Ответы: ЕГЭ по Физике

1	4
2	2
3	9
4	145
5	32
6	43
7	450
8	1,3
9	100
10	14
11	12
12	4
13	0,4
14	200000
15	13
16	21
17	32
18	1 0

19 31

20 234

21 245

22 (7,0 ± 0,2)

23 35

24 **Возможное решение**

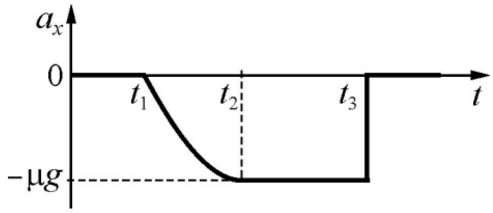
1. Поскольку сначала стержень скользит по гладкой половине стола, на него вдоль оси OX не действуют никакие силы. Поэтому, в соответствии со вторым законом Ньютона, при $0 \le t \le t_1$ проекция a_x ускорения стержня на ось OX равна нулю.

2. В момент времени $t = t_1$ конец стержня пересекает границу AB. Начиная с этого момента, на стержень массой m и длиной L начинает действовать сила трения, направленная противоположно оси OX. Пусть границу AB пересекла часть стержня длиной $0 \le x \le L$. Так как стержень однородный, то можно считать, что сила реакции стола равномерно распределена вдоль стержня. Сила сухого трения скольжения действует только на ту часть стержня, которая пересекла AB. Поэтому по закону Амонтона-Кулона проекция указанной силы трения на ось OX в этот момент равна $F_x = -\mu\Delta mg$, где Δm – масса части стержня длиной x, g – модуль ускорения свободного падения. По второму закону Ньютона $a_x = F_x/m = -\mu g\cdot\Delta m/m$. Поскольку $\Delta m/m = x/L$, то $a_x = -(\mu g/L)x$.

3. Получено уравнение гармонических колебаний. Следовательно, в процессе пересечения стержнем границы AB величина x возрастает с течением времени t по гармоническому закону: $x(t) = x_0 \sin\omega(t - t_1)$, где $\omega = \sqrt{\mu g / L}$, а коэффициент x_0 – некоторая положительная амплитуда. Поэтому при $t_1 \le t \le t_2$ проекция ускорения стержня на ось OX равна $a_x = -\omega^2 x(t) = -\omega^2 x_0 \sin\omega(t - t_1)$.

4. В момент времени $t = t_2$, превышающий t_1 на четверть периода полученных гармонических «колебаний», стержень целиком окажется на шероховатой половине стола. В этот момент проекция силы трения на ось OX станет равна $F_x = -\mu mg$, а проекция ускорения стержня будет максимальной по модулю и равной $a_{\max} = -\omega^2 x_0 = -\mu g$. Далее до остановки стержня, то есть в течение времени $t_2 \le t \le t_3$, проекция силы трения на ось OX будет постоянна. Поэтому проекция ускорения стержня на ось OX не будет изменяться, то есть он будет двигаться равнозамедленно до своей остановки.

5. После остановки стержня при $t = t_3$ сила трения станет равной нулю, и вместе с ней скачком обратится в ноль проекция ускорения a_x. График зависимости проекции ускорения a_x стержня на ось OX от времени t изображён на рисунке.



25 **Возможное решение**

Участки графика 1–2 и 3–4 — изобарные процессы, причем изменение объёмов на обоих участках одинаковое. Работа газа при изобарном процессе находится по формуле $A = p \cdot \Delta V$. Так как по модулю работы отличаются в 3 раза, то и давления так же отличаются в 3 раза. На участке 2–3 происходит изохорный процесс, следовательно, газ работу не совершает. По первому закону термодинамики $Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$. При изохорном процессе $\frac{p}{T} = const$. Значит, при увеличении давления в 3 раза температура увеличится так же в 3 раза, т. е. $T_3 = 3T_2$. Таким образом, $Q_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R(3T_2 - T_2) = 3\nu RT_2 =$
$= 3 \cdot 0,2 \cdot 8,31 \cdot 300 \approx 1496$ Дж. Полученное количество теплоты на участке 2–3 равно 1496 Дж.

26 **Возможное решение**

При замкнутом ключе общее сопротивление цепи равно $R_{общ} = \frac{R_2}{2} + R_1 = 2,5$ Ом. По закону Ома для полной цепи сила тока равна $I = \frac{\mathscr{E}}{R_{общ} + r} = \frac{7}{3,5} = 2$ А. По закону Ома для участка цепи напряжение на участке, к которому параллельно присоединен вольтметр равно $U = I \cdot R_{общ} = 2 \cdot 2,5 = 5$ В.

При разомкнутом ключе в цепи будет последовательное соединение двух резисторов, общее сопротивление которых равно $R_{общ} = R_1 + R_2 = 4$ Ом. Сила тока по закону Ома для полной цепи равна $I = \frac{\mathscr{E}}{R_{общ} + r} = \frac{7}{5} = 1,4$ А. Напряжение находим по закону Ома для участка цепи $U = I \cdot R_{общ} = 1,4 \cdot 4 = 5,6$ В. Отсюда следует, что напряжение увеличилось на 0,6 В.

