

# Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

10 класс

Время выполнения –

3 астрономических часа 50 минут

1. Глубоководный исследовательский модуль равномерно опускается ко дну океана, излучая акустические сигналы длительностью 30,1 секунды. После отражения от дна длительность принятого модулем эха составила 29,9 секунды. Определите скорость погружения аппарата, если скорость звука в воде равна 1500 м/с.

## Возможное решение.

Решим задачу в системе отсчета «дно». За время  $t_1$  испускания импульса модуль переместился на расстояние равное  $S = vt_1$ , поэтому расстояние в воде между началом импульса и его концом равно  $l = v_{\text{зв}} t_1 - vt_1$ . (4 балла)

Такая длина сигнала сохраняется и после отражения от дна. Прием импульса закончится в тот момент, когда лодка встретится с задним концом импульса. (2 балла)

Поскольку скорость их сближения равна  $v_{\text{зв}} + v$ , то продолжительность приема равна  $t_2 = \frac{l}{v_{\text{зв}} + v} = \frac{(v_{\text{зв}} - v)t_1}{v_{\text{зв}} + v}$ , откуда  $v = v_{\text{зв}} \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} = 5 \text{ м/с}$ . (4 балла)

2. Для каждой из трех схем включения реостата (рис. а, б, в) постройте график (на качественном уровне) зависимости сопротивления цепи  $R$  от сопротивления  $r$  правой части реостата. Обмотка реостата имеет сопротивление  $R_0$ .



Рис. а



Рис. б

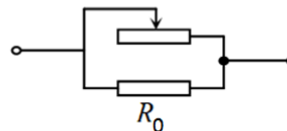
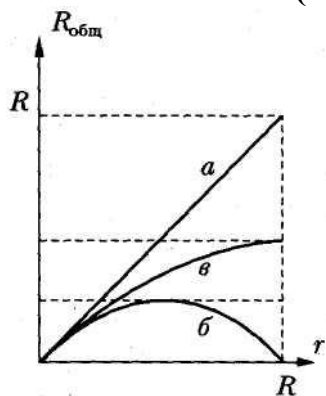


Рис. в

## Возможное решение

Обозначим сопротивление правой части реостата  $r$ . Тогда для схемы а) общее сопротивление равно сопротивлению правой части реостата, поэтому зависимость  $R(r)$  будет линейной:  $R_{\text{общ}} = r$  (2 балла)

В схеме б) части реостата включены параллельно, и зависимость будет иметь вид:  $R_{общ} = \frac{rR - r^2}{R}$ . (2 балла)



В схеме в) соединение тоже параллельное, поэтому зависимость следующая:

$$R_{общ} = \frac{R}{1 + R/r} \quad (2 \text{ балла})$$

Графики зависимости  $R_{общ}(r)$  для трех схем представлены на рисунке. (4 балла)

Ответ.

Ученик получил следующие результаты:

а)  $R_{общ} = r$ ;      б)  $R_{общ} = \frac{rR - r^2}{R}$ ;      в)  $R_{общ} = \frac{R}{1 + R/r}$ .

3. Механик испытывал эффективность системы охлаждения автомобильного двигателя. Сразу после остановки автомобиля он отметил, что температура охлаждающей жидкости снизилась с  $100^\circ\text{C}$  до  $95^\circ\text{C}$  за 5 минут пребывания машины в тёплом гараже с температурой воздуха  $20^\circ\text{C}$ . Стремясь ускорить процесс охлаждения, механик переместил автомобиль в прохладный ангар, где температура составляла  $0^\circ\text{C}$ . В результате жидкость охладилась с  $95^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$  за 4 минуты 12 секунд. Но поскольку требуемый эффект достигнут не был, было решено выгнать автомобиль на улицу, где температура воздуха достигала  $-20^\circ\text{C}$ . Требуется вычислить, за какое время охлаждающая жидкость продолжит снижаться на свежем воздухе с начальной температуры  $90^\circ\text{C}$  до нужной температуры  $85^\circ\text{C}$ .

