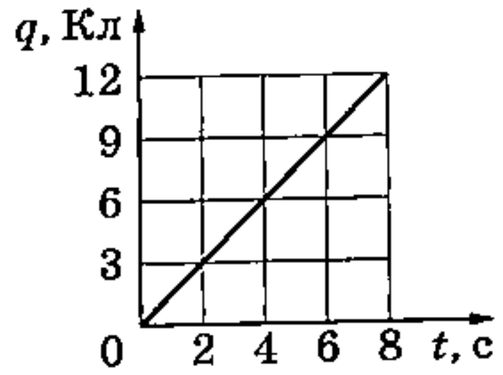


Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 2

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего по проводнику, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.

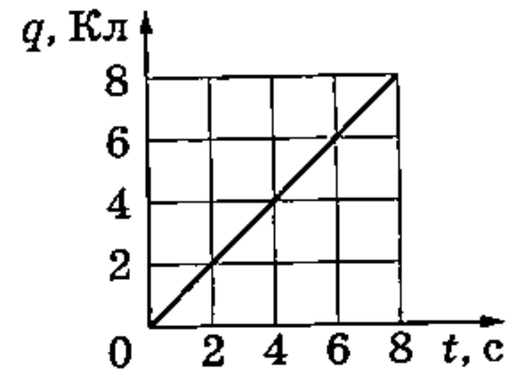


Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 3

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Заряд, прошедший по проводнику, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.

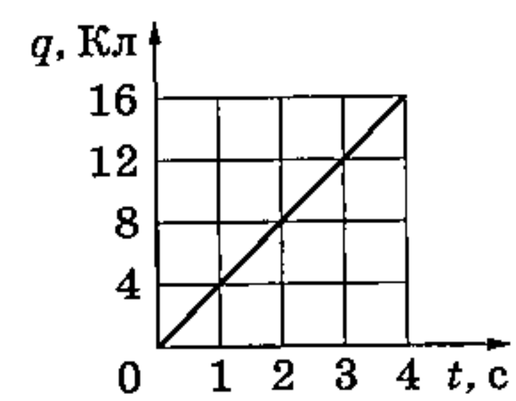


Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 4

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, возрастает с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Определите силу тока в проводнике.



Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 5

Сколько времени длится молния, если через поперечное сечение её канала протекает заряд 30 Кл, а сила тока в среднем равна 24 кА?

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 6

Сила тока, текущего по проводнику, равна 4 А. Какой заряд пройдёт по проводнику за 6 с?

Ответ: _____ Кл.

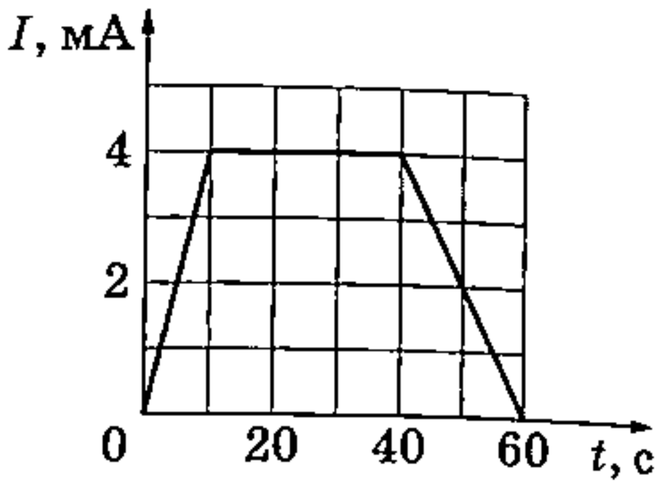
БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

11 7

На графике показана зависимость силы тока I в проводнике от времени t. Определите заряд, прошедший по проводнику за $\Delta t = 60$ с с момента начала отсчёта времени.

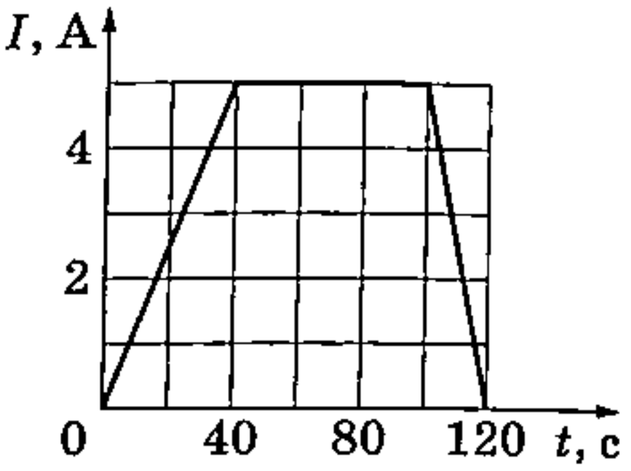


Ответ: _____ Кл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 8

На графике показана зависимость силы тока I в проводнике от времени t. Определите заряд, прошедший по проводнику за $\Delta t = 120$ с с момента начала отсчёта времени.

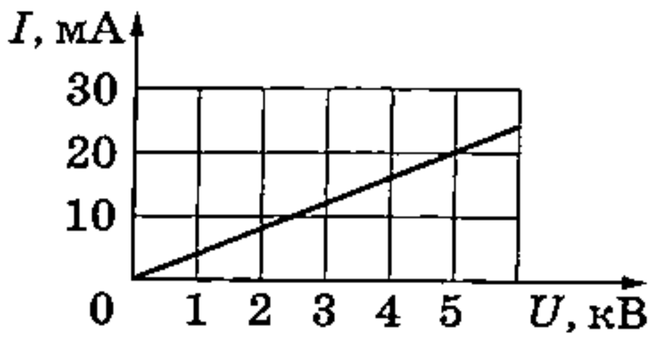


Ответ: _____ Кл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 9

На рисунке изображён график зависимости силы тока от напряжения на одной из секций телевизора. Чему равно сопротивление этой секции?

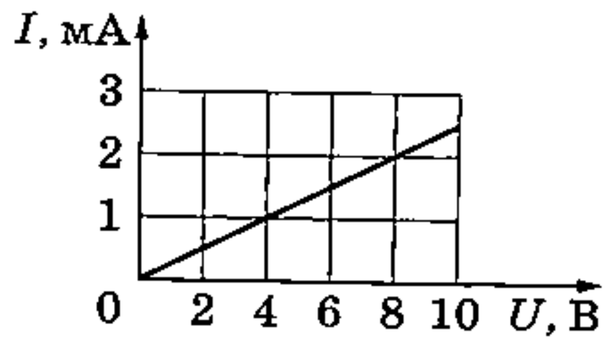


Ответ: _____ кОм.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 10

На рисунке изображён график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: _____ кОм.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 11

Во сколько раз увеличится сила тока, протекающего по медному проводу, если увеличить в 2 раза напряжение на его концах, а длину этого провода уменьшить в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 12

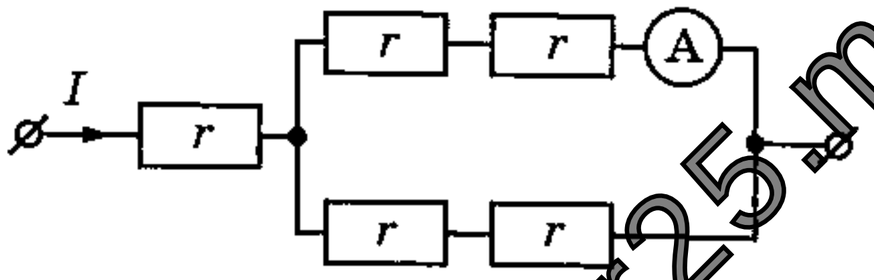
Длину медного провода, подключённого к источнику тока, увеличили в 2 раза. Во сколько раз нужно увеличить напряжение между концами провода, чтобы сила тока, текущего по нему, не изменилась?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 13

По участку электрической цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток $I = 6$ А. Чему равна сила тока, которую показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



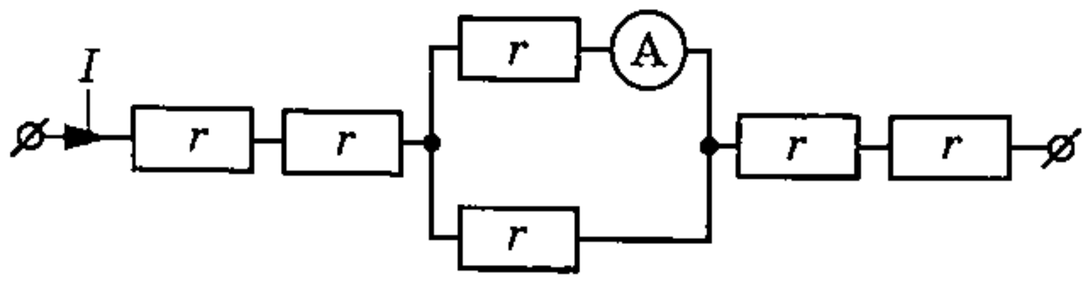
Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

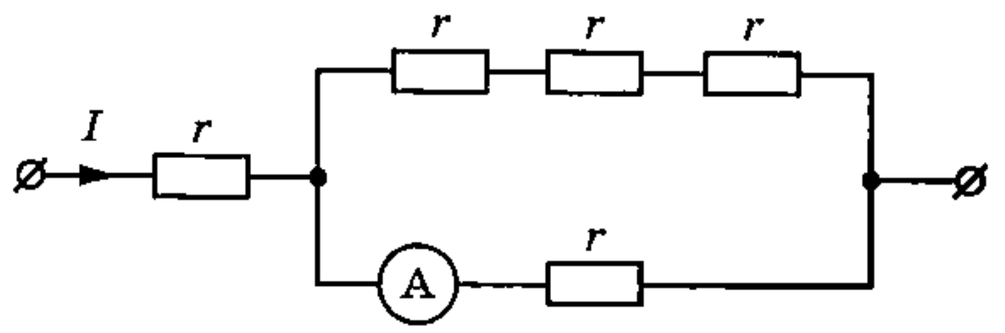
11 14 По участку электрической цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток $I = 5$ А. Что показывает амперметр, если сопротивление $r = 1$ Ом? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

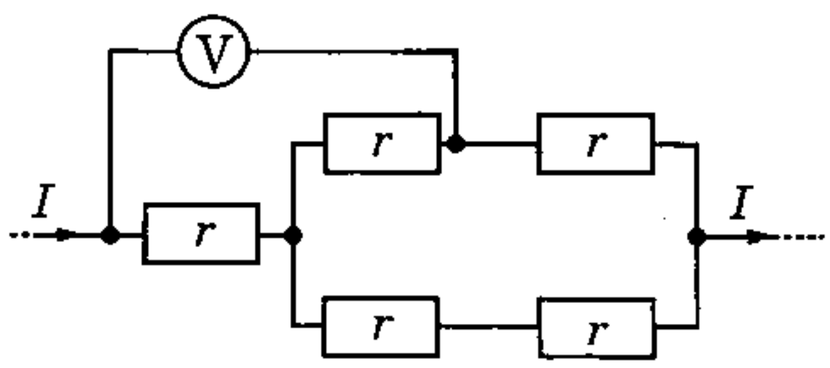
11 15 Пять одинаковых резисторов соединены в электрическую цепь (см. рисунок). По участку цепи течёт постоянный ток $I = 8$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

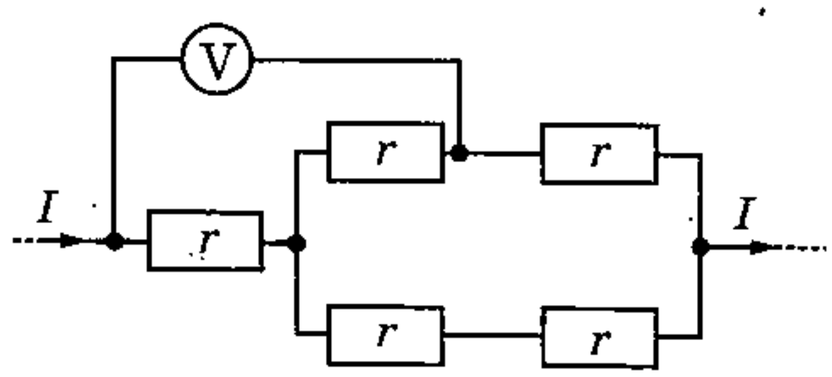
11 16 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 1 Ом соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток $I = 2$ А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: _____ В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

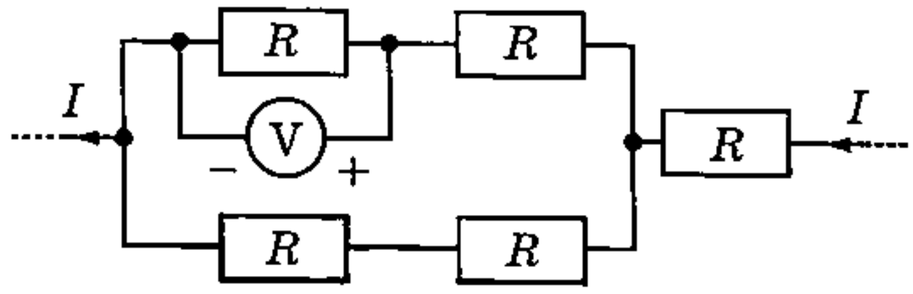
11 17 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 2 Ом соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток I (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение 9 В. Чему равна сила тока I?



Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

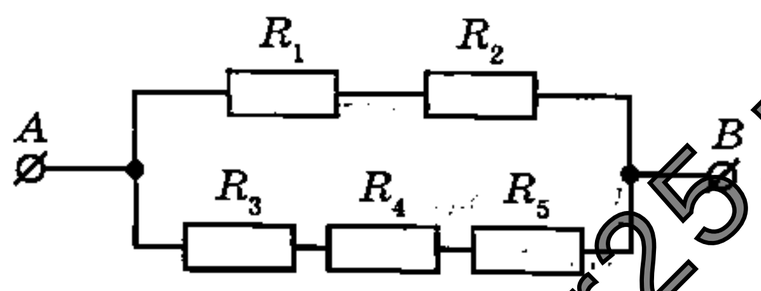
11 18 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 10 Ом каждый соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток $I = 6$ А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: _____ В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 19 Сопротивление каждого резистора на участке электрической цепи, схема которого показана на рисунке, равно 100 Ом. Участок цепи подключён к источнику постоянного напряжения 12 В выводами A и B. Каково напряжение на резисторе R_2?



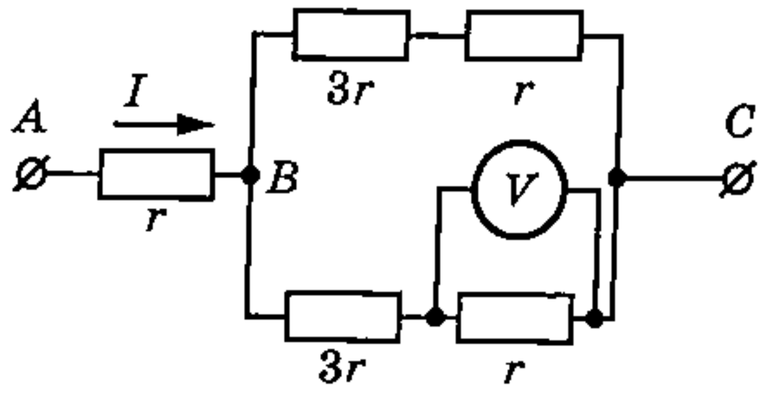
Ответ: _____ В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdr25.me

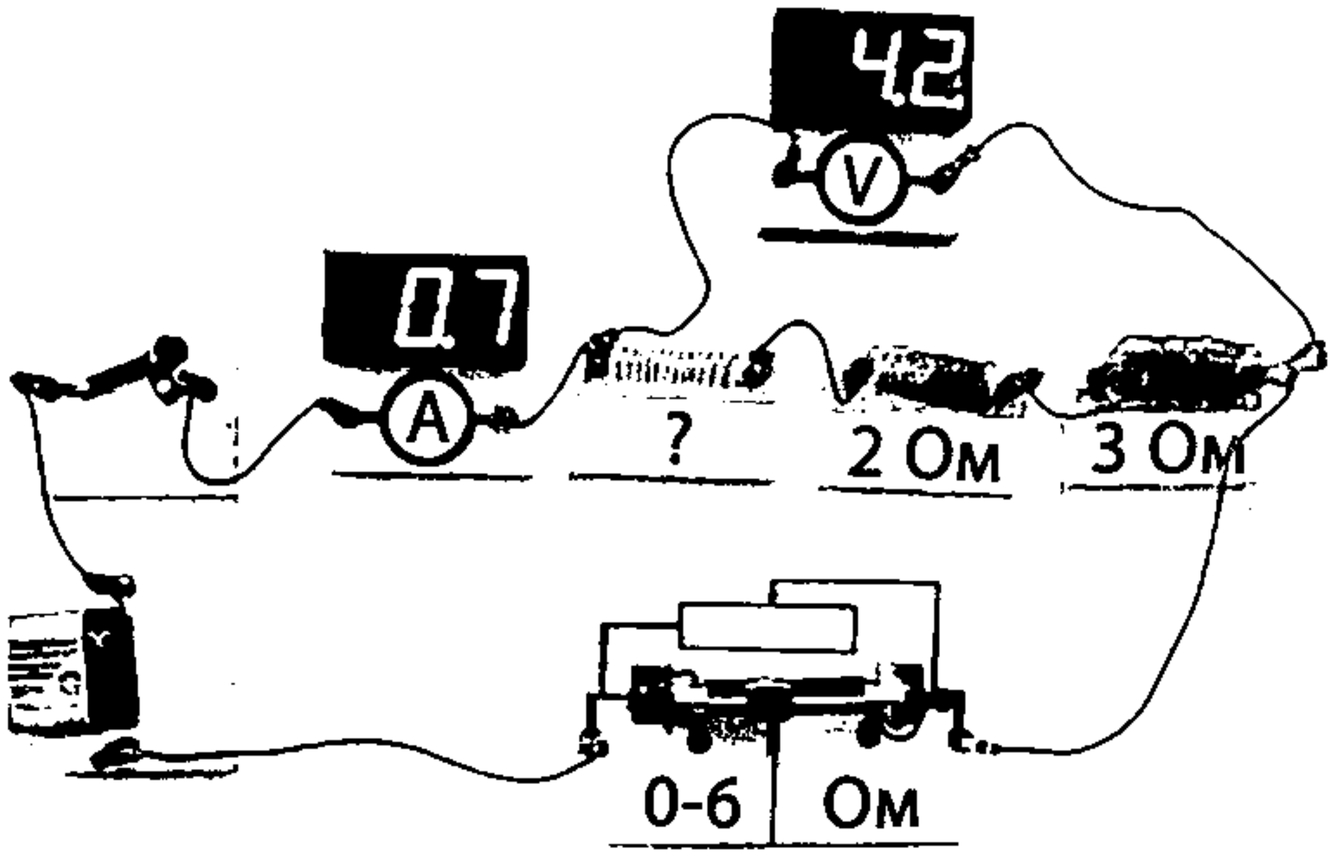
11 20 На рисунке показана схема участка электрической цепи. По участку AB течёт постоянный ток $I = 4$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр, если сопротивление $r = 1$ Ом?



Ответ: _____ В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 21 На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах.

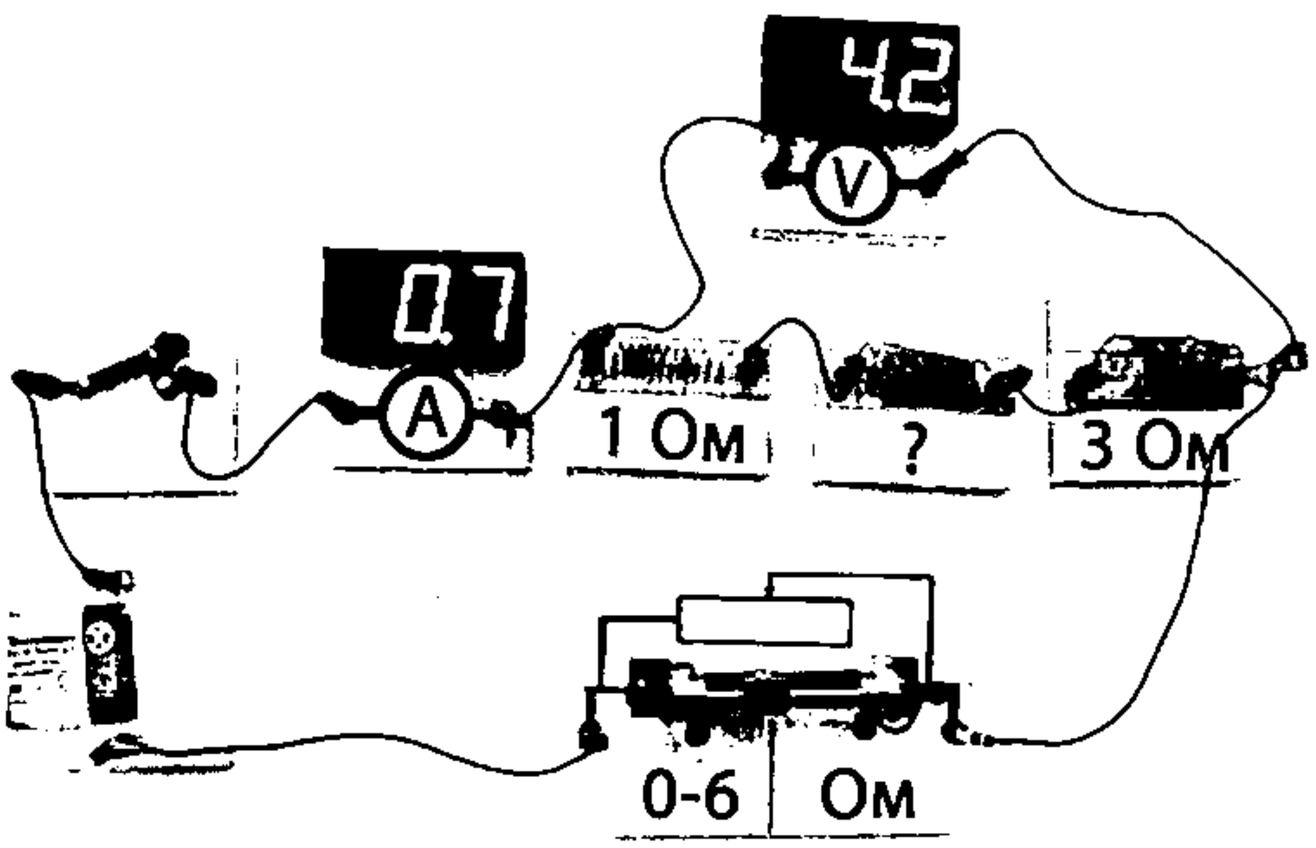


Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 22 На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах.



Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

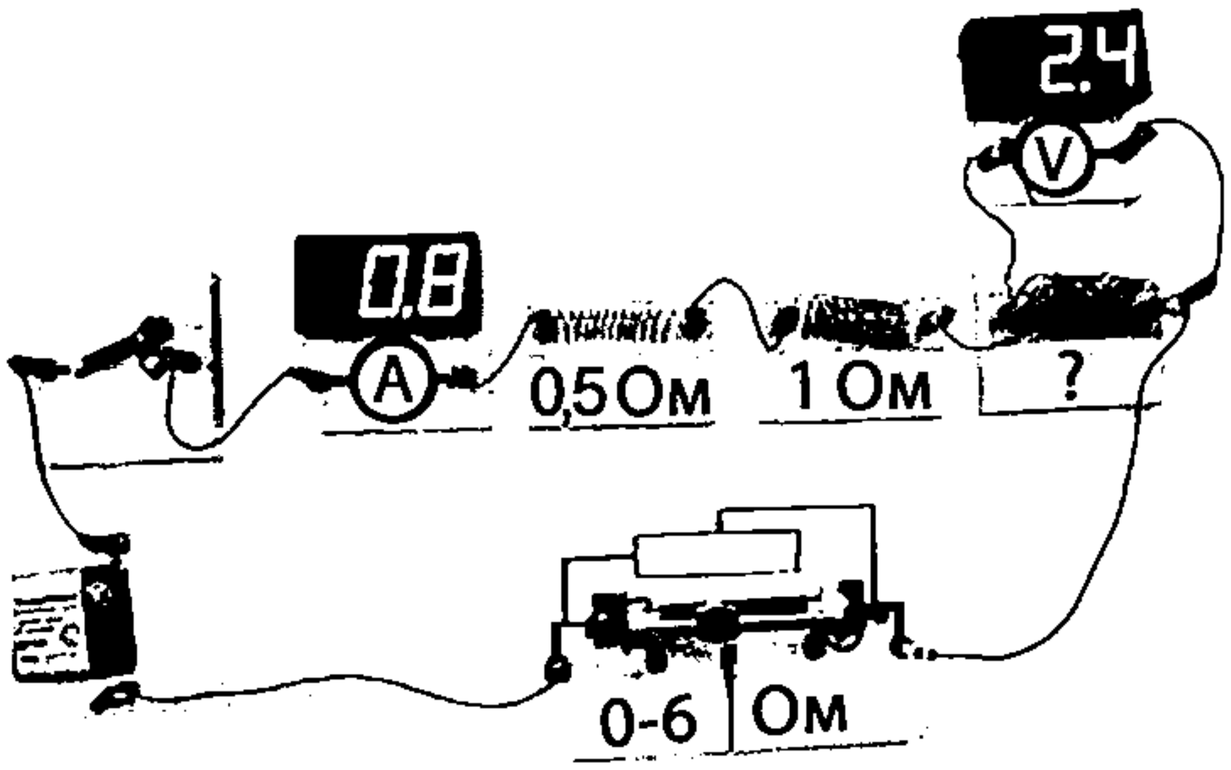
БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11
23

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах.



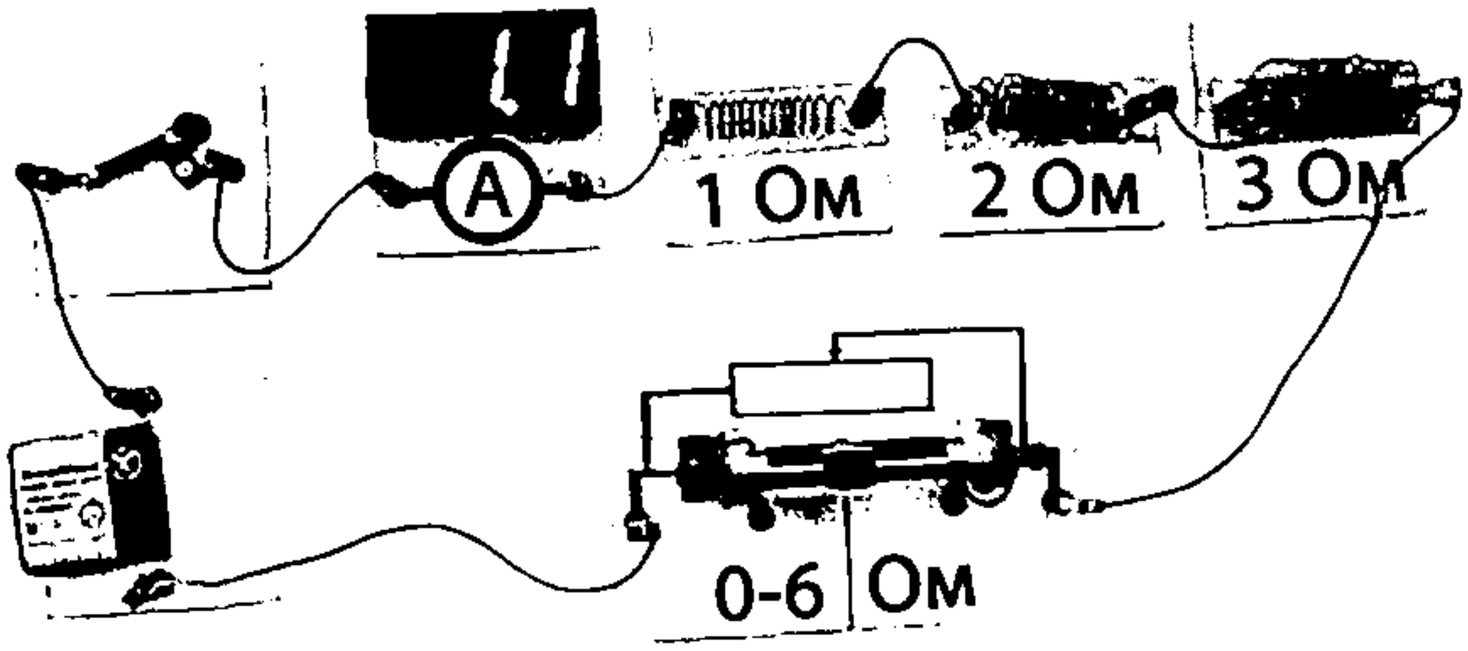
Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11
24

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания включённого в цепь амперметра даны в амперах.



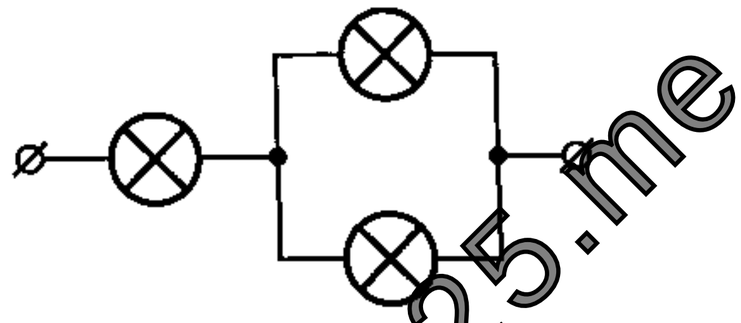
Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить параллельно резистору 3 Ом?

Ответ: _____ В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11
25

На рисунке показана схема участка цепи постоянного тока, содержащего 3 лампочки накаливания. Чему равно сопротивление всего участка цепи, если сопротивление каждой лампочки 12 Ом?



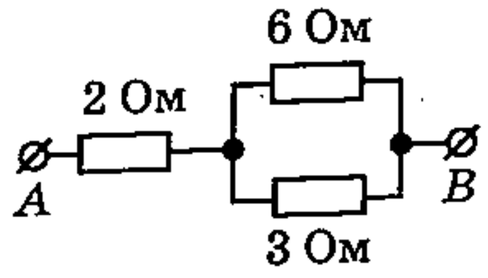
Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

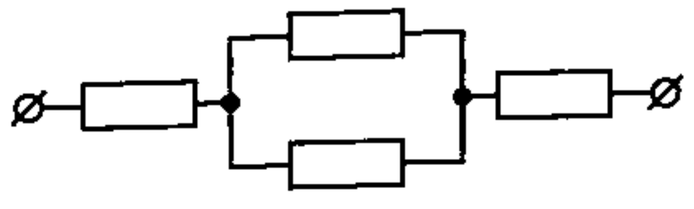
11 26 Определите сопротивление участка цепи, изображённого на схеме, между точками A и B.



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

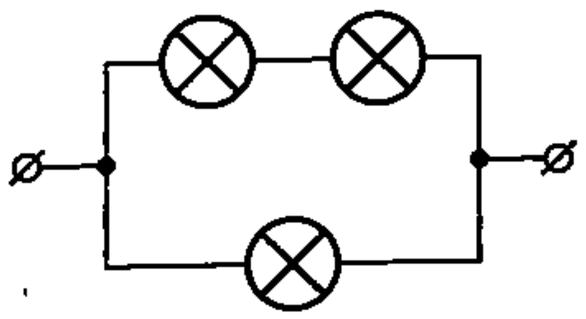
11 27 На участке цепи, схема которого показана на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно 2 Ом. Чему равно общее сопротивление этого участка цепи?



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

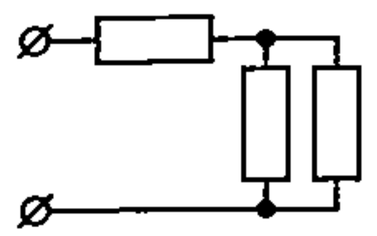
11 28 На рисунке показана схема участка цепи постоянного тока, содержащего 3 лампочки накаливания. Найдите общее сопротивление всего участка цепи, если сопротивление каждой лампочки 21 Ом.



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

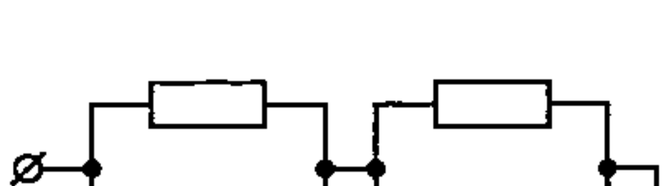
11 29 На участке цепи, схема которого показана на рисунке, сопротивление каждого резистора 3 Ом. Найдите общее сопротивление участка.



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

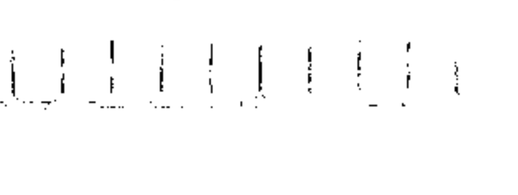
11 30 На участке цепи, схема которого показана на рисунке, сопротивление каждого резистора 8 Ом. Найдите общее сопротивление участка.



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

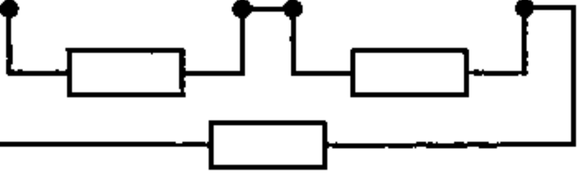
11 31 Каждый из резисторов в схеме, изображённой на рисунке, имеет сопротивление 150 Ом. Каким будет сопротивление участка цепи, если ключ К замкнуть?



Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 32 На сколько увеличится сопротивление участка цепи AB, схема которого показана на рисунке, если ключ К разомкнуть? Сопротивление каждого резистора равно 4 Ом.



Ответ: на _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11 33 Участок цепи состоит из четырёх последовательно соединённых резисторов, сопротивления которых равны 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом и 40 Ом. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырём, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 34 Участок цепи состоит из четырёх последовательно соединённых резисторов, сопротивления которых равны 5, 10, 15 и 20 Ом. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырём, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

Ответ: _____ Ом.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 35 Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно R, а второго — $2R$. Во сколько раз увеличится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и длину первого проводника увеличить вдвое?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 36 Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно $4R$, а второго — $2R$. Во сколько раз уменьшится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и длину первого проводника уменьшить вдвое?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 37 При прохождении по проводнику электрического тока силой 5 А в течение 2 мин совершается работа тока 150 кДж. Чему равно сопротивление проводника?

Ответ: _____ Ом.

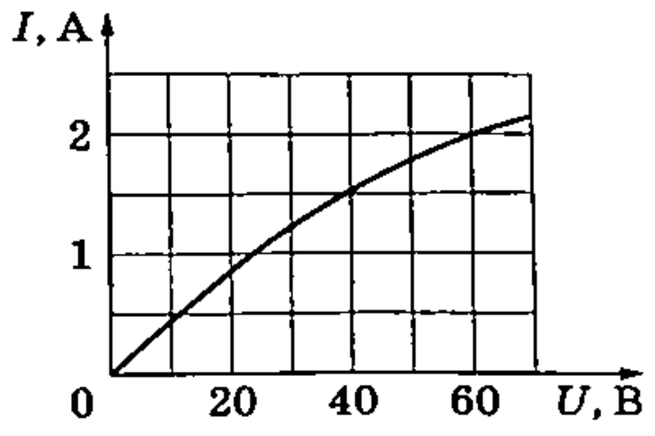
БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 38 Чему равно время прохождения тока по проводнику, если при напряжении на его концах 120 В совершается работа 540 кДж? Сопротивление проводника 24 Ом.

Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

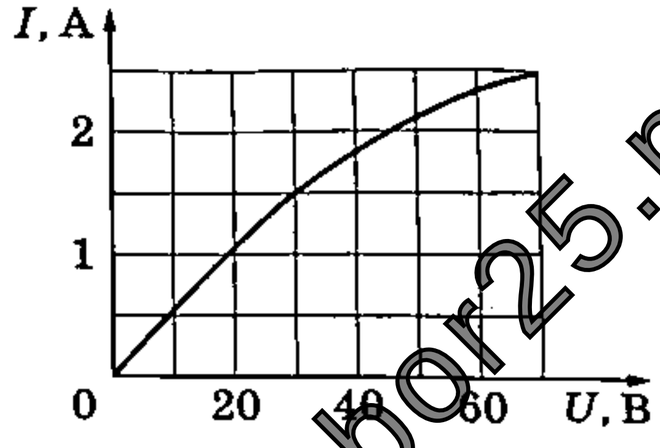
11 39 На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. Какую работу совершает ток в лампе за 3 с при силе тока 2 А?



Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 40 На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. Чему равна мощность тока в лампе при силе тока 1,5 А?



Ответ: _____ Вт.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11 41 На плавком предохранителе счётчика электроэнергии указано: «15 А, 380 В». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включать в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: _____ Вт.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 42 На плавком предохранителе счётчика электроэнергии указано: «10 А, 220 В». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включать в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: _____ Вт.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 43 В цепи из двух одинаковых последовательно соединённых резисторов за час выделяется количество теплоты, равное 200 Дж. Какое количество теплоты будет выделяться за час в цепи, в которой количество таких последовательно соединённых резисторов и подводимое к ним напряжение увеличено в 3 раза?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 44 В цепи из двух одинаковых последовательно соединённых резисторов за час выделяется количество теплоты, равное 250 Дж. Какое количество теплоты будет выделяться в цепи из этих резисторов за час, если их соединить параллельно, а подводимое к цепи напряжение уменьшить в 2 раза?

Ответ: _____ Дж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 45 В цепи из двух одинаковых последовательно соединённых резисторов за час выделяется количество теплоты Q_1, если к цепи подводится напряжение U. В цепи из пяти таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты Q_2, если к этой цепи подводится напряжение $3U$. Чему равно отношение $\frac{Q_2}{Q_1}$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 46 В цепи из трёх одинаковых последовательно соединённых резисторов за час выделяется количество теплоты Q_1, если к цепи подводится напряжение U. В цепи из двух таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты Q_2, если к этой цепи подводится напряжение $5U$. Чему равно отношение $\frac{Q_2}{Q_1}$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 47 В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, по которой течёт постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q. Во сколько раз увеличится количество теплоты, выделившейся в нагревателе, если силу тока увеличить вдвое, а время t в 2 раза уменьшить?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

11 48 В электронагревателе, по которому течёт постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q. Во сколько раз увеличится количество выделившейся теплоты, если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 11

© ООО «Издательство «Национальное образование»

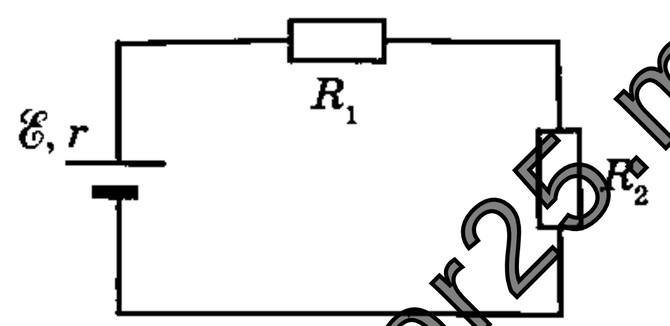
sdo25.me

Задания 14 и 15

Что нужно знать	Что нужно уметь
Закон Ома для участка цепи. Электрическое сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников. Закон Ома для полной цепи. Работа электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. Мощность электрического тока (стр. 262–264)	Анализировать процессы, связанные с протеканием постоянного тока в электрических цепях, определять характер изменения величин (сила тока, напряжение, общее сопротивление цепи, количество выделяющейся теплоты, тепловая мощность), характеризующих процесс. Читать схемы электрических цепей

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

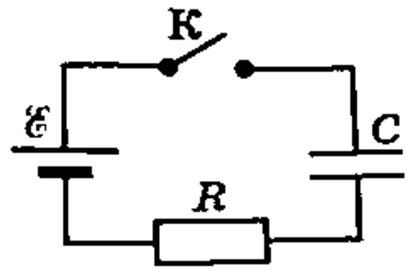
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего проволочного резистора. Длину проволоки резистора уменьшили. Как изменятся при этом 1) сопротивление резистора; 2) ЭДС источника; 3) сила тока в цепи; 4) напряжение на резисторе; 5) тепловая мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Сопротивление резистора $R = \rho\frac{l}{S}$. При уменьшении длины проволоки сопротивление резистора уменьшится. 2) ЭДС источника — величина постоянная. 3) Сила тока в цепи определяется по закону Ома для полной цепи: $$I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}.$$ Так как сопротивление резистора уменьшилось, то сила тока в цепи увеличится. 4) По закону Ома для полной цепи $\mathscr{E} = IR + Ir$, где $IR = U$ — напряжение на резисторе. Следовательно, $U = \mathscr{E} - Ir$, и при увеличении силы тока в цепи напряжение на резисторе уменьшится. 5) Тепловая мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника, $P = I^2r$. Так как сила тока в цепи увеличилась, то и эта мощность увеличится
Задание № 2	Два резистора с сопротивлениями R_1 и R_2 подключены к источнику тока с внутренним сопротивлением r (см. рисунок). Напряжение на втором резисторе равно U_2. Запишите формулы, по которым можно рассчитать 1) силу тока в цепи; 2) напряжение на резисторе R_1; 3) ЭДС источника 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

<table>
<tr><th>№</th><th>Задание</th></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 2</td><td>1) Сила тока, протекающего по резистору R_2, определяется по закону Ома для участка цепи: $I = \frac{U_2}{R_2}$. Так как резисторы соединены последовательно, то сила тока, протекающего по ним, одинакова.
2) Напряжение на резисторе R_1 определяется по формуле $U_1 = IR_1 = U_2 \frac{R_1}{R_2}$.
3) ЭДС источника определяется по закону Ома для полной цепи:
$$\mathscr{E} = I \cdot (R_1 + R_2 + r) = \frac{U_2}{R_2}(R_1 + R_2 + r)$$</td></tr>
<tr><td>Задание № 3</td><td>Конденсатор подключён к источнику тока с нулевым внутренним сопротивлением последовательно с резистором $R = 10$ кОм (см. рисунок).
В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ±1 мкА, представлены в таблице.
 

<table>
<tr><td>t, с</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td>I, мкА</td><td>300</td><td>110</td><td>40</td><td>15</td><td>5</td><td>2</td><td>1</td></tr>
</table>
Определите:
1) ЭДС источника тока;
2) напряжение на резисторе и напряжение на конденсаторе в момент времени $t = 2$ с</td></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 3</td><td>1) В момент времени $t = 0$ конденсатор разряжен, напряжение на резисторе равно ЭДС. Следовательно, $\mathscr{E} = IR = 300 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 3$ В.
Ответ: 3 В.
2) Во время наблюдения конденсатор заряжается, напряжение на резисторе уменьшается, а напряжение на обкладках конденсатора увеличивается. В любой момент времени сумма напряжений на резисторе и на обкладках конденсатора равна ЭДС, так как они соединены последовательно. В момент времени $t = 2$ с напряжение на резисторе $U_R = IR = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 0{,}4$ В. Напряжение на обкладках конденсатора
$$U_C = \mathscr{E} - U_R = 3 - 0{,}4 = 2{,}6 \text{ В}.$$
Ответ: 2,6 В</td></tr>
</table>

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

15 1 Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	ЭДС источника

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15 2

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при увеличении сопротивления резистора внутреннее сопротивление источника тока и напряжение на клеммах источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутреннее сопротивление источника тока	Напряжение на клеммах источника

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 3

По проволочному резистору течёт ток. Резистор заменяют на другой, с проволокой из того же металла и того же поперечного сечения, но вдвое меньшей длины, и пропускают через него вдвое меньший ток. Как изменятся при этом напряжение на резисторе и его сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе	Сопротивление резистора

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 4

К концам отрезка медного провода приложено напряжение U. Этот отрезок заменяют отрезком медного провода той же длины, но вдвое большего поперечного сечения и прикладывают к проводу прежнее напряжение U. Как вследствие этого изменятся сопротивление провода и сила тока в нём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление провода	Сила тока в проводе

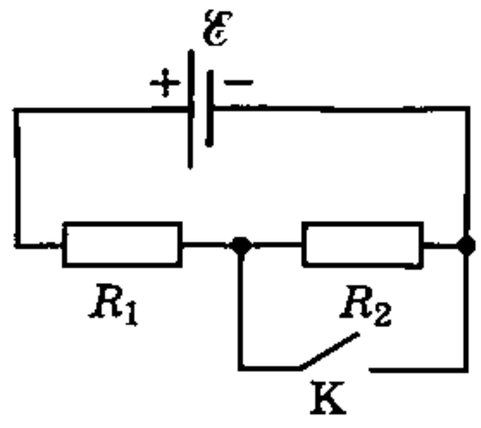
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15
5

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$ и два резистора: R_1 и R_2. Если ключ К замкнуть, то как изменятся сила тока через резистор R_1 и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

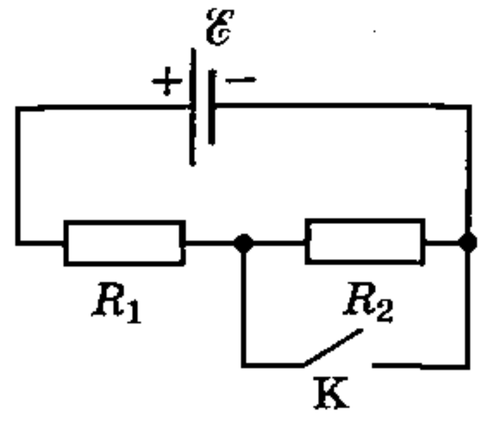
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока через резистор R_1	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
6

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$ и два резистора: R_1 и R_2. Если ключ К замкнуть, то как изменятся сила тока через резистор R_2 и напряжение на резисторе R_2? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

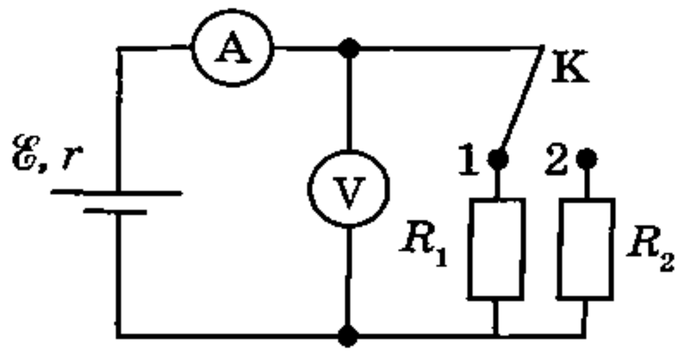
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока через резистор R_2	Напряжение на резисторе R_2

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
7

В схеме, показанной на рисунке, $R_1 > R_2$. Что произойдёт с показаниями амперметра и вольтметра после переключения ключа К из положения 1 в положение 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличатся
2) уменьшатся
3) не изменятся

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

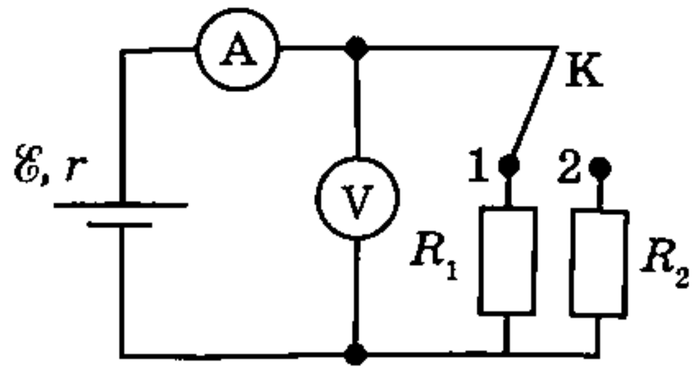
Показания амперметра	Показания вольтметра

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sdor25.me

15
8

В схеме, показанной на рисунке, $R_1 < R_2$. Что произойдёт с показаниями амперметра и вольтметра после переключения ключа К из положения 1 в положение 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличатся
2) уменьшатся
3) не изменятся

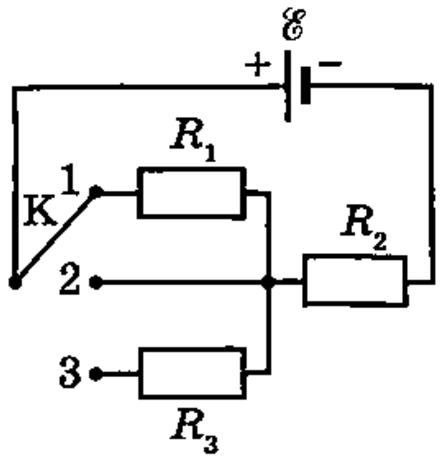
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Показания амперметра	Показания вольтметра

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
9

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$ и три резистора: $R_1 = R$, $R_2 = 2R$ и $R_3 = 2R$. Как изменятся напряжение на резисторе R_2 и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ К перевести из положения 1 в положение 3? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

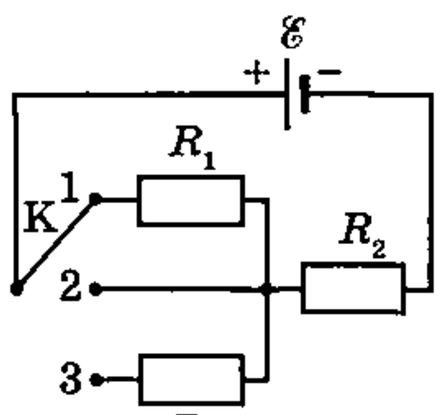
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе R_2	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
10

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$ и три резистора: $R_1 = R$, $R_2 = 2R$ и $R_3 = 2R$. Как изменятся сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ К перевести из положения 1 в положение 2? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

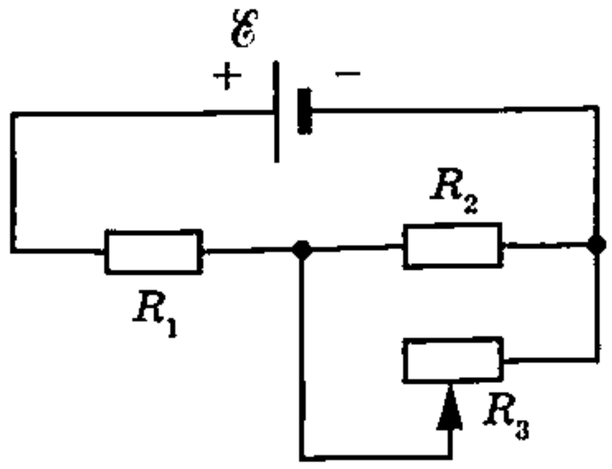
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15
11

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$, два резистора и реостат. Сопротивления резисторов R_1 и R_2 одинаковы и равны R. Сопротивление реостата R_3 можно менять. Как изменятся напряжение на резисторе R_2 и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если уменьшить сопротивление реостата от R до 0? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

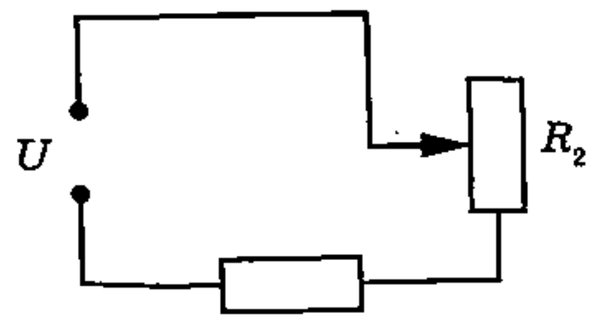
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе R_2	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
12

Резистор R_1 и реостат R_2 подключены последовательно к источнику напряжения U (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и мощность, выделяющаяся на резисторе R_1, если ползунок реостата переместить до конца вверх? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом прежним.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

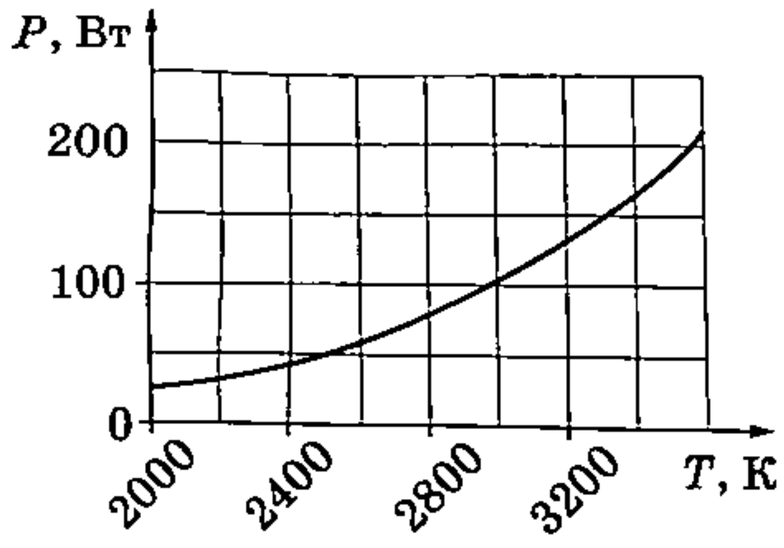
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

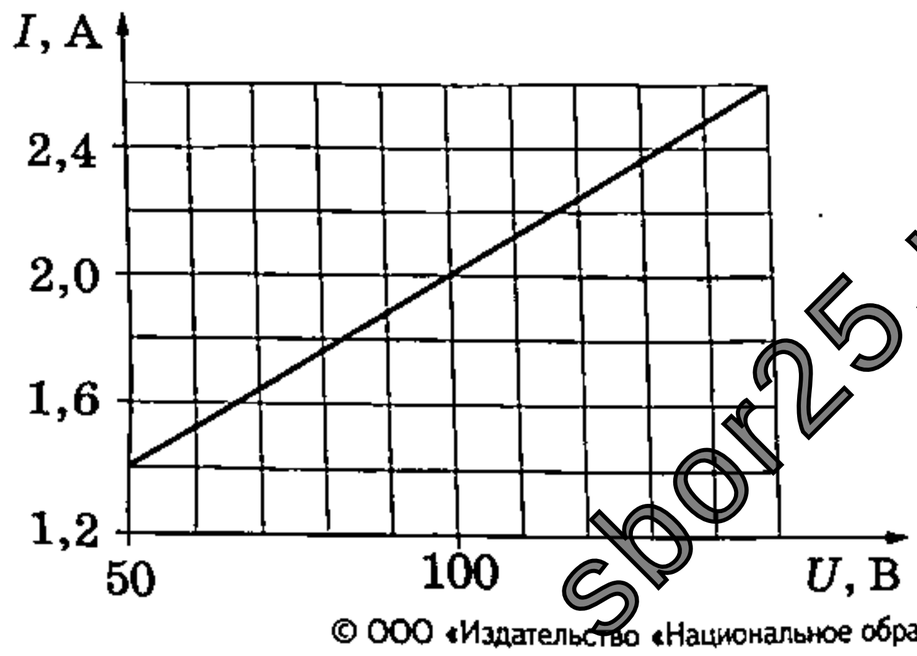
Сила тока в цепи	Мощность, выделяющаяся на резисторе R_1

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

14
13

При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунках изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P = P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I = I(U)$.





© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

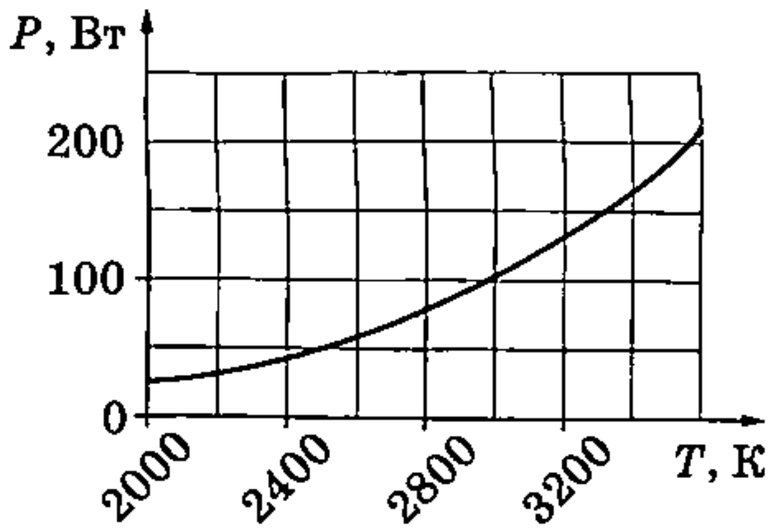
Выберите все верные утверждения о физических величинах, характеризующие этот процесс.

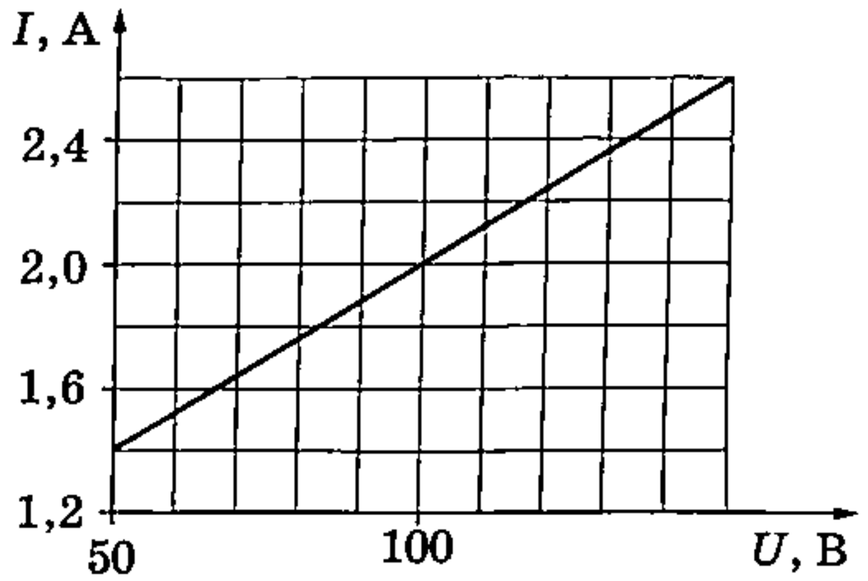
1) При напряжении на лампе 80 В тепловая мощность, выделяемая на лампе, равна 80 Вт.
2) При мощности тепловых потерь 150 Вт температура нити накала лампы менее 3000 К.
3) При силе тока через лампу 2 А температура нити накала составляет около 3600 К.
4) С увеличением силы тока через лампу температура её спирали увеличивается.
5) При мощности тепловых потерь 100 Вт напряжение на лампе составляет 100 В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
14

При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунках изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P = P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I = I(U)$.





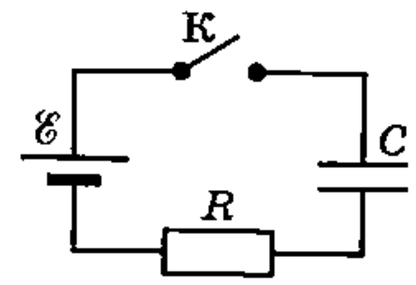
Выберите все верные утверждения о физических величинах, характеризующие этот процесс.

1) С увеличением напряжения на лампе температура её спирали увеличивается.
2) При мощности тепловых потерь 50 Вт температура нити накала лампы более 2800 К.
3) При силе тока через лампу 1,5 А температура нити накала составляет менее 3000 К.
4) При напряжении на лампе 100 В тепловая мощность, выделяемая на лампе, равна 80 Вт.
5) При мощности тепловых потерь 150 Вт напряжение на лампе составляет 100 В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
15

Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором $R = 20$ кОм (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ±1 мкА, представлены в таблице.



t, с	0	1	2	3	4	5	6
I, мкА	300	110	40	15	5	2	1

Выберите все утверждения, соответствующие результатам этого опыта. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

1) В течение первой секунды ток через резистор не течёт.
2) В момент времени $t = 2$ с напряжение на конденсаторе равно 5,2 В.
3) Напряжение на конденсаторе с течением времени монотонно возрастает.
4) ЭДС источника тока равна 12 В.
5) В момент времени $t = 4$ с напряжение на конденсаторе равно 4,9 В.

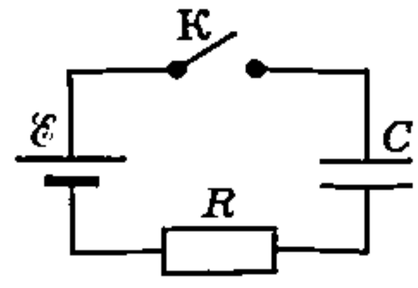
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdar25.me

14
16

Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором $R = 20$ кОм (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ±1 мкА, представлены в таблице.



t, с	0	1	2	3	4	5	6
I, мкА	300	110	40	15	5	2	1

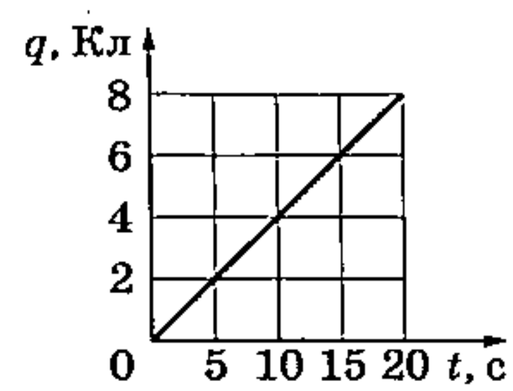
Выберите все утверждения, соответствующие результатам этого опыта. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

1) ЭДС источника тока равна 6 В.
2) К моменту времени $t = 2$ с конденсатор полностью заряжен.
3) В момент времени $t = 3$ с напряжение на конденсаторе равно 0,3 В.
4) Напряжение на резисторе с течением времени монотонно возрастает.
5) В момент времени $t = 4$ с напряжение на конденсаторе равно 5,9 В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

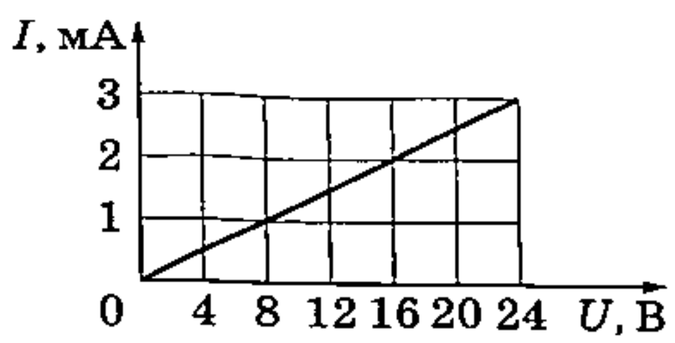
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

1 По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через поперечное сечение проводника, возрастает с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Чему равна сила тока в проводнике?



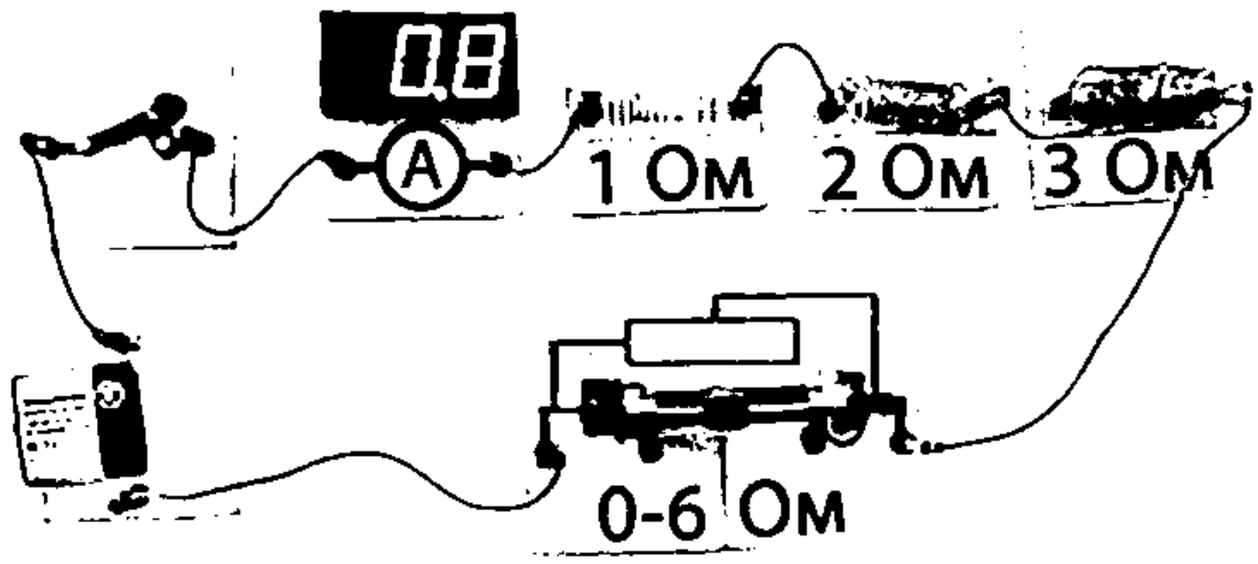
Ответ: _____ А.

2 На рисунке изображён график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: _____ кОм.

3 На фотографии — электрическая цепь. Показания включённого в цепь амперметра даны в амперах.



Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить параллельно резистору 3 Ом?

Ответ: _____ В.

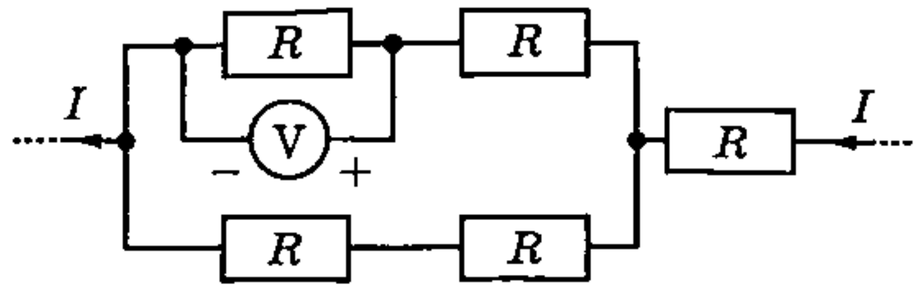
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

4 Во сколько раз увеличится сила тока, протекающего по алюминиевому проводу, если увеличить в 3 раза напряжение на его концах, а площадь поперечного сечения этого провода уменьшить в 2 раза?

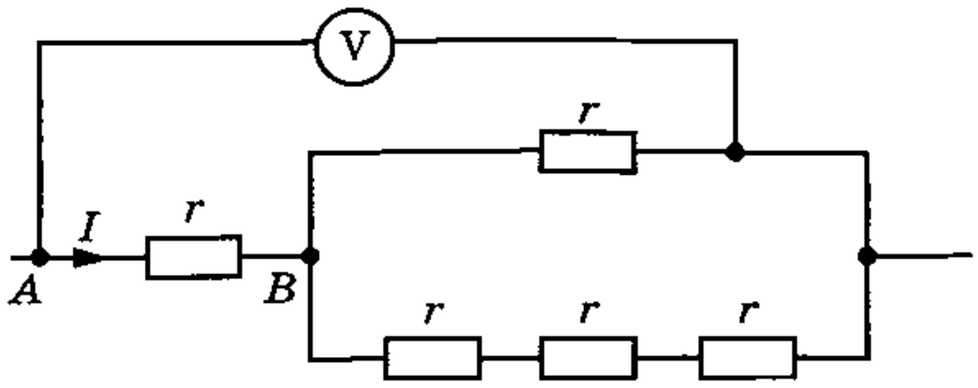
Ответ: в _____ раз(а).

5 Пять одинаковых резисторов соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток $I = 6$ А (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение $U = 15$ В. Чему равно сопротивление одного резистора?



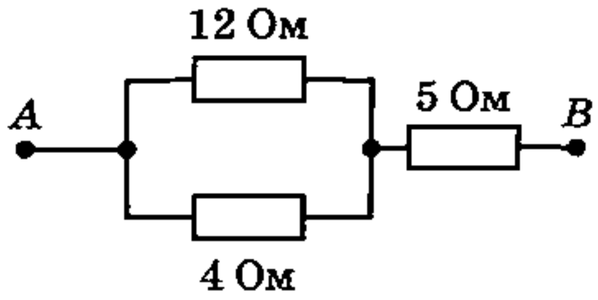
Ответ: _____ Ом.

6 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 1$ Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку AB идёт ток $I = 4$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



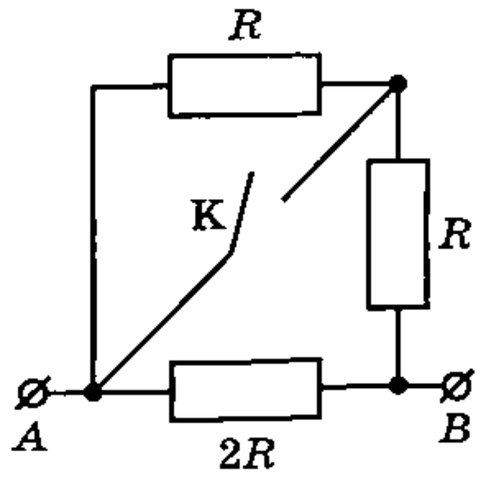
Ответ: _____ В.

7 Чему равно сопротивление электрической цепи между точками A и B, представленной на рисунке?



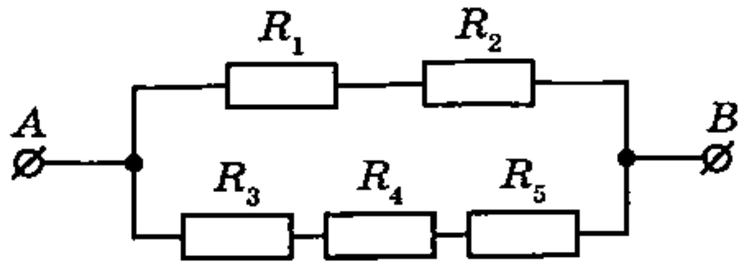
Ответ: _____ Ом.

8 На сколько уменьшится сопротивление участка цепи AB, изображённого на рисунке, если ключ К замкнуть? Сопротивление $R = 3$ Ом.



Ответ: на _____ Ом.

9 Сопротивление каждого резистора в схеме участка цепи на рисунке равно 100 Ом. Участок подключён к источнику постоянного напряжения выводами A и B. Напряжение на резисторе R_2 равно 12 В. Чему равно напряжение на резисторе R_3?



Ответ: _____ В.

10 По проводнику сопротивлением 2 Ом протекает постоянный электрический ток. Чему равна сила тока через проводник, если работа тока за 3 мин равна 3240 Дж?

Ответ: _____ А.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

11 На штепсельных вилках некоторых бытовых электрических приборов имеется надпись: «6 А, 250 В». Определите максимальную допустимую мощность электроприборов, которые можно включать, используя такие вилки.

Ответ: _____ Вт.

12 В цепи из четырёх одинаковых параллельно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты Q_1, если к цепи подводится напряжение U. В цепи из двух таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты Q_2, если к этой цепи подводится напряжение $4U$. Чему равно отношение $\frac{Q_2}{Q_1}$?

Ответ: _____.

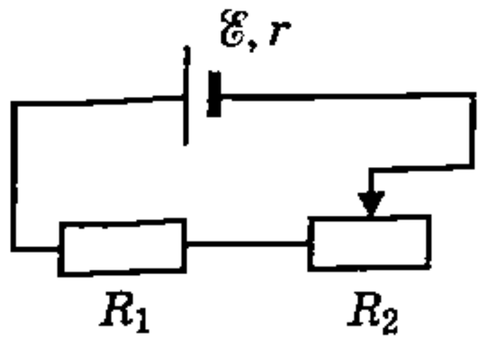
13 По проволочному резистору течёт ток. Как изменятся при увеличении длины проволоки в 2 раза и уменьшении силы тока вдвое тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

14 На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathscr{E}$, резистор R_1 и реостат R_2. Как изменятся сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи, если уменьшить сопротивление реостата R_2 до минимума? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

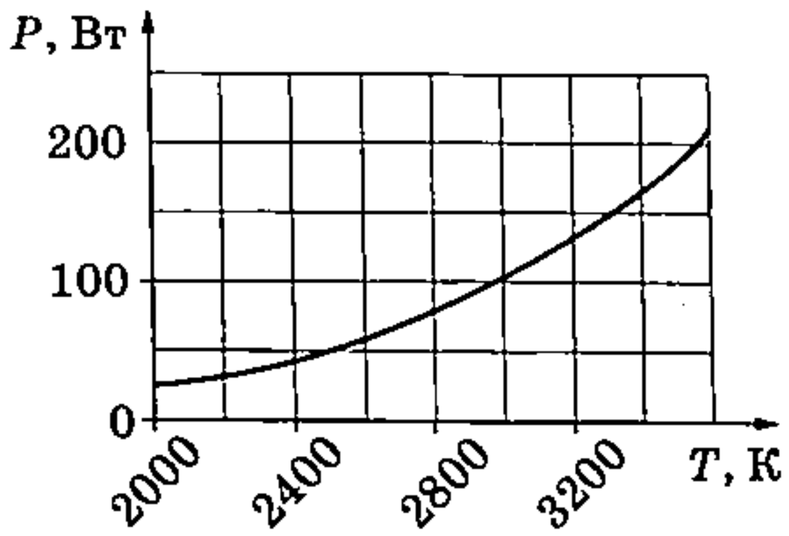
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

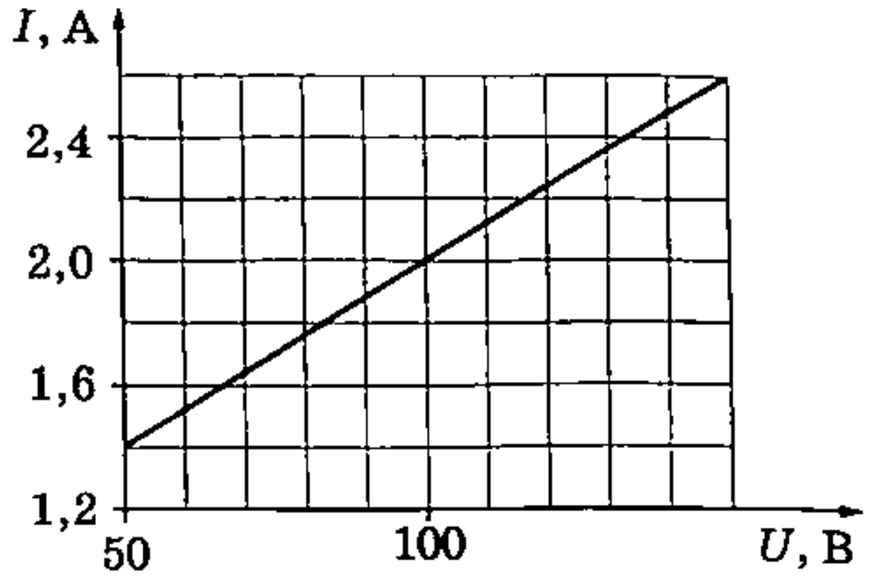
Сила тока в цепи	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15 При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунках изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P = P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I = I(U)$.





Выберите все верные утверждения, которые можно сделать, анализируя эти графики.

1) При напряжении 100 В сопротивление спирали лампы равно 50 Ом.
2) С увеличением силы протекающего тока температура спирали уменьшается.
3) Сопротивление спирали лампы постоянно и не зависит от температуры.
4) Температура спирали лампы при приложенном напряжении $U = 120$ В больше 3600 К.
5) С уменьшением приложенного напряжения температура спирали уменьшается прямо пропорционально мощности.

Ответ: _____.

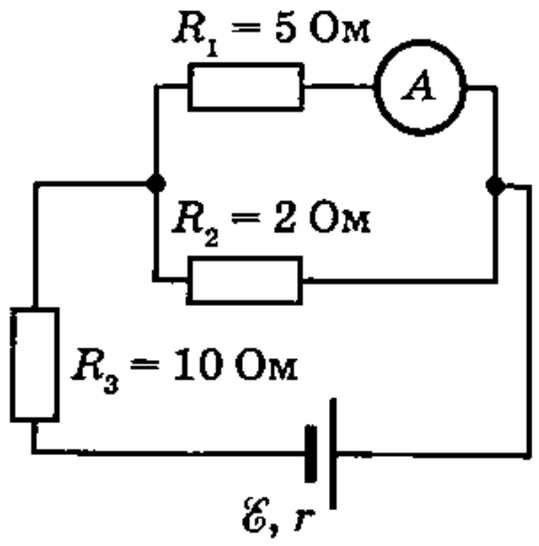
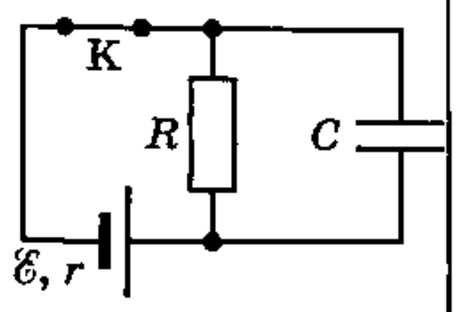
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 25

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

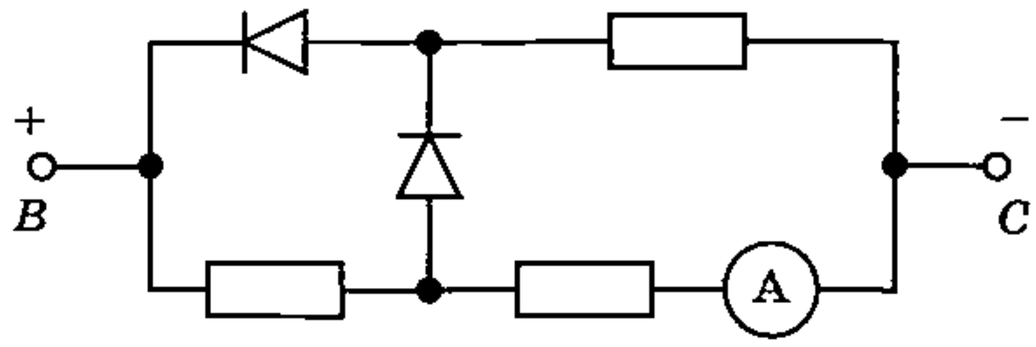
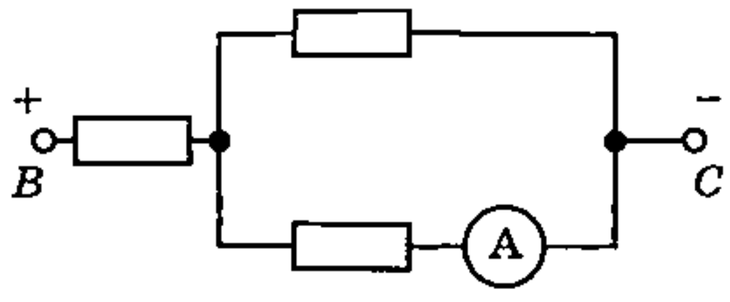
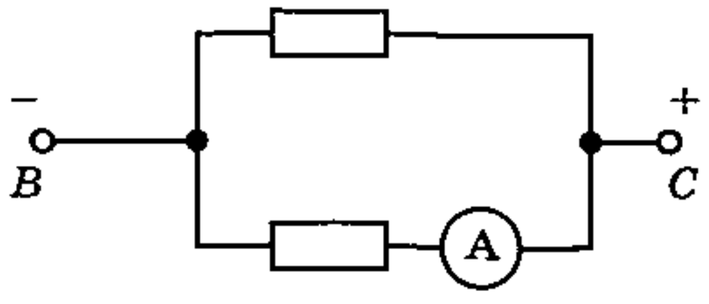
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 0,2 А. Чему равно напряжение на резисторе R_3? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно, следовательно, $U_1 = U_2 \Rightarrow I_1R_1 = I_2R_2$. Значит, $I_2 = \dfrac{I_1R_1}{R_2} = \dfrac{0,2 \cdot 5}{2} = 0,5$ А. Ток, протекающий через резистор R_3, $I_3 = I_1 + I_2 = 0,2 + 0,5 = 0,7$ А. По закону Ома для участка цепи окончательно получим $U_3 = I_3R_3 = 0,7 \cdot 10 = 7$ В. Ответ: $U_3 = 7$ В
Задание № 2	Конденсатор ёмкостью $C = 100$ мкФ и резистор сопротивлением $R = 10$ Ом присоединены к батарее с ЭДС $\mathscr{E} = 24$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом. В начальный момент времени ключ К был замкнут (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится на резисторе после размыкания ключа К? 
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Конденсатор подключён к резистору параллельно, поэтому напряжение U на конденсаторе равно напряжению на резисторе. До размыкания ключа через резистор R протекает ток силой I. Следовательно, по закону Ома для участка цепи, $U = IR$. Сила тока в цепи определяется по закону Ома для полной цепи с ЭДС $\mathscr{E}$: $I = \dfrac{\mathscr{E}}{R + r}$. Тогда энергия заряженного конденсатора $$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{\mathscr{E}R}{R + r}\right)^2.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	После размыкания ключа батарея отключается от остальной цепи и конденсатор разряжается на резисторе. При этом вся накопленная в конденсаторе энергия выделяется в виде тепла на резисторе: $W = Q$. В итоге $Q = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{\mathscr{E}R}{R+r} \right)^2 = \frac{10^{-4}}{2} \cdot \left(\frac{24 \cdot 10}{10+2} \right)^2 = 0{,}02$ Дж. Ответ: $Q = 0{,}02$ Дж
Задание № 3	Нагревательный элемент фена изготовлен из никелиновой проволоки длиной 2,2 м и площадью поперечного сечения 0,03 мм^2. Какова потребляемая мощность фена, если он питается от сети напряжением 220 В? Удельное сопротивление никелина равно $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом · м
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Мощность нагревательного элемента фена определяется по формуле $P = \frac{U^2}{R}$, где R — сопротивление проволоки, из которой изготовлен элемент. В свою очередь, сопротивление проволоки $R = \rho \frac{l}{S}$. Таким образом, $P = \frac{U^2 S}{\rho l} = \frac{220^2 \cdot 3 \cdot 10^{-8}}{1{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}2} = 600$ Вт. Ответ: $P = 600$ Вт
Задание № 4	Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках B и C. Показания амперметра равны 2 А. Определите силу тока через амперметр при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	1. Сила тока через амперметр будет равна 6 А. Эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора даны на рисунках 1 и 2.  Рис. 1  Рис. 2 2. В первом случае верхний диод включён в обратном направлении, обладает бесконечно большим сопротивлением и ток через него не течёт. Диод, расположенный в центре схемы, включён в прямом направлении, обладает нулевым сопротивлением и пропускает электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для первого случая имеет вид, представленный на рисунке 1.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Получается, что левый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя формулы для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом случае: $R_1 = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$, где R — сопротивление каждого из резисторов. 3. При смене полярности подключения аккумулятора оба диода окажутся включёнными в прямом направлении и ток через левый резистор протекать не будет. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рисунке 2. Используя формулу для вычисления сопротивления параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы во втором случае: $R_2 = \frac{R}{2}$. 4. Таким образом, сопротивление участка цепи уменьшилось в 3 раза. Используя закон Ома для полной цепи $\left(I = \frac{\mathscr{E}}{R_{\text{Общ}}}\right)$, получим, что сила тока через источник увеличилась в 3 раза. Сила тока, текущего через амперметр, также увеличилась в 3 раза и стала равна 6 А, так как сила тока в каждой из ветвей разветвлённой части цепи в 2 раза меньше силы тока через источник

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

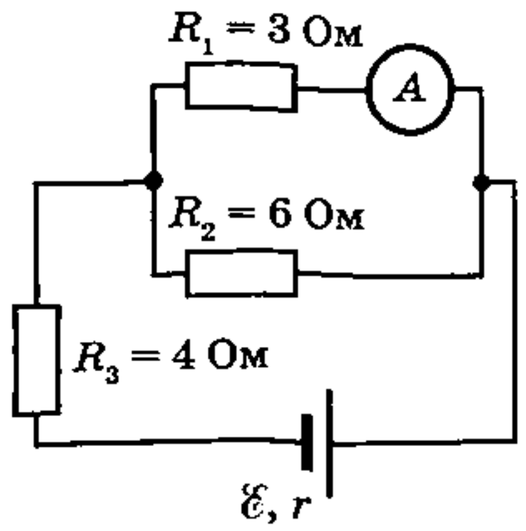
23.1 Лампа подключена к батарее с ЭДС 15 В и внутренним сопротивлением 3 Ом. Сила тока в электрической цепи равна 2 А. Каково сопротивление лампы?

Ответ: _____ Ом.

23.2 Электрическая цепь состоит из аккумулятора с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 1 Ом, резистора, ключа и соединительных проводов. Каково напряжение на резисторе, если сила тока в цепи 2 А? Сопротивлением проводов пренебречь.

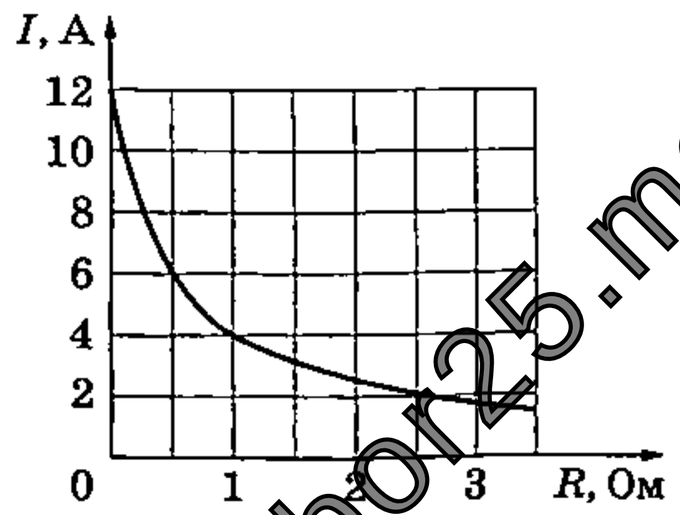
Ответ: _____ В.

