

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ  
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ**

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

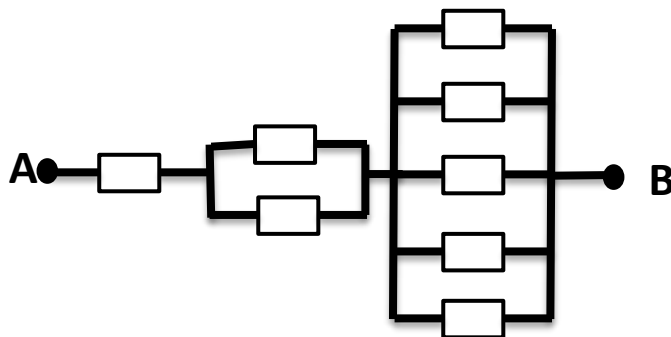
**9 класс**

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/см<sup>3</sup>, 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.

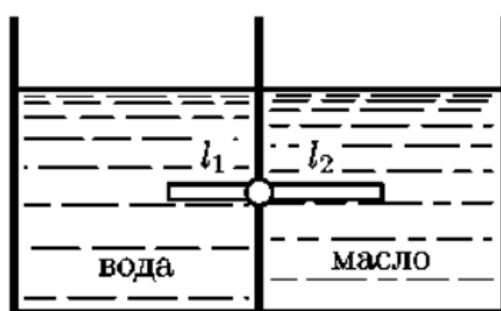
3. Получена формула для вычисления времени – 4 балла.

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/м<sup>3</sup>, плотность линейки  $\rho = 600$  кг/м<sup>3</sup>. 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

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

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

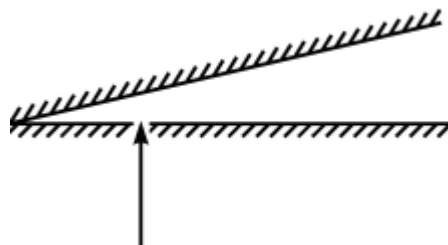
*Критерии оценивания:*

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  $7^\circ$ . 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  $14^\circ$ . 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  $14^\circ$  – 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/с<sup>2</sup>.

**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.