### Возможное решение

Скорость охлаждения зависит от разности температур охлаждающей жидкости и окружающего воздуха. В небольшом интервале температур ( $100^\circ\text{C} - 95^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$  и на середине промежутка равному  $97,5^\circ\text{C}$ ) она близка к линейной. Из равенства энергии отданной при охлаждении ( $cm\Delta T$ ) и отданной энергии через мощность тепловых потерь на время ( $C(T_{ср} - T_0)\Delta t$  — закон Ньютона-Рихмана, где  $C$  — константа) получим, что

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \alpha(T_{ср} - T_0), \text{ где } T_{ср} - \text{средняя температура охлаждающей жидкости}$$

за время остывания  $\Delta t$ ,  $T_0$  — температура окружающей среды. (3 балла)

Выразим из написанного выражения коэффициент  $\alpha$  (равный  $C/cm$ ):

$$\alpha_1 = \frac{\Delta T_1 / \Delta t_1}{T_{ср1} - T_{01}} = \frac{5^\circ\text{C} / 5 \text{ мин}}{97,5^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} = 0,01290 \text{ мин}^{-1}$$

$$\alpha_2 = \frac{\Delta T_2 / \Delta t_2}{T_{ср2} - T_{02}} = \frac{5^\circ\text{C} / 4,2 \text{ мин}}{92,5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}} = 0,01287 \text{ мин}^{-1}$$

С хорошей точностью коэффициенты  $\alpha_1 \approx \alpha_2$ .

По идее этот коэффициент константа, если конструктивных изменений не было (в условии не говорится об этом), а, значит, достаточно какой-то одной строчки из выше написанного. **(3 балла)**

Тогда искомое время  $\Delta t_3 = \frac{\Delta T_3}{\alpha(T_{\text{сп3}} - T_{03})} \Delta t_1 \approx 3,6 \text{ мин. (2 балла)}$

С учётом того, что  $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T_3$  можно было записать  $\Delta t_3 = \frac{T_{\text{сп1}} - T_{01}}{T_{\text{сп3}} - T_{03}} \approx 3,6 \text{ мин. (2 балла)}$

4. Настольная лампочка висит на расстоянии  $h = 1 \text{ м}$  от поверхности письменного стола. Прямо под ней движется маленький игрушечный автомобиль со скоростью  $V = 1 \text{ м/с}$ , на котором лежит плоское зеркало параллельное полу. Сделайте пояснительный рисунок. Определите скорость  $u$ , с которой перемещается световое пятно по потолку, расположенному на высоте  $H = 2 \text{ м}$  над столом.

#### Возможное решение

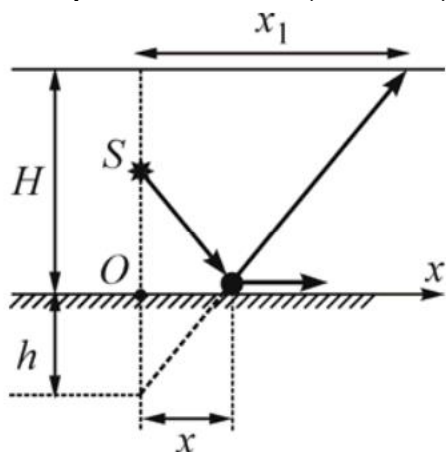
Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна  $x_1$  связана с координатой тележки  $x$  соотношением подобия  $x/h = x_1/(H + h)$  **(2 балла)**

Принимая в качестве начала отсчета времени момент прохождения тележки под лампой, запишем зависимость координаты  $x$  тележки от времени  $t$ : в силу равномерности движения эта зависимость имеет вид  $x = Vt$ .

