

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 30 заданий.

В заданиях 1–3, 7–9, 12–14 и 18 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: -2,5 м/с². - 2 , 5

Ответом к заданиям 4–6, 10, 15–17, 20, 21 и 23 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

 4 1

Ответом к заданию 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1 , 4 0 , 2

Ответ к заданиям 24–30 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

Желаем успеха!

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	π = 3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²
гравитационная постоянная	G = 6,7 · 10 ⁻¹¹ Н · м ² /кг ²
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль · К)
постоянная Больцмана	k = 1,38 · 10 ⁻²³ Дж/К
постоянная Авогадро	N _А = 6 · 10 ²³ моль ⁻¹
скорость света в вакууме	c = 3 · 10 ⁸ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	k = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ = 9 · 10 ⁹ Н · м ² /Кл ²
модуль заряда электрона	e = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Кл
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	h = 6,6 · 10 ⁻³⁴ Дж · с

Соотношения между различными единицами

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

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

воды	4,2 · 10 ³ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 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°C

Молярная масса

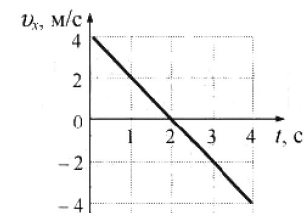
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 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

На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости прямолинейно движущегося тела от времени t . Какова проекция a_x ускорения тела в интервале времени от 2 до 4 с?



Ответ: _____ м/с².

2

Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. У первой из них радиус орбиты вдвое меньше, чем у второй.

Каково отношение $\frac{F_1}{F_2}$ сил притяжения первой и второй планет к звезде?

Ответ: _____.

3

Смещение груза пружинного маятника от положения равновесия меняется с течением времени по закону $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период $T = 1$ с. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, потенциальная энергия пружины маятника достигнет минимального значения?

Ответ: _____ с.

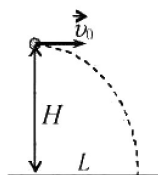
- 4 В таблице приведены зависимости координат x_1 , x_2 , x_3 трёх небольших одинаковых тел от времени t . Все тела движутся вдоль оси Ox инерциальной системы отсчёта. Каждое из тел имеет массу 100 г. На основании данных, приведённых в таблице, выберите все верные утверждения о движении тел.

t , с	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1 , м	0	1	4	9	16	25	36	49
x_2 , м	2	4	6	8	10	12	14	16
x_3 , м	1	1,5	3	5,5	9	13,5	19	25,5

- 1) Тело 3 движется с постоянной скоростью.
- 2) В момент времени 3 с импульс тела 2 равен 0,8 кг·м/с.
- 3) В момент времени 2 с кинетическая энергия тела 1 равна 1,6 Дж.
- 4) Ускорение тела 1 равно 2 м/с².
- 5) Равнодействующая сила, действующая на тело 2, в момент времени 6 с равна нулю.

Ответ: _____.

- 5 С балкона третьего этажа, находящегося на высоте H , горизонтально бросили мяч с начальной скоростью $\vec{v}_0$. Мяч за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта и ускорением мяча, если мяч при неизменной начальной скорости бросить с балкона пятого этажа? 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.

Время полёта	Ускорение мяча

- 6 Шайба съезжает без трения из состояния покоя с вершины горки. Ускорение свободного падения равно g . На вершине горки потенциальная энергия шайбы равна E_n , а модуль её импульса у подножия горки равен p . Каковы масса и скорость шайбы у подножия горки? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) масса шайбы
Б) скорость шайбы у подножия горки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{2E_n}{p}$
- 2) $\frac{2E_n^2}{p^2}$
- 3) $\frac{gp^2}{2E_n}$
- 4) $\frac{p^2}{2E_n}$

Ответ:

А	Б

- 7 Газ в сосуде сжали, увеличив концентрацию молекул газа в 5 раз. Давление газа при этом снизилось в 2 раза. Во сколько раз снизилась при этом абсолютная температура газа?

Ответ: в _____ раз(а).

- 8 На рисунке показан опыт, демонстрирующий возможность кипения воды при температуре ниже 100 °С. Пользуясь таблицей зависимости давления насыщенных паров воды от температуры, оцените давление в колбе, при котором закипела вода, если температура воды равнялась 80 °С.

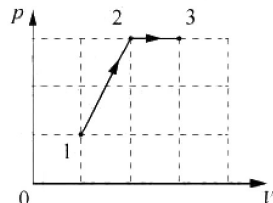
t , °С	0	10	20	40	60	80	100	120
p , мм рт. ст.	5	9	17	55	149	355	760	1500



Ответ: _____ мм рт. ст.

9

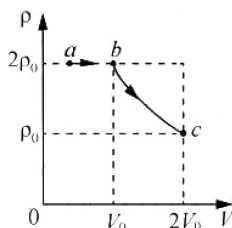
На pV -диаграмме (см. рисунок) показано, как изменялось давление газа при его переходе из состояния 1 в состояние 3. Каково отношение $\frac{A_{23}}{A_{12}}$ работ газа на отрезках 2–3 и 1–2?