23.3 В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1,5 А. Чему равна ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 2 Ом?



Ответ: _____ В.

23.4 К источнику тока подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в полученной цепи от сопротивления реостата. Определите внутреннее сопротивление источника.



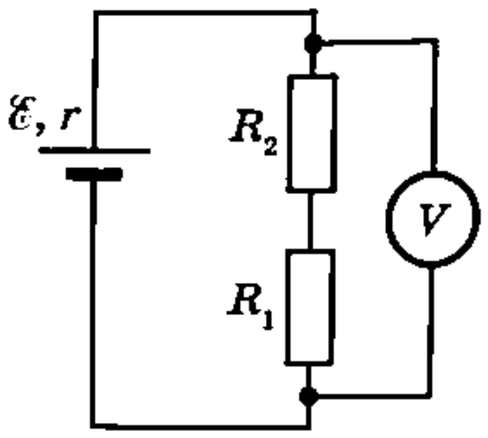
Ответ: _____ Ом.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 5

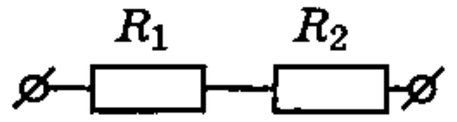
В схеме, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 9 В, его внутреннее сопротивление $r = 5$ Ом, а сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 20$ Ом. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: _____ В.

23 6

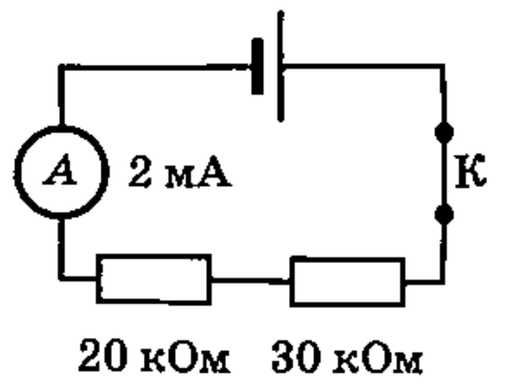
По участку цепи, состоящему из резисторов $R_1 = 5$ кОм и $R_2 = 20$ кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток I. За время $t_1 = 1$ мин на резисторе R_1 выделяется количество теплоты $Q_1 = 3$ кДж. За какое время на резисторе R_2 выделится количество теплоты $Q_2 = 8$ кДж?



Ответ: _____ с.

23 7

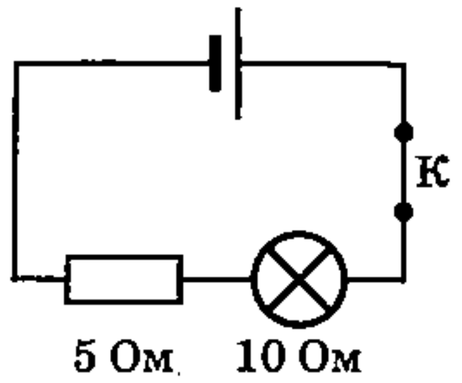
Какое количество теплоты выделится во внешней части цепи, представленной на рисунке, при протекании тока в течение 10 минут? Необходимые данные указаны на схеме. Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: _____ Дж.

23 8

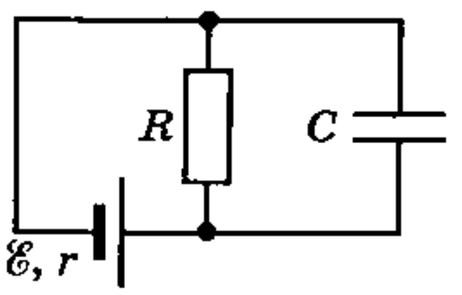
К батарее с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 3 Ом подключены резистор и лампочка (см. рисунок). Какую мощность потребляет лампочка? Необходимые данные указаны на схеме.



Ответ: _____ Вт.

23 9

Конденсатор ёмкостью $C = 3$ мкФ и резистор сопротивлением $R = 10$ Ом присоединены к батарее с ЭДС $\mathscr{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом (см. рисунок). Определите заряд конденсатора.



Ответ: _____ мкКл.

23 10

Нагреватель изготовлен из проволоки. Во сколько раз изменится мощность нагревателя при том же напряжении питания, если укоротить его проволоку на 60 %?

Ответ: в _____ раз(а).

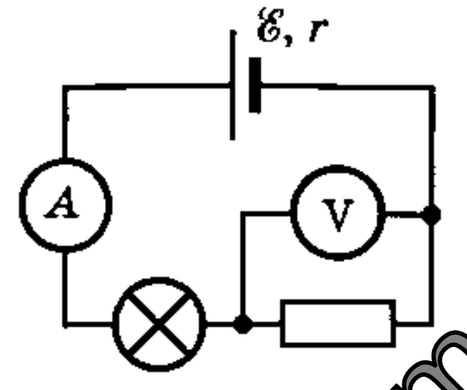
23 11

Нагревательный элемент фена изготовлен из никелиновой проволоки площадью поперечного сечения 0,05 мм^2. Фен питается от сети напряжением 220 В и потребляет мощность 1000 Вт. Какова длина проволоки нагревательного элемента фена? Удельное сопротивление никелина равно $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом · м.

Ответ: _____ м.

23 12

Определите сопротивление лампочки, если показания амперметра и вольтметра равны соответственно 0,4 А и 10 В. ЭДС источника тока равна 12 В, внутреннее сопротивление 2 Ом.



Ответ: _____ Ом.

23 13

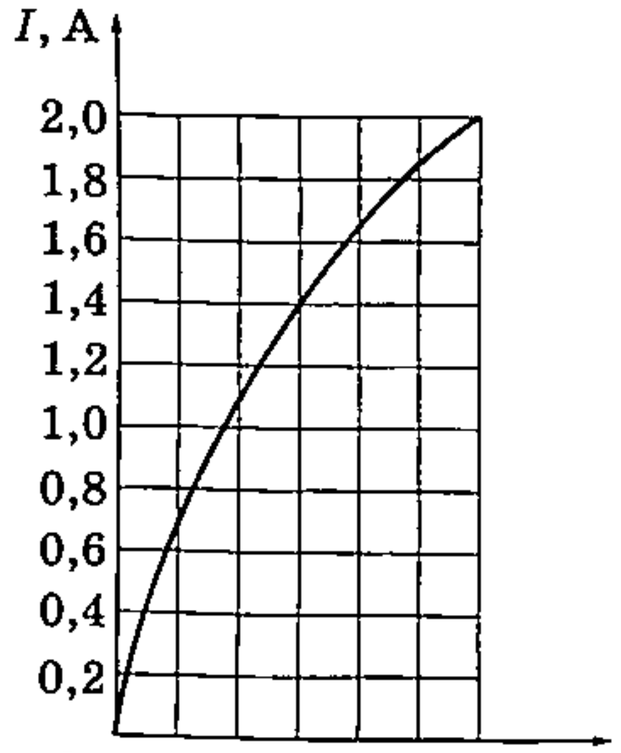
В кастрюле находится 0,8 кг воды при температуре 10 °С. Сколько потребуется времени, чтобы при помощи кипятильника с сопротивлением 121 Ом, включённого в сеть с напряжением 220 В, довести воду до кипения и выпарить 10 % воды из кастрюли? Потерями тепла пренебречь.

Ответ: _____ с.

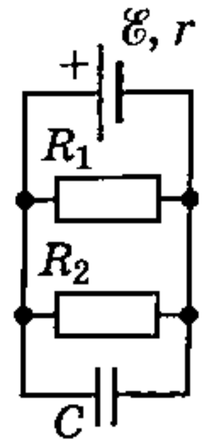
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

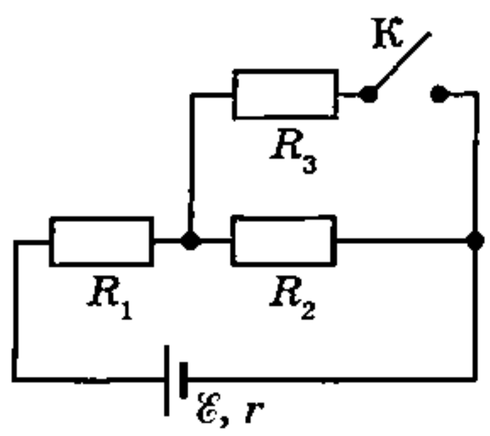
25 14 Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на графике. При потребляемой мощности 24 Вт температура нити лампы равна 3100 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. Чему равна температура нити накала, если потребляемая мощность составляет 8,4 Вт?



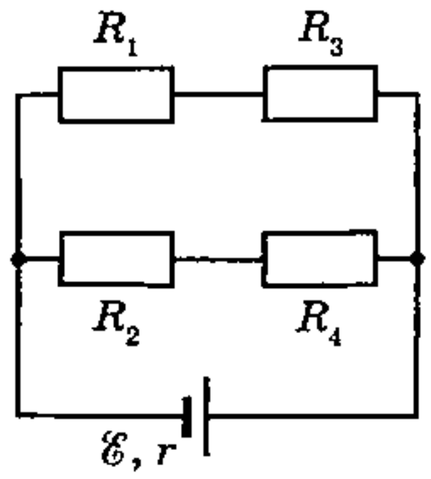
25 15 Источник постоянного тока с ЭДС $\mathscr{E}$ = 10 В и внутренним сопротивлением r = 0,4 Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам R_1 = 4 Ом, R_2 = 6 Ом и конденсатору. Определите ёмкость конденсатора C, если энергия электрического поля конденсатора равна W = 60 мкДж.



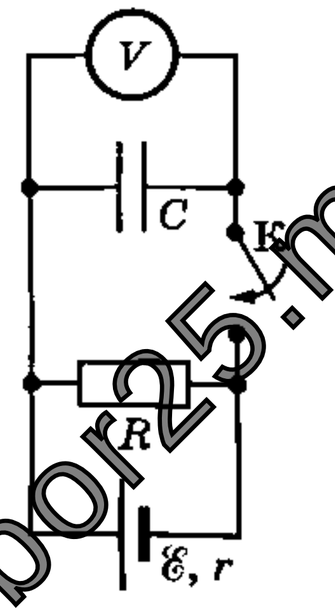
25 16 Во сколько раз уменьшится мощность, выделяемая на резисторе R_2, при замыкании ключа К (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3$ = 1 Ом, r = 0,5 Ом?



25 17 В схеме, изображённой на рисунке, сопротивления резисторов R_1 = 1 Ом, R_2 = 2 Ом, R_3 = 5 Ом, R_4 = 10 Ом, ЭДС батареи $\mathscr{E}$ = 9 В, её внутреннее сопротивление r = 2 Ом. Определите мощность, выделяемую на резисторе R_2.



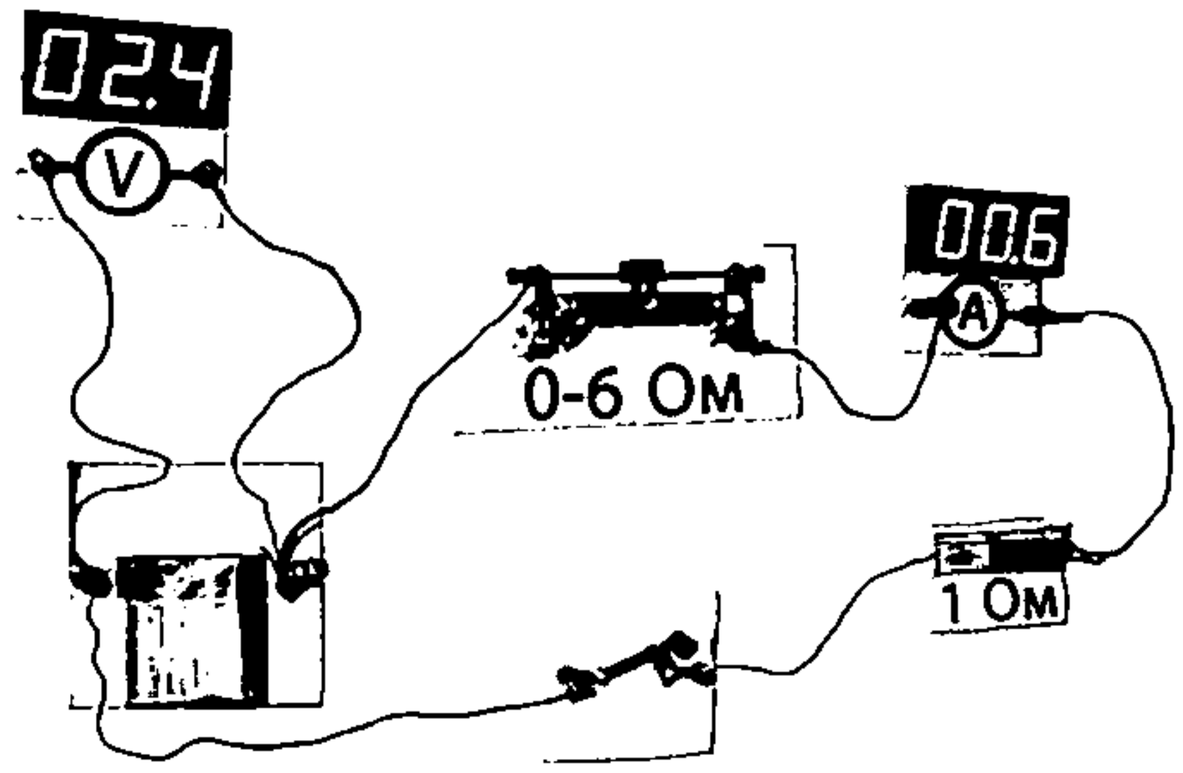
21 18 Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа К и опишите изменения его показаний после замыкания ключа К. Первоначально конденсатор не заряжен.



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

21
19

На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, батареи с подключённым к ней цифровым вольтметром и цифрового амперметра. Составьте электрическую схему этой цепи. Как изменятся (уменьшатся или увеличатся) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее левое положение? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.



21
20

В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями R_1 и R_2, подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. 1. Оставив ключ в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ К в положение 2 (см. рис. 2), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

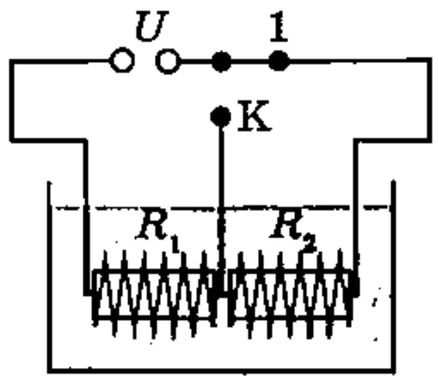


Рис. 1

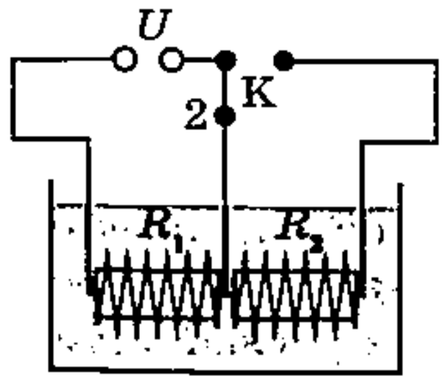
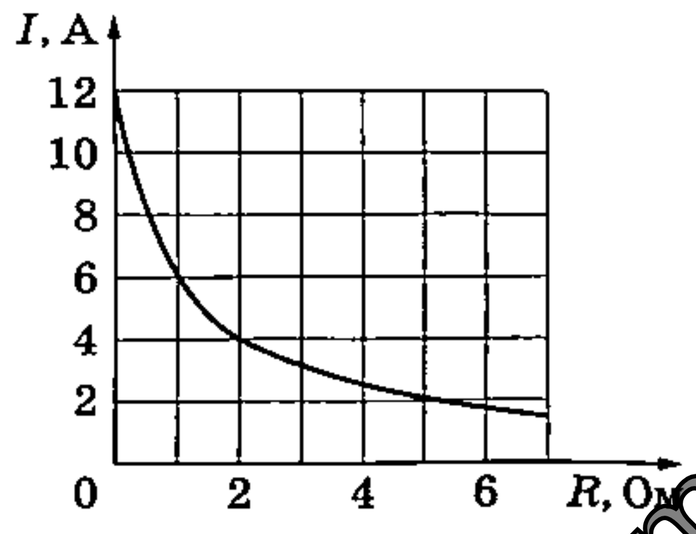


Рис. 2

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

1

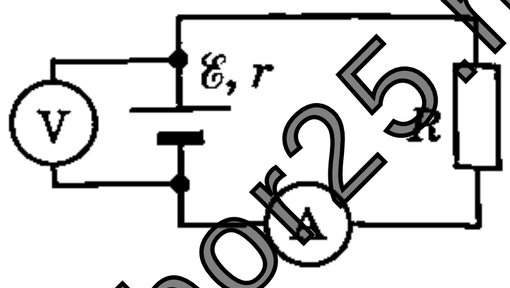
К источнику тока подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в полученной цепи в зависимости от сопротивления реостата. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?



Ответ: _____ Ом.

2

В цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника 15 В, а его внутреннее сопротивление 10 Ом. Источник нагружен на сопротивление 40 Ом. Определите показания амперметра. Приборы считать идеальными.

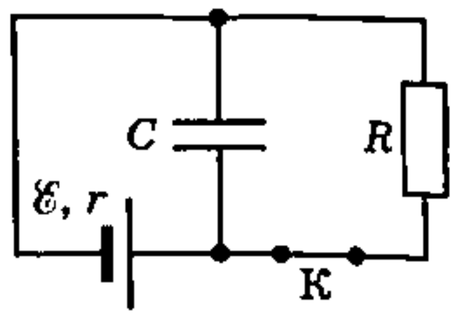


Ответ: _____ А.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

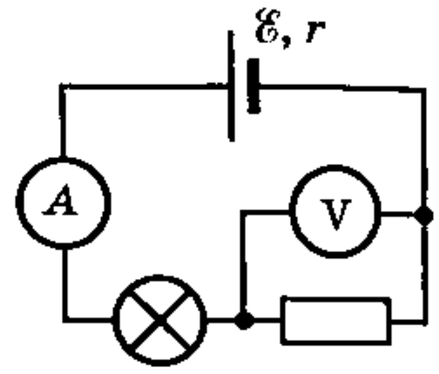
sbor25.me

3 Конденсатор ёмкостью $C = 2$ мкФ присоединён к батарее с ЭДС $\mathscr{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. Сопротивление резистора равно $R = 10$ Ом. В начальный момент времени ключ К был замкнут (см. рисунок). Определите энергию конденсатора через 2 мин после размыкания ключа К.



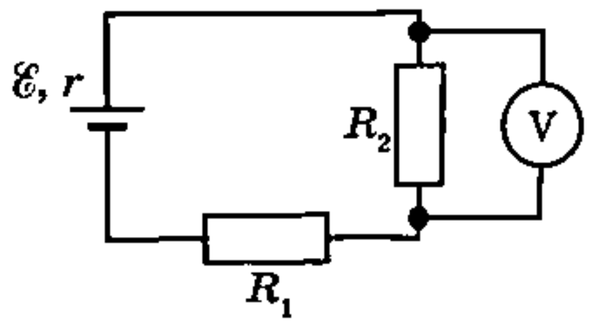
Ответ: _____ мкДж.

4 Определите мощность, потребляемую лампочкой, если показания амперметра и вольтметра равны соответственно 0,4 А и 10 В. ЭДС источника напряжения 12 В, внутреннее сопротивление 2 Ом.



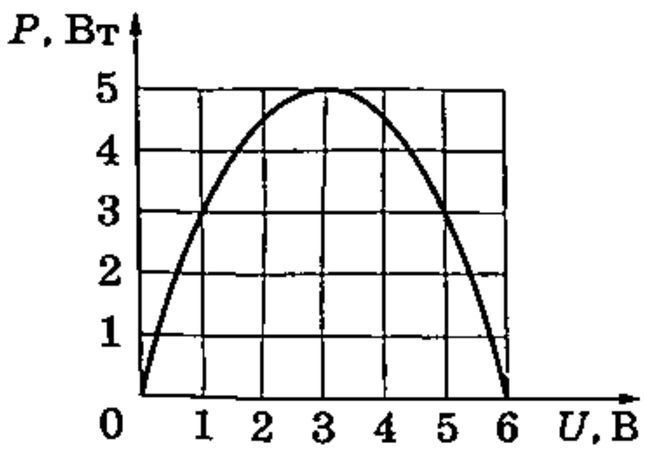
Ответ: _____ Вт.

5 В схеме, изображённой на рисунке, идеальный вольтметр показывает напряжение $U = 2$ В. Внутреннее сопротивление источника тока $r = 1$ Ом, а сопротивления резисторов: $R_1 = 2$ Ом и $R_2 = 2$ Ом. Какова ЭДС источника?

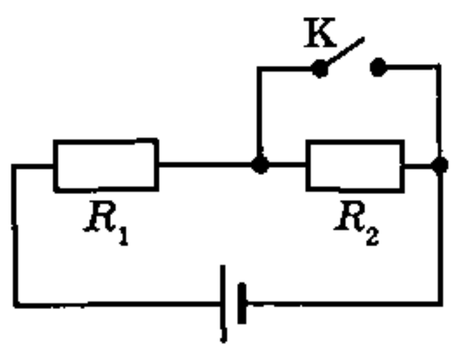


Ответ: _____ В.

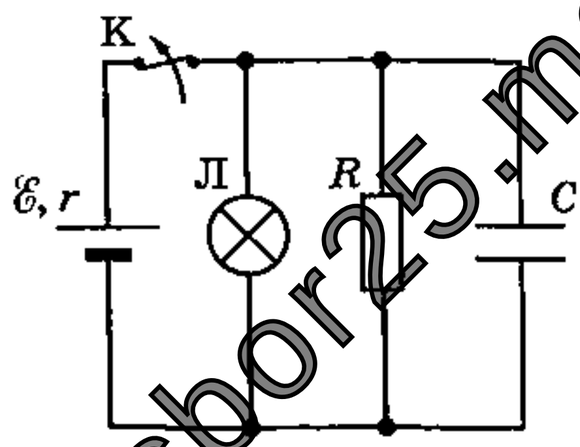
6 Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС $\mathscr{E}$ и внутренним сопротивлением r и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R. При изменении сопротивления нагрузки изменяется напряжение на ней и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график зависимости мощности, выделяющейся на нагрузке, от напряжения на ней.
Используя известные Вам физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от напряжения представляет собой параболу.



7 Источник тока, два резистора и ключ включены в цепь, как показано на рисунке. При разомкнутом ключе на резисторе R_1 выделяется мощность $P_1 = 3$ Вт, а на резисторе R_2 — мощность $P_2 = 6$ Вт. Какая мощность будет выделяться на резисторе R_1 после замыкания ключа К? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



8 К аккумулятору с ЭДС 50 В и внутренним сопротивлением 4 Ом подключили лампу сопротивлением 10 Ом и резистор сопротивлением 15 Ом, а также конденсатор ёмкостью 100 мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на лампе?

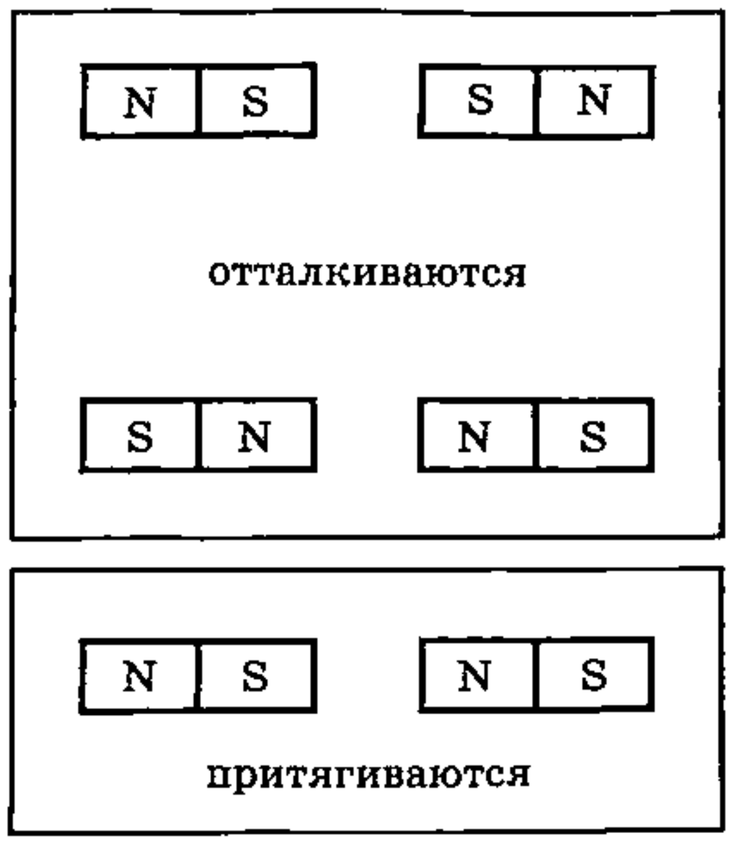


© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

ТЕМА 10. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Взаимодействие магнитов. Опыт показывает, что намагниченные тела (в том числе постоянные магниты) взаимодействуют друг с другом, в частности притягиваются и отталкиваются.



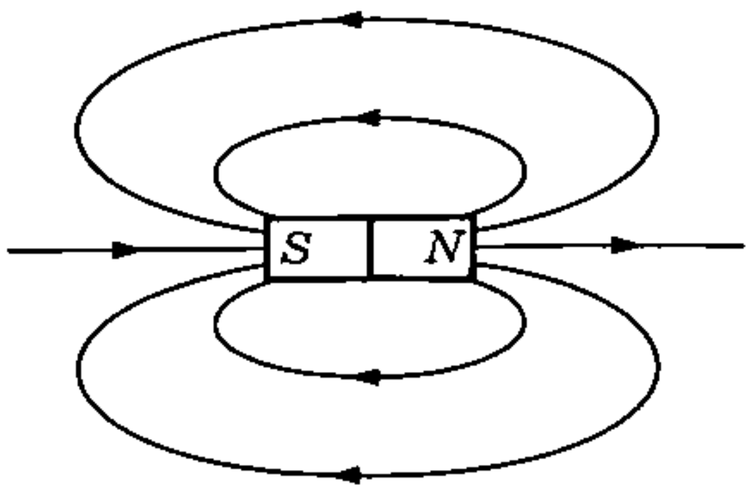
В магнитном взаимодействии могут участвовать движущиеся электрические заряды, электрические токи и намагниченные тела. Принято описывать это взаимодействие в терминах **магнитного поля**: один из взаимодействующих объектов создаёт магнитное поле, а второй объект испытывает на себе воздействие этого поля.

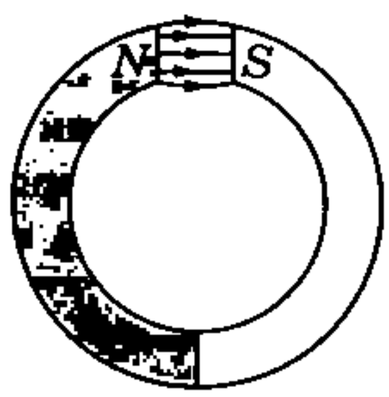
Для количественного описания магнитного поля в заданной точке $\vec{r}$ вводится векторная физическая величина — **индукция магнитного поля** $\vec{B}$.

Для магнитного поля справедлив **принцип суперпозиции**: магнитные поля нескольких источников действуют на объект независимо друг от друга, при этом векторы индукции этих полей складываются: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \ldots$

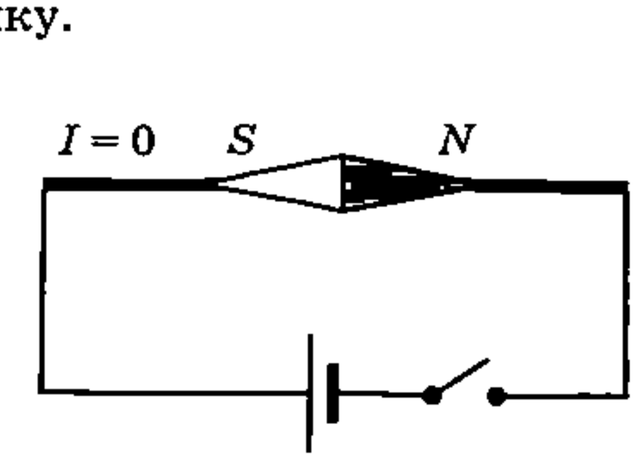
Для наглядного графического представления магнитного поля используется картина его линий (линий индукции). Линии индукции магнитного поля ориентированы: на них выбрано и показано положительное направление. В любой точке пространства вектор $\vec{B}$ направлен по касательной к линии поля, его направление совпадает с направлением линии поля. Густота линий поля выше там, где больше модуль $\vec{B}$. Линии индукции магнитного поля не пересекаются друг с другом и замкнуты.

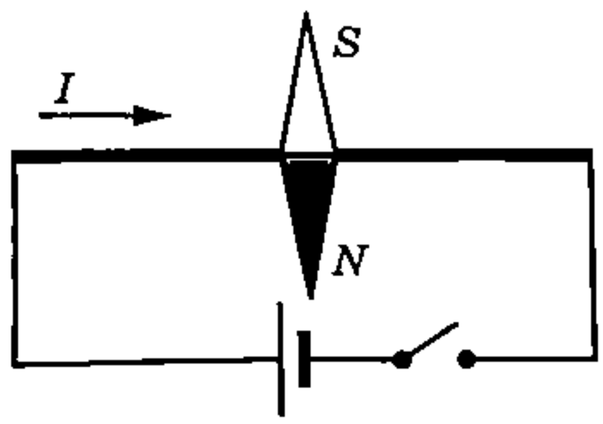
Картины линий магнитного поля полосового и подковообразного постоянных магнитов схематично представлены на рисунках:





Опыт Эрстеда. В 1820 г. Г. К. Эрстед продемонстрировал отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током. Обесточенный проводник проложен под стрелкой параллельно ей (см. рисунок, вид сверху). Когда по проводнику течёт ток, стрелка отклоняется практически перпендикулярно проводнику.



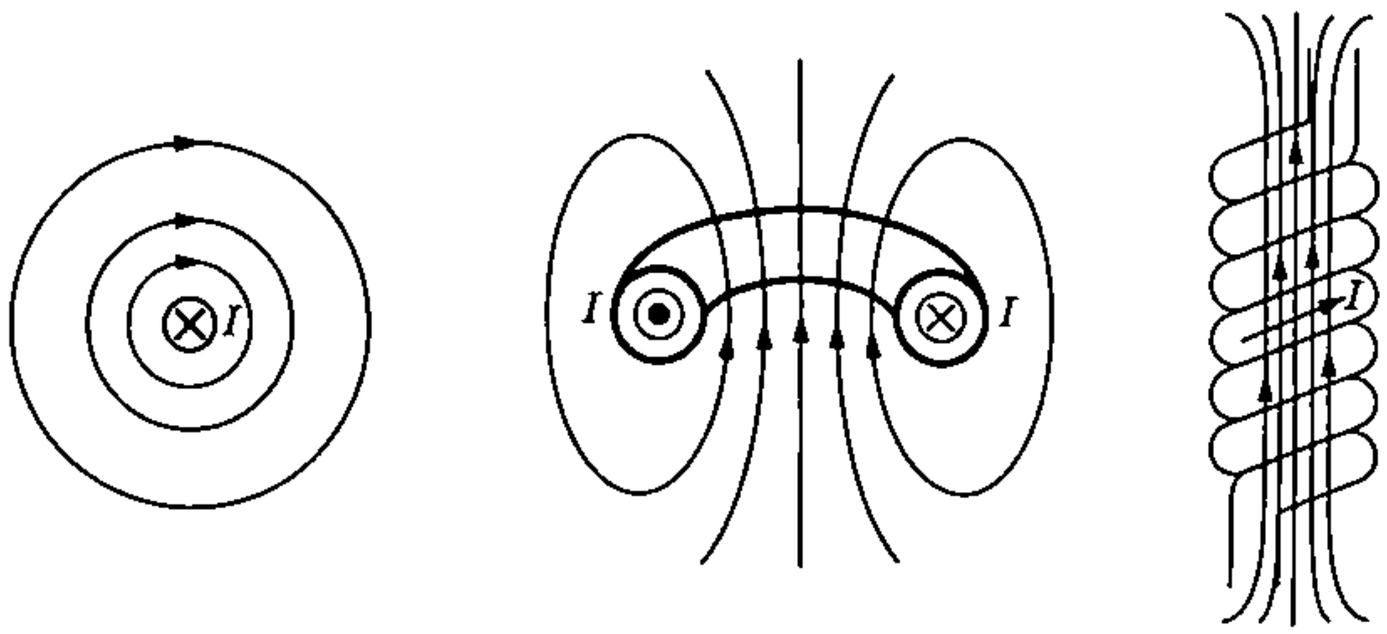


© ООО «Издательство «Национальное образование»

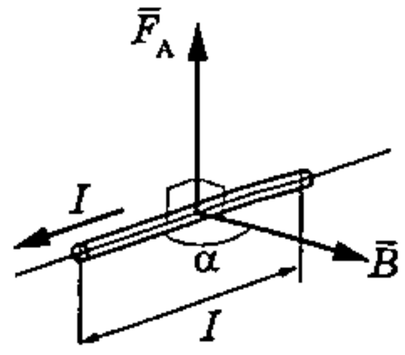
sbor25.me

Магнитное поле проводника с током возникает при любых условиях.

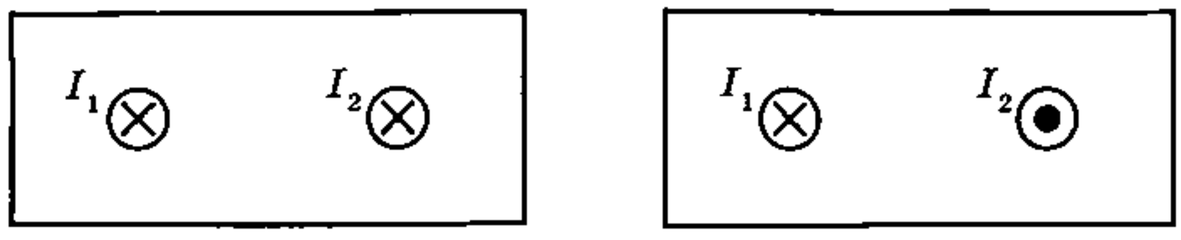
Картины линий индукции магнитного поля длинного прямого проводника, замкнутого кольцевого проводника, катушки с током схематично представлены на рисунках (слева направо):



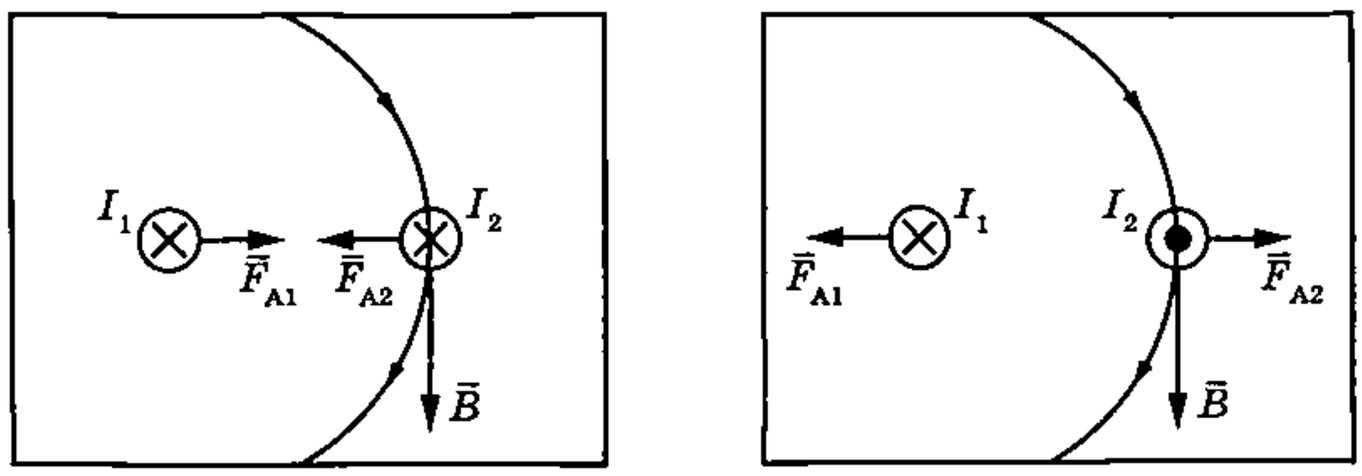
На проводник длиной l, по которому протекает ток I, со стороны магнитного поля $\vec{B}$ действует **сила Ампера**, направленная перпендикулярно проводнику и вектору $\vec{B}$ по правилу левой руки и равная по величине $F_A = IBl\sin\alpha$, где α — угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$.



Рассмотрим два параллельных длинных прямых проводника с током. На рисунках представлено их поперечное сечение. На левом рисунке токи текут в одну сторону («от наблюдателя»). На правом рисунке токи текут в противоположных направлениях.



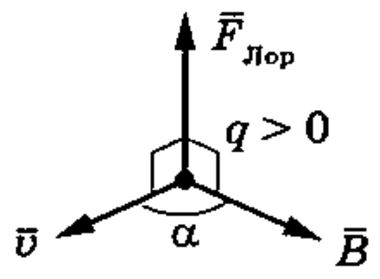
На рисунках, показанных ниже, изображены линия индукции магнитного поля тока I_1, проходящая через проводник с током I_2, вектор индукции магнитного поля $\vec{B}$ тока I_1 в том месте, где находится проводник с током I_2, а также построенная по правилу левой руки сила Ампера $\vec{F}_{A2}$, действующая на правый проводник со стороны магнитного поля левого проводника. Аналогичным образом строится и сила Ампера $\vec{F}_{A1}$, действующая на левый проводник со стороны магнитного поля правого проводника. Она также показана на обоих рисунках.



Таким образом, параллельные проводники с током притягиваются друг к другу, если токи в них текут в одну и ту же сторону, и отталкиваются друг от друга, если токи в них текут в противоположные стороны.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me



На частицу с зарядом q, движущуюся со скоростью $\vec{v}$ в магнитном поле с индукцией $\vec{B}$, действует **сила Лоренца** $\vec{F}_{Лор}$ величиной $\vec{F}_{Лор} = |q| vB \sin\alpha$, где α — угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$.

Сила Лоренца перпендикулярна векторам $\vec{v}$ и $\vec{B}$, её направление при $q > 0$ определяется правилом правого буравчика, у которого рукоятка вращается от $\vec{v}$ к $\vec{B}$. На рисунке показано направление силы Лоренца при $q > 0$. В случае $q < 0$ сила Лоренца направлена в противоположную сторону.

Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Если скорость заряженной частицы $\vec{v} \perp B$, то частица движется в плоскости, перпендикулярной вектору B. При этом сила Лоренца $\vec{F}_{Лор} \perp \vec{v}$, поэтому меняется направление скорости, но сохраняется её модуль, т. е. движение частицы является равномерным. Отсюда следует, что в однородном поле $\vec{B}$ не меняется модуль $\vec{F}_{Лор}$. Поэтому частица равномерно движется по окружности.

Если скорость заряженной частицы $\vec{v}$ направлена под произвольным углом α ($0 < \alpha < \pi$) к вектору $\vec{B}$, то движение этой частицы в однородном поле $\vec{B}$ является суперпозицией двух движений: прямолинейного движения параллельно $\vec{B}$ с постоянной скоростью $v_{\parallel} = v\cos\alpha$ и вращения по окружности в плоскости, перпендикулярной $\vec{B}$, с постоянной скоростью $v_{\perp} = v\sin\alpha$. Траектория этого движения представляет собой спираль (винтовую линию) с постоянным радиусом и постоянным шагом. Ось этой спирали параллельна вектору $\vec{B}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 12

Что нужно знать	Что нужно уметь
Сила Ампера (стр. 295)	Применять формулу для силы Ампера $F_A = IBl\sin\alpha$ в типовых ситуациях для расчёта физических величин
Сила Лоренца (стр. 296)	Использовать формулу для силы Лоренца $F_{Лор} = \|q\|\upsilon B\sin\alpha$ в типовых ситуациях для расчёта физических величин

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Прямолинейный проводник длиной l с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если силу тока уменьшить в 2 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 4 раза?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Сила Ампера определяется по формуле $F_A = IBl\sin\alpha$. Так как проводник перпендикулярен вектору магнитной индукции, то $\alpha = 90°$ и $\sin\alpha = 1$. При уменьшении силы тока в 2 раза сила Ампера уменьшится в 2 раза, при увеличении индукции магнитного поля в 4 раза сила Ампера увеличится в 4 раза. В итоге сила Ампера увеличится в 2 раза
Задание № 2	Протон и α-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одинаковыми скоростями υ. Определите отношение $\frac{F_p}{F_\alpha}$ модуля силы, действующей со стороны магнитного поля на протон, к модулю силы, действующей на α-частицу в этот момент времени
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Сила Лоренца определяется по формуле $F_{Лор} = \|q\|\upsilon B\sin\alpha$. Так как скорости частиц перпендикулярны вектору магнитной индукции, то $\alpha = 90°$ и $\sin\alpha = 1$. Поскольку скорости частиц одинаковы и частицы влетают в одно и то же магнитное поле, то отношение модулей сил Лоренца будет равно отношению модулей зарядов частиц. Заряд протона в 2 раза меньше заряда α-частицы, поэтому отношение сил Лоренца будет равно 0,5

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

12 1

Прямолинейный проводник длиной L, по которому протекает ток I, помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. На проводник действует сила Ампера, равная 0,2 Н. Какой станет сила Ампера при увеличении силы тока в 2 раза?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 2

Прямолинейный проводник длиной L, по которому протекает ток I, помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. На проводник действует сила Ампера, равная 0,4 Н. Какой станет сила Ампера при уменьшении модуля индукции магнитного поля в 2 раза?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 3

Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 4 раза? (Сила тока и расположение проводника в магнитном поле остаются неизменными.)

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 4

Прямолинейный проводник длиной L, по которому протекает ток I, помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник, если силу тока увеличить в 6 раз, а индукцию магнитного поля уменьшить в 3 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 5

Прямолинейный проводник длиной $l = 0{,}2$ м, по которому течёт ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}1$ Тл и расположен под углом 90° к вектору $\vec{B}$. Какова сила Ампера, действующая на проводник со стороны магнитного поля, если сила тока в проводнике равна 2 А?

Ответ: _____ Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 6

Прямолинейный проводник длиной $l = 0{,}1$ м, по которому течёт ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}4$ Тл и расположен под углом 90° к вектору $\vec{B}$. Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна 0,2 Н?

Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 7 Две частицы с одинаковыми массами и зарядами q и $2q$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями v и $2v$ соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_1}{F_2}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 8 Две частицы с зарядами $q_1 = 2q$ и $q_2 = q$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $v_1 = v$ и $v_2 = 2v$ соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_1}{F_2}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 9 Электрон e и протон p влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $2v$ и v соответственно. Определите отношение $\frac{F_e}{F_p}$ модуля силы, действующей со стороны магнитного поля на электрон, к модулю силы, действующей на протон, в этот момент времени.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 10 Электрон ${}_{-1}^{0}e$ и альфа-частица ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $2v$ и v соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_e}{F_{\mathrm{He}}}$, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

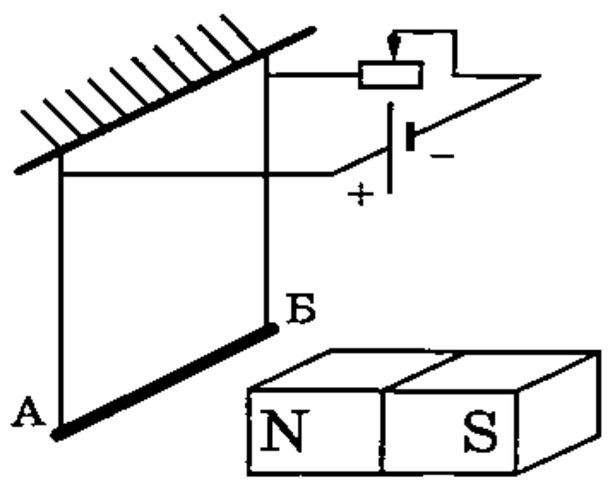
Задания 14 и 15

Что нужно знать	Что нужно уметь
Сила Ампера (стр. 295)	Анализировать процессы, в которых проявляется действие силы Ампера, определять изменения величин, характеризующих процесс. Определять направление силы Ампера
Сила Лоренца (стр. 296)	Анализировать движение заряженных частиц в магнитном поле, определять направление силы Лоренца, описывать изменение физических величин, характеризующих движение частиц

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Медный проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают ***влево***. 1) Как изменяются при этом сопротивление реостата и сила тока в проводнике АБ? 2) Как направлены линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ и сила Ампера, действующая на проводник АБ? 3) Как изменяются при движении ползунка реостата сила Ампера, действующая на проводник АБ, и силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) При движении ползунка реостата влево уменьшается число витков реостата, включённых в электрическую цепь, и, следовательно, его сопротивление уменьшается. Сила тока по закону Ома для полной цепи ($I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$) увеличивается. 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево (от северного полюса магнита). Сила тока в проводнике направлена от А к Б. По правилу левой руки сила Ампера, действующая на проводник АБ, направлена вверх. 3) Так как сила тока в проводнике АБ увеличивается, то и сила Ампера ($F_A = IBl\sin\alpha$) также увеличивается. На проводник АБ вниз действует сила тяжести $m\vec{g}$, а вверх — сила Ампера $\vec{F}_A$ и две силы натяжения проволочек $\vec{T}$. При этом проводник остаётся в покое: $$mg = F_A + 2T.$$ 4) Так как сила тяжести остаётся неизменной, то при увеличении силы Ампера силы натяжения проволочек уменьшаются



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

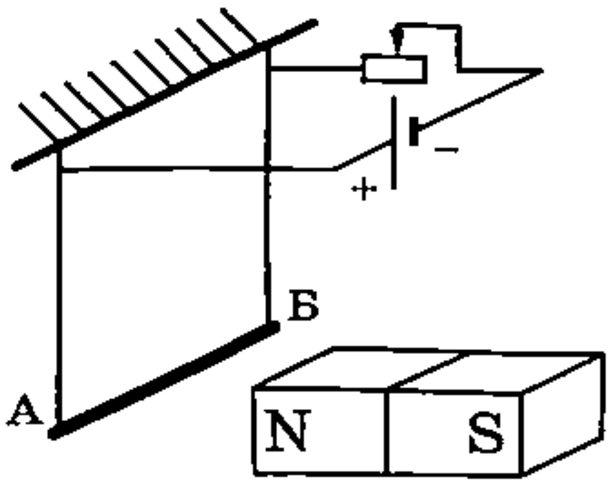
Окончание табл.

№	Задание
Задание № 2	Протон массой m и зарядом q движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля $\vec{B}$ по окружности со скоростью υ. Действием силы тяжести пренебречь. Определите формулы, по которым можно рассчитать 1) модуль силы Лоренца, действующей на протон; 2) радиус окружности, по которой движется протон; 3) период обращения протона по окружности
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Сила Лоренца, действующая на протон в магнитном поле: $F_{Лор} = q\upsilon B$. 2) Запишем второй закон Ньютона для движения протона по окружности под действием силы Лоренца: $\frac{m\upsilon^2}{R} = q\upsilon B$. Отсюда радиус окружности $R = \frac{m\upsilon}{qB}$. 3) Период обращения $T = \frac{2\pi R}{\upsilon}$. Подставив в эту формулу выражение для радиуса окружности, получим $T = \frac{2\pi m}{qB}$

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

14 1

Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают ***вправо***.



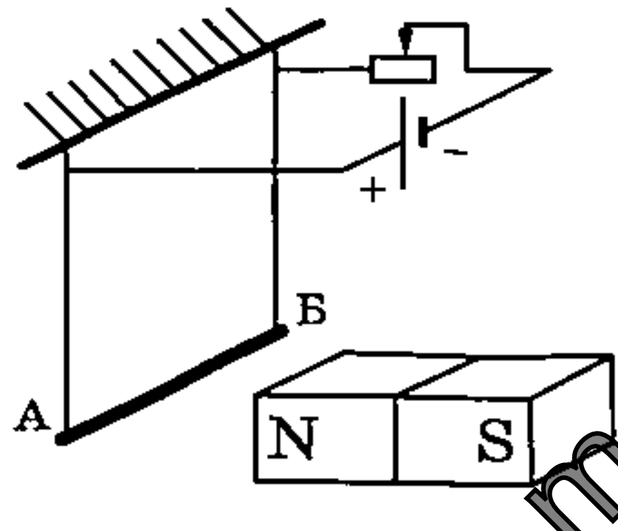
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения.

1) Сопротивление реостата увеличивается.
2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.
5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 2

Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают ***вправо***.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения.

1) Сопротивление реостата уменьшается.
2) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, уменьшается.
3) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

spor25.me

15 3

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся радиус окружности и период обращения протона, если его скорость увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус окружности	Период обращения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 4

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся радиус окружности и период обращения протона, если его скорость уменьшится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус окружности	Период обращения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 5

α-частица движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. После замены магнита по таким же траекториям будут двигаться протоны, обладающие той же скоростью. Как изменятся индукция магнитного поля и модуль силы Лоренца?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Индукция магнитного поля	Модуль силы Лоренца

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 6

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся радиус окружности и частота обращения α-частицы по сравнению с протоном, если в этом же поле будет двигаться по окружности с той же скоростью α-частица?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус окружности	Частота обращения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15 7

α-частица движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение α-частицы и частота её обращения, если уменьшить её кинетическую энергию?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение α-частицы	Частота обращения α-частицы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 8

Протон движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. Если в этом же поле с той же скоростью по окружности будет двигаться α-частица, то как изменятся модуль действующей на неё силы Лоренца и частота её обращения по сравнению с протоном?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы Лоренца	Частота обращения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 9

Протон в однородном магнитном поле между полюсами магнита движется по окружности. В этом же поле по окружности стала двигаться α-частица, обладающая такой же энергией, как и протон. Как изменяются период обращения в магнитном поле и скорость движения α-частицы по сравнению с протоном?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период обращения	Скорость движения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 10

Протон в однородном магнитном поле между полюсами магнита движется по окружности радиусом r. В этом же поле по окружности с таким же радиусом стала двигаться α-частица. Как изменяются частота обращения в магнитном поле и центростремительное ускорение α-частицы по сравнению с протоном?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота обращения	Центростремительное ускорение

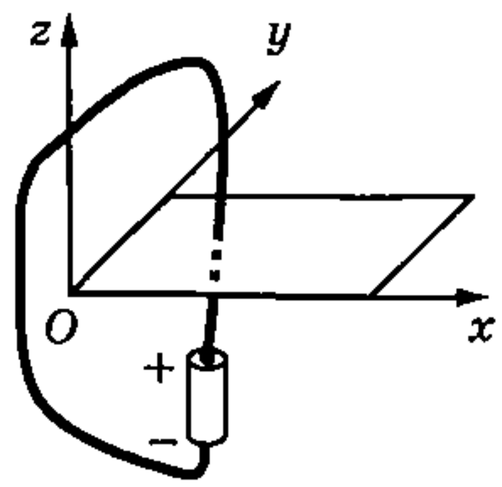
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15
11

При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные вблизи положительного полюса, отрицательные вблизи отрицательного полюса — и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток — магнитное поле. Проводник, подключённый к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске. На рисунках 1–4 при помощи линий поля изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником в плоскости доски (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими линии поля.

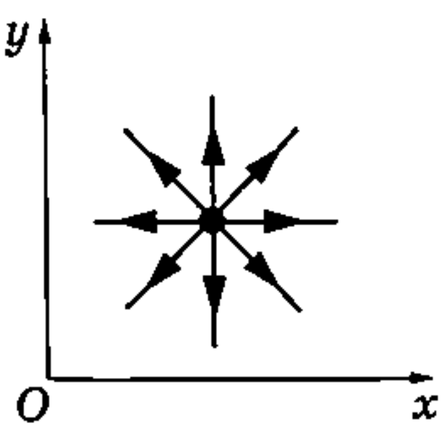


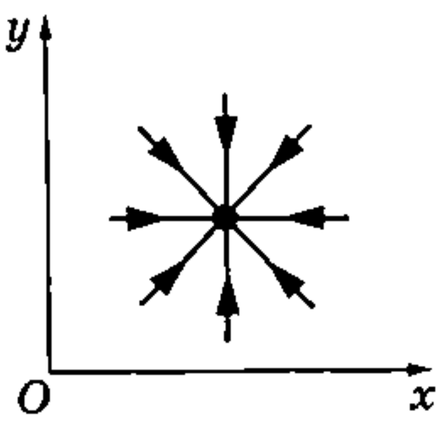
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры.

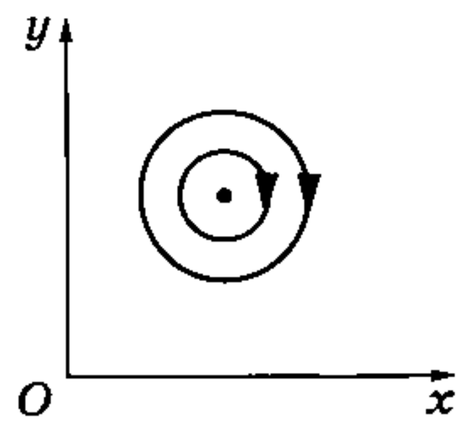
ВИДЫ ПОЛЯ

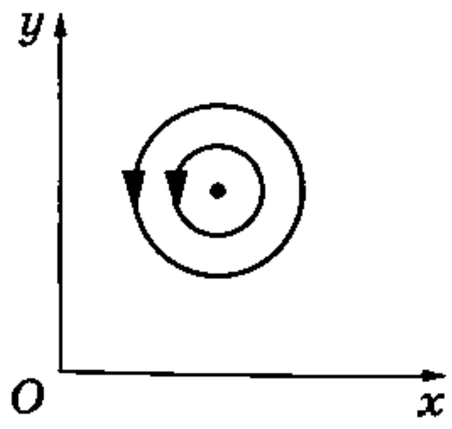
А) электрическое
Б) магнитное

ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИНИЙ ПОЛЯ

1)


2)


3)


4)


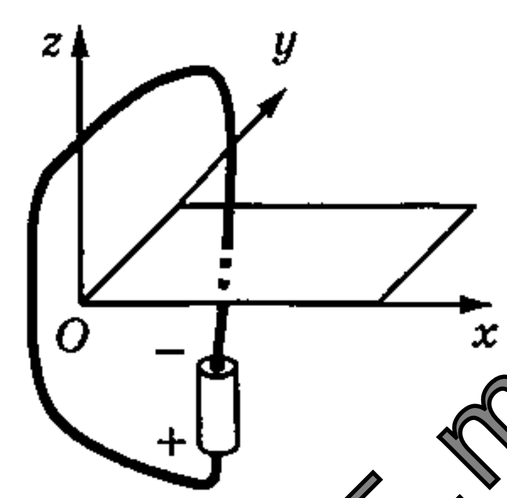
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
12

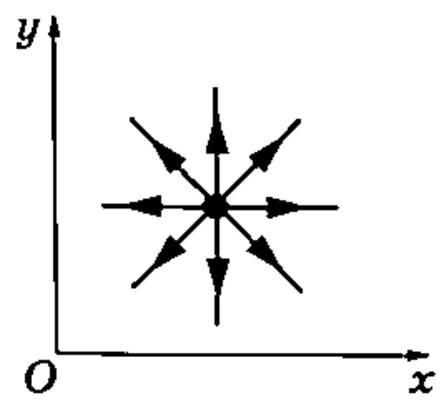
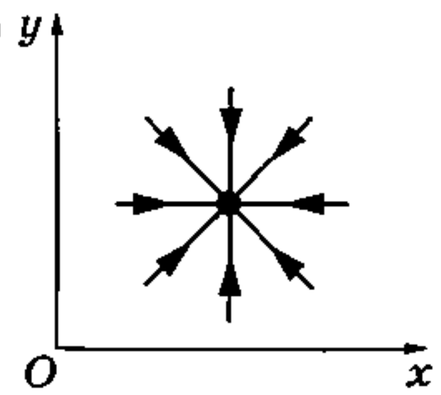
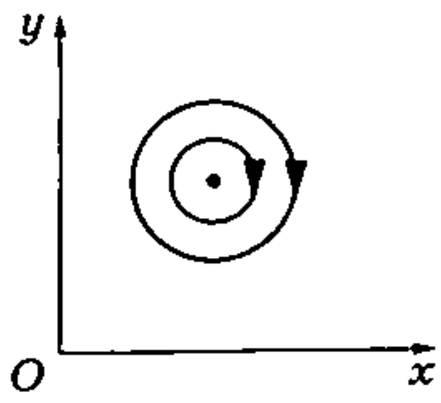
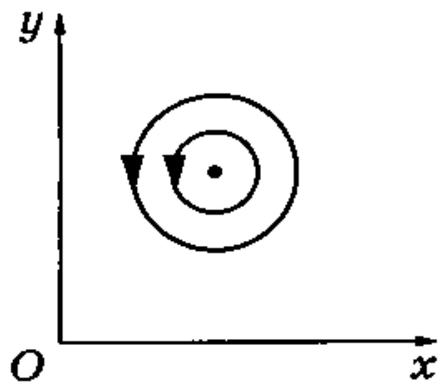
При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные вблизи положительного полюса, отрицательные вблизи отрицательного полюса — и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток — магнитное поле. Проводник, подключённый к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске. На рисунках 1–4 при помощи линий поля изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником в плоскости доски (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими линии поля.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ВИДЫ ПОЛЯ	ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИНИЙ ПОЛЯ
А) электрическое Б) магнитное	1)  2)  3)  4) 

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
13

В первой экспериментальной установке вектор скорости $\vec{v}_0$ заряженной частицы параллелен напряжённости электрического поля $\vec{E}$ (см. рис. 1). Во второй экспериментальной установке заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор скорости $\vec{v}_0$ перпендикулярен индукции магнитного поля $\vec{B}$ (см. рис. 2).

Установите соответствие между экспериментальными установками и траекториями движения частиц в них.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

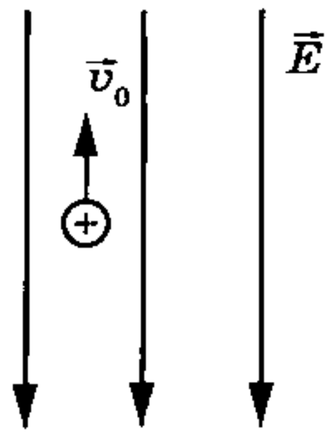


Рис. 1

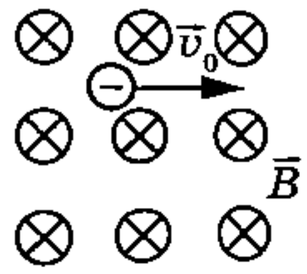


Рис. 2

УСТАНОВКИ	ТРАЕКТОРИИ
А) первая Б) вторая	1) прямая линия 2) окружность 3) спираль 4) парабола

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
14

В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор $\vec{v}_0$ перпендикулярен напряжённости электрического поля $\vec{E}$ (см. рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор $\vec{v}_0$ той же частицы параллелен индукции магнитного поля $\vec{B}$ (см. рис. 2).

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

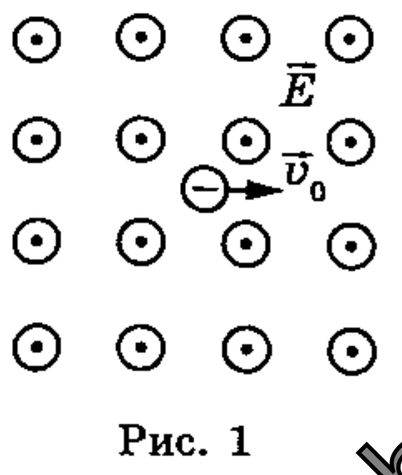


Рис. 1

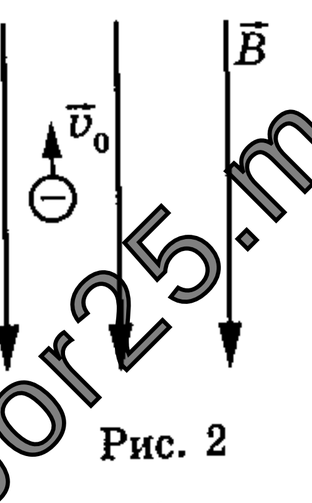


Рис. 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УСТАНОВКИ

А) первая
Б) вторая

ТРАЕКТОРИИ

1) прямая линия
2) окружность
3) спираль
4) парабола

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ»

1 Прямолинейный проводник длиной L, по которому протекает ток I, помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. На проводник действует сила Ампера, равная 0,8 Н. Какой станет сила Ампера при уменьшении модуля индукции магнитного поля в 4 раза и увеличении силы тока в проводнике в 2 раза?

Ответ: _____ Н.

2 Две частицы с зарядами $q_1 = 3q$ и $q_2 = 2q$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $v_1 = 2v$ и $v_2 = v$ соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_1}{F_2}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: _____.

3 Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся центростремительное ускорение и период обращения α-частицы по сравнению с протоном, если она в этом поле будет двигаться по окружности с той же скоростью, что и протон?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение	Период обращения

4 Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся частота обращения и кинетическая энергия α-частицы по сравнению с протоном, если она в этом поле будет двигаться по окружности с той же скоростью, что и протон?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота обращения	Кинетическая энергия частицы

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор скорости $\vec{\upsilon}_0$ перпендикулярен вектору напряжённости поля $\vec{E}$ (см. рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости $\vec{\upsilon}_0$ такой же частицы перпендикулярен индукции магнитного поля $\vec{B}$ (см. рис. 2).

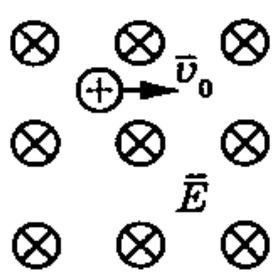


Рис. 1

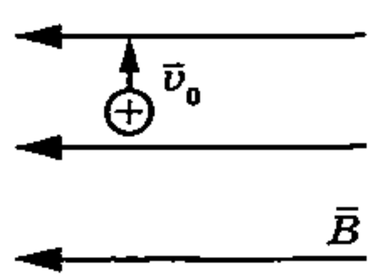


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

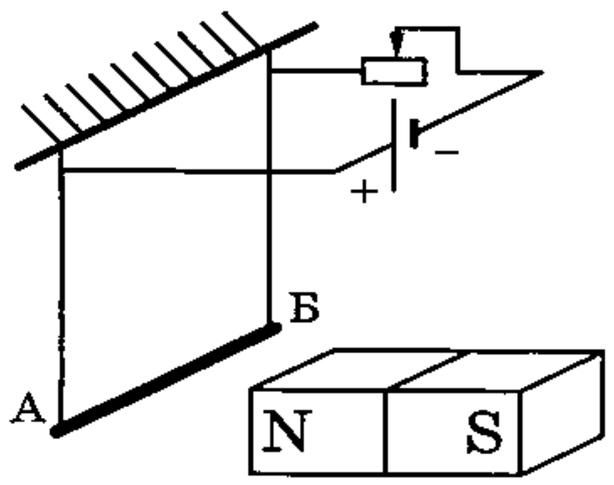
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

УСТАНОВКИ	ТРАЕКТОРИИ
А) первая	1) прямая линия
Б) вторая	2) окружность
	3) спираль
	4) парабола

Ответ:

А	Б

6 Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают ***влево***.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения.

1) Сопротивление реостата увеличивается.
2) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается.
3) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, уменьшается.
5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 25

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

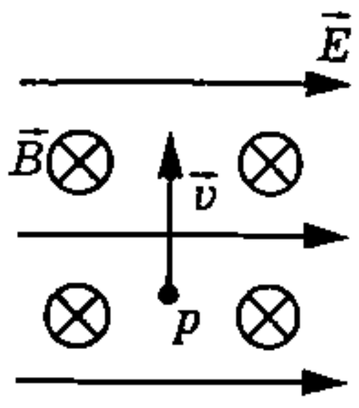
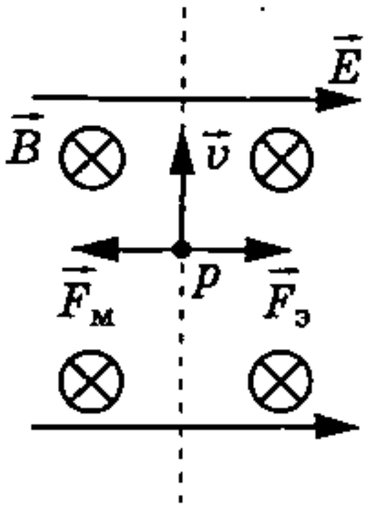
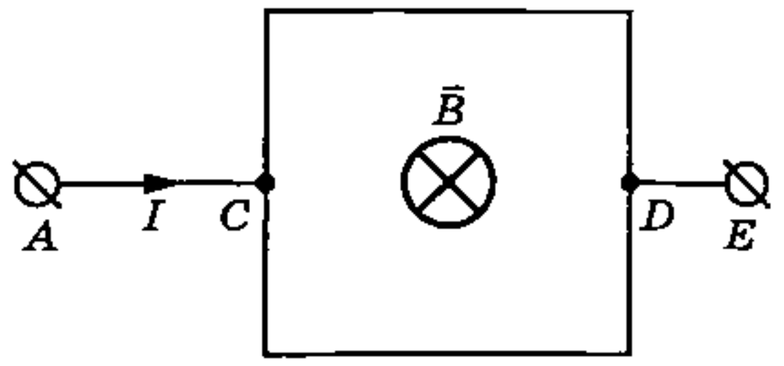
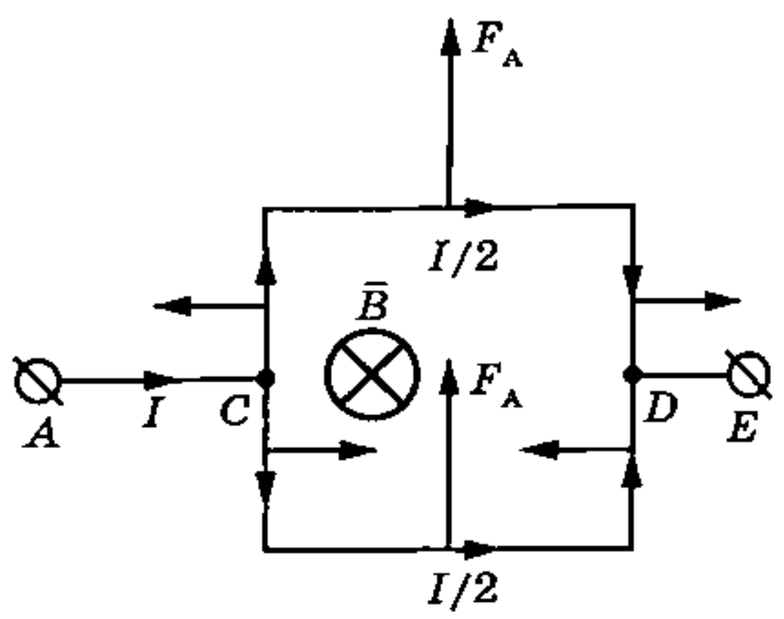
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Медный прямой проводник расположен в однородном магнитном поле, модуль вектора магнитной индукции которого равен 20 мТл. Линии индукции магнитного поля направлены перпендикулярно проводнику. К концам проводника приложено напряжение 8,5 В. Определите площадь поперечного сечения проводника, если сила Ампера, действующая на него, равна 10 Н. Удельное сопротивление меди равно $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м
Возможное решение и ответ к заданию № 1	На проводник длиной l со стороны магнитного поля действует сила Ампера величиной $F = BIl\sin\alpha$, где I — сила тока, протекающего через проводник. По закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$. В свою очередь, сопротивление проводника R определяется формулой $R = \rho\frac{l}{S}$. По условию $\sin\alpha = 1$. В итоге $S = \frac{F\rho}{BU} = \frac{10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}}{0,02 \cdot 8,5} = 1 \cdot 10^{-6}$ м^2 = 1 мм^2. Ответ: S = 1 мм^2
Задание № 2	Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2}$ влетели в однородные магнитные поля перпендикулярно векторам магнитной индукции: первая — в поле с индукцией B_1, вторая — в поле с индукцией B_2. Найдите отношение периодов обращения частиц в магнитных полях $\frac{T_2}{T_1}$, если отношение индукций $\frac{B_2}{B_1} = \frac{1}{4}$
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Заряженная частица, влетающая в однородное магнитное поле перпендикулярно его силовым линиям, под действием силы Лоренца величиной $F_A = qBV\sin 90°$ начинает двигаться по окружности радиуса R. Согласно второму закону Ньютона $ma_ц = F_Л$, где $a_ц = \frac{V^2}{R}$ — центростремительное ускорение частицы, V — скорость её движения. Период обращения частицы в магнитном поле равен $T = \frac{2\pi R}{V}$. В итоге получаем $T = \frac{2\pi m}{qB}$. Составим отношение: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi m_2}{q_2 B_2} \cdot \frac{q_1 B_1}{2\pi m_1} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{B_1}{B_2} = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2$. Ответ: $T_2/T_1 = 2$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 3	В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью $\vec{E}$ и магнитное поле с индукцией $\vec{B}$. Поля однородные, $\vec{E} \perp \vec{B}$. В камеру влетает протон p, вектор скорости которого перпендикулярен $\vec{E}$ и $\vec{B}$, как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если напряжённость электрического поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо. 2. На протон действуют магнитное поле силой $F_м = qvB$ и электрическое поле силой $F_э = qE$. Поскольку заряд протона положительный, сила $\vec{F}_э$ сонаправлена с $\vec{E}$, а по правилу левой руки сила $\vec{F}_м$ направлена противоположно силе $\vec{F}_э$. Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны. 3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил $\vec{F}_м$ и $\vec{F}_э$, а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо 
Задание № 4	Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая будет действовать на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0{,}2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку 
Возможное решение и ответ к заданию № 4	1. В точке C ток I разделится на два одинаковых по силе тока: $I_1 = \frac{I}{2}$, так как сопротивление обеих половин рамки одинаково. 2. На каждый из участков прямого провода будет действовать своя сила Ампера, перпендикулярная направлению тока и вектору магнитной индукции. Направление силы Ампера, действующей на проводник с током, определим по правилу левой руки (см. рисунок). 3. Так как $F_A = I_1 Bl$, где l — длина проводника, то силы, действующие на вертикальные стороны рамки, компенсируют друг друга, а силы, действующие на горизонтальные стороны, складываются, так как они сонаправлены друг другу. 4. Окончательно получим $F = 2F_A = 2 \cdot \frac{I}{2} BL = IBL = 2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}1 = 0{,}04$ Н, где L — длина стороны рамки. Ответ: $F = 0{,}04$ Н 

sbor25.me

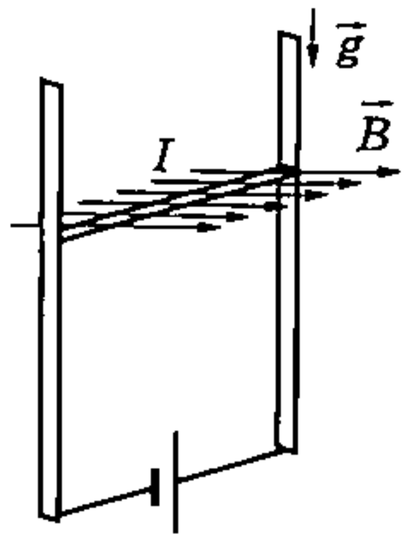
© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 В однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл находится прямолинейный цилиндрический проводник, расположенный в горизонтальной плоскости перпендикулярно линиям индукции поля. Какой ток следует пропустить по проводнику, чтобы сила Ампера уравновесила силу тяжести? Отношение массы проводника к его длине равно 0,03 кг/м.

Ответ: _____ А.

23 2 В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит вниз с ускорением 2 м/с^2 прямой горизонтальный проводник длиной 40 см, по которому течёт ток 5 А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок). Чему равна масса проводника, если известно, что модуль вектора магнитной индукции поля равен 0,2 Тл?

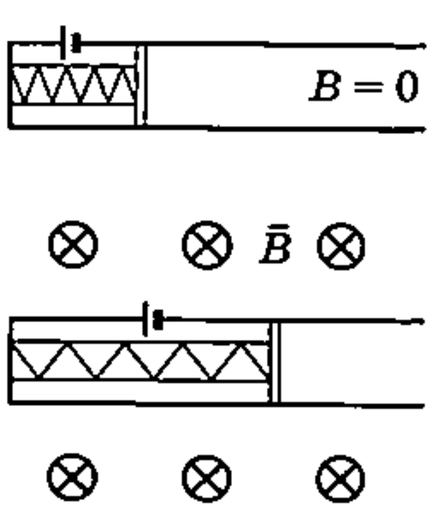


Ответ: _____ кг.

23 3 Прямой проводник длиной 20 см, по которому течёт ток силой 15 А, находится в однородном магнитном поле индукцией 40 мТл. Какую работу совершает сила Ампера при перемещении проводника на 50 см в направлении своего действия, если проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции?

Ответ: _____ Дж.

23 4 Свободно перемещающийся по рамке проводник длиной 15 см с током через изолятор прикреплён к пружине жёсткостью 20 Н/м (см. рисунки). По проводнику течёт ток силой 5 А. При включении однородного магнитного поля, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости рамки, пружина растянулась на 3 см. Определите величину индукции магнитного поля.



Ответ: _____ Тл.

23 5 Стальной прямой проводник с током площадью поперечного сечения 0,2 мм^2 помещён в однородное магнитное поле, модуль вектора магнитной индукции которого равен 0,5 Тл. Чему равна сила Ампера, действующая на проводник, если напряжение на нём 6 В? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали $12 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

Ответ: _____ Н.

23 6 Протон и электрон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями v и $4v$ соответственно. Чему равно отношение модуля силы Лоренца, действующей на протон, к модулю силы Лоренца, действующей на электрон?

Ответ: _____.

23 7 α-частица и протон движутся с одинаковыми по модулю скоростями в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции $\bar{B}$. Определите отношение радиусов окружностей $\frac{R_\alpha}{R_p}$, по которым движутся эти частицы.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 8 Две положительно заряженные частицы, имеющие отношение масс $\frac{m_2}{m_1} = 2$, влетели с одинаковыми скоростями в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найдите отношение зарядов частиц $\frac{q_2}{q_1}$, если отношение радиусов траекторий, по которым движутся частицы, $\frac{R_2}{R_1} = 0,5$.

Ответ: _____.

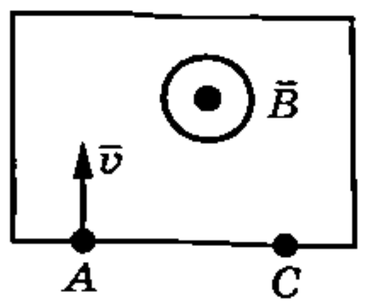
23 9 Две частицы, имеющие отношение зарядов $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{2}$ и отношение масс $\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{4}$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции и движутся по окружностям. Определите отношение периодов обращения этих частиц $\frac{T_1}{T_2}$ в магнитном поле.

Ответ: _____.

23 10 Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{8}$ движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая — в поле с индукцией B_1; вторая — в поле с индукцией B_2. Найдите отношение радиусов траекторий частиц $\frac{R_2}{R_1}$, если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

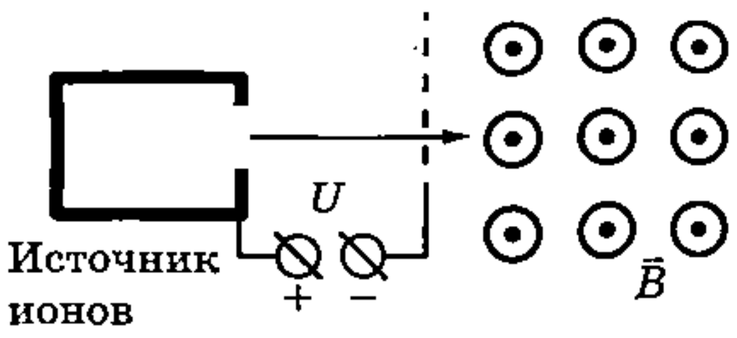
Ответ: _____.

23 11 Пучок протонов попадает в камеру масс-спектрометра через отверстие в точке A со скоростью $\upsilon = 4 \cdot 10^5$ м/с, направленной перпендикулярно стенке AC. В камере создано однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны вектору скорости протонов. Двигаясь в этом поле, протоны попадают на мишень, расположенную в точке C на некотором расстоянии от точки A (см. рисунок). Определите расстояние AC, если индукция магнитного поля B равна 167 мТл. Ответ в миллиметрах округлите до целых.

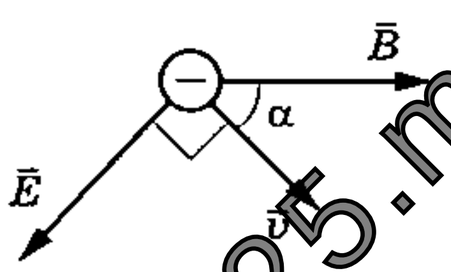


Ответ: _____ мм.

25 12 Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции $\vec{B}$ (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебречь.



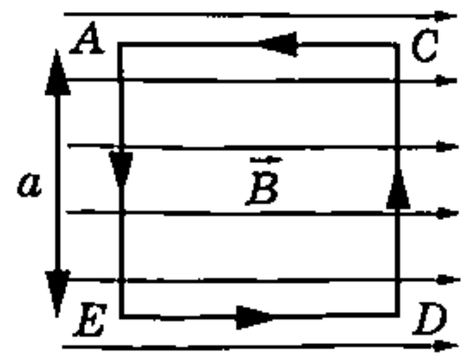
25 13 Точечный отрицательный заряд $q = -1,5 \cdot 10^{-12}$ Кл движется в однородных электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля $E = 1200$ В/м; индукция магнитного поля $B = 0,03$ Тл. В некоторый момент времени скорость заряда равна по величине $\upsilon = 10^5$ м/с и лежит в плоскости векторов $\vec{B}$ и $\vec{E}$, при этом вектор $\vec{\upsilon}$ перпендикулярен вектору $\vec{E}$ и составляет с вектором $\vec{B}$ угол $\alpha = 45°$. Найдите величину результирующей силы, действующей на заряд со стороны электромагнитного поля в этот момент времени.



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

25
14

На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит жёсткая рамка массой m из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата $ACDE$ со стороной a (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции $\vec{B}$ которого перпендикулярен сторонам AE и CD и равен по модулю B. По рамке течёт ток в направлении, указанном стрелками (см. рисунок). При какой минимальной силе тока рамка начнёт поворачиваться вокруг стороны CD?



ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ»

1 С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией 2,5 Тл на прямой проводник длиной 50 см, расположенный под углом 30° к вектору индукции, при силе тока в проводнике 0,5 А?

Ответ: _____ Н.

2 Прямой участок проводника расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору $\vec{B}$ магнитной индукции; B = 50 мТл. Сила электрического тока, протекающего по проводнику, равна 10 А. При перемещении проводника на 8 см в направлении действия силы Ампера поле совершает работу 0,004 Дж. Чему равна длина участка проводника?

Ответ: _____ м.

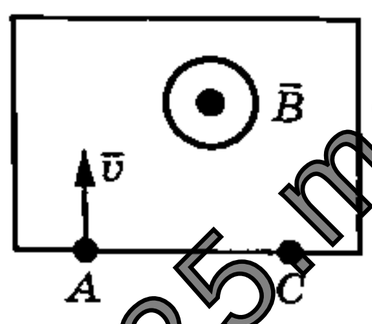
3 Прямолинейный проводник подвешен горизонтально на двух проводящих нитях в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Вектор магнитной индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. Во сколько раз изменится сила натяжения нитей при изменении направления тока в проводнике на противоположное? Отношение массы проводника к его длине равно 0,01 кг/м, сила тока в проводнике 5 А.

Ответ: в _____ раз(а).

4 Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_2}{m_1} = 2$ влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны их скорости: первая — в поле с индукцией $\vec{B}_1$, вторая — в поле с индукцией $\vec{B}_2$. Найдите отношение кинетических энергий частиц $\frac{W_2}{W_1}$, если радиус их траекторий одинаков, а отношение индукций $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

Ответ: _____.

5 Пучок ионов попадает в камеру масс-спектрометра через отверстие в точке A со скоростью $v = 3 \cdot 10^4$ м/с, направленной перпендикулярно стенке AC. В камере создано однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны вектору скорости ионов. Двигаясь в этом поле, ионы попадают на мишень, расположенную в точке C на расстоянии 18 см от точки A (см. рисунок). Чему равна индукция магнитного поля B, если отношение массы иона к его заряду $\frac{m}{q} = 6 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл?

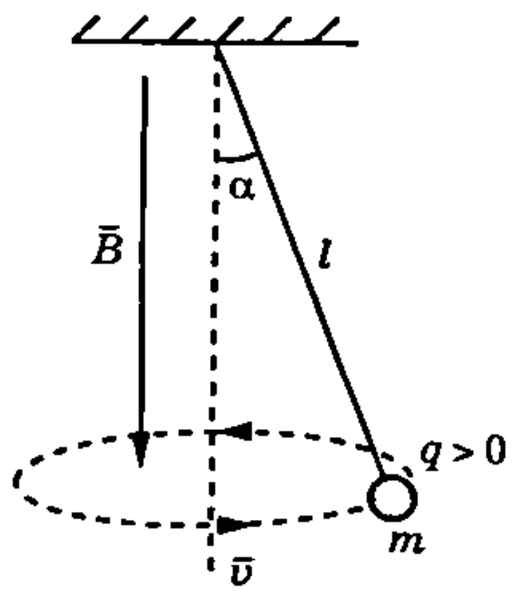


Ответ: _____ Тл.

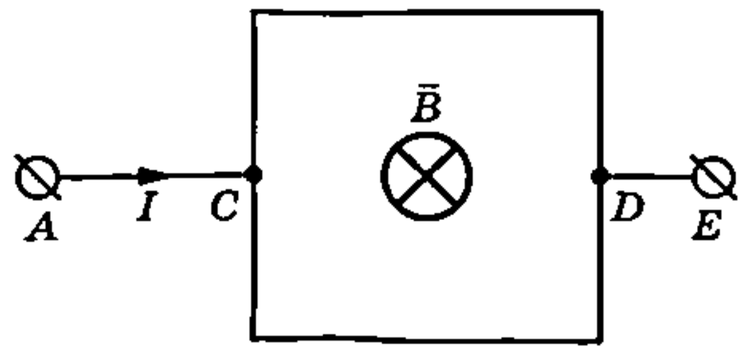
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

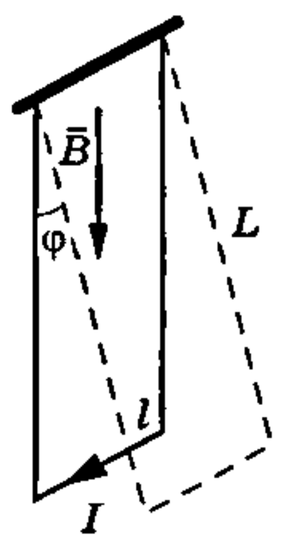
6 В однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$, направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки положительно заряженный шарик, подвешенный на лёгкой шёлковой нити длиной l (конический маятник) (см. рисунок). Угол отклонения нити от вертикали равен α, скорость вращения шарика равна v. Найдите отношение заряда шарика к его массе $\frac{q}{m}$ (удельный заряд). Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



7 Квадратная рамка со стороной $l = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. В однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки, результирующая сила Ампера, действующая на рамку, $F = 80$ мН. Определите модуль вектора индукции магнитного поля B. Сделайте рисунок с указанием сил Ампера, действующих на все стороны рамки.



8 Металлический стержень длиной $l = 0{,}1$ м и массой $m = 10$ г, подвешенный на двух параллельных проводящих нитях длиной $L = 1$ м, располагается горизонтально в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}1$ Тл, как показано на рисунке. Вектор магнитной индукции направлен вертикально. Какую максимальную скорость приобретёт стержень, если по нему пропустить ток силой 10 А в течение 0,1 с? Угол φ отклонения нитей от вертикали за время протекания тока мал.

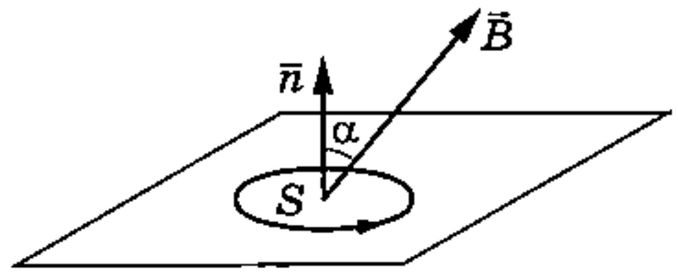


© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

ТЕМА 11. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Выберем на плоскости площадку S. Её граница представляет собой замкнутую кривую. На кривой выберем положительное направление обхода. По правилу правого буравчика, вращая его рукоятку в этом направлении, выберем одно из двух возможных направлений нормали $\vec{n}$ к площадке (см. рисунок). Пусть вектор B индукции однородного магнитного поля образует с нормалью $\vec{n}$ угол α.



