

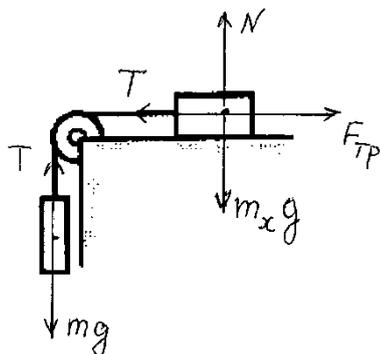
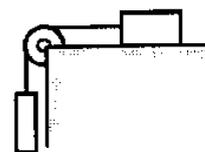
ПРАВИЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

первого (отборочного) этапа Республиканской школьной олимпиады «Будущее Республики» по общеобразовательному предмету «Физика»,
проведенного 30 января 2021 г.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

Задания первого тура Республиканской олимпиады 2021 года по физике

1. Какова масса лежащего на столе бруска (см. рисунок), если висящий груз массой 100 г опускается с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$? Коэффициент трения между бруском и столом принять равным 0,3. (15 баллов)



$$mg - T = ma$$

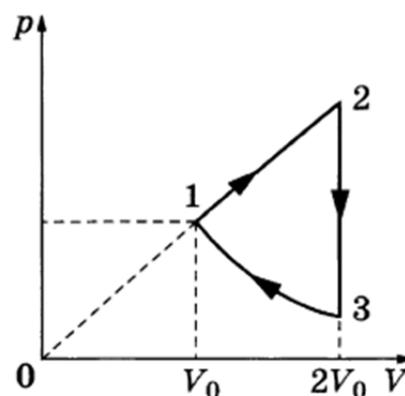
$$T - \mu m_x g = m_x a$$

Решая данную систему уравнений относительно неизвестной массы m_x , получаем

$$m_x = m \frac{g - a}{\mu g + a}$$

Подставляя числовые значения, получаем ответ:
 $m_x = 0,27 \text{ кг}$

2. Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1-2 газ совершает работу $A_{1-2} = 1000 \text{ Дж}$. Участок 3-1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{\text{холод}}| = 3370 \text{ Дж}$. Количество вещества в ходе процесса не меняется. Найти работу $|A_{3-1}|$ внешних сил на адиабате. (25 баллов)



Возможное решение. На участке 1-2 газ получает тепло

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + A_{1-2} = Q_{\text{нагрев}}$$

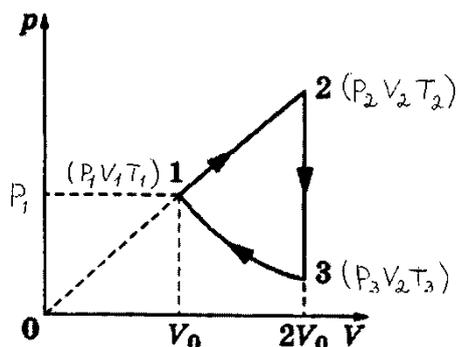
Участок 2-3 описывает изохорный процесс, следовательно, $A_{2-3} = 0$, т.к. $V = \text{const}$.

На этом участке газ отдаёт тепло

$$|Q_{2-3}| = (U_2 - U_3) = |Q_{\text{холод}}|$$

Участок 3-1 соответствует адиабатному процессу. Газ сжимается, внешние силы совершают работу по сжатию газа $|A_{3-1}| = (U_1 - U_3)$, т.к. при адиабатном процессе тепло не подводится.

Эту работу можно представить в виде



$$|A_{3-1}| = (U_2 - U_3) - (U_2 - U_1) = |Q_{\text{холод}}| - (U_2 - U_1).$$

Найдём $(U_2 - U_1)$:

$$(U_2 - U_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1).$$

Из треугольника на рисунке видно: $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1}$, из чего следует

$$P_2 = \frac{P_1}{V_1} V_2 = P_1 \frac{V_2}{V_0} = P_1 \frac{2V_0}{V_0} = 2P_1.$$

Тогда $(U_2 - U_1) = \frac{3}{2} (2P_1 2V_0 - P_1 V_0) = \frac{9}{2} P_1 V_0$

Воспользовавшись тем, что работу можно определить как площадь треугольника, получаем

$$|A_{1-2}| = \frac{(P_2 + P_1)}{2} V_0 = \frac{3}{2} P_1 V_0.$$

Сравнивая последние два выражения, получим $(U_2 - U_1) = 3|A_{1-2}|$.

