

## Всероссийская олимпиада школьников по физике

## Муниципальный этап

## 9-й класс

Время выполнения – 3 астрономических часа 50 минут.

Максимум – 50 баллов.

1. Поезд въезжает на мост со скоростью  $v_0$ . Если он будет на мосту разгоняться с ускорением  $a$ , то проедет мост за время  $t_1 = 30$  с, если с таким же ускорением он будет тормозить, то проедет мост за время  $t_2 = 60$  с. За какое время  $t_3$  поезд проедет мост при равномерном движении со скоростью  $v_0$ ?

**Возможное решение**

Обозначив длину моста за  $L$ , запишем кинематические уравнения:

$$L = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \quad \text{– для разгона}$$

$$L = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} \quad \text{– для торможения}$$

$$L = v_0 t_3 \quad \text{– для равномерного движения}$$

После умножения уравнения 1 на  $t_2^2$  и уравнения 2 на  $t_1^2$  и их суммирования получим

$$v_0 = \frac{L(t_1^2 + t_2^2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}.$$

После подстановки начальной скорости в уравнение для равномерного движения найдём время, за которое поезд пройдёт мост при равномерном движении

$$t_3 = \frac{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{(t_1^2 + t_2^2)} = 36 \text{ с.}$$

2. На горизонтальную поверхность льда при температуре  $t_1 = 0$  °С кладут однокопеечную монету, нагретую до температуры  $t_2 = 50$  °С. Монета проплавляет лёд и опускается в образовавшуюся лунку. На какую часть своей толщины она погрузится в лёд? Масса льда много больше массы монеты, теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоёмкость материала монеты  $c = 380$  Дж/(кг \* °С), его плотность  $\rho = 8,9$  г/см<sup>3</sup>. Удельная теплота плавления льда  $3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг, плотность льда  $\rho_l = 900$  кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение**

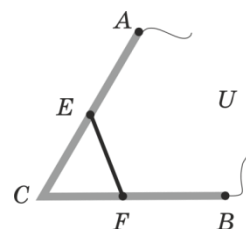
Теплота, отданная монетой при остывании  $Q_1 = cm_1 \Delta t$ . Теплота, затраченная на плавление льда,  $Q_2 = \lambda m_n$ . Тогда из уравнения теплового баланса можем записать:  $cm_1 \Delta t = \lambda m_n$  (4 балла).

Пусть  $S$  – площадь одной из сторон монеты,  $d$  – её толщина, а  $d_1$  – глубина лунки, тогда  $m_1 = V_1 \rho = Sd\rho$ ,  $m_n = Sd_1 \rho_l$  (4 балла).

Подставив выражения для масс, получим:

$$cSd\rho\Delta t = \lambda Sd_1\rho_l. \quad \text{Отношение} \quad \frac{d_1}{d} = \frac{c\rho\Delta t}{\lambda\rho_l} = 0,57 \quad \text{(2 балла).}$$

3. Провод  $ACB$  изогнут так, что точки  $A$ ,  $C$  и  $B$  находятся в вершинах правильного треугольника. К серединам сторон  $AC$  и  $BC$  подключена перемычка  $EF$  из провода с вдвое меньшей площадью сечения. К точкам  $A$  и  $B$  подано напряжение  $U = 3$  В. Найти падение напряжения на перемычке.

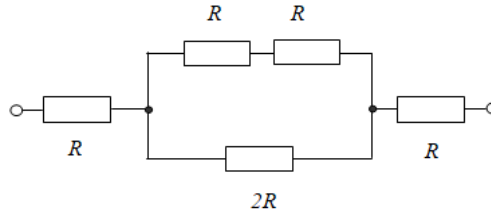


### Возможное решение

Обозначим через  $R$  сопротивление любого из участков  $AE$ ,  $EC$ ,  $CF$ ,  $FB$ . Найдём сопротивление участка  $EF$  –  $R_1$ . Если  $S$  – площадь сечения любого из участков  $AE$ ,  $EC$ ,  $CF$ ,  $FB$ , то площадь сечения участка  $EF$  будет  $S/2$ . Тогда  $R$  равно

$$R = \frac{\rho l}{S}, \text{ а для } R_1 \text{ получим } R_1 = \frac{\rho l \cdot 2}{S} = 2R$$

Тогда схема, эквивалентная нашему соединению, представлена на рисунке (см. ниже).



Сопротивление среднего участка равно  $R$ , а общее сопротивление цепи  $3R$ , поэтому падение напряжения на этом участке, а следовательно и на перемычке, будет

$$U_{EF} = I \cdot R = \frac{U}{3R} \cdot R = \frac{U}{3} = 1 \text{ В.}$$

4. Два одинаковых сообщающихся сосуда наполнены жидкостью плотностью  $\rho_0$  и установлены на горизонтальном столе. В один из сосудов кладут маленький груз массой  $m$  и плотностью  $\rho$ . На сколько будут после этого отличаться силы давления сосудов на стол? Массой гибкой соединительной трубки с жидкостью можно пренебречь.