Тогда **поток вектора магнитной индукции** (магнитный поток) через площадку S равен

$$\Phi = B_n S = BS\cos\alpha.$$

Если магнитное поле неоднородно или площадка S не плоская, площадку S делят на малые части, в пределах которых площадку уже можно считать плоской, а поле — однородным с приемлемой для решения задачи точностью. Магнитный поток через площадку S в этом случае равен сумме вкладов от всех её частей.

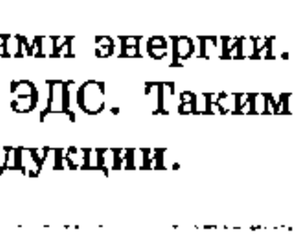
Явление электромагнитной индукции заключается в том, что в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через ограниченную им площадку возникает электрический ток, называемый индукционным током.

В цепи с отличным от нуля сопротивлением протекание тока происходит с потерями энергии. Значит, эти потери должны компенсироваться работой сторонних сил в источнике ЭДС. Таким образом, явление электромагнитной индукции указывает на наличие в цепи **ЭДС индукции**.

Закон электромагнитной индукции Фарадея: если магнитный поток Ф через площадку S меняется с течением времени, то в контуре, ограничивающем площадку, существует ЭДС индукции

$$\mathscr{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\bigg|_{\Delta t\to 0} = -\Phi'_t.$$

ЭДС индукции в прямом проводнике длиной l, движущемся со скоростью $\vec{v}$ в однородном магнитном поле $\vec{B}$: пусть $\vec{l} \perp \vec{B}$, $\vec{v} \perp \vec{B}$, угол между проводником и его скоростью равен α. Тогда модуль ЭДС индукции в проводнике



$$|\mathscr{E}_i| = Blv\sin\alpha.$$

Правило Ленца: магнитное поле индукционного тока в контуре препятствует изменению магнитного потока, из-за которого возник индукционный ток.

Из принципа суперпозиции для магнитного поля следует, что модуль индукции магнитного поля, создаваемого проводником с током в данной точке пространства, при любой форме проводника пропорционален силе тока: $B \sim I$. Тогда из определения магнитного потока через площадку, ограниченную проводником, получаем, что и $\Phi \sim I$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Это позволяет ввести **индуктивность** — коэффициент пропорциональности между током в проводнике и магнитным потоком через площадку, ограниченную этим проводником:

$$\Phi = LI,$$

где $L = \dfrac{\Phi}{I}$ — индуктивность проводника, зависящая от его размеров и формы, но не зависящая от протекающего тока.

При изменении тока в проводнике меняется магнитный поток через площадку, ограниченную проводником, что приводит к появлению индукционного тока в цепи, как и в случае явления электромагнитной индукции. Но теперь причиной появления индукционного тока является изменение магнитного потока не внешнего поля, а поля, создаваемого самим проводником с током. Поэтому появление индукционного тока в проводнике в данном случае носит название явления **самоиндукции.**

Если размеры и форма проводника не меняются (т. е. L = const), то для **ЭДС самоиндукции** из закона Фарадея получаем

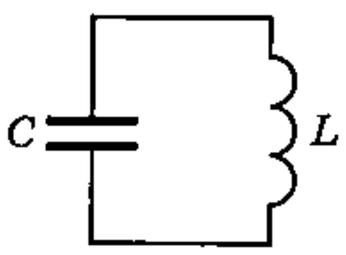
$$\mathscr{E}_{si} = -L\left.\frac{\Delta I}{\Delta t}\right|_{\Delta t \to 0} = -LI'_t.$$

Энергия магнитного поля катушки с током:

$$W_L = \frac{LI^2}{2},$$

где L — индуктивность катушки, I — сила тока в катушке.

Колебательный контур в простейшем случае состоит из соединённых друг с другом конденсатора и катушки индуктивности (см. рисунок). Если можно пренебречь активным электрическим сопротивлением проводов и катушки, то потери энергии в контуре отсутствуют и контур является идеальным.



Свободные (или собственные) электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре описываются уравнением

$$-LI'_t = \frac{q}{C}, \qquad (1)$$

которое представляет собой закон Ома для полной цепи применительно к данному случаю: $\mathscr{E}_{si} = U_C$.

Решение этого уравнения представляет собой гармонические колебания и описывается следующими выражениями для заряда q одной из обкладок конденсатора и силы тока I в контуре:

$$\begin{cases} q(t) = q_{\max}\sin(\omega t + \varphi_0), \\ I(t) = q'_t = \omega q_{\max}\cos(\omega t + \varphi_0) = I_{\max}\cos(\omega t + \varphi_0). \end{cases}$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Из уравнения (1) следует, что циклическая частота свободных колебаний $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$, откуда следует, что:

Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном контуре равен $\boxed{T = 2\pi\sqrt{LC}}$ **(формула Томсона).**

Из определения силы тока $I(t) = q'_t$ и вида зависимости $q(t)$ следует **связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока в колебательном контуре:**

$$q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega}.$$

В ходе электромагнитных колебаний в идеальном контуре энергия электрического поля конденсатора и энергия магнитного поля катушки индуктивности зависят от времени следующим образом:

$$W_C(t) = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2(t)}{2C} = \frac{q_{max}^2}{2C} \cdot \sin^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{q_{max}^2}{2C} \cdot \frac{1 - \cos 2(\omega t + \varphi_0)}{2};$$

$$W_L(t) = \frac{LI^2(t)}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2} \cdot \cos^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{LI_{max}^2}{2} \cdot \frac{1 + \cos 2(\omega t + \varphi_0)}{2}.$$

Отсюда видно, что энергия электрического поля конденсатора и энергия магнитного поля катушки колеблются с частотой 2ω, т. е. частота колебаний энергии катушки или конденсатора **вдвое выше** частоты колебаний заряда конденсатора или силы тока. Соответственно, период колебаний энергии катушки или конденсатора **вдвое короче** периода колебаний заряда конденсатора или силы тока. Это соотношение периодов и частот колебаний исходных величин, с одной стороны, и связанных с ними значений энергии, с другой стороны, справедливо для гармонических колебаний любой природы.

Учитывая, что $I_{max} = \omega q_{max}$, а $\omega^2 = 1 / LC$, получим, что

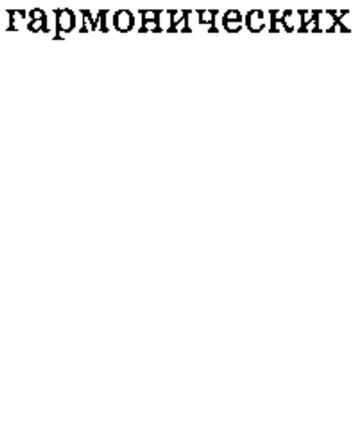
$$\max W_C = \frac{q_{max}^2}{2C} = \frac{CU_{max}^2}{2} = \max W_L = \frac{LI_{max}^2}{2}.$$

Складывая $W_C(t)$ и $W_L(t)$, обнаруживаем, что в идеальном колебательном контуре выполняется **закон сохранения энергии:**

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{max}^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2} = \text{const}.$$

Это естественно, потому что в идеальном контуре нет потерь энергии на тепловыделение.

В реальном контуре из-за сопротивления проводов и активного сопротивления катушки индуктивности происходит потеря энергии электромагнитных колебаний и их затухание. Если этот контур с сопротивлением R и с циклической частотой свободных колебаний ω подключить к источнику переменной ЭДС $\mathscr{E}(t)$ с циклической частотой Ω (величина Ω может быть задана извне произвольно), то в контуре возникают как свободные, так и **вынужденные электромагнитные колебания.** Через некоторое время свободные колебания затухнут и будут наблюдаться только вынужденные колебания с частотой Ω переменной ЭДС.



При сближении частоты свободных колебаний ω с циклической частотой Ω внешней ЭДС наблюдается **явление резонанса** — увеличение амплитуды вынужденных электромагнитных колебаний в контуре при неизменной амплитуде ЭДС $\mathscr{E}(t)$. Чем меньше активное сопротивление

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

контура, тем больше амплитуда силы тока в контуре при резонансе при одной и той же амплитуде внешней ЭДС.

Промышленный **переменный** ток обычно представляет собой гармонические колебания: $I(t) = I_{max}\cos(\omega t + \varphi_0)$. Такой переменный ток создаётся, например, благодаря явлению электромагнитной индукции в проводящем витке при его равномерном вращении в однородном магнитном поле. При передаче электроэнергии от электростанции к потребителю важно уменьшить потери электроэнергии в проводах из-за тепловыделения. Поэтому при неизменной мощности $P = IU$, подводимой к линии электропередачи, необходимо уменьшить тепловую мощность, выделяемую на проводах: $P_Q = I^2R$, где R — сопротивление проводов. Значит, нужно уменьшить силу тока I, увеличив при этом во столько же раз напряжение U. При заданных значениях R и P это достигается за счёт повышения переменного напряжения U с помощью трансформатора. На выходе линии электропередачи переменное напряжение понижают с помощью другого трансформатора до значений, необходимых потребителю.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 12

Что нужно знать	Что нужно уметь
Поток вектора магнитной индукции, закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током (стр. 314, 315)	Использовать формулы для расчёта потока вектора магнитной индукции, индуктивности, энергии магнитного поля катушки с током и закон электромагнитной индукции Фарадея для вычисления различных физических величин

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

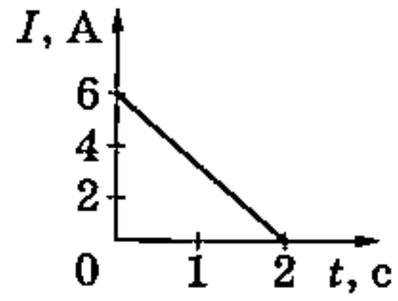
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью 0,4 м^2 под углом 30° к её поверхности, создавая магнитный поток, равный 0,05 Вб. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Магнитный поток $\Phi = BS\cos\alpha$, где $\alpha = 90° - 30° = 60°$. Следовательно, $$B = \frac{\Phi}{S\cos\alpha} = \frac{0,05}{0,4 \cdot 0,5} = 0,25 \text{ Тл}.$$ Ответ: 0,25 Тл
Задание № 2	В опыте по наблюдению электромагнитной индукции квадратная рамка из одного витка тонкого провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля равномерно возрастает от 0 до максимального значения B_{max} за время T. При этом в рамке возбуждается ЭДС индукции, равная 9 мВ. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке, если T увеличить в 3 раза, а B_{max} уменьшить в 3 раза
Возможное решение и ответ к заданию № 2	По закону Фарадея ЭДС индукции $$\mathscr{E} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta B_n \cdot S}{\Delta t}\right|.$$ Если T увеличить в 3 раза, а B_{max} уменьшить в 3 раза, то $\frac{\Delta B_n}{\Delta t}$ уменьшится в 9 раз и ЭДС станет равной 1 мВ. Ответ: 1 мВ

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Задание № 3	Индуктивность проводящего кольца равна 2 мкГн. 1) При какой силе тока в кольце магнитный поток через поверхность, ограниченную кольцом, равен 8 мкВб? 2) Определите энергию магнитного поля кольца, если сила тока в кольце составляет 5 А. 3) На графике показано, как меняется со временем сила тока в кольце. Определите ЭДС самоиндукции 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) Магнитный поток $\Phi = LI$. Следовательно, сила тока $I = \frac{\Phi}{L} = 4$ А. Ответ: 4 А. 2) Энергия магнитного поля кольца $W_L = \frac{LI^2}{2} = 25$ мкДж. Ответ: 25 мкДж. 3) ЭДС самоиндукции $\mathscr{E}_{si} = \left\lvert\frac{L\Delta I}{\Delta t}\right\rvert = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6}{2} = 6$ мкВ. Ответ: 6 мкВ

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

12 1 Чему равен магнитный поток через площадку площадью 0,3 м², созданный однородным магнитным полем с индукцией 0,2 Тл? Площадка расположена перпендикулярно вектору магнитной индукции.

Ответ: _____ Вб.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 2 Какова площадь рамки, если однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл создаёт магнитный поток через эту рамку, равный 0,04 Вб? Рамка расположена перпендикулярно вектору магнитной индукции.

Ответ: _____ м².

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 3 Однородное магнитное поле, линии индукции которого пронизывают рамку площадью 0,5 м² под углом 30° к её поверхности, создаёт магнитный поток через рамку, равный 0,2 Вб. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

Ответ: _____ Тл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 4 Однородное магнитное поле, линии индукции которого пронизывают рамку площадью 0,6 м² под углом 30° к её поверхности, создаёт магнитный поток через рамку, равный 0,3 Вб. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

Ответ: _____ Тл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 5

Плоская проволочная рамка площадью $2 \cdot 10^{-3}$ м^2 вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, совпадающей с одной из сторон рамки и перпендикулярной вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону $\Phi = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \cos 10\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равен модуль магнитной индукции?

Ответ: _____ мТл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 6

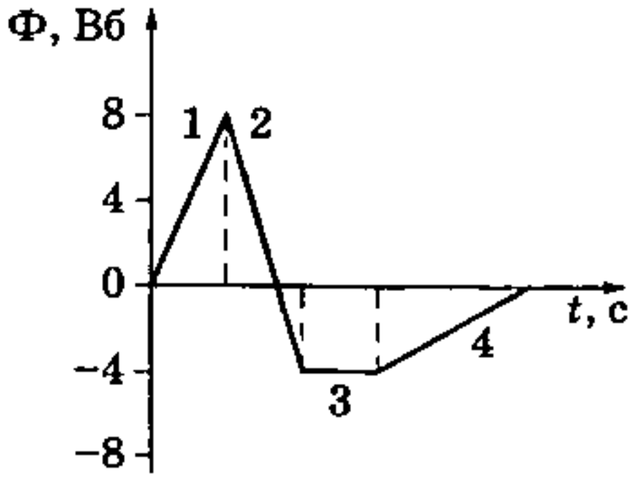
Проволочная рамка вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, совпадающей с одной из сторон рамки и перпендикулярной вектору магнитной индукции. Модуль магнитной индукции равен 2 мТл. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, меняется по закону $\Phi = 3 \cdot 10^{-6} \cdot \cos 5\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равна площадь рамки?

Ответ: _____ см^2.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 7

На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего контур, от времени. На каком из участков графика (1, 2, 3 или 4) в контуре возникает максимальная по модулю ЭДС индукции?

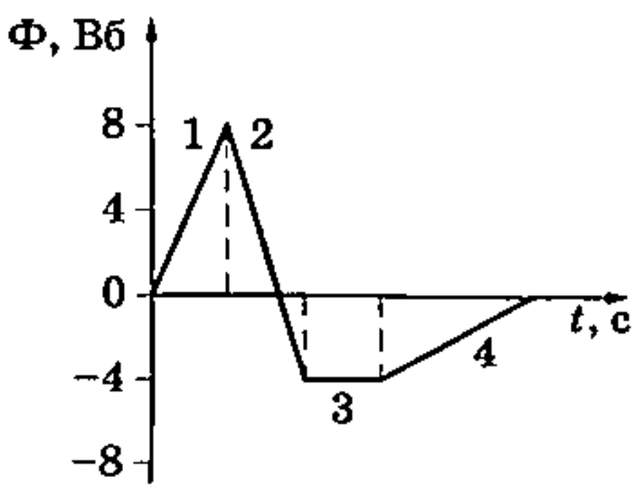


Ответ: на участке _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 8

На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего контур, от времени. На каком из участков графика (1, 2, 3 или 4) ЭДС индукции в контуре равна нулю?



Ответ: на участке _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 9

За $\Delta t = 3$ с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от 15 мВб до нуля. Определите ЭДС, которая генерируется при этом в рамке.

Ответ: _____ мВ.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 10

За $\Delta t = 2$ с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения Ф до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 2 мВ. Определите начальный магнитный поток Ф через рамку.

Ответ: _____ мВб.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 11

В опыте по наблюдению электромагнитной индукции квадратная рамка из одного витка тонкого провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля равномерно возрастает от 0 до максимального значения $B_{макс}$ за время T. При этом в рамке генерируется ЭДС индукции, равная 8 мВ. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке, если T увеличить в 2 раза, а $B_{макс}$ в 2 раза уменьшить.

Ответ: _____ мВ.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

12 25 В проводнике индуктивностью 5 мГн сила тока в течение 0,2 с равномерно возрастает с 2 А до какого-то конечного значения. При этом в проводнике возникает ЭДС самоиндукции 0,2 В. Определите конечное значение силы тока в проводнике.

Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 26 В проводнике индуктивностью 3 мГн сила тока в течение 0,4 с равномерно возрастает с некоторого значения до 10 А. При этом в проводнике возникает ЭДС самоиндукции 0,03 В. Определите начальное значение силы тока в проводнике.

Ответ: _____ А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 27 Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью $2 \cdot 10^{-4}$ Гн при силе тока в ней 3 А.

Ответ: _____ мДж.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 28 Чему равна индуктивность катушки, если при силе тока 4 А энергия её магнитного поля равна 0,01 Дж?

Ответ: _____ мГн.

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 29 Индуктивность катушки увеличили в 2 раза, а силу тока в ней уменьшили в 2 раза. Во сколько раз при этом уменьшилась энергия магнитного поля катушки?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

12 30 Индуктивность катушки и силу тока в ней увеличили в 2 раза. Во сколько раз увеличилась при этом энергия магнитного поля катушки?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

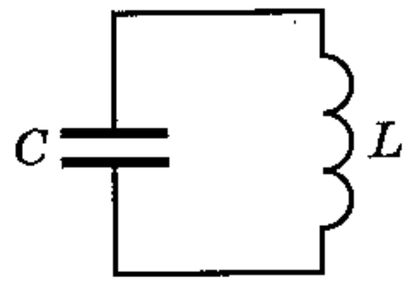
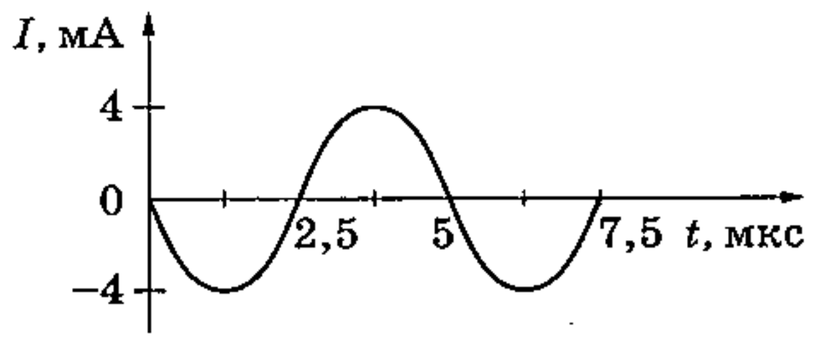
sbor25.me

ЗАДАНИЕ 13

Что нужно знать	Что нужно уметь
Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре. Формула Томсона (стр. 315, 316)	Сравнивать периоды и частоты электромагнитных колебаний в колебательном контуре, используя формулу Томсона. По графикам зависимости силы тока в колебательном контуре от времени или напряжения на обкладках конденсатора от времени определять период и частоту их колебаний, а также определять период колебаний энергии магнитного поля катушки и электрического поля конденсатора

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку ниже таблицы, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos\omega t$, где $U_0 = 4$ В, $\omega = 4\pi \cdot 10^5$ с$^{-1}$. 1) Определите период колебаний силы тока в контуре. 2) Изобразите график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, если амплитуда колебаний силы тока равна 4 мА. 3) Во сколько раз изменится период колебаний в контуре, если индуктивность катушки увеличить в 4 раза? 4) Электроёмкость конденсатора колебательного контура уменьшили в 4 раза. Какова будет частота колебаний в новом контуре? 5) Каков период колебаний энергии магнитного поля катушки с током в исходном контуре? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Циклическая частота ω по условию равна $4\pi \cdot 10^5$ с$^{-1}$. Следовательно, период $$T = \frac{2\pi}{\omega} = 5 \text{ мкс}.$$ Ответ: 5 мкс. 2) Сила тока в контуре будет меняться по закону $I = I_0 \sin(\omega t + \pi)$, где $I_0 = 4$ мА, период $T = 5$ мкс. Ответ: 5 мкс.  3) При увеличении индуктивности катушки в 4 раза период колебаний по формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ увеличится в 2 раза. Ответ: в 2 раза. 4) При уменьшении ёмкости конденсатора в 4 раза период уменьшится в 2 раза и станет равным 2,5 мкс. Частота колебаний $\nu = \frac{1}{T} = 4 \cdot 10^5$ Гц. Ответ: $4 \cdot 10^5$ Гц. 5) Период колебаний энергии магнитного поля катушки с током в 2 раза меньше периода собственных колебаний в контуре и равен 2,5 мкс. Ответ: 2,5 мкс

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

13 1 Конденсатор, заряженный до разности потенциалов U, в первый раз подключили к катушке с индуктивностью L, а во второй — к катушке с индуктивностью $4L$. Каково отношение периодов колебаний энергии конденсатора $\frac{T_2}{T_1}$ в этих двух случаях? Потерями энергии в контуре пренебречь.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 2 Конденсатор, заряженный до разности потенциалов U, в первый раз подключили к катушке с индуктивностью $9L$, а во второй — к катушке с индуктивностью L. Каково отношение частот колебаний энергии конденсатора $\frac{\nu_2}{\nu_1}$ в этих двух случаях? Потерями энергии в контуре пренебречь.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 3 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L. Во сколько раз уменьшится частота свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроёмкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

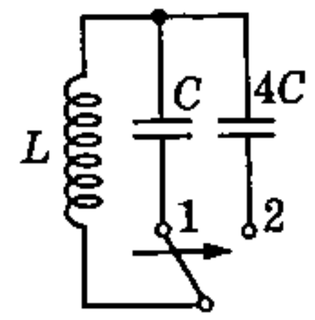
БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 4 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L. Во сколько раз увеличится период собственных электромагнитных колебаний в этом контуре, если его индуктивность увеличить в 10 раз, а ёмкость уменьшить в 2,5 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

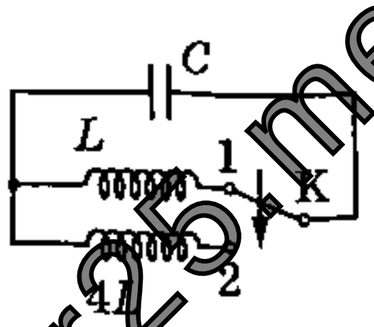
13 5 Если ключ К находится в положении 1, то период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок) равен 3 мс. Каким станет период собственных электромагнитных колебаний в контуре, если ключ перевести из положения 1 в положение 2?



Ответ: _____ мс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 6 Если ключ К находится в положении 1, то частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок) равна 4 кГц. Какой станет частота собственных электромагнитных колебаний в контуре, если ключ перевести из положения 1 в положение 2?



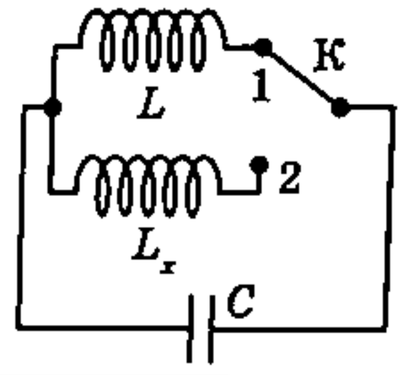
Ответ: _____ кГц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sdo25.me

13 7

При переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в 3 раза. Во сколько раз индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок) больше L?

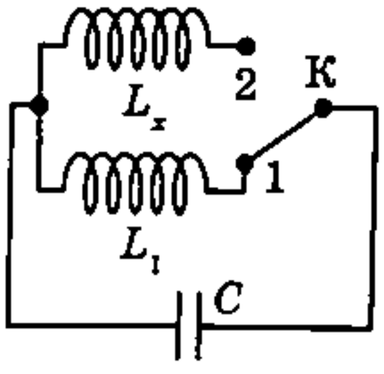


Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 8

При переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшился в 2 раза. Во сколько раз индуктивность L_1 катушки в контуре (см. рисунок) больше L_x?

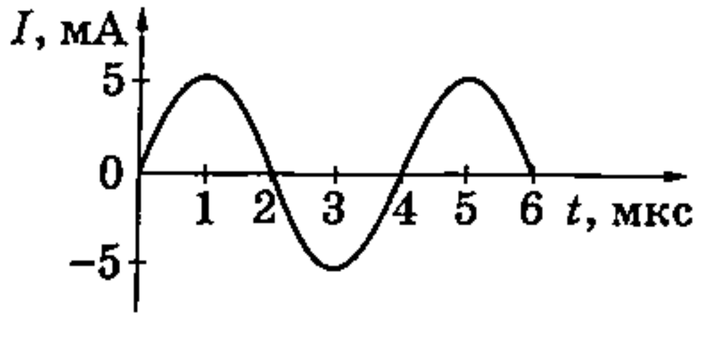


Ответ: в _____ раз(а).

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 9

На рисунке приведена зависимость силы тока от времени в колебательном контуре. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза больше?

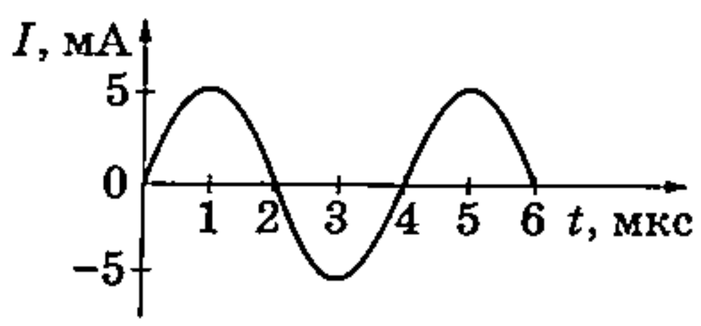


Ответ: _____ мкс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 10

На рисунке приведён график зависимости силы тока I от времени t при свободных электромагнитных колебаниях в колебательном контуре. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, ёмкость которого в 4 раза меньше?

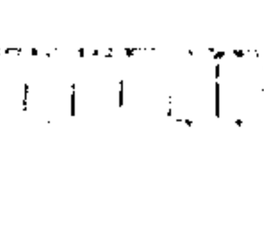


Ответ: _____ мкс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 11

В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_c = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 5$ В, $\omega = 1000\pi$ с$^{-1}$. Определите период колебаний напряжения на конденсаторе.

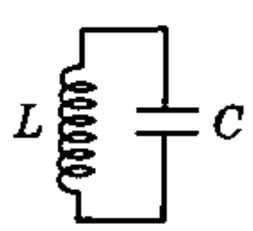


Ответ: _____ с.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 12

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_c = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 3$ В, $\omega = \pi \cdot 10^6$ с$^{-1}$. Определите период колебаний силы тока в контуре.



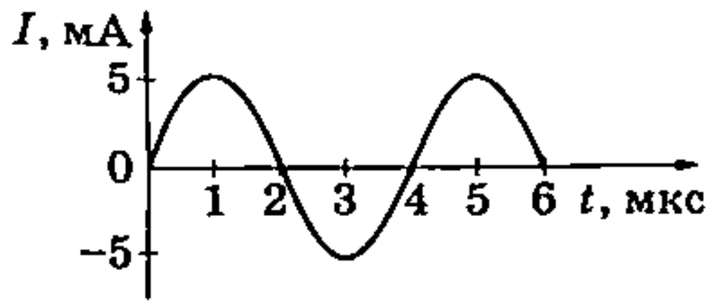
Ответ: _____ мкс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

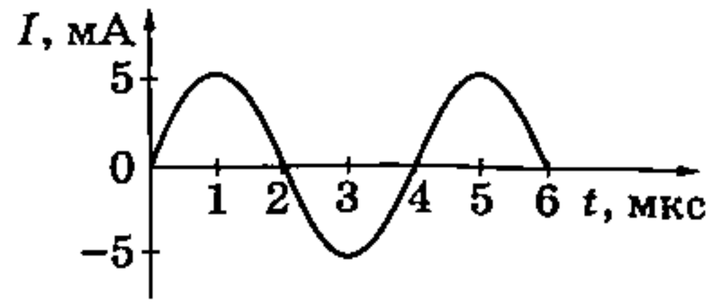
13 13 На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в идеальном колебательном контуре. Сколько раз энергия катушки достигает максимального значения в течение первых 6 мкс после начала отсчёта?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

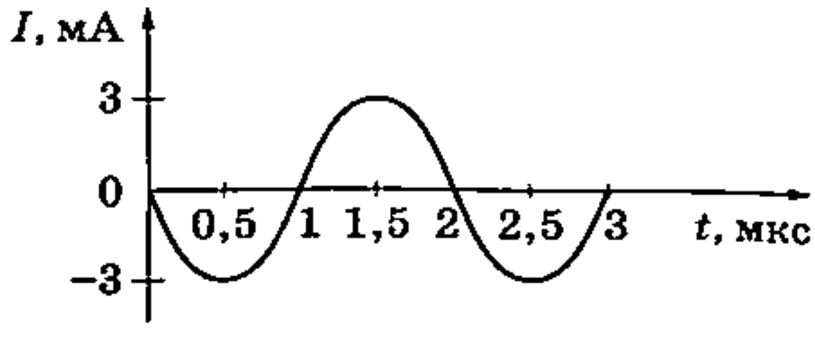
13 14 На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. Сколько раз энергия электрического поля конденсатора достигает минимального значения в течение первых 4 мкс после начала отсчёта?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

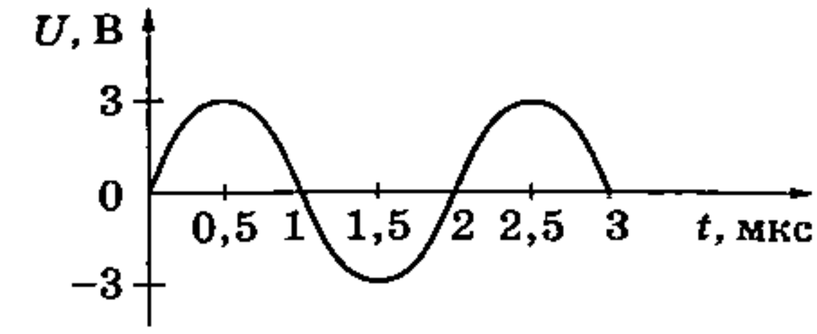
13 15 На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. Каков период колебаний энергии магнитного поля катушки?



Ответ: _____ мкс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 16 На рисунке приведён график гармонических колебаний напряжения на обкладках конденсатора в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то каким станет период колебаний энергии магнитного поля катушки?



Ответ: _____ мкс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 17 Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом 6 мкс. Максимальный заряд одной из обкладок конденсатора при этих колебаниях равен 4 мкКл. Каким будет модуль заряда этой обкладки в момент времени $t = 1{,}5$ мкс, если в начальный момент времени её заряд равен нулю?

Ответ: _____ мкКл.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 18 Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом 8 мкс. Максимальная сила тока в катушке индуктивности равна 5 мА. Какой будет сила тока в катушке в момент времени $t = 6$ мкс, если в начальный момент времени сила тока равна нулю?

Ответ: _____ мА.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

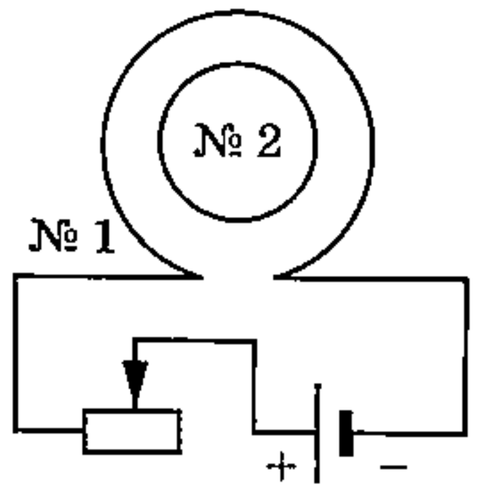
sbor25.me

Задания 14 и 15

Что нужно знать	Что нужно уметь
Электромагнитная индукция (стр. 314)	Анализировать процессы, связанные с проявлением электромагнитной индукции, определять характер изменения величин (магнитный поток, вектор и модуль магнитной индукции, индукционный ток, ЭДС индукции), характеризующих процесс
Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре (стр. 315)	Анализировать процесс свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, определять характер изменения величин (заряд конденсатора, сила тока в контуре, энергия электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки с током), характеризующих процесс. Строить графики зависимостей от времени для величин, характеризующих свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре, и анализировать их

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, обмотка катушки № 2 замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке. Ползунок реостата начинают перемещать ***вправо***. 1) Как изменяется при этом сила тока в катушке № 1? 2) Куда направлен вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1 в её центре? Как изменяется модуль этого вектора? 3) Как изменяется модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2? 4) Как направлен индукционный ток в катушке № 2 и вектор магнитной индукции в её центре? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) При движении ползунка реостата вправо сопротивление реостата увеличивается. По закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$ сила тока в катушке № 1 уменьшается. 2) Ток в катушке № 1 направлен по часовой стрелке, значит, по правилу буравчика вектор магнитной индукции в центре катушки направлен от наблюдателя. При уменьшении силы тока модуль вектора магнитной индукции уменьшается. 3) При этом уменьшается и магнитный поток, который пронизывает катушку № 2. 4) По правилу Ленца индукционный ток, возникающий в катушке № 2, будет своим магнитным полем препятствовать уменьшению магнитного потока катушки № 1. Следовательно, ток в катушке № 2 будет направлен в ту же сторону, что и в катушке № 1, т. е. по часовой стрелке. Вектор магнитной индукции этого тока в центре катушки № 2 будет направлен (по правилу буравчика) от наблюдателя

© ООО «Издательство «Национальное образование»

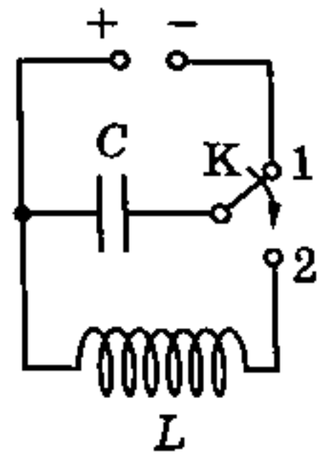
sbor25.me

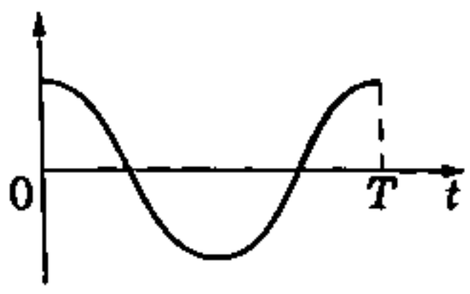
Продолжение табл.

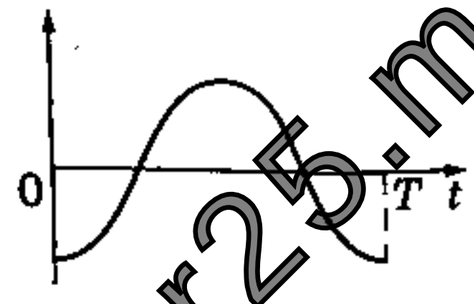
<table>
<tr><th>№</th><th>Задание</th></tr>
<tr><td>Задание № 2</td><td>
В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Изменение заряда на одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени показано в таблице.
<table>
<tr><td>t, 10^{-6} с</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td></tr>
<tr><td>q, 10^{-9} Кл</td><td>2</td><td>1,42</td><td>0</td><td>−1,42</td><td>−2</td><td>−1,42</td><td>0</td><td>1,42</td><td>2</td><td>1,42</td></tr>
</table>
1) Определите период и частоту колебаний, происходящих в контуре.
За период наблюдения определите:
2) моменты времени, в которые сила тока в катушке равна 0;
3) моменты времени, в которые энергия магнитного поля катушки максимальна;
4) моменты времени, в которые энергия электрического поля конденсатора равна 0
</td></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 2</td><td>
1) Период колебаний равен $16 \cdot 10^{-6}$ с. Частота колебаний $\nu = \frac{1}{T} = 62{,}5$ кГц.
Ответ: 16 мкс; 62,5 кГц.

2) Сила тока в катушке равна 0 в те моменты, когда модуль заряда конденсатора максимален: $t = 0$; $t = 8 \cdot 10^{-6}$ с и $t = 16 \cdot 10^{-6}$ с.
Ответ: 0, $8 \cdot 10^{-6}$ с, $16 \cdot 10^{-6}$ с.

3) Энергия магнитного поля катушки максимальна в те моменты, когда сила тока в контуре по модулю максимальна, а заряд конденсатора равен 0: $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с и $t = 12 \cdot 10^{-6}$ с.
Ответ: $4 \cdot 10^{-6}$ с, $12 \cdot 10^{-6}$ с.

4) Энергия электрического поля конденсатора равна 0 в те же моменты, когда энергия магнитного поля катушки максимальна: $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с и $t = 12 \cdot 10^{-6}$ с.
Ответ: $4 \cdot 10^{-6}$ с, $12 \cdot 10^{-6}$ с
</td></tr>
<tr><td>Задание № 3</td><td>
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Постройте схематичные графики зависимостей от времени для различных физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре (T — период колебаний):
1) заряда левой обкладки конденсатора;
2) заряда правой обкладки конденсатора;
3) напряжения между обкладками конденсатора;
4) силы тока в катушке индуктивности;
5) энергии электрического поля конденсатора;
6) энергии магнитного поля катушки индуктивности


</td></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 3</td><td>
Периоды колебаний заряда конденсатора и силы тока в контуре будут равны T.
1) Для левой обкладки заряд в начальный момент времени положительный и максимален.


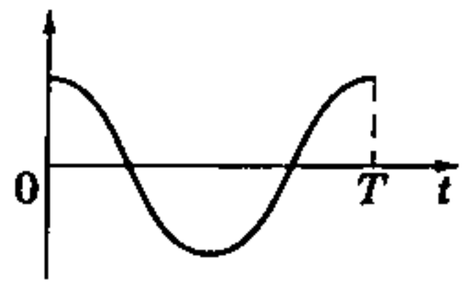
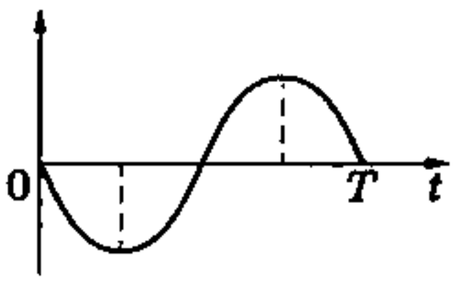
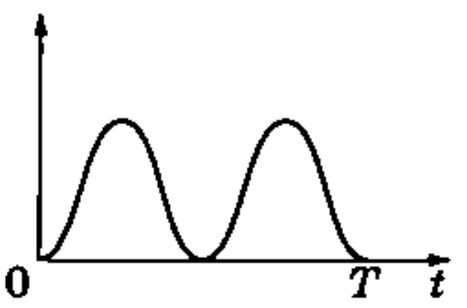
2) Для правой обкладки заряд в начальный момент времени отрицательный и максимален по модулю.


</td></tr>
</table>

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 3	3) Напряжение между обкладками конденсатора в начальный момент времени максимально. 
	4) Сила тока в контуре в начальный момент времени равна 0, при этом заряд положительно заряженной обкладки конденсатора уменьшается. 
	5) Периоды колебаний энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности равны $T/2$. В начальный момент энергия электрического поля конденсатора максимальна. 
	6) В начальный момент энергия магнитного поля катушки равна 0 

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

14 1 От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
2) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
3) Кольцо № 1 притягивается к магниту.
4) В кольце № 1 индукционный ток не возникает.
5) В опыте с кольцом № 1 наблюдается явление электромагнитной индукции.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 2 К деревянному кольцу № 1 придвигают южный полюс полосового магнита, а к медному кольцу № 2 придвигают северный полюс (см. рисунок).



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

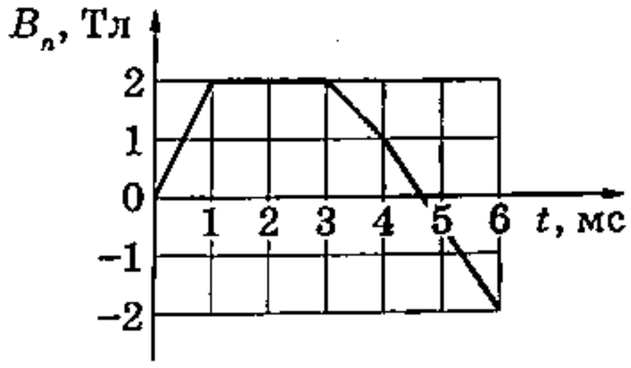
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Кольцо № 1 притягивается к магниту.
2) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
3) В кольце № 1 возникает индукционный ток.
4) В кольце № 2 индукционный ток не возникает.
5) В опыте с кольцом № 2 наблюдается явление электромагнитной индукции.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 3

Проволочная рамка площадью 30 см^2 помещена в однородное магнитное поле. Проекция B_n индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени t согласно графику на рисунке.



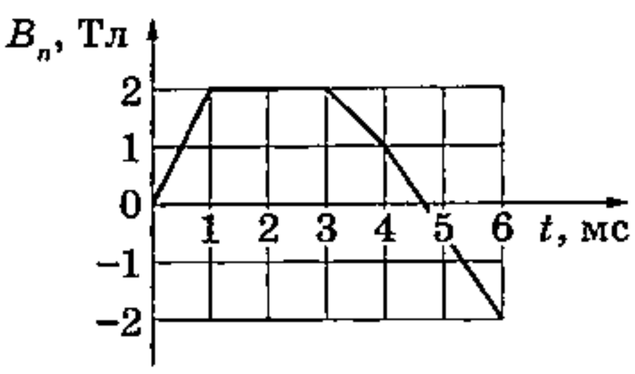
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

1) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 4 до 6 мс.
2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 2 мВб.
3) Модуль ЭДС индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 3 В.
4) Модуль ЭДС индукции в рамке минимален в интервале времени от 3 до 4 мс.
5) Модуль ЭДС индукции в рамке максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 4

Проволочная рамка площадью 30 см^2 помещена в однородное магнитное поле. Проекция B_n индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени t согласно графику на рисунке.



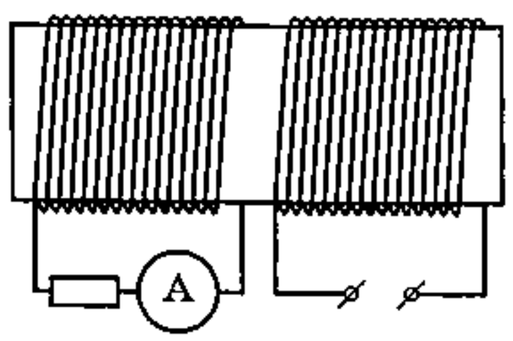
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

1) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 0 до 1 мс.
2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 4 мВб.
3) Модуль ЭДС индукции в рамке в интервале времени от 4 до 6 мс равен 4,5 В.
4) Модуль ЭДС индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
5) Модуль ЭДС индукции в рамке максимален в интервале времени от 3 до 4 мс.

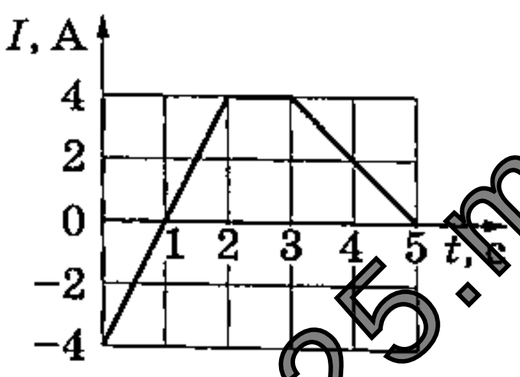
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 5

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



1) В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
2) В промежутке 0–2 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
4) В промежутках 0–1 и 1–2 с направления тока в правой катушке различны.
5) В промежутке 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.



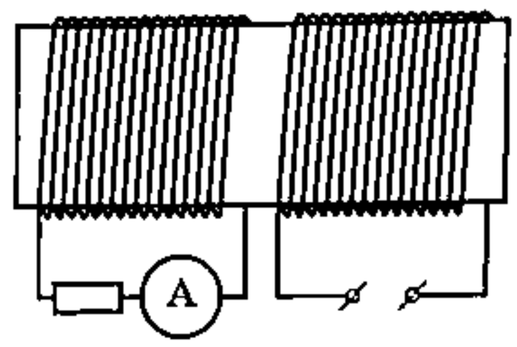
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

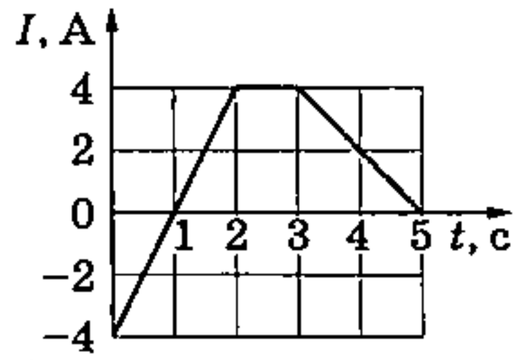
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14
6

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



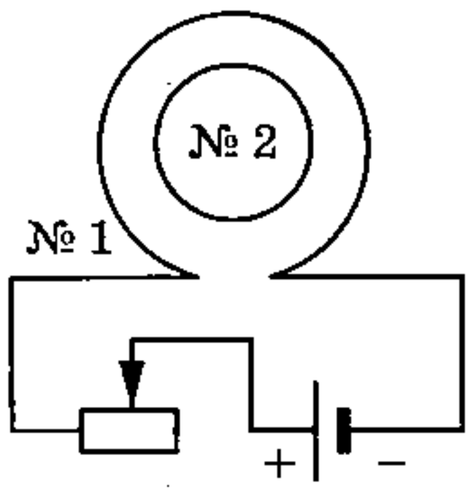


1) В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
2) В промежутке 2–3 с модуль магнитной индукции в сердечнике максимален.
3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с меньше, чем в промежутке 3–5 с.
4) В промежутках 0–1 и 3–5 с направления тока в правой катушке различны.
5) В промежутке 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
7

Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, обмотка катушки № 2 замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата ***влево***.

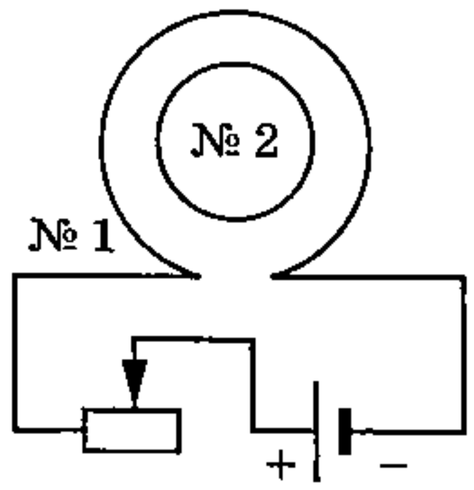


1) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
2) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.
3) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, увеличивается.
4) Вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен от наблюдателя.
5) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
8

Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, обмотка катушки № 2 замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата ***влево***.



1) Сила тока в катушке № 1 уменьшается.
2) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, уменьшается.
3) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, увеличивается.
4) Вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен от наблюдателя.
5) В катушке № 2 индукционный ток направлен против часовой стрелки.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14
9

По гладким параллельным рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник. Рельсы, лампочка и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$ (см. рис. 1). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике 2.

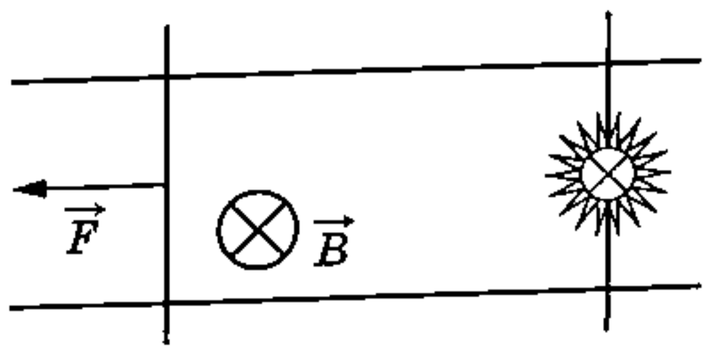


Рис. 1

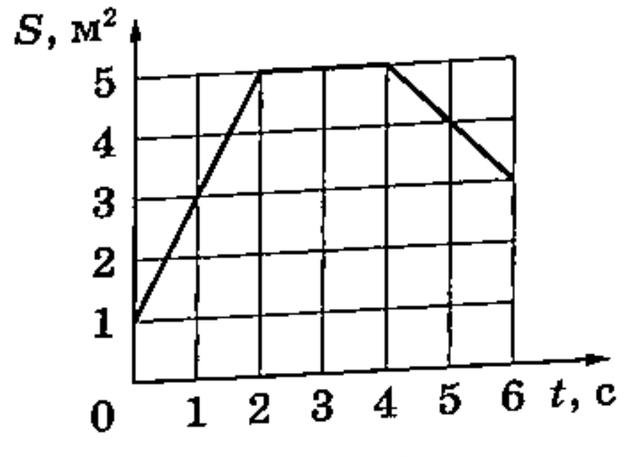


Рис. 2

Выберите все утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

1) В момент времени $t = 3$ с сила Ампера, действующая на проводник, направлена вправо.
2) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, в первые две секунды максимальна.
3) В течение первых 6 с индукционный ток течёт через лампочку непрерывно.
4) В интервале времени от 4 до 6 с через лампочку протекает индукционный ток.
5) Индукционный ток течёт в контуре всё время в одном направлении.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
10

По гладким параллельным рельсам, замкнутым на резистор, перемещают лёгкий тонкий проводник. Рельсы, резистор и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$ (см. рис. 1). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике 2.

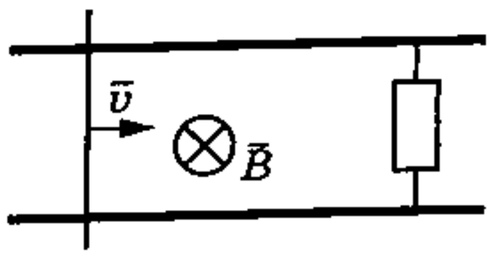


Рис. 1

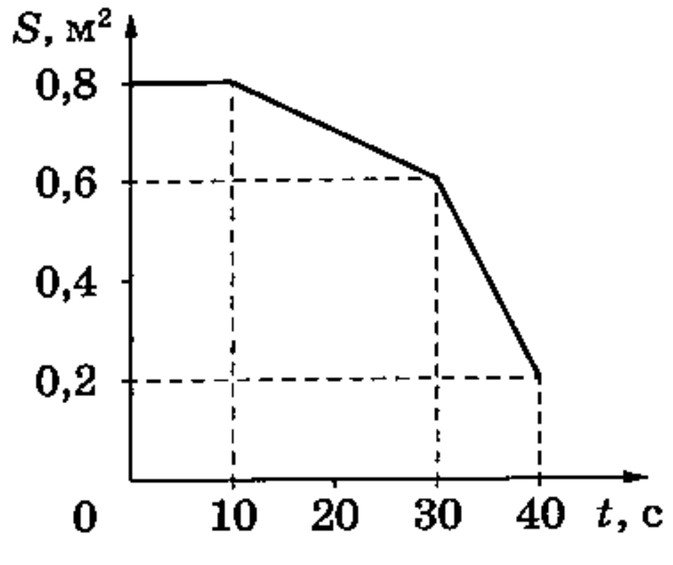


Рис. 2

Выберите все утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

1) Поскольку рельсы гладкие, для перемещения проводника в любой момент времени силу прикладывать не надо.
2) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале от 10 до 30 с.
3) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, максимальна в интервале времени от 30 до 40 с.
4) В течение первых 15 с ток течёт через резистор непрерывно.
5) В интервале времени от 15 до 25 с через резистор течёт постоянный ток.

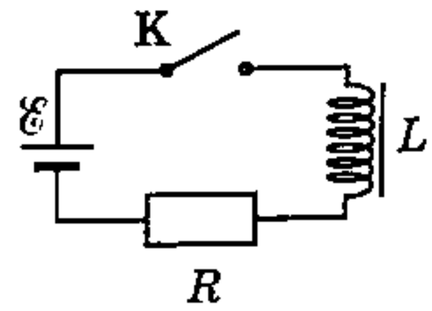
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14 11

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор R = 60 Ом (см. рисунок). В момент t = 0 ключ К замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью ±0,01 А, представлены в таблице.



t, с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I, А	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

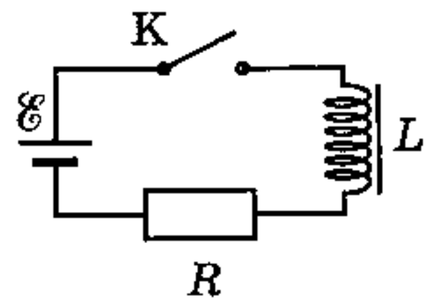
Выберите **все** верные утверждения о процессах, происходящих в цепи.

1) Энергия катушки максимальна в момент времени t = 0 с.
2) Напряжение на катушке максимально в момент времени t = 6,0 с.
3) Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени t = 2,0 с равен 2,4 В.
4) Напряжение на резисторе в момент времени t = 1,0 с равно 1,9 В.
5) ЭДС источника тока равна 18 В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 12

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор R = 40 Ом (см. рисунок). В момент t = 0 ключ К замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью ±0,01 А, представлены в таблице.



t, с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I, А	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

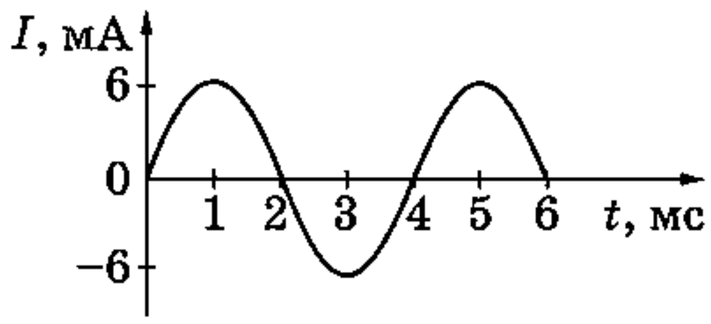
Выберите **все** утверждения, соответствующие результатам этого опыта.

1) Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени t = 1,0 с равен 7,6 В.
2) Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени t = 2,0 с равен 1,6 В.
3) ЭДС источника тока равна 4,8 В.
4) Напряжение на резисторе с течением времени монотонно возрастает.
5) К моменту времени t = 3 с ЭДС самоиндукции катушки равна нулю.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 13

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения.

1) Период электромагнитных колебаний равен 4 мс.
2) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 5,4 мкДж.
3) В момент времени 4 мс заряд конденсатора равен нулю.
4) В момент времени 3 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.
5) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.

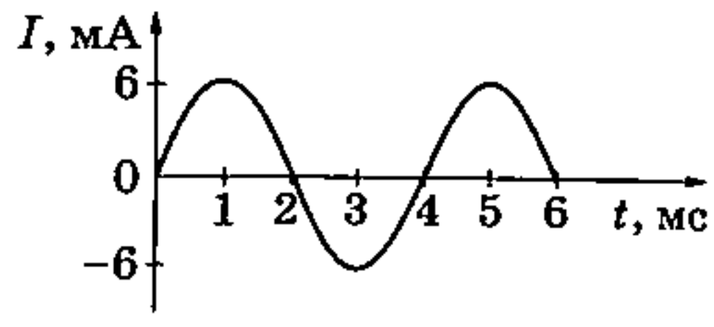
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

14
14

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

1) Период электромагнитных колебаний равен 5 мс.
2) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 0,9 мкДж.
3) В момент времени 3 мс заряд конденсатора равен нулю.
4) В момент времени 4 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.
5) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
15

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора в последовательные моменты времени.

t, мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8
U, В	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	−2,8	−4,0	−2,8	0,0

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

1) Период колебаний равен $4 \cdot 10^{-6}$ с.
2) Частота колебаний равна 125 кГц.
3) В момент $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с энергия конденсатора максимальна.
4) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с сила тока в контуре максимальна.
5) В момент $t = 8 \cdot 10^{-6}$ с энергия катушки минимальна.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14
16

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени показано в таблице.

t, 10^{-6} с	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
q, 10^{-9} Кл	2	1,42	0	−1,42	−2	−1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

1) Период колебаний равен $16 \cdot 10^{-6}$ с.
2) В момент $t = 12 \cdot 10^{-6}$ с энергия катушки минимальна.
3) В момент $t = 8 \cdot 10^{-6}$ с энергия конденсатора максимальна.
4) В момент $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с сила тока в контуре равна 0.
5) Частота колебаний равна 25 кГц.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

15
17

При настройке колебательного контура радиопередатчика ёмкость его конденсатора уменьшают. Как при этом изменяются период колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15 18 При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшают. Как при этом изменятся частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 19 При настройке действующей модели радиопередатчика учитель изменяет электроёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, уменьшив площадь пластин конденсатора. Как при этом изменятся период колебаний силы тока в контуре и длина волны электромагнитного излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний силы тока	Длина волны излучения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 20 При настройке действующей модели радиопередатчика учитель изменяет электроёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, уменьшив расстояние между пластинами конденсатора. Как при этом изменятся частота излучаемых волн и длина волны излучения?

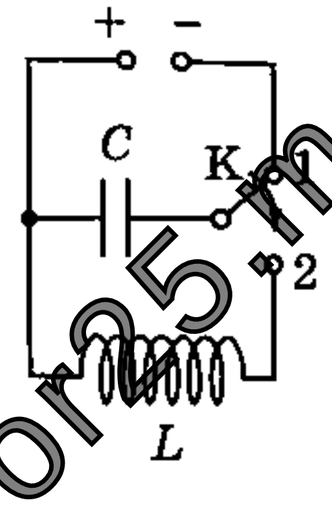
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 21 Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Приведённые ниже графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого (T — период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

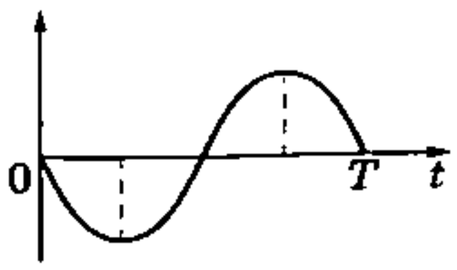


© ООО «Издательство «Национальное образование»

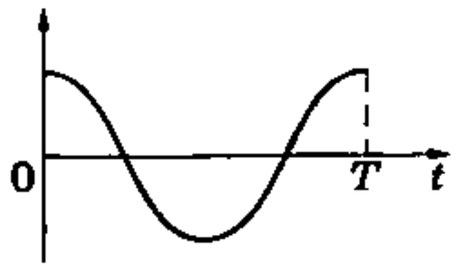
sbor25.me

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) сила тока в катушке
2) энергия магнитного поля катушки
3) энергия электрического поля коденсатора
4) заряд на левой обкладке конденсатора

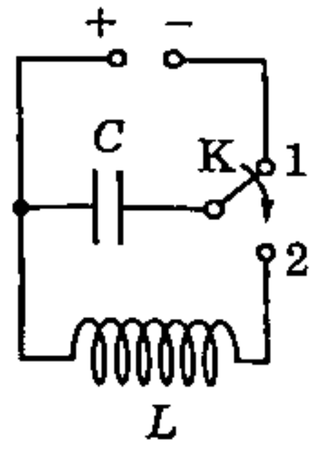
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 22

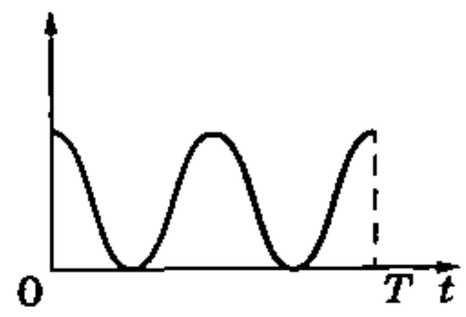
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Приведённые ниже графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого (T — период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



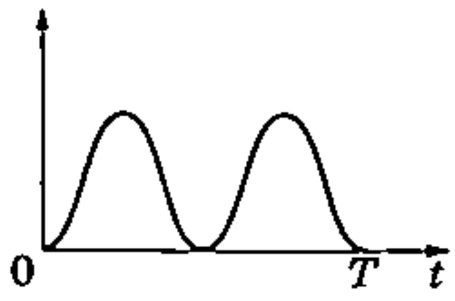
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) сила тока в катушке
2) энергия магнитного поля катушки
3) энергия электрического поля конденсатора
4) заряд на левой обкладке конденсатора

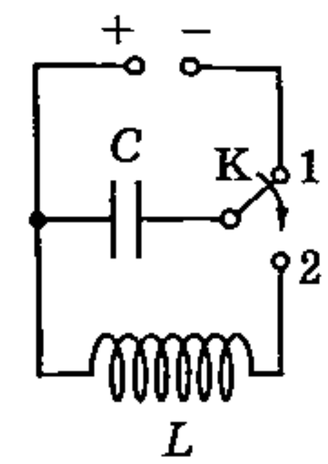
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 23

Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре (T — период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.



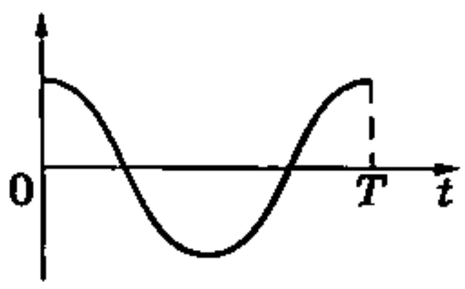
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) сила тока в катушке
2) энергия магнитного поля катушки
3) энергия электрического поля конденсатора
4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ:

А	Б

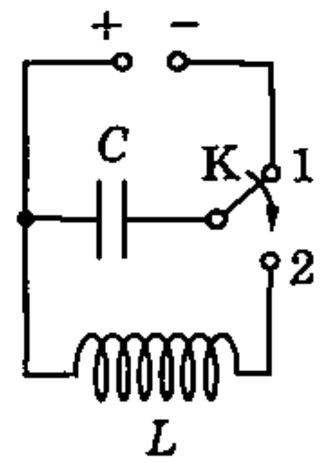
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Sbor25.me

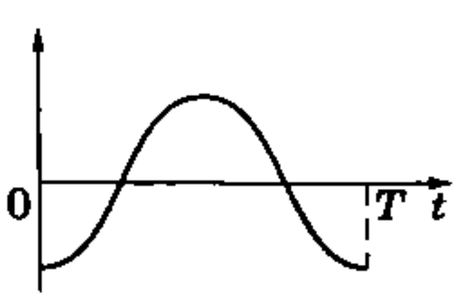
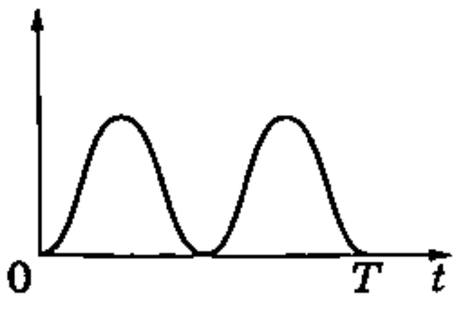
15
24

Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени t физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре (T — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) 	1) энергия магнитного поля катушки 2) сила тока в катушке 3) заряд правой обкладки конденсатора 4) энергия электрического поля конденсатора
Б) 	

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ»

1 Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью 1 м^2 под углом 30° к её плоскости, создавая магнитный поток, равный 0,1 Вб. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

Ответ: _____ Тл.

2 При какой силе тока в витке проволоки индуктивностью $4 \cdot 10^{-3}$ Гн создаётся магнитный поток 12 мВб через площадку, ограниченную этим витком?

Ответ: _____ А.

3 За время $\Delta t = 4$ с магнитный поток через площадку, ограниченную проволочной рамкой, равномерно уменьшается от некоторого значения Ф до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 6 мВ. Определите начальный магнитный поток Ф через рамку.

Ответ: _____ мВб.

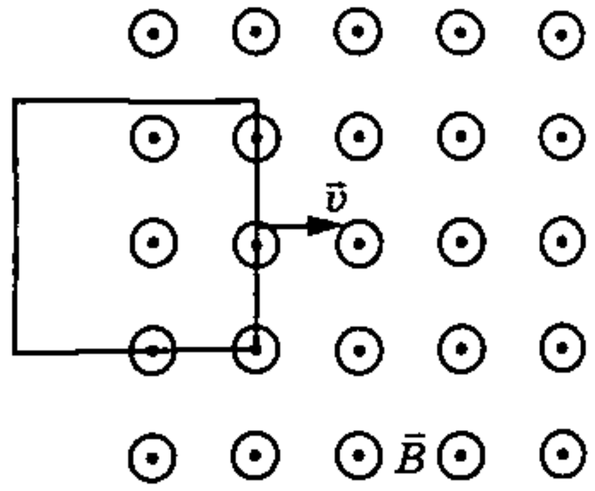
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

4 В опыте по наблюдению ЭДС электромагнитной индукции квадратная рамка из тонкого провода со стороной квадрата b находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля растёт за время t по линейному закону от 0 до максимального значения $B_{макс}$. Во сколько раз уменьшится ЭДС индукции, возникающая в рамке, если b в 2 раза уменьшить, а зависимость $B(t)$ не менять?

Ответ: в _____ раз(а).

5 В некоторой области пространства создано вертикальное однородное магнитное поле. Горизонтальная квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью $\vec{v}$, направленной перпендикулярно стороне рамки и вектору магнитной индукции $\vec{B}$ (см. рисунок, вид сверху). ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна 4 мВ. Какой станет ЭДС индукции, если рамка будет двигаться в том же поле со скоростью $\frac{\vec{v}}{4}$?



Ответ: _____ мВ.

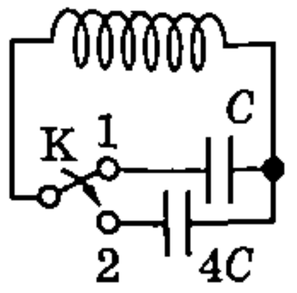
6 При равномерном изменении силы тока в катушке на 10 А за 0,02 с в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная 200 В. Чему равна индуктивность катушки?

Ответ: _____ Гн.

7 Энергия магнитного поля катушки с током равна 0,64 Дж. Индуктивность катушки равна 20 мГн. Какова сила тока в катушке?

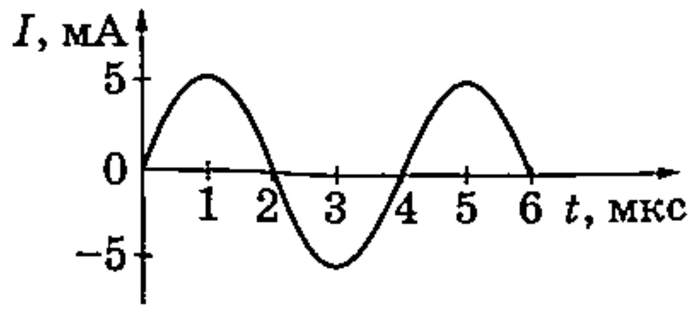
Ответ: _____ А.

8 Во сколько раз уменьшится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



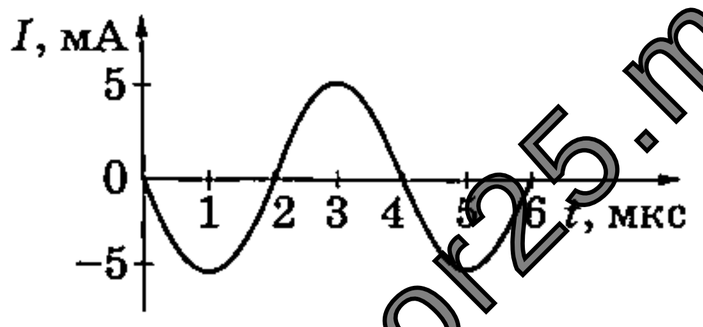
Ответ: в _____ раз(а).

9 На рисунке приведён график зависимости силы тока I от времени t при свободных электромагнитных колебаниях в идеальном колебательном контуре. Каким станет период свободных колебаний в контуре, если катушку индуктивности в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 9 раз больше?



Ответ: _____ мкс.

10 На рисунке приведён график зависимости силы тока I от времени в колебательном контуре при свободных электромагнитных колебаниях. Каким станет период свободных колебаний в контуре, если индуктивность катушки увеличить в 4 раза?



Ответ: _____ мкс.

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

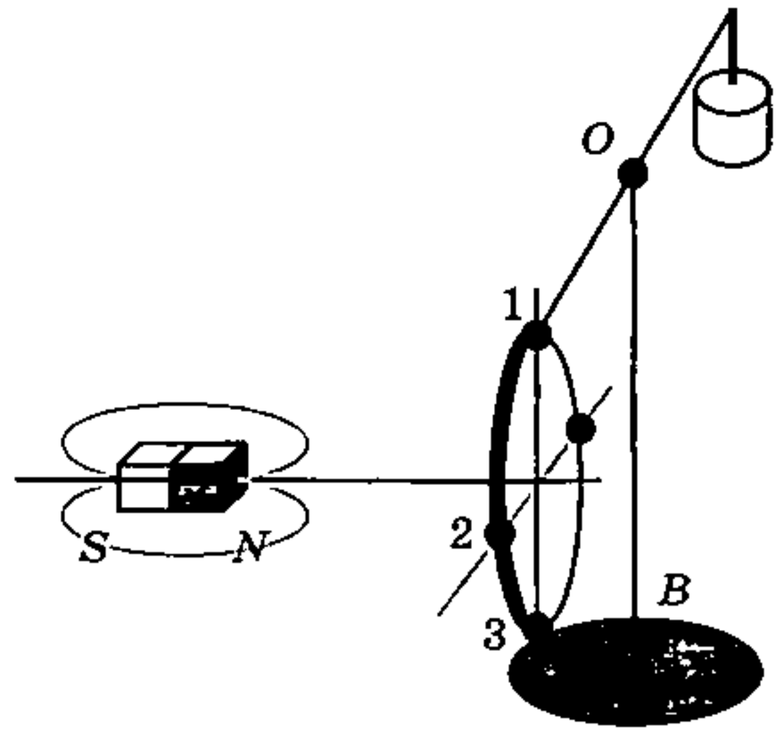
11 Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом 8 мкс. Максимальный заряд одной из обкладок конденсатора при этих колебаниях равен 5 мкКл. Каким будет модуль заряда этой обкладки в момент времени $t = 4$ мкс, если в начальный момент времени её заряд равен нулю?

Ответ: _____ мкКл.

12 Медное кольцо на горизонтальном коромысле поворачивается вокруг вертикальной оси *OB* под действием движущегося магнита (см. рисунок).

Установите соответствие между направлением движения магнита, вращением коромысла с кольцом и направлением индукционного тока в кольце (1 — верхняя точка кольца; 2 — ближняя к нам точка кольца; 3 — нижняя точка кольца).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТА

А) движется по направлению к кольцу

Б) движется по направлению от кольца

ПОВОРОТ КОРОМЫСЛА И ТОК В КОЛЬЦЕ

1) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 3→2→1.
2) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению 1→2→3.
3) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению 3→2→1.
4) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 1→2→3.

Ответ:

А	Б

13 От медного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от пластмассового кольца № 2 — северный полюс (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

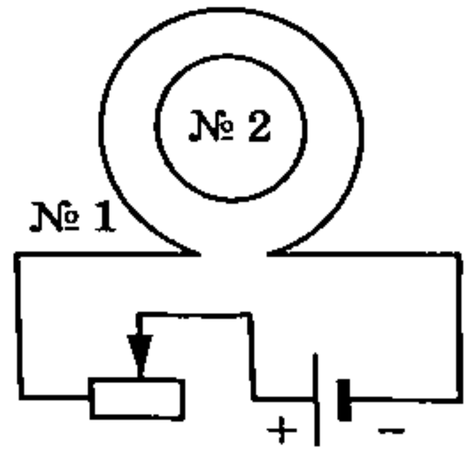
1) Кольцо № 1 притягивается к магниту.
2) В кольце № 1 индукционный ток не возникает.
3) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
4) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
5) В опыте с кольцом № 1 наблюдается явление электромагнитной индукции.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14 Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, обмотка катушки № 2 замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.

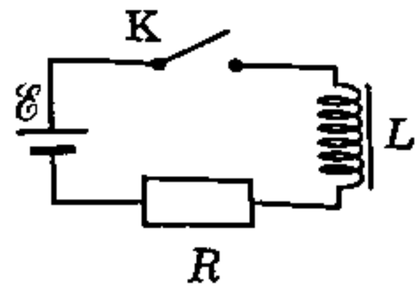


Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата ***вправо***.

1) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.
2) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, увеличивается.
3) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.
4) Вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен от наблюдателя.
5) В катушке № 2 индукционный ток направлен против часовой стрелки.

Ответ: _____.

15 Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 60$ Ом (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ К замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью 0,01 А, представлены в таблице.



t, с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I, А	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в цепи.

1) Энергия катушки максимальна в момент времени $t = 0$ с.
2) Напряжение на катушке максимально в момент времени $t = 0$ с.
3) Напряжение на резисторе в момент времени $t = 2{,}0$ с равно 2,6 В.
4) Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени $t = 1{,}5$ с равен 4,2 В.
5) ЭДС источника тока равна 15 В.

Ответ: _____.

16 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

t, 10^{-6} с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q, 10^{-9} Кл	2	1,42	0	−1,42	−2	−1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

1) В момент $t = 4 \cdot 10^{-6}$ энергия конденсатора минимальна.
2) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с сила тока в контуре равна 0.
3) Амплитуда колебаний заряда обкладки равна $4 \cdot 10^{-9}$ Кл.
4) В момент $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с энергия конденсатора минимальна.
5) Период колебаний равен $8 \cdot 10^{-6}$ с.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

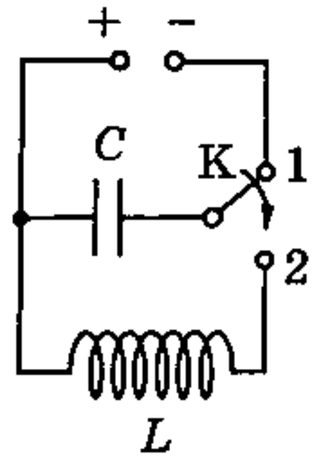
17 В действующей модели радиопередатчика учитель изменяет электроёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, увеличив расстояние между его пластинами. Как при этом изменятся период колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

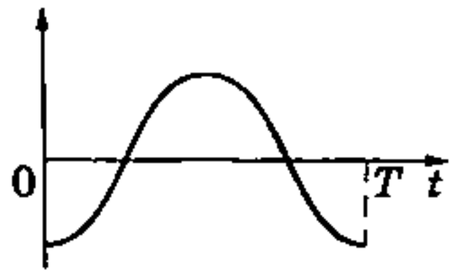
18 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого (T — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль напряжения на конденсаторе
2) энергия магнитного поля катушки
3) энергия электрического поля конденсатора
4) заряд правой обкладки конденсатора

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 21, 23 и 25

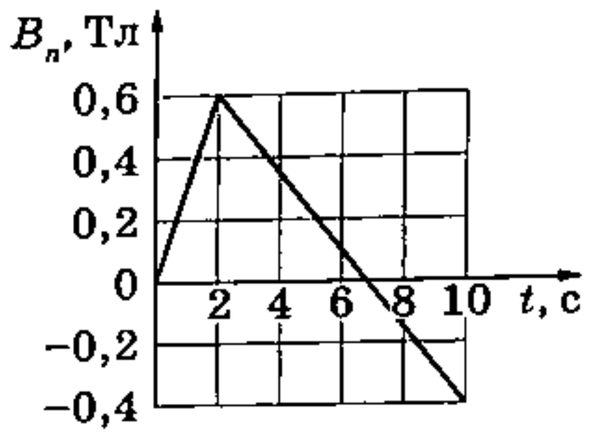
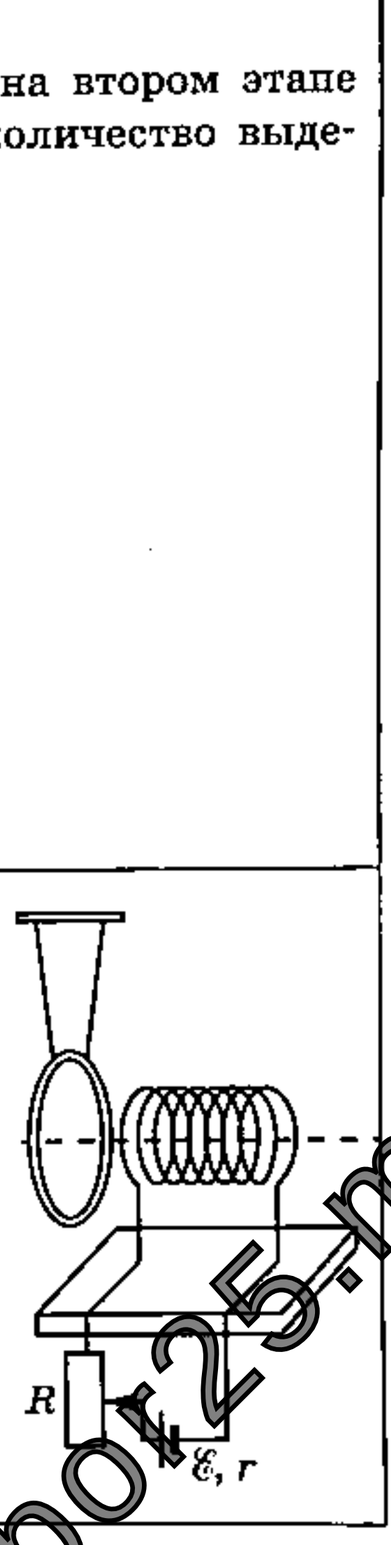
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Кольцо радиусом 10 см из тонкой проволоки с сопротивлением 0,2 Ом находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого расположены под углом 45° к плоскости кольца. Определите скорость возрастания магнитной индукции, если за 5 с в кольце выделяется количество теплоты 400 мкДж
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Изменение индукции магнитного поля, согласно закону Фарадея для электромагнитной индукции, приводит к появлению ЭДС в кольце: $\lvert\mathscr{E}\rvert = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S\cos\alpha$, где $S = \pi r^2$ — площадь кольца. Так как кольцо представляет собой замкнутый проводник, то появление ЭДС приведёт к возникновению в нём индукционного тока и нагреванию. По закону Джоуля — Ленца $Q = I^2R\Delta t = \frac{\mathscr{E}^2}{R}\Delta t$. В итоге получим $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{1}{\pi r^2\cos\alpha}\sqrt{\frac{QR}{\Delta t}} = \frac{2}{3{,}14\cdot 0{,}1^2\cdot\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\frac{4\cdot 10^{-4}\cdot 0{,}2}{5}} \approx 0{,}18$ Тл/с. Ответ: $\frac{\Delta B}{\Delta t} \approx 0{,}18$ Тл/с
Задание № 2	Плоская горизонтальная фигура площадью 0,1 м², ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось Oz медленно и равномерно возрастает от некоторого начального значения B_{1z} до конечного значения $B_{2z} = 4{,}7$ Тл. За это время по контуру протекает заряд $\Delta q = 0{,}08$ Кл. Найдите B_{1z}
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Выражение для модуля ЭДС индукции в случае однородного поля: $\lvert\mathscr{E}\rvert = \left\lvert\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\rvert = S\frac{\Delta B_z}{\Delta t}$, где S — площадь фигуры; $\Delta B_z = B_{2z} - B_{1z}$. Закон Ома: $\mathscr{E} = IR$, где R — сопротивление контура; $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ — ток в контуре за время Δt изменения магнитного поля. Выражение для заряда, протекающего по цепи: $\Delta q = I\Delta t = \frac{S}{R}(B_{2z} - B_{1z})$. Отсюда $B_{1z} = B_{2z} - \frac{R\Delta q}{S} = 4{,}7 - \frac{5\cdot 0{,}08}{0{,}1} = 0{,}7$ Тл. Ответ: $B_{1z} = 0{,}7$ Тл

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 3	Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$. На рисунке изображено изменение проекции вектора $\vec{B}$ на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10$ с в рамке выделяется количество теплоты $Q = 0{,}1$ мДж. Каково сопротивление проволоки, из которой сделана рамка? 
Возможное решение и ответ к заданию № 3	При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции $\Phi(t) = B(t)S$ через рамку площадью $S = l^2$ изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции $\mathscr{E}$. В соответствии с законом индукции Фарадея $$\mathscr{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t}S.$$ Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи: $$I = \frac{\mathscr{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t}\cdot\frac{S}{R}.$$ За время Δt по рамке пройдёт заряд $q = I\Delta t$ и ЭДС индукции совершит работу $A = \mathscr{E}q = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\cdot I\Delta t = -I\Delta\Phi$, которая перейдёт в тепло. Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока $\Delta\Phi = S\Delta B_n$, получим работу ЭДС индукции: $$A = \frac{S^2}{R}\frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t} = \frac{l^4}{R}\frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$$ За время $\Delta t_1 = t_1 = 2$ с на первом этапе процесса $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 0{,}6$ Тл, а на втором этапе процесса $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 8$ с и $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = -1{,}0$ Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты $$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{l^4}{R}\left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2}\right].$$ Отсюда находим сопротивление рамки: $R = \frac{l^4}{Q}\left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2}\right]$. Подставляя значения физических величин, получим: $$R = \frac{(0{,}1)^4}{10^{-4}}\left[\frac{0{,}36}{2} + \frac{1}{8}\right] = 0{,}18 + 0{,}125 \approx 0{,}3 \text{ Ом}.$$ Ответ: $R \approx 0{,}3$ Ом
Задание № 4	Многовитковая катушка медного провода подключена к источнику тока через реостат. Вблизи торца катушки на шёлковых нитях подвешено замкнутое медное кольцо с малым сопротивлением. Ось кольца совпадает с осью катушки (см. рисунок). Опишите, как начнёт двигаться кольцо (притянется, оттолкнётся или останется неподвижным относительно катушки), если движок реостата резко сдвинуть ***вверх*** в крайнее положение. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

<table>
<tr><th>№</th><th>Задание</th></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 4</td><td>1. Кольцо оттолкнётся от катушки.
2. При смещении движка реостата вверх его сопротивление уменьшается до нуля, а сила тока в катушке, согласно закону Ома для полной цепи, увеличивается $\left(I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}\right)$. При этом увеличивается поток вектора магнитной индукции через кольцо. По закону электромагнитной индукции в кольце возникает ЭДС индукции, появляется индукционный ток. В соответствии с правилом Ленца вектор магнитной индукции поля индукционного тока будет направлен против вектора магнитной индукции поля катушки. Но это значит (по правилу правого буравчика), что в кольце и в витках катушки токи текут в противоположных направлениях: в катушке в ближних к нам частях витков ток течёт снизу вверх, а в ближней к нам части кольца — сверху вниз. Параллельные проводники с противоположно направленными токами отталкиваются друг от друга. Поэтому кольцо отталкивается от катушки влево — в область, где магнитное поле катушки слабее, чем у торца катушки.
Примечание для экспертов.
Магнитные свойства выражены у меди слабо, индукционный ток в неподвижном кольце вблизи катушки с постоянным током равен нулю, поэтому сначала, пока движок реостата находится посередине, катушка практически не воздействует на медное кольцо и оно остаётся неподвижным.
В состоянии максимального отклонения влево кольцо не находится в равновесии, поэтому оно начинает возвращаться в исходное положение. При этом движении в кольце снова возникает индукционный ток, который замедляет движение и препятствует возможным колебаниям кольца па нитях.
В результате кольцо возвращается в исходное положение равновесия и остаётся в нём неподвижным.
(Эти рассуждения не требуются для того, чтобы считать ответ полным.)</td></tr>
<tr><td>Задание № 5</td><td>В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице приведено изменение заряда на одной из обкладок конденсатора в контуре с течением времени.
<table><tr><td>t, 10^{-6} с</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td>q, 10^{-9} Кл</td><td>4</td><td>2,8</td><td>0</td><td>−2,8</td><td>−4</td><td>−2,8</td><td>0</td><td>2,8</td><td>4</td><td>2,8</td></tr></table>Какова энергия магнитного поля катушки в момент времени $3 \cdot 10^{-6}$ с, если ёмкость конденсатора равна 100 пФ? Ответ в наноджоулях округлите до целых</td></tr>
<tr><td>Возможное решение и ответ к заданию № 5</td><td>Анализируя таблицу, определяем период электромагнитных колебаний $T = 8 \cdot 10^{-6}$ с и амплитуду заряда конденсатора $q_{max} = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл.
Согласно закону сохранения энергии в колебательном контуре
$$W_{max} = W_C + W_L, \text{ или } \frac{{q_{max}}^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + W_L.$$
В итоге $W_L = \frac{{q_{max}}^2 - q^2}{2C} = \frac{\left(4 \cdot 10^{-9}\right)^2 - \left(2{,}8 \cdot 10^{-9}\right)^2}{2 \cdot 10^{-10}} \approx 41 \cdot 10^{-9}$ Дж = 41 нДж.
Ответ: $W_L \approx 41$ нДж.
Замечание: колебания значения заряда в данном случае — гармонические. Если $q_{max} = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл, то в момент $3 \cdot 10^{-6}$ с заряд $q = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-9}$ Кл, откуда $W_L = 40$ нДж.
Таким образом, 40 нДж — тоже верный ответ</td></tr>
<tr><td>Задание № 6</td><td>В двух идеальных колебательных контурах происходят электромагнитные колебания. Амплитудное значение заряда конденсатора во втором контуре равно 9 мкКл. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре в 3 раза меньше, а период его колебаний в 2 раза больше, чем во втором контуре. Определите амплитудное значение заряда конденсатора в первом контуре</td></tr>
</table>

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

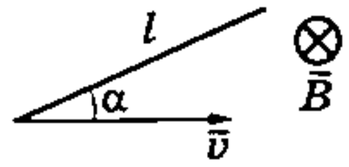
№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 6	Амплитудные значения заряда конденсатора и силы тока в катушке колебательного контура связаны соотношением $I_{max} = q_{max}\omega$, где ω — циклическая частота колебаний. В свою очередь, циклическая частота связана с периодом колебаний: $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Таким образом, $I_{max} = q_{max}\frac{2\pi}{T}$. Составим отношение $\frac{I_{max1}}{I_{max2}} = \frac{q_{max1}}{q_{max2}} \cdot \frac{T_2}{T_1}$. В итоге $q_{max1} = q_{max2} \cdot \frac{I_{max1}}{I_{max2}} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 9 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 = 6$ мкКл. Ответ: $q_{max1} = 6$ мкКл

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают проволочный квадратный контур со стороной 20 см под углом 30° к его плоскости. Модуль вектора индукции магнитного поля равен 0,5 Тл. Определите величину магнитного потока через площадку, ограниченную контуром.

