

2019 год

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**9 класс**

**Время выполнения**  
**3 часа 50 минут**

**Задание 1.**

При съёмке художественного фильма потребовалось заснять эпизод с падением вагонов поезда с моста в реку. Для этого был построен макет железной дороги, моста и вагонов в масштабе 1:50. С какой частотой кадров необходимо снимать этот эпизод, чтобы при просмотре кадров со стандартной частотой 24 кадра в секунду ситуация выглядела правдоподобно?

**Возможное решение задания 1.**

Пусть реальный поезд падает с высоты  $h$ , тогда высота падения макета равна  $h/50$ . Обозначим через  $t_H$  и  $t_M$  время падения настоящего поезда и макета соответственно. Падение и оригинала, и макета происходит с одним и тем же ускорением, равным ускорению свободного падения. Так как время свободного падения с высоты  $h$  пропорционально корню квадратному из данной величины то для времен падения выполняется соотношение:

$$\frac{t_H}{t_M} = \sqrt{\frac{h50}{h}} = \sqrt{50}$$

Чтобы ситуация выглядела правдоподобно, за время падения

оригинала и макета должно быть отснято одинаковое количество кадров. Отсюда  $N_H t_H = N_M t_M$ , где  $N_H$  – частота кадров при просмотре,  $N_M$  – частота кадров при съёмке. Поэтому, используя предыдущее выражение  $N_M = N_H \sqrt{50} \approx 170$  кадров/с.

**Задание 2.**

В металлический сосуд массой  $m_1=2$  кг, и имеющий температуру  $t_1=40^\circ\text{C}$ , налили  $m_2=3$  кг воды, температура которой  $t_2=15^\circ\text{C}$ . Сосуд с водой поставили на солнце. Через  $\tau=2$  часа его температура стала равной  $t_k=37,5^\circ\text{C}$ . Мощность солнечного излучения, падающего на сосуд, равна  $P=100$  Вт. Удельная теплоёмкость металла  $c_1 = 700 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ ,

воды  $c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ .

- 1) Какая установилась бы температура в сосуде, если бы его не выставляли на солнце?
- 2) Какое количество теплоты получил сосуд за два часа освещения солнечными лучами?
- 3) Какую долю от падающей на него солнечной энергии отражает сосуд? Взаимодействием сосуда с окружающей средой пренебречь.

### Возможное решение задания 2.

1) Горячий сосуд отдаёт, а вода получает тепло. Запишем уравнение теплового баланса, и найдем конечную температуру системы:  $c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2)$ .

$$\text{Отсюда } t = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} = 17,5^\circ\text{C}$$

2) Найдём, сколько тепла сосуд с водой получил благодаря излучению:

$$Q = (c_1 m_1 + c_2 m_2)(t_k - t) = 280 \text{ кДж.}$$

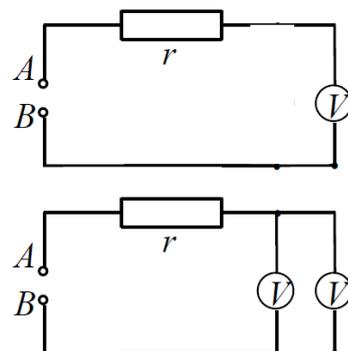
3) За это время на сосуд попало излучение с энергией  $Q_0 = P\tau = 720 \text{ кДж.}$

Значит, отразилось  $Q_1 = Q_0 - Q = 440 \text{ кДж.}$  Искомая доля отражённой энергии  $k = \frac{Q_1}{Q_0} = \frac{11}{18}$ .

Ответ: 1)  $17,5^\circ\text{C}$ ; 2) 280 кДж; 3) 11/18.

### Задание 3.

Вольтметр, подключённый к источнику тока последовательно с неизвестным сопротивлением  $r$ , показывает напряжение  $U_1 = 10 \text{ В}$  (верхний рисунок). Если к этому вольтметру присоединить параллельно второй такой же вольтметр, то показание каждого прибора будет равным  $U_2 = 6 \text{ В}$  (нижний рисунок). Напряжение на клеммах источника тока  $AB$  остаётся неизменным.



1) Найдите по этим данным сопротивление  $r$ , если сопротивление каждого вольтметра  $R = 1000 \text{ Ом}$ .

2) Какими станут показания вольтметров, если резистор, и вольтметры соединить последовательно?

### Возможное решение задания 3.

При последовательном соединении напряжение на концах цепи равно сумме напряжений на её отдельных участках:  $U = U_{1r} + U_1$  (1),  $U = U_{2r} + U_2$  (2).

Мы учли, что напряжение источника тока остаётся неизменным.

По закону Ома для участка цепи  $U_{1r} = I_1 r$  (3).

При последовательном соединении сила тока во всех элементах одинакова:

$$I_1 = \frac{U_1}{R} \quad (4).$$

Подставим (4) в (3), а затем полученное выражение – в (1):  $U = \frac{U_1}{R} r + U_1$  (5).