### Возможное решение

При решении задачи следует рассмотреть два случая:

- 1)  $\rho < \rho_0$ . (5 баллов),
- 2)  $\rho > \rho_0$ . (5 баллов).

В первом случае груз плавает в жидкости, и поскольку её уровень в обоих сообщающихся сосудах одинаков, то давление жидкости на дно сосудов одинаково, и силы давления сосудов на стол также одинаковы.  $F_{\text{Дав1}} = F_{\text{Дав2}}$ .

Во втором случае утонувший груз будет лежать на дне сосуда и давить на него с силой, равной разности силы тяжести и силы Архимеда.

$$F_{\text{сп}} = mg - F_A. F_A = \rho_0 g V = \frac{\rho_0 g m}{\rho}.$$

При этом жидкость по-прежнему будет давить на дно сообщающихся сосудов с одинаковой силой. Поэтому сосуд с грузом будет давить на стол с силой, превышающей

силу давления сосуда без груза на величину  $\Delta F = F_{\text{сп}}$ .  $\Delta F = mg \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right)$ .

**Примечание экспертам:** если участник разбирает только один из случаев, то задача оценивается не более чем в 5 баллов.

### 5. Псевдоэксперимент

В лаборатории линейной электродинамики экспериментатор Иванов исследовал вольтамперную характеристику резистора, занося в таблицу значения силы тока  $I$ , текущего через резистор, и поданное на него напряжение  $U$ . Позже выяснилось, что в таблицу кроме результатов Иванова попали данные, полученные в соседней лаборатории нелинейных элементов.

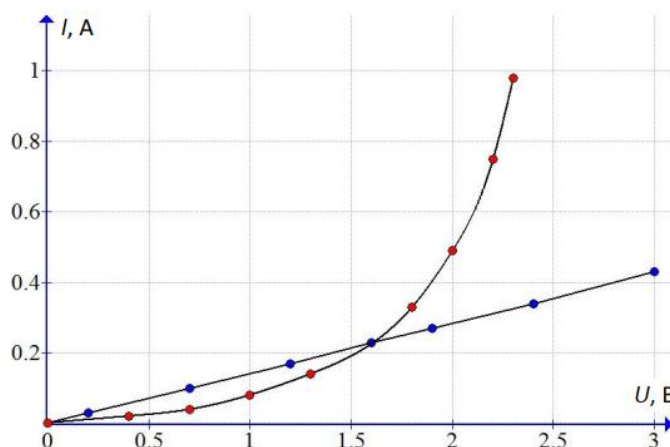
1. Построив график, определите, какие результаты относятся к эксперименту Иванова.
2. Найдите сопротивление исследуемого резистора.
3. Какая точка может соответствовать как резистору, так и нелинейному элементу?

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U, \text{В}$	0,2	3,0	0,4	0,7	1,0	1,3	1,9	1,4	1,6	1,8	2,4	0,7	2,0	2,2	2,3
$I, \text{А}$	0,03	0,43	0,02	0,04	0,08	0,14	0,27	0,14	0,23	0,33	0,34	0,10	0,49	0,75	0,98

Оборудование: лист миллиметровой бумаги формата А5 для построения графика.

### Возможное решение

1. Нанесём все экспериментальные точки на поле графика с осями  $U$  и  $I$ . Так как по закону Ома зависимость силы тока от напряжения для резистора должна быть линейной, выделим точки, лежащие на одной прямой, в широком диапазоне напряжений. Не попавшие на прямую точки относятся к нелинейному элементу (**6 баллов**).



2. По угловому коэффициенту наклона прямой находим сопротивление резистора  $R = 7 \text{ Ом}$ . Резистору соответствуют точки таблицы (**2 балла**).

$U, \text{В}$	0,2	0,7	1,2	1,9	2,4	3,0
$I, \text{А}$	0,03	0,10	0,17	0,27	0,34	0,43

3. Точка  $U = 1,6 \text{ В}$  может соответствовать как резистору, так и нелинейному элементу (**2 балла**).

**Критерии и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике в Архангельской области в 2023/24 учебном году** приводятся в соответствии с системой оценивания регионального этапа и осуществляются по критериям, предложенным центральной предметно-методической комиссией. При этом муниципальным предметно-методическим комиссиям рекомендуется оценивать выполнение заданий согласно стандартной методике оценивания решений, если нет специальных указаний.

**Каждое задание оценивается в 10 баллов.**

**Максимальный балл – 50.**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7–9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки, не влияющие на знак ответа
5–7	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3–5	Решение содержит пробелы в образовании, приведены не все необходимые для решения уравнения
1–2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное или отсутствует