Ответ: _____ Вб.

23 2 Стальной стержень длиной l = 20 см движется поступательно в однородном магнитном поле $\vec{B}$ со скоростью v = 4 м/с. Угол между стержнем и вектором его скорости составляет 30°. Вектор $\vec{B}$ перпендикулярен плоскости движения стержня (см. рисунок). Определите ЭДС индукции в стержне, если модуль индукции магнитного поля равен 0,5 Тл.



Ответ: _____ В.

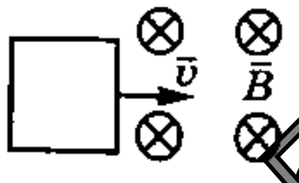
23 3 В катушке сила тока в течение 0,04 с равномерно возрастает с 2 до 10 А, при этом в катушке возникает ЭДС самоиндукции 0,6 В. Определите индуктивность катушки.

Ответ: _____ мГн.

23 4 Кольцо радиусом 15 см из тонкой проволоки с сопротивлением 0,2 Ом находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости кольца. За какое время в кольце выделится количество теплоты 2 мДж, если магнитная индукция убывает со скоростью 0,2 Тл/с? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ с.

23 5 Проволочную квадратную рамку сопротивлением 4 Ом и стороной 20 см вдвигают в область однородного магнитного поля с индукцией B = 50 мТл со скоростью v = 1 м/с. Вектор $\vec{B}$ индукции магнитного поля перпендикулярен плоскости рамки. Скорость рамки направлена перпендикулярно стороне рамки и вектору магнитной индукции $\vec{B}$ (см. рисунок). Определите индукционный ток, возникающий в рамке.



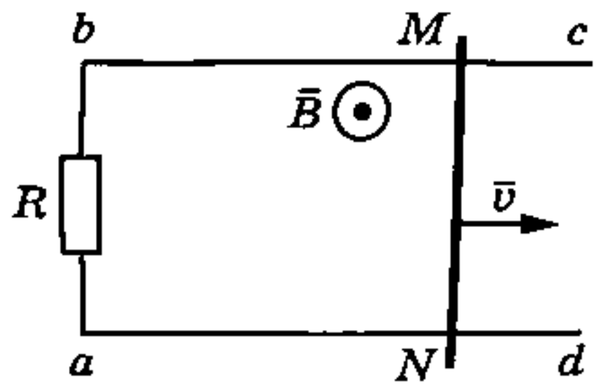
Ответ: _____ мА.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 6

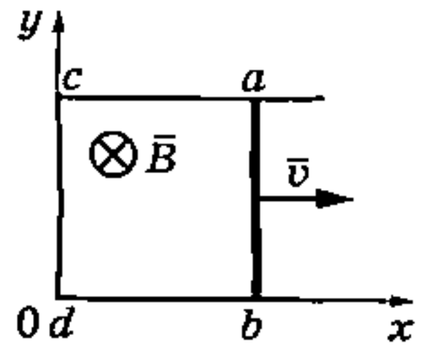
По параллельным горизонтальным проводникам bc и ad, находящимся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$, со скоростью $v = 2$ м/с скользит проводящий стержень MN, который находится в контакте с проводниками (см. рисунок, вид сверху). Расстояние между проводниками $l = 25$ см. Между проводниками подключён резистор сопротивлением $R = 4$ Ом. При движении стержня по резистору R течёт ток $I = 50$ мА. Какова индукция магнитного поля? Сопротивлением стержня и проводников пренебречь.



Ответ: _____ Тл.

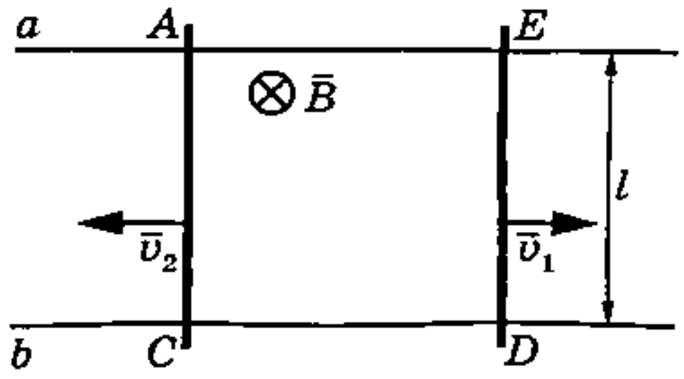
23 7

По П-образному проводнику $acdb$ постоянного сечения скользит проводящая перемычка ab длиной l из того же материала и того же сечения. Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, у которого вектор индукции $\vec{B}$ направлен перпендикулярно плоскости проводников (см. рисунок). Какова скорость v перемычки, если в тот момент, когда $ab = ac$, напряжение между точками a и b равно U? Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало, а сопротивление проводников велико.



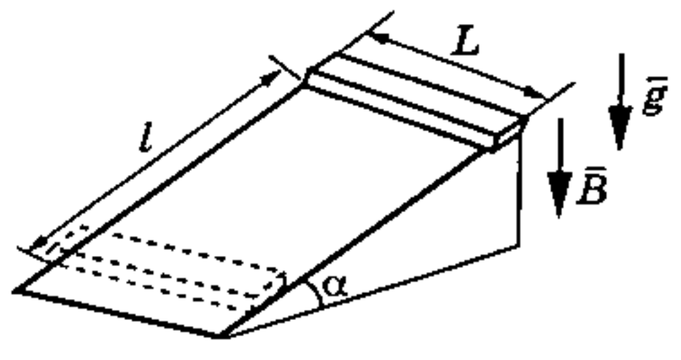
23 8

На горизонтальном столе лежат два параллельных друг другу рельса: a и b, замкнутых двумя одинаковыми металлическими проводниками: AC и ED (см. рисунок, вид сверху). Вся система проводников находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально вниз. Модуль индукции магнитного поля равен B, расстояние между рельсами l, скорости проводников v_1 и v_2, сопротивление каждого из проводников R. Какова сила тока в цепи? Сопротивлением рельсов пренебречь.



23 9

Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину $L = 0{,}5$ м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном однородном магнитном поле индукцией $\vec{B}$ (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30°$. Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. В момент, когда брусок пройдёт по наклонной плоскости расстояние $l = 1{,}6$ м, величина ЭДС индукции на концах бруска $\mathscr{E} = 0{,}17$ В. Найдите величину индукции магнитного поля B.



23 10

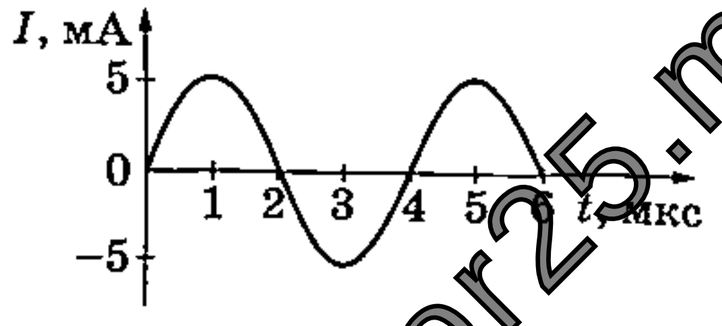
В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания, при этом напряжение на конденсаторе, электроёмкость которого равна 40 мкФ, изменяется с течением времени по закону $U(t) = 50\sin(1000t)$, где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду колебаний силы тока в контуре.

Ответ: _____ А.

23 11

На рисунке приведён график зависимости силы тока I от времени t в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки с индуктивностью 0,32 Гн. Определите максимальное значение энергии электрического поля конденсатора.

Ответ: _____ мкДж.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 12 Колебательный контур подключён к источнику переменного тока. В таблице приведены значения заряда конденсатора в различные моменты времени.

t, 10^{-6} с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
q, 10^{-9} Кл	2	1,42	0	−1,42	−2	−1,42	0	1,42	2	1,42

При какой индуктивности катушки в контуре наступит резонанс при этой частоте колебаний, если ёмкость конденсатора равна 100 пФ? Ответ в миллигенри округлите до целых.

Ответ: _____ мГн.

23 13 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице приведены значения силы тока в контуре в различные моменты времени. Чему равна максимальная энергия конденсатора, если индуктивность катушки 4 мГн?

t, 10^{-6} с	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
I, 10^{-3} А	10	7	0	−7	−10	−7	0	7	10	7

Ответ: _____ нДж.

23 14 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице приведены значения силы тока в контуре в различные моменты времени. Вычислите по этим данным максимальный заряд конденсатора. Ответ в нанокулонах округлите до целых.

t, 10^{-6} с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
I, 10^{-3} А	16	11	0	−11	−16	−11	0	11	16	11

Ответ: _____ нКл.

23 15 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице приведены значения напряжения на его конденсаторе в различные моменты времени. Найдите энергию конденсатора в момент времени $5 \cdot 10^{-6}$ с, если индуктивность катушки 4 мГн. Ответ в микроджоулях округлите до сотых.

t, 10^{-6} с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, В	50	35	0	−35	−50	−35	0	35	50	35

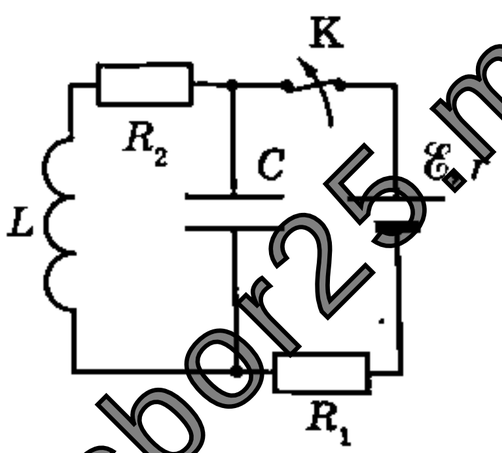
Ответ: _____ мкДж.

23 16 В двух идеальных колебательных контурах происходят электромагнитные колебания. Амплитуда силы тока в первом контуре 5 мА. Каково амплитудное значение силы тока во втором контуре, если период колебаний в нём в 2 раза меньше, а максимальное значение заряда конденсатора в 3 раза больше, чем в первом?

Ответ: _____ мА.

25 17 Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

25 18 На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС $\mathscr{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 8$ Ом и $R_2 = 3$ Ом, конденсатора электроёмкостью $C = 4$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 24$ мкГн. В начальном состоянии ключ К длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 после размыкания ключа К? Сопротивлением катушки пренебречь.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 19 Амплитуда напряжения на концах первичной обмотки трансформатора равна 500 В, на концах вторичной — 10 В. Амплитуда силы тока во вторичной обмотке 17 А. Какова амплитуда силы тока в первичной обмотке трансформатора, если коэффициент его полезного действия равен 85 %?

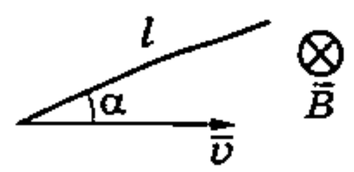
Ответ: _____ А.

23 20 Амплитуда напряжения на концах первичной обмотки трансформатора 310 В, амплитуда силы тока в ней 0,5 А. Амплитуда напряжения на концах вторичной обмотки 31 В, амплитуда силы тока в ней 4 А. Каков коэффициент полезного действия трансформатора?

Ответ: _____ %.

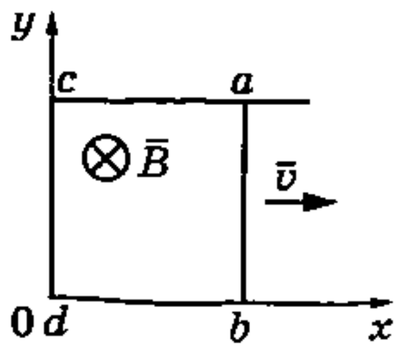
ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ»

1 Проводящий стержень длиной $l = 20$ см движется поступательно в однородном магнитном поле со скоростью $v = 1$ м/с так, что угол между стержнем и вектором скорости $\alpha = 30°$. Вектор $\vec{B}$ перпендикулярен плоскости движения стержня (см. рисунок). ЭДС индукции в стержне равна 0,05 В. Какова индукция магнитного поля?

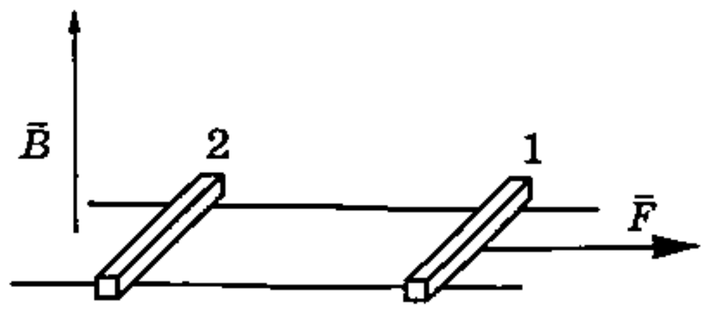


Ответ: _____ Тл.

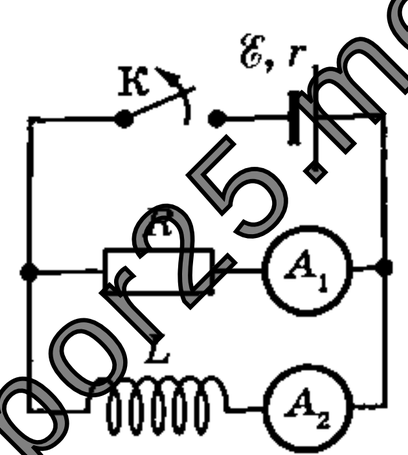
2 По П-образному проводнику $acdb$ постоянного сечения скользит проводящая перемычка ab длиной l из того же материала и того же сечения. Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, у которого вектор индукции $\vec{B}$ направлен перпендикулярно плоскости проводников (см. рисунок). Каково напряжение U между точками a и b в тот момент, когда $ab = ac$, если скорость перемычки равна v? Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало, а сопротивление проводников велико.



3 По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой $m = 100$ г и сопротивлением $R = 0,1$ Ом каждый. Расстояние между рельсами $l = 10$ см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами $\mu = 0,1$. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



4 Резистор R и катушка индуктивности L с железным сердечником подключены к источнику тока, как показано на схеме. Первоначально ключ К замкнут, показания амперметров A_1 и A_2 равны, соответственно, $I_1 = 1$ А и $I_2 = 0,1$ А. Что произойдёт с величиной и направлением тока через резистор после размыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие явления и законы Вы использовали для объяснения.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

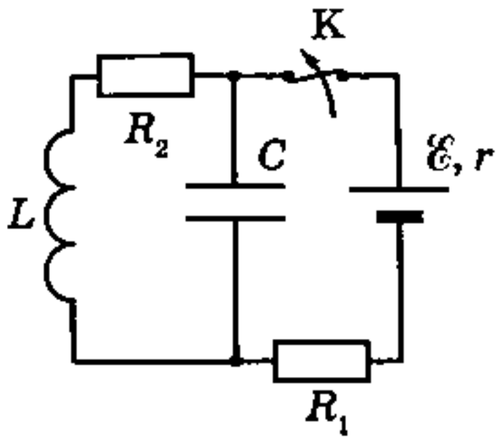
5 В идеальном колебательном контуре, состоящем из соединённых друг с другом конденсатора и катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд на одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

t, 10^{-6} с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q, 10^{-9} Кл	2	1,42	0	−1,42	−2	−1,42	0	1,42	2	1,42

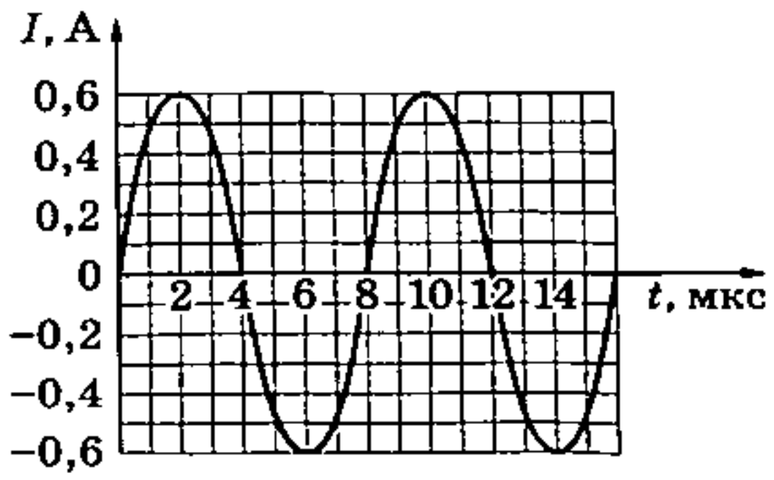
Вычислите по этим данным максимальное значение силы тока в катушке индуктивности. Ответ выразите в мА, округлив его до десятых.

Ответ: _____ мА.

6 На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС $\mathscr{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 7$ Ом и $R_2 = 4$ Ом, конденсатора электроёмкостью $C = 3$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 32$ мкГн. Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 после размыкания ключа К? Сопротивлением провода катушки пренебречь.



7 Сила тока в идеальном колебательном контуре меняется со временем так, как показано на рисунке. Определите заряд конденсатора в момент времени $t = 3$ мкс.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ОПТИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Электромагнитные волны демонстрируют **свойства**, общие для волн любой природы. В однородной среде они распространяются прямолинейно. На границе раздела двух сред они частично преломляются и частично отражаются. Наблюдается интерференция, дифракция и дисперсия электромагнитных волн. Электромагнитная волна в вакууме является поперечной волной: векторы напряжённости электрического поля $\vec{E}$, индукции магнитного поля $\vec{B}$ и скорости распространения волны $\vec{c}$ взаимно перпендикулярны, т. е. $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$.

Шкала электромагнитных волн. Диапазоны электромагнитных волн в порядке убывания длины волны (увеличения частоты) расставлены так:

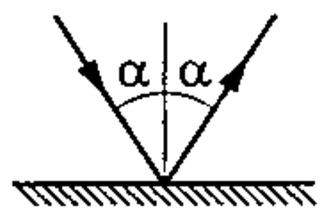
Радиоволны
Инфракрасное (ИК) излучение
Видимый свет
Ультрафиолетовое (УФ) излучение
Рентгеновское излучение
Гамма-излучение

Радиоволны используются в радио- и телевещании, в мобильной связи, в радиолокации, в СВЧ-печах. ИК-излучение реализует теплопередачу. Видимый свет поставляет нам, по некоторым данным, около 90 % информации об окружающем мире. УФ-излучение вызывает загар и используется для обеззараживания помещений и поверхностей предметов, включая пищевые продукты. Рентгеновское излучение широко используется в медицине. Гамма-излучение содержит информацию о ядерных реакциях и взаимодействии элементарных частиц.

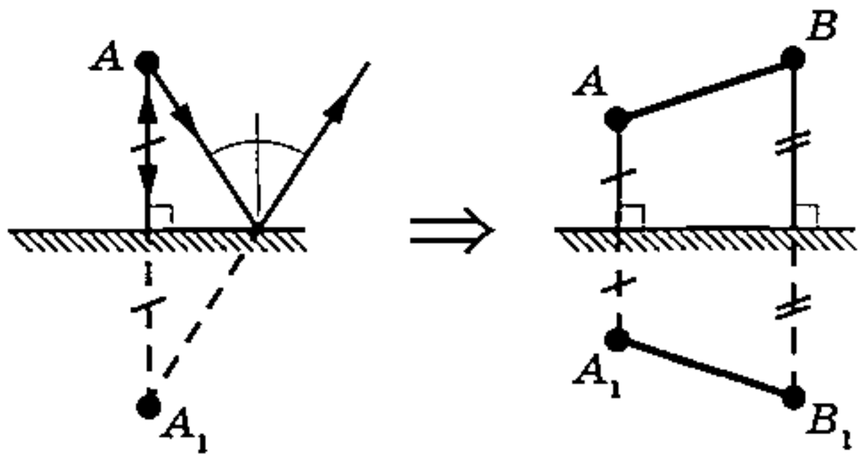
В однородной среде свет распространяется **прямолинейно. Луч света** — модель узкого пучка света в геометрической оптике. В однородной среде луч света — прямая линия.

Законы отражения света. Пусть луч света падает на плоское зеркало. Тогда

1) падающий луч, отражённый луч и перпендикуляр к зеркалу, восставленный в точке падения, лежат в одной плоскости;
2) угол падения равен углу отражения.

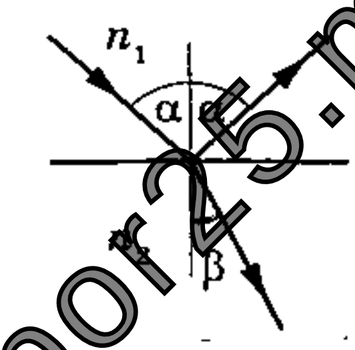


Построение изображений в плоском зеркале представлено на рисунке. Изображение предмета в плоском зеркале — мнимое, прямое, равного с предметом размера.



Законы преломления света. Пусть луч света падает на плоскую границу раздела двух прозрачных сред с показателями преломления n_1 и n_2. Тогда

1) падающий луч, преломлённый луч и перпендикуляр к границе раздела сред, восставленный в точке падения, лежат в одной плоскости;
2) $n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$ (закон Снеллиуса).



© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

В законе Снеллиуса упоминается **абсолютный показатель преломления** среды:

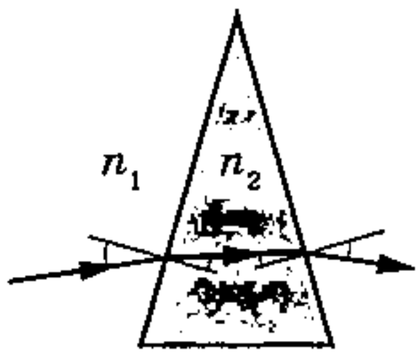
$$n_{абс} = n = \frac{c}{v},$$

где c — модуль скорости света в вакууме, v — модуль скорости света в данной среде.

Относительный показатель преломления второй среды относительно первой:

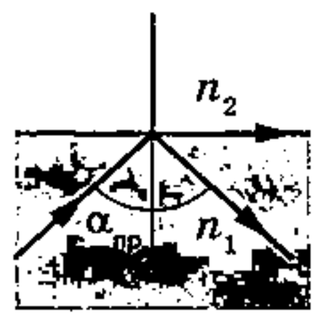
$$n_{отн} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}.$$

При переходе через границу раздела двух сред частота колебаний в монохроматической световой волне не меняется: $\nu_1 = \nu_2$. Поэтому при этом переходе меняется длина монохроматической световой волны, подчиняясь условию $n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$.



Ход лучей в призме показан на рисунке для случая $n_1 < n_2$. В этом случае, проходя через призму, луч света отклоняется к её основанию. В случае $n_1 > n_2$ луч света, проходя через призму, отклоняется от её основания.

Если луч света падает на границу раздела двух сред из среды с бóльшим показателем преломления n_1 в среду с меньшим показателем преломления n_2, то при больших углах падения наблюдается **полное внутреннее отражение** (отсутствует преломлённый луч во второй среде). **Предельный угол полного внутреннего отражения** соответствует углу преломления $\beta = 90°$. Тогда из закона Снеллиуса получаем:



$$\sin\alpha_{пр} = \frac{1}{n_{отн}} = \frac{n_2}{n_1} < 1.$$

Замечание. В этой формуле по традиции относительный показатель преломления $n_{отн}$ определён как отношение большего показателя преломления к меньшему и поэтому отличается от приведённого выше определения $n_{отн}$, в котором играет роль порядок упоминания сред, а не величины их показателей преломления.



Линза представляет собой прозрачное тело, обычно ограниченное двумя сферическими поверхностями.

Прямая, проходящая через центры этих поверхностей, является главной оптической осью линзы. Если луч света, идущий параллельно главной оптической оси линзы, после преломления в линзе пересекает её главную оптическую ось, то линза называется **собирающей**. Если луч света, идущий параллельно главной оптической оси линзы, после преломления в линзе отклоняется в сторону от её главной оптической оси, то линза называется **рассеивающей**. Если показатель преломления материала линзы больше показателя преломления окружающей среды (пример: стеклянная линза в воздухе), то линза, более толстая в середине, чем по краям, будет собирающей, а линза, более тонкая в середине, чем по краям, будет рассеивающей. Если показатель преломления материала линзы меньше показателя преломления окружающей среды (пример: заполненная воздухом полость во льду), то линза, более толстая в середине, чем по краям, будет рассеивающей, а линза, более тонкая в середине, чем по краям, будет собирающей.

Если толщина линзы много меньше радиусов её сферических поверхностей, то линза называется **тонкой**. Пучок лучей света, параллельных главной оптической оси тонкой собирающей линзы, пройдя через линзу, соберётся за ней в точке, именуемой фокусом линзы F и расположенной на её главной оптической оси (см. рис. 1). Такой же пучок света, пройдя через тонкую рассеивающую линзу, распространяется за ней как расходящийся пучок лучей, продолжения которых исходят из точки, именуемой фокусом линзы F и расположенной на её главной оптической оси (см. рис. 2).

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

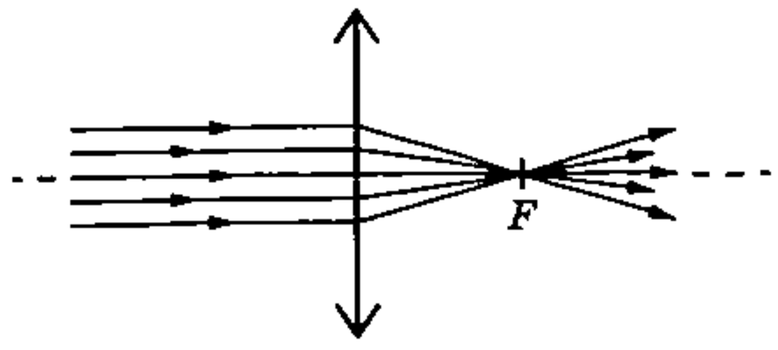


Рис. 1

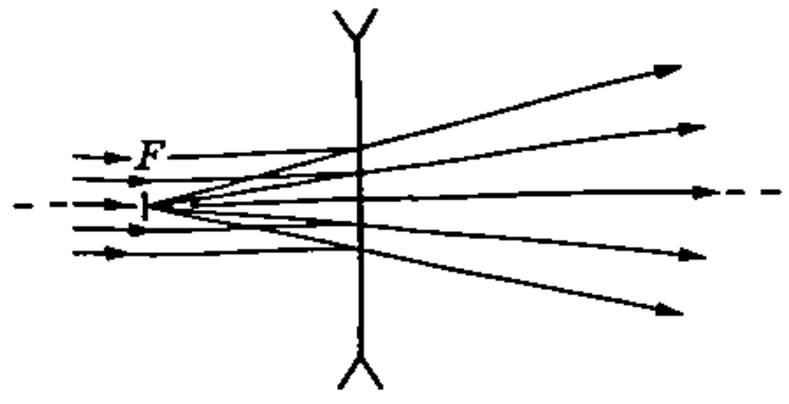


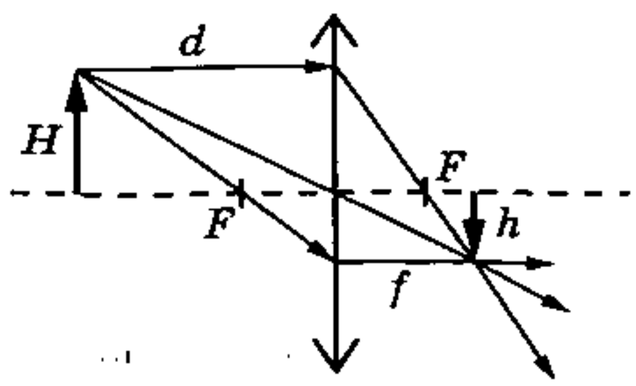
Рис. 2

Расстояние от фокуса линзы до её центра называется **фокусным расстоянием**. Фокусное расстояние рассеивающих линз будем считать **отрицательным**. **Оптическая сила линзы** D определена следующим образом: $\boxed{D = \frac{1}{F}}$.

Замечание. Лучи, падающие на линзу на малом расстоянии h ($h \ll |F|$) от её главной оптической оси и при этом под малыми углами α ($|\alpha| \ll 1$ в радианах) относительно её главной оптической оси, назовём параксиальными. В определении фокуса линзы, в формуле тонкой линзы и при построении изображений в тонких линзах имеются в виду только параксиальные лучи.

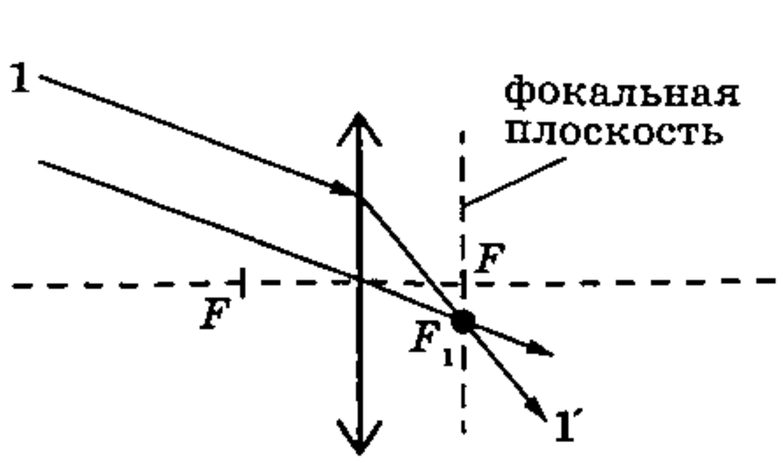
Формула тонкой линзы: $\boxed{\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}}$.

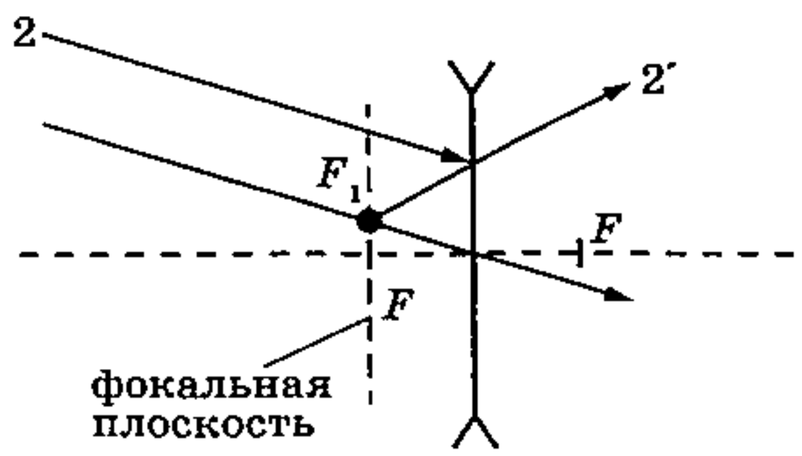
Увеличение, даваемое линзой: $\boxed{\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}}$.



Замечание. Формула тонкой линзы в этом виде применима и к рассеивающим линзам, если считать, что для них $F < 0$.

Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси.





Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах выполняется с помощью рассмотренных только что произвольных лучей, а также с помощью лучей специального положения, показанных на следующем рисунке. Среди этих лучей:

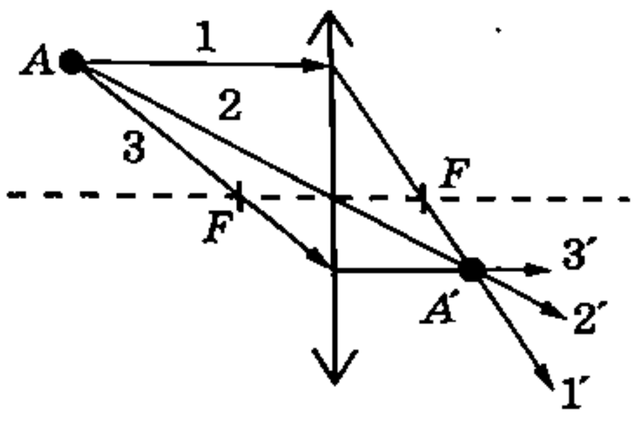
1) луч, падающий на линзу параллельно её главной оптической оси (лучи 1 и 4);

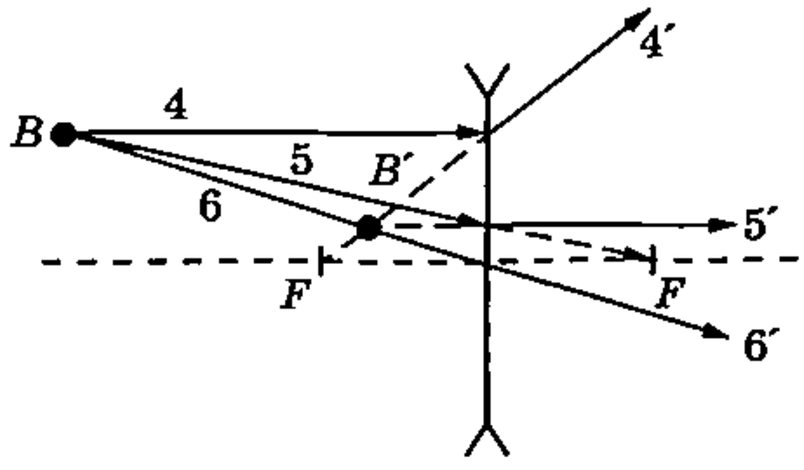
2) луч, идущий через центр линзы (лучи 2 и 6);

3) луч, проходящий через передний фокус собирающей линзы (луч 3), и луч, нацеленный на задний фокус рассеивающей линзы (луч 5).

sbor25.me

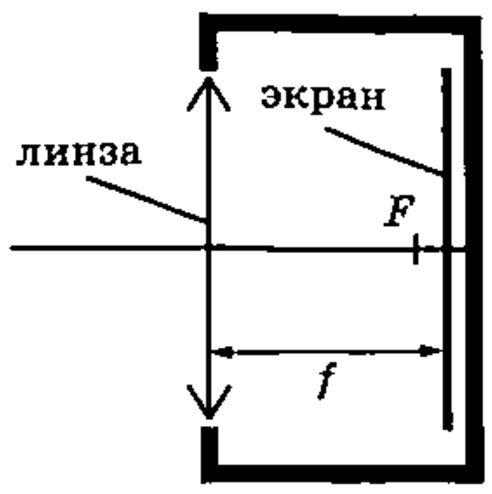
© ООО «Издательство «Национальное образование»





Если точка лежит вне фокальной плоскости линзы, то её изображением в тонкой линзе является точка. Если отрезок прямой не имеет общих точек с фокальной плоскостью линзы, то его изображением в тонкой линзе является отрезок прямой.

Фотоаппарат как оптический прибор. Объектив фотоаппарата, подобно тонкой линзе, создаёт на экране (матрице или фотоплёнке) действительное изображение предмета. Чёткости изображения достигают изменением расстояния f от объектива до экрана. Обычно для этого передвигают объектив, а экран остаётся неподвижным относительно корпуса фотокамеры.

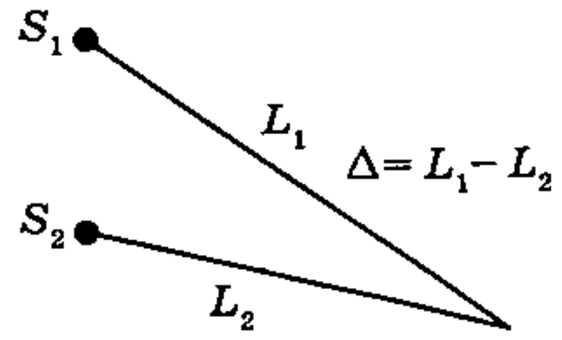


Глаз как оптическая система. Геометрия глаза, за исключением хрусталика, практически неизменяема. Поэтому чёткое изображение на сетчатке глаза предметов, находящихся на разном удалении от человека, получается за счёт изменения формы хрусталика глаза. Таким способом меняется фокусное расстояние оптической системы глаза, и при одном и том же расстоянии от линзы (хрусталика) до экрана (сетчатки) на экране получаются чёткие изображения предметов, от близких до далёких.

Интерференция света — увеличение или уменьшение результирующей амплитуды световых волн при их наложении (суперпозиции).

В результате возникает интерференционная картина — распределение в пространстве более светлых и более тёмных участков. Для создания устойчивой интерференционной картины (неподвижной или меняющейся очень медленно, чтобы человек успевал воспринимать эту картину) требуются **когерентные источники** света. Это значит, что источники излучают волны с постоянной разностью фаз. Необходимым условием для этого является совпадение частот колебаний в интерферирующих волнах. Если разность фаз колебаний световых волн в источниках равна нулю, источники называются **синфазными.**

Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников, излучающих монохроматический свет с длиной волны λ:



максимумы: $\Delta = 2m\dfrac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$

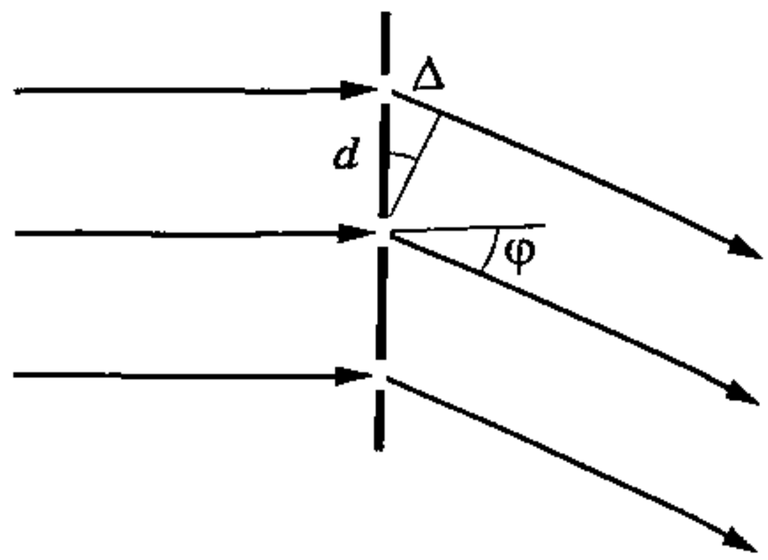
минимумы: $\Delta = (2m+1)\dfrac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$

Дифракция света — отклонение от законов геометрической оптики при распространении света, в частности, проникновение света в область геометрической тени.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Дифракционная решётка — оптический прибор в виде совокупности большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесённых на некоторую поверхность. Расстояние d, через которое повторяются штрихи на дифракционной решётке, называется её периодом.

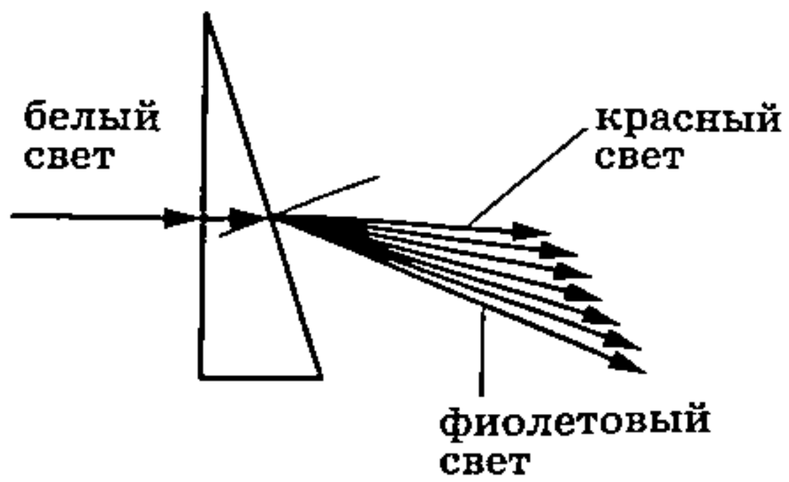


Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны λ на решётку с периодом d:

$$\Delta = d \sin \varphi_m = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$$

Дисперсия света — явления, обусловленные зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света.

Примером дисперсии является разложение белого света в спектр при его прохождении через призму.



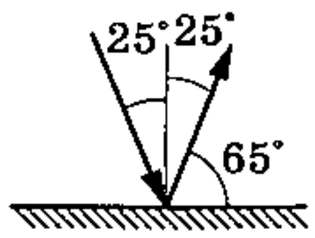
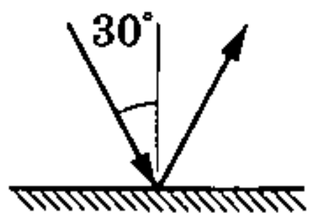
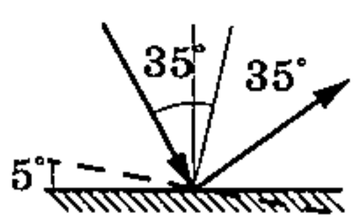
© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Задание 13

Что нужно знать	Что нужно уметь
Законы отражения света. Построение изображений в плоском зеркале (стр. 350)	1) Различать углы падения и отражения света в плоском зеркале. 2) Использовать свойства изображения в плоском зеркале
Собирающая линза, оптическая сила линзы. Построение изображений в собирающей линзе (стр. 351–353)	Строить изображения предметов в собирающей линзе, определять фокусное расстояние и оптическую силу линзы

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

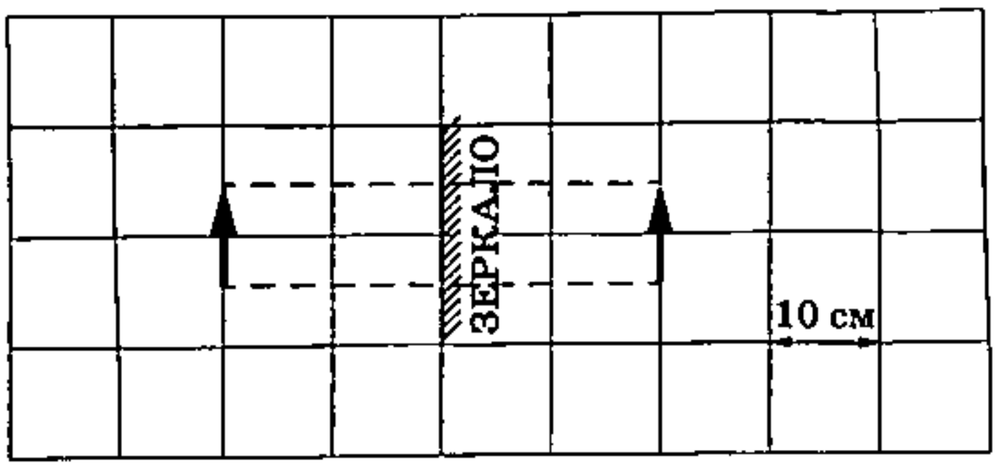
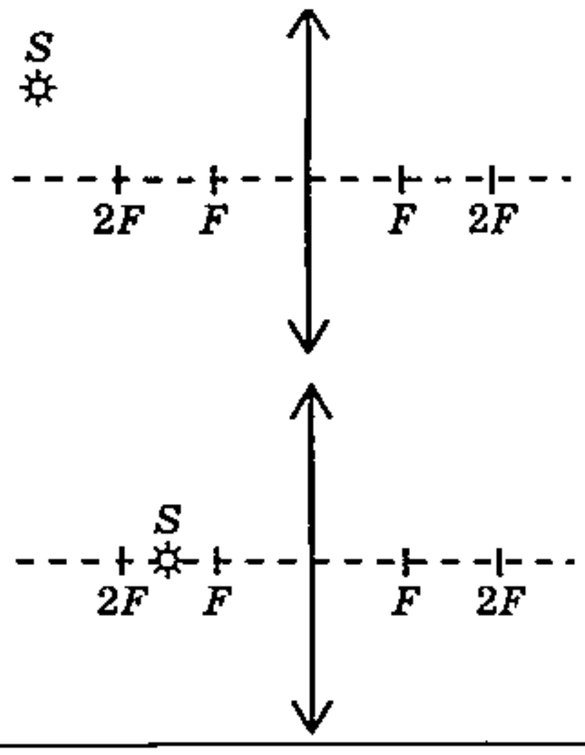
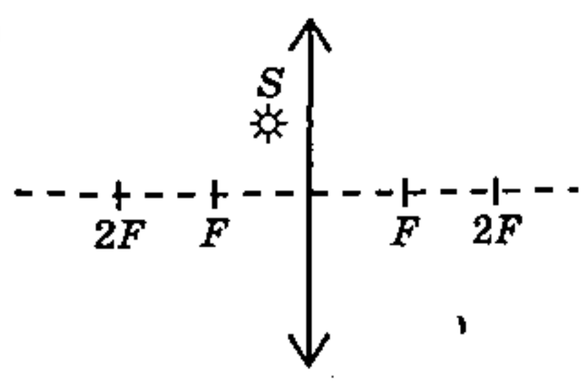
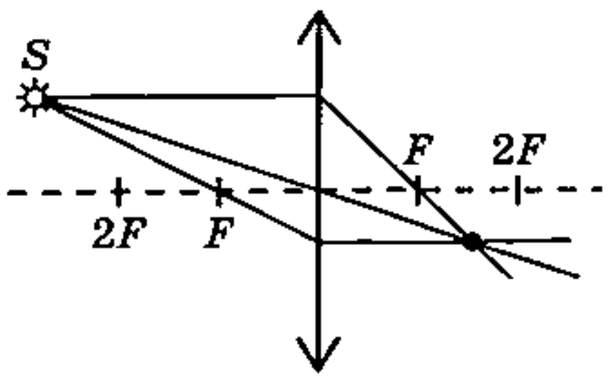
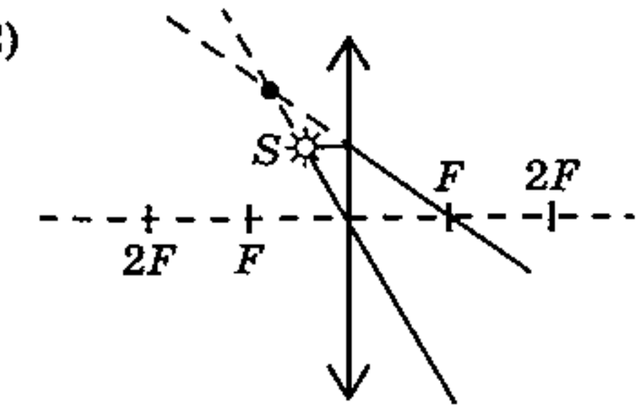
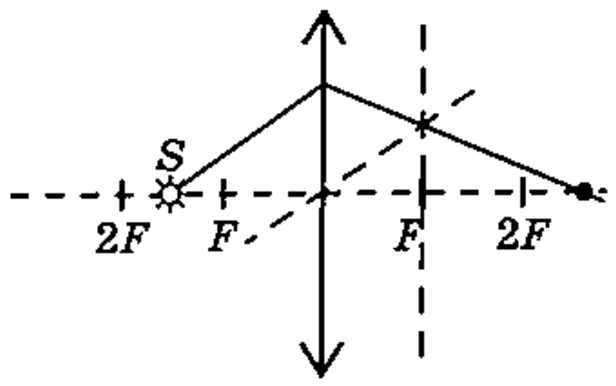
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Луч света падает на плоское зеркало. 1) Угол падения равен 25°. Определите угол отражения. 2) Чему равен угол между плоскостью зеркала и отражённым лучом? 3) Угол падения увеличили на 5°. Каким станет угол между падающим и отражённым лучами? 4) Дополнительно зеркало повернули на 5° по часовой стрелке. Каким станет угол отражения света?
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Угол отражения равен 25° (по закону отражения света). Ответ: 25°. 2) Угол между плоскостью зеркала и отражённым лучом: 90° – 25° = 65°. Ответ: 65°. 3) При увеличении угла падения на 5° он станет равным 30°. Угол между падающим и отражённым лучами: 30° + 30° = 60°. Ответ: 60°. 4) При повороте зеркала на 5° по часовой стрелке угол падения увеличится и станет равным 35°. Соответственно, и угол отражения станет равным 35°.    Ответ: 35°
Задание № 2	Предмет высотой 10 см находится на расстоянии 20 см от плоского зеркала. 1) Постройте изображение предмета в плоском зеркале. 2) Какова высота изображения? Каково расстояние между плоскостью зеркала и изображением? 3) Каким станет расстояние между предметом и его изображением, если предмет отодвинуть на 5 см от зеркала?

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1)  2) Высота изображения равна 10 см. Расстояние от изображения до зеркала равно 20 см. Ответ: 10 см; 20 см. 3) Если предмет отодвинуть на 5 см, то расстояние до зеркала станет равным 25 см, а между предметом и изображением 50 см. Ответ: 50 см
Задание № 3	Постройте изображения источников света в тонкой собирающей линзе. 1)  2)  3)
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1)  2)  3) 

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

13 1 Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения равен 10°. Определите угол между падающим и отражённым лучами.

Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 2 Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 20°. Чему равен угол между отражённым лучом и плоскостью зеркала?

Ответ: _____ градусов.

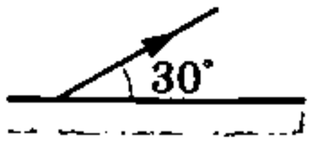
БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 3 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен 30°. Чему равен угол между падающим лучом и зеркалом?

Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

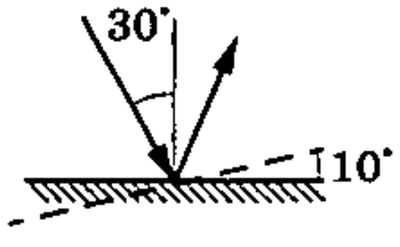
13 4 Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен 30° (см. рисунок). Определите угол падения.



Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

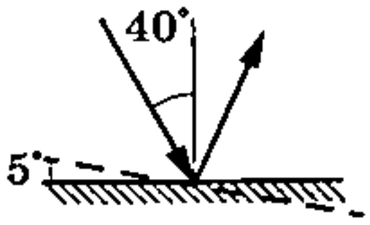
13 5 Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен 30°. Каким будет угол между падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?



Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

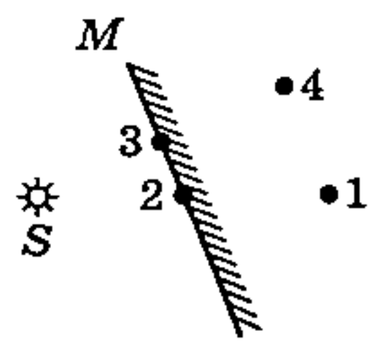
13 6 Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен 40°. Каким будет угол между падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на 5° так, как показано на рисунке?



Ответ: _____ градусов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

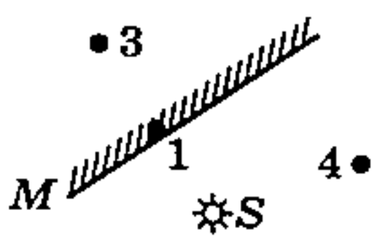
13 7 Какая из точек 1–4 является изображением источника света S в зеркале M (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 8 Какая из точек 1–4 является изображением источника света S в зеркале M (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 9 Точечный источник света находится на расстоянии 1,6 м от плоского зеркала. На сколько увеличится расстояние между источником и его изображением, если, не поворачивая зеркала, отодвинуть его от источника на 0,2 м?

Ответ: на _____ м.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

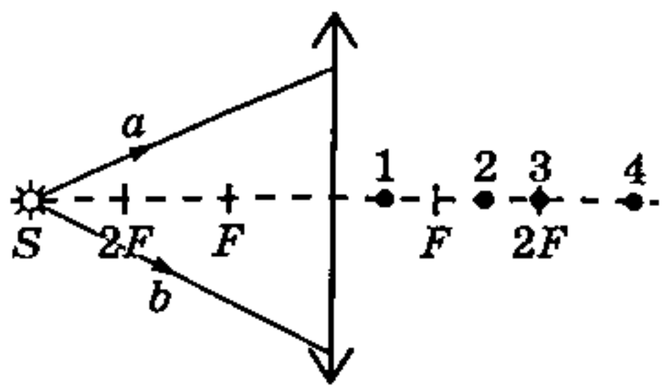
sbor25.me

13 10 Предмет находится на расстоянии 60 см от плоского зеркала. Каково будет расстояние между предметом и его изображением, если предмет приблизить к зеркалу на 25 см?

Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

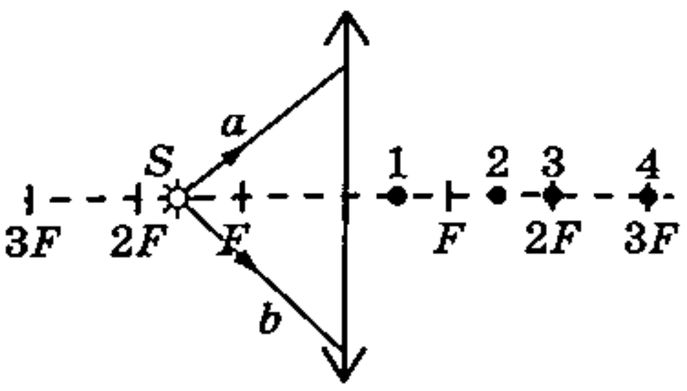
13 11 От точечного источника света S, находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F на расстоянии $3F$ от неё, распространяются два луча: a и b, как показано на рисунке.
В какой точке (1, 2, 3 или 4) пересекутся эти лучи после преломления линзой?



Ответ: в точке _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

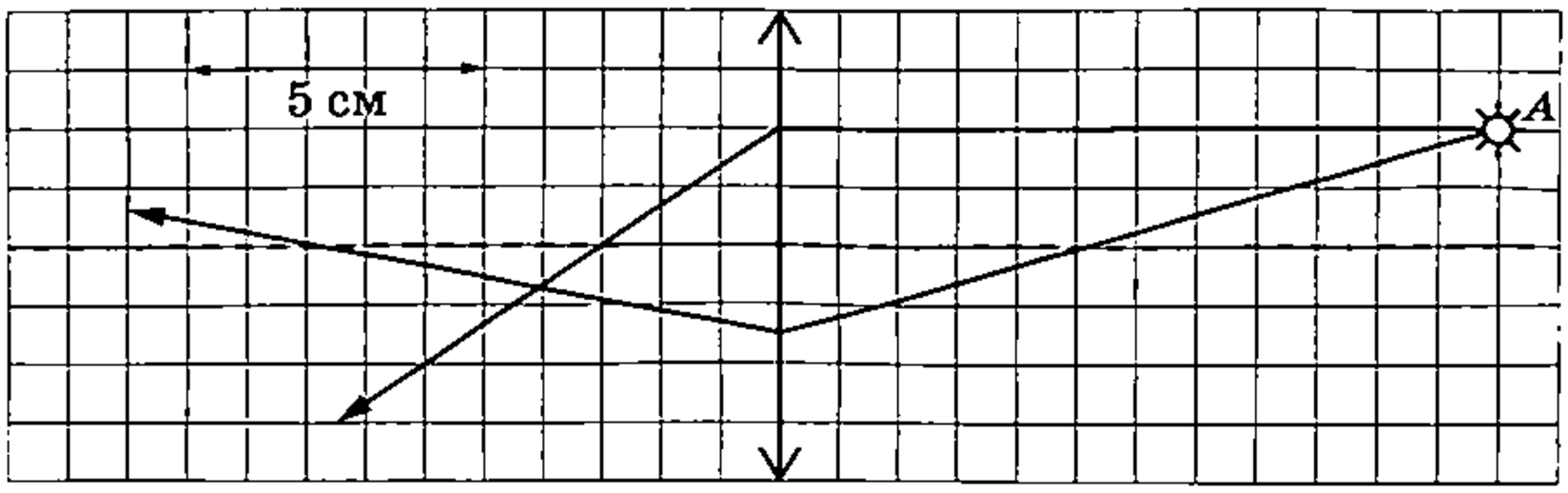
13 12 От точечного источника света S, находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F на расстоянии $1{,}5F$ от неё, распространяются два луча: a и b, как показано на рисунке.
В какой точке (1, 2, 3 или 4) пересекутся эти лучи после преломления линзой?



Ответ: в точке _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 13 На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.

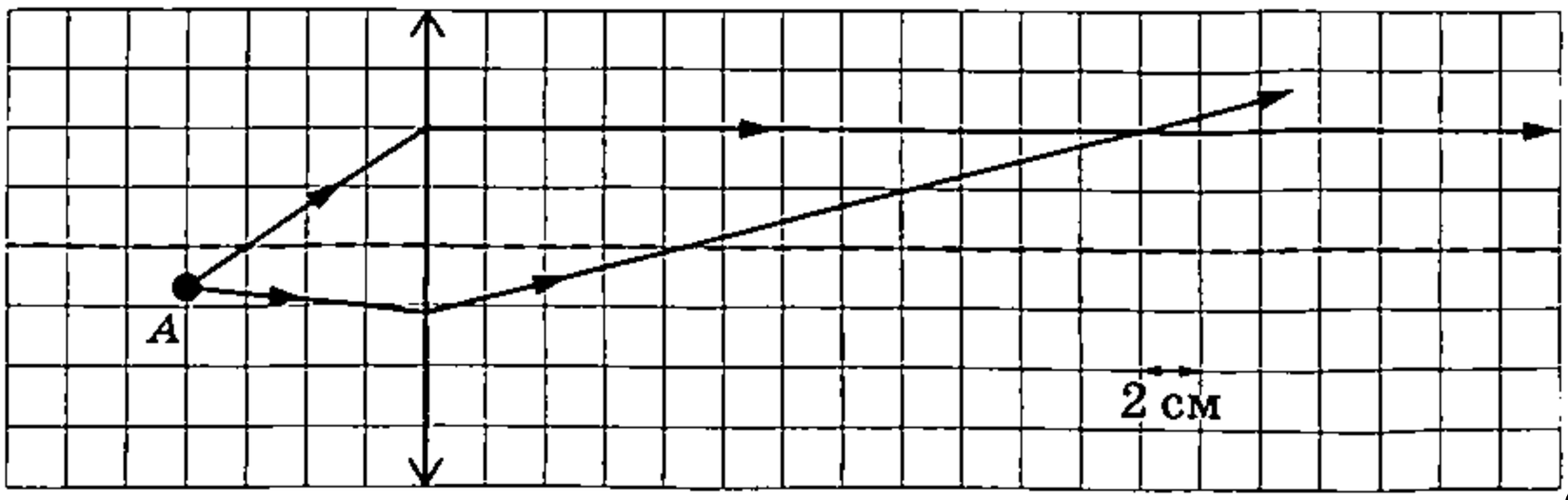


Каково фокусное расстояние этой линзы?

Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 14 На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



Каково фокусное расстояние этой линзы?

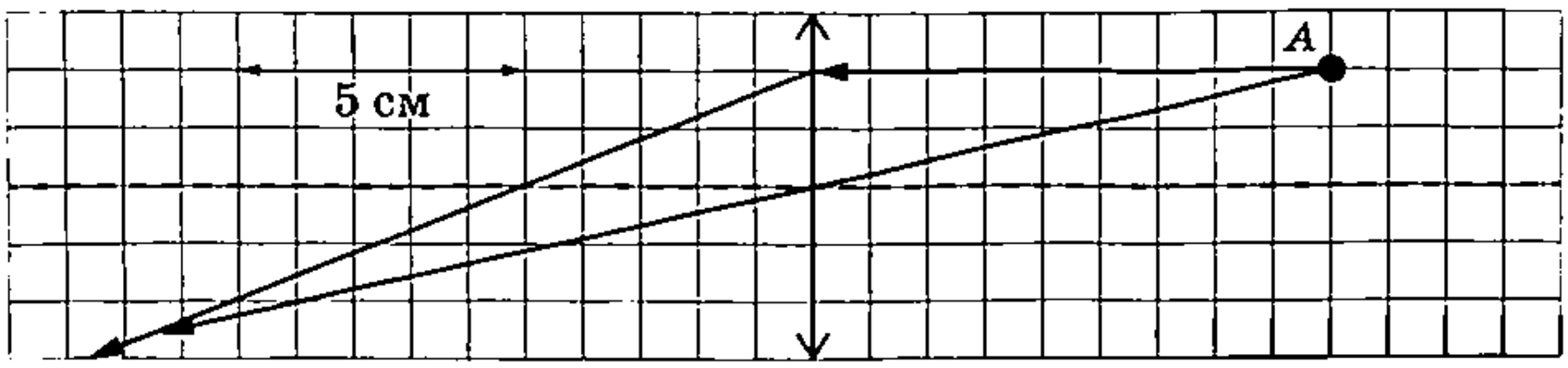
Ответ: _____ см.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 15 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.

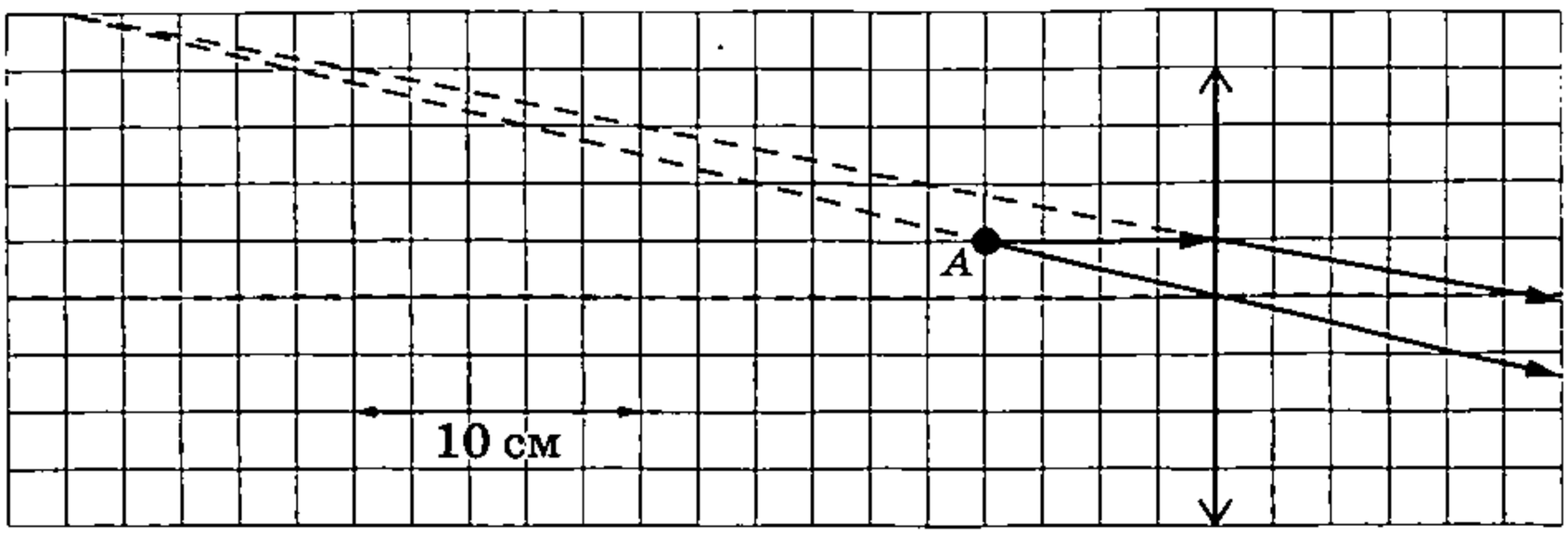


Какова оптическая сила линзы?

Ответ: _____ дптр.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 16 На рисунке изображён ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.

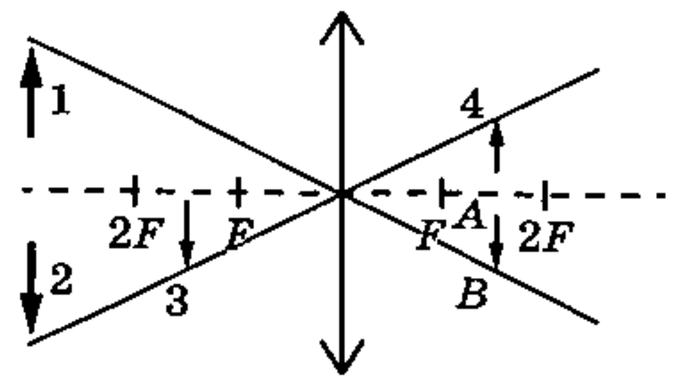


Какова оптическая сила линзы?

Ответ: _____ дптр.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

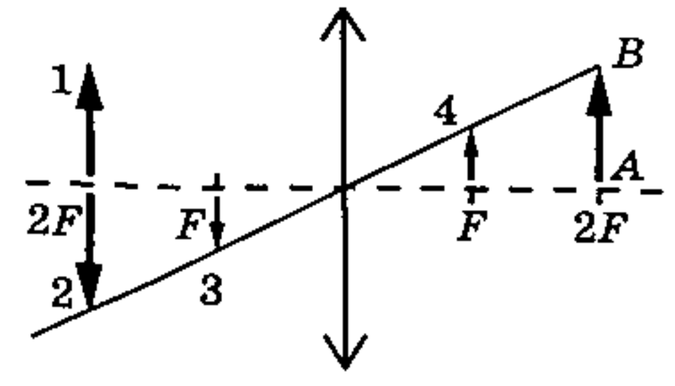
13 17 Какому из предметов 1–4 соответствует изображение AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



Ответ: предмету _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

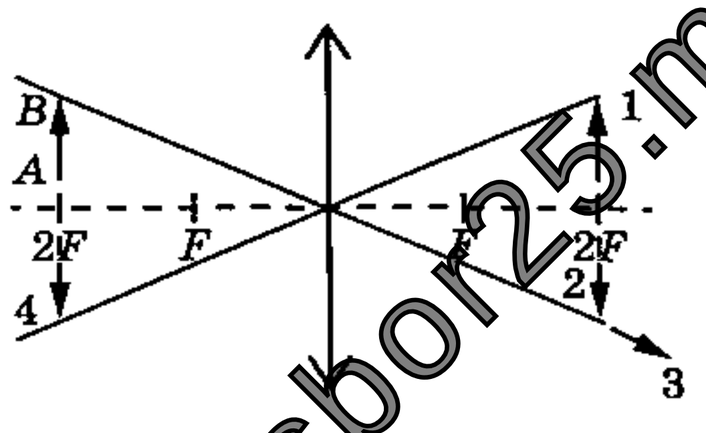
13 18 Какому из предметов 1–4 соответствует изображение AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



Ответ: предмету _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 19 Какой из образов 1–4 служит изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



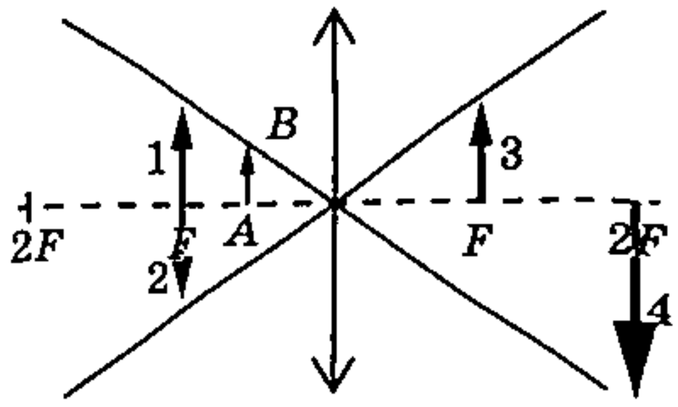
Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

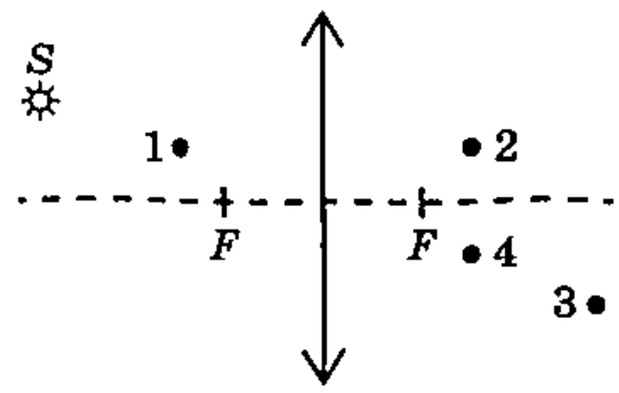
13 20 Какой из образов 1–4 служит мнимым изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

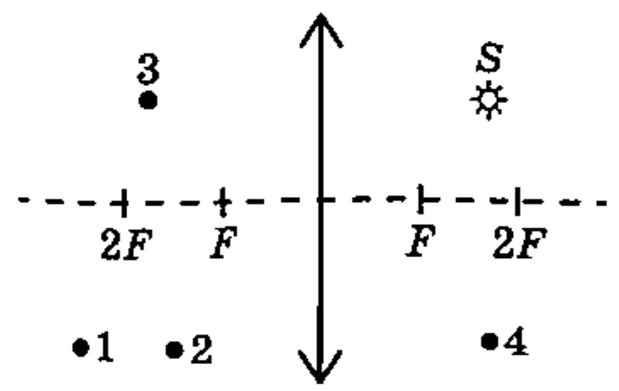
13 21 Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

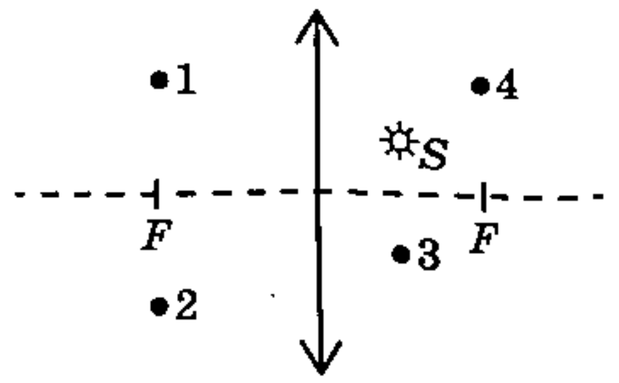
13 22 Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки S, полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

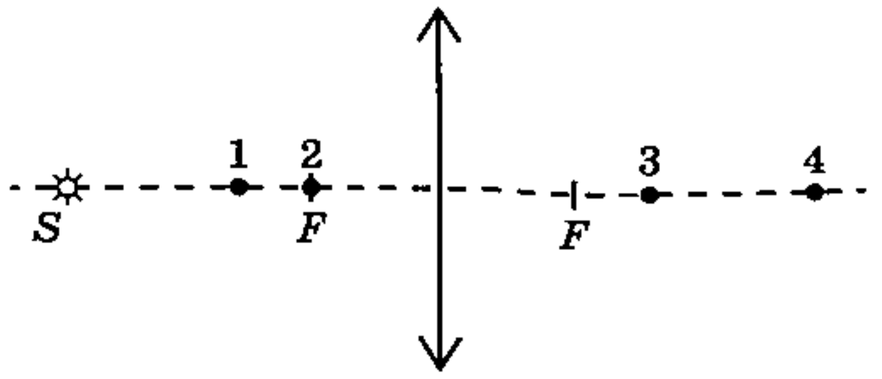
13 23 Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки S, полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

13 24 Какая точка является изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F?



Ответ: точка _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 13

© ООО «Издательство «Национальное образование»

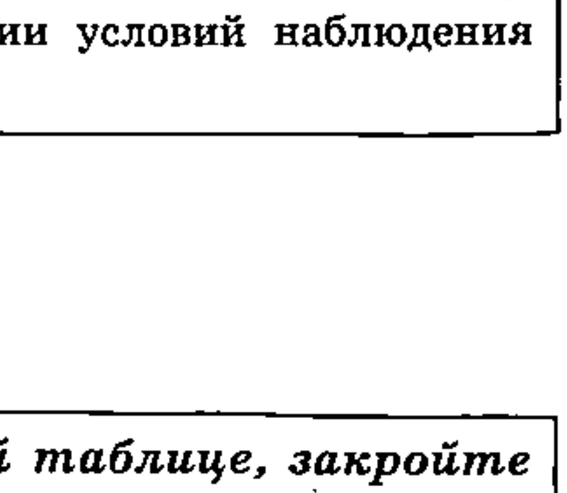
sbor25.me

Задания 14 и 15

Что нужно знать	Что нужно уметь
Преломление света. Законы преломления света (стр. 350, 351)	Понимать, что при переходе светового пучка из одной среды в другую не изменяется частота световой волны, но изменяется скорость её распространения. Используя формулу для относительного показателя преломления $n_{отн} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, сравнивать скорости и длины волн в различных средах. Применять закон преломления света $n_{отн} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$, где α — угол падения света на границу раздела двух сред, β — угол преломления
Собирающая и рассеивающая линзы, оптическая сила линзы. Построение изображений в тонких линзах (стр. 351–353)	Определять свойства изображений предметов, находящихся на разных расстояниях от собирающей и рассеивающей линз, а также расположение изображений относительно линзы
Дифракционная решётка (стр. 354)	Используя условие наблюдения максимумов при падении света на дифракционную решётку ($\Delta = d\sin\varphi_m = m\lambda,\ m = 0,\ \pm1,\ \pm2,\ \pm3\ldots$), определять изменение величин при изменении условий наблюдения дифракционной картины

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Узкий пучок света падает на стеклянную пластину. При этом наблюдается отражение и преломление света. 1) Как при преломлении света изменяются частота и длина волны света и скорость распространения электромагнитной волны? 2) Определите углы падения, отражения и преломления света. 3) Определите показатель преломления стекла 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) При переходе пучка света из воздуха в стекло частота света не изменяется. Длина волны света уменьшается (в стекле $\lambda_{ст} = \lambda / n$, где n — показатель преломления стекла). Скорость света в стекле уменьшается по сравнению со скоростью света в воздухе ($v_{ст} = \frac{c}{n}$). 2) Угол падения 70°, угол отражения 70°, угол преломления 40°. Ответ: 70°; 70°; 40°. 3) Показатель преломления стекла $n = \frac{\sin 70°}{\sin 40°} \approx 1,47$. Ответ: 1,47
Задание № 2	В опыте горящая свеча установлена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до свечи равно 2,5 $\|F\|$. Опишите свойства изображения свечи. Как будут изменяться размер изображения, расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы при приближении предмета к фокусу линзы? Выполните задания 1) для собирающей линзы; 2) для рассеивающей линзы
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Для собирающей линзы изображение свечи будет действительным, перевёрнутым и уменьшенным. Оптическая сила линзы — величина постоянная. При приближении предмета к фокусу линзы размер изображения будет увеличиваться, расстояние от линзы до изображения также будет увеличиваться. 2) Для рассеивающей линзы изображение свечи будет мнимым, прямым и уменьшенным. Оптическая сила линзы — величина постоянная. При приближении предмета к фокусу линзы размер изображения будет увеличиваться, расстояние от линзы до мнимого изображения будет уменьшаться
Задание № 3	Дифракционная решётка освещается параллельным пучком красного света, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности. Как изменятся частота и длина волны света, падающего на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум, если 1) заменить пучок красного света на пучок синего света; 2) поместить дифракционную решётку в воду?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	1) Если вместо пучка красного света будет использоваться синий свет, то частота света увеличится, длина волны уменьшится ($\lambda = \frac{c}{\nu}$). Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум определим по формуле для дифракционной решётки $d \sin \varphi = k\lambda$. Следовательно, $\sin \varphi = \frac{k\lambda}{d}$, при уменьшении длины волны синус угла уменьшится, а значит, уменьшится и угол. 2) Если поместить дифракционную решётку в воду, то частота света не изменится, длина волны красного света в воде будет меньше, чем в воздухе ($\lambda_{в\ воде} = \lambda / n$). При уменьшении длины волны уменьшится и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум ($d \sin \varphi = k\lambda$)

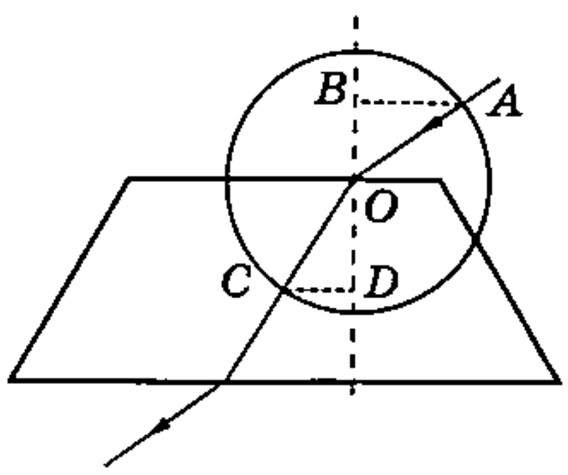
sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

15 1

На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Точка O — центр окружности. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) показатель преломления стекла n
Б) синус угла преломления в точке O

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{AB}{OA}$
2) $\frac{AB}{CD}$
3) $\frac{CD}{OC}$
4) $\frac{OD}{OC}$

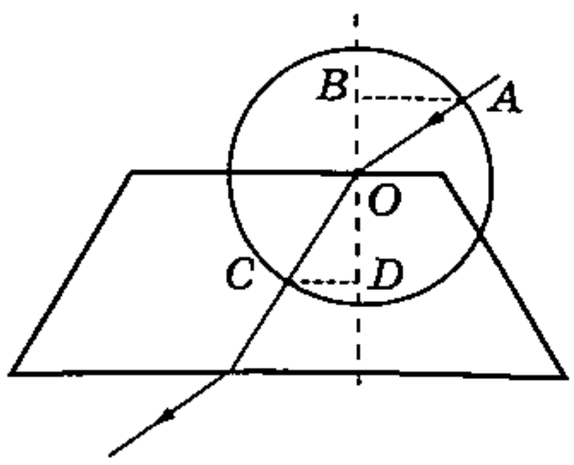
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 2

На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Точка O — центр окружности.
Установите соответствие между формулами и физическими величинами, которые их выражают в рассматриваемой задаче.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры.



ФОРМУЛЫ

А) $\frac{AB}{CD}$
Б) $\frac{AB}{OA}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) синус угла падения в точке O
2) синус угла преломления в точке O
3) показатель преломления воздуха
4) показатель преломления стекла

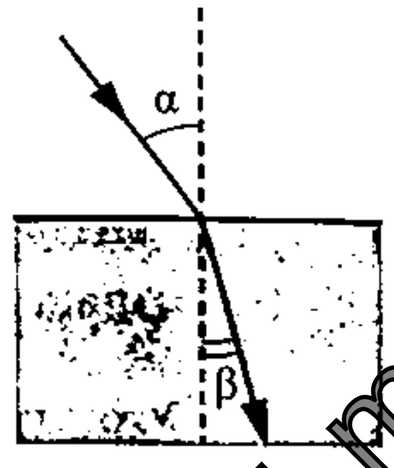
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 3

Пучок монохроматического света вошёл из воздуха в воду (см. рисунок). Что произошло в результате перехода света из воздуха в воду с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью их распространения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость

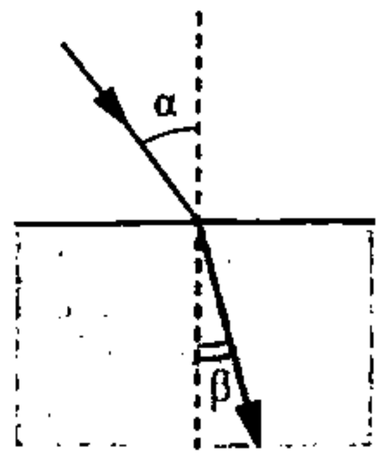
БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdr25.me

15 4

Пучок монохроматического света вошёл из воздуха в воду (см. рисунок). Что произошло в результате перехода света из воздуха в воду с периодом и длиной волны электромагнитных колебаний в световой волне?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

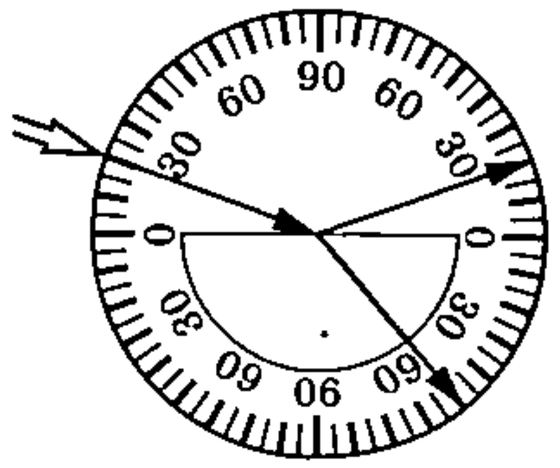
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Длина волны

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 5

Ученик проводит опыт по преломлению света, представленный на рисунке. Как изменятся при увеличении угла падения угол преломления света, распространяющегося в стекле, и показатель преломления стекла?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

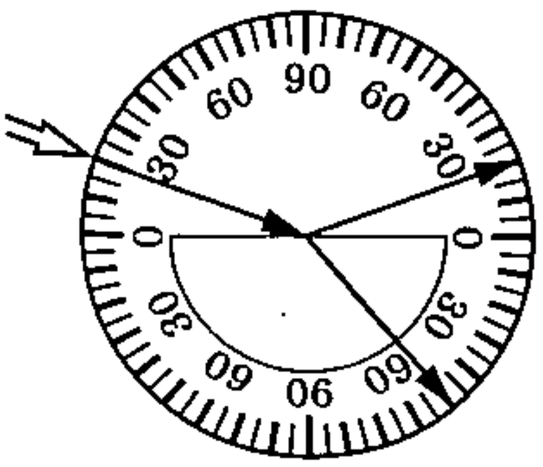
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угол преломления	Показатель преломления стекла

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 6

Ученик проводит опыт по преломлению света, представленный на рисунке. Как изменятся при уменьшении угла падения угол преломления света, распространяющегося в стекле, и показатель преломления стекла?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

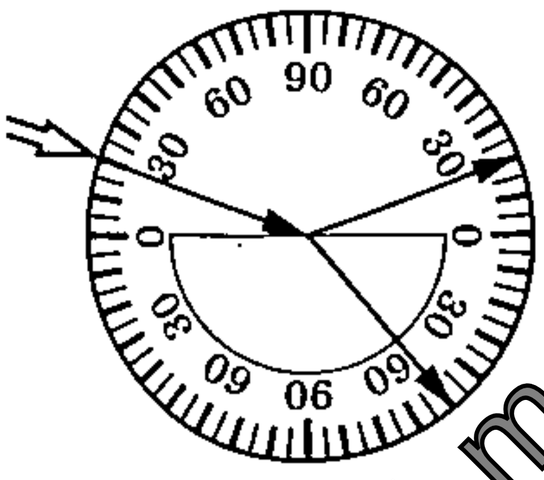
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угол преломления	Показатель преломления стекла

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

14 7

Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину. Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка все правильные утверждения.



угол α	20°	40°	50°	70°
sin α	0,34	0,64	0,78	0,94

1) Угол падения равен 70°.
2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,22.
3) Угол преломления равен 50°.
4) В воздухе скорость светового луча больше, чем в стекле.
5) Угол отражения равен 60°.

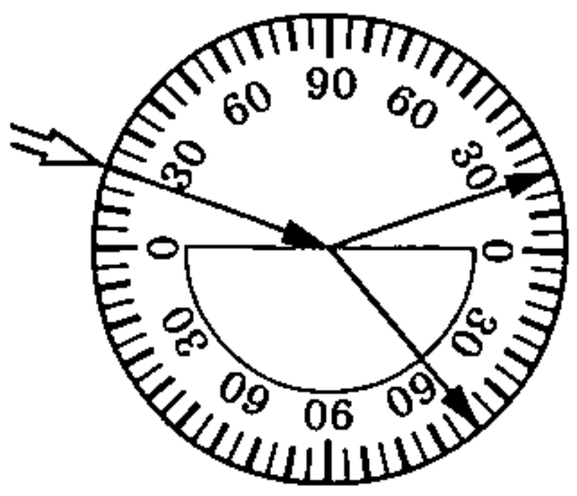
БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

14 8

Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину. Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка все правильные утверждения.



