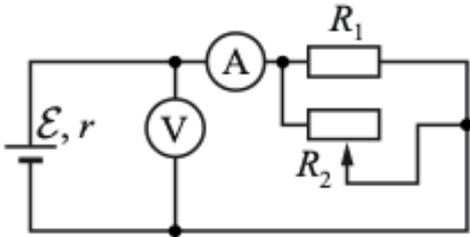


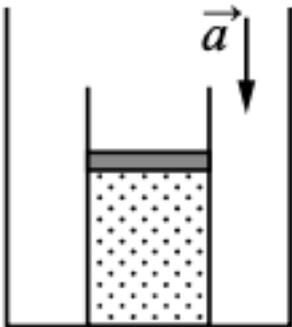
Тренировочные задания для подготовки к Промежуточной аттестации

Все задачи приведены с ответами и решениями.

1. На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата и измерительных приборов – идеального амперметра и идеального вольтметра. Как будут изменяться показания приборов при перемещении движка реостата **влево**? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

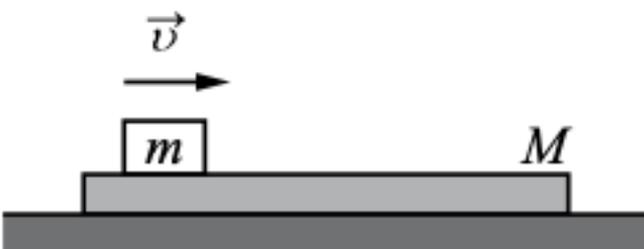


2. На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.

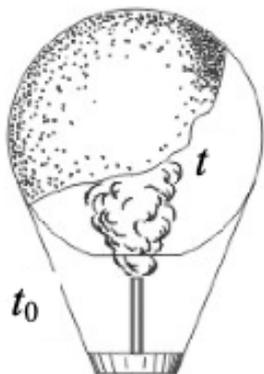


3. На краю стола высотой $h = 1,25$ м лежит пластилиновый шарик массой $m = 100$ г. На него со стороны стола налетает по горизонтали другой пластилиновый шарик, имеющий скорость $v = 0,9$ м/с. Какой должна быть масса второго шарика, чтобы точка приземления шариков на пол была дальше от стола, чем заданное расстояние $L = 0,3$ м? (Удар считать центральным.) **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

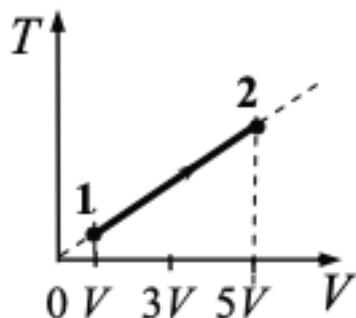
4. На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой $M = 2$ кг. По доске скользит шайба массой m . Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2$ м/с, а доска покоится. В момент $\tau = 0,8$ с шайба перестаёт скользить по доске. Чему равна масса шайбы m ? **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



5. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



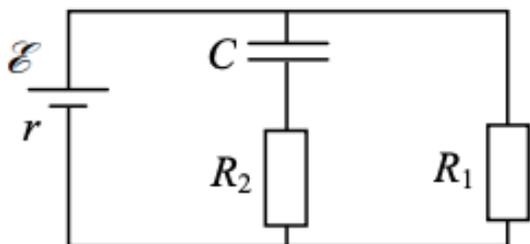
6. На рисунке изображено изменение состояния 1 моль неона. Начальная температура газа 0°С. Какое количество теплоты сообщено газу в этом процессе?



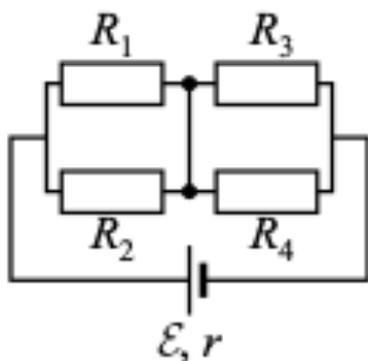
7. В калориметре находился 1 кг льда. Какой была температура льда, если после добавления в калориметр 15 г воды, имеющей температуру 20 °С, в калориметре установилось тепловое равновесие при -2 °С? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

8. В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня равно L . Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см². В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 1,65$ кДж, а поршень сдвинулся на расстояние $x = 10$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н. Найдите L . Считать, что сосуд находится в вакууме.

9. Чему равна напряжённость электрического поля внутри плоского конденсатора (см. рисунок), если внутреннее сопротивление источника тока $r = 10$ Ом, ЭДС его равна $\mathcal{E} = 30$ В, сопротивление резисторов $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 40$ Ом? Расстояние между обкладками конденсатора $d = 1$ мм.



10. Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе R_1 в схеме, изображённой на рисунке, если резистор R_2 перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление $R = 20$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 2$ Ом; его ЭДС $\mathcal{E} = 110$ В.



Ответы:

1. Напряжение, измеренное вольтметром, уменьшается, а сила тока через амперметр увеличивается.
2. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.
3. ≈ 200 г.
4. 0,5 кг.
5. ≈ 265 °С.
6. $\approx 22,7$ кДж.
7. ≈ -5 °С.
8. 0,3 м.
9. 20 кВ/м.
10. ≈ 236 Вт.

Решения:

1.

