

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ**

муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике
2023/24 учебный год

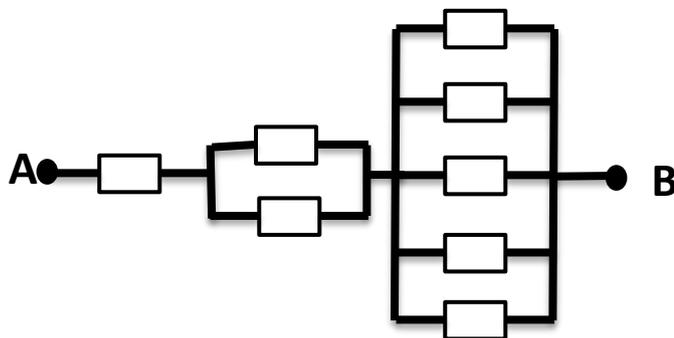
9 класс

9.1. (10 баллов)

Резисторы

В школьной лаборатории имеются 10 резисторов сопротивлением 1 кОм каждый. Нарисуйте схему электрической цепи, сопротивление которой как можно ближе к 1,7 кОм. Укажите на рисунке два вывода цепи, которые будут подсоединяться к прибору для измерения сопротивлений. Чему равно сопротивление Вашей цепи?

Ответ: Возможная схема электрической цепи, сопротивление которой точно равно 1,7 кОм, изображена на рисунке.



Возможное решение:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_1 = R; \quad R_2 = \frac{R}{2}; \quad R_3 = \frac{R}{5}$$
$$R_{\text{общ}} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5} = 1,7 \text{ кОм}$$

Критерии оценивания:

1. Приведена схема электрической цепи, сопротивление которой равно значению 1,7 кОм – 10 баллов.

2. Приведена схема электрической цепи, сопротивление которой принадлежит диапазону значений 1,7 кОм \pm 0,2 кОм – 8 баллов.

3. Приведена схема электрической цепи, сопротивление которой принадлежит диапазону значений 1,7 кОм \pm 0,5 кОм – 5 баллов.

9.2. (10 баллов)

Таяние льда

Не слишком гнутая алюминиевая проволока диаметром $d = 2,5$ мм покрыта льдом. Общий диаметр проволоки со льдом равен $D = 3,5$ мм. Температура льда и проволоки $t = 0$ °С. По проволоке пустили ток силой $I = 15$ А. За какое время лёд растает? Плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³, а его удельная теплота плавления $\lambda = 340$ кДж/кг. Удельное сопротивление алюминия $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Ответ: 1122,4 с \approx 18,7 мин.

Возможное решение:

При прохождении тока через проволоку в ней выделяется тепло, равное по закону Джоуля-Ленца $Q = I^2 R t$, где t – искомое время таяния льда, а R – сопротивление проволоки. Это сопротивление, согласно известной формуле, равно $R = \frac{\rho l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$ (здесь l – длина проволоки, S – площадь её поперечного сечения). Это количество теплоты расходуется на плавление льда: $Q = \lambda m$. Масса льда m равна произведению его плотности на объём:

$m = \rho_{\text{л}} V = \frac{1}{4} \rho_{\text{л}} \pi l (D^2 - d^2)$. Приравнявая полученные выражения для количеств теплоты, окончательно получаем: $\tau = \frac{\lambda \rho_{\text{л}} \pi^2 d^2 (D^2 - d^2)}{16 I^2 \rho} = \frac{340000 \cdot 900 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0025^2 (0,0035^2 - 0,0025^2)}{16 \cdot 15^2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-8}} = 1122,4 \text{ с} \approx 18,7 \text{ мин.}$

Критерии оценивания:

1. Записана формула сопротивления проводника через диаметр проволоки – 2 балла.

2. Записана формула массы льда с учетом разности внешнего и внутреннего диаметров – 2 балла.

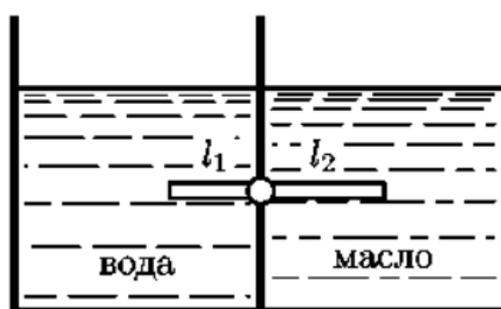
3. Получена формула для вычисления времени – 4 балла.

4. Получен верный ответ – 2 балла.

9.3. (10 баллов)

Исследование

Перед исследователями научного физического кружка стояла задача измерить плотность масла. Для опыта ребята собрали установку, схема которой показана на рисунке. Сосуд разделён на две части вертикальной перегородкой. В одну часть сосуда налита вода, в другую – масло. В перегородку встроены шарнир, который может вращаться без трения. В шарнир вставлена однородная сосновая линейка, которая находится в равновесии. Длина левой части линейки равна $l_1 = 40$ см, правой – $l_2 = 60$ см. Плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, плотность линейки $\rho = 600$ кг/м³. Чему равна плотность масла $\rho_{\text{м}}$?