угол α	20°	40°	50°	70°
sin α	0,34	0,64	0,78	0,94

1) Угол падения равен 20°.
2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,47.
3) Угол преломления равен 40°.
4) В воздухе скорость светового луча меньше, чем в стекле.
5) Угол отражения равен 20°.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 9

Точечный источник света находится в ёмкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Диаметр пятна, см	20	40	60	80	100	120	140

Выберите все верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

1) Показатель преломления жидкости больше 1,5.
2) Образование пятна на поверхности обусловлено интерференцией света в жидкости.
3) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.
4) Граница пятна движется с ускорением.
5) Угол полного внутреннего отражения равен 45°.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

14 10

Точечный источник света находится в ёмкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	12	24	36	48	60	72	84

Выберите все верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

1) Показатель преломления жидкости меньше 1,5.
2) Образование пятна на поверхности обусловлено дисперсией света в жидкости.
3) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.
4) Граница пятна движется с ускорением.
5) Угол полного внутреннего отражения меньше 45°.

БЛАНК ОТВЕТОВ 14

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

15 11

В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали равно $2|F|$. Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ	СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ
А) линза рассеивающая	1) действительное, перевёрнутое, равное по размерам
Б) линза собирающая	2) мнимое, прямое, уменьшенное
	3) действительное, увеличенное, перевёрнутое
	4) мнимое, увеличенное, перевёрнутое

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 12

В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали равно $3|F|$. Сначала в опыте использовали собирающую линзу, а затем — рассеивающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ	СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ
А) линза собирающая	1) действительное, увеличенное, перевёрнутое
Б) линза рассеивающая	2) мнимое, прямое, уменьшенное
	3) действительное, уменьшенное, перевёрнутое
	4) мнимое, увеличенное, перевёрнутое

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 13

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы между фокусным и двойным фокусным расстоянием от неё. Предмет начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом размер изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Размер изображения	Оптическая сила линзы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15 14

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на тройном фокусном расстоянии от неё. Его начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения	Оптическая сила линзы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdar25.me

15
15

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают отодвигать от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения	Оптическая сила линзы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
16

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла $n_{стекла} = 1{,}54$), показанную на рисунке, переносят из воздуха ($n_{воздуха} = 1$) в воду ($n_{воды} = 1{,}33$). Как изменяются при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Фокусное расстояние линзы	Оптическая сила линзы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
17

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла $n_{стекла} = 1{,}54$), показанную на рисунке, переносят из воды ($n_{воды} = 1{,}33$) в воздух ($n_{воздуха} = 1$). Как изменяются при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Фокусное расстояние линзы	Оптическая сила линзы

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
18

В пустом прозрачном сосуде находится дифракционная решётка. Решётка освещается лучом света лазерной указки, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум, если сосуд заполнить водой?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, падающей на решётку	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdor25.me

15
19

В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается лучом света лазерной указки, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум, если вылить воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на решётку	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
20

В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с бóльшим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, падающей на решётку	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

15
21

В прозрачном сосуде с водой находится дифракционная решётка, которая освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум, если воду заменить прозрачной жидкостью с меньшим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на решётку	Угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум

БЛАНК ОТВЕТОВ 15

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ОПТИКА»

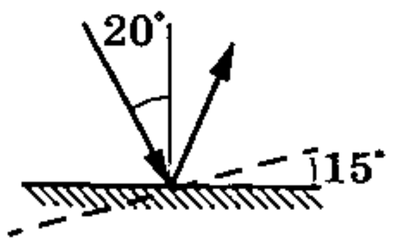
1 Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения равен 15°. Чему равен угол между падающим и отражённым лучами?

Ответ: _____ градусов.

2 Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 40°. Чему равен угол между отражённым лучом и плоскостью зеркала?

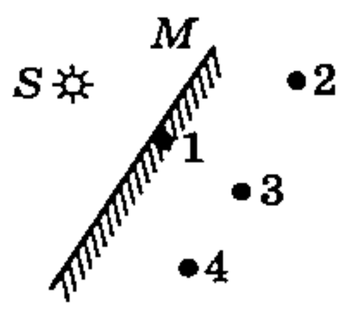
Ответ: _____ градусов.

3 Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен 20°. Каким будет угол между падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на 15° так, как показано на рисунке?



Ответ: _____ градусов.

4 Какая из точек 1–4 является изображением источника света S в зеркале M (см. рисунок)?

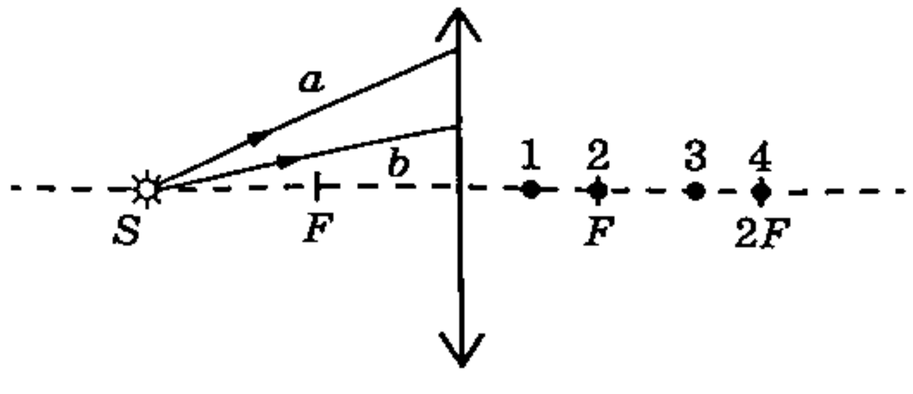


Ответ: точка _____.

5 Точечный источник света находится на расстоянии 1,2 м от плоского зеркала. На сколько уменьшится расстояние между источником и его изображением, если, не поворачивая зеркала, пододвинуть его ближе к источнику на 0,3 м?

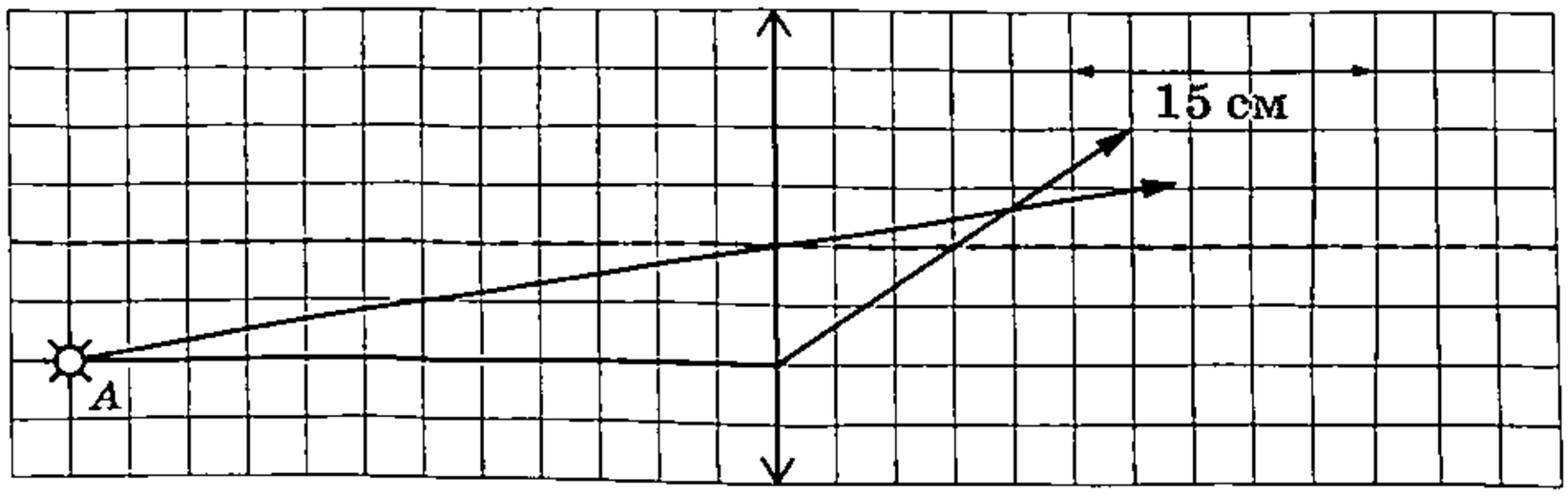
Ответ: на _____ м.

6 От точечного источника света S, находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $2F$ от неё, распространяются два луча a и b, как показано на рисунке.
В какой точке (1, 2, 3 или 4) пересекутся эти лучи после преломления линзой?



Ответ: в точке _____.

7 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



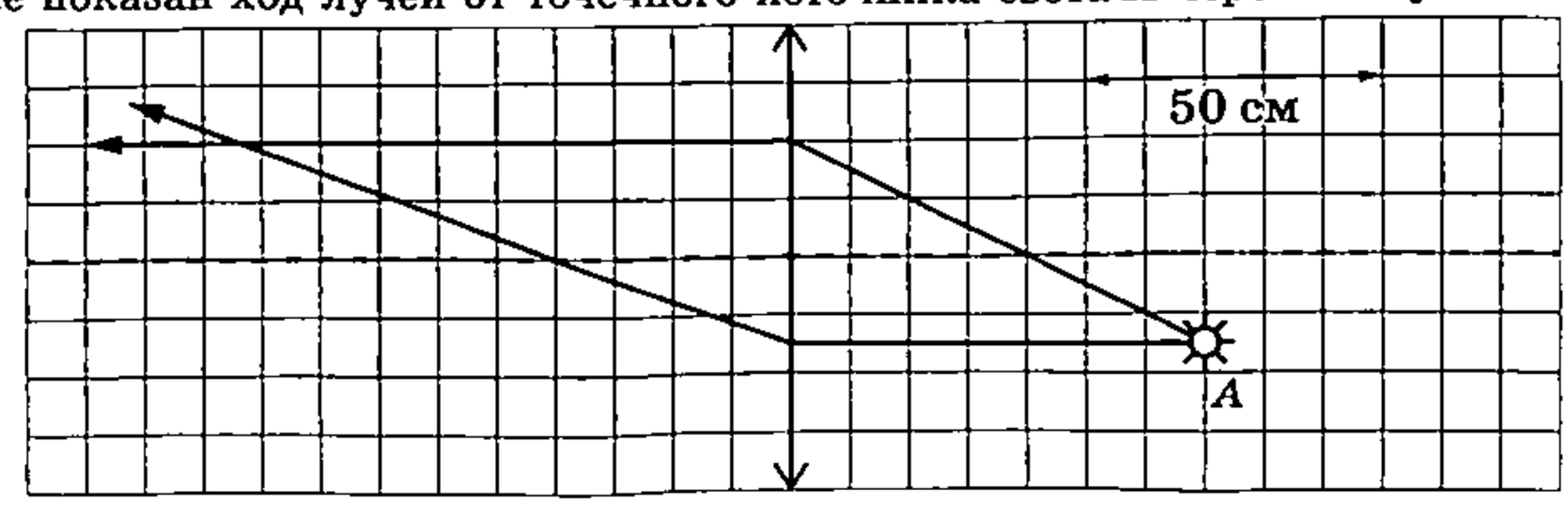
Каково фокусное расстояние этой линзы?

Ответ: _____ см.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

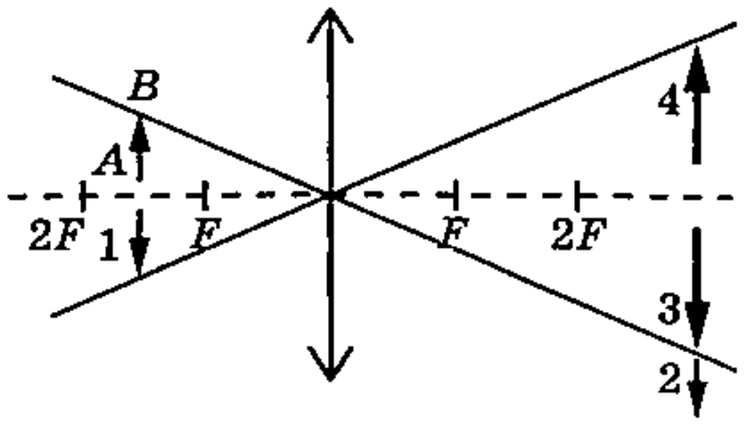
8 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



Какова оптическая сила этой линзы?

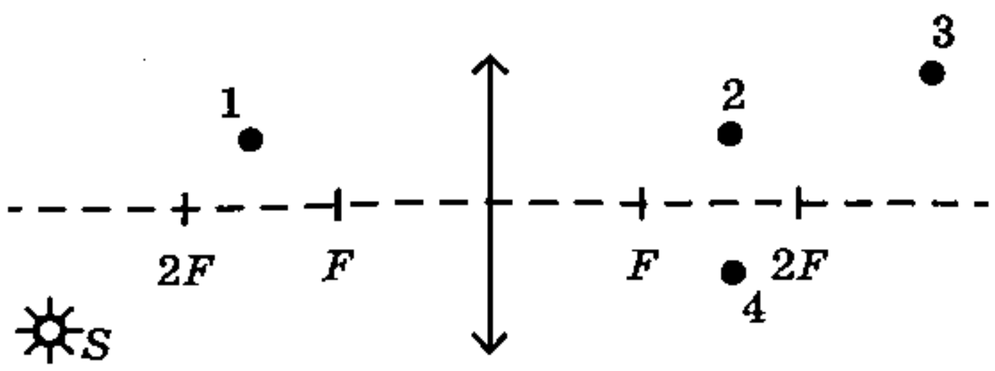
Ответ: _____ дптр.

9 Какой из образов 1–4 служит изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F?



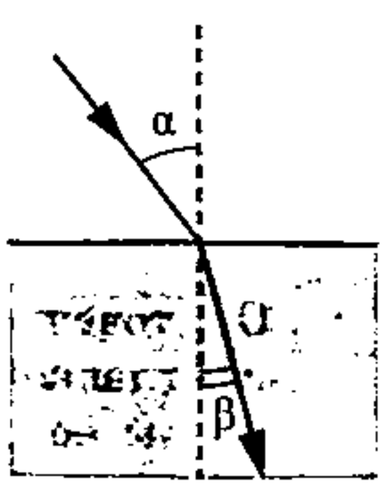
Ответ: _____.

10 Какая из точек 1–4 является изображением точки S, которое даёт тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

11 Световой пучок входит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при переходе света из воздуха в стекло с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью их распространения?

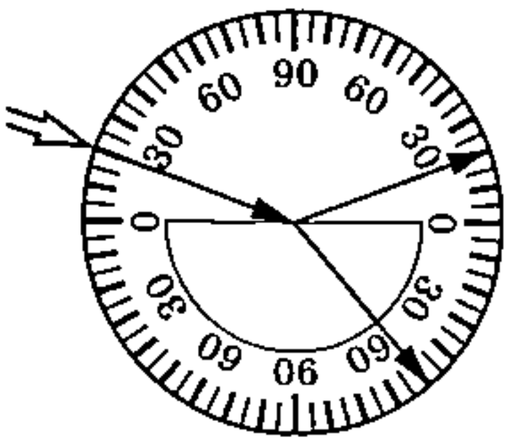


Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость

12 Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину.



угол α	20°	40°	50°	70°
$\sin\alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка все правильные утверждения.

1) Угол падения равен 70°.
2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,47.
3) Угол преломления равен 50°.
4) В стекле скорость светового луча больше, чем в воздухе.
5) Угол отражения равен 20°.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

13 Точечный источник света находится в ёмкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	10	20	30	40	50	60	70

Выберите все верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

1) Показатель преломления жидкости больше 1,5.
2) Образование пятна на поверхности обусловлено интерференцией света в жидкости.
3) Предельный угол полного внутреннего отражения равен 45°.
4) Граница пятна движется с ускорением.
5) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.

Ответ: _____.

14 В прозрачном сосуде находится дифракционная решётка. Решётка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум, если в сосуд налить воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на решётку	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

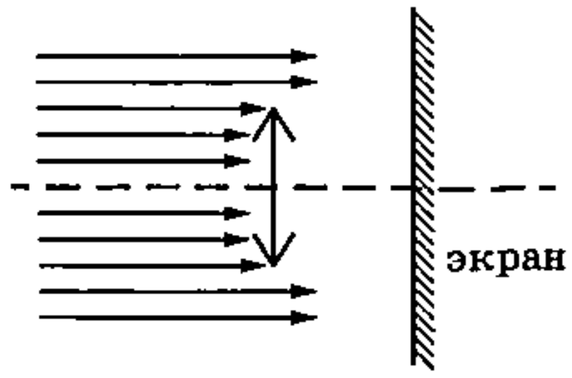
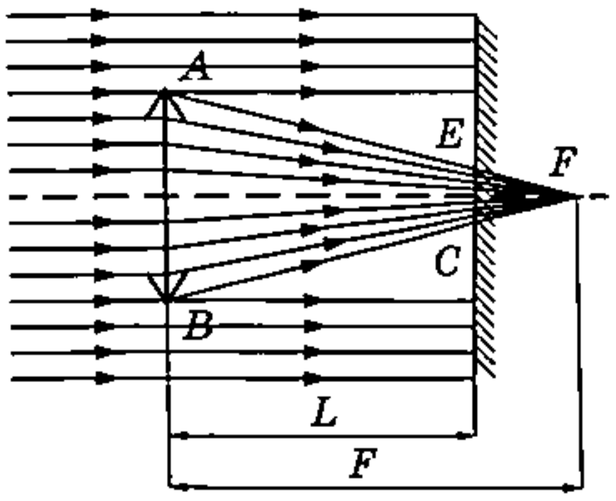
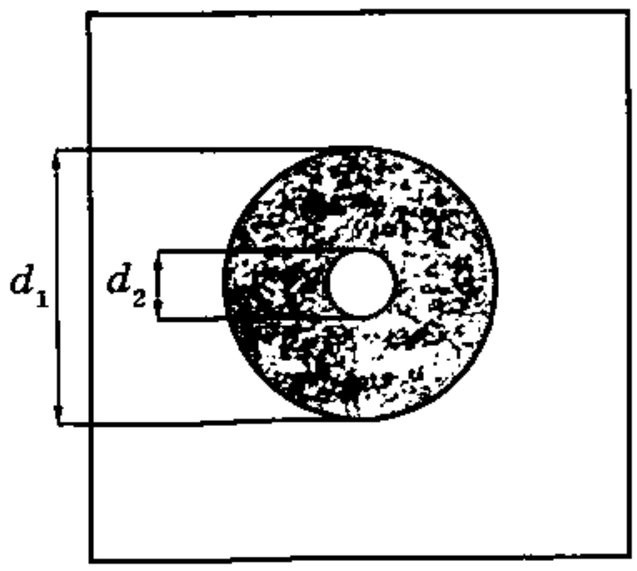
© ООО «Издательство «Национальное образование»

Sbor25.me

Задания 23 и 25

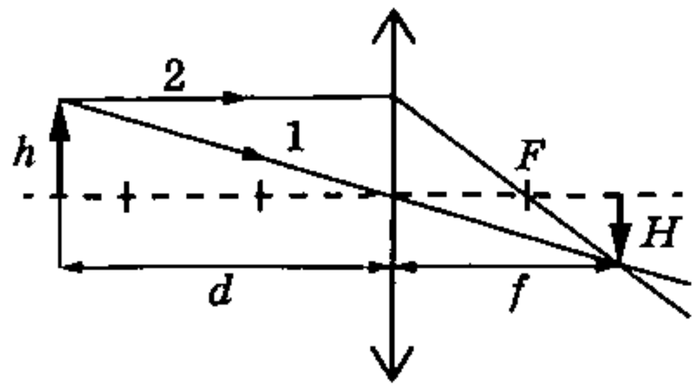
↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Пучок параллельных световых лучей падает вдоль главной оптической оси на тонкую собирающую линзу диаметром 10 см с оптической силой 2,5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 30 см от неё. Чему равен диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Фокусное расстояние линзы связано с её оптической силой соотношением $D = \frac{1}{F}$, таким образом, $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{2,5} = 0,4$ м = 40 см, а значит, $L < F$, т. е. экран расположен между линзой и её фокусом. Параллельный пучок лучей, падающий на линзу, преломляясь, будет собираться в фокусе линзы (см. рисунок). При этом в центре экрана появится яркое светлое пятно. Лучи, не попавшие на линзу, продолжат своё прямолинейное распространение и создадут на экране равномерную засветку. Таким образом, на равномерно освещённом экране в центре будет наблюдаться яркое светлое пятно, вокруг которого сформируется тень.   Из подобия треугольников ABF и ECF имеем $\frac{AB}{F} = \frac{EC}{F-L} \Rightarrow \frac{d_1}{F} = \frac{d_2}{F-L}$. В итоге $d_2 = \frac{d_1 \cdot (F-L)}{F} = \frac{10 \cdot (40-30)}{40} = 2,5$ см. Ответ: $d_2 = 2,5$ см

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

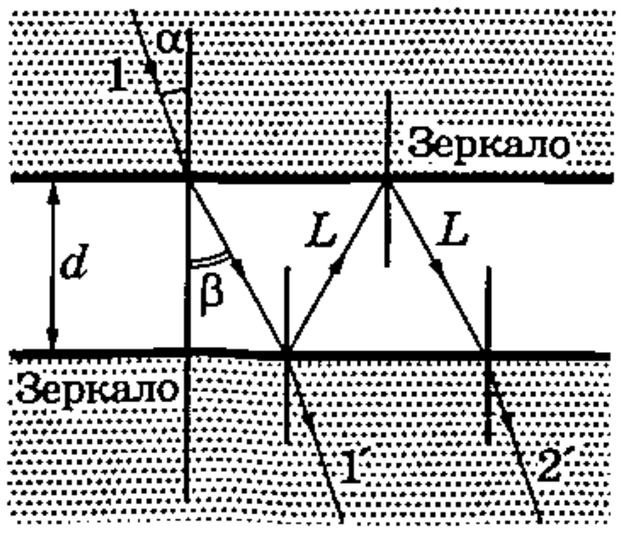
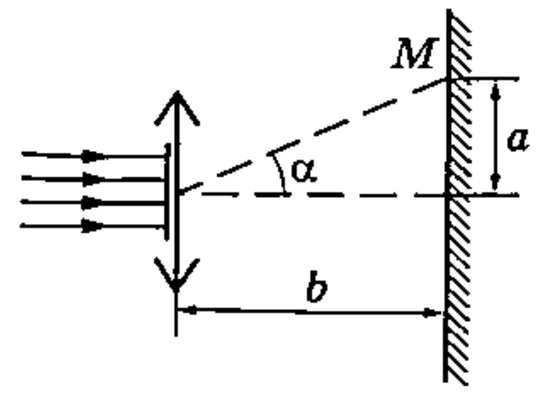
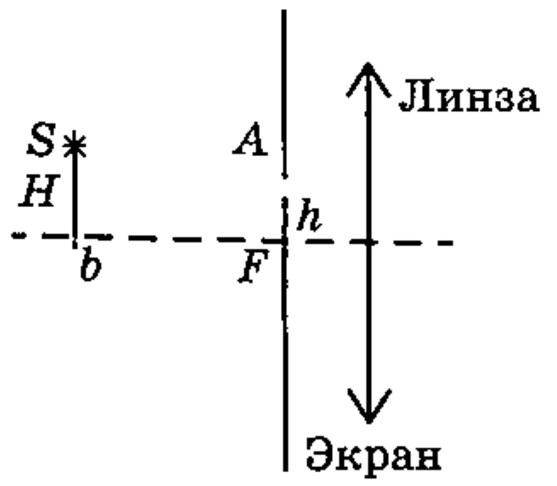
Продолжение табл.

№	Задание
Задание № 2	Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы оптической силой $D = 5$ дптр. На экране получено действительное уменьшенное в 2 раза изображение предмета. Найдите расстояние от изображения предмета до линзы
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Для построения изображения предмета, даваемого собирающей линзой, используем два луча: 1 — проходящий через оптический центр линзы; 2 — параллельный главной оптической оси линзы (см. рисунок). Первый луч проходит линзу, не преломляясь, а второй преломляется и проходит через фокус линзы. Пересечение этих лучей даёт точку изображения предмета.  Расстояния от предмета и его изображения до линзы связаны между собой формулой тонкой линзы: $$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$ Подобие треугольников, образованных главной оптической осью, лучом 1, предметом и его изображением, даёт формулу увеличения линзы: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$, т. е. $d = f/\Gamma = 2f$. Таким образом, $f = \frac{3}{2D} = \frac{3}{2 \cdot 5} = 0{,}3$ м = 30 см. Ответ: $f = 30$ см
Задание № 3	Предельный угол полного внутреннего отражения на границе «вещество — воздух» равен 30°. Определите скорость света в этом веществе
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Синус предельного угла полного внутреннего отражения определяется по закону преломления $\sin \alpha_{пр} = \frac{1}{n}$, где n — относительный показатель преломления вещества. Абсолютный показатель преломления воздуха равен 1, поэтому в данном случае $$n = n_{абс\ вещества} = \frac{c}{v}.$$ В итоге $v = \frac{c}{n} = c \cdot \sin \alpha_{пр} = 3 \cdot 10^8 \cdot \sin 30^\circ = 1{,}5 \cdot 10^8$ м/с = 150 000 км/с. Ответ: $v = 150\ 000$ км/с
Задание № 4	Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна длиной 0,52 мкм. Каково наименьшее расстояние между зеркалами, при котором наблюдается минимум при интерференции проходящих световых волн?

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Продолжение табл.

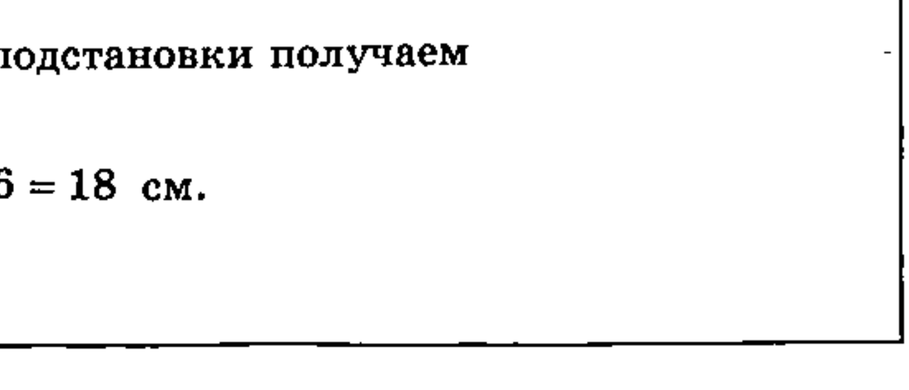
№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 4	Для проходящих световых волн 1′ и 2′ (см. рисунок) разность хода Δ при $\alpha = \beta = 0$ равна $2d$. Условие интерференционного минимума: $$\Delta = \frac{\lambda}{2}(2k-1).$$ Таким образом, наименьшее значение d равно $$\min d = \frac{\min \Delta}{2} = \frac{\lambda}{4} = \frac{0{,}52 \cdot 10^{-6}}{4} = 0{,}13 \text{ мкм}.$$ Ответ: $\min d = 0{,}13$ мкм 
Задание № 5	Дифракционная решётка с периодом 20 мкм расположена параллельно экрану на расстоянии 0,5 м от него. Между решёткой и экраном вплотную к решётке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решётку, на экране. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 7,5 см от центра дифракционной картины при освещении решётки нормально падающим пучком света длиной волны 750 нм? Угол отклонения лучей решёткой α считать малым, так что $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$
Возможное решение и ответ к заданию № 5	После прохождения светом дифракционной решётки и линзы на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. В точке M (см. рисунок) под углом α к нормали будет наблюдаться k-й максимум, если $d \sin\alpha = k\lambda$. Так как угол α по условию можно считать малым, то $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}$. Таким образом, $k = \frac{d \cdot a}{\lambda \cdot b} = \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}075}{750 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}5} = 4$. Ответ: $k = 4$ 
Задание № 6	Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см и точечный источник света S находятся в плоскости рисунка. Точка S находится на расстоянии $b = 70$ см от плоскости линзы и на расстоянии $H = 5$ см от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием A, находящимся в плоскости рисунка на расстоянии $h = 4$ см от главной оптической оси линзы. На каком расстоянии x от плоскости линзы луч SA от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечёт её главную оптическую ось? Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу 

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 6	1. Построим ход луча $SACS_1$, прошедшего через экран и собирающую линзу, используя основные свойства тонкой линзы: параллельный пучок лучей, падающих на линзу, собирается в её фокальной плоскости; луч O_1OS_1, прошедший через оптический центр линзы (точку O), не преломляется. 2. Луч SAC, принадлежащий параллельному пучку лучей SA и O_1A_1, после преломления пересечёт луч O_1OS_1 в фокальной плоскости линзы в точке S_1 на расстоянии d от главной оптической оси BO. Так как расстояние от фокальных плоскостей AF и S_1F_1 до плоскости линзы одинаково, то $A_1F = F_1S_1 = d$, $OC = AA_1 = O_1S = h - d$, $O_1B = H - (h - d)$. 3. Луч CS_1 пересечёт главную оптическую ось на расстоянии x от линзы, которое определяется из подобия треугольников ΔOCx и ΔxF_1S_1. Из пропорции $\frac{x}{h-d} = \frac{F-x}{d}$ получаем $x = F\left(1 - \frac{d}{h}\right)$. Для определения d воспользуемся подобием треугольников ΔO_1BO и ΔA_1FO и составим пропорцию $\frac{H-(h-d)}{b} = \frac{d}{F}$, откуда $d = \frac{H-h}{b-F}F$. После подстановки получаем $$x = \frac{F}{h}\frac{bh - FH}{b - F} = \frac{20}{4} \cdot 3,6 = 18 \text{ см}.$$ Ответ: $x = 18$ см



ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

23 1 Тень на экране от предмета, освещённого точечным источником света, имеет линейные размеры, в 4 раза большие, чем сам предмет. Расстояние от источника света до предмета равно 60 см. Определите расстояние от предмета до экрана.

Ответ: _____ м.

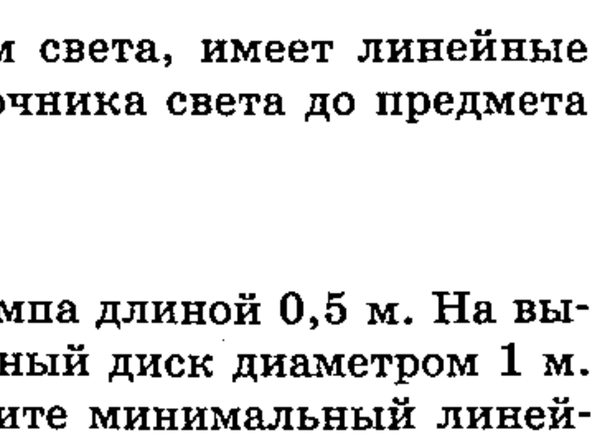
23 2 К потолку комнаты высотой 3 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 0,5 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 1 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Определите минимальный линейный размер тени от диска на полу.

Ответ: _____ м.

23 3 К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр панно и центр диска лежат на одной вертикали. Какова площадь полутени на полу? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ $м^2$.

23 4 Пучок параллельных световых лучей падает вдоль главной оптической оси на тонкую собирающую линзу оптической силой 5 дптр. Диаметр линзы 10 см (см. рисунок). Каков внешний диаметр светлого кольца на экране, стоящем на расстоянии 50 см от линзы?



Ответ: _____ см.

23 5 Фокусное расстояние тонкой линзы-объектива проекционного аппарата равно 18 см. Диапозитив находится на расстоянии 20 см от объектива. На каком расстоянии от объектива получится чёткое изображение диапозитива?

Ответ: _____ см.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 6 Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой 20 дптр. Расстояние от предмета до линзы равно 7,5 см. Во сколько раз размер изображения предмета превышает размеры самого предмета?

Ответ: в _____ раз(а).

23 7 Предмет высотой 3 см расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 10 см от её оптического центра. Высота изображения предмета 12 см. Найдите оптическую силу линзы.

Ответ: _____ дптр.

23 8 Оптическая сила тонкой собирающей линзы равна 1 дптр. Точечный источник света, расположенный на главной оптической оси линзы, удалён от неё на три фокусных расстояния. На каком расстоянии от линзы находится изображение источника?

Ответ: _____ м.

23 9 Фокусное расстояние собирающей линзы равно 40 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если линза даёт его мнимое изображение на расстоянии 60 см от линзы?

Ответ: _____ см.

23 10 Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы равно 30 см. Предмет малых размеров расположен на её главной оптической оси на расстоянии 75 см от неё. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета?

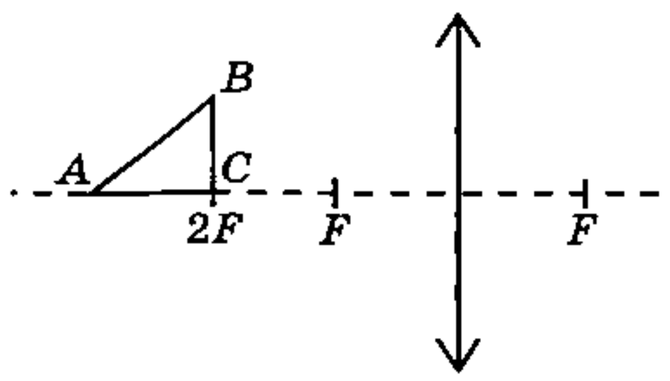
Ответ: _____ см.

23 11 Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы равно 20 см. Предмет малых размеров расположен на её главной оптической оси, при этом изображение предмета находится на расстоянии 60 см от линзы. На каком расстоянии от линзы расположен предмет?

Ответ: _____ см.

25 12 В плоскости, параллельной плоскости тонкой собирающей линзы, по окружности со скоростью $v = 5$ м/с движется точечный источник света. Расстояние между плоскостями $d = 15$ см. Центр окружности находится на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Найдите скорость движения изображения точечного источника света.

25 13 Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



23 14 Электромагнитная волна с периодом колебаний 32,6 нс переходит из воздуха в сероуглерод. Показатель преломления сероуглерода 1,63. Чему равна длина этой волны в сероуглероде?

Ответ: _____ м.

23 15 Источник с частотой колебаний 2 ГГц возбуждает в среде электромагнитные волны длиной 60 мм. Определите абсолютный показатель преломления среды.

Ответ: _____.

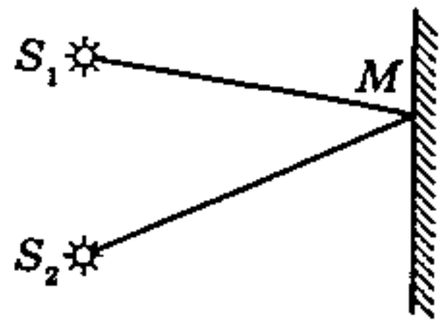
25 16 На дне бассейна с водой находится небольшая лампочка. На поверхности воды плавает круглый плот — так, что центр плота находится точно над лампочкой. Определите глубину бассейна H, если минимальный радиус плота, при котором свет от лампочки не выходит из воды, $R = 2,4$ м. Сделайте рисунок, поясняющий решение. Толщиной плота пренебречь.

Показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

23 17 Когерентные источники света S_1 и S_2 находятся в среде с показателем преломления 2 и испускают свет с частотой $4 \cdot 10^{14}$ Гц (см. рисунок). Каков порядок интерференционного максимума в точке M, в которой геометрическая разность хода лучей равна 1,5 мкм?



Ответ: _____.

23 18 Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна длиной 660 нм. Каково наименьшее расстояние между зеркалами, при котором наблюдается минимум интерференции проходящих световых волн?

Ответ: _____ нм.

23 19 На поверхность стекла с показателем преломления 1,70 нанесена плёнка толщиной 250 нм с показателем преломления 1,25. Для какой длины волны видимого света коэффициент отражения будет максимальным?

Ответ: _____ нм.

23 20 На поверхность стекла с показателем преломления 1,80 нанесена плёнка толщиной 150 нм с показателем преломления 1,2. Для какой длины волны видимого света плёнка будет «просветляющей» (т. е. отражённые лучи практически полностью гасятся)?

Ответ: _____ нм.

23 21 На дифракционную решётку с периодом 0,006 мм падает по нормали плоская монохроматическая световая волна. Количество дифракционных максимумов, наблюдаемых с помощью этой решётки, равно 17. Какова максимальная возможная длина падающей волны?

Ответ: _____ нм.

23 22 На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно ей падает плоская монохроматическая световая волна длиной 500 нм. Каков порядок максимума, наблюдаемого в направлении, перпендикулярном падающей волне?

Ответ: _____.

23 23 Плоская монохроматическая световая волна с частотой $8{,}0 \cdot 10^{14}$ Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 21 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядка равно 18 мм. Найдите период решётки. Ответ выразите в микрометрах (мкм), округлив до десятых. Считать для малых углов ($\varphi \ll 1$ в радианах) $\operatorname{tg}\varphi \approx \sin\varphi \approx \varphi$.

Ответ: _____ мкм.

23 24 Дифракционная решётка с периодом 30 мкм расположена параллельно экрану на расстоянии 2 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 10 см от центра дифракционной картины при освещении решётки нормально падающим пучком света длиной волны 500 нм? Угол отклонения лучей решёткой α считать малым, так что $\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$.

Ответ: _____.

23 25 На дифракционную решётку, имеющую 50 штрихов на 1 мм, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 1 м от решётки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полоски на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны 0,8 и 0,4 мкм? Угол отклонения лучей решёткой α считать малым, так что $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$.

Ответ: _____см.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

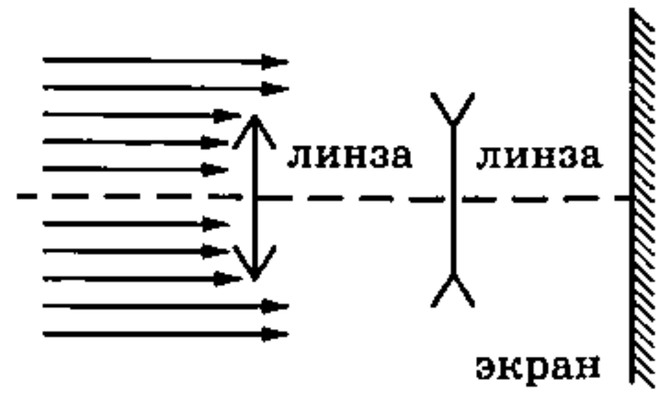
sbor25.me

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2
ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ОПТИКА»

1 На потолке комнаты высотой 4 м закреплена небольшая светящаяся лампочка. На высоте 2 м от пола параллельно полу расположен непрозрачный квадрат со стороной 1 м. Определите площадь тени на полу.

Ответ: _____ м^2.

2 Параллельный световой пучок падает перпендикулярно на тонкую собирающую линзу. На расстоянии 20 см от неё расположена тонкая рассеивающая линза (см. рисунок). Оптическая сила собирающей линзы равна 5 дптр, модуль фокусного расстояния рассеивающей линзы 15 см. Диаметры линз равны 8 см. На каком расстоянии от собирающей линзы необходимо расположить экран, чтобы он был освещён равномерно?



Ответ: _____ см.

3 В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 3 раза изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если изображение предмета находится на расстоянии $f = 16$ см от линзы.

Ответ: _____ см.

4 Предельный угол полного внутреннего отражения при переходе света из стекла в воду равен 60°. Определите абсолютный показатель преломления этого сорта стекла, если абсолютный показатель преломления воды равен 1,33. Ответ округлите до сотых.

Ответ: _____.

5 На поверхность стекла нанесена плёнка толщиной 120 нм с показателем, меньшим показателя преломления стекла. На плёнку по нормали к ней падает свет с длиной волны 600 нм. При каком минимальном значении показателя преломления $n_{пл}$ плёнка будет «просветляющей» (т. е. отражённые лучи практически полностью гасятся)?

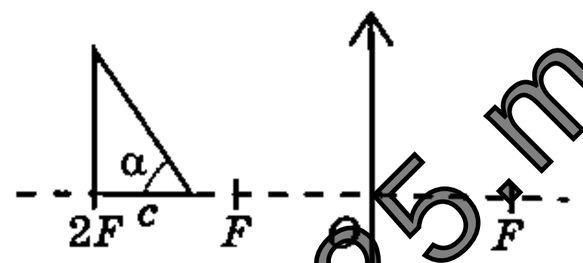
Ответ: _____.

6 Плоская монохроматическая световая волна падает по нормали на дифракционную решётку с периодом 5 мкм. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 25 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядка равно 30 мм. Найдите длину падающей волны. Считать для малых углов $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$.

Ответ: _____ нм.

7 В дно водоёма глубиной 3 м вертикально вбита свая, целиком скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30°. Свая отбрасывает на дно водоёма тень длиной 0,75 м. Постройте ход лучей, определяющих тень от сваи на дне, и вычислите высоту сваи. Показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

8 Прямоугольный треугольник расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 20$ см, как показано на рисунке. Катет треугольника, расположенный на главной оптической оси, имеет длину $c = 2$ см, а его гипотенуза составляет угол $\alpha = 60°$ с главной оптической осью линзы.
Определите тангенс угла, который составляет с главной оптической осью линзы гипотенуза даваемого линзой изображения этого треугольника. Постройте изображение треугольника в линзе.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 13. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Гипотеза М. Планка о квантах: в теории равновесного теплового излучения Планк выдвинул гипотезу об излучении энергии конечными порциями — квантами. Эта порция энергии, по Планку, пропорциональна частоте излучения ν: $E = h\nu$ **(формула Планка)**, где $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — постоянная Планка.

Фотоны — кванты электромагнитного излучения любых длин волн и любого происхождения.

Масса фотона равна нулю, модуль скорости фотона равен c ($c = 3 \cdot 10^8$ м / с — модуль скорости света в вакууме).

Энергия фотона:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc,$$

где ν — частота фотона, λ — длина волны фотона, $\bar{p}$ — импульс фотона.

Импульс фотона:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

Фотоэффект (точнее, внешний фотоэффект) — испускание электронов веществом под действием света.

Опыты А. Г. Столетова позволили установить законы **фотоэффекта:**

1) Сила фототока насыщения прямо пропорциональна освещённости фотокатода.
2) Энергия вылетающих фотоэлектронов зависит от длины волны света и от материала фотокатода, но не зависит от освещённости фотокатода.
3) Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта — наименьшая частота $\nu_{кр}$ (или наибольшая длина волны $\lambda_{кр}$) падающего света, при которой фотоэффект ещё возможен.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $E_{фотона} = A_{выхода} + E_{кин\,max}$,

где $E_{фотона} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ — энергия падающего фотона, $A_{выхода} = h\nu_{кр} = \frac{hc}{\lambda_{кр}}$ — работа выхода фотоэлектрона с поверхности материала, освещённого светом, $E_{кин\,max} = \frac{mv_{max}^2}{2} = eU_{зап}$ — максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона, $U_{зап}$ — модуль запирающего напряжения.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Гипотеза Л. де Бройля: если электромагнитные волны проявляют корпускулярные свойства, то можно ожидать, что массивные объекты (в частности, элементарные частицы) проявляют **волновые свойства**, причём количественные соотношения между волновыми и корпускулярными свойствами частиц те же, что и для фотонов.

Волны де Бройля — волны вероятности, основной объект в одной из формулировок квантовой механики.

Длина волны де Бройля — одного порядка с размерами области локализации частицы в квантовой механике. **Длина волны де Бройля движущейся частицы:** $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\upsilon}$.

Корпускулярно-волновой дуализм: любой объект, прежде всего объект микромира, в зависимости от внешних условий может проявить себя либо как волна, либо как частица, либо промежуточным образом.

Подтверждением этого служат, в частности, результаты **дифракции электронов на кристаллах.**

Давление света: свет как поток фотонов, падая на поверхность предмета и поглощаясь либо отражаясь ею, передаёт этому предмету некоторый импульс, действуя на него соответствующей силой, и, следовательно, создаёт давление на эту поверхность.

Давление света в вакууме на полностью отражающую поверхность при падении света по нормали:

$$p = \frac{2P}{Sc},$$

где P — мощность света, S — площадь освещаемой площадки, c — модуль скорости света в вакууме.

Давление света в вакууме на полностью поглощающую поверхность при падении света по нормали:

$$p = \frac{P}{Sc}.$$

ФИЗИКА АТОМА

Планетарная модель атома: в центре атома находится положительно заряженное ядро, имеющее линейные размеры, примерно на 5 порядков меньшие, чем линейные размеры самого атома. Практически вся масса атома сосредоточена в ядре. Ядро окружено облаком движущихся вокруг ядра электронов. Размеры этой электронной оболочки и являются размерами атома.

Электрический заряд атома равен сумме положительного заряда ядра и отрицательного заряда электронной оболочки. Заряд ядра ${}^{A}_{Z}X$ химического элемента X, выраженный в единицах элементарного электрического заряда, равен Z — порядковому номеру элемента X в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Поскольку заряд электрона по модулю равен элементарному электрическому заряду, электронная оболочка нейтрального атома состоит из Z электронов.

Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой.

1) Атом имеет дискретные стационарные состояния с соответствующей энергией E_n. Движение электронов атома, находящегося в стационарном состоянии, не сопровождается излучением электромагнитных волн.
2) При переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_n в другое стационарное состояние с энергией E_m атом испускает или поглощает один фотон с энергией

$$h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} = |E_n - E_m|.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Линейчатые спектры — спектры поглощения и излучения разреженных атомарных паров (газов), т. е. спектры энергии фотонов, излучаемых или поглощаемых этими парами (газами).

Набор значений энергии фотонов в спектрах поглощения и излучения атомов данного химического элемента один и тот же, у разных элементов спектры разные.

Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \dfrac{-13{,}6\ \text{эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3\ldots$

Лазер — источник вынужденного (индуцированного) электромагнитного излучения. Излучение лазера когерентно, монохроматично, поляризовано и узконаправлено.

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Нуклонная модель ядра Гейзенберга — Иваненко: ядро любого атома состоит из нуклонов — положительно заряженных протонов p и электронейтральных нейтронов n. Заряд протона равен элементарному электрическому заряду $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Рассмотрим ядро ${}^{A}_{Z}X$ химического элемента X.

Заряд ядра равен произведению элементарного электрического заряда на число протонов в ядре. Поэтому заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (**зарядовое число Z ядра**) равняется числу протонов в ядре. Зарядовое число ядра равно порядковому номеру элемента в Периодической системе Д. И. Менделеева.

Массовое число A ядра равно массе ядра, выраженной в атомных единицах массы (а. е. м.) и округлённой до целого. Поэтому массовое число A равно общему числу нуклонов (протонов и нейтронов) в ядре.

Изотопы — ядра одного и того же элемента с разным массовым числом.

Изотопы одного и того же элемента содержат одинаковое количество протонов, но разное количество нейтронов.

Нуклоны в ядре (как протоны, так и нейтроны) притягиваются друг к другу **ядерными силами**, которые во много раз превышают силы кулоновского отталкивания между протонами. Ядерные силы относятся к сильному взаимодействию — одному из четырёх фундаментальных взаимодействий в природе. Для того чтобы разделить ядро на свободные протоны и нейтроны, требуется совершить работу, равную **энергии связи** ядра. Если поделить эту величину на число нуклонов в ядре, получим удельную энергию связи, которая для большинства ядер составляет несколько МэВ. Это примерно в миллион раз больше, чем энергия связи одного электрона в электронной оболочке атома.

Пользуясь выражением из СТО для энергии покоя частицы, получим, что энергия связи ядра эквивалентна **дефекту масс ядра** Δm: $E_{св} = \Delta m \cdot c^2$. Дефект масс ядра ${}^{A}_{Z}X$: $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{ядра}$, где m_p — масса свободного протона, m_n — масса свободного нейтрона.

Радиоактивность — самопроизвольное изменение состава или внутреннего строения нестабильных атомных ядер с испусканием частиц.

Альфа-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$.

Бета-распад. Электронный β-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$.

Позитронный β-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}\bar{e} + \nu_e$.

Гамма-излучение происходит при переходе ядра из возбуждённого состояния в состояние с меньшей энергией.

Закон радиоактивного распада: $N(t) = N \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где T — период полураспада.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Закон носит вероятностный характер и хорошо согласуется с опытными данными только при больших значениях N.

Ядерные реакции — процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождаемый превращением ядер.

В ядерных реакциях всегда сохраняется электрический заряд и число нуклонов.

Пример реакции деления: ${}^{235}_{92}\mathrm{U} \to {}^{215}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{20}_{10}\mathrm{Ne}$.

Пример цепной реакции деления: ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}n \to {}^{139}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{95}_{36}\mathrm{Kr} + 2\,{}^{1}_{0}n$.

Пример реакции синтеза: ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} = {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}n$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 16

Что нужно знать	Что нужно уметь
Планетарная модель атома. Нуклонная модель ядра (стр. 380, 381)	Используя обозначение нейтрального атома ${}^{A}_{Z}X$ или Периодическую систему элементов Д. И. Менделеева, определять число электронов в оболочке нейтрального атома, общее число нуклонов, число протонов и число нейтронов в ядре
Альфа-распад, бета-распад. Ядерные реакции (стр. 381)	Используя свойство сохранения заряда и числа нуклонов в ядерных реакциях, определять заряд и массовое число ядра неизвестного элемента в ядерной реакции, а также ядра, образовавшегося в результате альфа- и бета-распада указанного ядра

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Для нейтрального атома кислорода ${}^{21}_{8}O$ определите: 1) число электронов в электронной оболочке нейтрального атома; 2) число нуклонов в ядре атома; 3) число протонов в ядре атома; 4) число нейтронов в ядре атома
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Атом кислорода ${}^{21}_{8}O$ имеет зарядовое число, равное 8 (заряд в единицах элементарного заряда), и массовое число, равное 21 (масса равна 21 а. е. м.). 1) В электронной оболочке нейтрального атома 8 электронов, поскольку в этом случае число электронов равно зарядовому числу Z. Ответ: 8. 2) В ядре атома 21 нуклон, так как массовое число A равно числу нуклонов в ядре. Ответ: 21. 3) В ядре 8 протонов, поскольку число протонов равно зарядовому числу Z и равно числу электронов в электронной оболочке нейтрального атома. Ответ: 8. 4) В ядре 13 нейтронов (21 − 8 = 13). Ответ: 13
Задание № 2	На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе. Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого стабильного изотопа лития

2	II	Li 3 литий 7_{93} $6_{7,4}$	Be 4 бериллий 9_{100}
3	III	Na 11 натрий 23_{100}	Mg 12 магний 24_{79} 26_{11} 25_{10}

© ООО «Издательство «Национальное образование»

short5.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	Число протонов в ядре атома химического элемента совпадает с его порядковым номером в таблице Д. И. Менделеева. Следовательно, число протонов в ядре лития равно 3. В таблице приведены значения массовых чисел для двух изотопов. Изотоп с массовым числом 7 имеет распространённость 93 %, значит, является самым распространённым. Число нейтронов в ядре равно 4 $(7 - 3 = 4)$. Ответ: $p = 3$; $n = 4$
Задание № 3	Ядро $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ испытывает α-распад, при этом образуются α-частица и ядро элемента $^{A}_{Z}\mathrm{X}$. Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?
Возможное решение и ответ к заданию № 3	Запишем реакцию α-распада данного изотопа радия: $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \to {}^{222}_{86}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$. Следовательно, заряд образовавшегося ядра Z = 86 (в единицах элементарного заряда), а его массовое число A = 222. Ответ: Z = 86; A = 222

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

16 1 Сколько протонов содержится в ядре $^{35}_{17}\mathrm{Cl}$?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 2 Определите число электронов в электронной оболочке нейтрального атома аргона $^{39}_{18}\mathrm{Ar}$.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 3 Определите число электронов в электронной оболочке нейтрального атома бериллия $^{7}_{4}\mathrm{Be}$.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

16 4 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.
Определите число нейтронов в ядре алюминия.

2	II	**Li** 3 литий 7_{93} $6_{7,4}$	**Be** 4 бериллий 9_{100}	**B** 5 бор 11_{80} 10_{20}
3	III	**Na** 11 натрий 23_{100}	**Mg** 12 магний 24_{79} 26_{11} 25_{10}	13 **Al** алюминий 27_{100}
4	IV	**K** 19 калий 39_{93} $41_{6,7}$	**Ca** 20 кальций 40_{97} $44_{2,1}$	**Sc** 21 скандий 45_{100}
	V	**Cu** 29 медь 63_{69} 65_{31}	**Zn** 30 цинк 64_{49} 66_{28} 68_{19}	**Ga** 31 галлий 69_{60} 71_{40}

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 5 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.
Определите число протонов в ядре **наименее** распространённого из приведённых в таблице стабильных изотопов магния.

2	II	**Li** 3 литий 7_{93} $6_{7,4}$	**Be** 4 бериллий 9_{100}	**B** 5 бор 11_{80} 10_{20}
3	III	**Na** 11 натрий 23_{100}	**Mg** 12 магний 24_{79} 26_{11} 25_{10}	13 **Al** алюминий 27_{100}
4	IV	**K** 19 калий 39_{93} $41_{6,7}$	**Ca** 20 кальций 40_{97} $44_{2,1}$	**Sc** 21 скандий 45_{100}
	V	**Cu** 29 медь 63_{69} 65_{31}	**Zn** 30 цинк 64_{49} 66_{28} 68_{19}	**Ga** 31 галлий 69_{60} 71_{40}

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 6 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.
Определите число протонов в ядре самого распространённого изотопа галлия.

2	II	**Li** 3 литий 7_{93} $6_{7,4}$	**Be** 4 бериллий 9_{100}	**B** 5 бор 11_{80} 10_{20}
3	III	**Na** 11 натрий 23_{100}	**Mg** 12 магний 24_{79} 26_{11} 25_{10}	13 **Al** алюминий 27_{100}
4	IV	**K** 19 калий 39_{93} $41_{6,7}$	**Ca** 20 кальций 40_{97} $44_{2,1}$	**Sc** 21 скандий 45_{100}
	V	**Cu** 29 медь 63_{69} 65_{31}	**Zn** 30 цинк 64_{49} 66_{28} 68_{19}	**Ga** 31 галлий 69_{60} 71_{40}

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 7 В результате ядерной реакции синтеза ${}_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \to {}_Z^A\mathrm{X} + {}_0^1n$ образуется ядро химического элемента ${}_Z^A\mathrm{X}$. Каков заряд Z образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 8 В результате цепной реакции деления урана ${}_{92}^{235}\mathrm{U} + {}_0^1n \to {}_{54}^{140}\mathrm{Xe} + {}_Z^A\mathrm{X} + 2{}_0^1n$ образуется ядро химического элемента ${}_Z^A\mathrm{X}$. Каково массовое число A образовавшегося ядра?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

16 9 Элемент менделевий был получен при бомбардировке α-частицами ядер элемента ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ в соответствии с реакцией ${}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \to {}^{256}_{101}\mathrm{Md} + {}^{1}_{0}n$.

Каков заряд ядра Z бомбардируемого элемента (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 10 Ядро осмия ${}^{195}_{76}\mathrm{Os}$ испытывает электронный β-распад, при этом образуется ядро элемента ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$. Каково массовое число A образовавшегося ядра X?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 11 Ядро европия ${}^{139}_{63}\mathrm{Eu}$ испытывает позитронный β-распад, при этом образуются позитрон и ядро элемента ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$. Каков заряд Z (в единицах элементарного заряда) ядра X?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 12 Радиоактивный изотоп нептуния ${}^{237}_{93}\mathrm{Np}$ претерпевает α-распад. При этом образуются α-частица и ядро элемента ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$. Каково массовое число A ядра X?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 13 В результате α-распада ядра ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ образуется ядро ${}^{216}_{84}\mathrm{Po}$. Каков заряд Z (в единицах элементарного заряда) ядра X?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

16 14 В результате β^--распада ядра ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ образуется ядро ${}^{210}_{83}\mathrm{Bi}$. Каково массовое число A ядра X?

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 16

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ЗАДАНИЕ 17

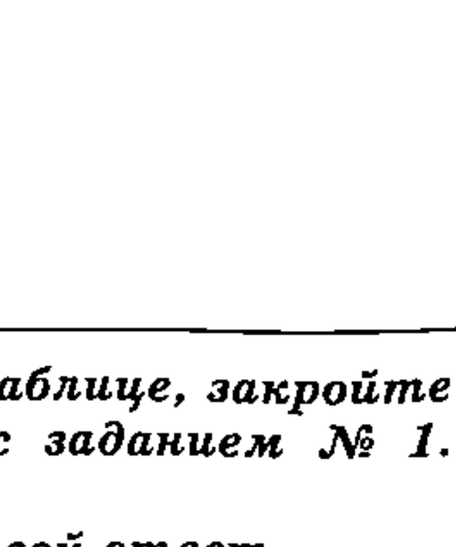
Что нужно знать	Что нужно уметь
Фотоны (стр. 379)	1) Распознавать формулы для энергии ($E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$) и импульса ($p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$) фотонов. 2) Определять характер изменения энергии, импульса, скорости фотонов и их числа в световом пучке при изменении частоты, длины волны фотонов или интенсивности светового пучка. 3) Строить график зависимости энергии фотонов от их частоты и от длины волны
Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой (стр. 380)	Используя постулаты Бора и диаграмму энергетических уровней атома, сравнивать энергии, частоты и длины волн фотонов, излучаемых или поглощаемых атомом при переходе из одного энергетического состояния в другое: $$h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} = \lvert E_n - E_m \rvert$$
Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта (стр. 379)	1) Используя уравнение Эйнштейна ($E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин max}}$), где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$, $E_{\text{кин max}} = \frac{mv_{\max}^2}{2_{\text{кр}}} = eU_{\text{зап}}$, определять характер изменения физических величин в процессе фотоэффекта. 2) Строить графики зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света и силы фототока от напряжения между электродами при неизменной освещённости
Строение атома, строение ядра атома, изотопы. Ядерные реакции (стр. 380–382)	Определять характер изменения заряда ядра атома, массового числа, числа нуклонов, протонов и нейтронов в ядре и числа электронов в оболочке нейтрального атома в процессе ядерных реакций и сравнивать значения этих параметров для изотопов одного элемента

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. 1) Какие из переходов связаны с поглощением, а какие — с излучением света? 2) Среди переходов, соответствующих поглощению света, выделите переход, связанный с поглощением света с наибольшей энергией. Сравните длины волн и частоты квантов света для этих переходов. 3) Среди переходов, соответствующих излучению света, выделите переход, связанный с излучением света с наименьшей энергией. Сравните длины волн и частоты квантов света для этих переходов 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	1) Атом поглощает свет, переходя с нижних энергетических уровней на более высокие. Поэтому поглощению света соответствуют переходы 1 и 2. Атом излучает свет, переходя с высоких энергетических уровней на более низкие. Поэтому излучению света соответствуют переходы 3 и 4. 2) Среди переходов, соответствующих поглощению света, кванту света с наибольшей энергией соответствует переход 2 (так как $h\nu = \lvert E_2 - E_0 \rvert > \lvert E_1 - E_0 \rvert$). Переходу 2 будет соответствовать квант света с наибольшей частотой и наименьшей длиной волны ($\lambda = \frac{c}{\nu}$). 3) Среди переходов, соответствующих излучению света, кванту света с наименьшей энергией соответствует переход 3 (так как $h\nu = \lvert E_3 - E_0 \rvert < \lvert E_4 - E_0 \rvert$). Переходу 3 будет соответствовать квант света с наименьшей частотой и наибольшей длиной волны ($\lambda = \frac{c}{\nu}$)
Задание № 2	При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Определите, как при переходе от первой серии опытов ко второй изменяются следующие физические величины: 1) частота падающего света; 2) длина волны падающего света; 3) энергия фотонов падающего света; 4) работа выхода электронов из материала фотоэлемента; 5) частота и длина волны света, соответствующего красной границе фотоэффекта; 6) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов; 7) максимальная скорость фотоэлектронов; 8) модуль запирающего напряжения

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Возможное решение и ответ к заданию № 2	1) Частота синего света больше частоты зелёного света, значит, частота падающего света в процессе опыта уменьшилась. 2) Так как $\nu = \frac{c}{\lambda}$, то длина волны падающего света увеличилась. 3) Энергия фотонов падающего света уменьшилась, так как $E = h\nu$. 4) Работа выхода электронов из металла является характеристикой вещества и не зависит от частоты падающего света, поэтому работа выхода не изменилась. 5) Частота и длина волны света, соответствующего красной границе фотоэффекта, связаны с работой выхода: $A_{выхода} = h\nu_{кр} = \frac{hc}{\lambda_{кр}}$. Следовательно, они также не изменились. 6) В соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта ($E_{фотона} = A_{выхода} + E_{кин\,max}$), при уменьшении энергии фотонов падающего света максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов уменьшается. 7) Максимальная скорость фотоэлектронов также уменьшается ($E_{кин\,max} = \frac{mv_{max}^2}{2}$). 8) Запирающее напряжение пропорционально максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, следовательно, его модуль также уменьшается ($E_{кин\,max} = \frac{mv_{max}^2}{2} = eU_{зап}$)
Задание № 3	Ядро радиоактивного элемента испытывает сначала один α-распад, а затем два электронных β-распада. Как в процессе этих реакций изменились: 1) массовое число ядра; 2) заряд ядра; 3) число протонов в ядре атома; 4) число нейтронов в ядре атома
Возможное решение и ответ к заданию № 3	В процессе α-распада ядра (${}^{A}_{Z}X \to {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$) его массовое число уменьшается на 4, а заряд — на 2 (в единицах элементарного заряда). В процессе двух электронных β-распадов ядра (${}^{A}_{Z}X \to {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$) массовое число не изменяется, а заряд увеличивается на 2. Следовательно: 1) массовое число ядра уменьшилось; 2) заряд ядра не изменился; 3) число протонов в ядре не изменилось, так как в итоге трёх распадов не изменился его заряд; 4) число нейтронов уменьшилось, так как уменьшилось массовое число ядра, а число протонов не изменилось

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

17 1

Источник монохроматического света заменили на другой, более высокой частоты. Как изменились при этом длина световой волны и энергия фотона в световом пучке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Энергия фотона

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

17 2 Источник монохроматического света заменяют на другой, с большей длиной волны. Как изменяются при этом частота световой волны и импульс фотона в световом пучке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны	Импульс фотона

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 3 Интенсивность монохроматического светового пучка плавно уменьшают, не меняя частоты света. Как изменяются при этом энергия и импульс каждого фотона в световом пучке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия фотона	Импульс фотона

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 4 Интенсивность монохроматического светового пучка, освещающего фотокатод, плавно увеличивают, не меняя частоты света. Как изменяются при этом количество фотонов, падающих на поверхность фотокатода в единицу времени, и скорость каждого фотона?

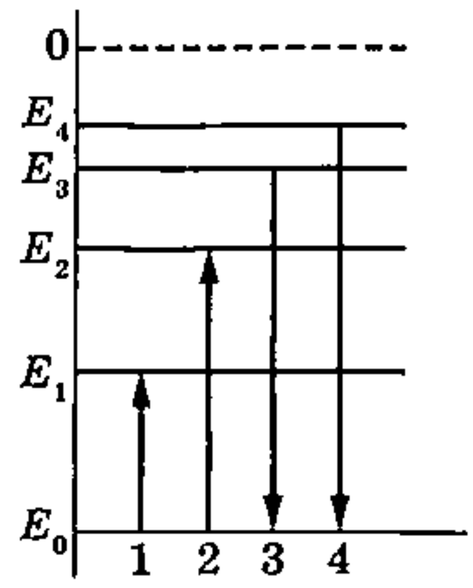
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество падающих фотонов в единицу времени	Скорость фотона

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 5 На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей частотой и излучением света наименьшей длины волны?
Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

А) поглощение кванта света с наименьшей частотой
Б) излучение света наименьшей длины волны

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Ответ:

А	Б

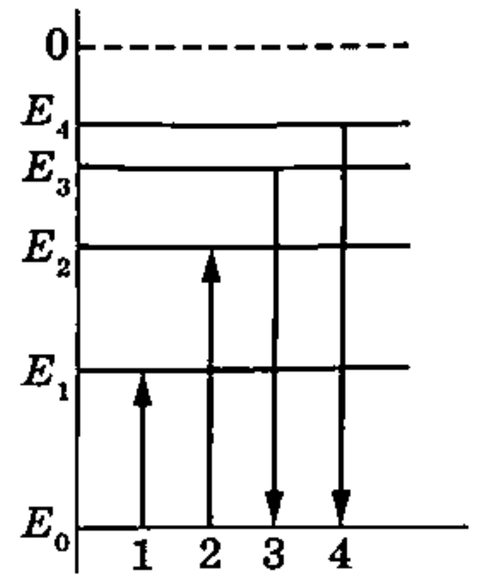
БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdar25.me

17 6

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света с наименьшей энергией и излучением кванта света с наибольшей длиной волны?
Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ
А) поглощение света с наименьшей энергией	1) 1
Б) излучение кванта света с наибольшей длиной волны	2) 2
	3) 3
	4) 4

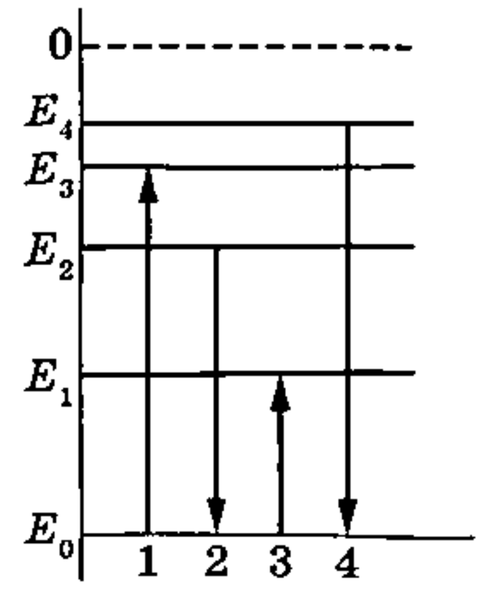
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 7

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наибольшей частоты, а какой — с излучением кванта света с наибольшей энергией?
Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ
А) поглощение света наибольшей частоты	1) 1
Б) излучение кванта света с наибольшей энергией	2) 2
	3) 3
	4) 4

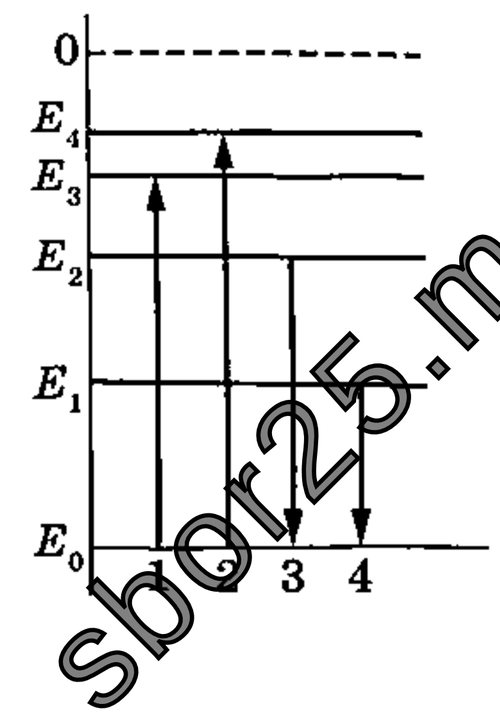
Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 8

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.
Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ПРОЦЕССЫ	ЭНЕРГИЯ ФОТОНА
А) поглощение света наименьшей длины волны	1) $E_1 - E_0$
Б) излучение света наименьшей частоты	2) $E_2 - E_0$
	3) $E_3 - E_0$
	4) $E_4 - E_0$

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 9 Монохроматический свет с энергией фотонов $E_ф$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{зап}$. Как изменятся длина волны λ падающего света и модуль запирающего напряжения $U_{зап}$, если энергия падающих фотонов $E_ф$ увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны λ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{зап}$

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 10 Монохроматический свет с длиной волны λ упал на поверхность металла, вызвав фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов увеличился модуль запирающего напряжения $U_{зап}$. Как изменились при этом длина волны λ падающего света и длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны λ падающего света	Длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 11 При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещается через различные светофильтры. В первой серии опытов используется светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — пропускающий только фиолетовый свет. В каждом опыте наблюдают явление фотоэффекта и измеряют запирающее напряжение.
Как изменяются длина световой волны и модуль запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Модуль запирающего напряжения

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

17 12

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй — только синий. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение запирания.
Как изменились частота световой волны и работа выхода фотоэлектронов в результате перехода от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны	Работа выхода фотоэлектронов

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 13

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только красный свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.
Как изменились длина падающей световой волны и максимальная скорость фотоэлектронов в результате перехода от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Максимальная скорость фотоэлектронов

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 14

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение запирания.
Как изменились частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в результате перехода от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

17
15

На установке, представленной на фотографиях (рис. 1 — общий вид; рис. 2 — фотоэлемент), исследуют зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещают различные светофильтры и измеряют запирающее напряжение. В первой серии опытов используется светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — пропускающий только жёлтый свет.

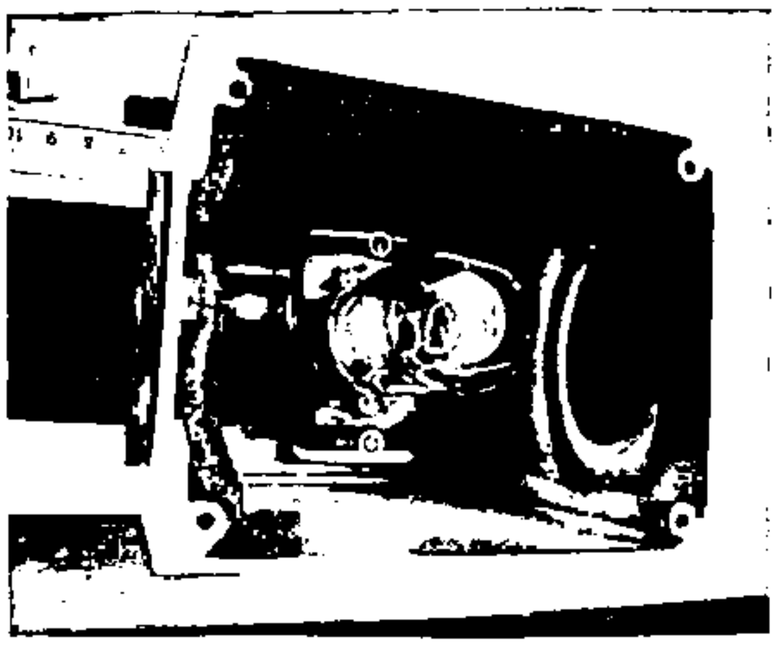


Рис. 1

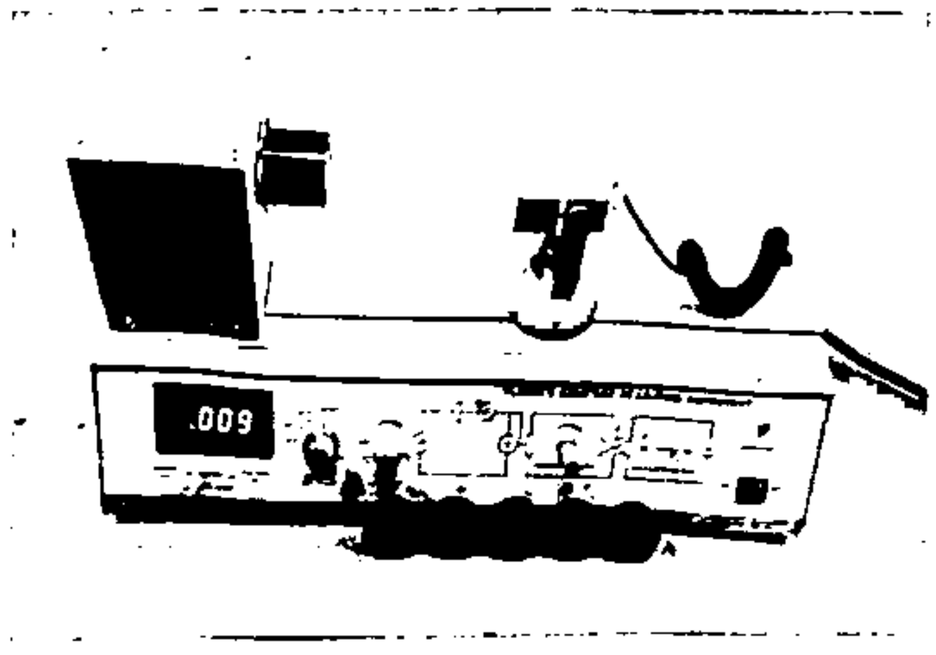


Рис. 2

Как изменяются модуль запирающего напряжения и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17
16

На установке, представленной на фотографиях (рис. 1 — общий вид; рис. 2 — фотоэлемент), исследуют зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещают различные светофильтры и измеряют запирающее напряжение. В первой серии опытов используется светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй — пропускающий только синий свет.

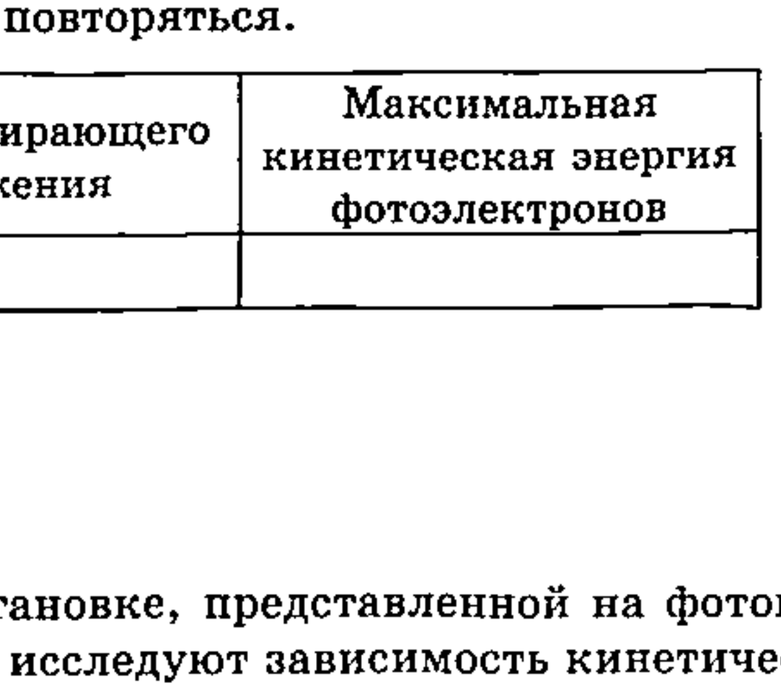


Рис. 1

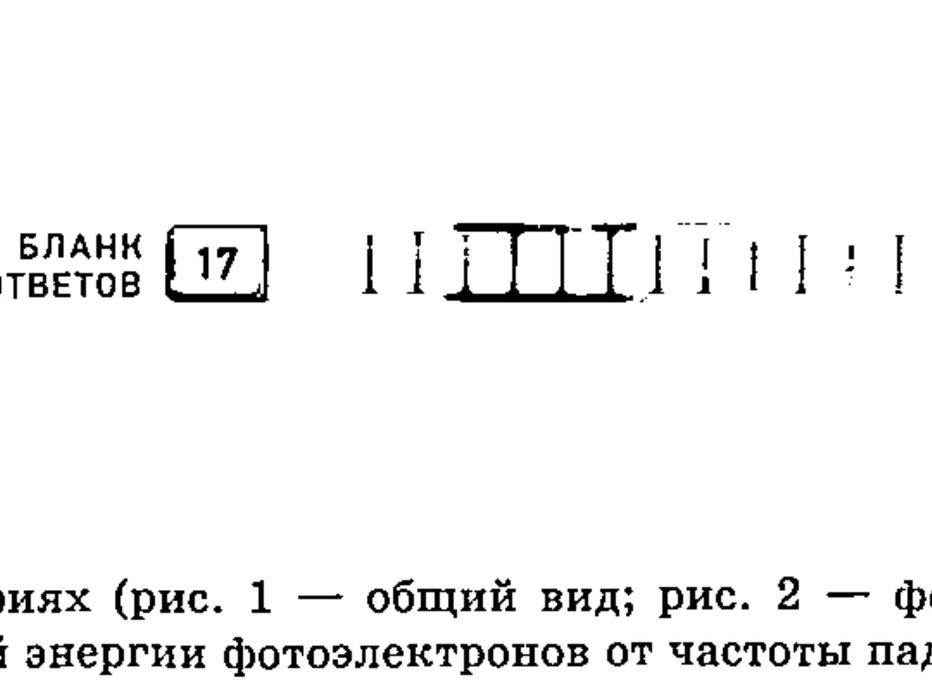


Рис. 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Как изменяются частота падающей на фотоэлемент световой волны и работа выхода фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Работа выхода фотоэлектронов

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17
17

У одного изотопа меди массовое число равно A_1, а у другого — A_2, причём $A_2 > A_1$. Как меняется число протонов и число нейтронов в ядре при переходе от первого изотопа ко второму?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17
18

Как изменяются с уменьшением массового числа изотопов одного и того же химического элемента число протонов в ядре и число электронов в электронной оболочке соответствующего нейтрального атома?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число протонов в ядре	Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17
19

Ядро испытывает α-распад. Как при этом изменяются массовое число ядра и число протонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

17 20 Ядро испытывает позитронный β-распад (среди продуктов распада есть позитрон ${}^{0}_{+1}e$). Как при этом изменяются массовое число ядра и число протонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 21 Одним из примеров ядерных превращений является захват ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. Как меняются при этом число протонов в ядре и массовое число ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число протонов в ядре	Массовое число ядра

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 22 В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменяются при захвате нейтрона заряд ядра и число нуклонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17 23 В ядерном реакторе происходит захват ядром альфа-частицы. Как изменяются при этом массовое число ядра и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Число нейтронов в ядре

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

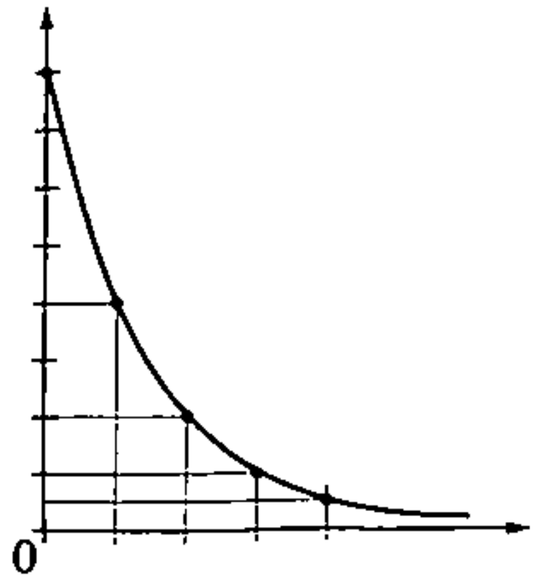
Shor25.me

17
24

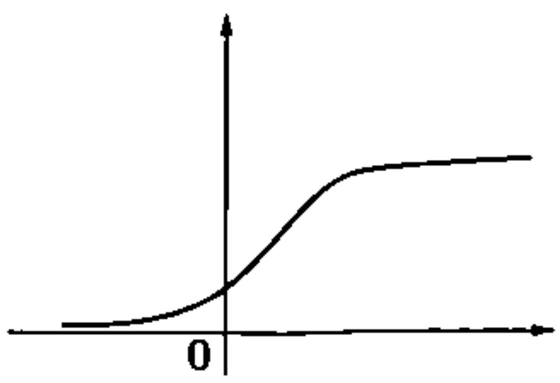
Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ЗАКОНЫ

1) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света
2) зависимость энергии фотона от частоты света
3) зависимость силы фототока от напряжения между электродами при неизменной освещённости
4) закон радиоактивного распада

Ответ:

А	Б

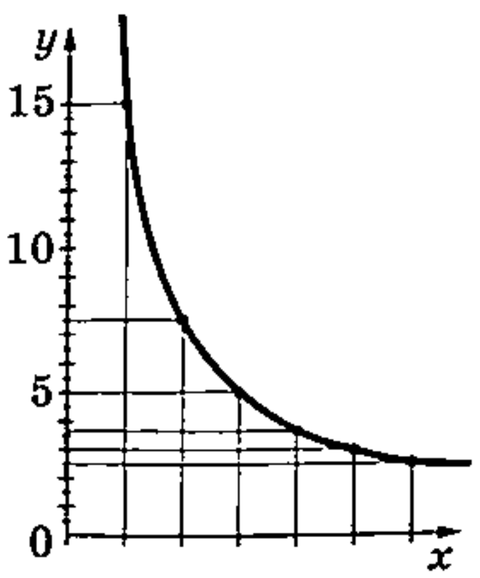
БЛАНК ОТВЕТОВ 17

17
25

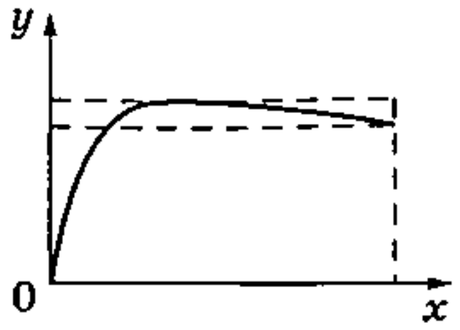
Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ЗАКОНЫ

1) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света
2) зависимость энергии фотонов от длины волны излучения
3) зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа
4) зависимость энергии фотонов от частоты

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

© ООО «Издательство «Национальное образование»

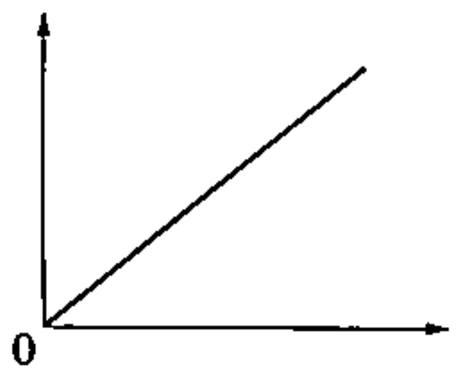
sbor25.me

17
26

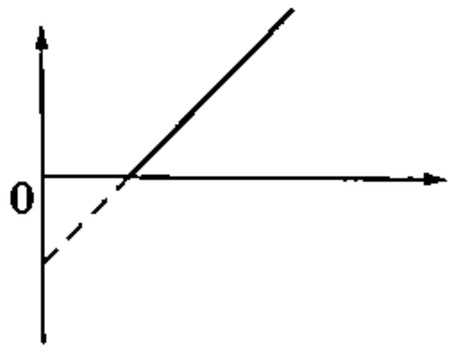
На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта. Установите соответствие между графиками и зависимостями, которые они могут отражать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ЗАВИСИМОСТИ

1) зависимость энергии падающих фотонов от частоты падающего света
2) зависимость энергии падающих фотонов от длины волны падающего света
3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света
4) зависимость потенциальной энергии взаимодействия фотоэлектронов с ионами металла от длины волны падающего света

Ответ:

А	Б

БЛАНК ОТВЕТОВ 17

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «КВАНТОВАЯ ФИЗИКА»

1 Определите число электронов в электронной оболочке нейтрального атома $^{48}_{20}Ca$.

Ответ: _____.

2 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.
Укажите число протонов в ядре **наименее** распространённого из указанных стабильных изотопов меди.

2	II	**Li** 3 литий $^{7}_{93}$ $^{6}_{7,4}$	**Be** 4 бериллий $^{9}_{100}$	**B** 5 бор $^{11}_{80}$ $^{10}_{20}$
3	III	**Na** 11 натрий $^{23}_{100}$	**Mg** 12 магний $^{24}_{79}$ $^{26}_{11}$ $^{25}_{10}$	13 **Al** алюминий $^{27}_{100}$
4	IV	**K** 19 калий $^{39}_{93}$ $^{41}_{6,7}$	**Ca** 20 кальций $^{40}_{97}$ $^{44}_{2,1}$	**Sc** 21 скандий $^{45}_{100}$
	V	**Cu** 29 медь $^{63}_{69}$ $^{65}_{31}$	**Zn** 30 цинк $^{64}_{49}$ $^{66}_{28}$ $^{68}_{19}$	**Ga** 31 галлий $^{69}_{60}$ $^{71}_{40}$

Ответ: _____.

3 Радиоактивный изотоп радия $^{224}_{88}Ra$ претерпевает α-распад. При этом образуются α-частица и ядро элемента $^{A}_{Z}X$. Каково массовое число A ядра X?

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

4 В результате цепной реакции деления урана ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\mathrm{U} \to {}_Z^A\mathrm{X} + {}_{56}^{139}\mathrm{Ba} + 3{}_0^1n$ образуется ядро химического элемента ${}_Z^A\mathrm{X}$. Каков заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: _____.

