

9 класс

№7

Решение: Со стороны пружины на обойму и крюк действуют силы \vec{T}_2 и \vec{T}_1 , равные по модулю T . Значение T определяет показания динамометра. Согласно второму закону Ньютона,

$$Ma = T - F_2,$$

$$ma = F_1 - T$$

Следовательно, ускорение динамометра $a = \frac{F_1 - F_2}{M + m}$.

Динамометр будет показывать значение $T = \frac{MF_1 + mF_2}{M + m}$.

№8

Решение: Через амперметр, как зашунтированный, так и с подключенным добавочным сопротивлением, может течь только то силой I_A , не более, иначе он «сгорит». Если этот амперметр с добавочным сопротивлением подключить к участку с напряжением U , чтобы это напряжение измерить, то ток силой I_A должен течь и по добавочному сопротивлению $R_{д.с.}$ (см. рис.). При этом согласно закону Ома общее сопротивление амперметра R_A и добавочного сопротивления $R_{ш} + R_{д.с.} = \frac{U}{I_A}$, откуда $R_{д.с.} = \frac{U}{I_A} - R_A$. (1)

Таким образом, решение сводится к определению сопротивления амперметра R_A

Поскольку цена деления амперметра с шунтом увеличилась в N раз по сравнению с ценой деления амперметра без шунта, значит, этот амперметр смог измерять в N раз большую силу тока I по сравнению с силой тока I_A , которую он мог измерять без шунта, т.е. $N = \frac{I}{I_A}$.

Сопротивление шунта можно определить по формуле $R_{ш} = \frac{R_A}{N-1}$, откуда $R_A = R(N-1)$. (2)

Подставим (2) в (1), и задача будет решена:

Произведем вычисления:

$$R_{д.с.} = \frac{U}{I_A} - R_{ш}(N-1)$$

$$R_{д.с.} = \left(\frac{150}{10} - 1(10-1) \right) \text{ Ом} = 6 \text{ Ом}.$$

Решение: Чтобы можно было измерять вольтметром напряжения, большие, чем те, на которые он рассчитан, и прибор при этом не сгорел, к вольтметру последовательно подключают проводник, который называется добавочным сопротивлением $R_{д.с.}$. При этом часть измеряемого напряжения U «падает» на сам вольтметр, а часть – на добавочное сопротивление $R_{д.с.}$. Если вольтметра рассчитан на напряжение U_B , а с его помощью хотят измерить напряжение U , то на добавочное сопротивление «упадет» $U_{д.с.} = U - U_B$. Поскольку добавочное сопротивление $R_{д.с.}$ и вольтметр сопротивлением R_B соединены последовательно, то напряжения на них пропорциональны их сопротивлениям:

$$\frac{U_{д.с.}}{U_B} = \frac{R_{д.с.}}{R_B} \text{ или } \frac{U - U_B}{U_B} = \frac{R_{д.с.}}{R_B}. \quad (1)$$

Сопротивление проводника $R_{д.с.}$ связано с его длиной и сечением S соотношением $R_{д.с.} = \rho \frac{l}{S}$ (2), где ρ – удельное сопротивление проводника. Максимальное напряжение U_B , на которое рассчитан вольтметр без добавочного сопротивления, равно произведению его цены деления $U_{ц}$ и числа делений N шкалы прибора:

$$U_B = NU_{ц}. \quad (3) \quad -8 \text{ м}^2.$$

Подставим (2) и (3) в (1): $\frac{U - NU_{ц}}{NU_{ц}} = \frac{\rho l}{R_B S}$ или $\frac{U}{NU_{ц}} - 1 = \frac{\rho l}{R_B S}$.

Отсюда определим искомую длину проводника добавочного сопротивления l , поскольку остальные величины нам известны:

$$l = \frac{R_B S}{\rho} \left(\frac{U}{NU_{ц}} - 1 \right)$$

Переведем единицу площади поперечного сечения S в СИ: $0,01 \text{ мм}^2 = 1 \cdot 10^{-8}$

Подставим числа и произведем вычисления: $l = \frac{10 \cdot 1 \cdot 10^{-8}}{1 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{200}{150 \cdot 0,1} - 1 \right) \text{ м} = 12,3 \text{ м}.$

№10

Решение: Когда говорят о кабеле, сплетенном из разных жил одинаковой длины (или о сплаве), то подразумевают, что эти жилы соединены параллельно. При таком соединении напряжение U на кабеле равно произведению силы тока I в нем на его общее сопротивление $R_{общ}$: $U = IR_{общ}$. (1)

Таким образом, задача сводится к определению общего сопротивления кабеля. Обозначим общее сопротивление N_1 стальных жил $R_{общ1}$, а общее сопротивление N_2 медных жил $R_{общ2}$. Тогда, поскольку эти жилы соединены параллельно, общее сопротивление кабеля $R_{общ} = \frac{R_{общ1} R_{общ2}}{R_{общ1} + R_{общ2}}$