Ответ: 0,6.

27 **Возможное решение**

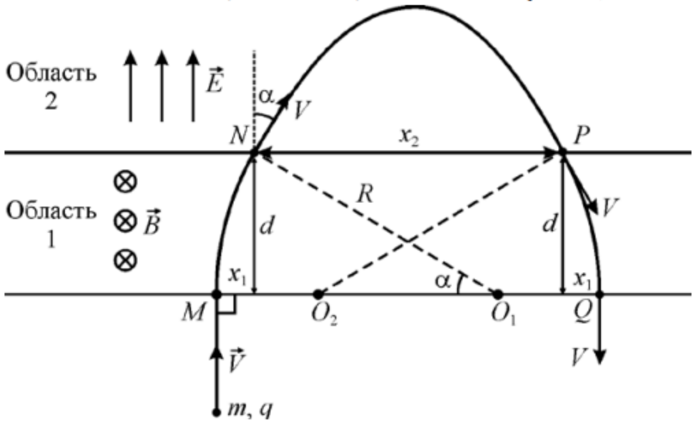
1. Вначале подсчитаем, какое количество теплоты Q выделится в результате неупругого столкновения свинцовой пули с медной сферой и льдом внутри неё и пойдёт в дальнейшем на плавление льда и нагревание всей системы.
2. По закону сохранения проекции импульса на направление полёта пули имеем: $m_1 v = (m_1 + m_2 + m_3)V$, откуда скорость системы «сфера + лёд + пуля» после соударения будет равна $V = m_1 v/(m_1 + m_2 + m_3)$.
3. Количество теплоты Q равно разности кинетических энергий системы до и после столкновения: $Q = m_1 v^2/2 - (m_1 v^2/2)\cdot m_1/(m_1 + m_2 + m_3) =$ $= (m_1 v^2/2)\cdot(m_2 + m_3)/(m_1 + m_2 + m_3) \approx 1202$ Дж.
4. Сравним это Q с количеством теплоты, необходимым для плавления массы $m_3 = 50$ г льда: $Q_{пл} = \lambda m_3 = 3{,}3\cdot 10^5\cdot 0{,}05 = 16{,}5\cdot 10^3$ Дж, что на порядок больше Q – поэтому весь лёд не растает, и не поможет небольшая добавка теплоты q за счёт охлаждения пули на 100 °С (удельная теплоёмкость свинца c равна 130 Дж/(кг·К): $q = cm_1\Delta T$ = $130\cdot 0{,}01\cdot 100 = 130$ Дж.
5. Таким образом, в системе установится температура $t_3 = 0$ °С.

Ответ: в системе установится температура $t_3 = 0$ °С

28 **Возможное решение**

1) После попадания в область 1 частица будет двигаться в ней под действием силы Лоренца с постоянной по модулю скоростью V по дуге окружности с центром O_1. Радиус R этой окружности можно найти из второго закона Ньютона: $\frac{mV^2}{R} = |q|VB$, откуда $R = \frac{mV}{|q|B}$. Для определения направления силы Лоренца используем правило левой руки.

2) К моменту пересечения частицей границ областей 1 и 2 (точка N) вектор скорости частицы повернется – она вылетит из области 1 под углом α, причём $\sin\alpha = \frac{|q|Bd}{mV} = \frac{2\cdot 10^{-8}\ \text{Кл}\cdot 2\ \text{Тл}\cdot 0{,}2\ \text{м}}{8\cdot 10^{-10}\ \text{кг}\cdot 20\ \text{м/с}} = \frac{1}{2}$. Смещение частицы вдоль границы областей 1 и 2 к этому моменту составит $x_1 = R(1-\cos\alpha)$.



3) В области 2 частица будет двигаться в направлении поперек линий электрического поля с постоянной скоростью $V\sin\alpha$, а вдоль линий этого поля – равнозамедленно с ускорением $a = \frac{|q|E}{m}$. Поэтому частица, двигаясь по параболе, сместится вдоль границы областей 1 и 2 на расстояние $x_2 = \frac{2V^2\sin\alpha\cos\alpha}{a}$, после чего влетит в точке P обратно в область 1 под тем же углом α и с той же скоростью V.

4) Следовательно, в области 1 частица будет двигаться в обратном направлении снова вдоль дуги окружности радиусом R. Из соображений симметрии ясно, что при этом частица, долетев до точки Q, сместится вдоль границы областей 1 и 2 опять на расстояние x_1.