Возможное решение
1. По условию задачи сопротивлением амперметра можно пренебречь, а сопротивление вольтметра бесконечно велико. При перемещении движка влево сопротивление реостата R_2 уменьшается, что ведёт к уменьшению сопротивления R всей внешней цепи: $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.
2. В соответствии с законом Ома для полной цепи сила тока через амперметр увеличивается: $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$. Напряжение, измеряемое вольтметром, при этом уменьшается: $U = IR = \mathcal{E} - Ir$.
3. Ответ: напряжение, измеренное вольтметром, уменьшается, а сила тока через амперметр увеличивается

2.

Возможное решение
1. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.
2. Пусть масса поршня M , а площадь его основания S . Атмосферное давление над поршнем равно $p_{\text{атм}}$, первоначальное давление газа в сосуде равно p_1 . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии, $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$.
3. При движении лифта с ускорением \vec{a} , направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g - a)}{S} < p_1$. Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает работу $A > 0$.
4. Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.
5. Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт за собой понижение его температуры ($\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$)

3.

Возможное решение
В соответствии с законом сохранения импульса, $Mv = (m + M)V$.
Время падения тела массой $(m + M)$ с высоты h : $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.
За это время тело массой $(m + M)$ сместится по горизонтали на расстояние $L = Vt$.
Решая систему этих трёх уравнений, получим: $M = \frac{m}{\left(\frac{v}{L} \sqrt{\frac{2h}{g}} - 1\right)}$,
откуда получаем искомый результат: $M > \frac{m}{\left(\frac{v}{L} \sqrt{\frac{2h}{g}} - 1\right)} \approx 200 \text{ г.}$

4.

Возможное решение

1. Внешние силы, действующие на систему тел «доска – шайба», направлены по вертикали и в сумме равны нулю. Импульс системы тел «доска – шайба» относительно Земли сохраняется: $mv_0 = (M + m)v$,

где v – скорость шайбы и доски после того, как шайба перестала скользить по доске.

2. Сила трения, действующая на доску со стороны шайбы, постоянна:

$$F_{\text{тр}} = \mu mg.$$

Под действием этой силы доска движется с ускорением $a = \mu \frac{m}{M} g$

и достигает скорости v за время $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M + m)}$.

$$\text{Отсюда: } m = M \left(\frac{v_0}{\mu g \tau} - 1 \right) = 2 \left(\frac{2}{0,2 \cdot 10 \cdot 0,8} - 1 \right) = 0,5 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 0,5$ кг

5.

Возможное решение

Условие подъема шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$,

где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки, отсюда

$$\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V,$$

где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объем шара.

Для воздуха внутри шара находим: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p – атмосферное

давление, T – температура воздуха внутри шара. Соответственно, имеем плотность воздуха снаружи: $\rho_0 = \frac{p_0 \mu}{RT_0}$, где T_0 – температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$$

$$T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ \text{C}.$$

6.

Возможное решение

Процесс 1–2 – изобара. Поэтому уравнение Клапейрона-Менделеева для крайних состояний имеет вид

$$\text{в состоянии 1: } pV = \nu RT_1,$$

$$\text{в состоянии 2: } p \cdot 5V = \nu RT_2.$$

$$\text{Отсюда } T_2 = 5T_1.$$

Количество теплоты, получаемое системой во время изобарного процесса,

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 10 \nu R T_1 \approx 22,7 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: $Q_{12} \approx 22,7$ кДж.

7.

Возможное решение

Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры t : $Q = c_1 m_1 (t - t_1)$. (1)

Количество теплоты, отдаваемое водой при охлаждении ее до 0°C :

$$Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - 0). \quad (2)$$

Количество теплоты, выделяющейся при отвердевании воды при 0°C :

$$Q_2 = \lambda m_2. \quad (3)$$

Количество теплоты, выделяющейся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры t : $Q_3 = c_1 m_2 (0 - t)$. (4)

Уравнение теплового баланса: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$. (5)

Объединяя формулы (1)–(5), получаем

$$t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ\text{C}.$$

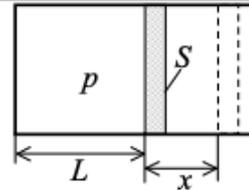
Ответ: $t_1 \approx -5^\circ\text{C}$.

8.

Возможное решение

1) Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга: $p_2 S = F_{\text{тр}}$,

$$\text{откуда } p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 12 \cdot 10^5 \text{ Па} > p_1.$$



2) Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2 . В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{12} . Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объем газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{23} .

3) В процессе нагревания, в соответствии с первым началом термодинамики, газ получит количество теплоты:

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 S x = (U_3 - U_1) + F_{\text{тр}} x.$$

4) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 S L \quad \text{в начальном состоянии,}$$

$$U_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3 = \frac{3}{2} p_2 S (L + x) = \frac{3}{2} F_{\text{тр}} (L + x) \quad \text{в конечном состоянии.}$$

$$5) \text{ Из пп. 3, 4 получаем } L = \frac{Q - \frac{5}{2} F_{\text{тр}} x}{\frac{3}{2} (F_{\text{тр}} - p_1 S)}. \quad \text{Ответ: } L = 0,3 \text{ м.}$$

9. В этой задаче даётся только буквенный ответ: $E = \mathcal{E} R_1 / [(R_1 + r)d]$.

10.

Возможное решение

1. После перегорания резистора R_2 данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок). Тогда

сопротивление внешней цепи $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$.

2. По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме, $I = \frac{\mathcal{E}}{1,5R + r}$.

3. Сила тока, текущего через резистор R_1 , равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля – Ленца мощность, выделяющаяся на нём,

$$P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(1,5R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P \approx 236 \text{ Вт}$