Отсюда  $x_1 = \frac{H + h}{h} Vt$  **(2 балла)**

Следовательно, скорость пятна  $u = \frac{x_1}{t} = \frac{H + h}{h} V = 3 \text{ м/с. (2 балла)}$

Построение схемы **(4 балла)**



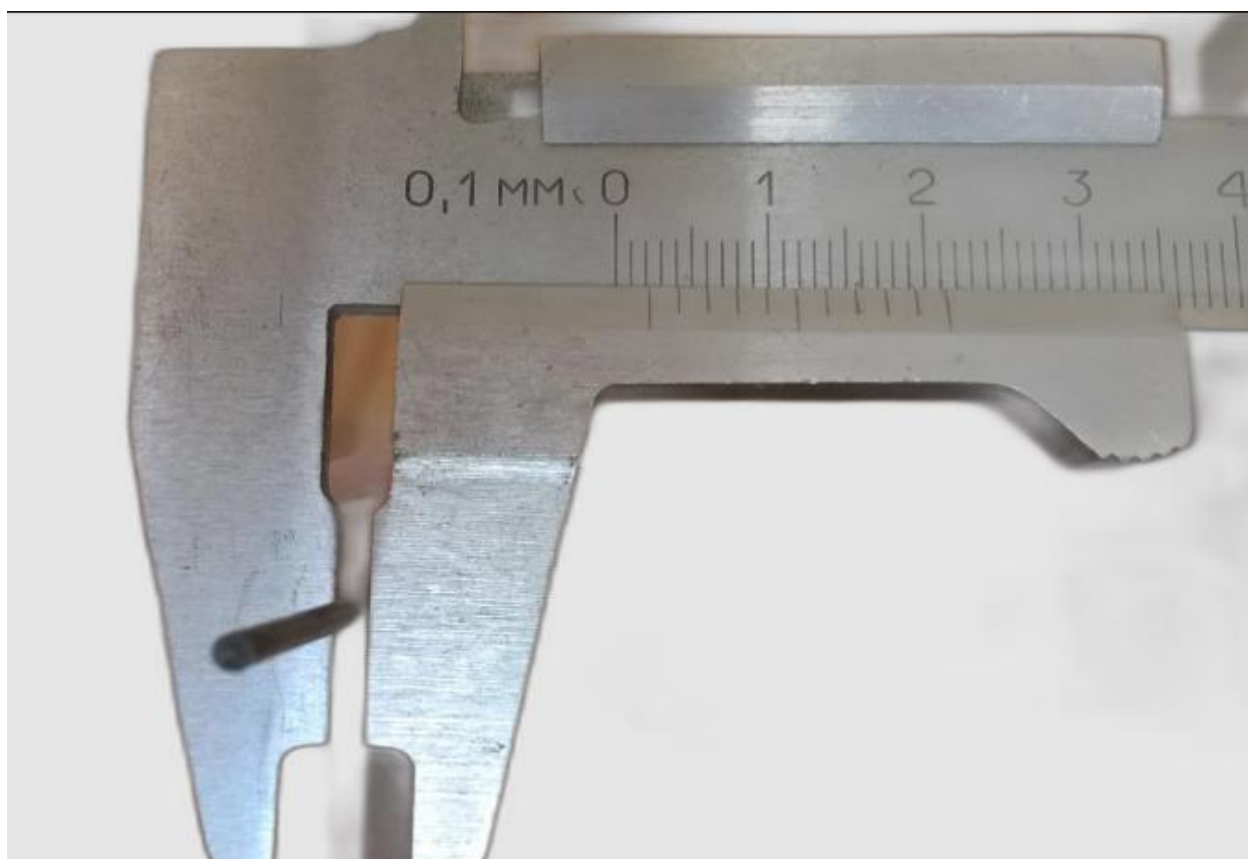
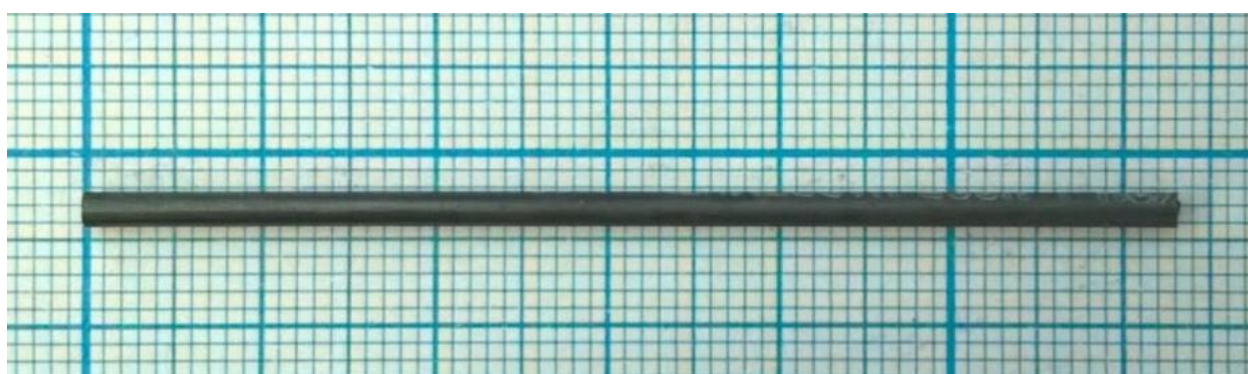
5. Учащийся решил измерить удельное электрическое сопротивление графита. Для этого он использовал графитовый стержень, источник постоянного напряжения, соединительные провода, кювету, воду, миллиметровую бумагу, термометр, секундомер и штангенциркуль (см. рис.).