5) Полное смещение MQ частицы вдоль границы областей 1 и 2 составит

$$x = 2x_1 + x_2 = 2R(1-\cos\alpha) + \frac{2V^2\sin\alpha\cos\alpha}{a} =$$

$$= \frac{2mV}{|q|}\left(\frac{1}{B} + \cos\alpha\left(\frac{V\sin\alpha}{E} - \frac{1}{B}\right)\right).$$

Подставляя численные значения, получим ответ:

$$x = \frac{2\cdot 8\cdot 10^{-10}\ \text{кг}\cdot 20\ \text{м/с}}{2\cdot 10^{-8}\ \text{Кл}}\left(\frac{1}{2\ \text{Тл}} + \frac{\sqrt{3}}{2}\left(\frac{20\ \text{м/с}\cdot 0{,}5}{20\ \text{В/м}} - \frac{1}{2\ \text{Тл}}\right)\right) = 0{,}8\ \text{м}.$$

Ответ: $x = \frac{2mV}{q}\left(\frac{1}{B} + \cos\alpha\left(\frac{V\sin\alpha}{E} - \frac{1}{B}\right)\right) = 0{,}8$ м

29 **Возможное решение**

1. Если во время снегопада смотреть вдаль, то снежинки будут перекрывать «луч зрения». Если для любого направления в этот луч длиной L попадает хотя бы одна снежинка, то дальше расположенные предметы уже не будут видны.
2. Объём, приходящийся в данном случае на одну снежинку с поперечным сечением $s_1 = \pi d^2/4 \approx 7{,}854 \cdot 10^{-5}$ м^2, очевидно, равен $V_1 = s_1 L$, а в единице объёма 1 м^3 находится $1/V_1 = n$ снежинок – это их концентрация.
3. Поэтому для нахождения L надо найти концентрацию снежинок в воздухе во время снегопада. Снежинки падают со скоростью $v = h_1/t_1 = 2$ м/с и за время $t_2 = 3$ с проходят расстояние $h = vt_2 = 6$ м и попадают на фанерку.
4. Таким образом, в объёме $V = Sh = 3$ м^3 единовременно находятся $N = 50$ снежинок, и их концентрация $n = N/V \approx 16{,}7$ м$^{-3}$.
5. Окончательно получаем: $L = 1/(ns_1) = 4h_1t_2S/(\pi d^2 N t_1) \approx 764$ м ≈ 760 м.

Ответ: $L = 4h_1t_2S/(\pi d^2 N t_1) \approx 760$ м

30

Возможное решение

Обоснование

Будем считать нашу систему отсчёта инерциальной, все тела в ней – неподвижными, стержень жёстким, а тела – не касающимися стенок и дна сосудов. При таких предположениях можно пользоваться законами статики – в частности, выражениями для моментов сил относительно оси вращения, условиями равновесия твёрдого тела в ИСО, а также законом Архимеда. Поскольку нити невесомые, можно считать, что силы натяжения вдоль них не меняются.

Решение

1. Введём инерциальную систему отсчёта, в которой будем рассматривать проекции всех сил на вертикальную ось, поскольку сил, направленных по горизонтали, нет.
2. Стержень в обоих случаях неподвижен, поэтому моменты сил T натяжения нитей слева и справа от точки опоры направлены противоположно и одинаковы: $T_1 \cdot l/3 = T_2 \cdot 2l/3$, откуда следует, что в обоих случаях $T_1 = 2T_2$.
3. На каждый груз по вертикали действует вниз сила тяжести mg (здесь $m = \rho V$ – масса груза, V – его объём), а вверх – T, к которой во втором случае добавляется по закону Архимеда выталкивающая сила $F_{\text{Арх}} = \rho_{ж} gV$ (здесь $\rho_{ж}$ – плотность воды $\rho_{в}$ или керосина $\rho_{к}$).
4. Условия равновесия для каждого из грузов в первом случае имеют вид: $T_1 = m_1 g = \rho_1 g V_1$, $T_2 = m_2 g = \rho_2 g V_2$, откуда с учётом связи $T_1 = 2T_2$ получаем $\rho_1 V_1 = 2\rho_2 V_2$, или $V_1/2V_2 = \rho_2/\rho_1$.
5. Во втором случае с учётом связи изменившихся сил натяжения нитей $T_1' = 2T_2'$ аналогично получаем:

$$T_1' = m_1 g - F_{\text{Арх}1} = \rho_1 g V_1 - \rho_{в} g V_1 = (\rho_1 - \rho_{в}) g V_1,$$
$$T_2' = m_2 g - F_{\text{Арх}2} = \rho_2 g V_2 - \rho_{к} g V_2 = (\rho_2 - \rho_{к}) g V_2,$$

откуда $(\rho_1 - \rho_{в})V_1 = 2(\rho_2 - \rho_{к})V_2$.

6. Вычитая из предпоследнего соотношения, полученного в пункте 4, аналогичное соотношение из пункта 5, имеем:

$$\rho_{в} V_1 = 2\rho_{к} V_2, \text{ откуда } V_1/2V_2 = \rho_{к}/\rho_{в} = \rho_2/\rho_1.$$

7. Подставляя табличные значения $\rho_{в} = 1000$ кг/м^3 и $\rho_{к} = 800$ кг/м^3, окончательно получаем: $\rho_2/\rho_1 = 800/1000 = 0{,}8$.

Ответ: $\rho_2/\rho_1 = \rho_{к}/\rho_{в} = 0{,}8$