Ответ: _____.

10

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре провели процесс $a \rightarrow b \rightarrow c$. Зависимость плотности пара от объёма представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно проведённого процесса.



- 1) В точке a водяной пар является ненасыщенным.
- 2) В процессе $b \rightarrow c$ внутренняя энергия пара уменьшается.
- 3) В процессе $a \rightarrow b$ к веществу в сосуде подводится положительное количество теплоты.
- 4) В процессе $b \rightarrow c$ масса пара уменьшается.
- 5) В процессе $a \rightarrow b$ внутренняя энергия капли воды уменьшается.

Ответ: _____.

11

Постоянная масса одноатомного идеального газа в изохорном процессе получает от нагревателя количество теплоты $Q > 0$. Как меняются в этом процессе давление и внутренняя энергия газа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

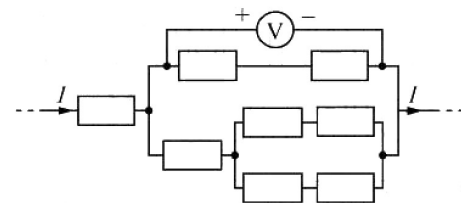
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Давление газа	Внутренняя энергия газа

12

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением, равным 1 Ом, соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток $I = 4$ А (см. рисунок). Какое напряжение показывает вольтметр? Вольтметр считать идеальным.



Ответ: _____ В.

13

Два прямолинейных проводника помещены в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Длина первого проводника равна L , по нему протекает ток I . Длина второго проводника равна $0,5L$, по нему протекает ток $2I$. Чему равно отношение $\frac{F_2}{F_1}$ модулей сил Ампера, действующих на проводники?

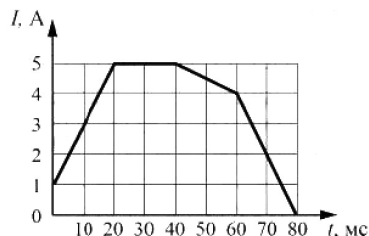
Ответ: _____.

14

Период свободных колебаний тока в идеальном колебательном контуре равен 2 мкс. В некоторый момент энергия электрического поля в конденсаторе достигает максимума. Через какое минимальное время после этого достигнет максимума энергия магнитного поля в катушке?

Ответ: _____ мкс.

- 15 В катушке индуктивностью 4 мГн сила тока I зависит от времени t , как показано на графике, изображённом на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о процессах, происходящих в катушке.



- В момент времени 10 мс энергия магнитного поля катушки была равна 18 мДж.
- Модуль ЭДС самоиндукции в катушке минимален в интервале времени от 40 до 60 мс.
- Модуль ЭДС самоиндукции в катушке в промежутке времени от 60 до 80 мс равен 0,8 В.
- Магнитный поток через катушку в момент времени 30 мс равен 20 мВб.
- В промежутке времени от 20 до 40 мс магнитный поток через катушку возрастает.

Ответ: _____.

- 16 Светящаяся лампочка расположена на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Лампочку начинают удалять от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

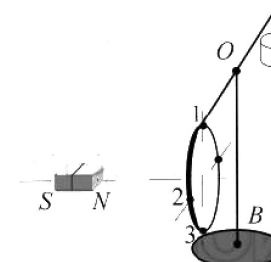
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- увеличивается
- уменьшается
- не изменяется

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

Расстояние от линзы до изображения	Оптическая сила линзы

- 17 Медное кольцо на горизонтальном коромысле способно поворачиваться вокруг вертикальной оси OB (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 наблюдателю 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	ПОВОРОТ КОРОМЫСЛА И ТОК В КОЛЬЦЕ
А) движется по направлению от кольца	1) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 1→2→3.
Б) движется по направлению к кольцу	2) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 3→2→1.
	3) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению 1→2→3.
	4) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению 3→2→1.

Ответ:

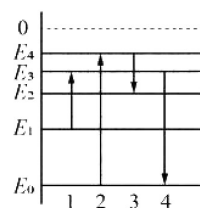
А	Б

- 18 В результате цепной реакции деления урана ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_Z^AX + {}_{38}^{94}\text{Sr} + 2{}_0^1\text{n}$ образуются ядро стронция и ядро химического элемента ${}_Z^AX$. Каков заряд Z (в единицах элементарного заряда) образовавшегося ядра?

Ответ: _____.

19

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 кванта света с наибольшей длиной волны и излучением кванта света с наименьшей энергией?



Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, обозначающими 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 кванта света с наибольшей длиной волны
Б) излучение кванта света с наименьшей энергией

- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Ответ:

А	Б

20

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

- 1) При прямолинейном движении вектор ускорения всегда направлен в ту же сторону, что и вектор перемещения.
- 2) Изобарным называют процесс, происходящий с газом при неизменной температуре.
- 3) Ориентация магнитной стрелки в пространстве какой-либо планеты свидетельствует о наличии у этой планеты магнитного поля.
- 4) Если в точке пространства разность хода двух когерентных волн от синфазных источников равна чётному числу длин полуволн, то в этой точке наблюдается максимум интерференции.
- 5) Массовое число ядра равно массе всех протонов в ядре.

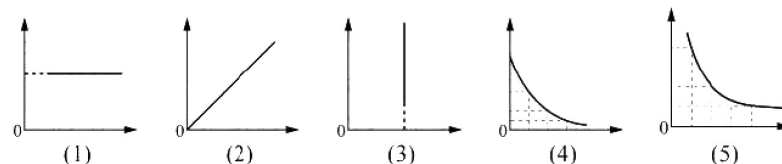
Ответ: _____.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость относительной влажности воздуха при данной температуре от парциального давления водяного пара;
Б) зависимость ёмкости плоского конденсатора с площадью пластин S от расстояния между пластинами;
В) зависимость импульса фотона от частоты.

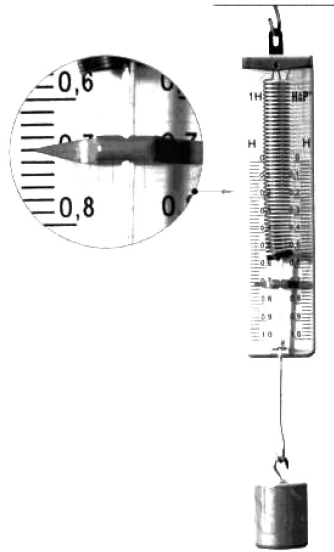
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

- 22 Определите показания динамометра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.



Ответ: (_____ $\pm$ _____) Н.

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

- 23 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 выявить зависимость периода свободных колебаний напряжения на конденсаторе от индуктивности катушки?

№ контура	Максимальная сила тока в контуре, мА	Ёмкость конденсатора C , мкФ	Индуктивность катушки L , мГн
1	4	4	12
2	6	2	10
3	8	6	14
4	4	6	12
5	6	2	15

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

Ответ:

--	--

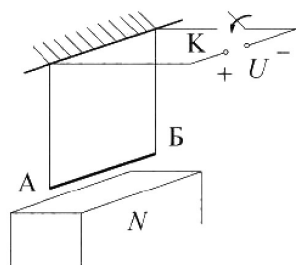


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

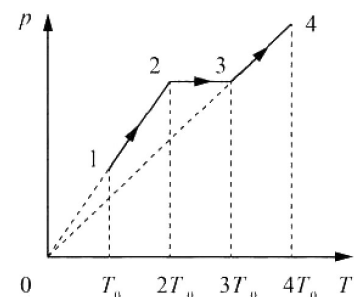
- 24 Медный стержень AB подвешен на тонких проводящих проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения U . Под стержнем находится северный полюс постоянного магнита (см. рисунок). В какую сторону начнёт двигаться стержень сразу после замыкания ключа K ? Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, почему это произойдёт. Считать, что магнитное поле вблизи постоянного магнита однородное.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.

- 25 Два велосипедиста стартуют одновременно по велодорожке в одном направлении, причём в момент старта второй находится позади первого на расстоянии 9 м от него. После старта они движутся прямолинейно и равноускоренно в одном направлении. Ускорение первого составляет 1 м/с^2 , второго равно 3 м/с^2 . Найдите время, через которое второй велосипедист догонит первого.
- 26 Собирающая линза даёт мнимое, увеличенное в 5 раз изображение предмета, которое находится на расстоянии 20 см от линзы. Постройте изображение предмета в линзе. Определите фокусное расстояние линзы.

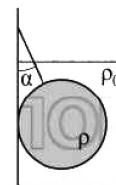
- 27 Один моль идеального одноатомного газа участвует в процессе 1–2–3–4, показанном на pT -диаграмме. Во сколько раз количество теплоты, полученное газом в процессе 1–2–3–4, больше работы газа в этом процессе?



- 28 В однородном электрическом поле, напряжённость которого 100 кВ/м , колеблется маленький металлический шарик, подвешенный на нити длиной 25 см. Период малых колебаний шарика составляет $0,314 \text{ с}$. Чему равна масса шарика, если его заряд $+40 \text{ нКл}$, а вектор напряжённости поля направлен вниз? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.

- 29 Мощность атомной электростанции равна 1000 МВт , а ее КПД составляет 20%. Сколько граммов $^{235}_{92}\text{U}$ расходуется на электростанции за сутки, если при расщеплении одного ядра выделяется энергия 200 МэВ ? Молярная масса урана-235 равна $0,235 \text{ кг/моль}$.

- 30 Железный шар массой 2 кг подвешен на нити и полностью погружён в керосин (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Определите силу, с которой шар действует на стенку. Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на шар. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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