Сначала учащийся определил геометрические размеры графитового стержня: его длину и диаметр. Затем провел эксперимент по измерению изменения температуры воды в кювете во времени при прохождении электрического тока через графитовый стержень. Напряжение источника питания оставалось постоянным в течение всего опыта и составляло 10,8 В.

Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·°С), масса воды в кювете 40 г.

Таблица 1

t, °С	τ, мин	t, °С	τ, мин	t, °С	τ, мин	t, °С	τ, мин
20	0	24	1,46	28	3,57	32	6,07
21	0,22	25	2,07	29	4,25	33	6,80
22	0,50	26	2,58	30	4,88	34	7,57
23	0,95	27	3,05	31	5,42	35	8,25



1) Опишите метод определения удельного сопротивления графитового

стержня.

2) Определите по приведенным экспериментальным данным удельное сопротивление графита.

### Возможное решение

Измерим длину стержня  $L = 12,6$  см и диаметр  $d = 2,2$  мм. **(1 балл)**

Запишем уравнение теплового баланса без учёта тепловых потерь в окружающую среду  $\frac{U^2 \tau}{R} = cm \Delta t$ ,  $\Delta t = \frac{U^2 \tau}{Rcm}$ . **(2 балла)**

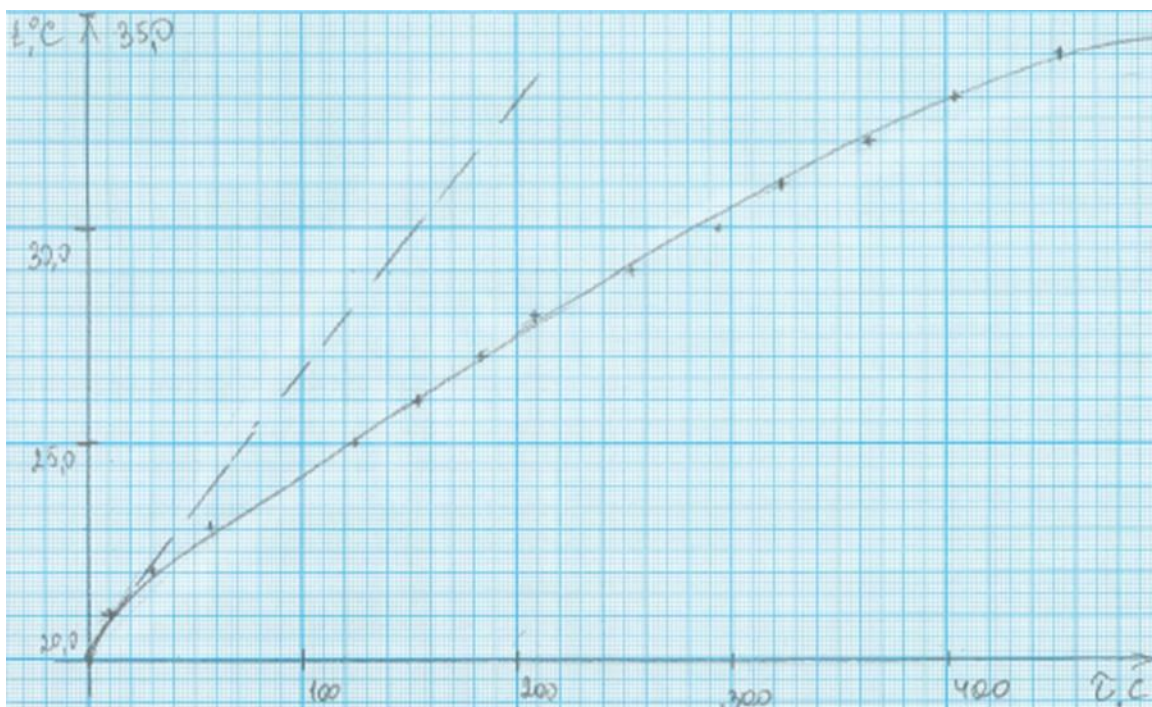
В зависимости  $\Delta t(^{\circ}\text{C})$  от  $\tau$  выражение  $U^2 \tau / (Rcm)$  – константа и может быть найдена по графику зависимости  $t(^{\circ}\text{C})$  от  $\tau$ .