Прделаем аналогичную работу по второй цепи

$U_{2r} = I_2 r$  (6);  $I_2 = 2I_{2V} = 2 \cdot \frac{U_2}{R}$  (7); Из (7) в (6), затем в (2), получим:

$$U = \frac{2U_2}{R} r + U_2 \quad (8)$$

Приравняем правые части (5) и (8):  $\frac{U_1}{R} r + U_1 = \frac{2U_2}{R} r + U_2$

Перегруппируем слагаемые и выразим искомую величину:

$$\left(\frac{2U_2}{R} - \frac{U_1}{R}\right)r = U_1 - U_2; r = \frac{U_1 - U_2}{2U_2 - U_1}R = \frac{10\text{ В} - 6\text{ В}}{2 \cdot 6\text{ В} - 10\text{ В}} \cdot 1000\text{ Ом} = 2000\text{ Ом}.$$

Находим напряжение на источнике тока:  $U = \frac{10\text{ В}}{1000\text{ Ом}} \cdot 2000\text{ Ом} + 10\text{ В} = 30\text{ В}.$

Находим общее сопротивление цепи при последовательном подключении резистора и вольтметров:  $R_{\text{общ}} = 2000\text{ Ом} + 1000\text{ Ом} + 1000\text{ Ом} = 4000\text{ Ом}.$

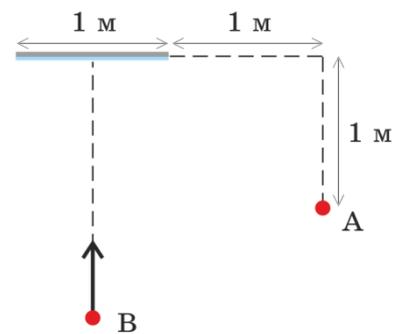
По закону Ома  $I = \frac{U}{R_{\text{общ}}}.$

Напряжение на вольтметре  $U_3 = IR = \frac{U}{R_{\text{общ}}} \cdot R = 7,5\text{ В}.$

Ответ: 1)  $r=2000\text{ Ом};$  2)  $U_3=7,5\text{ В}.$

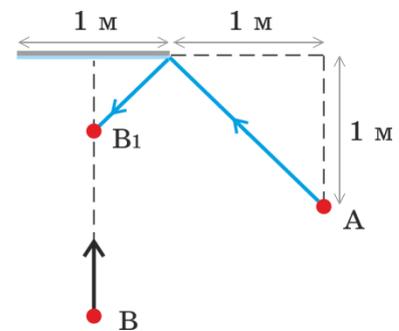
#### Задание 4.

Сбоку от зеркала в точке А стоит один человек. Второй человек из точки В идет по направлению к плоскому зеркалу по прямой, проходящей перпендикулярно через середину зеркала. На каком расстоянии от зеркала будет точка В в момент, когда оба человека увидят друг друга в зеркале?



#### Возможное решение задания 4.

Из рисунка видно, что угол падения луча из точки А на зеркало равен  $45^\circ$ . Отражаться луч будет под таким же углом. Следовательно, человек из точки В должен переместиться в точку  $B_1$ , чтобы он мог увидеть человека. Из подобия треугольников, образованных лучами и стенами видно, что расстояние от зеркала до  $B_1$  будет равно половине ширины зеркала – 0,5 м.



Ответ: 0,5 м.

#### Задание 5.

Для строительства дороги привезли мелкий речной песок. Вася решил измерить истинную плотность песка. Для этого он набрал песок и, используя сосуд с водой (ее плотность  $\rho_0 = 1\text{ г/см}^3$ ), а также мензурку в виде тонкостенной пробирки, решил свою задачу. Как это сделал Вася?

Оборудование: сосуд с водой, речной песок, тонкостенная пробирка, мензурка.

### Возможное решение задания № 5.

Искомая величина  $\rho = m/V$ , где  $m$  – масса некоторого песка,  $V$  – его объем. Насыплем песка в мензурку столько, чтобы она плавала в сосуде с водой, почти полностью погрузившись в нее (рис. 1). Отметим этот уровень. Заменяем песок водой такого объема  $V_1$ , при котором уровень погружения мензурки был бы прежним (до отметки). При этом масса песка  $m$  и воды в мензурке одинаковы. Но  $m_1 = \rho_0 V_1$ , значит  $m = \rho_0 V_1$ .



Рис. 1

Для измерения истинного объема песка  $V$  нальем в мензурку воду, измерим ее объем  $V_0$  (рис. 2). Затем пересыплем в неё песок из пробирки объемом  $V_2$ . Тогда искомый истинный объем песка можно найти как  $V = V_2 - V_0$ , а

плотность песка  $\rho = \frac{\rho_0 V_1}{V_2 - V_0}$ .