Ответ: $\rho_{\text{м}} \approx 777,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Возможное решение: На левую часть линейки объёмом V_1 действует направленная вниз сила тяжести $\rho g V_1$ и направленная вверх сила Архимеда $\rho_{\text{в}} g V_1$. Сумма этих сил равна $(\rho_{\text{в}} - \rho) g V_1$ и направлена вверх. Аналогично, на правую часть линейки объёмом V_2 действует направленная вверх суммарная сила $(\rho_{\text{м}} - \rho) g V_2$. Плечи этих сил, приложенных к центрам левой и правой частей линейки, относятся, как $l_1 : l_2$. По правилу рычага при его равновесии отношение плеч равно обратному отношению величин сил:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{(\rho_{\text{м}} - \rho) g V_2}{(\rho_{\text{в}} - \rho) g V_1}$$

Поскольку $\frac{V_2}{V_1} = \frac{l_2}{l_1}$, находим

$$\frac{\rho_{\text{м}} - \rho}{\rho_{\text{в}} - \rho} = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2$$

$$\rho_{\text{м}} = \rho + (\rho_{\text{в}} - \rho) \cdot \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 = 600 + (1000 - 600) \cdot \left(\frac{0,4}{0,6}\right)^2 \approx 777,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

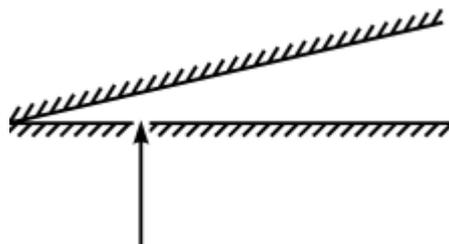
Критерии оценивания:

1. Указано, что на каждую часть линейки действуют 2 силы – 3 балла.
2. Указано правило рычага – 2 балла.
3. Записана формула вычисления плотности – 4 балла.
4. Вычислена плотность: $\rho_{\text{м}} \approx 777,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – 1 балл.

9.4. (10 баллов)

Клин

Два зеркала сложены под углом 7° . Лицеист Вадим направил через маленькое отверстие в одном из зеркал луч лазерной указки перпендикулярно этому зеркалу. Сколько всего отражений испытает луч от этих зеркал?



Ответ: 12 отражений.

Возможное решение:

$\angle\alpha = \angle\beta$, при каждом последующем двойном отражении от зеркал угол луча с вертикалью увеличивается на 14° . Конечный угол падения $\approx 90^\circ$ и угол между падающим и отраженным лучами составляет $\approx 180^\circ$ и луч выходит из клина вдоль одной из сторон. Тогда $(180-7)/14 \approx 12$ раз.

Критерии оценивания:

1. На рисунке изображен примерный ход луча – 1 балл.
2. Хотя бы для одного отражения луча записан закон отражения света (угол падения равен углу отражения) – 1 балл.
3. Показано, что при каждом следующем двойном отражении от зеркал угол луча с вертикалью увеличивается на 14° – 5 баллов.
4. Получен правильный ответ – 3 балла.

9.5. (10 баллов)

Полет мячика

С вертолета была сброшена массивная горизонтальная плита. Плита движется вниз с постоянной скоростью $V = 4$ м/с. Над плитой на нити неподвижно относительно земли висит мячик. В тот момент, когда расстояние между плитой и мячиком было равно $h=1$ м, нить оборвалась.

- 1) Через какое время после обрыва нити мячик догонит плиту?
- 2) На какое максимальное расстояние от плиты удалится мячик после абсолютно упругого отскока?
- 3) Через какое время после первого удара о плиту мячик во второй раз догонит её? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

Ответ: $t_1 = 1$ с; $S_{\max} = 1,8$ м; $t_2 = 1,2$ с.

Возможное решение:

Направим ось x вниз, совместив начало координат с начальным положением мячика. Тогда законы движения для мячика и плиты, соответственно, запишутся в виде: $x_1 = \frac{gt^2}{2}$, $x_2 = h + Vt$. К моменту времени t_1 , когда мячик догонит плиту, их координаты будут равны, значит, $\frac{gt^2}{2} = h + Vt$. Тогда $t_1 = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gh}}{g} = 1$ с.

К этому моменту скорость мячика будет равна $u = gt_1 = 10$ м/с. После абсолютно упругого отскока от движущейся плиты у мячика будет скорость $u - 2V = 2$ м/с, направленная вверх.

Перейдём в систему отсчёта, связанную с плитой. В этой системе отсчёта скорость мячика сразу после абсолютно упругого отскока от плиты равна $V' = 6$ м/с и направлена вверх. Тогда максимальное расстояние, на которое удалится мячик от плиты после отскока, равно $S_{max} = \frac{V'^2}{2g} = 1,8$ м. Второй раз после первого удара мячик догонит плиту через время $t_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{2S_{max}}{g}} = 1,2$ с.

Критерии оценивания:

1. Правильно записан закон движения мячика – 1 балл.
2. Правильно записан закон движения плиты – 1 балл.
3. Найдено время, через которое мячик первый раз догонит плиту – 2 балла.
4. Найдено максимальное расстояние, на которое удалится мячик от плиты после отскока – 3 балла.
5. Найдено время второго соударения мячика с плитой – 3 балла.