10.1

Где $R_{\text{общ}1} = \frac{R_1}{N_1}$ и $R_{\text{общ}2} = \frac{R_2}{N_2}$, ведь сопротивления R_1 всех стальных жил одинаковы, а также одинаковы сопротивления R_2 всех медных жил.

$$\text{Тогда } R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{N_1 N_2 \left(\frac{R_1}{N_1} + \frac{R_2}{N_2} \right)} = \frac{R_1 R_2}{N_1 N_2 \left(\frac{R_1 N_2 + R_2 N_1}{N_1 N_2} \right)} = \frac{R_1 R_2}{R_1 N_2 + R_2 N_1}$$

$$\text{Здесь } R_1 = \rho_1 \frac{l}{S_1} \text{ и } R_2 = \rho_2 \frac{l}{S_2}. \text{ С учетом этого получим } R_{\text{общ}} = \frac{\rho_1 l \rho_2 l}{S_1 S_2 \left(\rho_1 \frac{l}{S_1} N_2 + \rho_2 \frac{l}{S_2} N_1 \right)} =$$

$$\frac{\rho_1 \rho_2 l^2}{S_1 S_2 l \frac{\rho_1 N_2 S_2 + \rho_2 N_1 S_1}{S_1 S_2}} = \frac{\rho_1 \rho_2 l}{\rho_1 N_2 S_2 + \rho_2 N_1 S_1}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), мы ответим на вопрос задачи:

$$U = I \frac{\rho_1 \rho_2 l}{\rho_1 N_2 S_2 + \rho_2 N_1 S_1}$$

Переведем в СИ единицы величин:

$$0,4 \text{ мм}^2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2, 0,8 \text{ мм}^2 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2, 2 \text{ км} = 2 \cdot 10^3 \text{ м}.$$

$$\text{Произведем вычисления: } U = 0,2 \frac{1,2 \cdot 10^{-7} \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 8 \cdot 10^{-7} + 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-7}} \text{ В} = 0,16 \text{ В}$$

№11

Решение: На вопрос задачи можно ответить, вычислив либо объем, либо массу воды. Подберем дополнительные данные. При обычных условиях вода кипит при температуре $t_0 = 100^\circ\text{C}$. Найдем количество теплоты, которое было отдано опилками при остывании до температуры кипения воды. $Q_{\text{отд}} = c_{\text{п}} m_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_0)$;

$$Q_{\text{отд}} = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot (600^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C});$$

$$Q_{\text{отд}} = 70000 \text{ Дж}$$

Пренебрегая теплообменом с окружающей средой, предположим, что все тепло, отданное опилками, пошло на нагрев всей воды в бассейне и ее частичное испарение (идеализация явлений). Количество теплоты, которое необходимо для нагрева всей воды бассейна до $t_0 = 100^\circ\text{C}$, можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{пол}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_0 - t_{\text{в}});$$

Массу воды в бассейне найдем, зная, что плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

$$m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} \cdot V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м}^3 = 10^4 \text{ кг}.$$

$$\text{Тогда } Q_{\text{пол}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}),$$

$$Q_{\text{пол}} = 3150000000 \text{ Дж}.$$

11.1

Оказалось, что количество теплоты, которое могут отдать платиновые опилки при охлаждении, значительно меньше количества теплоты, необходимого для нагрева всей воды в бассейне до температуры, при которой начнется кипение. Однако известно, что если раскаленное тело поместить в воду, то часть воды непременно испарится. Для разрешения полученного противоречия еще раз уточним структуру модели, еще раз изучив условие задачи. Вспомним, что вода обладает плохой теплопроводностью, а платина – очень хорошей. Попробуем изменить модель задачной ситуации. Будем считать что нагревается и испаряется только та часть воды массой Δm_B , которая непосредственно контактирует с опилками. В этом случае:

$$Q_{\text{пол}} = c_B \Delta m_B (t_0 - t_B) + r \Delta m_B;$$

Из уравнения теплового баланса $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$ получим:

$$\Delta m_B = \frac{c_{\text{П}} m_{\text{П}} (t_{\text{П}} - t_0)}{c_B (t_0 - t_B) + r}$$
$$\Delta m_B = \frac{70000 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) + 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}$$
$$\Delta m_B \approx 0,027 \text{ кг.}$$

№12

Решение: Связь между линейным и угловым расстояниями можно изобразить на рисунке. Учитывая геометрические соотношения, можно записать, что $D = 2L \sin \frac{\alpha}{2}$.

Так как угол α мал, то $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$ (если величина угла выражена в радианах).

Учитывая, что 2π радиан = $360^\circ = 360 \cdot 60'$, получим что $D = L \frac{\alpha' \cdot 2\pi}{360 \cdot 60'} \approx 0,2$ мм.

Значит цену деления шкалы измерительной линейки можно сделать в 5 раз меньше одного миллиметра. Учитывая, что данное значение справедливо лишь при хорошей освещенности, при меньшей освещенности предел углового разрешения глаза уменьшается. Поэтому расстояние в 1 мм можно считать оптимальным для практического использования измерительной линейки.