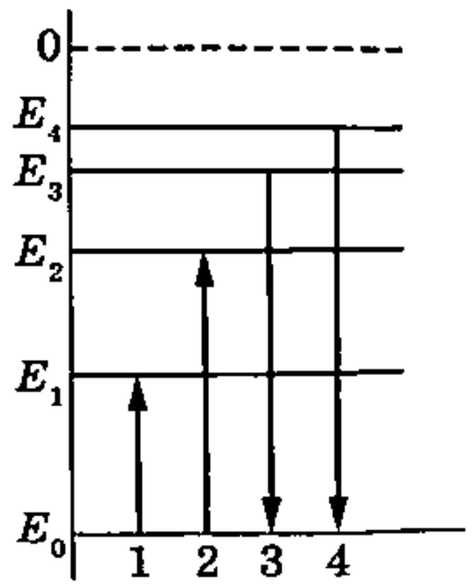
5 Источник монохроматического света заменяют на другой, с меньшей длиной волны. Как изменяются при этом энергия и импульс фотона в световом пучке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия фотона	Импульс фотона

6 На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением кванта света наименьшей длины волны и излучением кванта света с максимальной частотой? Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

А) поглощение кванта света наименьшей длины волны
Б) излучение кванта света с максимальной частотой

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Ответ:

А	Б

7 Монохроматический свет с энергией фотонов $E_ф$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно $U_{зап}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{зап}$ и длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов $E_ф$ уменьшится, но фотоэффект не прекратится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{зап}$	Длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

8 При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещается через различные светофильтры. В первой серии опытов используется светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — пропускающий только красный свет. В каждом опыте наблюдают явление фотоэффекта и измеряют запирающее напряжение. Как изменяются длина световой волны и модуль запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Модуль запирающего напряжения

9 У одного изотопа галлия массовое число равно A_1, а у другого — A_2, причём $A_2 < A_1$. Как меняется число нейтронов в ядре и число электронов в нейтральном атоме при переходе от первого изотопа ко второму?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число нейтронов в ядре	Число электронов в нейтральном атоме

10 Ядро испытывает позитронный β-распад (среди продуктов распада есть позитрон ${}^{0}_{+1}e$). Как при этом изменяются заряд ядра и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

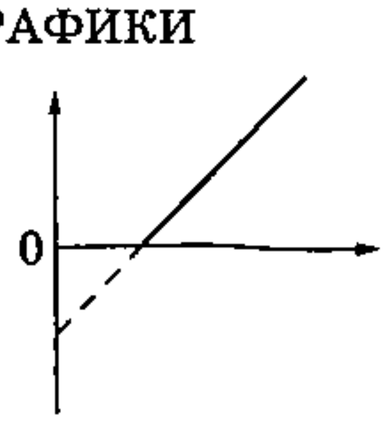
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

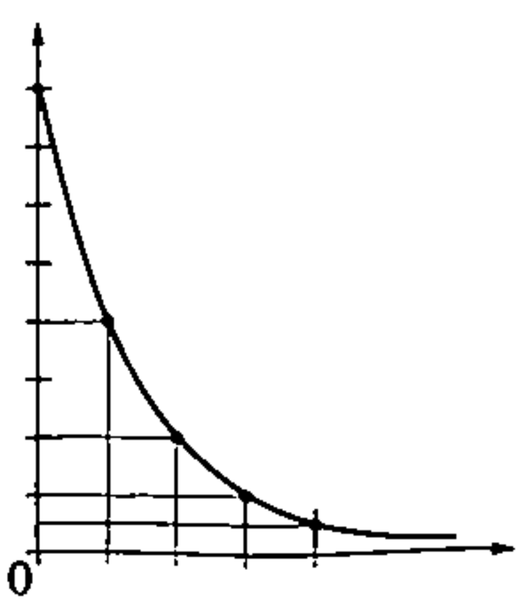
11 Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ЗАКОНЫ

1) закон радиоактивного распада
2) закон Эйнштейна пропорциональности массы и энергии
3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света
4) зависимость энергии фотона от частоты света

Ответ:

А	Б

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ИНТЕГРИРОВАННОЕ ЗАДАНИЕ

На позиции 18 КИМ ЕГЭ по физике расположено задание интегрированного характера, для выполнения которого необходимо привлечь знания из нескольких разделов курса физики.

Задание 18

Что нужно знать	Что нужно уметь
Законы, формулы, понятия, свойства физических процессов по всем разделам курса физики	Выбирать верные утверждения о характере законов, закономерностей, свойствах физических процессов

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

18 1

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) При неупругом соударении тел выполняются закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии.
2) Явление резонанса наступает в колебательной системе при сближении частоты вынуждающей силы с собственной частотой колебательной системы.
3) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
4) Напряжённость поля, создаваемого системой точечных зарядов, равна векторной сумме напряжённостей поля каждого заряда.
5) Свет, рассматриваемый как поток фотонов, не оказывает давления на экран, на который падает.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 18

18 2

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Вектор ускорения материальной точки всегда сонаправлен её траектории.
2) Кинетическая энергия тела прямо пропорциональна скорости движения тела.
3) В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.
4) При протекании электрического тока по проводнику количество теплоты, выделяющееся в нём за одно и то же время, возрастает пропорционально квадрату силы тока.
5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна энергии кванта света, выбившего его с поверхности фотокатода.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 18

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

18
3

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Время соскальзывания шайбы с гладкой наклонной плоскости данной высоты не зависит от угла наклона плоскости к горизонту.
2) При неизменной температуре давление идеального газа возрастает с увеличением концентрации его молекул.
3) При коротком замыкании внешней цепи идеальный вольтметр, подключённый к клеммам источника, показывает напряжение, равное нулю.
4) Магнитное поле индукционного тока в контуре всегда увеличивает проходящий сквозь контур магнитный поток, изменение которого привело к возникновению этого индукционного тока.
5) В нейтральном атоме число электронов равно числу протонов в ядре этого атома.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 18

18
4

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Сила Архимеда, действующая на тело, полностью погружённое в жидкость, не зависит от плотности тела.
2) При изотермическом расширении постоянной массы одноатомного идеального газа его внутренняя энергия увеличивается.
3) При неизменном напряжении переключение двух одинаковых резисторов с параллельного соединения на последовательное приводит к возрастанию суммарной мощности, выделяющейся на данном участке цепи.
4) Сила Лоренца не действует на заряженные частицы, летящие параллельно линиям индукции однородного магнитного поля.
5) В опытах, проводимых в лаборатории Резерфорда по рассеянию α-частиц, эти частицы, пролетая вблизи ядра атома золота, отклонялись силами кулоновского взаимодействия.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 18

18
5

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Атмосферное давление убывает с высотой над поверхностью Земли.
2) При достижении теплового равновесия двух веществ процесс диффузии между ними прекращается.
3) Сила притяжения между разноимёнными точечными зарядами изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.
4) Предмет, находящийся на двойном фокусном расстоянии от рассеивающей линзы, даёт на экране, находящемся на таком же расстоянии от плоскости линзы, перевёрнутое изображение предмета равных с ним размеров.
5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона больше энергии кванта света, выбившего его с поверхности фотокатода, на величину работы выхода.

Ответ: _____.

БЛАНК ОТВЕТОВ 18

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ (НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ) ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЁТОМ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Измерение физической величины обычно проводится несколько раз подряд, потому что часто результаты последовательно проведённых измерений (обозначим эти результаты через a_k) отличаются друг от друга. Чтобы итоги измерений описать одним числом, вводят понятие **среднего результата измерений.** Средний результат измерений обычно находят как среднее арифметическое результатов всех проведённых измерений. Обозначим эту величину через a. Чтобы описать степень отклонения результатов отдельных измерений от среднего, вводят понятие **погрешности измерения.** Для этого вычисляют модуль разности $|a_k - a|$ для *каждого* проведённого измерения, а затем с помощью этих модулей строится погрешность измерения (точнее — абсолютная погрешность) Δa. Средний результат и погрешность измерений всегда записываются с одинаковой точностью.

Результат измерений записывается в виде

$$(a \pm \Delta a).$$

Эта запись означает, что практически наверняка истинное значение измеренной величины лежит на интервале от $(a - \Delta a)$ до $(a + \Delta a)$. Например, если измерения длины бруска дали результат

$$L = (150 \pm 1) \text{ мм},$$

то истинная длина бруска практически наверняка лежит на интервале от 149 до 151 мм.

В чём причины того, что результаты последовательно проведённых измерений отличаются друг от друга?

Одна из причин этих отличий — случайные изменения самой физической величины. Например, при плохих контактах между элементами электрической цепи сила тока в ней меняется случайным образом и амперметр в разные моменты времени показывает различные значения силы тока. Другой пример: взвешивание одинаковых предметов, от гвоздей до кирпичей. При внешней одинаковости предметов их масса может быть разной (хотя бы потому, что невозможно добиться абсолютной однородности материала).

Другая причина разницы в результатах измерений одной и той же физической величины в одних и тех же условиях вызвана свойствами измерительного устройства и методами его применения. Например, на школьных линейках и треугольниках деления обычно нанесены через 1 мм. А на портняжном сантиметре (измерительной ленте) — через 0,5 см. Отметим здесь, что расстояние между ближайшими делениями на измерительном устройстве или на шкале измерительного прибора называется **ценой деления.** Значит, цена деления школьной линейки равна 1 мм, а цена деления портняжного сантиметра равна 0,5 см. Измерение длины предмета сводится к тому, что мы прикладываем к предмету линейку (см. фото 1), находим на линейке деление, ближайшее к краю предмета, и определяем длину, соответствующую этому делению.

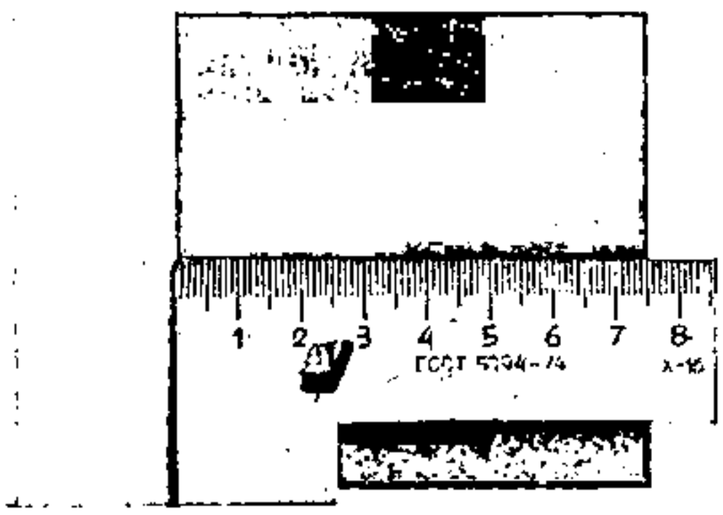


Фото 1

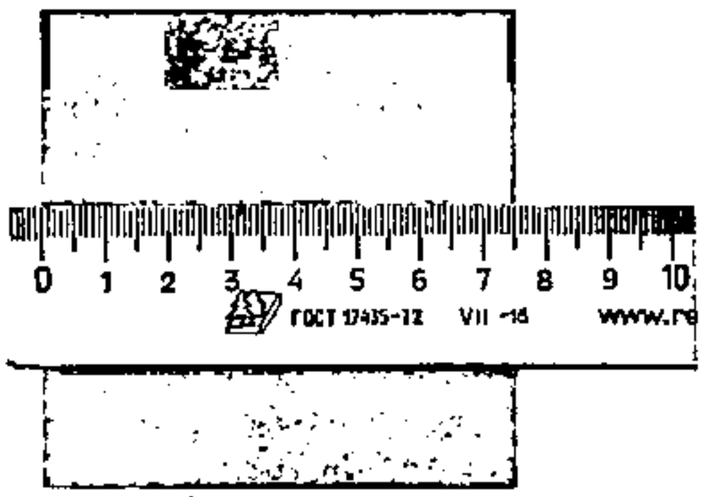


Фото 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

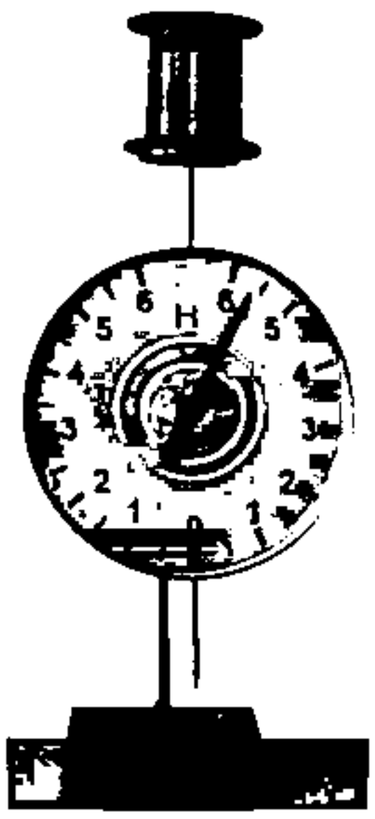
В нашем случае на фото 1 ближайшее к краю предмета деление соответствует значению $L = 75$ мм. Ясно видно, что при этом, указывая вместо истинной длины предмета расстояние от начала линейки до этого деления, мы допускаем ошибку не более половины расстояния между соседними делениями, т. е. не более половины цены деления. Таким образом, в этом случае $L = (75{,}0 \pm 0{,}5)$ мм. (Нам пришлось записать среднее значение измеренной длины с точностью до десятых долей миллиметра, потому что с такой точностью записана погрешность измерений.)

В случае, показанном на фото 2, начало отсчёта на линейке не совпадает с её краем, и поэтому для измерения длины предмета L нужно найти деления, ближайшие к его левому и правому краям, указать соответствующие им значения l_1 и l_2 и найти $L = l_2 - l_1$. В случае на фото 2 $l_1 = 0$, $l_2 = 75$ мм, $L = 75$ мм. Указывая значения l_1 и l_2, мы снова допускаем ошибку не более половины цены деления линейки. Но это значит, что при вычислении L такая ошибка допускается *два раза*. Поэтому при вычислении длины предмета мы получим вдвое большую ошибку — величиной в цену деления. Таким образом, в случае, показанном на фото 2, $L = (75 \pm 1)$ мм.

В описании измерительных приборов указывается точность проводимых с их помощью измерений (цена деления, половина цены деления или иная величина). Сюда включают не только ошибки чтения показаний со шкалы прибора (в случае цифровых приборов они вообще отсутствуют), но и ошибки, связанные с устройством прибора: например, вызванные изменением ЭДС источника питания, изменением температуры и влажности атмосферы или другими причинами.

Пример 1. На фотографии показан пружинный динамометр. Точность измерения динамометра равна его цене деления. Запишите показания динамометра с учётом абсолютной погрешности измерений.

Ответ: (5,5 ± 0,5) Н.



Отдельно упомянем случаи, когда измерение одного предмета или одного этапа периодического процесса нельзя выполнить с удовлетворительной точностью. Рассмотрим два примера.

Пример 2. Стальной шарик диаметром около 1 см на лёгкой нити длиной 1 м (нитяной маятник) совершает малые свободные колебания. Необходимо экспериментально определить период его колебаний.

Период свободных колебаний такого маятника составляет примерно 2 с. Если измерять этот интервал времени обычным механическим секундомером, то разброс его показаний составит, скорее всего, не менее 0,3 с. Связано это прежде всего со временем реакции человека на то, что он видит. Надо осознать, что шарик проходит положение равновесия или крайнее положение, и надо в этот момент нажать кнопку секундомера. На это нужно время, и реакция запаздывает. И так дважды за период — в начале и в конце. Каждый раз реакция человека несколько иная, поэтому время запаздывания разное. Отсюда и разброс показаний секундомера.

Погрешность в 0,3 с на периоде в 2 с — это 15 %. Как правило, такая точность нас не устраивает. Чтобы значительно уточнить результаты измерений с тем же измерительным инструментом, измерим с прежней точностью время, за которое происходит, например, $N = 20$ периодов колебаний маятника. Допустим, что получим $t = (40{,}0 \pm 0{,}3)$ с. Считаем, что все 20 периодов имеют одинаковую продолжительность (при малых колебаниях так оно и есть). Тогда получим для периода: $T = t/N = (2{,}000 \pm 0{,}015)$ с. Таким образом, мы сократили погрешность результата в 20 раз, не меняя измерительного прибора.

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Пример 3. Чтобы измерить диаметр тонкой проволоки с помощью школьной линейки, проволоку намотали плотно, виток к витку, на карандаш. Число витков равно 50. Длина той части карандаша, которая обмотана проволокой, равна (30 ± 1) мм. Чему равен диаметр проволоки?

Ответ: (0,60 ± 0,02) мм.

Мы действовали так же, как и в предыдущем случае: посчитали витки проволоки одинаковыми и поэтому поделили на число витков и среднее значение длины намотки, и её абсолютную погрешность. Благодаря такому методу мы измерили диаметр проволоки с помощью обычной школьной линейки с погрешностью всего 0,02 мм.

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ОТБОР ИСПЫТЫВАЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

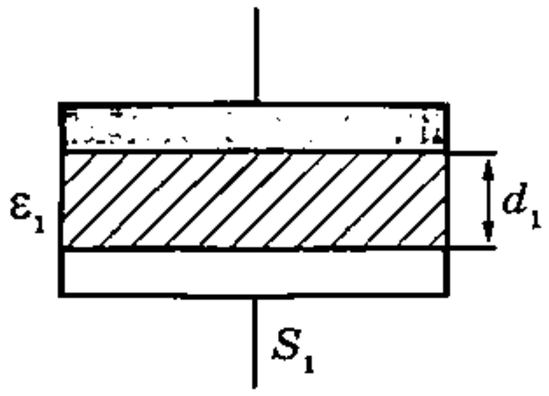
При выборе оборудования исходим из того, какие измерения необходимо провести, чтобы получить значение нужной нам величины. Например, если требуется установить сопротивление неизвестного резистора, то нужно составить электрическую сеть, в которую надо включить этот резистор, выполнить измерения тока через резистор, напряжения на резисторе и затем, используя закон Ома для участка цепи, вычислить сопротивление резистора. Таким образом, для нахождения сопротивления резистора данным методом нам потребуются сам резистор, источник тока, соединительные провода, ключ, замыкающий цепь, а также амперметр и вольтметр.

Если в эксперименте исследуется зависимость какой-либо величины от одного из внешних параметров, то значения всех остальных внешних параметров в такой серии опытов или в серии испытуемых образцов должны оставаться неизменными.

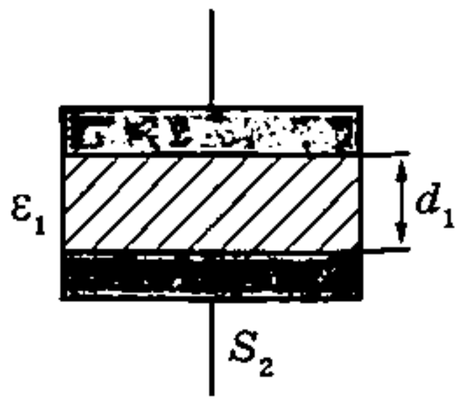
Как работает это правило, мы увидим на следующем примере.

Пример 4. На всех представленных ниже рисунках S — площадь пластин конденсатора, d — расстояние между пластинами конденсатора, ε — диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами.

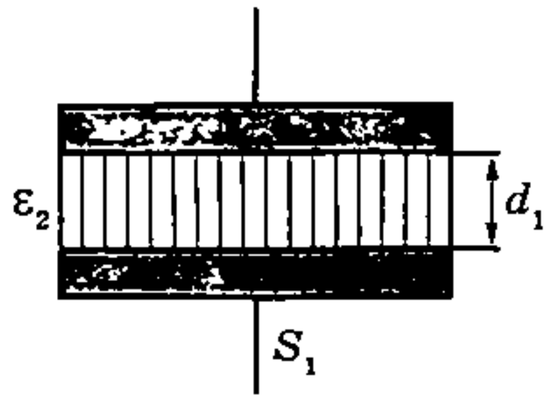
1)



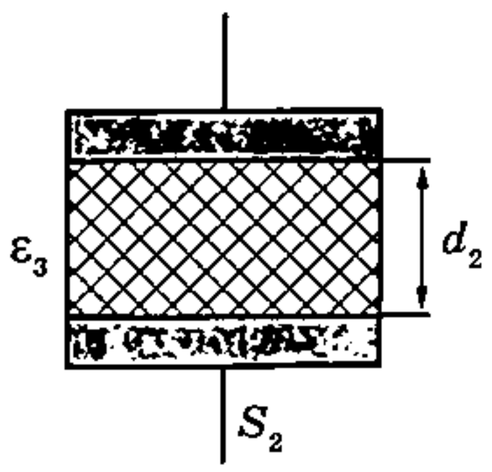
3)



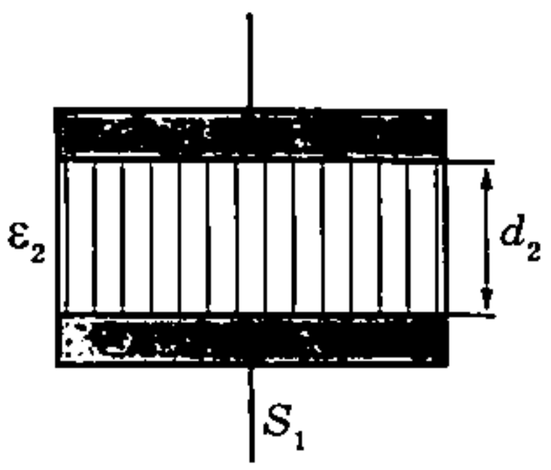
5)



2)



4)



Если мы намерены экспериментально изучить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от расстояния между его пластинами, то мы выберем конденсаторы 4 и 5 с одинаковым диэлектриком и с одинаковой площадью пластин, но с разным расстоянием между пластинами. Если же нас интересует зависимость электроёмкости плоского конденсатора от площади его пластин, то мы выберем конденсаторы 1 и 3 с одинаковым расстоянием между пластинами и одинаковым диэлектриком. Наконец, если мы хотим экспериментально изучить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от свойств заполняющего диэлектрика, то мы выберем конденсаторы 1 и 5 с одинаковой площадью пластин и одинаковым расстоянием между ними.

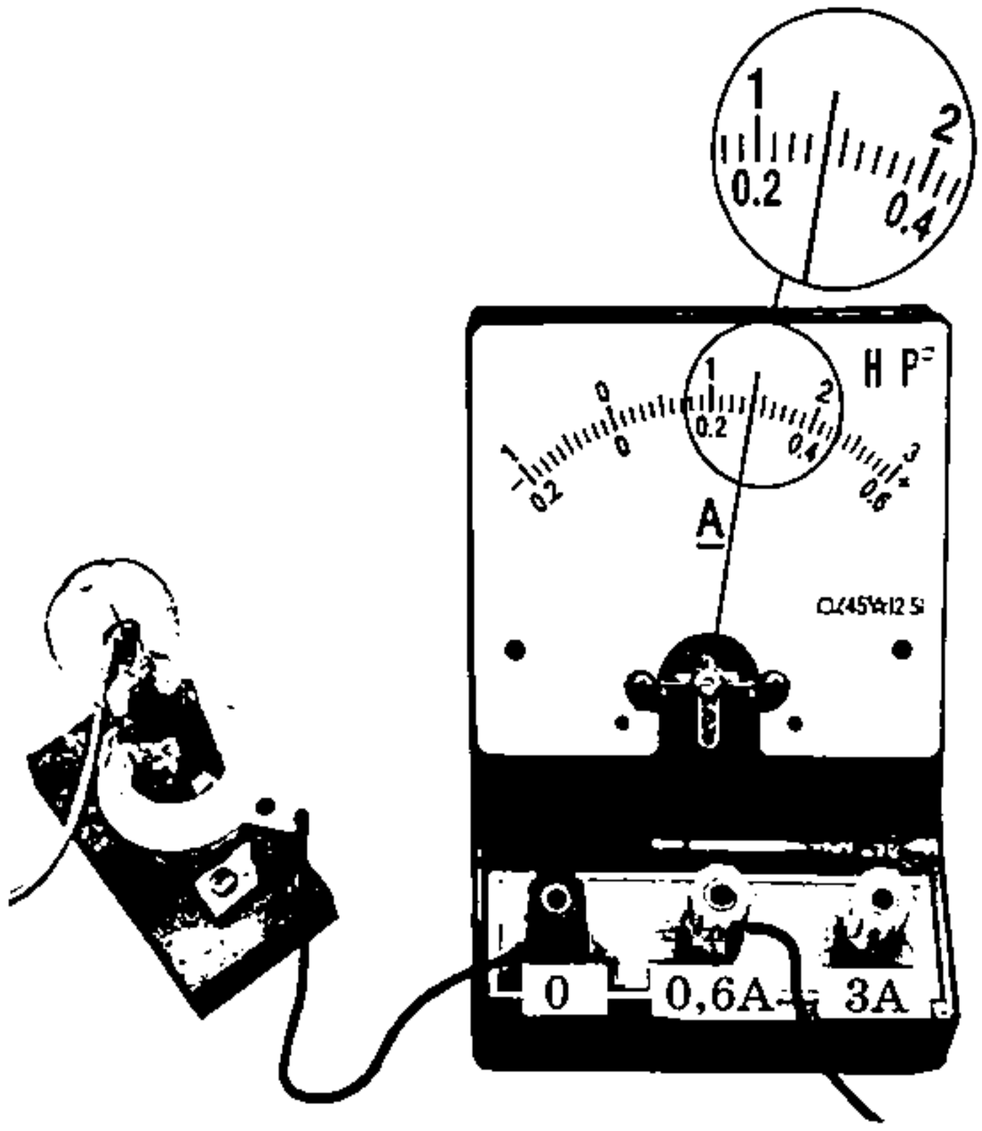
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 19

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

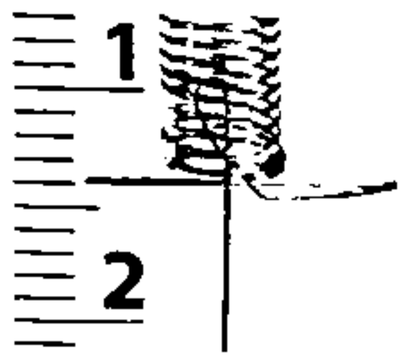
№	Задание
Задание № 1	Чему равна сила тока в лампочке (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока амперметром на пределе измерения 3 А равна $\Delta I_1 = 0{,}15$ А, а на пределе измерения 0,6 А равна $\Delta I_2 = 0{,}03$ А? 
Возможное решение и ответ к заданию № 1	У данного амперметра два предела измерения, 0,6 А и 3 А. На фото амперметр включён в цепь клеммами 0 и 0,6 А. Следовательно, предел измерения амперметра равен 0,6 А. На этом пределе абсолютная погрешность прямого измерения силы тока амперметром равна 0,03 А. Определим цену деления амперметра на этом пределе измерения. Интервал от 0,2 до 0,4 А содержит 10 делений. Следовательно, цена деления амперметра равна (0,4 А − 0,2 А) : 10 = 0,02 А. Стрелка амперметра находится между 0,2 А до 0,4 А около 4-го деления от 0,2 А. Поэтому результат измерения равен (0,2 А + 4 · 0,02 А) = 0,28 А. Запишем ответ с учётом абсолютной погрешности измерения. Ответ: (0,28 ± 0,03) А

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

19 1

Определите показания динамометра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах.

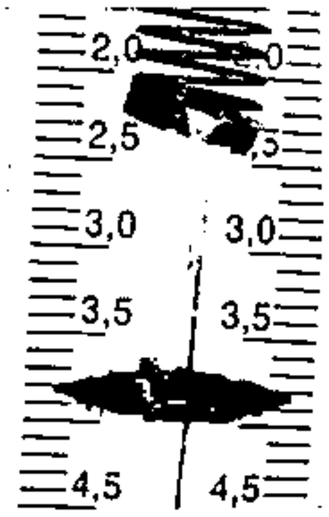


Ответ: (____ ± ____) Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 2

Определите показания динамометра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.

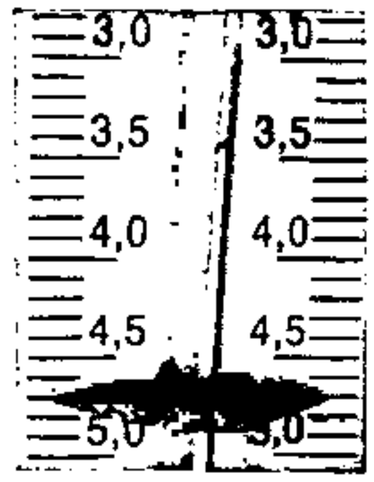


Ответ: (____ ± ____) Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 3

Определите показания динамометра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.

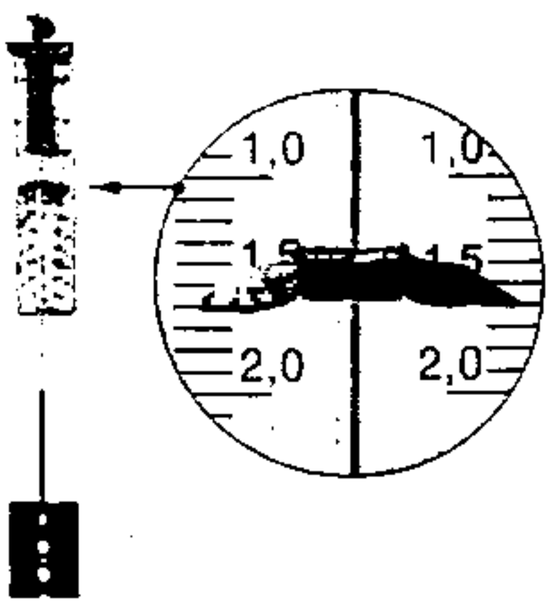


Ответ: (____ ± ____) Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 4

При помощи динамометра определяют вес металлической детали. Определите показание динамометра, если абсолютная погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах.

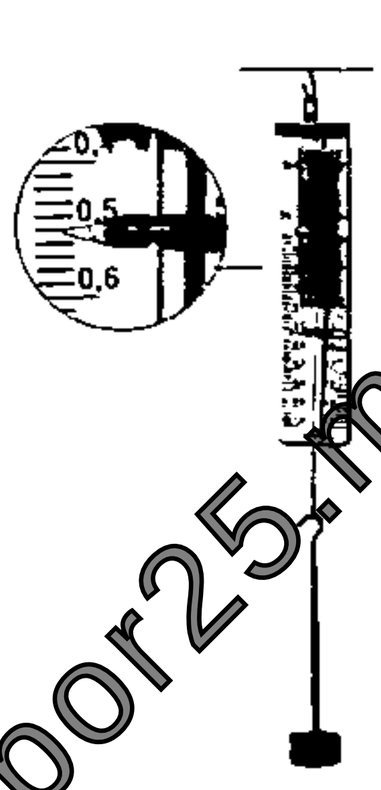


Ответ: (____ ± ____) Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 5

Абсолютная погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления (см. рисунок). Определите вес груза. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах.



Ответ: (____ ± ____) Н.

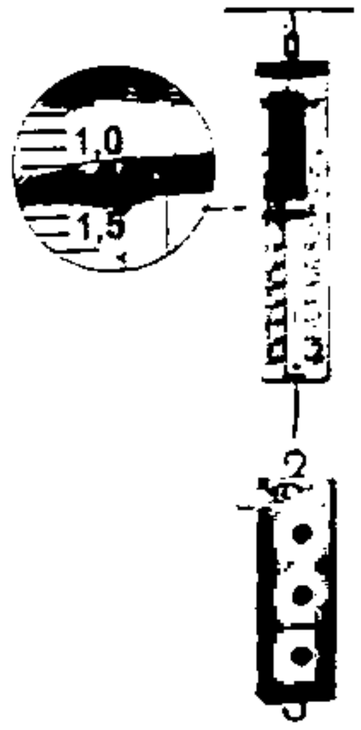
БЛАНК ОТВЕТОВ 19

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

19 6

Абсолютная погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления. Каков вес груза? Динамометр проградуирован в ньютонах.

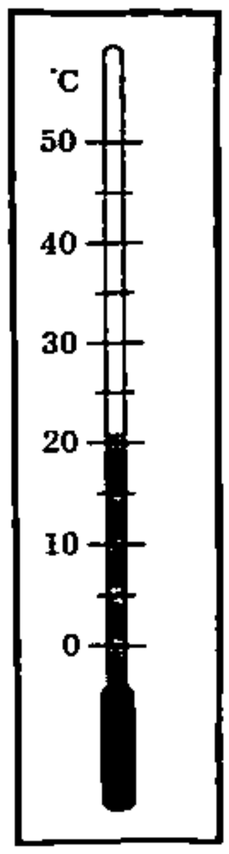


Ответ: (____ ± ____) Н.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 7

На рисунке изображён спиртовой термометр со шкалой Цельсия. Абсолютная погрешность измерения температуры при помощи этого термометра равна половине цены деления. Определите абсолютную температуру спирта в колбе термометра.

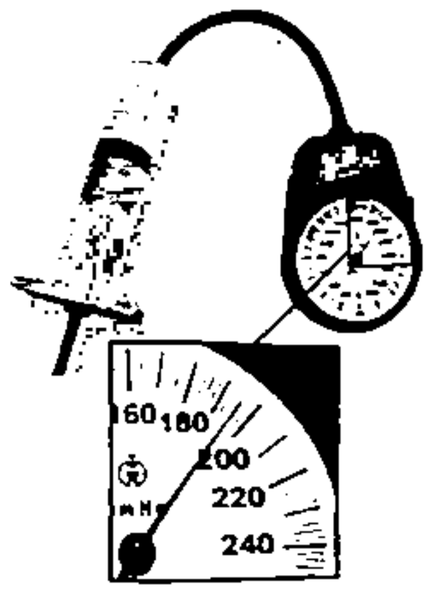


Ответ: (____ ± ____) К.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 8

На какую величину, согласно показаниям манометра, давление воздуха в баллоне превышает атмосферное давление, если абсолютная погрешность манометра равна 3 мм рт. ст.?

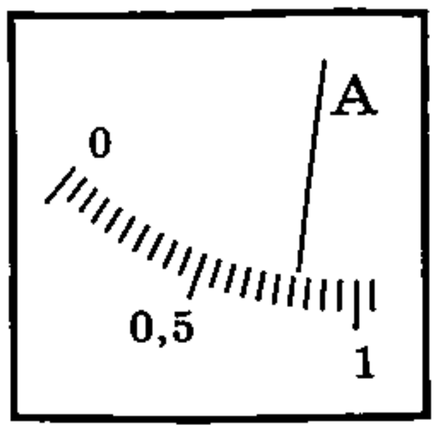


Ответ: (____ ± ____) мм рт. ст.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 9

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.

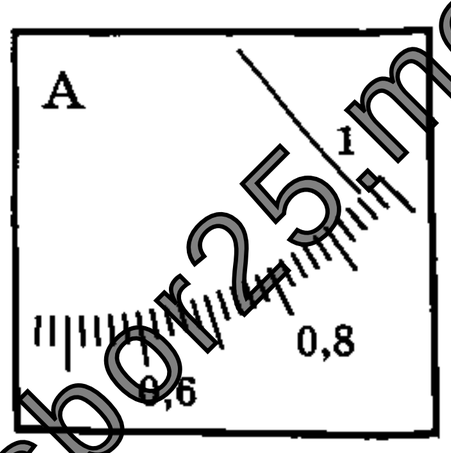


Ответ: (____ ± ____) А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 10

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.

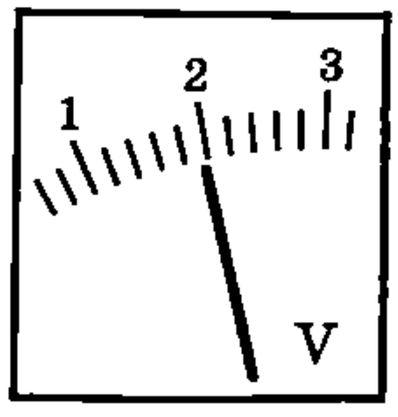


Ответ: (____ ± ____) А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sdo25.me

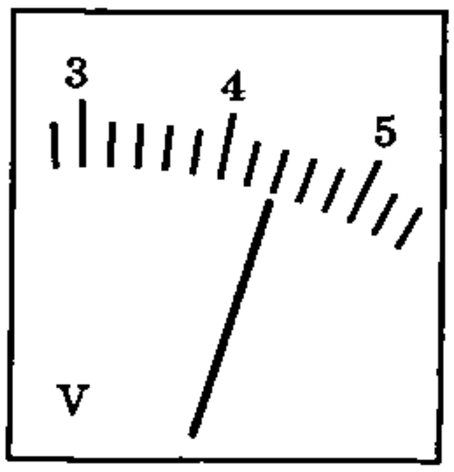
19 11 Определите показания вольтметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения составляет половину цены деления вольтметра.



Ответ: (____ ± ____) В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

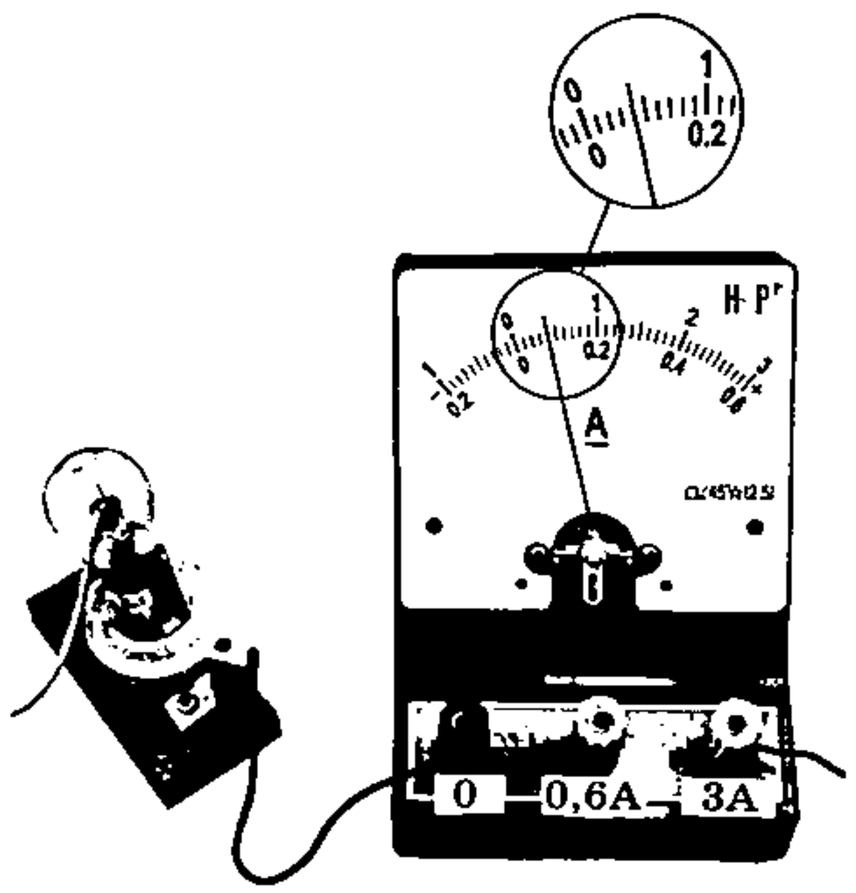
19 12 Определите показания вольтметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: (____ ± ____) В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

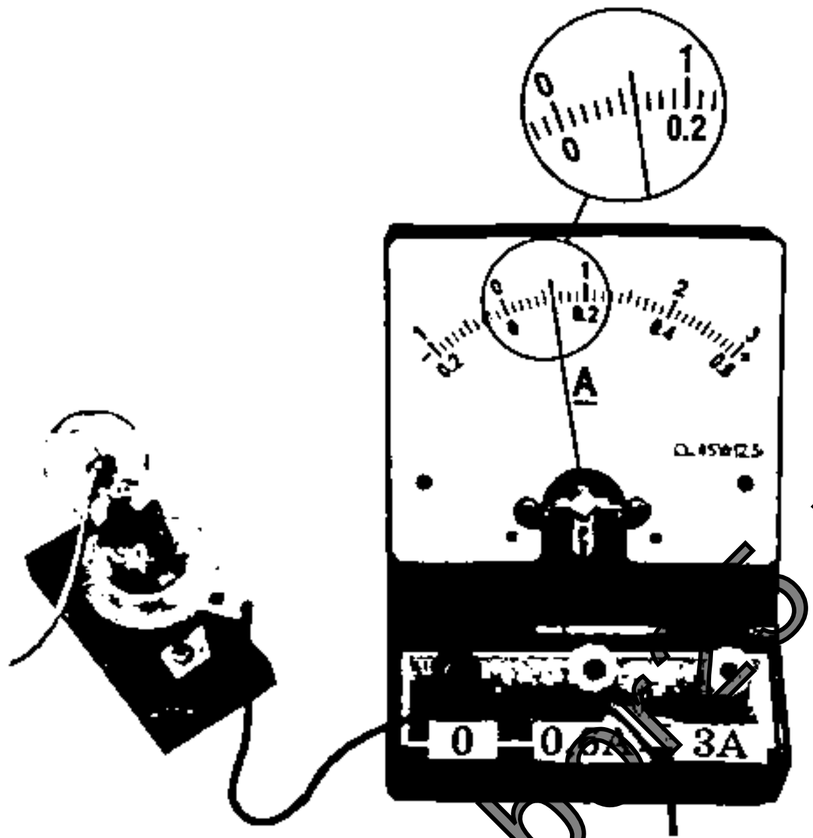
19 13 Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: (____ ± ____) А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 14 Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



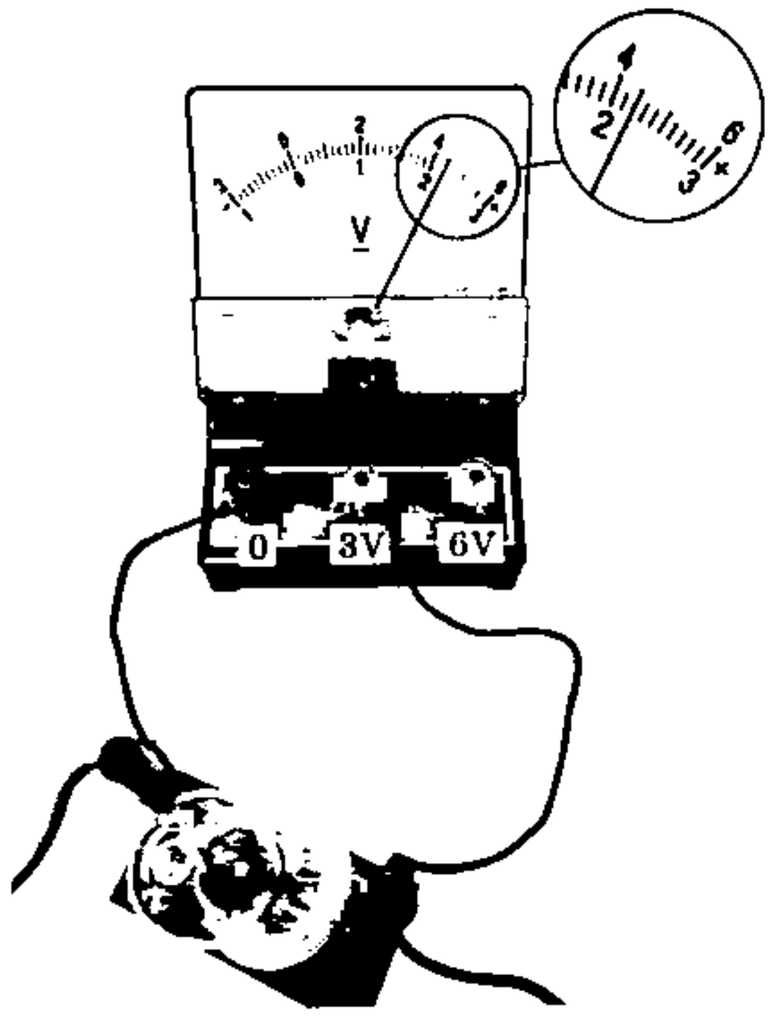
Ответ: (____ ± ____) А.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbrit.me

19 15 Чему равно напряжение на лампочке (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения на пределе измерения 3 В равна 0,15 В, а на пределе измерения 6 В равна 0,25 В?



Ответ: (____ ± ____) В.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 16 Пакет, в котором находится 200 гаек, положили на весы. Весы показали 60 г. Чему равна масса одной гайки по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность весов равна 10 г? Массу самого пакета не учитывать.

Ответ: (____ ± ____) г.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 17 Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлена проволока реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 40 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 3 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: (____ ± ____) мм.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

19 18 В книге 250 листов. По результатам измерения с помощью линейки толщина книги составляет 3,5 см. Чему равна толщина одного листа по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: (____ ± ____) мм.

БЛАНК ОТВЕТОВ 19

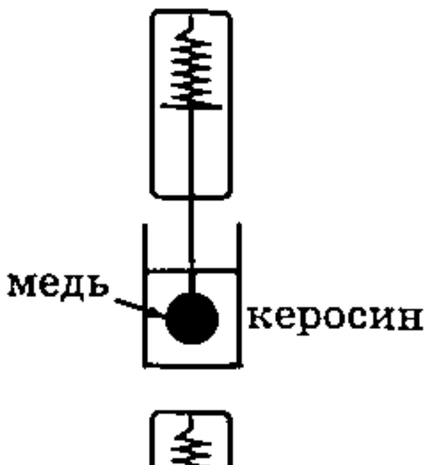
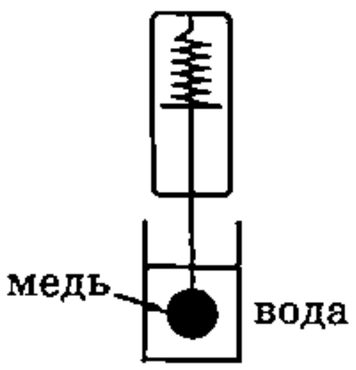
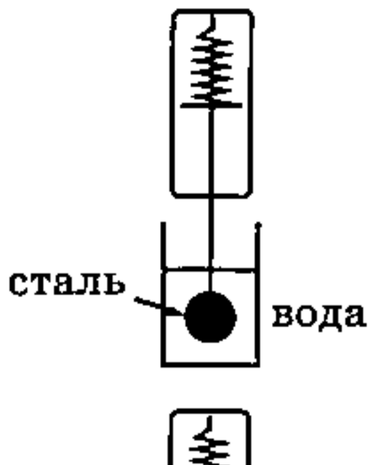
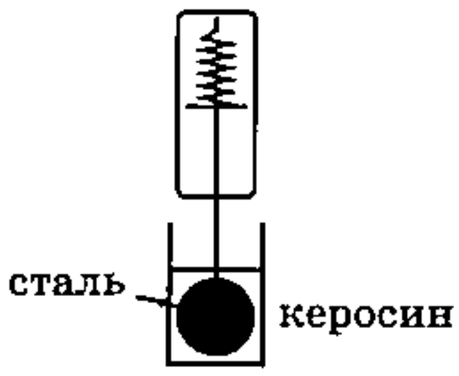
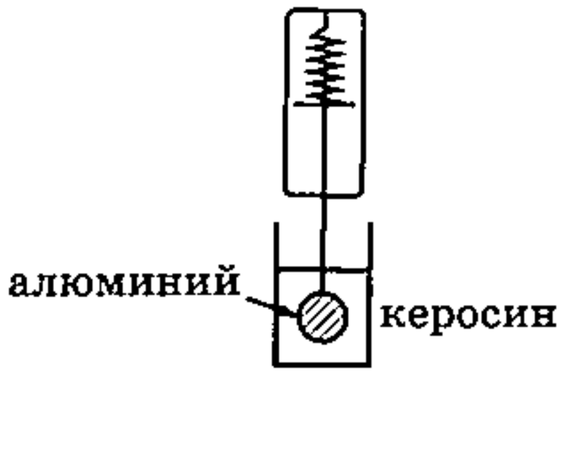
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 20

↘ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	Необходимо экспериментально изучить зависимость силы Архимеда, действующей на тело, погружённое в жидкость, от плотности жидкости. Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования? 1)  2)  3)  4)  5)  Запишите в ответе номера выбранных установок
Возможное решение и ответ к заданию № 1	Установки на рисунке отличаются друг от друга размерами и материалом шариков, а также используемой жидкостью. Чтобы выбрать две установки, на которых можно экспериментально обнаружить зависимость величины силы Архимеда от плотности жидкости, нужно, чтобы в них жидкости были разные, а шарики — одинаковые. По этой причине отпадает установка 4: там единственный шарик другого размера. В оставшихся четырёх установках размеры шариков одинаковы, но нужно, чтобы они были из одного материала, иначе разница в материалах шариков скажется на показаниях динамометров. Таким образом, выбираем пару установок 1 и 2, где совпадают и материал шариков, и их размеры. Поскольку в этих установках вдобавок и жидкости различны, то разница в показаниях динамометров на этих установках (на рисунках в условии она не показана, а в опыте мы её увидим) будет свидетельством того, что величина силы Архимеда зависит от плотности жидкости. Ответ: 12

© ООО «Издательство «Национальное образование»

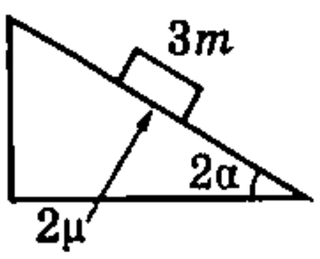
sbor25.me

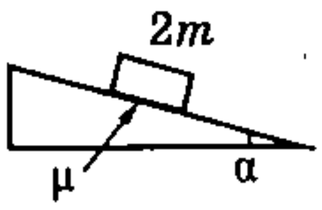
ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

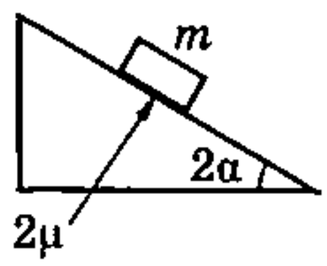
20 1

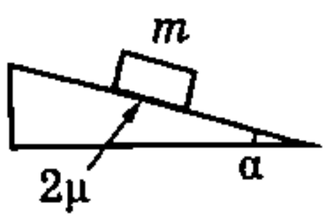
Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от коэффициента трения груза о плоскость. На всех приведённых ниже рисунках указаны массы тел, углы наклона плоскостей к горизонту, коэффициенты трения.

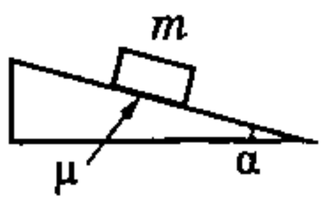
Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?

1) 

3) 

5) 

2) 

4) 

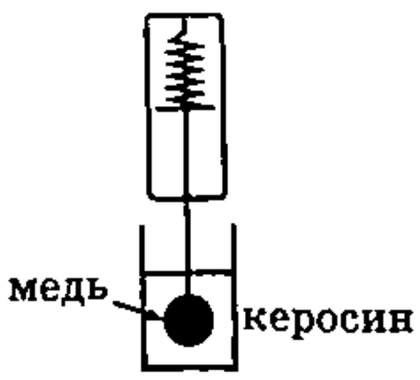
Запишите в ответе номера выбранных установок.

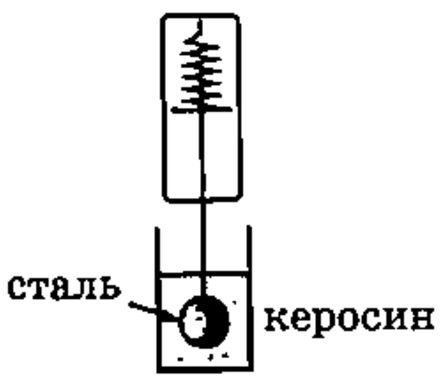
БЛАНК ОТВЕТОВ 20

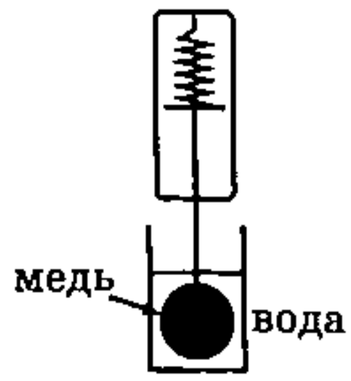
20 2

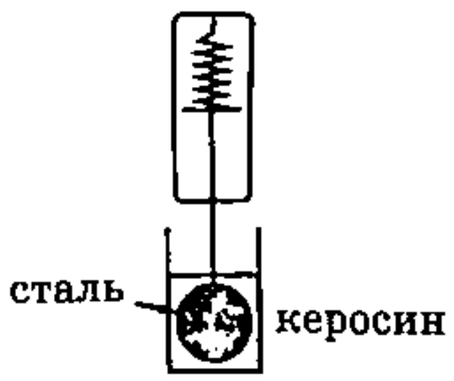
Необходимо экспериментально проверить, зависит ли сила Архимеда, действующая на тело, полностью погружённое в жидкость, от его объёма.

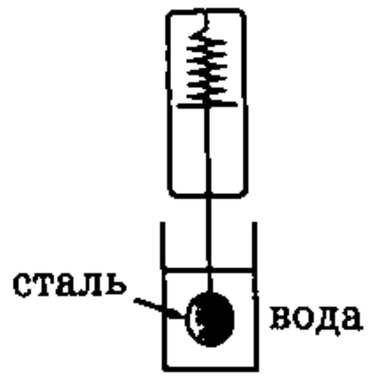
Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?

1) 

3) 

5) 

2) 

4) 

В ответе запишите номера выбранных установок.

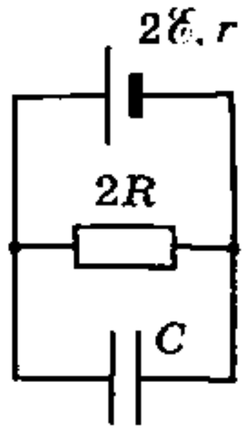
БЛАНК ОТВЕТОВ 20

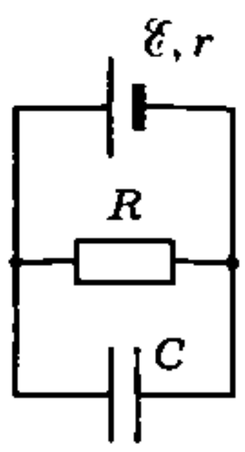
© ООО «Издательство «Национальное образование»

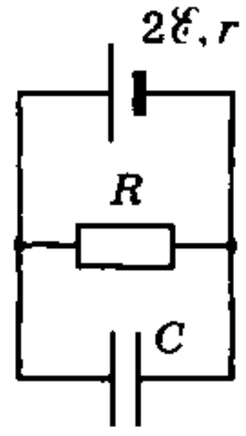
sbor25.me

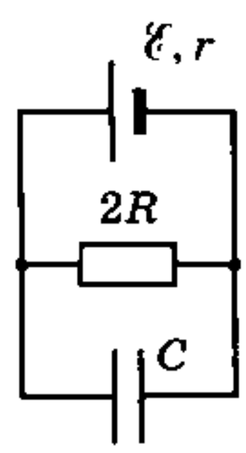
20 3 Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от внутреннего сопротивления аккумулятора.

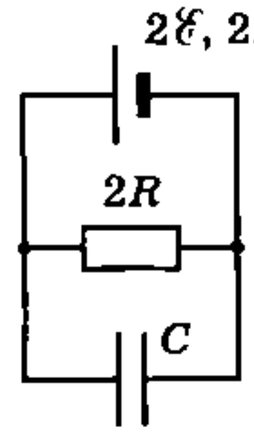
Какие две схемы следует использовать для проведения такого исследования?

1) 

2) 

3) 

4) 

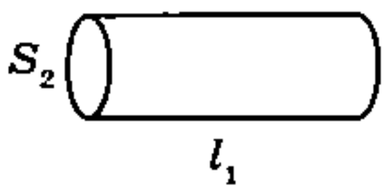
5) 

Запишите в ответе номера выбранных схем.

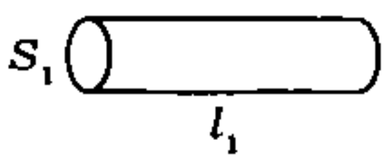
БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 4 Необходимо экспериментально изучить зависимость сопротивления проводника от длины проводника.

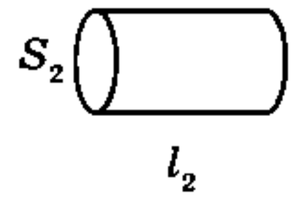
Какие два проводника следует использовать для проведения такого исследования?

1) 

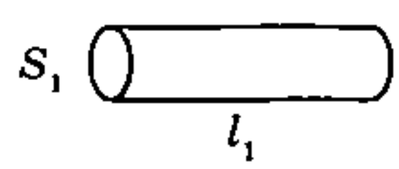
медь

2) 

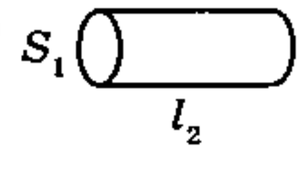
сталь

3) 

сталь

4) 

медь

5) 

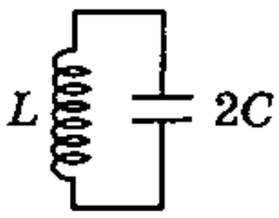
медь

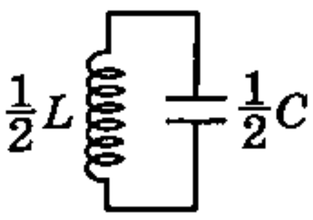
Запишите в ответе номера выбранных проводников.

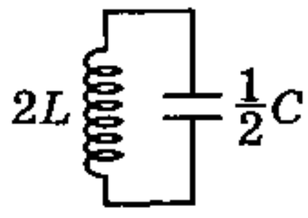
БЛАНК ОТВЕТОВ 20

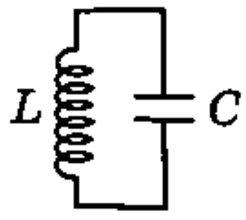
20 5 Ученику нужно обнаружить зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от ёмкости конденсатора.

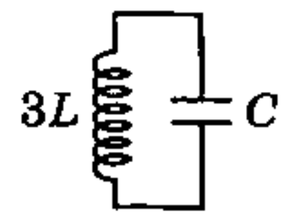
Какие два колебательных контура он должен выбрать для проведения такого исследования?

1) 

2) 

3) 

4) 

5) 

Запишите в ответе номера выбранных колебательных контуров.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

20 6

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность бензина. Для этого школьник взял стакан с бензином и динамометр.
Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) термометр
2) стальной цилиндр с крючком
3) калориметр
4) пружина
5) мензурка

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 7

Необходимо сделать нитяной маятник и с его помощью экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, линейку и нить.
Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) алюминиевый шарик
2) мензурка
3) секундомер
4) динамометр
5) электронные весы

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 8

Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью мощность электрического тока, потребляемую резистором. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и резистор.
Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) лампочка
2) катушка индуктивности
3) конденсатор
4) амперметр
5) вольтметр

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 9

Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи. Для этого школьник взял аккумулятор, ключ, вольтметр и реостат.
Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) лампа накаливания
2) конденсатор
3) соединительные провода
4) амперметр
5) секундомер

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdor25.me

20 10 Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погружённые в жидкость. В его распоряжении имеется пять установок, каждая из которых состоит из ёмкости с жидкостью и сплошного шарика.
Какие две из перечисленных в таблице установок необходимы ученику для того, чтобы опытным путём исследовать зависимость силы Архимеда от объёма шарика?

№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика, см^3	Масса шарика, г
1	вода	30	267
2	вода	20	156
3	керосин	20	226
4	подсолнечное масло	30	267
5	керосин	30	226

Запишите в ответе номера выбранных установок.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 11 Ученик изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице.
Какие два маятника необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от массы шарика? Шарики сплошные.

№ маятника	Длина нити маятника, м	Объём шарика, см^3	Материал, из которого сделан шарик
1	0,5	8	сталь
2	0,5	5	алюминий
3	1,0	5	сталь
4	1,5	8	алюминий
5	1,0	5	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 12 Ученик изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице.
Какие **два** маятника необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от длины нити?

№ маятника	Длина нити маятника, м	Объём шарика, см^3	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0	8	алюминий
2	0,5	10	алюминий
3	1,0	5	сталь
4	1,5	8	алюминий
5	1,0	5	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sdo25.me

20 13 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различной температуре и давлении (см. таблицу).

Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	200	20	10
5	200	20	15

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 14 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различной температуре и давлении (см. таблицу).

Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	150	20	10
5	200	20	15

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20 15 Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от материала, из которого он изготовлен, ученику выдали пять разных проводников (см. таблицу).

Какие два проводника из предложенных ниже необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника, м	Диаметр проводника, мм	Материал, из которого сделан проводник
1	20	0,5	алюминий
2	15	0,5	медь
3	10	0,8	железо
4	20	0,8	медь
5	15	0,5	нихром

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

20
16

Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали пять проводников, характеристики которых приведены в таблице.

Какие два из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

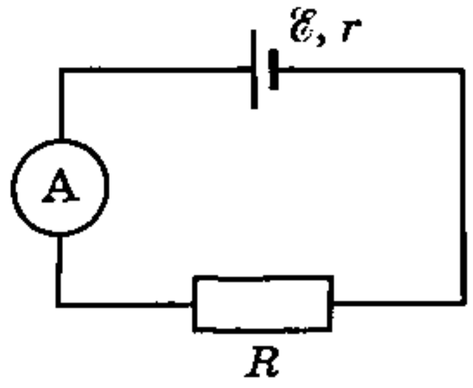
№ проводника	Длина проводника, см	Диаметр проводника, мм	Материал
1	100	1,0	медь
2	200	0,5	медь
3	200	1,0	медь
4	100	0,5	алюминий
5	300	1,0	медь

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20
17

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице.



Какие две цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внешнего сопротивления?

№ цепи	ЭДС источника $\mathscr{E}$, В	Внутреннее сопротивление источника r, Ом	Внешнее сопротивление R, Ом
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

20
18

Ученик изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеется пять колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице.

Какие два колебательных контура необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость частоты свободных колебаний силы тока в контуре от электроёмкости конденсатора?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора C, мкФ	Индуктивность катушки L, мГн
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

БЛАНК ОТВЕТОВ 20

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

РАСЧЁТНАЯ ЗАДАЧА С ОБОСНОВАНИЕМ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В вариантах КИМ ЕГЭ по физике среди заданий с развёрнутым решением предлагается расчётная задача по механике, в которой необходимо не только представить решение, но и обосновать применимость используемых законов и моделей. Используются задачи по темам «Динамика», «Законы сохранения» и «Статика».

Во всех задачах необходимо выбрать инерциальную систему отсчёта. Если при решении задачи применяется второй закон Ньютона, то необходимо указать на использование модели материальной точки: либо размеры тел можно считать малыми в условиях задачи, либо тела движутся поступательно и для них можно использовать запись второго закона Ньютона для материальных точек. Если решается задача по статике, то необходимо указать, что используется модель абсолютно твёрдого тела.

Для задач на движение связанных тел необходимо отразить условие равенства ускорений при движении связанных тел и сил натяжения нити. Обычно все необходимые данные (невесомая и нерастяжимая нить, идеальный блок, отсутствие трения в оси блока и сопротивления воздуха) указаны в тексте задачи.

Для задач на использование законов сохранения следует указать на условия применимости закона сохранения механической энергии и закона сохранения импульса. Для закона сохранения импульса, как правило, рассматриваются две ситуации: 1) импульс системы тел сохраняется, поскольку время взаимодействия мало и импульсом внешних сил можно пренебречь и 2) импульс сохраняется в проекции на одну из выбранных осей, если внешние силы перпендикулярны этой оси. При использовании закона сохранения энергии нужно отметить, что все действующие на тела силы потенциальны, а если есть непотенциальные силы, то показать, что работа этих сил равна нулю. Если механическая энергия не сохраняется, то указать, какие преобразования энергии происходят в системе.

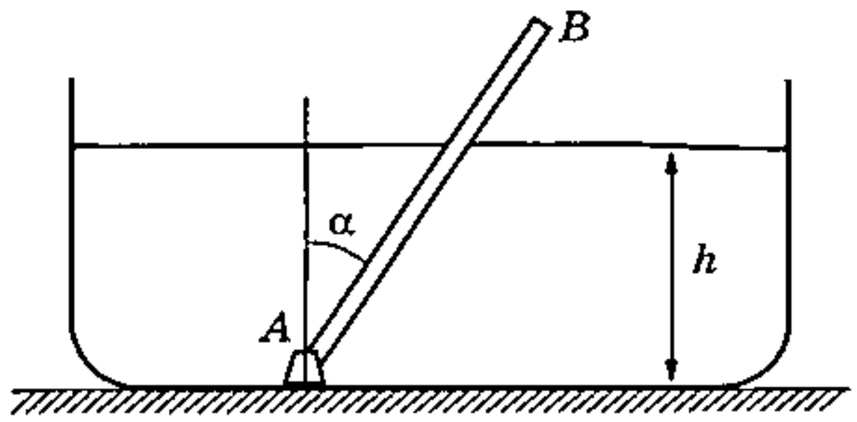
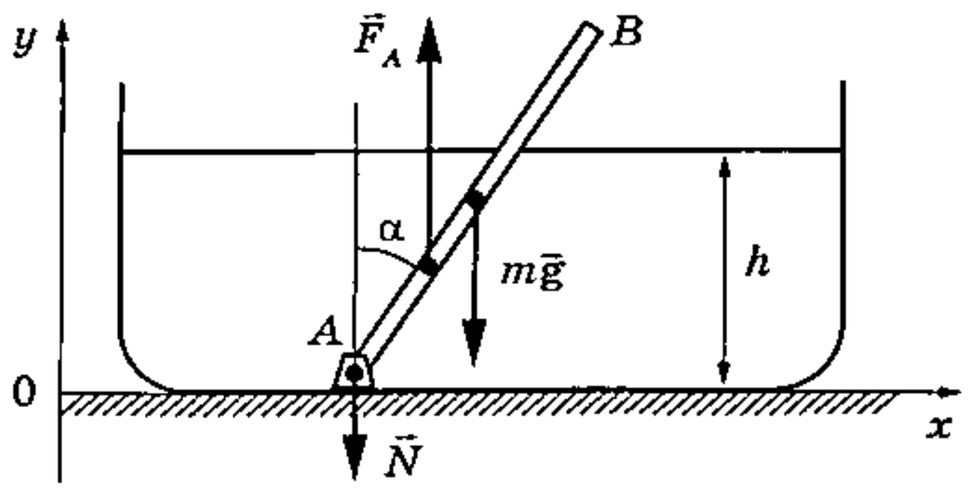
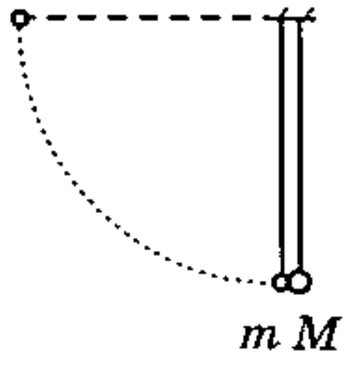
Ниже приведены примеры обоснований для задач по разным темам раздела «Механика».

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задание 26

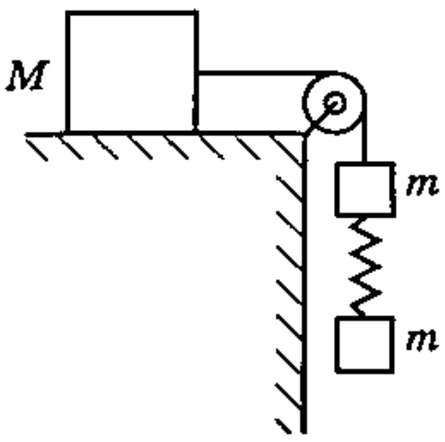
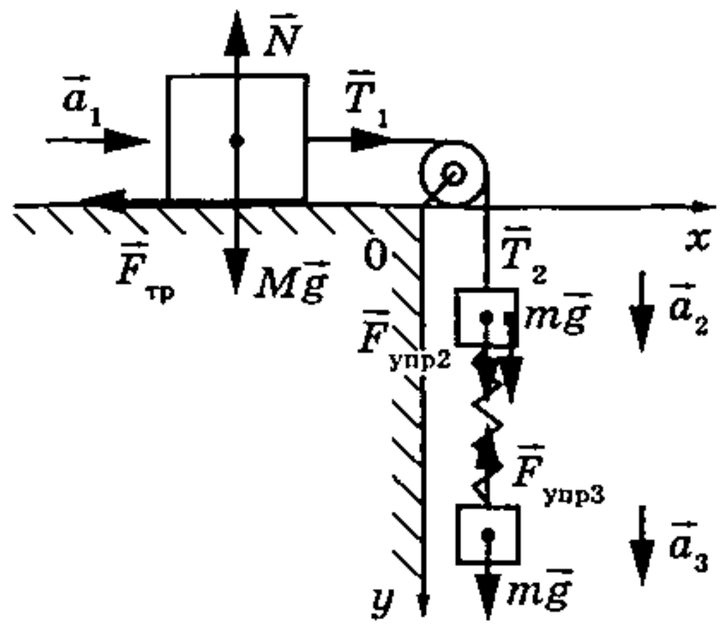
Перед выполнением заданий, представленных в тренировочной таблице, закройте чистым листком бумаги все строки таблицы, кроме строки с заданием № 1. Прочитайте внимательно задание и выполните его.
Передвиньте листочек на одну строку таблицы ниже, проверьте свой ответ.

№	Задание
Задание № 1	На дне кастрюли с водой неподвижно закреплён шарнир малых размеров. К шарниру прикреплён нижним концом тонкий однородный стержень AB постоянного поперечного сечения $S = 0{,}25$ см^2. Он может без трения поворачиваться на шарнире в плоскости рисунка. Толщина слоя воды в кастрюле $h = 0{,}25$ м. В равновесии стержень образует с вертикалью угол $\alpha = 30°$. Плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м^3, плотность материала стержня $\rho = 600$ кг/м^3.  Найдите величину и направление силы $\vec{F}$, с которой стержень в равновесии действует на шарнир. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень AB. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.
Обоснование к заданию № 1	1) Выберем систему отсчёта, неподвижно связанную с Землёй, и будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). 2) Стержень будем считать твёрдым телом с осью вращения, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A. Условия равновесия твёрдого тела — равенство нулю суммы моментов сил, приложенных к телу, относительно этой оси и равенство нулю суммы сил, приложенных к телу.  3) На стержень действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила Архимеда $\vec{F}_A$ и сила реакции шарнира $\vec{N}$. Силы $m\vec{g}$ и $\vec{F}_A$ направлены вертикально, поэтому из пункта 2 следует, что и сила $\vec{N}$ направлена вертикально. 4) Силы $\vec{F}$ и $\vec{N}$ связаны третьим законом Ньютона: $\vec{F} = -\vec{N}$, поэтому сила $\vec{F}$ тоже направлена по вертикали.
Задание № 2	Два маленьких шарика массами m и M висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Чему равен максимальный угол отклонения нитей с шариками после того, как шарики абсолютно неупруго столкнутся? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи. 
Обоснование к заданию № 2	1) Систему отсчёта, неподвижно связанную с Землёй, считаем инерциальной (ИСО). 2) Шарики m и M описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с длинами нитей. 3) При движении шарика m по окружности от начального положения до столкновения шариков на него действуют потенциальная сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити $\vec{T}$ (сопротивлением воздуха пренебрегаем). Сила $\vec{T}$ направлена по нити, то есть по радиусу окружности, а скорость $\vec{v}$ шарика m направлена по касательной к окружности. Поэтому в любой точке траектории шарика $\vec{T} \perp \vec{v}$, и работа силы $\vec{T}$ при движении шарика от начального положения

© ООО «Издательство «Национальное образование»

Spor25.me

Окончание табл.

№	Задание
Обоснование к заданию № 2	до места столкновения шариков равна нулю. Следовательно, при этом движении сохраняется механическая энергия шарика $$E_{\text{мех}} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$ 4. По аналогичной причине сохраняется механическая энергия шариков после их абсолютно неупругого столкновения. 5. Закон сохранения импульса системы тел выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, по направлению скорости шарика m перед столкновением. При столкновении все внешние силы, действующие на систему тел «шарик m + шарик M» (силы тяжести $m\vec{g}$ и $M\vec{g}$, а также силы натяжения нитей) вертикальны, их проекции на горизонтальную ось равны нулю. Следовательно, в ИСО проекция импульса системы «шарик m + шарик M» на горизонтальную ось при их столкновении сохраняется
Задание № 3	Брусок массой M = 800 г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой m = 400 г. К этому грузу на лёгкой пружине жёсткостью k = 80 Н/м подвешен второй такой же груз. Длина нерастянутой пружины l = 10 см, коэффициент трения бруска о поверхность стола m = 0,2. Определите длину пружины при движении грузов, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи 
Обоснование к заданию № 3	1) Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. 2) Будем применять для бруска и грузов законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. 3) Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём. 4) Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих грузов и бруска равны по модулю: $\lvert\vec{a}_1\rvert = \lvert\vec{a}_2\rvert = \lvert\vec{a}_3\rvert = a$. 5) На рисунке показаны силы, действующие на брусок и грузы. 6) Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на брусок и верхний груз, одинаковы: $\lvert\vec{T}_1\rvert = \lvert\vec{T}_2\rvert = T$. 7) Равны по модулю и силы $\lvert\vec{F}_{\text{упр2}}\rvert = \lvert\vec{F}_{\text{упр3}}\rvert$, так как пружина лёгкая 

Задачи линии 26 оцениваются по двум независимым критериям: К1 — обоснование используемых законов (максимально 1 балл), К2 — решение задачи (максимально 3 балла). Ниже приведена схема оценивания этих заданий.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: ...	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0

sbor25.me

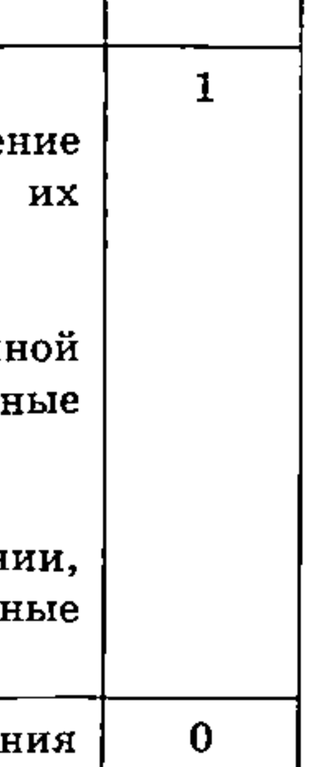
© ООО «Издательство «Национальное образование»

Окончание табл.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: ...); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	*4*

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ

26 1 Два одинаковых бруска массой $M = 500$ г связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 100$ г, и система приходит в движение. С какой силой F груз будет давить на брусок? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

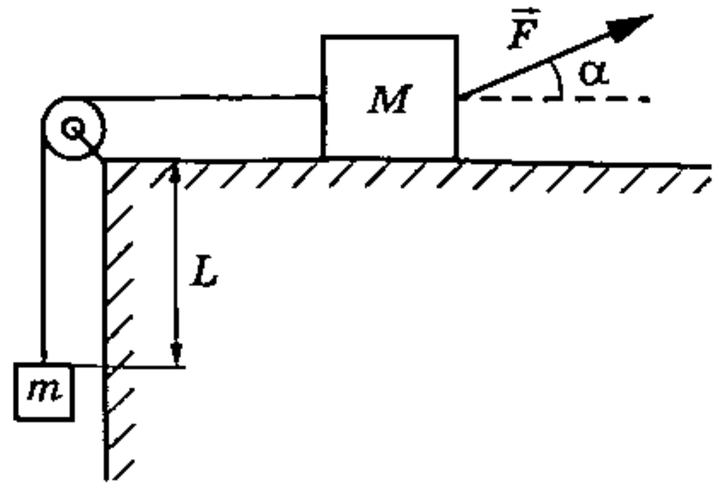


sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

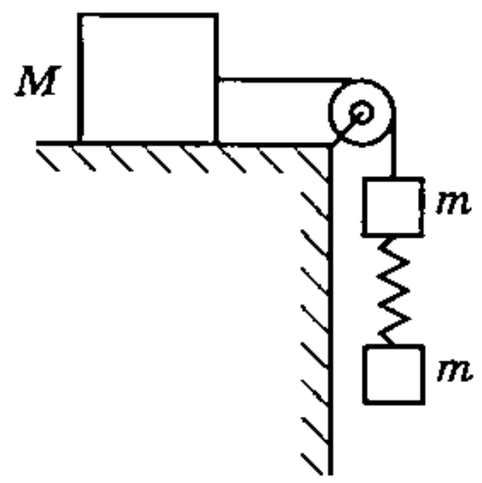
26 2

На горизонтальном столе находится брусок массой $M = 1$ кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 500$ г. На брусок действует сила $\vec{F}$, направленная под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок), $F = 9$ Н. В момент начала движения груз находился на расстоянии $L = 32$ см от края стола. Какую скорость υ будет иметь груз в тот момент, когда он поднимется до края стола, если коэффициент трения между бруском и столом $\mu = 0{,}3$? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на брусок и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



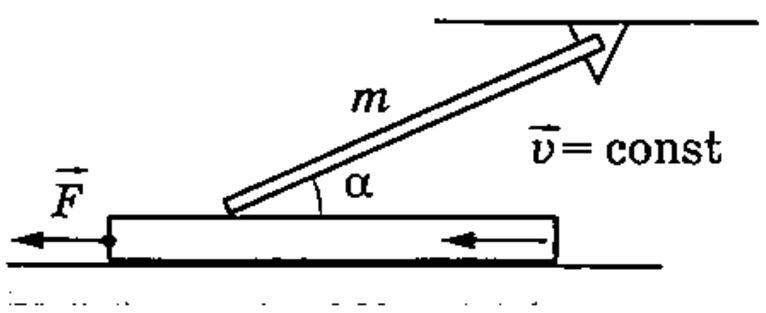
26 3

Брусок массой $M = 800$ г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 400$ г. К этому грузу на лёгкой пружине жёсткостью $k = 80$ Н/м подвешен второй такой же груз. Длина нерастянутой пружины $l = 10$ см, коэффициент трения бруска о поверхность стола $\mu = 0{,}2$. Определите длину пружины при движении грузов, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



26 4

Однородный тонкий стержень массой m одним концом шарнирно прикреплён к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30°$. Под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок).



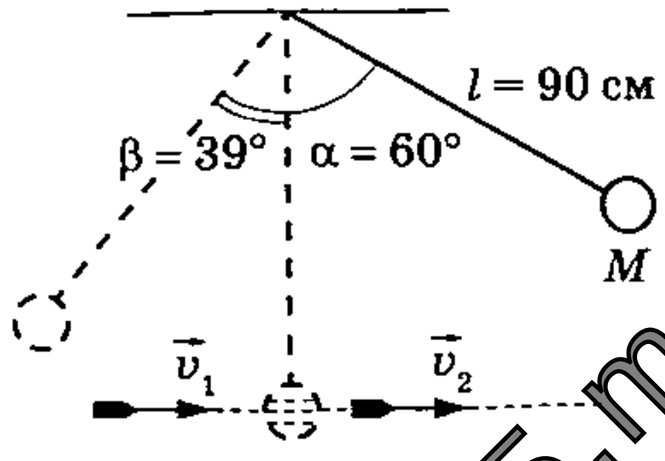
Стержень при этом неподвижен. Найдите m, если $F = 2$ Н, а коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0{,}2$. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень и доску. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

26 5

В маленький шар массой $M = 230$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля. Минимальная скорость пули υ_0, при которой шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости, равна 120 м/с. Чему равна масса пули? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.

26 6

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шара через положение равновесия в него попадает пуля, летящая навстречу шару, которая пробивает его и продолжает двигаться горизонтально (см. рисунок). Определите модуль изменения импульса пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39°. (Массу шара считать неизменной; диаметр шара — пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити; $\cos 39° = \frac{7}{9}$.)



Сопротивлением воздуха пренебречь.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

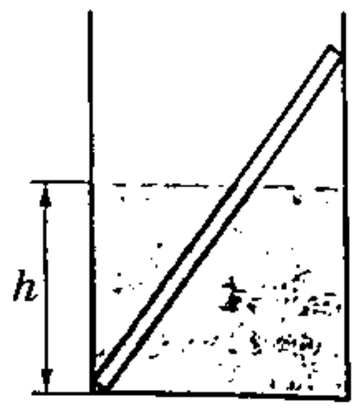
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

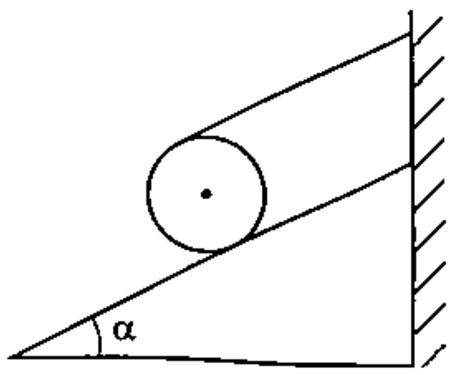
26 7 Снаряд массой 2 кг разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину ΔE. Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка — 100 м/с. Найдите величину ΔE. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

26 8 Небольшое тело массой $M = 0{,}99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0{,}01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h, на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

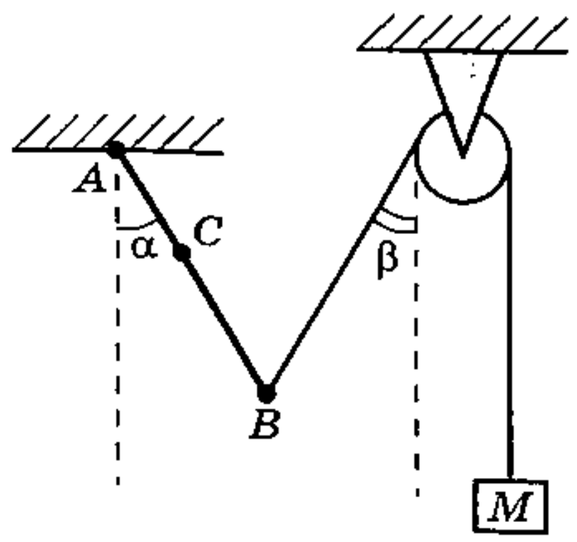
26 9 В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную палочку длиной 10 см и массой 1,8 г. До какой высоты h надо налить в стакан жидкость, плотность которой составляет 0,75 плотности материала палочки, чтобы модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равнялся 0,008 Н? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



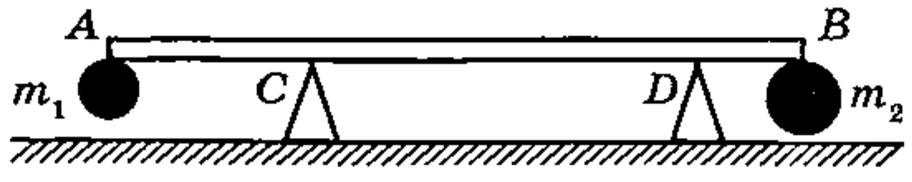
26 10 Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0{,}5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



26 11 Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A. Груз массой $M = 200$ г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 45°$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 45°$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB, пренебрегая трением в шарнире. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень.
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



26 12 Два небольших массивных шара массами $m_1 = 0{,}2$ кг и $m_2 = 0{,}3$ кг закреплены на концах невесомого стержня AB, лежащего горизонтально на опорах C и D. Длина стержня AB $L = 1$ м, а расстояние $AC = 0{,}2$ м. Сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору C. Каково расстояние между опорами CD? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень + шары».
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

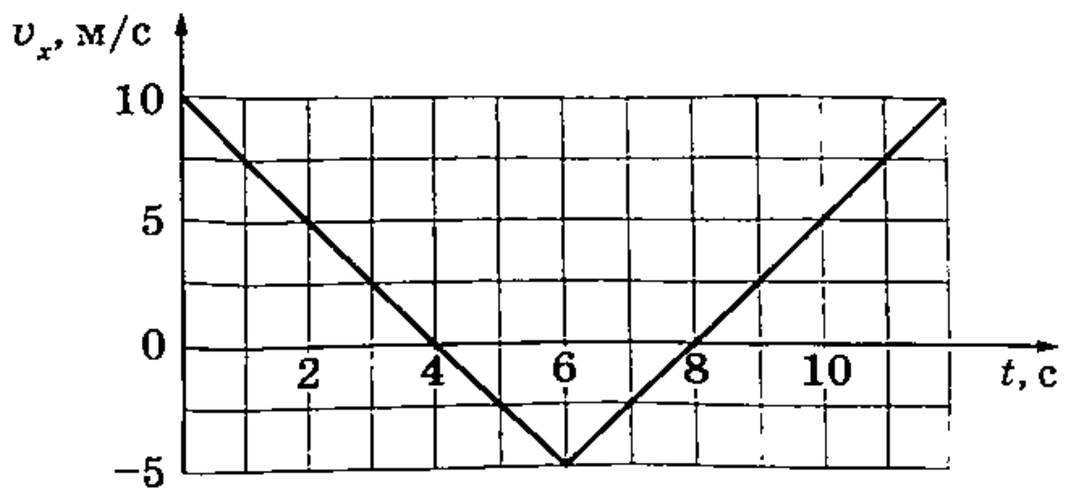
sbor25.me

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ

ЧАСТЬ 1

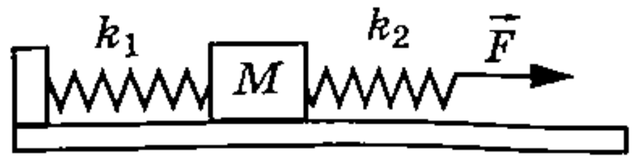
Ответами к заданиям 1–20 являются слово, число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Тело движется вдоль оси Ox. По графику зависимости проекции скорости тела v_x от времени t установите модуль перемещения тела за время от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с.



Ответ: _____ м.

2 К системе из кубика массой $M = 1$ кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $\vec{F}$ величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины $k_1 = 400$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Каково удлинение первой пружины?



Ответ: _____ см.