Так как  $R = \rho L / s$ , то  $\rho = \frac{U^2 s \tau}{Lcm \Delta t} = \frac{U^2 s}{Lcm} \times \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{U^2 \pi d^2}{4Lcm} \times \frac{\tau}{\Delta t}$ . **(1) (2 балла)**

Для нахождения  $\tau / \Delta t(^{\circ}\text{C})$  построим по данным таблицы график зависимости  $t(^{\circ}\text{C})$  от  $\tau$ . Для этого переведём время в секунды. **(3 балла)**

Таблица 2.

t, °C	τ, мин	τ, с	t, °C	τ, мин	τ, с	t, °C	τ, мин	τ, с	t, °C	τ, мин	τ, с
20	0	0	24	1,46	87	28	3,57	214	32	6,07	364
21	0,22	13	25	2,07	124	29	4,25	255	33	6,80	408
22	0,50	30	26	2,58	155	30	4,88	293	34	7,57	454
23	0,95	57	27	3,05	183	31	5,42	325	35	8,25	495



Тепловые потери в окружающую среду прямо пропорциональные разности температур среды и температуры воды в кювете. Поэтому уравнение теплового баланса без учёта тепловых потерь справедливо в области

температуры 20°C. Для нахождения  $\tau/\Delta t(^{\circ}\text{C})$  нужно провести касательную к графику и найти отношение:  $\frac{\tau}{\Delta t} = 13,3 \frac{\text{с}}{^{\circ}\text{C}}$ . **(1 балл)**

Подставив числовые значения в формулу (1), получим  
 $\rho \approx 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . **(1 балл)**

### Критерии оценки графика

Перечисленные ниже критерии касаются не существа графика, а его оформления. При этом если график является неверным по существу, график не оценивается.

Баллы	Название критерия	Пояснения
0,5	Размер графика	График должен занимать не менее 70-80% от предложенного формата миллиметровой бумаги
0,5	Расположение и ориентация осей графика	По оси абсцисс откладывается независимая величина, по оси ординат – зависимая
0,5	Подписывание осей графика	Около осей должны быть указаны откладываемые величины, единицы их измерения и (при необходимости) десятичный множитель
0,5	Оцифровка осей графика	Штрихи на осях должны наноситься через равные интервалы и попадать на основные линии миллиметровой бумаги. При оцифровке штрихов следует использовать натуральные числа и числа кратные 2, 5. Интервал между числами 2-4 см.
0,5	Точки графика	Должны соответствовать таблице и оставаться видимыми на фоне линии. При необходимости наносятся с учётом погрешности измерения
0,5	Линия графика	Плавная кривая. На графиках должны быть проведены «усредняющие» линии. Вместо «усредняющих» линий не допускается проведение ломаных, последовательно соединяющих экспериментальные точки. Линейный участок графика должен строиться по линейке