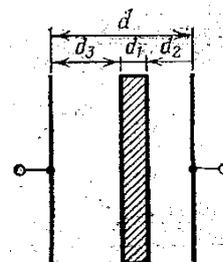
В итоге получаем:

$$|A_{3-1}| = |Q_{\text{холод}}| - (U_2 - U_1) = |Q_{\text{холод}}| - 3|A_{1-2}|.$$

Подставляя числовые данные, получим:

$$|A_{3-1}| = 3370 - 3 \cdot 1000 = 370 \text{ Дж}$$

3. В плоский воздушный конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними d вводится параллельно обкладкам диэлектрическая пластинка толщиной $d_1 < d$. Диэлектрическая проницаемость пластинки равна ϵ , площади обкладок и пластинки одинаковы и равны S . Найти ёмкость конденсатора с диэлектрической пластинкой. (20 баллов)

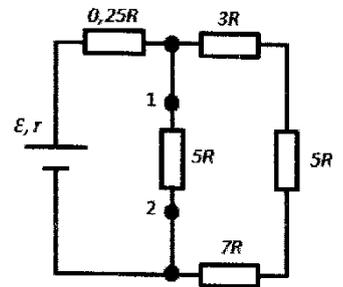


Возможное решение. Электроёмкость конденсатора с диэлектрической вкладкой можно найти, предположив, что на поверхности этой пластинки нанесены тонкие проводящие слои. В этом случае образуются три последовательно соединённых конденсатора с ёмкостями $C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}$, $C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$, $C_3 = \frac{\epsilon_0 S}{d_3}$, где d_2 и d_3 – расстояния между поверхностями диэлектрической пластинки и обкладками, причём $d_2 + d_3 = d - d_1$ (см. рис.). Общая ёмкость конденсатора C определяется из формулы

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{\varepsilon_0 S} \left(\frac{d_1}{\varepsilon} + d_2 + d_3 \right).$$

Отсюда $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\varepsilon d + d_1(1 - \varepsilon)}.$

4. Пять резисторов с известным сопротивлением соединены с цепь, как показано на рисунке. К концам участка подключают источник с ЭДС, равной ε . Сопротивление источника неизвестно. Сила тока на участке цепи между точками 1 и 2 равна $3I$. Чему равна сила тока короткого замыкания? (25 баллов)



Возможное решение. Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в каждом узле любой цепи, равна нулю. Для данной цепи справедливы следующие соотношения

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + I_3 \\ I_2(R_2 + R_3 + R_4) &= I_3 R_5 \\ I_3 &= \frac{(R_2 + R_3 + R_4)}{R_5} I_2 \end{aligned}$$

Подставляя имеющиеся в условии значения, получаем

$$3I = \frac{(R_2 + R_3 + R_4)}{R_5} I_2.$$

Таким образом

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{5R}{15R} 3I = I \\ I_1 &= 3I + I = 4I \end{aligned}$$

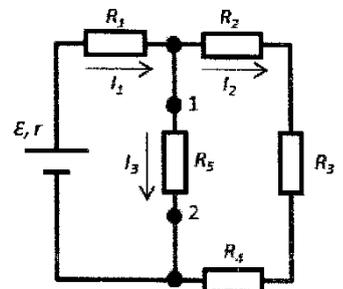
Запишем закон Ома для полной цепи: сила тока в замкнутой цепи равна ЭДС источника, делённой на общее сопротивление (внутреннее и внешнее)

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{внешнее}} + r}.$$

В указанной цепи имеем последовательно соединённую нагрузку R_1 с участком R_{2-5} (в свою очередь, параллельное соединение R_5 и R_{2-3}). Таким образом, сила тока в цепи равняется $4I$, а внешнее сопротивление

$$R_{\text{внешнее}} = R_1 + \frac{(R_2 + R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = 0,25R + \frac{(3R + 5R + 7R)5R}{3R + 5R + 7R + 5R} = 4R.$$

В итоге имеем $4I = \frac{\varepsilon}{4R + r}$, откуда



$$r = \frac{\varepsilon - 16IR}{4I} .$$

Короткое замыкание происходит при нулевом внешнем сопротивлении. Соответственно, сила тока короткого замыкания равна

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{4\varepsilon I}{\varepsilon - 16IR} .$$

5. Между полюсами магнита подвешен горизонтально на двух невесомых нитях прямой проводник длиной $\ell = 0,2$ м и массой $m = 10$ г. Индукция однородного магнитного поля $B = 49$ мТл и перпендикулярна к проводнику. На какой угол от вертикали отклонятся нити, поддерживающие проводник, если по нему пропустить ток 10 А? (15 баллов)

Возможное решение. На проводник действуют: силы натяжения двух проволок T , сила тяжести mg и сила Ампера $F = BI\ell$ со стороны магнитного поля (см. рисунок). При равновесии проводника суммы проекций сил (с учётом их знаков) на вертикальное и горизонтальное направления равны нулю:

$$mg - T \cos \alpha = 0$$

$$F - T \sin \alpha = 0$$

Отсюда $\text{tg } \alpha = F/mg = BI\ell/mg$. после подстановки числовых данных, получаем $\text{tg } \alpha = 1$, т.е. $\alpha = 45^\circ$.