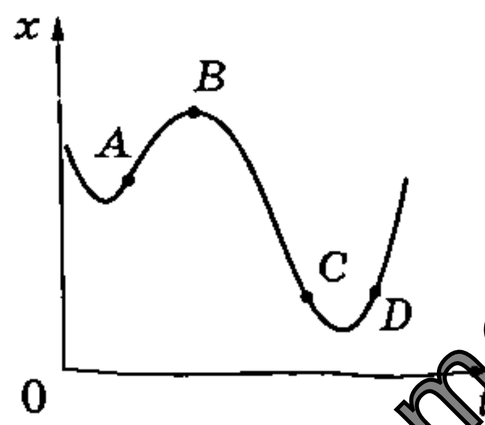
3 Шарик массой 400 г падает с некоторой высоты. Начальная скорость шарика равна нулю. Его кинетическая энергия при падении на Землю равна 7 Дж, а потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 1 Дж. С какой высоты упал шарик?

Ответ: _____ м.

4 Кирпич массой 6 кг лежит на горизонтальной кладке стены, покрытой раствором. Какое давление оказывает кирпич на стену, если площадь грани, на которой он лежит, равна 300 см^2?

Ответ: _____ Па.

5 На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox, от времени t.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

1) В точке D ускорение тела и его скорость направлены в противоположные стороны.
2) На участке CD модуль скорости тела монотонно увеличивается.
3) Проекция перемещения тела на ось Ox при переходе из точки A в точку C отрицательна.
4) В точке B проекция ускорения тела на ось Ox отрицательна.
5) В точке A проекция скорости тела на ось Ox отрицательна.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

6 Подвешенный на пружине груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз заменяют на другой, масса которого больше, оставив пружину и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменятся частота свободных колебаний груза и его максимальная скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

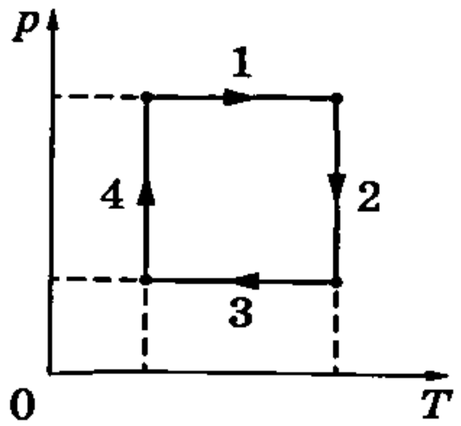
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота свободных колебаний груза	Максимальная скорость груза

7 В сосуде неизменного объёма находится разреженный газ в количестве 3 моль. Во сколько раз уменьшится давление газа в сосуде, если выпустить из него 1 моль газа, а абсолютную температуру газа уменьшить в 2 раза?

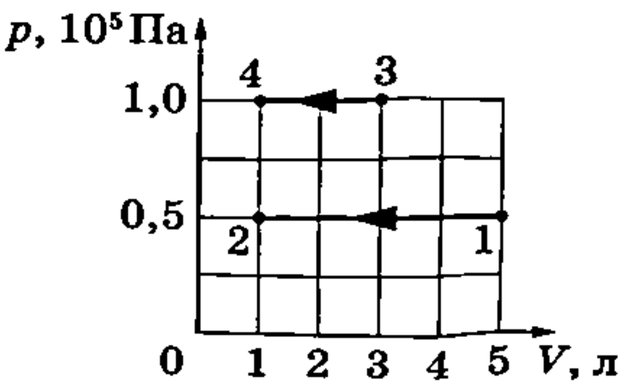
Ответ: в _____ раз(а).

8 На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке работа газа положительна и равна полученному газом количеству теплоты?



Ответ: на участке _____.

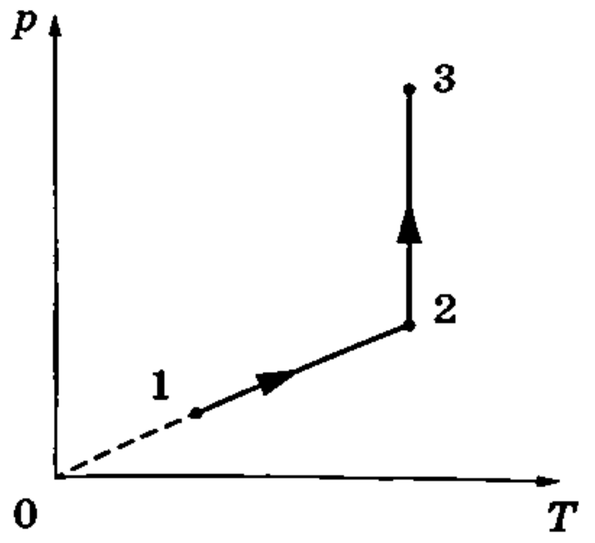
9 На pV-диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного аргона.
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.



1) Работа, совершённая внешними силами над аргоном, в процессах 1–2 и 3–4 одинакова.
2) В процессе 3–4 абсолютная температура аргона изобарно уменьшилась в 5 раз.
3) В процессе 1–2 давление аргона в 2 раза выше, чем в процессе 3–4.
4) В процессе 1–2 аргон изобарно увеличил свой объём на 4 л.
5) В процессе 1–2 внутренняя энергия аргона уменьшилась в 5 раз.

Ответ: _____.

10 Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура газа. Как изменяются плотность газа ρ в ходе процесса 1–2 и объём газа V в ходе процесса 2–3?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

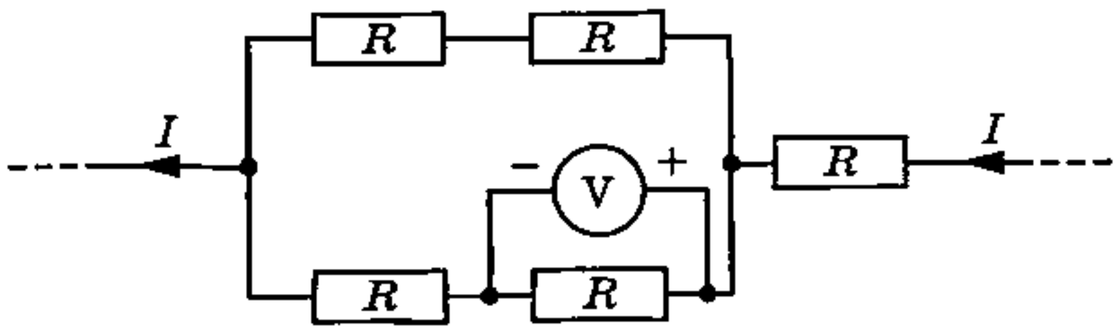
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность газа в ходе процесса 1–2	Объём газа в ходе процесса 2–3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

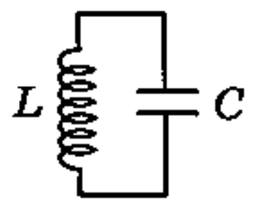
sbor25.me

11 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 20 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток I (см. рисунок). При этом идеальный вольтметр показывает напряжение 15 В. Чему равен ток I?



Ответ: _____ А.

12 В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0\cos\omega t$, где $U_0 = 2{,}5$ В, $\omega = 200\pi$ с$^{-1}$. Определите период колебаний напряжения.

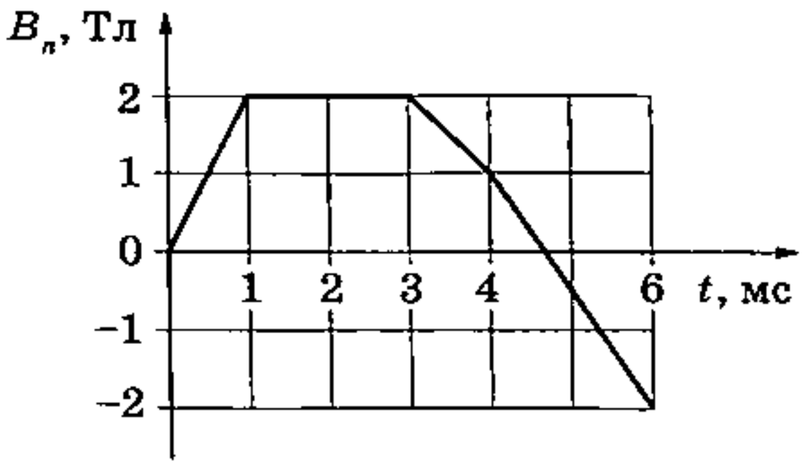


Ответ: _____ с.

13 На шахматной доске на расстоянии пяти клеток от вертикального плоского зеркала стоит пешка. На сколько уменьшится расстояние между пешкой и её изображением, если пешку на три клетки придвинуть к зеркалу?

Ответ: на _____ клеток(-ки).

14 Проволочная рамка площадью 30 см^2 помещена в однородное магнитное поле. Проекция B_n индукции магнитного поля на перпендикуляр к плоскости рамки изменяется во времени t согласно графику на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

1) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 2 мВб.
2) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 3 В.
3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
4) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 0 до 1 мс.
5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке максимален в интервале времени от 4 до 6 мс.

Ответ: _____.

15 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся время одного оборота электрона и радиус окружности, по которой он движется, если увеличить его скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время одного оборота электрона	Радиус окружности

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

16 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе. Определите число протонов в ядре стабильного изотопа скандия.

2	II	**Li** 3 литий 7_{93} $6_{7,4}$	**Be** 4 бериллий 9_{100}	**B** 5 бор 11_{80} 10_{20}
3	III	**Na** 11 натрий 23_{100}	**Mg** 12 магний 24_{79} 26_{11} 25_{10}	13 **Al** алюминий 27_{100}
4	IV	**K** 19 калий 39_{93} $41_{6,7}$	**Ca** 20 кальций 40_{97} $44_{2,1}$	**Sc** 21 скандий 45_{100}
	V	**Cu** 29 медь 63_{69} 65_{31}	**Zn** 30 цинк 64_{49} 66_{28} 68_{19}	**Ga** 31 галлий 69_{60} 71_{40}

Ответ: _____.

17 На установке, представленной на фотографиях (рис. 1 — общий вид; рис. 2 — фотоэлемент), исследуют зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещают различные светофильтры и измеряют запирающее напряжение. В первой серии опытов используют светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй — пропускающий только зелёный свет.

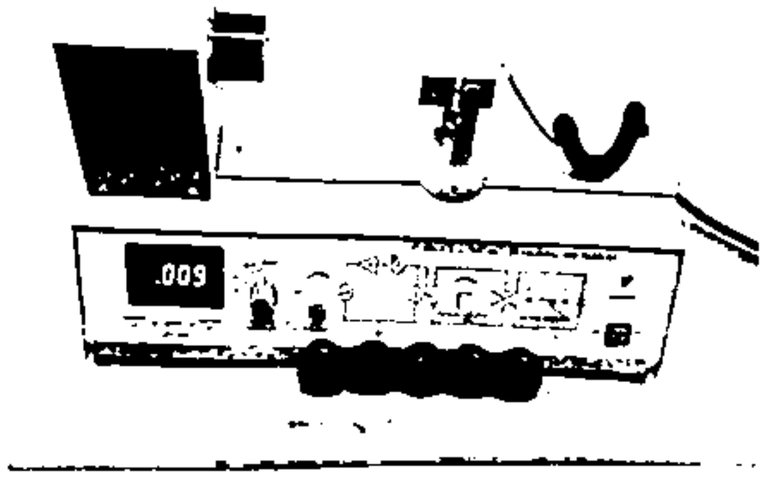


Рис. 1

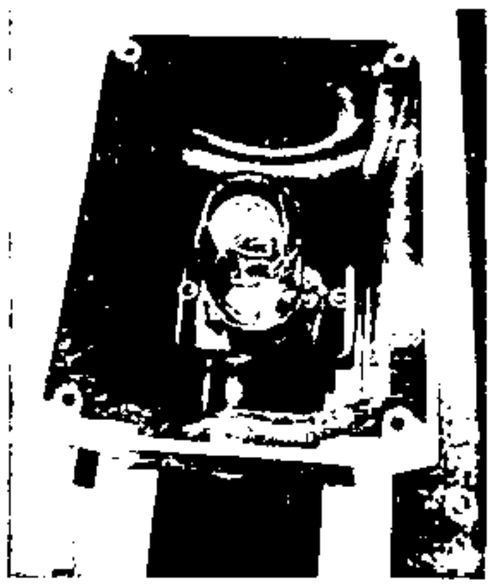


Рис. 2

Как изменяются модуль запирающего напряжения и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

18 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Период колебаний пружинного маятника увеличивается с уменьшением жёсткости пружины маятника.
2) Процесс диффузии не может наблюдаться в твёрдых телах.
3) В цепи постоянного тока отношение напряжений на концах параллельно соединённых резисторов равно отношению их сопротивлений.
4) При падении луча света на плоское зеркало падающий луч, отражённый луч и перпендикуляр к зеркалу, восставленный в точке падения, лежат в одной плоскости, а угол падения равен углу отражения.
5) Ядро любого атома состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих заряда нейтронов.

Ответ: _____.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

19 В журнале 50 листов. По результатам измерения с помощью линейки толщина журнала составляет 0,8 см. Чему равна толщина одного листа по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: (_____ ± _____) мм.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20 Школьник изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеется пять колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице.

Какие два колебательных контура необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость частоты свободных колебаний силы тока в контуре от электроёмкости конденсатора?

№ контура	Максимальная сила тока в катушке, А	Электроёмкость конденсатора C, мкФ	Индуктивность катушки L, мГн
1	0,09	1	5
2	0,06	2	10
3	0,12	2	15
4	0,06	1	10
5	0,09	1	15

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

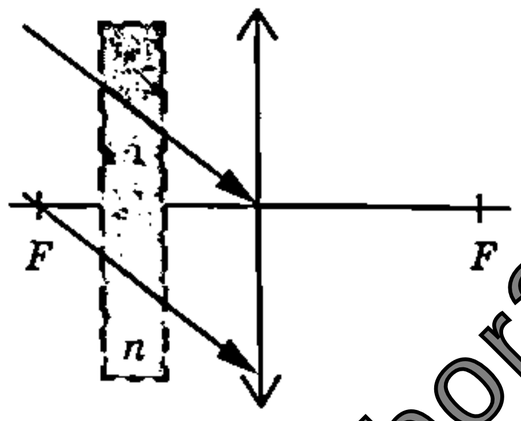
Ответ: ☐☐

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

ЧАСТЬ 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21 На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления n (на рисунке положение пластинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластинки.

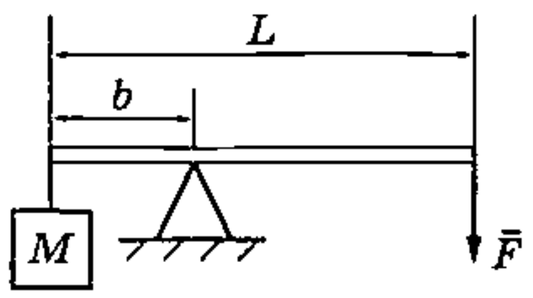


© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22 Груз массой 120 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 30 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Определите длину стержня.

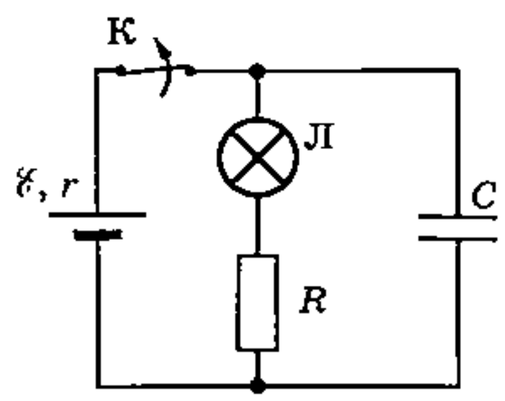


23 В сосуде объёмом 20 л при температуре 15 °С находится сухой воздух. В сосуд вводят 130 мг воды. Какая относительная влажность воздуха установится в сосуде, если спустя длительное время стенки сосуда останутся сухими? Фрагмент таблицы зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры приведён ниже.

t, °С	0	5	10	15	20	25
$p_{нас}$, кПа	0,61	0,88	1,23	1,71	2,33	3,17

24 В сосуде объёмом $V = 0{,}02$ м^3 с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью S, заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение S, полагая газ идеальным. Массой пробки пренебречь.

25 К аккумулятору с ЭДС $\mathscr{E} = 60$ В и внутренним сопротивлением $r = 5$ Ом подключили лампу сопротивлением $R_Л = 10$ Ом и резистор сопротивлением $R = 15$ Ом, а также конденсатор ёмкостью $C = 80$ мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на лампе?



26 По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30°$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3{,}6$ м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой m. Скорость пули $v = 555$ м/с. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2{,}5$ м от места удара. Найдите массу пули m.
Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ОТВЕТЫ

ВХОДНАЯ ДИАГНОСТИКА

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

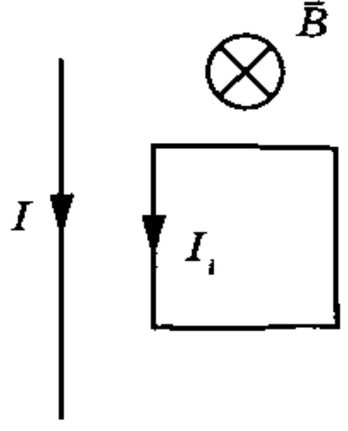
Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	25	6	34	11	720	16	12,5
2	0,25	7	4	12	0,004	17	134
3	10	8	0,75	13	140	18	124
4	2000	9	45	14	25	19	2,00,1
5	34	10	22	15	32	20	14

21 **Возможное решение**

1. При изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную проводящим контуром, в контуре возникает индукционный ток I_i, направление которого определяется правилом Ленца (см. рисунок).



2. В однородном магнитном поле на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Её направление находится по правилу левой руки, а величина — по формуле $F_A = I_i B l \sin\alpha$, где α — угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$. Так как рамка прямоугольная, а угол α во всех случаях равен 90°, то силы, приложенные к противолежащим сторонам рамки, равны по модулю и направлены взаимно противоположно. Результирующая сил, действующих на рамку со стороны однородного магнитного поля, равна нулю.

3. Прямолинейный проводник с током создаёт неоднородное магнитное поле, которое вблизи проводника сильнее, чем на отдалении от него. Направление линий индукции этого поля в каждой точке рамки одинаково, оно определяется по правилу буравчика. В проводнике протекает постоянный ток, поэтому поле проводника постоянно и не влияет на индукционный ток в рамке.

4. В магнитном поле проводника на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Стороны рамки, перпендикулярные проводнику, расположены на одинаковом расстоянии от проводника. На них действуют силы, равные по модулю и направленные противоположно друг другу. Их сумма равна нулю. Силы, действующие на параллельные проводнику стороны рамки, направлены тоже

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

противоположно друг другу. Из-за неоднородности поля проводник с током притягивает ближнюю сторону рамки сильнее, чем отталкивает более удалённую от него сторону. Результирующая этих сил притягивает рамку к проводнику.

5. Согласно принципу суперпозиции однородное магнитное поле и поле проводника с током действуют на рамку независимо друг от друга. Поэтому результирующая сил, приложенных к рамке, направлена влево к проводнику с током.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *п. 3*) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: *правило Ленца, величина и направление силы Ампера, принцип суперпозиции для магнитных полей*)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	*3*

22 **Возможное решение**

На груз действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения нити. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось, учтя, что груз находится в равновесии: $mg = F_{арх} + T$.

Для силы Архимеда справедливо соотношение $F_{арх} = \rho g V$.

Следовательно, для силы натяжения нити получим

$$T = mg - \rho g V = 1{,}5 \cdot 10 - 800 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ Н}.$$

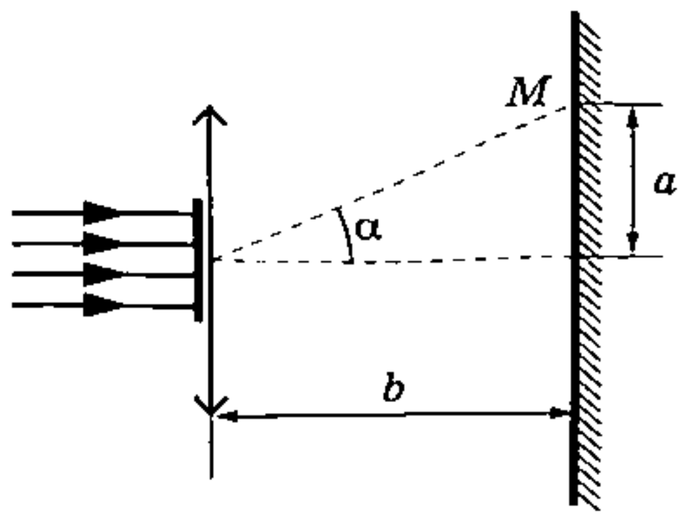
Ответ: $T = 7$ Н.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона, формулы для силы тяжести и силы Архимеда*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	*2*

23 **Возможное решение**



После прохождения светом дифракционной решётки и линзы на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. В точке M (см. рисунок) под углом к нормали будет наблюдаться k-й максимум, если $d\sin\alpha = k\lambda$. Т. к. угол α по условию можно считать малым, то $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}$.

Для первого максимума $a_1 = \frac{\lambda b}{d}$; для второго максимума $a_2 = \frac{2\lambda b}{d}$.

Вычтем из второго уравнения первое и, учитывая, что $\lambda = \frac{c}{\nu}$, получим выражение для периода решётки:

$$d = \frac{cb}{\nu(a_2 - a_1)} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0{,}36}{4{,}5 \cdot 10^{14} \cdot 0{,}03} = 0{,}008 \text{ мм}.$$

Отсюда число штрихов на 1 мм:

$$N = \frac{1}{0{,}008} = 125 \text{ мм}^{-1}.$$

Ответ: $N = 125$ мм$^{-1}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *формула для направления на главный максимум k-го порядка; формула взаимосвязи длины волны, частоты и скорости распространения света*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. **И (ИЛИ)** В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. **И (ИЛИ)** В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. **И (ИЛИ)** Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	*2*

24 **Возможное решение**

Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3: $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изотермическим с температурой $T_1 = T_2 = \text{const}$. Согласно первому закону термодинамики получаем: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, где $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 0$ — изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа. Таким образом, $Q_{12} = A_{12} = 3$ кДж.

Из уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$ следует, во-первых, что процесс 2–3 является изобарным: $p = \text{const}$. Во-вторых, на изобаре 2–3 $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$, откуда $\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 2$.

Следовательно, $T_2 = T_3\frac{V_2}{V_3} = \frac{T_3}{2} = \frac{600}{2} = 300$ К.

В-третьих,

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p(V_3 - V_2) = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \nu R(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}\cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot (600 - 300) \approx 6{,}23 \text{ кДж}.$$

В результате $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} \approx 3 + 6{,}23 = 9{,}23$ кДж.

Ответ: $Q_{123} \approx 9{,}23$ кДж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *первый закон термодинамики, уравнение Менделеева — Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, выражение для работы газа на изобаре*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	*3*

25 **Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи равно $R_0 = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6$ Ом, где R_1 — сопротивление лампы, R_2 — сопротивление резистора. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \dfrac{\mathscr{E}}{R_0 + r} = \dfrac{50}{6 + 4} = 5$ А. При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30$ В.

Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 900}{2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 45 \text{ мДж}.$$

После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

теплоты, выделяющееся в промежуток времени Δt, обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение u на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же: $Q_1 = \frac{u^2}{R_1}\Delta t$, $Q_2 = \frac{u^2}{R_2}\Delta t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_1}{R_2}$. Это соотношение остаётся верным и для всего интервала времени разрядки конденсатора. Кроме того, $W = Q_1 + Q_2$.

Решая систему двух уравнений для Q_1 и Q_2, получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

$$Q_1 = \frac{WR_2}{R_1 + R_2} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 15}{10 + 15} = 27 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ мДж}.$$

Ответ: $Q_1 = 27$ мДж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон Ома для полной цепи и для участка цепи, закон Джоуля — Ленца, формула для расчёта сопротивления параллельно соединённых резисторов*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

26 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Тележка M и грузик m движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что движение тележки и грузика в ИСО описывается вторым законом Ньютона.
4. Нить нерастяжима, поэтому модули ускорений тележки и грузика при их прямолинейном поступательном движении одинаковы.
5. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Решение:

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Блок идеален, нить невесома, поэтому на груз и тележку нить действует равными по модулю силами натяжения. Отсюда при равномерном движении тележки вправо ($a_т = 0$, см. рис. 1) получаем с учётом второго закона Ньютона систему уравнений

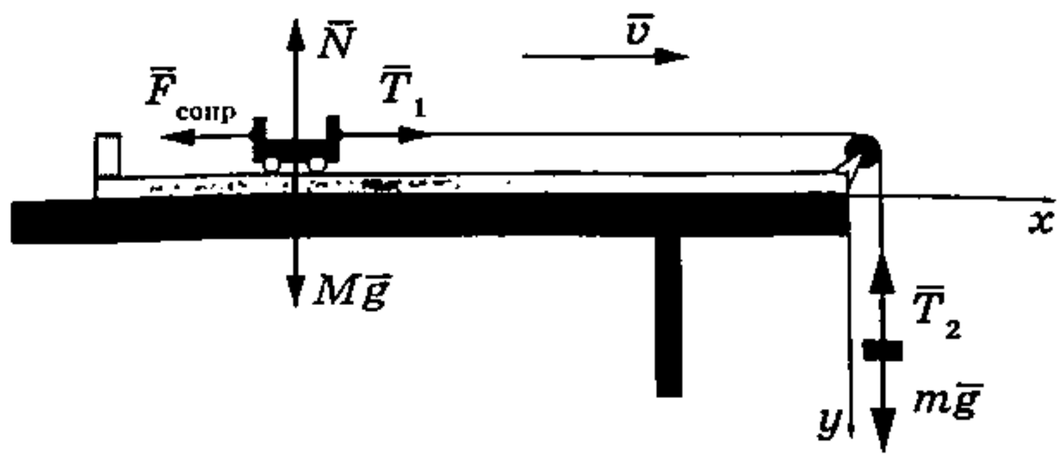


Рис. 1

$$\begin{cases} T_1 = T_2 = T_0, \\ T_1 - F_{сопр} = 0, \\ mg - T_2 = 0. \end{cases}$$

Из неё получаем, что $F_{сопр} = mg$, где $F_{сопр}$ — модуль силы сопротивления. После толчка влево скорость тележки направлена влево (см. рис. 2), а её ускорение направлено вправо. Ускорение груза направлено вниз. С учётом второго закона Ньютона получаем систему уравнений

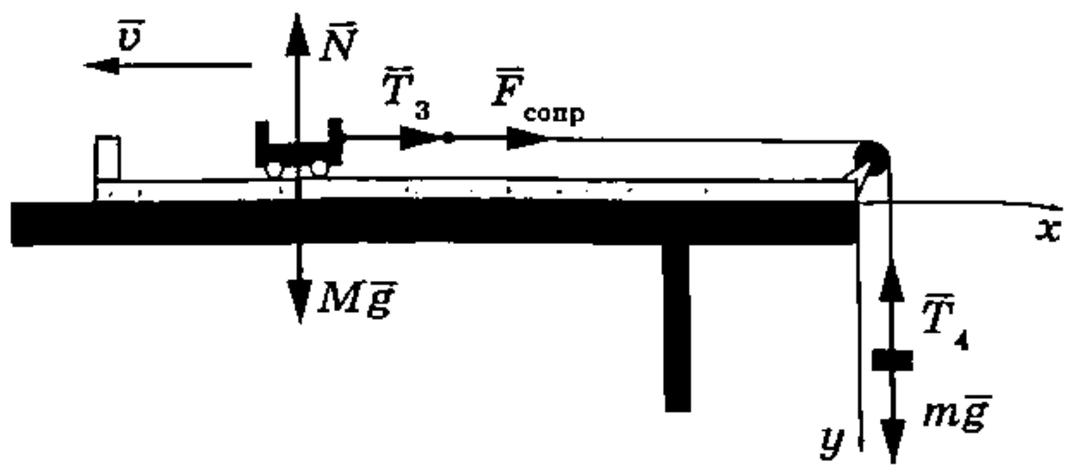


Рис. 2

$$\begin{cases} T_3 = T_4 = T, \\ T_3 + F_{сопр} = Ma_т, \\ mg - T_4 = ma_г. \end{cases}$$

Отсюда получим $a_т = \dfrac{T + F_{сопр}}{M}$ и $a_г = \dfrac{mg - T}{m}$, где T — модуль силы натяжения нити.

Нить нерастяжима, и поэтому $a_г = a_т$ и $\dfrac{T + F_{сопр}}{M} = \dfrac{mg - T}{m}$, откуда $T = \dfrac{mMg - mF_{сопр}}{m + M}$.

Учитывая, что $F_{сопр} = mg$, а $T = mg - ma_т = 0{,}8mg$, получаем $T = \dfrac{M - m}{M + m} \cdot mg = 0{,}8mg$.

Тогда $M - m = 0{,}8(M + m)$, а отношение масс грузика и тележки $\dfrac{m}{M} = \dfrac{1}{9}$.

Ответ: в 9 раз.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона для двух случаев движения тел*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	4

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТЕМА 1. МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА

Задание 1

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	7,5	9	2	17	2	25	15
2	2,5	10	−5	18	100	26	7
3	5	11	6	19	225	27	7,5
4	5	12	7,5	20	350	28	−2
5	−5	13	−10	21	450	29	4
6	1,5	14	8	22	25	30	−10
7	50	15	16	23	6	31	6
8	25	16	1	24	60	32	6

Задания 5 и 6

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	35	5	34	9	13	13	21
2	24	6	15	10	22	14	24
3	35	7	32	11	31		
4	25	8	33	12	23		

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 1 ПО ТЕМЕ «МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	−0,5	5	−12	9	15	13	34
2	30	6	325	10	34	14	32
3	7	7	0	11	33		
4	2,5	8	7,2	12	11		

Задание 22

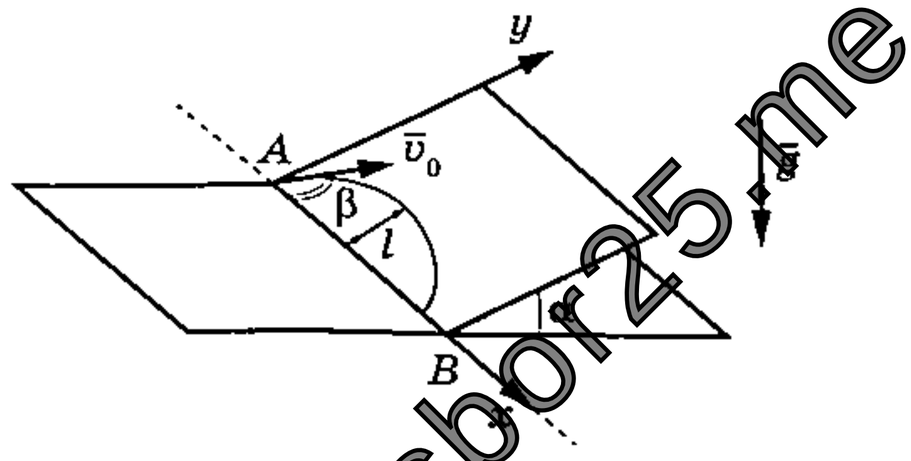
№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	4	5	8	9	14	13	4
2	3	6	9	10	80		
3	100	7	15	11	40		
4	10	8	5	12	2		

14 **Возможное решение**

Выбор системы координат: ось x направлена по прямой AB; ось y — вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии AB (см. рисунок).

Проекции вектора ускорения свободного падения g:

$$g_x = 0; \quad g_y = -g \sin \alpha.$$



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Кинематика движения по наклонной плоскости эквивалентна кинематике движения тела, брошенного под углом β к горизонту, в поле тяжести с ускорением $g\sin\alpha$.
В проекциях на оси x и y (в известных уравнениях для тела, брошенного под углом β к горизонту, делается замена $g \to g\sin\alpha$) получим:

$$\upsilon_x(t) = \upsilon_0\cos\beta;\quad x(t) = \upsilon_0\cos\beta\cdot t;$$
$$\upsilon_y(t) = \upsilon_0\sin\beta - g\sin\alpha\cdot t;\quad y(t) = \upsilon_0\sin\beta\cdot t - \frac{g\sin\alpha}{2}t^2.$$

Ответ на вопрос задачи находится из этих уравнений при наложении дополнительных условий. Условие $\upsilon_y = 0$ позволяет найти время подъёма тела до максимальной высоты, а затем его максимальное удаление l от прямой AB: $l = \dfrac{\upsilon_0^2\sin^2\beta}{2g\sin\alpha}$.
Из рисунка следует, что искомая величина $h = l\sin\alpha$, т. е.

$$h = \frac{\upsilon_0^2\sin^2\beta}{2g} = \frac{4\cdot\sin^2 60^\circ}{2\cdot 10} = 0{,}15\text{ м}.$$

Ответ: $h = 0{,}15$ м.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ 2 ПО ТЕМЕ «МЕХАНИКА. КИНЕМАТИКА»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	50	3	20	5	40	7	1200
2	2	4	10	6	10	8	25

ТЕМА 2. ДИНАМИКА

Задание 2

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	2	14	100	27	1500	40	0,12
2	3	15	8000	28	70	41	1,8
3	1	16	20	29	5	42	0,5
4	2	17	2,5	30	100	43	0,125
5	4	18	3	31	16	44	0,5
6	8	19	750	32	450	45	0,2
7	180	20	0,1	33	1,5	46	16
8	6	21	40	34	3	47	50
9	8	22	4,5	35	0,2	48	1
10	0,5	23	2	36	14	49	5
11	6	24	9	37	2		
12	10	25	250	38	16		
13	5	26	250	39	0,32		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 5 и 6

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	25	8	21	15	13	22	33
2	45	9	12	16	23	23	13
3	23	10	12	17	23	24	22
4	34	11	11	18	31	25	13
5	24	12	21	19	32	26	22
6	25	13	13	20	31		
7	21	14	23	21	32		

Тематический контроль 1 по теме «Динамика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,5	5	4	9	0,3	13	11
2	500	6	319	10	0,12	14	11
3	30	7	40	11	34	15	13
4	2	8	2	12	25	16	42

Задания 22 и 26

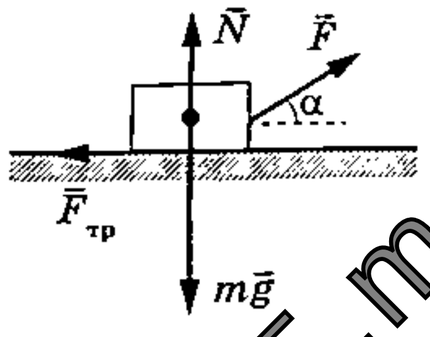
№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	5000	5	2,5	9	12	13	4
2	3	6	2	10	4	14	0,6
3	10	7	0,5	11	1,2		
4	5	8	2	12	1,5		

Тематический контроль 2 по теме «Динамика»

№	Ответ
1	6,2
2	3
3	12
4	6
5	0,5

6 **Возможное решение**

1. Обозначим массу бруска m, а модуль прикладываемой к нему силы F. На брусок при его движении, помимо силы $\vec{F}$, действуют сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$ и сила сухого трения $\vec{F}_{тр}$ $\left(F_{тр} = \mu N\right)$. Запишем второй закон Ньютона, спроецировав все действующие на брусок силы на направление движения бруска и на нормаль к столу. При равномерном прямолинейном движении бруска получаем $F\cos\alpha = \mu N$; $mg = F\sin\alpha + N$.



Отсюда $N = mg - F\sin\alpha$ и $F = \dfrac{\mu mg}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2. При равноускоренном движении бруска система уравнений имеет следующий вид: $ma = F\cos\beta - \mu N_1$; $mg = F\sin\beta + N_1$, где N_1 — модуль нормальной составляющей силы реакции стола во втором случае. Из этих уравнений имеем $N_1 = mg - F\sin\beta$ и $a = \dfrac{F(\cos\beta + \mu\sin\beta)}{m} - \mu g$.

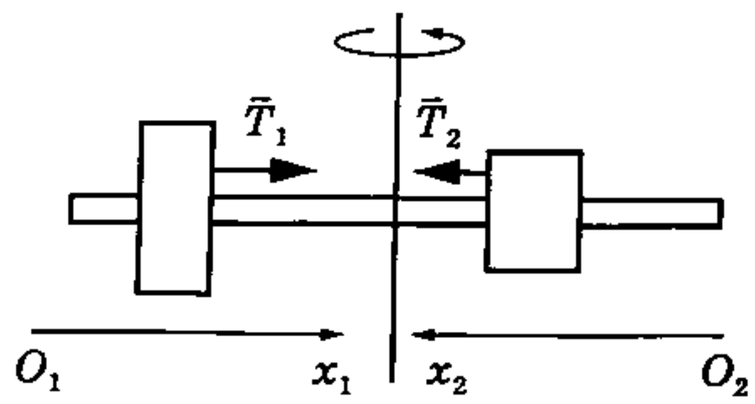
Подставляя сюда выражение для F, найдём

$$a = \frac{\mu g(\cos\beta + \mu\sin\beta)}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha} - \mu g = \mu g\left(\frac{\cos\beta + \mu\sin\beta}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha} - 1\right) = 0{,}1 \cdot 10\left(\frac{\cos 30^\circ + 0{,}1\sin 30^\circ}{\cos 45^\circ + 0{,}1\sin 45^\circ} - 1\right) \approx 0{,}18 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a \approx 0{,}18$ м/с^2.

7 Возможное решение

В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, для каждого груза выберем свою ось координат, которая направлена вдоль штанги к оси вращения (см. рисунок), и запишем в проекциях второй закон Ньютона для грузов:



$$\begin{cases} m_1 a_1 = T_1; \\ m_2 a_2 = T_2, \end{cases}$$

где $a_1 = \omega^2 R_1$, $a_2 = \omega^2 R_2$ — центростремительные ускорения грузов, $\omega = 2\pi\nu$ — угловая скорость вращения, R_1 и R_2 — радиусы окружностей. Учитывая, что $T_1 = T_2 = T$ и $R_1 + R_2 = l$, из системы уравнений получим

$$R_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} l, \qquad T_1 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}(2\pi\nu)^2 l = T.$$

Подставляя значения физических величин, найдём силу натяжения нити:

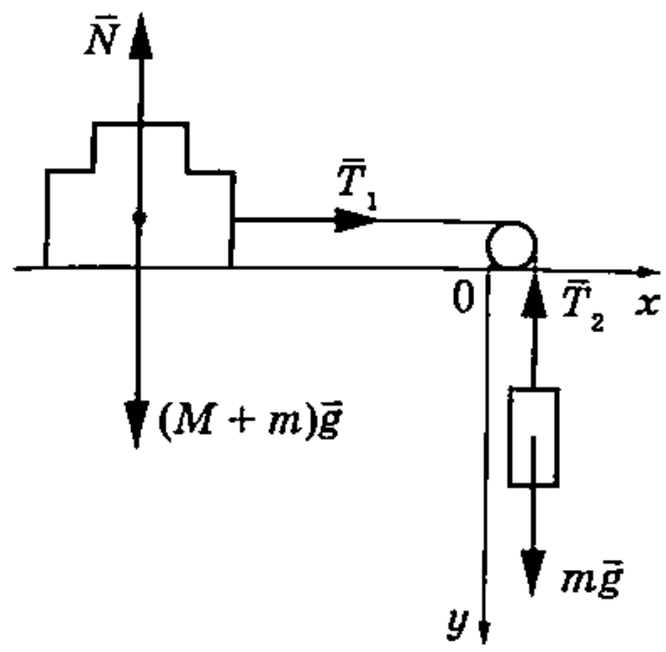
$$T = T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}(2\pi\nu)^2 l = \frac{0{,}2 \cdot 0{,}3}{0{,}5} \cdot \left(6{,}28 \cdot \frac{600}{60}\right)^2 \cdot 0{,}2 \approx 95 \text{ Н}.$$

Ответ: $T \approx 95$ Н.

8 Возможное решение

1. Пока грузы M и m_1 движутся как одно целое, будем считать их одним телом $M + m$ сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз m_2.

2. Будем считать систему отсчёта, связанную со столом, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел в проекциях на оси Ox и Oy введённой системы координат:



$$\left.\begin{array}{ll} Ox: & (M + m)a_1 = T_1 \\ Oy: & ma_2 = mg - T_2 \end{array}\right\}$$

Учтём, что

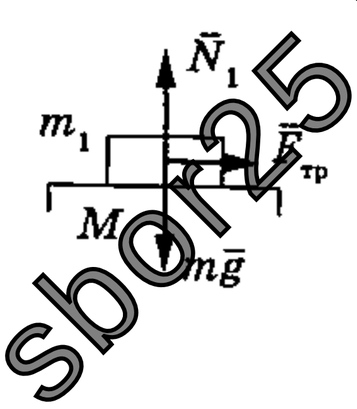
$T_1 = T_2 = T$ (нить лёгкая, скользит по блоку без трения),

$a_1 = a_2 = a$ (нить нерастяжима), и сложим уравнения.

Получим

$$(M + 2m)a = mg, \text{ откуда } a = g\frac{m}{M + 2m}.$$

3. Рассмотрим груз m_1 отдельно. Запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy и учтём, что груз m_1 покоится относительно груза M: Получим



$$ma \le \mu N_1 = \mu mg, \text{ откуда } a = g\frac{m}{M + 2m} \le \mu g.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Решая неравенство $\frac{m}{M+2m} \le \mu$ относительно m, получим $m \le \frac{\mu M}{1-2\mu} = \frac{0,2 \cdot 1,2}{1-2 \cdot 0,2} = 0,4$ кг.

Ответ: при $m \le 0,4$ кг.

9 **Возможное решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Тогда при равномерном движении тележки сила сопротивления равна по модулю силе тяжести груза: $F_{сопр} = mg$. Согласно второму закону Ньютона ускорение груза и тележки после толчка влево равны соответственно:

$a_г = \frac{mg - T}{m}$, $a_т = \frac{T + F_{сопр}}{M}$, где T — сила натяжения нити.

Нить нерастяжима, следовательно, $a_г = a_т$ и $\frac{T + F_{сопр}}{M} = \frac{mg - T}{m}$, откуда $T = \frac{mMg - mF_{сопр}}{m + M}$.

Учитывая, что $F_{сопр} = mg$, получаем $T = \frac{M - m}{M + m} \cdot mg = 0,8mg$.

Тогда $a_т = \frac{T + F_{сопр}}{M} = \frac{0,8mg + mg}{9m} = 0,2g = 2$ м/с^2.

Ответ: $a_т = 2$ м/с^2.

ТЕМА 3. СТАТИКА

Задание 4

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	6	8	2,5	15	20	22	1
2	0,2	9	0,75	16	17,5	23	10
3	0,4	10	0,5	17	4	24	10
4	0,3	11	3	18	7	25	12,9
5	0,75	12	2	19	2	26	0,7
6	4	13	30	20	2	27	8
7	2	14	12	21	1		

Задания 5 и 6

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	25	5	23	9	23	13	33
2	13	6	13	10	31	14	33
3	15	7	22	11	31	15	23
4	23	8	33	12	32	16	21

Тематический контроль 1 по теме «Статика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	2	5	20	9	23	13	31
2	30	6	4	10	13	14	33
3	160	7	240	11	12		
4	100	8	2,5	12	23		

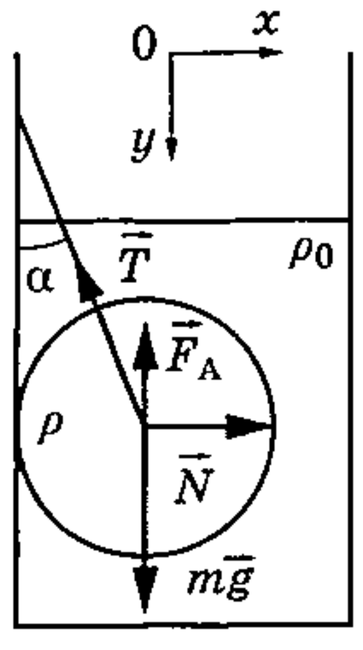
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 22 и 26

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1,2	4	20	7	800	10	800
2	15	5	300	8	90		
3	0,75	6	60	9	250		

11 **Возможное решение**



Запишем второй закон Ньютона: $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A = 0$.
Поскольку трение шара о стенку отсутствует, линия действия силы натяжения нити будет проходить через центр шара.
Второй закон Ньютона в проекциях на оси Oxy имеет вид:

$$Ox\colon N - T\sin\alpha = 0; \qquad (1)$$

$$Oy\colon mg - T\cos\alpha - F_A = 0. \qquad (2)$$

Объём шара $V = \dfrac{m}{\rho}$.
Величина выталкивающей силы F_A определяется по закону Архимеда:

$$F_A = \rho_0 gV = \frac{mg\rho_0}{\rho}. \qquad (3)$$

Выполняя математические преобразования с формулами (2) и (3), получим

$$T = \frac{mg(\rho - \rho_0)}{\rho\cos\alpha} = \frac{2{,}5\cdot 10\cdot(7800 - 1000)}{7800\cdot 0{,}866} \approx 25 \text{ Н}.$$

По третьему закону Ньютона модуль силы, с которым шар действует на нить, $F = T \approx 25$ Н.

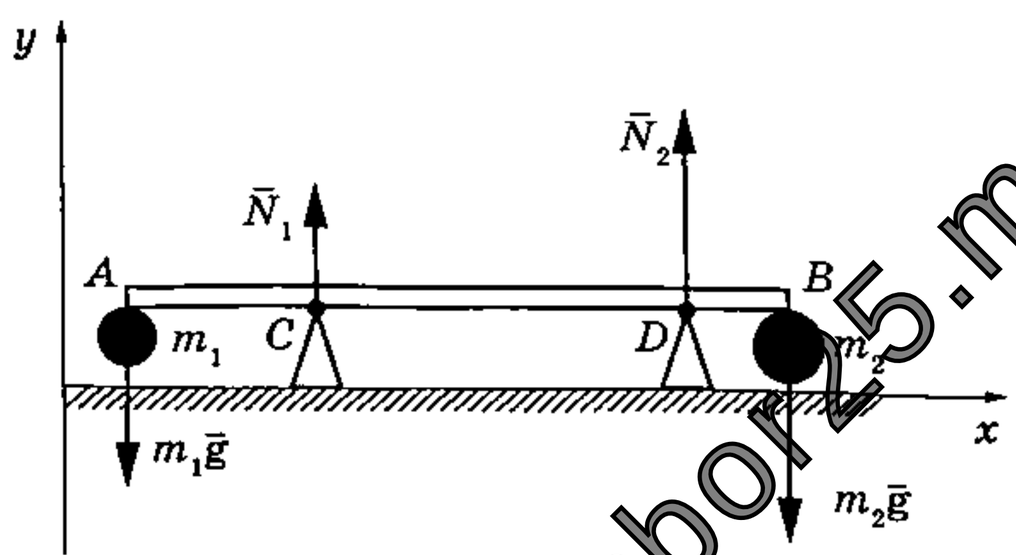
Ответ: $F \approx 25$ Н.

Тематический контроль 2 по теме «Статика»

№	Ответ
1	30
2	45
3	10
4	0,75
5	0,7

6 **Возможное решение**

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$. По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому $N_2 = 2N_1$ (в соответствии с условием задачи).



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2. В инерциальной системе отсчёта Oxy, связанной с Землёй, условия равновесия твёрдого тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 \text{ — центр масс не движется вдоль оси } Oy; \\ N_1 x + N_2 (l + x) - m_2 g L = 0 \text{ — нет вращения вокруг оси, проходящей перпендикулярно рисунку через точку } A. \end{cases}$$

Здесь $x = AC = 0,2$ м — плечо силы реакции N_1.

3. С учётом условия $N_2 = 2N_1$ систему приведём к виду: $\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2) g; \\ (3x + 2l) N_1 = m_2 g L. \end{cases}$

Поделив второе уравнение на первое, получим $L \dfrac{m_2}{m_1 + m_2} = x + \dfrac{2}{3} l$, откуда

$$L = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \cdot \left(x + \frac{2}{3} l\right) = \left(1 + \frac{0,2}{0,3}\right) \cdot \left(0,2 + \frac{2}{3} \cdot 0,6\right) = 1 \text{ м}.$$

Ответ: $L = 1$ м.

7 **Возможное решение**

1. Условие равновесия шара в первом случае:

$$F_{A1} = T + mg, \qquad (1)$$

где $F_{A1} = \rho V_1 g$ — сила Архимеда, действующая на шар в первом случае, V_1 — объём части шара, погружённой в воду в первом случае (в данной задаче это объём всего шара), m — масса шара и ρ — плотность воды.

2. Условие равновесия шара во втором случае:

$$F_{A2} = mg, \qquad (2)$$

где $F_{A2} = \rho V_2 g$ — сила Архимеда, действующая на шар во втором случае, V_2 — объём части шара, погружённой в воду во втором случае.

3. Вычтем из уравнения (1) уравнение (2) и, учитывая, что $V_1 - V_2 = Sh$, получим

$$T = \rho g (V_1 - V_2) = \rho g S h = 10^3 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05 = 5 \text{ Н}.$$

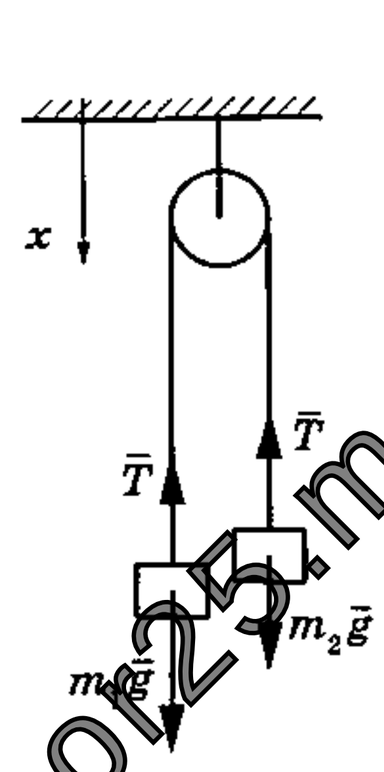
Ответ: $T = 5$ Н.

8 **Возможное решение**

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось x декартовой системы координат, как показано на рисунке.

2. Запишем в первом случае второй закон Ньютона для грузов в проекциях на ось x, а также уравнение кинематической связи:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T, \\ m_2 a_2 = m_2 g - T, \\ a_1 = -a_2. \end{cases} \qquad (1)$$



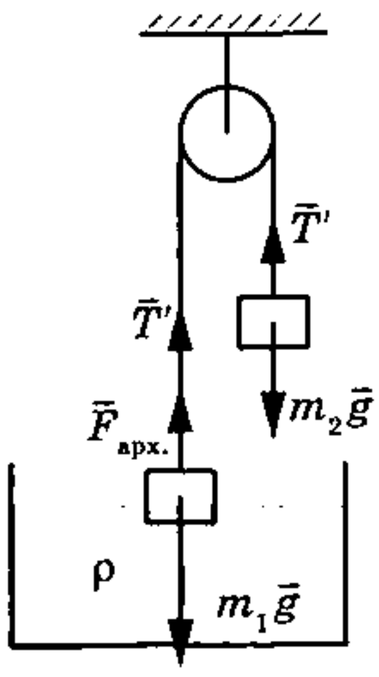
© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

Решая полученную систему уравнений с учётом того, что по условию задачи $a_1 = a$, определим массу второго тела:

$$m_2 = \frac{m_1(g-a)}{g+a}. \tag{2}$$

3. Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, следовательно:



$$\begin{cases} m_2 g - T' = 0, \\ m_1 g - T' - F_{арх} = 0, \end{cases} \tag{3}$$

где

$$F_{арх} = \rho g V. \tag{4}$$

Решая систему уравнений (3) с учётом (2) и (4), получим

$$a = \frac{\rho g V}{2m_1 - \rho V} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0{,}5 - 1000 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-4}} \approx 1{,}76 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a \approx 1{,}76$ м/с^2.

ТЕМА 4. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Задание 3

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	6	18	10	35	0,9	52	0,08
2	0,16	19	0,5	36	5	53	3
3	0,5	20	0,3	37	6	54	1
4	0,5	21	2	38	16	55	0,5
5	1,4	22	1	39	25	56	30
6	1000	23	0	40	4,5	57	200
7	3000	24	10	41	16	58	20
8	6	25	4	42	256	59	20
9	8	26	2,5	43	36	60	30
10	10	27	60	44	500	61	30
11	15	28	0,15	45	2500	62	0,08
12	36	29	60	46	3	63	0,4
13	72	30	100	47	1500	64	200
14	4	31	0	48	1500	65	36
15	1	32	0	49	1,5	66	9
16	1	33	48	50	1,5	67	80
17	5	34	25	51	0,2	68	7

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 5 и 6

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	23	11	23	21	32	31	43
2	45	12	15	22	32	32	21
3	45	13	12	23	12	33	31
4	12	14	34	24	12	34	31
5	34	15	14	25	23	35	42
6	25	16	25	26	24	36	43
7	25	17	45	27	34	37	32
8	34	18	11	28	23	38	43
9	25	19	22	29	12		
10	34	20	32	30	24		

Тематический контроль 1 по теме «Законы сохранения в механике»

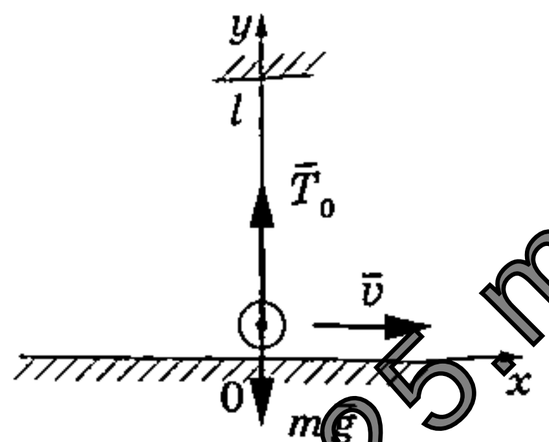
№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1000	5	0,45	9	5	13	32
2	5	6	1,5	10	23	14	23
3	8	7	0,024	11	34		
4	–8	8	10	12	33		

Задания 22 и 26

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	2,5	9	150	17	2	25	6
2	14	10	2	18	0,5	26	2,5
3	0,25	11	5	19	6,4	27	0
4	1	12	960	20	0,5	28	0,02
5	12	13	0,5	21	6000	29	60
6	6	14	2500	22	10	30	0,05
7	2	15	400	23	2	31	70
8	2	16	1	24	7	32	50

33 **Возможное решение**

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом l со скоростью $\vec{v}$. В этот момент действующие на шарик сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити $\vec{T}_0$ направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy инерциальной системы отсчёта Oxy, связанной с Землёй:



$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg\text{, откуда } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью $\vec{v}$, абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы тел «шарик + брусок». В проекциях на ось Ox получаем

$$mv = (M + m)u,$$

где u — проекция на ось Ox скорости бруска с шариком после удара. Отсюда

$$u = \frac{m}{M+m}v = \frac{m}{M+m}\sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}$$

$$\text{и } M = \frac{\sqrt{ml(T_0 - mg)}}{u} - m = \frac{\sqrt{0,5 \cdot 0,8(8,6 - 0,5 \cdot 10)}}{0,4} - 0,5 = \frac{1,2}{0,4} - 0,5 = 2,5 \text{ кг}.$$

Ответ: $M = 2,5$ кг.

34 **Возможное решение**

1. Найдём скорость v_1, которую брусок приобрёл, пройдя путь x. Используем закон сохранения энергии:

$$Mgx\sin\alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, \quad v_1 = \sqrt{2gx\sin\alpha}. \tag{1}$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \tag{2}$$

где v — скорость пули, v_2 — скорость, которую приобретут тела в результате неупругого удара.

3. По закону сохранения энергии бруска, поднявшегося по наклонной плоскости на расстояние S:

$$\frac{(M+m)v_2^2}{2} = (M+m)gS\sin\alpha, \quad v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \tag{3}$$

4. Тогда

$$v = \frac{M}{m}\sqrt{2gx\sin\alpha} + \left(\frac{M}{m} + 1\right)\sqrt{2gS\sin\alpha},$$

$$v = 50\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 0,5} + 51 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,5} = 555 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 555$ м/с.

35 **Возможное решение**

Закон изменения механической энергии шайбы: $E_B - E_A = A_{тр}$, где $A_{тр} = -\mu mgL\cos\alpha$ — работа силы трения, в случае, когда в точке A $v = v_0$, приводит к уравнению

$$\frac{mv_B^2}{2} + mgh - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu mgL\cos\alpha. \tag{1}$$

В точке B условием отрыва будет равенство нулю нормальной составляющей силы реакции опоры. Поэтому центростремительное ускорение шайбы в точке B равно нормальной составляющей ускорения свободного падения. Когда в точке A $v = v_0$, радиус траектории шайбы в точке B равен радиусу трубы R. Поэтому

$$a_ц = \frac{v_B^2}{R} = g\cos\alpha \Rightarrow v_B^2 = gR\cos\alpha. \tag{2}$$

Учитывая, что $\sin\alpha = \frac{h}{L}$ и $\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{h^2}{L^2}}$, находим из (1) и (2) коэффициент трения:

$$\mu = \frac{v_0^2}{2g\sqrt{L^2 - h^2}} - \frac{R}{2L} - \frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}} = \frac{16}{2 \cdot 10\sqrt{1 - 0,36}} - \frac{0,4}{2} - \frac{0,6}{\sqrt{1 - 0,36}} = 0,05.$$

Ответ: $\mu = 0,05$.

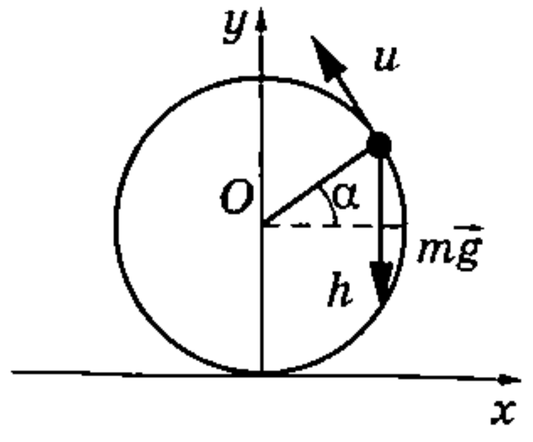
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

36 **Возможное решение**

1. В момент отрыва от кольца на высоте h шайба имела скорость u, определяемую из закона сохранения механической энергии:

$$E_{\text{мех}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh.$$



2. При этой скорости её центростремительное ускорение в инерциальной системе отсчёта Oxy, связанной с Землёй,

$$a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{R}.$$

3. В момент отрыва шайбы нормальная составляющая силы реакции опоры равна нулю. Поэтому в соответствии со вторым законом Ньютона центростремительное ускорение обеспечивалось составляющей силы тяжести, действующей на шайбу в направлении к центру кольца:

$$ma_{\text{цс}} = mg\sin\alpha.$$

4. Учитывая, что $\sin\alpha = \frac{h-R}{R}$, исключим из системы уравнений $a_{\text{цс}}$ и u:

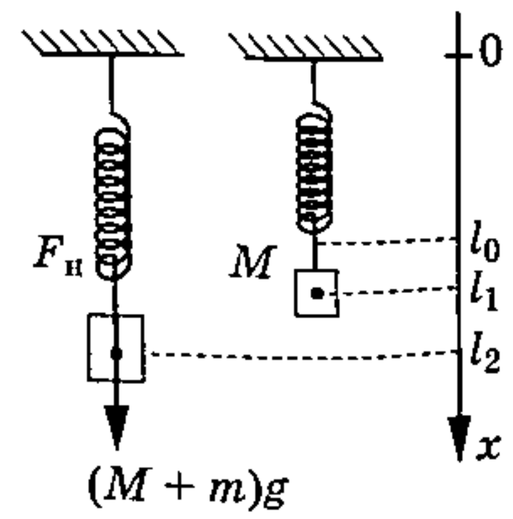
$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mg}{2}(h-R) + mgh.$$

Отсюда $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mg(3h-R)}{2} = \frac{10^{-2}\cdot 10\cdot(3\cdot 0{,}18 - 0{,}14)}{2} = 0{,}02$ Дж.

Ответ: $E_{\text{кин}} = 0{,}02$ Дж.

37 **Возможное решение**

1. На систему тел «груз + пружина» действует внешняя сила — сила тяжести, работа которой определяет изменение потенциальной энергии груза в поле силы тяжести. Силы трения в системе отсутствуют, следовательно, их работа равна нулю, и полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Нулевое значение потенциальной энергии в поле тяжести выбираем в начальном состоянии системы, нулевое значение потенциальной энергии деформации пружины — в положении нерастянутой пружины.



2. В начальном состоянии и на максимальной высоте кинетическая энергия системы «пружина + оставшаяся часть груза» равна нулю. Тогда в соответствии с законом сохранения механической энергии

$$\frac{k(l_2-l_0)^2}{2} = \frac{k(l_1-l_0)^2}{2} + Mg(l_2-l_1),$$

где M — масса оставшейся части груза, l_0 — длина пружины в нерастянутом состоянии, l_2 — длина пружины в исходном состоянии, l_1 — длина пружины в состоянии максимального подъёма оставшейся части груза.

3. В исходном состоянии груз находится в равновесии: $(M+m)g = k(l_2-l_0)$.

4. Из пп. 2 и 3 с учётом того, что $l_2 - l_1 = h$ и $l_1 - l_0 = (l_2-l_0) - h$, получим

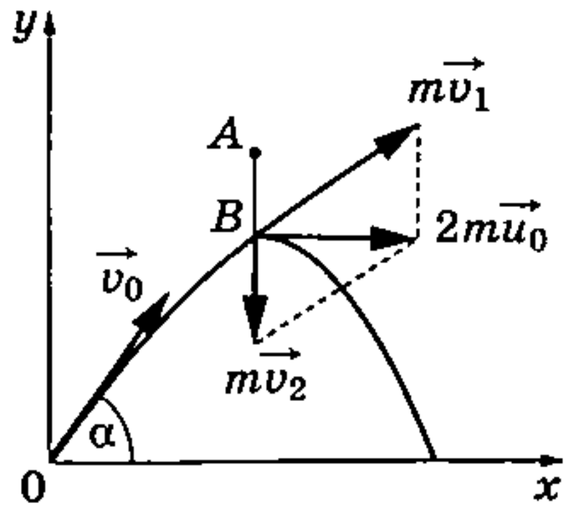
$$m = \frac{hk}{2g} = \frac{0{,}03\cdot 400}{2\cdot 10} = 0{,}6 \text{ кг}.$$

Ответ: $m = 0{,}6$ кг.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

38 **Возможное решение**



1. Первый шарик начинает движение из начала координат, а второй — из точки A. До и после столкновения (в точке B) шарики свободно падают. Поэтому до столкновения для первого шарика

$$y_1(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0\sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$
$$v_{1y}(t) = v_0\sin\alpha - gt,$$

а для второго шарика

$$v_{2y}(t) = -gt.$$

2. Шарики сталкиваются в момент t_1, при этом импульс системы двух шариков сохраняется: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}_0$, а скорость $\vec{u}_0$ шариков после удара, согласно условию, горизонтальна. Поэтому $v_{1y}(t_1) + v_{2y}(t_1) = 0$, или $(v_0\sin\alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0$, откуда $t_1 = \frac{v_0\sin\alpha}{2g}$.

3. Столкновение шариков происходит на высоте

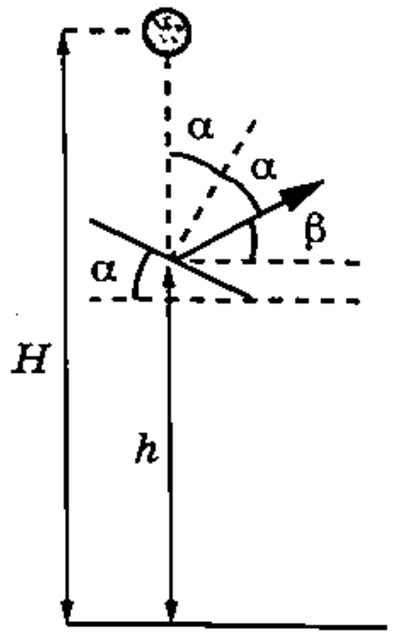
$$h = y_1(t_1) = v_0\sin\alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} - \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{8g} = \frac{3}{8}\cdot\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g}.$$

4. Поскольку скорость $\vec{u}_0$ шариков после удара горизонтальна, интервал времени t_2 от столкновения шариков до их падения на Землю находится из условия $h = \frac{gt_2^2}{2}$, откуда $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3}\cdot\frac{v_0\sin\alpha}{2g}$.

5. Шарики упадут на Землю в момент $\tau = t_1 + t_2 = \frac{v_0\sin\alpha}{2g}\cdot\left(1+\sqrt{3}\right)$.

Ответ: $\tau = \frac{v_0\sin\alpha}{2g}\left(1+\sqrt{3}\right)$.

39 **Возможное решение**



1. Модуль скорости шарика v_0 непосредственно перед ударом о доску можно найти из закона сохранения механической энергии: $mg(H-h) = \frac{mv_0^2}{2}$.

2. После абсолютно упругого удара о доску модуль скорости шарика не изменится, а направление изменится. При таком ударе угол падения равен углу отражения, и скорость шарика после удара направлена под углом $\beta = 90^\circ - 2\alpha$ к горизонту (см. рисунок). Максимальная высота подъёма шарика относительно точки удара о доску $\Delta h = \frac{0 - v_{0y}^2}{-2g} = \frac{v_0^2\sin^2\beta}{2g}$.

3. Относительно поверхности Земли шарик поднимется на высоту

$$h_1 = h + \frac{v_0^2\sin^2\beta}{2g} = h + (H-h)\sin^2(90-2\alpha) = h + (H-h)\cos^2 2\alpha.$$

Откуда получим $\cos 2\alpha = \sqrt{\frac{h_1 - h}{H-h}} = \sqrt{\frac{0,25}{1}} = 0,5$. Таким образом, $2\alpha = 60^\circ$, а $\alpha = 30^\circ$.

Ответ: $\alpha = 30^\circ$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Задание 4

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,25	14	5	27	9	40	2
2	0,2	15	10	28	0,8	41	2
3	20	16	2	29	8	42	2,5
4	250	17	3	30	2	43	550
5	0,05	18	2	31	0,1	44	250
6	3	19	1	32	0,04	45	600
7	2	20	2	33	1600	46	0,75
8	4	21	1	34	2	47	0,68
9	0,25	22	4	35	4	48	1600
10	5	23	1	36	8	49	1,2
11	0,05	24	0,5	37	4	50	4
12	0,03	25	1	38	0,5		
13	0,5	26	4	39	10		

Задания 5 и 6

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	12	6	31	11	12	16	13
2	34	7	41	12	22	17	22
3	12	8	32	13	12	18	11
4	23	9	34	14	13	19	13
5	11	10	13	15	21	20	31

Тематический контроль 1 по теме «Механические колебания и волны»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,004	5	1	9	500	13	22
2	0,6	6	8	10	850	14	23
3	0,9	7	0,1	11	25	15	41
4	0,4	8	40	12	45		

Задание 22

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	2	4	1	7	0,1	10	0,04
2	2	5	5	8	0,5	11	6
3	0,4	6	3	9	2,5	12	314

sbor25.me

© ООО «Издательство «Национальное образование»

ТЕМА 6. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Задание 7

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	4	9	10	17	750	25	2
2	2	10	3	18	200	26	6
3	4	11	2	19	800	27	8
4	1,5	12	4	20	800	28	6
5	100	13	2	21	900	29	300
6	500	14	1,6	22	25	30	4
7	50	15	6	23	1000		
8	450	16	2	24	3		

Задания 9 и 10

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	11	9	22	17	12	25	34
2	21	10	11	18	34	26	12
3	32	11	23	19	14	27	12
4	13	12	33	20	12	28	45
5	13	13	25	21	31	29	14
6	23	14	14	22	23	30	25
7	31	15	34	23	32		
8	13	16	12	24	13		

Тематический контроль 1 по теме «Молекулярная физика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	200	4	300	7	15	10	23
2	2,5	5	15	8	34	11	23
3	1	6	40	9	23	12	12

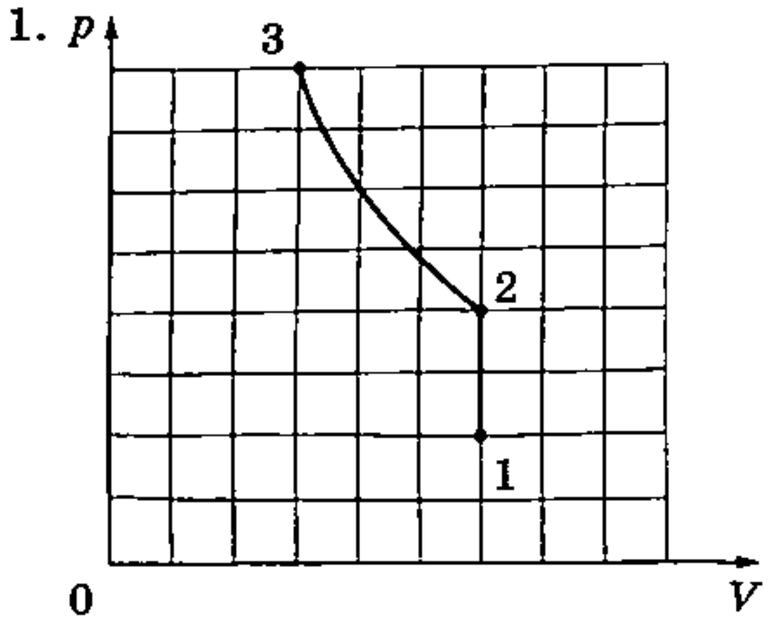
Задания 21, 23 и 24

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	600	5	0,2	9	25 или 26	17	4
2	400	6	249	10	420	18	5
3	1,5	7	0,5	11	2		
4	2,4	8	2	16	40		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 **Возможное решение**

1. 

2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2}\nu RT$. Значит, на участке 1–2 при ν = const температура пропорциональна давлению, процесс 1–2, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$), является изохорным нагреванием, объём газа не изменяется, а давление увеличивается в 2 раза. В координатах p–V график процесса является отрезком вертикальной прямой.

3. На участке 2–3 U = const температура газа не меняется, происходит изотермическое сжатие, давление в этом процессе также возрастает в 2 раза. При этом pV = const, поэтому объём газа уменьшается в 2 раза. В координатах p–V график является гиперболой.

13 **Возможное решение**

1. Давление p_1 на глубине H равно сумме атмосферного и гидростатического давления: $p_1 = p_0 + \rho g H$, где ρ — плотность воды, g — ускорение свободного падения, p_0 — нормальное атмосферное давление.

2. Аналогичное соотношение запишем для давления на глубине h: $p_2 = p_0 + \rho g h$.
3. Воздух, находящийся в пузырьке, считаем идеальным газом, температура которого не изменяется в процессе подъёма. В соответствии с законом Бойля — Мариотта для изотермического процесса

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

Подставляя первое и второе соотношения в третье, получаем искомое выражение для объёма пузырька на глубине h:

$$V_2 = \frac{p_0 + \rho g H}{p_0 + \rho g h} V_1.$$

Подставляя численные значения физических величин, заданные в условии задачи, а также табличные значения g и p_0, получаем

$$V_2 = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 20}{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 1} \cdot 10^{-9} \approx 2{,}7 \text{ мм}^3.$$

Ответ: $V_2 \approx 2{,}7$ мм^3.

14 **Возможное решение**

1. Когда трубка расположена горизонтально, давление воздуха на столбик ртути слева уравновешено атмосферным давлением справа: $p_1 = p_{\text{атм.}}$
Объём воздуха $V_1 = l_1 S$, где S — площадь поперечного сечения трубки.

2. Если трубку расположить вертикально отверстием вниз, то давление в закрытой части трубки уменьшится: $p_2 = p_{\text{атм}} - \rho g l$, а объём, занимаемый воздухом, увеличится: $V_2 = l_2 S$.

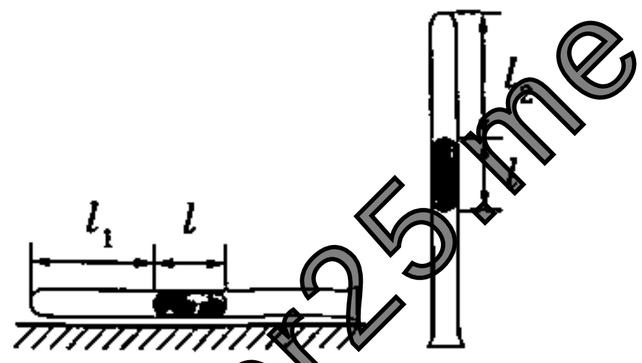


Рис. 1 Рис. 2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

shor25.me

3. Поскольку $T = \text{const}$, для воздуха в трубке справедлив закон Бойля — Мариотта: $p_1V_1 = p_2V_2$. Следовательно, $p_{\text{атм}}l_1S = (p_{\text{атм}} - \rho gl)l_2S$, откуда, учитывая, что $p_{\text{атм}} = \rho gl_0$, $l_0 = 747$ мм, получим

$$l = \frac{p_{\text{атм}}(l_2 - l_1)}{\rho g l_2} = \frac{0,747(0,432 - 0,307)}{0,432} \approx 0,216 \text{ м} = 21,6 \text{ см}.$$

Ответ: $l \approx 21,6$ см.

15 **Возможное решение**

Условие, соответствующее подъёму шара: $F_{\text{Арх}} \geq Mg + mg$, где M — масса оболочки, m — масса воздуха внутри оболочки, или

$$\rho_0 gV \geq Mg + \rho gV \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V,$$

где ρ_0 — плотность окружающего воздуха, ρ — плотность воздуха внутри оболочки, V — объём шара.

Для воздуха внутри шара: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu}R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p — атмосферное давление, T — температура воздуха внутри шара. Соответственно, плотность воздуха снаружи: $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$, где T_0 — температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{0\max}} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{0\max}} = \frac{1}{T} + \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V}.$$

$$T_{0\max} = \frac{\mu pVT}{\mu Vp + MRT} = \frac{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 230 \cdot 538}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 230 \cdot 10^5 + 145 \cdot 8,31 \cdot 538} \approx 273 \text{ К}.$$

Ответ: $T_{0\max} \approx 0$ °C.

19 **Возможное решение**

1. Относительная влажность воздуха и плотность водяных паров увеличились.

2. Относительная влажность воздуха определяется соотношением

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ. пара}}}, \quad (1)$$

где $p_{\text{пара}}$ — парциальное давление водяного пара в воздухе, $p_{\text{насыщ. пара}}$ — давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

3. Давление насыщенного водяного пара зависит только от температуры, поэтому в данном случае оно остаётся неизменным.

4. Из условия задачи следует, что в правой части выражения (1) знаменатель остаётся постоянным, а числитель растёт. Следовательно, значение дроби (1) растёт и относительная влажность также растёт.

5. С увеличением парциального давления водяного пара при постоянной температуре, по уравнению Менделеева — Клапейрона, плотность водяных паров также увеличится: $\rho = \frac{p_{\text{пара}}\mu}{RT}$.

20 **Возможное решение**

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара p и давлением насыщенного водяного пара $p_{\text{нас}}$ при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}.$$

За время τ работы увлажнителя с производительностью I испаряется масса воды $m = I\tau$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

В результате исходная влажность в комнате $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{нас}}$ возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{нас}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{нас}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{нас}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом V является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где M — масса водяного пара, p — его парциальное давление, μ — его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на m (от m_1 до $m_2 = m_1 + m$) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе: $\Delta p = \frac{m}{\mu}\frac{RT}{V} = \frac{I\tau}{\mu}\frac{RT}{V}$.

Отсюда $\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{нас}} = \varphi_1 + \frac{I\tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{нас}V}$.

Подставляя значения физических величин, получим

$$\tau = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)\mu V p_{нас}}{RTI} = \frac{(0{,}7 - 0{,}35) \cdot 0{,}018 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2{,}33 \cdot 10^3}{8{,}31 \cdot 293 \cdot 0{,}36} \approx 1{,}5 \text{ ч}.$$

Ответ: $\tau \approx 1{,}5$ ч.

Тематический контроль 2 по теме «Молекулярная физика»

№	Ответ
1	500
2	0,5
3	231

4 **Возможное решение**

1. Плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$, где m — масса газа, V — его объём. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона $p = \frac{m}{\mu V}RT = \frac{\rho}{\mu}RT$. На участке 1–2 давление изменяется прямо пропорционально плотности газа: $p \sim \rho$. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, а масса газа неизменна, объём газа уменьшается.

2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона температура газа уменьшается.

Ответ: В процессе 1–2 температура газа не изменяется, объём газа уменьшается. В процессе 2–3 температура и объём газа уменьшаются.

5 **Возможное решение**

Условие механического равновесия столбика ртути определяет давление воздуха в вертикальной трубке: $p = p_0 + \rho g d$, где p — давление воздуха в трубке, ρ — плотность ртути, d — длина столбика ртути, $p_0 = \rho g H$ — давление атмосферы. Здесь $H = 750$ мм.

Поскольку нагревание воздуха в трубке происходит до температуры T и конечный объём равен первоначальному, то по уравнению Менделеева — Клапейрона: $\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} = 1 + \frac{d}{H}$, где T_0 — температура воздуха в лаборатории, T — температура нагретого воздуха в трубке.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Отсюда $d = H\dfrac{T - T_0}{T_0} = H\dfrac{\Delta T}{T_0} = 750 \cdot \dfrac{60}{300} = 150$ мм.

Ответ: $d = 0{,}15$ м.

6 **Возможное решение**

При соединении баллонов с каждым газом происходит изотермический процесс.
Результирующее давление в соединённых баллонах определяется согласно закону Дальтона:

$$p = p_1 + p_2\,. \qquad (1)$$

Согласно уравнению состояния идеального газа

$$p_1(V_1 + V_2) = \nu_1 RT; \qquad (2)$$

$$p_2(V_1 + V_2) = \nu_2 RT. \qquad (3)$$

Выполняя математические преобразования с формулами (1)–(3), в итоге получаем

$$p = p_1 + p_2 = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V_1 + V_2} = \frac{(2+1)8{,}31 \cdot 301}{(10+20)\cdot 10^{-3}} \approx 250 \text{ кПа}.$$

Ответ: $p \approx 250$ кПа.

ТЕМА 7. ТЕРМОДИНАМИКА

Задание 8

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	4	9	5	17	50	25	100
2	2	10	200	18	30	26	3,5
3	2	11	5	19	8	27	12
4	10	12	10	20	20	28	500
5	1	13	2100	21	30	29	40
6	1	14	2800	22	60	30	70
7	2,5	15	2	23	150		
8	10	16	500	24	25		

Задания 9 и 10

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	34	7	25	13	42	19	24
2	23	8	23	14	34	20	31
3	13	9	14	15	23	21	13
4	15	10	15	16	32	22	35
5	35	11	31	17	22	23	35
6	14	12	24	18	11	24	35

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Тематический контроль 1 по теме «Термодинамика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1600	5	50	9	45	13	23
2	4	6	5	10	24	14	14
3	4	7	100	11	23		
4	800	8	25	12	13		

Задания 21, 23 и 24

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	300	6	5,6	16	1	23	0
2	200	7	3,4	17	341	24	42
3	150	13	25	20	7	25	168
4	2	14	40	21	330		
5	9	15	15	22	56		

8 **Возможное решение**

1. Запишем первый закон термодинамики $Q = \Delta U + A$ для изохорного нагревания 2–3: $Q_{23} = \Delta U_{23}$, учитывая, что $A_{23} = 0$.

Поскольку $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$, то $Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$.

2. Закон Шарля для состояний 2 и 3: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2}$, $\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2}$, откуда $T_3 = 3T_2$.

3. Так как по условию $T_2 = T_1$, то

$$Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(3T_2 - T_2) = \frac{3}{2}\nu R \cdot 2T_2 = 3\nu RT_1;\ Q_{23} = 3 \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 300 = 7479 \text{ Дж}.$$

Ответ: $Q_{23} \approx 7{,}5$ кДж.

9 **Возможное решение**

На участке 1–2 $V = \text{const}$, значит, $A_{12} = 0$. Согласно первому закону термодинамики в этом случае $Q_{12} = \Delta U_{12}$. Изменение внутренней энергии газа $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot \nu R(T_2 - T_1)$.

На участке 2–3 $p = \text{const}$. Согласно закону Гей-Люссака $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$.

Следовательно, $T_2 = \frac{V_2}{V_3}T_3 = \frac{T_3}{3} = \frac{T_1}{3}$.

Отсюда $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot \nu R\left(\frac{T_1}{3} - T_1\right) = -\nu RT_1$.

Окончательно получим $|Q_{12}| = |\Delta U_{12}| = \nu RT_1 = 1 \cdot 8{,}31 \cdot 300 \approx 2500$ Дж.

Ответ: $|Q_{12}| \approx 2{,}5$ кДж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

10 **Возможное решение**

1. При изобарном сжатии над гелием совершается работа, модуль которой

$$A_1 = |p\Delta V|,$$

где p — давление гелия в этом процессе, ΔV — изменение его объёма.

2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для этого процесса можно записать:

$$|p\Delta V| = \nu R(T_1 - T_2).$$

3. В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:

$$\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + A_2 = 0.$$

При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2).$$

Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем

$$A_1 = 3\nu RT_2; \quad A_2 = \frac{3}{4}\nu RT_2.$$

Следовательно,

$$A_2 = \frac{A_1}{4} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A_2 = 600$ Дж.

11 **Возможное решение**

1. Количество теплоты Q_{12}, полученное газом в изобарном процессе 1–2 от нагревателя, согласно первому началу термодинамики:

$$Q_{12} = A_{12} + (U_2 - U_1) = p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) =$$
$$= p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}A_{12}.$$

(С учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа: $U = \frac{3}{2}\nu RT$ и уравнения Менделеева — Клапейрона: $pV = \nu RT$.)

2. В адиабатном процессе $Q_{13} = 0$. Тогда модуль изменения внутренней энергии газа в процессе 1–3 $|U_3 - U_1| = A_{13}$.

3. В результате $x = \frac{Q_{12}}{|U_3 - U_1|} = \frac{5}{2}\frac{A_{12}}{A_{13}} = \frac{5}{2}k = 5.$

Ответ: $x = 5$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 **Возможное решение**

Согласно первому началу термодинамики $Q_1 = \Delta U$, (1)

$$Q_2 = \Delta U + A, \quad (2)$$

где ΔU — приращение внутренней энергии газа. Так как для одноатомного идеального газа $\Delta U = \frac{3}{2}\frac{m}{\mu}R\Delta T$, то приращение внутренней энергии газа в обоих опытах одинаково. A — работа газа во втором опыте. Работа A совершалась газом в ходе изобарного расширения, так что

$$A = p\Delta V, \quad (3)$$

где ΔV — изменение объёма газа.

С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона эту работу можно выразить через приращение температуры газа: $p\Delta V = \frac{m}{\mu}R\Delta T$. (4)

Решая полученную систему уравнений (1)–(4), получим

$$\mu = \frac{mR\Delta T}{Q_2 - Q_1} = \frac{1 \cdot 8{,}31 \cdot 1}{208} \approx 0{,}04 \text{ кг/моль}.$$

Ответ: $\mu \approx 40$ г/моль.

18 **Возможное решение**

1. Работа внешних сил над газом при переходе из состояния 2 в состояние 3 определяется как площадь фигуры, ограниченной графиком цикла, в pV-координатах:

$$A_{23\text{внеш}} = \frac{p_0 + 2p_0}{2} \cdot 2V_0 = 3p_0V_0.$$

2. Количество теплоты, переданное за цикл холодильнику, согласно первому закону термодинамики, равно

$$|Q_x| = |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 3p_0V_0.$$

3. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона $\nu RT_2 = p_2V_2 = 2p_0 \cdot 3V_0$, $\nu RT_3 = p_3V_3 = p_0V_0$.

Тогда $|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0 = \frac{7}{2}A_{23\text{внеш}}$.

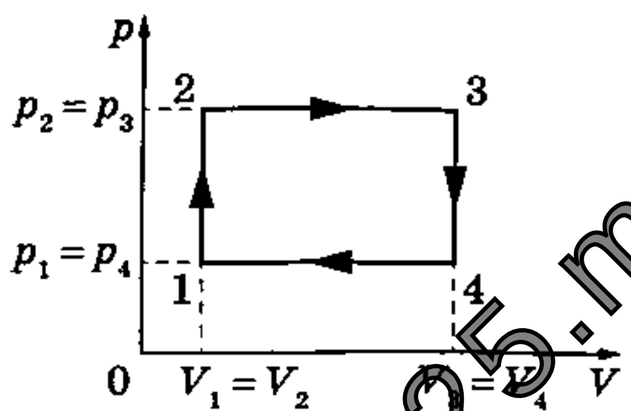
4. $A_{23\text{внеш}} = \frac{2}{7}|Q_x| = \frac{2}{7} \cdot 8 \approx 2{,}3$ кДж.

Ответ: $A_{23\ \text{внеш}} \approx 2{,}3$ кДж.

19 **Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где A — работа, совершённая газом за цикл, Q_1 — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок).



Согласно закону Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$; так как $T_2 = 3T_1$, то $p_2 = p_3 = 3p_1$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Согласно закону Гей-Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$; так как $T_4 = T_2 = 3T_1$, то $V_3 = V_4 = 3V_1$.

3. Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла: $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = 4p_1V_1$.

4. Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом, $Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$.

С учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа $\left(U = \frac{3}{2}\nu RT\right)$, согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ($V = \text{const}$; $A = 0$), $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 3\nu RT_1$.

