



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2023/24 г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
ФИЗИКА
9 класс

Ключи ответов и критерии оценивания

Задача 1. «Торможение» (10 баллов)

Поезд тормозит с постоянным ускорением до полной остановки. Тормозной путь составил $S = 100$ м, а скорость на середине тормозного пути была $v = 20$ м/с. Сколько времени продолжалось торможение поезда?

Возможное решение. Запишем кинематические уравнения для середины пути и всего пути:

$$\frac{S}{2} = \frac{v^2 - v_0^2}{-2a}; \quad S = \frac{0 - v_0^2}{-2a}.$$

Решая систему уравнений, получим, что начальная скорость $v_0 = \sqrt{2}v$, а ускорение

$$a = \frac{v_0^2}{S} = 4 \text{ м/с}^2.$$

Тогда время торможения:

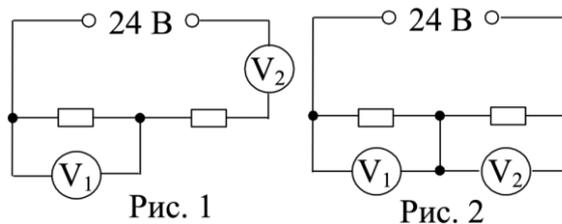
$$t = \frac{0 - v_0}{-a} = \frac{\sqrt{2}v}{a} = \frac{\sqrt{2}S}{v} \approx 7 \text{ с.}$$

Критерии оценивания:

- Определена начальная скорость поезда – 3 балл
- Найдено ускорение поезда – 3 балла
- Определено время торможения – 4 балла

Задача 2. «Два вольтметра» (10 баллов)

В приведенной на рисунке 1 схеме сопротивления резисторов одинаковы, напряжение источника равно 24 В и каждый из вольтметров показывает 6 В. Какими будут показания вольтметров, если их включить так, как показано на рисунке 2?



Возможное решение. Обозначим сопротивление каждого резистора через R . Сначала рассмотрим схему 1. На правом резисторе напряжение равно $U_{R2} = 24 - 6 - 6 = 12$ В. Поскольку через этот резистор идет такой же ток, как через вольтметр V_2 , то сопротивление второго вольтметра

$$R_{V2} = \frac{U_2}{I} = \frac{U_2}{U_{R2}/R} = \frac{R}{2}.$$

Левый резистор и вольтметр V_1 соединены параллельно, следовательно,

$$\frac{U_1}{I} = \frac{R_{V1}R}{R_{V1} + R} \rightarrow \frac{R}{2} = \frac{R_{V1}R}{R_{V1} + R},$$

откуда определим, что сопротивление первого вольтметра $R_{V1} = R$.

На схеме 2 в цепь последовательно включены два составных элемента – вольтметр V_1 с параллельно включенным резистором, общее сопротивление этого элемента равно $R/2$ и вольтметр V_2 с параллельно включенным резистором, общее сопротивление этого

элемента равно $R/3$. Напряжение источника делится на этих элементах пропорционально их общим сопротивлениям: $U_1 : U_2 = 3 : 2$ и составляет 14,4 В и 9,6 В соответственно.

Критерии оценивания:

- Сопротивление вольтметра V_2 выражено через сопротивление резистора – 3 балла
- Сопротивление вольтметра V_2 выражено через сопротивление резистора – 3 балла
- Найдены искомые показания вольтметров – 4 балла

Задача 3. «Чашка с водой» (10 баллов)

Чашка массой $m = 400$ г вмещает $V = 600$ мл воды. В начале опыта пустая чашка плавает на поверхности воды. В чашку тонкой струйкой наливают воду. Чашка тонет, когда её заполняют на $2/3$ объема. Определите плотность материала, из которого изготовлена чашка. Плотность воды $\rho_B = 1000$ кг/м³. В ответе приведите формулу для определения плотности материала чашки в общем виде.

Возможное решение: пусть $V_ч$ – объем материала чашки, V_B – объем налитой в чашку воды, когда она начинает тонуть, а V_0 – объем, не заполненный при этом водой. Тогда:

$$m_ч = \rho_ч V_ч; \quad m_B = \rho_B V_B.$$

Условие плавания непосредственно перед началом погружения чашки:

$$\rho_B g(V_ч + V_0) = (m_B + m_ч)g \quad \rightarrow \quad \rho_B \left(\frac{m_ч}{\rho_ч} + V_0 \right) = \rho_B V_B + m_ч \quad \rightarrow$$
$$\rho_ч = \frac{m_ч \rho_B}{m_ч - \rho_B (V_0 - V_B)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{0,4 - 10^3 (0,6 - 0,4) 10^{-3}} = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Критерии оценивания:

- Правильно записана формула для архимедовой силы – 2 балла
- Записано условие плавания чашки перед началом погружения – 3 балла
- Выполнены математические преобразования, выражена $\rho_ч$ – 3 балла
- Получен верный числовой ответ – 2 балла

Задача 4. «Туда и обратно» (10 баллов)

В двух одинаковых бочках находится одинаковое количество воды. Температура воды в первой бочке $t_1 = 20$ °С, а во второй бочке – $t_2 = 60$ °С. Из первой бочки перелили некоторое количество воды во вторую, и в ней установилась температура $t = 50$ °С. Затем из второй бочки перелили такое же количество воды в первую так, что воды в бочках снова стало поровну. Какая температура t_x установится в первой бочке? Всеми потерями тепла во внешнюю среду и механической работой, совершённой при переливании воды, пренебречь.

Возможное решение. Запишем уравнение теплового баланса для содержимого во второй бочке, после переливания туда воды массой m_x из первой бочки:

$$c_B m_x (t - t_1) = c_B m (t_2 - t),$$

где m – начальная масса воды в каждой бочке. Отсюда найдем

$$m_x = \frac{m(t_2 - t)}{(t - t_1)} = \frac{m}{3}.$$

После переливания в первой бочке осталось воды $m - m_x = 2m/3$.

Запишем уравнение теплового баланса для содержимого в первой бочке, когда туда обратно перелили воду массой m_x из второй бочки:

$$c_B \frac{m}{3} (t - t_x) = c_B \frac{2m}{3} (t_x - t_1) \quad \rightarrow \quad t_x = \frac{t + 2t_1}{3} = 30 \text{ °С}.$$

Критерии оценивания:

- Верно записано выражение теплового баланса в 1 случае – 3 балла
- Верно определено соотношение между массами воды – 2 балла
- Верно записано выражение теплового баланса во 2 случае – 3 балла
- Получен правильный ответ – 2 балла

Задача 5. «На дороге» (10 баллов)

По прямой дороге автомобили движутся один за другим со скоростью $v = 60$ км/час. Они проезжают мимо дорожного указателя с интервалом времени $T_0 = 1$ мин, а мимо едущего вдоль дороги велосипедиста с интервалом времени $T = 40$ с. В какую сторону едет велосипедист и с какой скоростью?

Возможное решение. Так как $T < T_0$, то велосипедист едет навстречу автомобилям. Пусть L – расстояние между велосипедистами. Тогда в неподвижной системе отсчета, связанной с дорожным знаком $L = vT_0$, а подвижной системе отсчета, связанной с велосипедистом $L = (v + u)T$, где u – скорость велосипедиста. Следовательно,

$$vT_0 = (v + u)T \quad \rightarrow \quad u = v \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right) = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Критерии оценивания:

- Определено направление движения велосипедиста – 2 балла
- Записана формула для L в неподвижной системе отсчета – 2 балла
- Записана формула для L в подвижной системе отсчета – 3 балла
- Получен правильный ответ – 3 балла