Для изобарного процесса 2–3

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2).$$

5. С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$) получаем

$$Q_{12} = 3p_1V_1 \text{ и } Q_{23} = \frac{5}{2}p_2(V_3 - V_2) = 15p_1V_1.$$

Таким образом,

$$\eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{4p_1V_1}{3p_1V_1 + 15p_1V_1} = \frac{4p_1V_1}{18p_1V_1} = \frac{2}{9} \approx 0{,}222 = 22{,}2\ \%.$$

Ответ: $\eta \approx 22{,}2\ \%$.

Тематический контроль 2 по теме «Термодинамика»

№	Ответ
1	5
2	160
3	200
4	5,3
5	0

6 **Возможное решение**

1. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик»:

$$C_в(t_3 - t_1) + C_ш(t_3 - t_2) = 0.$$

Здесь $C_в$ — теплоёмкость стакана с водой, $C_ш$ — теплоёмкость шарика.

2. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик + второй шарик»:

$$C_в(t_4 - t_3) + C_ш(t_4 - t_3) + C_ш(t_4 - t_2) = 0.$$

Решая записанную систему уравнений относительно t_4, получаем

$$t_4 = \frac{t_1t_2 - 2t_2t_3 + t_1t_3}{2t_1 - t_2 - t_3} = \frac{50 \cdot 10 - 2 \cdot 10 \cdot 40 + 50 \cdot 40}{2 \cdot 50 - 10 - 40} = 34\ ^\circ\text{C}.$$

Ответ: $t_4 = 34\ ^\circ\text{C}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 **Возможное решение**

Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3: $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.
Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изотермическим с температурой $T_1 = T_2 = \text{const}$. Согласно первому закону термодинамики получаем $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, где $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 0$ — изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа. Таким образом, $Q_{12} = A_{12} = 2{,}5$ кДж.
Из уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$ следует, во-первых, что процесс 2–3 является изобарным: $p = \text{const}$. Во-вторых, на изобаре 2–3 $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$, откуда $\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 3$.

Следовательно, $T_3 = T_2\frac{V_3}{V_2} = 3T_2 = 3T_1 = 3 \cdot 300 = 900$ К.

В-третьих,

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p(V_3 - V_2) = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \nu R(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}\nu R(3T_1 - T_1) = \frac{5}{2}\nu R \cdot 2T_1 = 5\nu RT_1 = 5 \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 300 \approx 12{,}5 \text{ кДж}.$$

В результате

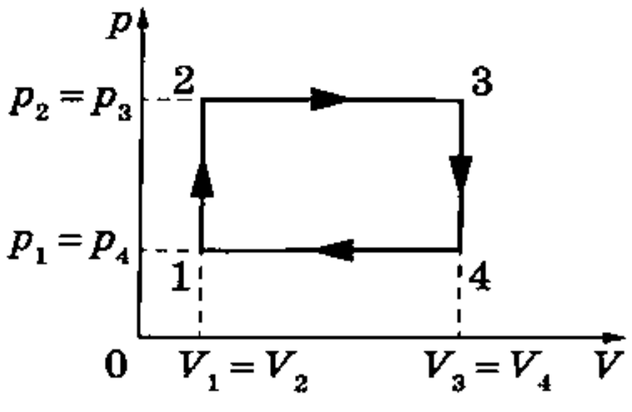
$$Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} \approx 2{,}5 + 12{,}5 = 15 \text{ кДж}.$$

Ответ: $Q_{123} \approx 15$ кДж.

8 **Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где A — работа, совершённая газом за цикл, Q_1 — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Анализируя график цикла, можно прийти к выводу, что цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок).



Согласно закону Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$; так как $T_2 = 2T_1$, то $p_2 = p_3 = 2p_1$.

3. Согласно закону Гей-Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$; так как $T_4 = T_2 = 2T_1$, то $V_3 = V_4 = 2V_1$.

Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла: $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = p_1V_1$.

Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом, $Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$.

4. С учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа $\left(U = \frac{3}{2}\nu RT\right)$ согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ($V = \text{const}$; $A = 0$)

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\nu RT_1.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Для изобарного процесса 2–3 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2)$.

С учётом уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$ получаем

$$Q_{12} = \frac{3}{2}p_1V_1 \text{ и } Q_{23} = \frac{5}{2}p_2(V_3 - V_2) = 5p_1V_1.$$

Таким образом,

$$\eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{p_1V_1}{\frac{3}{2}p_1V_1 + 5p_1V_1} = \frac{p_1V_1}{\frac{13}{2}p_1V_1} = \frac{2}{13} \approx 0{,}154 = 15{,}4\ \%.$$

Ответ: $\eta \approx 15{,}4\ \%$.

ТЕМА 8. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Задание 11

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1,5	4	20	7	3	10	1,5
2	2,5	5	3,6	8	2,25		
3	180	6	6	9	3		

Задания 14 и 15

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	24	7	34	13	13	19	34
2	35	8	12	14	21	20	12
3	34	9	23	15	23	21	13
4	25	10	45	16	22	22	45
5	14	11	12	17	11		
6	21	12	23	18	23		

Тематический контроль 1 по теме «Электростатика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	3	5	1,5	9	12	13	12
2	81	6	23	10	11		
3	0,4	7	25	11	32		
4	8	8	24	12	12		

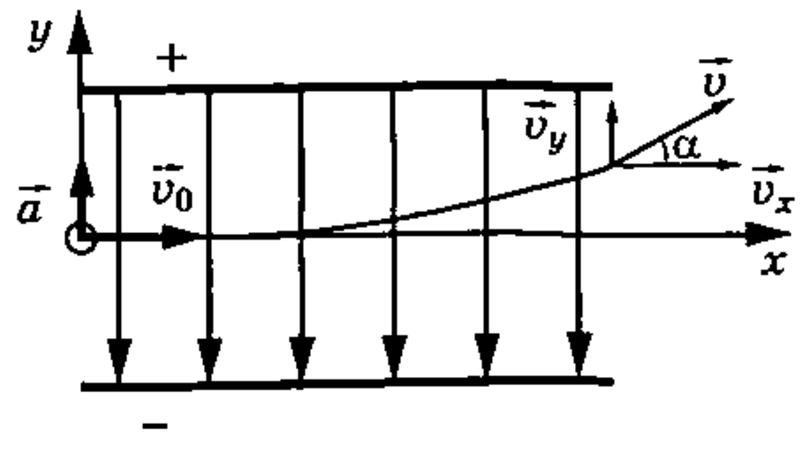
Задания 21, 23 и 25

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	3	5	−15	9	2	13	2
2	9	6	8	10	25	14	6000
3	250	7	0,5	11	4,0		
4	50	8	750	12	3,3		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

15 **Возможное решение**



1. Зависимость координат электрона от времени с учётом начальных условий:

$$\begin{cases} x = v_0 t, \\ y = \dfrac{at^2}{2}. \end{cases}$$

2. Выражения для проекций скорости: $v_x = v_0$; $v_y = at$.

3. В момент вылета из конденсатора $x = L = v_0 t$, поэтому $t = \dfrac{L}{v_0}$.

По второму закону Ньютона $a_y = \dfrac{F}{m} = \dfrac{eE}{m} = \dfrac{e\Delta\varphi}{md}$, так как $F = eE$, $E = \Delta\varphi/d$.

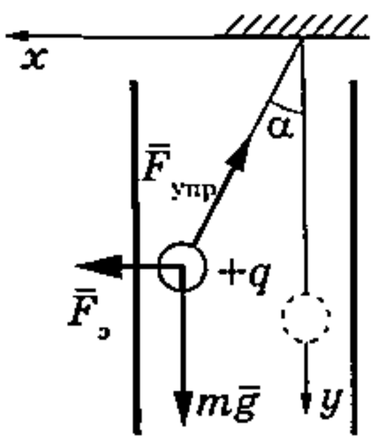
Отсюда $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{v_y}{v_x} = \dfrac{e\Delta\varphi L}{mdv_0^2}$.

Учтём, что $y(t) = \dfrac{at^2}{2} = \dfrac{e\Delta\varphi}{2md} \cdot \left(\dfrac{L}{v_0}\right)^2 \le \dfrac{d}{2}$, иначе электрон попадёт на обкладку конденсатора.

Отсюда следует, что $\Delta\varphi \le \dfrac{md^2v_0^2}{eL^2}$ и $\operatorname{tg}\alpha \le \dfrac{d}{L}$.

Ответ: $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{e\Delta\varphi L}{mdv_0^2}$ при $\Delta\varphi \le \dfrac{md^2v_0^2}{eL^2}$.

16 **Возможное решение**



Условия равновесия: $\begin{cases} k\Delta l \cdot \sin\alpha = qE, \\ k\Delta l \cdot \cos\alpha = mg. \end{cases}$

Возведём оба равенства в квадрат и сложим их:

$$(k\Delta l)^2 = (mg)^2 + (qE)^2,$$

откуда $E = \dfrac{\sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q}$.

Напряжённость электрического поля в конденсаторе: $E = \dfrac{U}{d}$.

Таким образом, $U = \dfrac{d \cdot \sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q} = 50\ 000$ В.

Ответ: $U = 50\ 000$ В.

17 **Возможное решение**

Если нити нет, то шарик в присутствии поля под действием вертикальной силы $m\vec{g} + q\vec{E}$ будет падать с ускорением, равным не g, а $g + \dfrac{|q|E}{m}$, где $q\vec{E}$ — сила со стороны электрического поля напряжённости $\vec{E}$, действующая на заряд q. Поэтому в формулу для частоты собственных колебаний математического маятника нужно вместо g подставить выражение $g + \dfrac{|q|E}{m}$, так что

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g + \dfrac{|q|E}{m}}{l}} = \sqrt{\frac{10 + \dfrac{6 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{-3}}}{0{,}5}} = 10\ \text{с}^{-1}.$$

Ответ: $\omega_0 = 10\ \text{с}^{-1}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

18 **Возможное решение**

В батарее конденсаторы C_1 и C_3, C_2 и C_4 соединены в пары параллельно, а образовавшиеся пары — последовательно. Значит, общая электроёмкость системы равна

$$C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

Общий заряд батареи, а также заряд на парах C_1 и C_3, C_2 и C_4 равен $q_0 = q_{13} = q_{24} = C_0\mathscr{E} = 2C\mathscr{E}$, так как пары соединены последовательно.

Следовательно, напряжение на паре C_1 и C_3 равно $U_{13} = \frac{q_0}{C_{13}} = \frac{2C\mathscr{E}}{6C} = \frac{\mathscr{E}}{3}$.

Таким образом, энергия конденсатора C_1 равна $W_1 = \frac{C_1 U_{13}^2}{2} = \frac{2C\mathscr{E}^2}{2 \cdot 9} = \frac{C\mathscr{E}^2}{9}$.

Ответ: $W_1 = \frac{C\mathscr{E}^2}{9}$.

Тематический контроль 2 по теме «Электростатика»

№	Ответ
1	0,72
2	400
3	−2
4	28
5	1

6 **Возможное решение**

1. При поднесении положительно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке каждого из электрометров в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Электроны с электрометра 2 перемещаются к шару электрометра 1 по металлическому стержню. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки соединённых друг с другом металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. В результате электрометр 1 приобретёт отрицательный заряд.

2. Поскольку металлические части обоих электрометров, соединённые друг с другом металлическим стержнем, образуют изолированную систему, а первоначально электрометры были не заряжены, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

3. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

Ответ: электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.

7 **Возможное решение**

В батарее конденсаторы C_1 и C_3, C_2 и C_4 соединены в пары параллельно, а получившиеся пары — последовательно. Значит, общая электроёмкость системы равна

$$C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

Энергия батареи конденсаторов в начальном состоянии равна $W_{\text{нач}} = \frac{C_0\mathscr{E}^2}{2} = \frac{2C\mathscr{E}^2}{2} = C\mathscr{E}^2$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Если в конденсаторе C_3 возникнет пробой, это эквивалентно короткому замыканию пары C_1 и C_3. В этом случае общая электроёмкость батареи равна $C_{24} = C_2 + C_4 = 3C$, а энергия, запасённая в батарее, $W_{кон} = \dfrac{C_{24}\mathscr{E}^2}{2} = \dfrac{3C\mathscr{E}^2}{2}$.

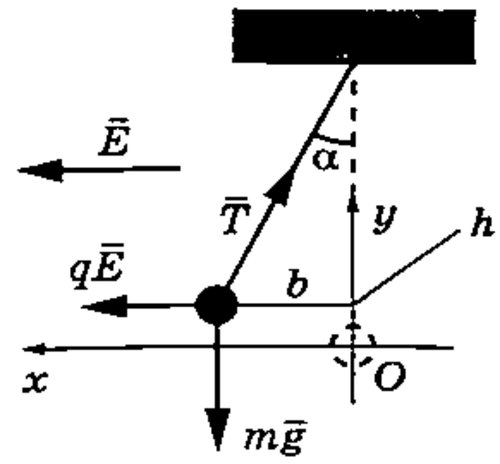
Таким образом, при пробое конденсатора C_3 энергия батареи увеличится на

$$\Delta W = W_{кон} - W_{нач} = \frac{3C\mathscr{E}^2}{2} - C\mathscr{E}^2 = \frac{C\mathscr{E}^2}{2}.$$

Ответ: увеличится на $\Delta W = \dfrac{C\mathscr{E}^2}{2}$.

8 **Возможное решение**

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. На шарик действуют вертикальная сила тяжести $m\vec{g}$, горизонтальная сила со стороны электрического поля $q\vec{E}$ и вдоль нити сила её натяжения $\vec{T}$ (см. рисунок).



2. По теореме об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО $\Delta E_{кин} = A_{всех\ сил}$. Работа силы $\vec{T}$ равна нулю, так как эта сила в любой момент времени перпендикулярна скорости шарика. Силы $m\vec{g}$ и $q\vec{E}$ потенциальны, поэтому их работа при переходе из начальной точки в конечную не зависит от выбора траектории.

3. Выберем траекторию перехода в виде двух последовательных шагов: сначала из исходного положения вверх на расстояние h, затем по горизонтали на расстояние b в конечное положение. На этой траектории сумма работ силы тяжести и силы со стороны электрического поля

$$A = -mgh + qEb, \text{ где } h = l(1 - \cos\alpha),\ b = l\sin\alpha.$$

4. В результате получаем

$$\Delta E_{кин} = \frac{mv^2}{2} - 0 = A_{всех\ сил} = -mgl(1 - \cos\alpha) + qEl\sin\alpha.$$

Отсюда

$$m = \frac{2qEl\sin\alpha}{v^2 + 2gl(1 - \cos\alpha)} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}5}{0{,}81 + 2 \cdot 10 \cdot 0{,}8\left(1 - \dfrac{\sqrt{3}}{2}\right)} \approx 8{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}.$$

Ответ: $m \approx 8{,}1 \cdot 10^{-4}$ кг $\approx 0{,}8$ г.

ТЕМА 9. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задание 11

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	4	4	4	7	180	10	4
2	1,5	5	0,00125	8	450	11	4
3	1	6	20	9	250	12	2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Окончание табл.

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
13	3	22	2	31	150	40	45
14	2,5	23	1,5	32	2	41	5700
15	6	24	3,3	33	200	42	2200
16	3	25	18	34	100	43	600
17	3	26	4	35	2	44	250
18	30	27	5	36	2	45	3,6
19	6	28	14	37	50	46	37,5
20	2	29	4,5	38	900	47	2
21	1	30	16	39	360	48	4

Задания 14 и 15

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	13	5	11	9	22	13	34
2	31	6	22	10	11	14	13
3	22	7	12	11	21	15	23
4	21	8	21	12	22	16	15

Тематический контроль 1 по теме «Законы постоянного тока»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,4	5	5	9	8	13	21
2	8	6	7	10	3	14	11
3	2,4	7	8	11	1500	15	14
4	1,5	8	1	12	2		

Задания 21, 23 и 25

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	4,5	5	8	9	30	13	1216
2	22	6	40	10	2,5		
3	18	7	120	11	2,2		
4	0,5	8	2,5	12	3		

14 **Возможное решение**

1. Потребляемая лампой мощность пропорциональна напряжению на ней и силе тока через нить накала в соответствии с законом Джоуля — Ленца: $P = I \cdot U$.
2. Как следует из графика, лампа потребляет мощность $P = 24$ Вт при напряжении $U_1 = 12$ В и силе тока $I_1 = 2$ А.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3. Её сопротивление при этих параметрах определяется законом Ома для участка цепи:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 6 \text{ Ом}.$$

4. Как следует из графика, лампа потребляет мощность $P = 8,4$ Вт при напряжении $U_2 = 6$ В и силе тока $I_2 = 1,4$ А, а сопротивление нити накала при этом напряжении $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4,3$ Ом.

5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре: $R = \beta T$, то $\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1}$ и $T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = 3100 \frac{4,3}{6} \approx 2222$ К.

Ответ: $T_2 \approx 2222$ К.

Для экспертов: допускается численный ответ в диапазоне от 2214 до 2222 К.

15 **Возможное решение**

1. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течёт. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течёт ток $I = \frac{\mathscr{E}}{r + R_0}$, где $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ — сопротивление внешней цепи (параллельно соединённых резисторов R_1 и R_2).

2. Так как конденсатор подключён параллельно с резисторами R_1 и R_2, то напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = \frac{\mathscr{E}R_0}{r + R_0} = \frac{\mathscr{E}R_1R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1R_2}$.

3. Определим энергию электрического поля конденсатора: $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2}\left(\frac{\mathscr{E}R_1R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1R_2}\right)^2$, откуда найдём ёмкость конденсатора C:

$$C = 2W\left(\frac{r(R_1 + R_2) + R_1R_2}{\mathscr{E}R_1R_2}\right)^2 = 120 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{0,4 \cdot 10 + 24}{24 \cdot 10}\right)^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \text{Ф}.$$

Ответ: $C \approx 1,6$ мкФ.

16 **Возможное решение**

Мощность $P = I^2R$.

1. Ключ разомкнут. По закону Ома для замкнутой (полной) цепи $I_\text{I} = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathscr{E}}{2R + r}$, где $R = R_1 = R_2 = R_3$.

Мощность, выделяемая на резисторе R_2, $P_\text{I} = \frac{\mathscr{E}^2R}{(2R + r)^2}$.

2. Ключ замкнут. $R_{23} = \frac{R}{2}$; $I_\text{II} = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathscr{E}}{\frac{3}{2}R + r}$.

Так как $R_2 = R_3$, то через резистор R_2 течёт ток

$$I_2 = \frac{I_\text{II}}{2} = \frac{1}{2}\frac{\mathscr{E}}{\frac{3}{2}R + r} = \frac{\mathscr{E}}{3R + 2r}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Мощность, выделяемая на резисторе R_2, $P_{II} = \dfrac{\mathscr{E}^2 R}{(3R + 2r)^2}$.

Отношение мощностей $\dfrac{P_I}{P_{II}} = \dfrac{(3R + 2r)^2}{(2R + r)^2} = \dfrac{(3 \cdot 1 + 2 \cdot 0{,}5)^2}{(2 \cdot 1 + 0{,}5)^2} = \dfrac{64}{25}$.

Ответ: мощность уменьшится в $\dfrac{64}{25} = 2{,}56$ раза.

17 **Возможное решение**

Резисторы R_1 и R_3, R_2 и R_4 соединены друг с другом последовательно, а образовавшиеся пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи

$$R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(1 + 5)(2 + 10)}{1 + 2 + 5 + 10} = 4 \text{ Ом}.$$

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи,

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_0 + r} = \frac{9}{4 + 2} = 1{,}5 \text{ А}.$$

Напряжение на параллельных ветвях R_1–R_3 и R_2–R_4: $U = IR_0 = 1{,}5 \cdot 4 = 6$ В.
Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 5} = 1 \text{ А и } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2 + 10} = 0{,}5 \text{ А}.$$

Мощность, выделяемая на резисторе R_2, $N_2 = I_2^2 R_2 = 0{,}5^2 \cdot 2 = 0{,}5$ Вт.

Ответ: $N_2 = 0{,}5$ Вт.

18 **Возможное решение**

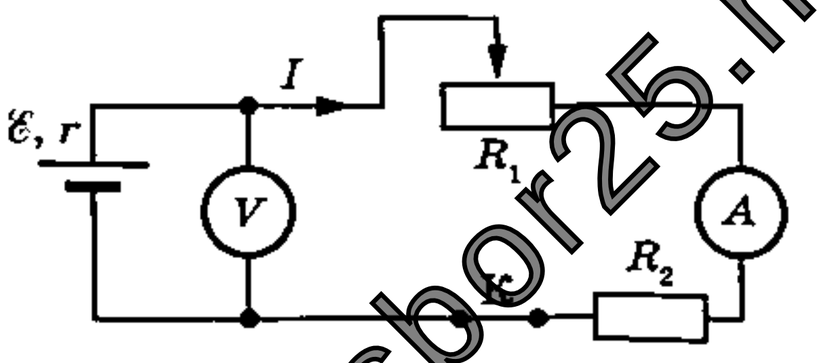
1. Начальное показание вольтметра равно нулю, после замыкания ключа показания вольтметра будут увеличиваться, пока не достигнут максимального значения, которое не будет меняться со временем.

2. Вольтметр соединён параллельно с конденсатором, поэтому его показания равны напряжению на конденсаторе. Вначале конденсатор не заряжен $(q_1 = 0)$, поэтому напряжение на нём $U_1 = \dfrac{q_1}{C} = 0$ и показания вольтметра равны нулю.

3. После замыкания конденсатор будет заряжаться, и так как $U = \dfrac{q}{C}$, показания вольтметра будут увеличиваться. Когда конденсатор полностью зарядится, ток через него не течёт, а течёт только через резистор. Сила тока в цепи станет постоянной, согласно закону Ома для полной цепи $I = \dfrac{\mathscr{E}}{R + r}$. Напряжение на конденсаторе и резисторе $U = IR$ и не будет меняться со временем. Поэтому показания вольтметра тоже перестанут изменяться.

19 **Возможное решение**

1. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где I — сила тока в цепи.
Ток через вольтметр практически не течёт, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.



© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2. Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи: $I = \dfrac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2 + r}$.

В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром, $U = I(R_1 + R_2) = \mathscr{E} - Ir$.

3. При перемещении движка реостата влево его сопротивление R_1 возрастает, что приводит к уменьшению силы тока I в цепи. При этом напряжение на батарее U возрастает согласно формуле $U = \mathscr{E} - Ir$.

4. Ответ: сила тока в цепи убывает, напряжение на батарее возрастает.

Примечание для экспертов: неверная интерпретация подключения реостата в этом задании не считается существенной ошибкой.

20 **Возможное решение**

1. Согласно закону Джоуля — Ленца $\left(Q = \dfrac{U^2 t}{R}\right)$ при протекании электрического тока через нагревательный элемент выделяется теплота, которая расходуется на нагревание воды и доводит её до кипения: $Q = cm(t_{кип} - t_0)$.

2. В первом опыте к источнику подключены два нагревательных элемента, соединённых последовательно. Их общее сопротивление $R = R_1 + R_2$. Во втором опыте при переключении ключа К в положение 2 нагревательный элемент сопротивлением R_2 отключается от источника, при этом общее сопротивление уменьшается: $R = R_1$.

3. Уменьшение общего сопротивления нагревательных элементов R приведёт к увеличению выделяемой тепловой мощности, так как $N = \dfrac{U^2}{R}$. Следовательно, во втором опыте для доведения воды до кипения потребуется меньше времени: $Q = Nt$.

4. Вода закипит быстрее во втором опыте.

Тематический контроль 2 по теме «Законы постоянного тока»

№	Ответ
1	1
2	0,3
3	100
4	0,48
5	5

6 **Возможное решение**

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, имеющем сопротивление R, определяется по формуле $P = UI$, где I — сила тока в цепи, U — напряжение на резисторе.
На графике приведена зависимость мощности от напряжения, поэтому зависимость $P = UI = P(U)$ следует рассматривать как функцию переменной U. Для этого найдём $I = I(U)$, воспользовавшись законом Ома для замкнутой цепи: $U = \mathscr{E} - Ir$, где $U = IR$ по закону Ома для участка цепи.

Отсюда $I(U) = \dfrac{\mathscr{E} - U}{r}$; мощность в нагрузке определяется соотношением

$$P(U) = U \cdot I(U) = U \cdot \frac{\mathscr{E} - U}{r}.$$

Зависимость мощности от напряжения — квадратичная функция, график которой — парабола, проходящая через точки: $U_1 = 0$; $U_2 = \mathscr{E}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 **Возможное решение**

Ток в цепи до замыкания ключа К:

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2}, \qquad (1)$$

где $\mathscr{E}$ — ЭДС источника.

Мощность, выделяемая соответственно на резисторах R_1 и R_2,

$$P_1 = I^2 R_1, \qquad (2)$$

$$P_2 = I^2 R_2. \qquad (3)$$

После замыкания ключа ток через резистор R_2 течь не будет. Значит, мощность, выделяемая на резисторе R_1 после замыкания ключа К,

$$P_1' = \frac{\mathscr{E}^2}{R_1}. \qquad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получаем

$$P_1' = P_1\left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 3\left(1 + \frac{6}{3}\right)^2 = 27 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P_1' = 27$ Вт.

8 **Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи равно $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6$ Ом, где R_1 — сопротивление лампы, R_2 — сопротивление резистора. Согласно закону Ома для полной цепи ток через аккумулятор $I = \frac{\mathscr{E}}{R_0 + r} = \frac{50}{6 + 4} = 5$ А. При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30$ В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 900}{2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 45 \text{ мДж}.$$

После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени Δt, обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение u на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же:

$$\Delta Q_1 = \frac{u^2}{R_1}\Delta t, \ \Delta Q_2 = \frac{u^2}{R_2}\Delta t \ \Rightarrow \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_1}{R_2} \text{ и } W = Q_1 + Q_2.$$

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

$$Q_1 = \frac{WR_2}{R_1 + R_2} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 15}{10 + 15} = 27 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ мДж}.$$

Ответ: $Q_1 = 27$ мДж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ТЕМА 10. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Задание 12

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,4	5	0,04	9	2
2	0,2	6	5	10	1
3	2	7	0,25		
4	2	8	1		

Задания 14 и 15

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	12	5	22	9	12	13	12
2	25	6	12	10	22	14	41
3	13	7	23	11	14	15	34
4	23	8	12	12	23	16	13

Тематический контроль 1 по теме «Магнитное поле»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,4	3	21	5	42
2	3	4	21	6	25

Задания 21, 23 и 25

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	10	4	0,8	7	2	10	4
2	0,05	5	5	8	4	11	50
3	0,06	6	0,25	9	1,5	12	0,5

13 $F = |q|\sqrt{E^2 + (\upsilon B \sin\alpha)^2} = 1{,}5 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{1200^2 + \left(10^5 \cdot 0{,}03 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} \approx 3{,}7 \cdot 10^{-9}$ Н.

14 $I \geq \frac{mg}{2aB}$.

Тематический контроль 2 по теме «Магнитное поле»

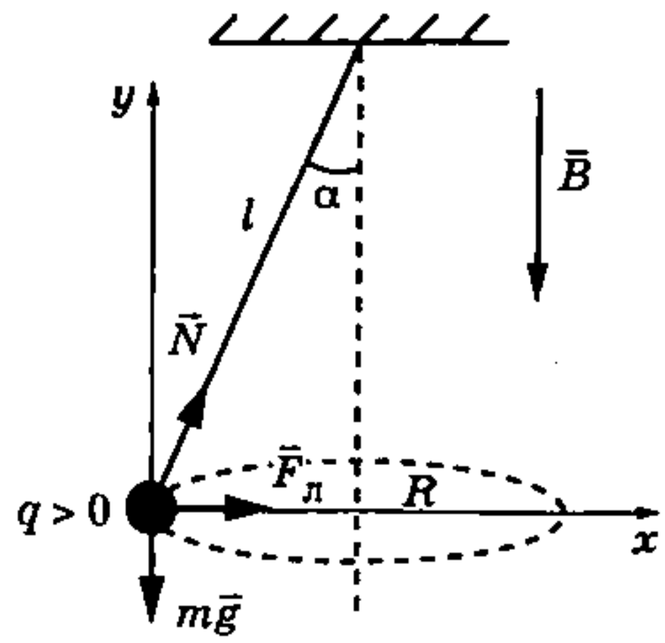
№	Ответ
1	0,3125
2	0,1
3	3
4	2
5	0,2

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

6 **Возможное решение**

1. На шарик действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила Лоренца (см. рисунок).



2. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси координат инерциальной системы отсчёта, связанной с Землёй:

$$\begin{cases} N\sin\alpha + qvB = \dfrac{mv^2}{R}, \\ N\cos\alpha - mg = 0. \end{cases}$$

3. Найдя выражение для N из второго уравнения и подставив его в первое уравнение, получим

$$mg\cdot\operatorname{tg}\alpha = \frac{mv^2}{R} - qvB.$$

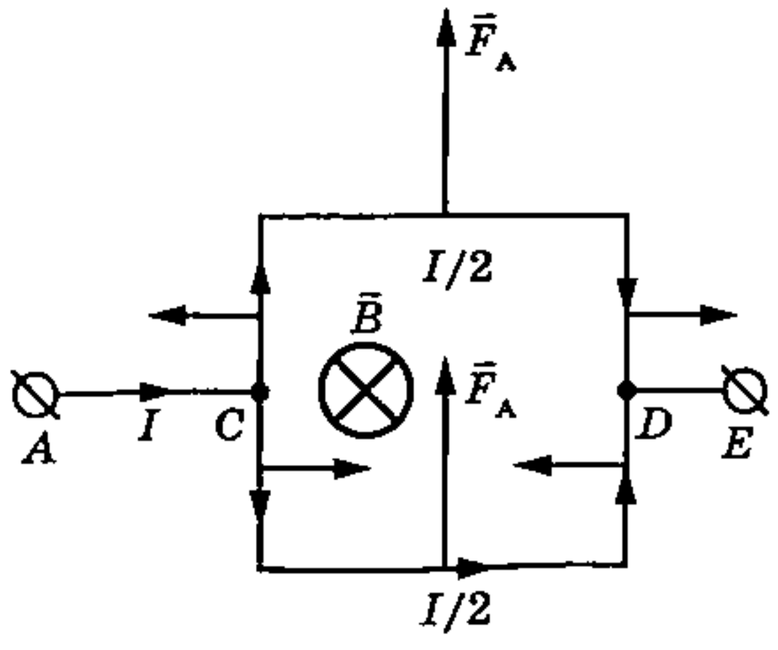
4. Учитывая, что $R = l\sin\alpha$, получим выражение для удельного заряда:

$$\frac{q}{m} = \frac{1}{B}\left(\frac{v}{l\sin\alpha} - \frac{g}{v}\operatorname{tg}\alpha\right).$$

Ответ: $\dfrac{q}{m} = \dfrac{1}{B}\left(\dfrac{v}{l\sin\alpha} - \dfrac{g}{v}\operatorname{tg}\alpha\right)$.

7 **Возможное решение**

1. Согласно закону Ома для участка цепи в точке C ток I разделится на два одинаковых по силе тока: $I_1 = \dfrac{I}{2}$, так как сопротивление обеих половин рамки одинаково.



2. На каждый из участков прямого провода будет действовать своя сила Ампера, перпендикулярная направлению тока и вектору магнитной индукции. Направление силы Ампера, действующей на проводник с током, определим по правилу левой руки (см. рисунок).

3. Так как $F_A = I_1BL$, где L — длина проводника, то силы, действующие на вертикальные стороны рамки, компенсируют друг друга, а силы, действующие на горизонтальные стороны, складываются, так как они сонаправлены друг другу: $F = 2F_A = 2\cdot\dfrac{I}{2}Bl = IBl$, где l — длина стороны рамки.

4. Окончательно получим $B = \dfrac{F}{Il} = \dfrac{80\cdot10^{-3}}{2\cdot0{,}1} = 0{,}4$ Тл.

Ответ: $B = 0{,}4$ Тл.

8 **Возможное решение**

При протекании тока по стержню, находящемуся в магнитном поле, на него действует сила Ампера $F = IBl = 0{,}1$ Н, направленная горизонтально.
В соответствии со вторым законом Ньютона сила вызывает горизонтальное ускорение стержня, которое в начальный момент равно

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

$$a = \frac{F}{m} = \frac{IBl}{m} = 10 \text{ м/с}^2.$$

За время действия силы Ампера $t = 0{,}1$ с стержень переместится на малое расстояние по сравнению с L. Поэтому горизонтальная составляющая суммы сил натяжения нитей R мала по сравнению с F и практически не влияет на движение стержня в горизонтальном направлении. Значит, это движение можно считать равноускоренным. Следовательно, скорость стержня в момент выключения тока можно вычислить по формуле

$$v = at = \frac{IBl}{m}t = \frac{10 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1}{0{,}01} \cdot 0{,}1 = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 1$ м/с.

ТЕМА 11. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Задание 12

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,06	9	5	17	0,25	25	10
2	0,4	10	4	18	2	26	6
3	0,8	11	2	19	12	27	0,9
4	1	12	32	20	6	28	1,25
5	2	13	4	21	1	29	2
6	15	14	2	22	9	30	8
7	2	15	2	23	6		
8	3	16	2	24	4		

Задание 13

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	2	6	2	11	0,002	16	0,5
2	3	7	9	12	2	17	4
3	3	8	4	13	3	18	5
4	2	9	8	14	2		
5	6	10	2	15	1		

Задания 14 и 15

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	24	8	35	15	23	22	14
2	25	9	24	16	13	23	32
3	35	10	35	17	22	24	34
4	13	11	35	18	12	25	31
5	34	12	24	19	22		
6	24	13	12	20	21		
7	23	14	34	21	41		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Тематический контроль 1
по теме «Электромагнитная индукция и электромагнитные колебания»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,2	6	0,4	11	0	16	45
2	3	7	8	12	12	17	22
3	24	8	2	13	15	18	43
4	4	9	12	14	34		
5	1	10	8	15	24		

Задания 21, 23 и 25

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0,01	5	2,5	12	4	16	30
2	0,2	6	0,4	13	200	19	0,4
3	3	10	2	14	10	20	80
4	2	11	4	15	0,25		

7 **Возможное решение**

При движении перемычки в ней возникает ЭДС

$$\mathscr{E} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{Bv\Delta tl}{\Delta t} = Bvl.$$

Закон Ома для замкнутой цепи $acdb$: $I = \frac{\mathscr{E}}{4R} = \frac{Blv}{4R}$, где R — сопротивление перемычки ab.

Следовательно, $U = \mathscr{E} - IR = \frac{3}{4}Blv$.

Ответ: $v = \frac{4U}{3Bl}$.

8 **Возможное решение**

1. Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС в контуре $AEDC$ пропорциональна скорости изменения потока вектора магнитной индукции:

$$\left|\mathscr{E}_{\text{инд}}\right| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = Bl(v_1 + v_2)\ . \qquad (1)$$

2. По закону Ома для полной цепи сила тока в этом контуре

$$I = \frac{\left|\mathscr{E}_{\text{инд}}\right|}{2R}. \qquad (2)$$

3. Объединяя (1) и (2), получим $I = \frac{Bl(v_1 + v_2)}{2R}$.

Ответ: $I = \frac{Bl(v_1 + v_2)}{2R}$.

9 **Возможное решение**

Пользуемся общей формулой для ЭДС индукции в движущемся проводнике:

$$\left|\mathscr{E}\right| = vBL\sin(90° - \alpha) = vBL\cos\alpha\ , \qquad (1)$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

где α — угол между направлением вектора индукции $\vec{B}$ и нормалью к поверхности наклонной плоскости.

Скорость проводника в конечном положении находится из закона сохранения механической энергии: $\frac{mv^2}{2} = mgh = mgl \cdot \sin\alpha$, откуда

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl\sin\alpha}. \qquad (2)$$

Из (1) и (2) находим

$$B = \frac{\mathscr{E}}{L\cos\alpha\sqrt{2gl\sin\alpha}} = \frac{0,17}{0,5 \cdot 0,866 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 0,5}} \approx 0,1 \text{ Тл}.$$

Ответ: $B \approx 0,1$ Тл.

17 **Возможное решение**

Согласно закону сохранения энергии в колебательном контуре

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}.$$

Период свободных электромагнитных колебаний в контуре определяется формулой Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Из закона сохранения энергии определяем: $q^2 = LC\left(I_m^2 - I^2\right)$, откуда получаем

$$q = \frac{T}{2\pi}\sqrt{I_m^2 - I^2} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\left(5 \cdot 10^{-3}\right)^2 - \left(3 \cdot 10^{-3}\right)^2} \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 4 \text{ нКл}.$$

Ответ: $q \approx 4$ нКл.

18 **Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы R_1, R_2 и катушку L. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{8+3+1} = 1$ А.

При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_2 = 1 \cdot 3 = 3$ В. Таким образом, до размыкания ключа была накоплена энергия в конденсаторе

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{2} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 18 \text{ мкДж}$$

и в катушке индуктивности

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 12 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе R_2: $Q = W_C + W_L = 18 + 12 = 30$ мкДж.

Ответ: $Q = 30$ мкДж.

Тематический контроль 2 по теме «Электромагнитная индукция и электромагнитные колебания»

№	Ответ
1	0,5
5	1,6

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2 **Возможное решение**

При движении перемычки в ней возникает ЭДС индукции, модуль которой $\mathscr{E} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{Bv\Delta tl}{\Delta t} = Bvl.$

Закон Ома для замкнутой цепи $acdb$: $I = \frac{\mathscr{E}}{4R} = \frac{Blv}{4R}$, где R — сопротивление перемычки ab.

Следовательно, $U = \mathscr{E} - IR = \frac{3}{4}Blv.$

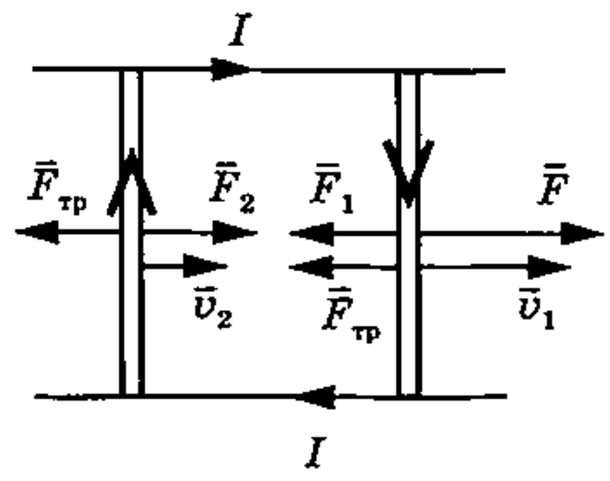
Ответ: $U = \frac{3}{4}Blv.$

3 **Возможное решение**

При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени Δt определяется по формуле

$$\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{\text{отн}}\Delta t,$$

что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции. Согласно закону Фарадея $\mathscr{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{\text{отн}}$. Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.



В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре протекает ток

$$I = \frac{|\mathscr{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, $F_1 = F_2 = IBl$, как показано на рисунке. Кроме этих сил на каждый стержень в горизонтальной плоскости действует тормозящая сила трения $F_{тр} = \mu mg$.

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень в горизонтальной плоскости действуют только сила Ампера $\vec{F}_2$ и сила трения, поэтому $\frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{2R} = \mu mg$. Отсюда относительная скорость

$$v_{\text{отн}} = \frac{2\mu mgR}{(Bl)^2} = \frac{2 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot 10 \cdot 0{,}1}{(1 \cdot 0{,}1)^2} = 2 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_{\text{отн}} = 2$ м/с.

4 **Возможное решение**

1. Благодаря явлению самоиндукции ток в катушке меняется медленно. После размыкания ключа К ток через катушку L является током в образовавшейся замкнутой цепи и медленно уменьшается со значения I_2 до нуля.

2. После размыкания ключа К резистор и катушка соединены последовательно, поэтому ток через резистор станет таким же, как ток в катушке, т. е. изменит направление на противоположное и быстро достигнет значения около 0,1 А. Затем ток медленно уменьшается до 0.

3. Ответ: ток через резистор после размыкания ключа К меняет направление на противоположное и быстро достигает значения около 0,1 А. Затем ток медленно уменьшается до 0.

6 **Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы R_1, R_2 и катушку L. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{7 + 4 + 1} = 1$ А.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_2 = 1 \cdot 4 = 4$ В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 16}{2} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 24 \text{ мкДж},$$

а в катушке индуктивности —

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 16 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе R_2: $Q = W_C + W_L = 24 + 16 = 40$ мкДж.

Ответ: $Q = 40$ мкДж.

7 **Возможное решение**

1. Согласно закону сохранения энергии $\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{LI^2(t)}{2} + \frac{q^2(t)}{2C}$, где $I(t)$ и $q(t)$ — соответственно сила тока в контуре и заряд конденсатора в момент времени t, I_{max} — амплитуда силы тока в контуре. Отсюда $q^2(t) = LC(I_{max}^2 - I^2(t))$.

2. Согласно формуле Томсона период колебаний в контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

3. Объединяя 1 и 2, получим $q(t) = \frac{T}{2\pi}\sqrt{I_{max}^2 - I^2(t)}$.

4. Из графика находим: период колебаний $T = 8$ мкс, амплитуду силы тока в контуре $I_{max} = 0,6$ А и силу тока в момент времени $t = 3$ мкс $I \approx 0,45$ А.

Вычисляем искомый заряд: $q = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14}\sqrt{0,36 - (0,45)^2} \approx 0,51$ мкКл.

Ответ: $q \approx 0,51$ мкКл.

Для экспертов: в данном случае сила тока в контуре меняется по закону $I(t) = I_{max}\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$.

Поэтому при $t = 3$ мкс $I(t) = I_{max} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ и $q \approx 0,54 \cdot 10^{-6}$ Кл $\approx 0,54$ мкКл.

В зависимости от хода решения может быть верным как тот, так и другой ответ (0,51 или 0,54 мкКл).

ТЕМА 12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ОПТИКА

Задание 13

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	20	7	4	13	3	19	2
2	70	8	3	14	6	20	1
3	75	9	0,4	15	20	21	4
4	60	10	70	16	10	22	1
5	40	11	2	17	1	23	2
6	90	12	4	18	2	24	3

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Задания 14 и 15

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	23	7	14	13	13	19	31
2	41	8	23	14	13	20	22
3	32	9	35	15	23	21	31
4	32	10	13	16	12		
5	13	11	21	17	21		
6	23	12	32	18	22		

Тематический контроль 1 по теме «Электромагнитные волны. Оптика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	30	5	0,6	9	3	13	35
2	50	6	4	10	2	14	32
3	10	7	9	11	32		
4	3	8	2,5	12	12		

Задания 23 и 25

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1,8	7	12,5	15	2,5	22	4
2	2	8	1,5	17	4	23	4,4
3	25	9	24	18	165	24	3
4	15	10	50	19	625	25	2
5	180	11	30	20	720		
6	2	14	6	21	750		

12 $v' = \omega R = v \cdot \dfrac{R}{r} = v \cdot \dfrac{f}{d} = v \cdot \dfrac{F}{d - F} = 2v = 2 \cdot 5 = 10$ м/с.

13 Площадь изображения

$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1 + aD)} = \frac{(0,04)^2}{2 \cdot (1 + 0,04 \cdot 2,5)} \approx 7,3 \text{ см}^2.$$

16 $H = R\sqrt{n^2 - 1} = 2,4\sqrt{16/9 - 1} = 0,8 \cdot \sqrt{7} \approx 2,1.$

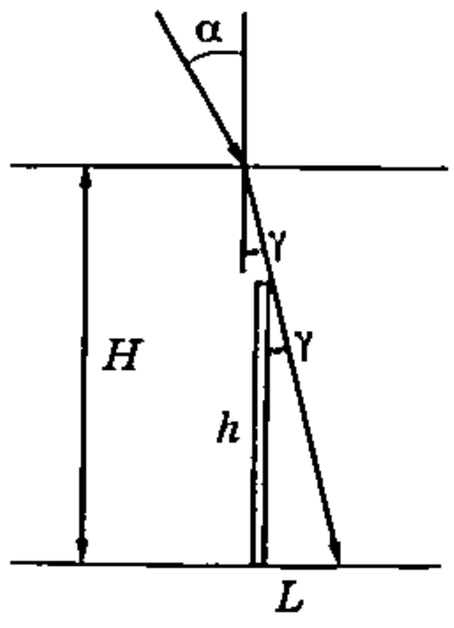
Тематический контроль 2 по теме «Электромагнитные волны. Оптика»

№	Ответ
1	4
2	40
3	24
4	1,54
5	1,25
6	600

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

7 **Возможное решение**



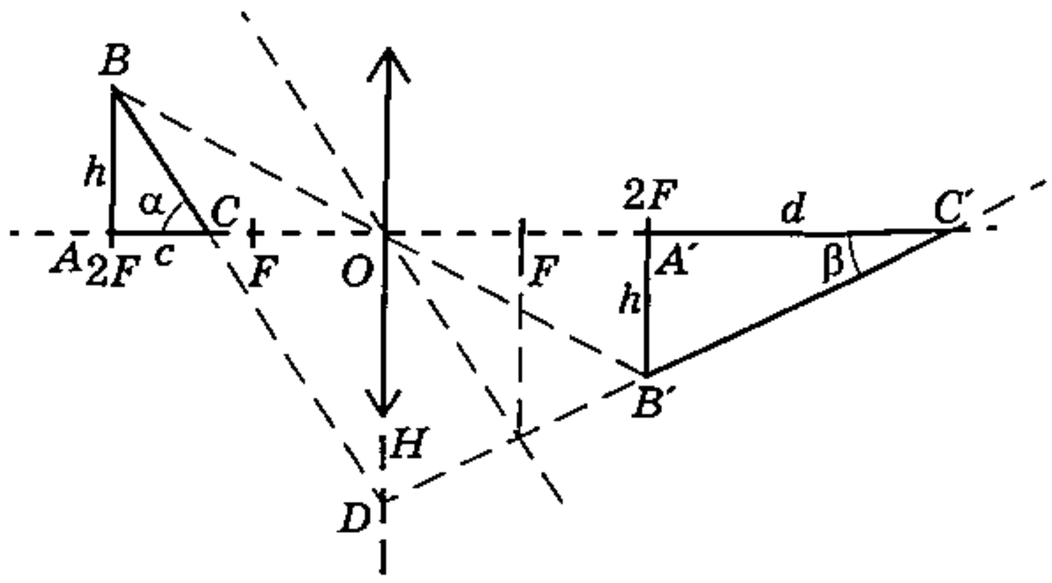
Согласно рисунку длина тени L определяется высотой сваи h и углом γ между сваей и скользящим по её вершине лучом света: $L = h \cdot \mathrm{tg}\gamma$. Этот угол γ является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды. Согласно закону преломления $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n$, $\sin\gamma = \dfrac{\sin\alpha}{n} = \dfrac{1}{2n}$,

$$\mathrm{tg}\gamma = \frac{\sin\gamma}{\sqrt{1-\sin^2\gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2-1}}.$$

Следовательно, $h = L\sqrt{4n^2-1} = 0{,}75\sqrt{4\cdot\dfrac{16}{9}-1} \approx 1{,}85$ м.

Ответ: $h \approx 1{,}85$ м.

8 **Возможное решение**



1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:
· луч, прошедший через оптический центр O, не преломляется;
· параллельный пучок лучей пересекается в фокальной плоскости.
2. Вертикальный катет длиной h находится на расстоянии $2F$ от линзы, поэтому его изображение, согласно формуле линзы, тоже находится на расстоянии $2F$ от линзы.
И длина изображения этого катета тоже равна h.
3. Из подобия треугольников ABC и COD получаем $\dfrac{H}{h} = \dfrac{2F-c}{c}$.

Из подобия треугольников ODC' и $A'B'C'$ $\dfrac{H}{h} = \dfrac{2F+d}{d}$. Тогда $d = \dfrac{cF}{F-c}$.

4. $\mathrm{tg}\beta = \dfrac{h}{d} = \dfrac{h(F-c)}{cF} = \dfrac{F-c}{F}\mathrm{tg}\alpha = \left(1-\dfrac{c}{F}\right)\mathrm{tg}\alpha$.

5. Подставляя значения физических величин, получим

$$\mathrm{tg}\beta = \left(1-\frac{2}{20}\right)\cdot\sqrt{3} \approx 1{,}56.$$

Ответ: $\mathrm{tg}\beta \approx 1{,}56$.

ТЕМА 13. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Задание 16

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	17	5	12	9	99	13	86
2	18	6	31	10	195	14	210
3	4	7	2	11	62		
4	14	8	94	12	233		

© ООО «Издательство «Национальное образование»
sbor25.me

Задание 17

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	21	9	14	17	11	25	11
2	22	10	41	18	13	26	43
3	33	11	21	19	31	27	23
4	13	12	23	20	33	28	13
5	32	13	21	21	22	29	31
6	23	14	13	22	32		
7	14	15	12	23	23		
8	13	16	32	24	31		

Тематический контроль 1 по теме «Квантовая физика»

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	20	4	36	7	23	10	21
2	29	5	11	8	12	11	31
3	220	6	24	9	23		

ИНТЕГРИРОВАННОЕ ЗАДАНИЕ

Задание 18

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	24	2	34	3	235	4	145	5	13

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Задание 19

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	1,40,1	6	1,10,1	11	2,00,1	16	0,300,05
2	3,80,1	7	293,02,5	12	4,40,2	17	0,7500,025
3	4,70,1	8	1963	13	0,40,1	18	0,1400,004
4	1,60,1	9	0,800,05	14	0,120,02		
5	0,500,02	10	0,960,02	15	2,200,15		

Задание 20

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	24	6	25	11	35	16	23
2	23	7	13	12	14	17	15
3	15	8	45	13	25	18	24
4	45	9	34	14	35		
5	14	10	35	15	25		

© ООО «Издательство «Национальное образование»

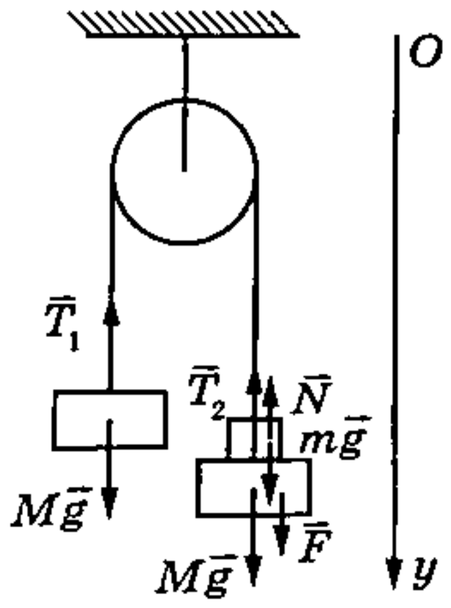
sbor25.me

РАСЧЁТНАЯ ЗАДАЧА С ОБОСНОВАНИЕМ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ

Задание 26

1 **Возможное решение**

Обоснование:



Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Бруски и груз будем считать материальными точками. Трением о воздух пренебрежём. Будем считать, что в процессе движения груз не отрывается от бруска.

Так как нить нерастяжима, ускорения брусков равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \quad \vec{a}_1 = -\vec{a}_2 . \qquad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то силы натяжения нити, действующие на каждый из брусков, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \qquad (2)$$

На груз помимо силы тяжести действует сила реакции опоры $\vec{N}$ со стороны бруска. По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе $\vec{F}$, с которой груз давит на брусок.

Решение:

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy выбранной системы отсчёта. С учётом (1) и (2) получим:

$(M+m)a = (M+m)g - T$ — брусок с грузом (можно считать одним телом),

$-Ma = Mg - T$ — брусок без груза.

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{mg}{2M+m}.$$

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза m. В проекциях на ось Oy получим:

$$ma = mg - N.$$

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:

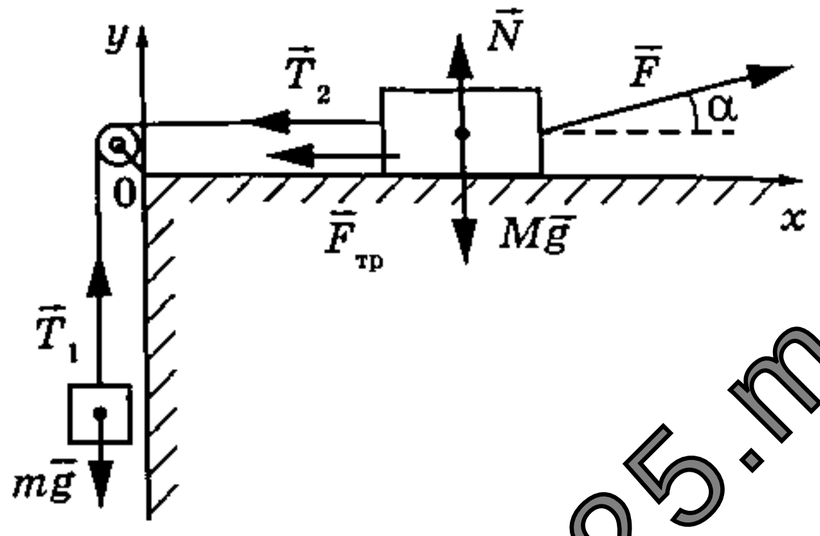
$$N = m(g-a) = \frac{2Mmg}{2M+m}.$$

3. Окончательно получим $F = N = \frac{2Mmg}{2M+m} = \frac{2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}5 + 0{,}1} \approx 0{,}9$ Н.

Ответ: $F \approx 0{,}9$ Н.

2 **Возможное решение**

Обоснование:



1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух пренебрежём; блок будем считать невесомым.

На рисунке показаны силы, действующие на брусок и груз.

2. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a . \qquad (1)$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3. Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на груз и брусок, одинаковы по модулю:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \qquad (2)$$

Решение:

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. Учитывая (1) и (2), получим:

$$F\cos\alpha - T - F_{тр} = Ma,$$
$$N + F\sin\alpha = Mg,$$
$$T - mg = ma.$$

Сила трения, действующая на брусок, $F_{тр} = \mu N$.

Решая полученную систему уравнений, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - mg - \mu Mg}{M + m}.$$

2. Так как начальная скорость груза была равна нулю, $L = \frac{v^2}{2a}$.

3. Окончательно получим:

$$v = \sqrt{2aL} = \sqrt{2L\left(\frac{F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - mg - \mu Mg}{M + m}\right)} =$$
$$= \sqrt{2 \cdot 0{,}32 \cdot \left(\frac{9 \cdot (\sqrt{3}/2 + 0{,}3 \cdot 0{,}5) - 0{,}5 \cdot 10 - 0{,}3 \cdot 1 \cdot 10}{1 + 0{,}5}\right)} \approx 0{,}7 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v \approx 0{,}7$ м/с.

3 **Возможное решение**

Обоснование:

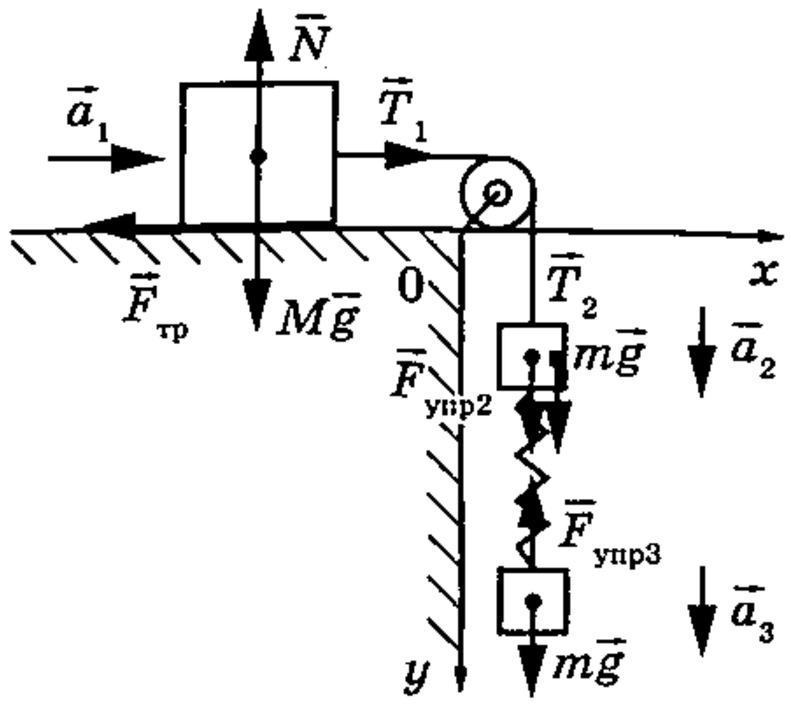
Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём.

Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих грузов и бруска равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a. \qquad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на грузы и брусок.

Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на брусок и верхний груз, одинаковы:



$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \qquad (2)$$

Равны по модулю и силы $|\vec{F}_{упр2}| = |\vec{F}_{упр3}|$, так как пружина лёгкая. (3)

Решение:

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox:\ Ma = T - F_{тр}$$
$$Oy:\ N = Mg,\ \ ma = mg - T + F_{упр},\ \ ma = mg - F_{упр}.$$

Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел: $a = \frac{2mg - F_{тр}}{M + 2m}$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

2. Сила трения $F_{тр} = \mu N = \mu Mg$.

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим $F_{упр} = m(g-a) = \dfrac{mMg(1+\mu)}{M+2m}$.

По закону Гука $F_{упр} = k\Delta l = k(L-l)$, тогда

$$L = l + \frac{mMg(1+\mu)}{k(M+2m)} = 0{,}1 + \frac{0{,}4 \cdot 0{,}8 \cdot 10 \cdot (1+0{,}2)}{80 \cdot (0{,}8+2 \cdot 0{,}4)} = 0{,}13 \text{ м}.$$

Ответ: $L = 0{,}13$ м.

4 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Сумма приложенных к стержню внешних сил равна нулю, так как он находится в равновесии относительно поступательного движения. Сумма моментов этих сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку O), равна нулю, так как стержень не вращается.

4. Доска движется поступательно. Движение доски в ИСО можно описать с помощью законов Ньютона, сформулированных для материальных точек.

5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми доска и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение:

1. В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, доска по условию движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому, в частности, сумма горизонтальных сил $\vec{F}$ и $\vec{F}_{тр1}$, приложенных к доске, равна нулю (рис. *а*). Отсюда получаем: $F = F_{тр1}$.

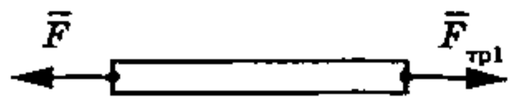


Рис. *а*

2. На рисунке *б* показаны силы, приложенные к стержню. По третьему закону Ньютона $\vec{F}_{тр2} = -\vec{F}_{тр1}$. Поэтому:

$$F_{тр2} = F_{тр1} = F. \qquad (1)$$

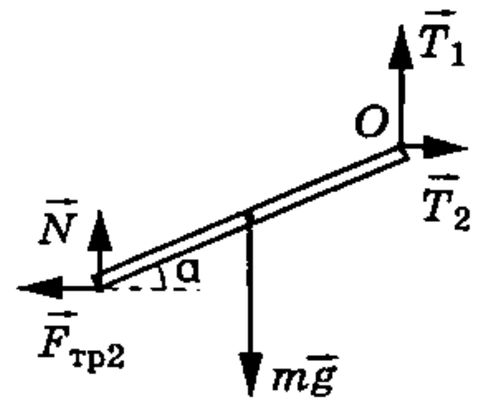


Рис. *б*

3. По условию задачи стержень не вращается, поэтому выполнено условие равновесия стержня на оси шарнира O (правило моментов). Обозначив длину стержня через L, запишем это условие:

$$mg\frac{L}{2}\cos\alpha - F_{тр2}L\sin\alpha - NL\cos\alpha = 0. \qquad (2)$$

4. Доска движется относительно стержня, поэтому:

$$F_{тр2} = \mu N. \qquad (3)$$

5. Подставив (1) в (3), а (3) в (2), получим уравнение

$$mg\cos\alpha - 2F\sin\alpha - 2\frac{F}{\mu}\cos\alpha = 0$$

с решением: $m = \dfrac{2F}{g}\left(\dfrac{1}{\mu} + \operatorname{tg}\alpha\right) = \dfrac{2 \cdot 2}{10}\left(\dfrac{1}{0{,}2} + \dfrac{\sqrt{3}}{3}\right) = 2\left(1 + \dfrac{\sqrt{3}}{15}\right) \approx 2{,}2$ кг.

Ответ: $m \approx 2{,}2$ кг.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

5 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела считаем материальными точками.

2. Для описания взаимодействия пули и шара используем закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае проекции внешних сил (силы тяжести и силы натяжения нити) на горизонтальную ось в момент взаимодействия равны нулю. Следовательно, можно использовать закон сохранения импульса в проекциях на эту ось.

3. Для дальнейшего движения шара с застрявшей в нём пулей будет справедлив закон сохранения механической энергии, поскольку сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а единственная непотенциальная сила, действующая на шар, — сила натяжения нити — не совершает работы при движении шара по окружности, поскольку она всюду перпендикулярна скорости движения шара.

4. Условие минимальности v_0 означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль.

Решение:

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули v_0 перед ударом со скоростью v_1 составного тела массой $m + M$ сразу после удара:

$$mv_0 = (m+M)v_1,$$

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью v_2 в верхней точке:

$$\frac{(m+M)v_1^2}{2} = \frac{(m+M)v_2^2}{2} + (m+M)g \cdot 2l.$$

2. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление x в верхней точке принимает вид

$$(m+M)g = \frac{(m+M)v_2^2}{l}.$$

Выразив отсюда v_2^2 и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим:

$$v_1 = \sqrt{5gl}.$$

3. Подставив выражение для v_1 в закон сохранения импульса, получим:

$$m = \frac{M\sqrt{5gl}}{v_0 - \sqrt{5gl}} = \frac{0{,}23\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0{,}5}}{120 - \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0{,}5}} = 0{,}01 \text{ кг}.$$

Ответ: $m = 10$ г.

6 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной.

2. Шар и пулю будем считать материальными точками, так как их размеры малы по сравнению с длиной нити.

3. При соударении для системы «пуля — шар» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (силы тяжести и сила натяжения нити) вертикальны.

4. При движении шара на нити вниз и вверх выполняется закон сохранения механической энергии, так как сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а работа силы натяжения нити равна нулю (эта сила в любой точке траектории перпендикулярна скорости тела).

Решение:

По закону сохранения механической энергии для движения шара вниз с высоты H получим:

$$MgH = \frac{Mu^2}{2}, \text{ где } \cos\alpha = \frac{l-H}{l}.$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

Таким образом, скорость шара в нижней точке его траектории перед попаданием в него пули:

$$u=\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}.$$

Согласно закону сохранения импульса имеем:

$Mu-mv_1=Mu'-mv_2$, где M и m — массы шара и пули соответственно.

Изменение импульса пули:

$$\Delta p=mv_2-mv_1=M(u'-u).$$

Шар после попадания в него пули получит кинетическую энергию и поднимется на новую высоту, равную h. По закону сохранения полной механической энергии имеем:

$$\frac{Mu'^2}{2}=Mgh, \text{ где } \cos\beta=\frac{l-h}{l}.$$

Таким образом, $u'=\sqrt{2gl(1-\cos\beta)}$.

В итоге имеем:

$$|\Delta p|=\left|M\left\{\sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}-\sqrt{2gl(1-\cos\beta)}\right\}\right|=$$

$$=\left|1\cdot\left(\sqrt{2\cdot10\cdot0{,}9(1-\cos60^\circ)}-\sqrt{2\cdot10\cdot0{,}9(1-\cos39^\circ)}\right)\right|=1 \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$

Ответ: $|\Delta p|=1$ кг·м/с.

7 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли.

2. Будем считать все тела материальными точками. Трением снаряда и осколков о воздух пренебрежём.

3. Поскольку время разрыва снаряда мало, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.

4. Так как при решении задачи мы пренебрегаем силой трения, то можно использовать закон сохранения энергии для снаряда с учётом энергии разрыва.

Решение:

1. Запишем законы сохранения импульса и сохранения энергии для снаряда:

$$2m\cdot v_0=mv_1-mv_2; \quad (1)$$

$$2m\cdot\frac{v_0^2}{2}+\Delta E=\frac{mv_1^2}{2}+\frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где

$2m$ — масса снаряда до взрыва;

v_0 — модуль скорости снаряда до взрыва;

v_1 — модуль скорости осколка, летящего вперёд;

v_2 — модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим v_0 из первого уравнения: $v_0=\frac{1}{2}(v_1-v_2)$ и подставим во второе уравнение.

3. Получим: $\Delta E=\frac{m}{4}(v_1+v_2)^2=\frac{1}{4}\cdot(900+100)^2=250$ кДж.

Ответ: $\Delta E=250$ кДж.

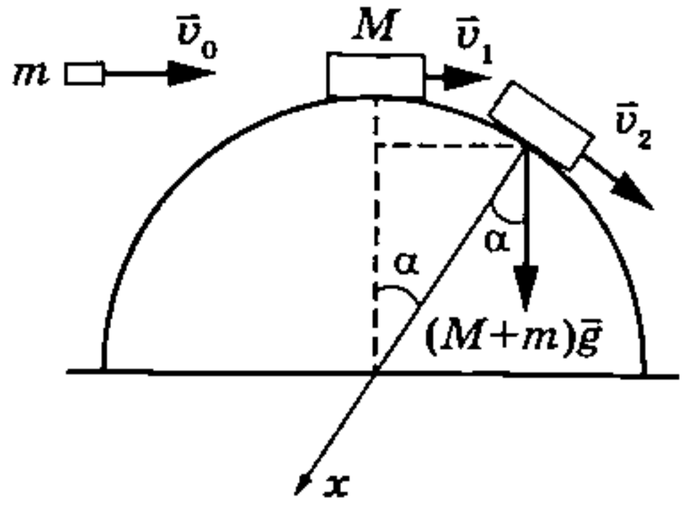
© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

8 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.



2. При соударении для системы «пуля — тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.

3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая, и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).

4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры $\bar{N}$.

5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

Решение:

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой $m + M$ сразу после удара:

$$mv_0 = (m+M)v_1.$$

Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m+M)v_1^2}{2} + (m+M)gR = \frac{(m+M)v_2^2}{2} + (m+M)gR\cos\alpha,$$

где v_2 — скорость составного тела в момент отрыва; $h = R\cos\alpha$ — высота точки отрыва (см. рисунок).

2. Второй закон Ньютона в проекциях на ось x (направленную в центр полусферы) в момент отрыва тела принимает вид:

$$(m+M)g\cos\alpha = \frac{(m+M)v_2^2}{R}.$$

3. Объединяя уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

Отсюда $h = \frac{1}{3g}\cdot\left(\frac{mv_0}{M+m}\right)^2 + \frac{2}{3}R = \frac{1}{3\cdot 10}\cdot\left(\frac{0{,}01\cdot 200}{0{,}99+0{,}01}\right)^2 + \frac{2}{3}\cdot 1 = 0{,}8$ м.

Ответ: $h = 0{,}8$ м.

9 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).

3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.

4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

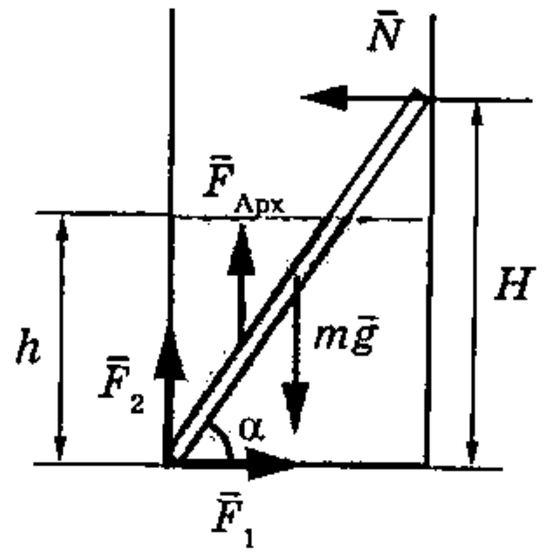
sbor25.me

Решение:

1. Высота конца палочки относительно дна стакана

$$H=\sqrt{l^2-4R^2}=\sqrt{0{,}1^2-4\cdot 0{,}04^2}=0{,}06 \text{ м},$$

где l — длина палочки, R — радиус стакана.



2. Модуль силы Архимеда

$$F_{Арх}=\rho_ж\left(\frac{h}{H}V\right)g=\frac{\rho_ж}{\rho}\frac{h}{H}mg,$$

где V — объём палочки, ρ — её плотность, $\rho_ж$ — плотность жидкости, m — масса палочки.

3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, т. е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR-F_{Арх}\left(\frac{h}{2}\operatorname{ctg}\alpha\right)-NH=0, \text{ то есть}$$

$$mgR-mg\frac{\rho_ж}{\rho}\frac{h^2}{2H}\operatorname{ctg}\alpha-NH=0, \text{ где } \operatorname{ctg}\alpha=\frac{2R}{H}.$$

4. По третьему закону Ньютона сила $\vec{N}$ по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$h=\sqrt{2H\operatorname{tg}\alpha\frac{\rho}{\rho_ж}\left(R-H\frac{N}{mg}\right)}=\sqrt{\frac{H^2}{R}\cdot\frac{\rho}{\rho_ж}\left(R-\frac{N}{mg}H\right)}=$$

$$=\sqrt{\frac{36\cdot 10^{-4}}{0{,}04}\cdot\frac{1}{0{,}75}\left(0{,}04-\frac{0{,}06\cdot 8\cdot 10^{-3}}{1{,}8\cdot 10^{-3}\cdot 10}\right)}=0{,}04 \text{ м}=4 \text{ см}.$$

Ответ: $h=4$ см.

10 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

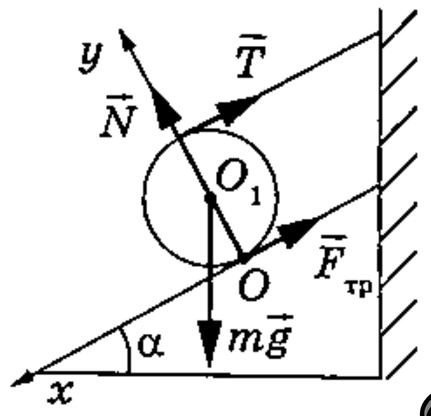
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю.

4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр тела, равна нулю.

Решение:

1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$, сила натяжения нити $\vec{T}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта Oxy имеет вид:



$$Ox:\ 0=mg\sin\alpha-T-F_{тр};\qquad (1)$$

$$Oy:\ 0=N-mg\cos\alpha.\qquad (2)$$

2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 — центр цилиндра, поэтому плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити — радиусу цилиндра R:

$$T\cdot R-F_{тр}\cdot R=0, \text{ откуда } T=F_{тр}.\qquad (3)$$

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

3. Поскольку в задаче спрашивают величину максимального угла наклона плоскости, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которое равно модулю силы сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha . \qquad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получаем: $mg\sin\alpha = 2F_{тр} = 2\mu mg\cos\alpha$.

Окончательно получим: $\mathrm{tg}\alpha = 2\mu = 2 \cdot 0{,}5 = 1$, следовательно, $\alpha_{max} = 45°$.

Ответ: $\alpha_{max} = 45°$.

11 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Стержень находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A, равна нулю.

4. Груз описываем моделью материальной точки.

5. Нить нерастяжима, поэтому, если покоится груз, то покоится и стержень.

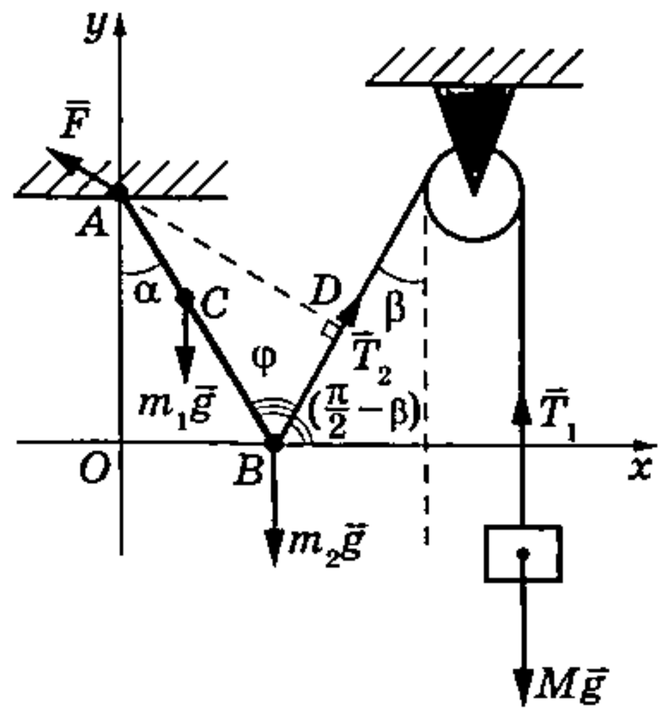
6. Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.

7. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Решение:

1. Введём декартову систему координат xOy, как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0 . \qquad (1)$$



2. На стержень с грузами m_1 и m_2 действуют силы $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, а также сила натяжения нити $\vec{T}_2$, $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$. Кроме того, на стержень действует сила $\vec{F}$ со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку A — точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1 g \cdot b\sin\alpha + m_2 g \cdot l\sin\alpha - T \cdot AD = 0 . \qquad (2)$$

3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l\sin\varphi = l\sin(\alpha+\beta),$$

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b\sin\alpha}{M\sin(\alpha+\beta) - m_2\sin\alpha} = \frac{100 \cdot 25\dfrac{\sqrt{2}}{2}}{200\dfrac{\sqrt{3}}{2} - 200\dfrac{\sqrt{2}}{2}} \approx 55{,}6 \text{ см}.$$

Ответ: $l \approx 55{,}6$ см.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

12 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем стержень с шарами моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

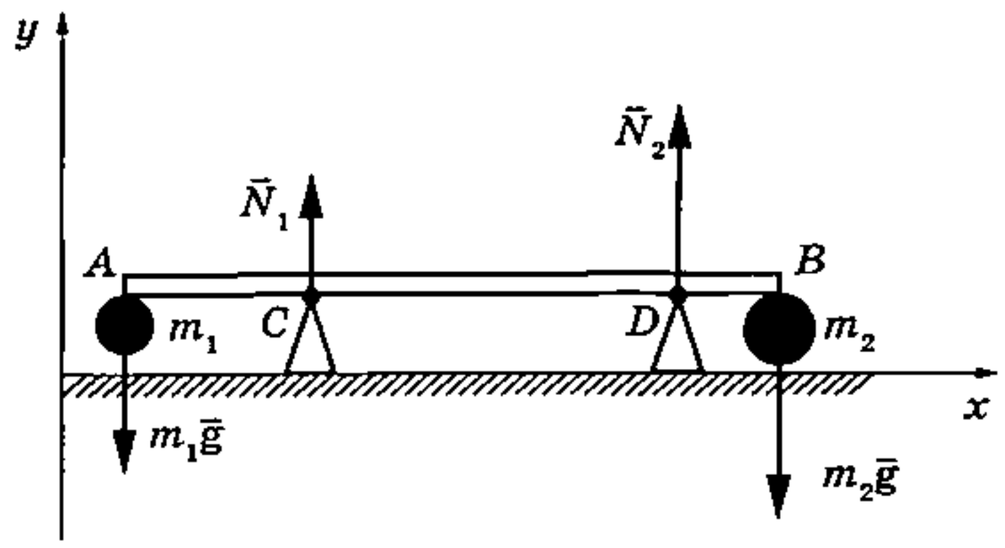
3. Стержень не движется поступательно, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю.

4. Стержень не вращается, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящих через точку A перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.

5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми шары и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение:

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$. По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому $N_2 = 2N_1$ (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта Oxy, связанной с Землёй, условия равновесия тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 \text{ — центр масс не движется вдоль } Oy; \\ N_1 x + N_2 (l + x) - m_2 g L = 0 \text{ — нет вращения вокруг точки } A. \end{cases}$$

Здесь $l = CD$, x — плечо силы N_1 $(x = AC)$.

3. С учётом условия $N_2 = 2N_1$ систему уравнений перепишем в виде:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2) g; \\ (3x + 2l) N_1 = m_2 g L. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$x + \frac{2}{3} l = \frac{m_2}{m_1 + m_2} L, \text{ откуда } l = \frac{3}{2}\left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} L - x\right).$$

4. Подставляя значения физических величин, получим ответ:

$$l = \frac{3}{2}\left(\frac{0{,}3}{0{,}2 + 0{,}3} \cdot 1 - 0{,}2\right) = 0{,}6 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 0{,}6$ м.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ

№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ	№	Ответ
1	0	6	22	11	1,5	16	21
2	3	7	3	12	0,01	17	22
3	2	8	2	13	6	18	145
4	2000	9	15	14	24	19	0,160,02
5	34	10	32	15	31	20	24

21 **Возможное решение**

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная ниже главной оптической оси, так как все параллельные лучи линза собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (построение на рис. а).

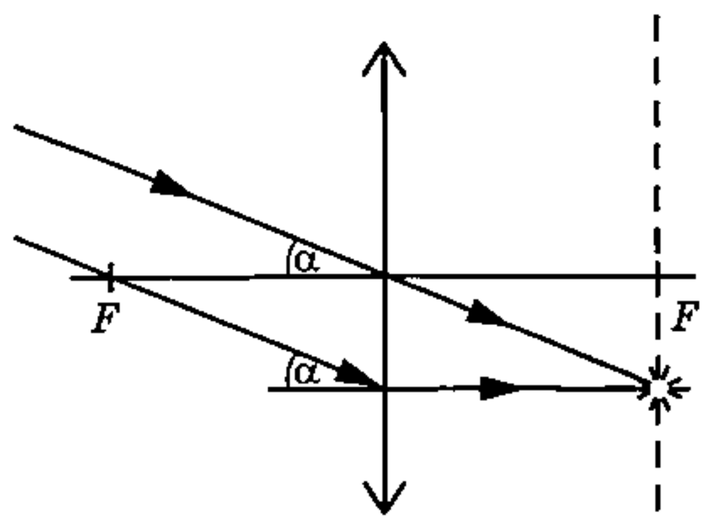


Рис. а

2. Плоскопараллельная пластинка не нарушает параллельности лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вверх (рис. б).

3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (построение на рис. б).

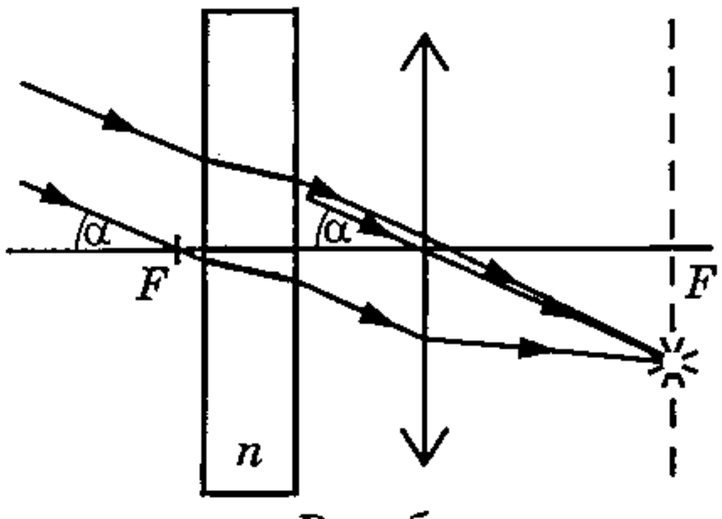


Рис. б

22 **Возможное решение**

Правило для моментов сил относительно оси, проходящей через шарнир перпендикулярно плоскости рисунка: $F(L-b)+mg(\frac{L}{2}-b)=Mgb$, где m — масса стержня.

Проведя преобразования, получим

$$L=\frac{b\left(F+g\left(m+M\right)\right)}{F+\frac{mg}{2}}=\frac{1\cdot\left(300+10\cdot150\right)}{300+150}=4\ \text{м}.$$

Ответ: $L = 4$ м.

23 **Возможное решение**

Согласно определению относительная влажность воздуха определяется формулой: $\varphi=\frac{p}{p_{\text{нас}}}$, где p — парциальное давление водяного пара, находящегося в воздухе, $p_{\text{нас}}$ — давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

Рассмотрим уравнение Менделеева — Клапейрона: $pV=\frac{m}{\mu}RT$, где V — объём водяного пара, m и μ — масса и молярная масса водяного пара, T — его абсолютная температура.

Подставив в это уравнение выражение для давления $p = \varphi p_{\text{нас}}$, получим:

$$\varphi=\frac{mRT}{p_{\text{нас}}V\mu}=\frac{130\cdot10^{-6}\cdot8{,}31\cdot288}{1710\cdot0{,}02\cdot0{,}018}\approx0{,}5=50\,\%.$$

Ответ: $\varphi\approx50\,\%$.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

24 **Возможное решение**

Пробка выскочит, если сила, с которой газ давит изнутри на пробку, превысит суммарную силу давления атмосферного воздуха снаружи на пробку и трения пробки о края отверстия. А это произойдёт, когда давление газа превысит атмосферное давление на величину $\Delta p = \frac{F}{S}$, откуда: $S = \frac{F}{\Delta p}$.

Поскольку изначально давление газа в сосуде равно атмосферному, именно такое изменение давления газа в сосуде определяет предельное количество теплоты, переданное газу.

Поскольку объём V газа не меняется, изменение давления газа связано с изменением его температуры T. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона $V \cdot \Delta p = \nu R \cdot \Delta T$, где ν — количество газообразного вещества.

Чтобы найти изменение температуры газа, обратимся к первому закону термодинамики: $Q = \Delta U + A$. В нашем случае работа газа $A = 0$, поскольку объём газа не меняется, и изменение внутренней энергии газа равно количеству полученной им теплоты: $\Delta U = Q$.

Для идеального одноатомного газа имеем $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \cdot \Delta T$. Соотнеся это равенство с уравнением Менделеева — Клапейрона и равенством $\Delta U = Q$, находим

$$V \cdot \Delta p = \frac{2}{3}\Delta U = \frac{2}{3}Q, \quad \Delta p = \frac{2Q}{3V} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Следовательно, $S = \frac{100}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2.

Ответ: $S = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2.

25 **Возможное решение**

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи $R_0 = R_л + R = 10 + 15 = 25$ Ом, где $R_л$ — сопротивление лампы, R — сопротивление резистора.

2. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R_0 + r} = \frac{60}{25 + 5} = 2$ А. При этом напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = 2 \cdot 25 = 50$ В.

3. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2}{2} = 0{,}1 \text{ Дж}.$$

4. После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на последовательно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени Δt, прямо пропорционально сопротивлению, поскольку в любой момент времени сила тока i, протекающего через лампу и резистор, одна и та же:

$$\Delta Q_1 = i^2 R_л \Delta t,\ \Delta Q_2 = i^2 R \Delta t \Rightarrow \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{R}{R_л} = \text{const} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R}{R_л} \text{ и } W = Q_1 + Q_2.$$

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

$$Q_1 = \frac{WR_л}{R_л + R} = \frac{0{,}1 \cdot 10}{10 + 15} = 0{,}04 \text{ Дж} = 40 \text{ мДж}.$$

Ответ: $Q_1 = 40$ мДж.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me

26 **Возможное решение**

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Брусок движется поступательно, поэтому описываем его моделью материальной точки, как и пулю.

3. В ИСО изменение механической энергии тела равно работе всех приложенных к телу непотенциальных сил. При движении бруска вниз и вверх по наклонной плоскости на него действуют потенциальная сила тяжести и сила реакции опоры $\vec{N}$, перпендикулярная перемещению бруска (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы $\vec{N}$ при движении бруска по наклонной плоскости равна нулю. Следовательно, механическая энергия бруска при его движении до удара сохраняется. Аналогично сохраняется механическая энергия бруска и при его движении после удара.

4. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим параллельно движению бруска. Проекции на эту наклонную ось сил тяжести, действующих на брусок и на пулю, не равны нулю. Но надо учесть, что при столкновении бруска и пули импульс каждого из двух тел меняется на конечную величину, тогда как время столкновения мало. Следовательно, на каждое из двух тел в это время действовала огромная сила (это силы взаимодействия бруска и пули), по сравнению с которой сила тяжести ничтожна. Поэтому при столкновении тел силы тяжести не учитываем. Вследствие этого при описании столкновения бруска с пулей соблюдается закон сохранения импульса для системы тел «брусок + пуля».

Решение:

1. Найдём скорость v_1, которую брусок приобрёл, пройдя путь x. Используем закон сохранения механической энергии:

$$Mgx\sin\alpha = \frac{Mv_1^2}{2},\ v_1 = \sqrt{2gx\sin\alpha}. \qquad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M+m)v_2, \qquad (2)$$

где v — скорость пули, v_2 — скорость, которую приобретут тела после абсолютно неупругого удара.

3. По закону сохранения механической энергии бруска при его подъёме по наклонной плоскости на расстояние S

$$\frac{(M+m)v_2^2}{2} = (M+m)gS\sin\alpha,\quad v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \qquad (3)$$

4. Тогда $m = \dfrac{M\sqrt{2g\sin\alpha}(\sqrt{x}+\sqrt{S})}{v - \sqrt{2gS\sin\alpha}} = \dfrac{0{,}25\sqrt{2\cdot 10\cdot\sin 30^\circ}(\sqrt{3{,}6}+\sqrt{2{,}5})}{555 - \sqrt{2\cdot 10\cdot 2{,}5\cdot\sin 30^\circ}} = 0{,}005$ кг.

Ответ: $m = 5$ г.

© ООО «Издательство «Национальное образование»

sbor25.me