

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

7 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. Белые медведи ежегодно мигрируют вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Учёные наблюдают одну группу белых медведей, занимающую территорию длиной около 50 морских миль и шириной примерно 20 морских миль. Средняя скорость передвижения медведей составляет приблизительно 0,02 морские мили в минуту. Выразите длину, ширину территории и среднюю скорость перемещения медведей в единицах Международной системы единиц (СИ).

Подсказка:

- 1 морская миля $\approx 1,852$ километра

2. Ежик Семён каждое утро ходит на пруд купаться. Для удобства он берёт с собой маленькое детское полотенце прямоугольной формы и массой 50 г. После купания мокрое полотенце набирает воду и становится тяжелее — теперь оно весит 300 г. При большем количестве воды она начинает капать с полотенца. Однажды утром, пока Семён плескался в воде, начался сильный ливень. Испугавшись промокнуть, ёж быстро развернул полотенце над головой и укрылся от дождя. Дождь прекратился спустя некоторое время, и уровень воды в пруду поднялся на 2 мм. Известно, что масса 1 мл воды равна 1 г. Какова минимальная площадь полотенца, при которой Семён гарантированно не промокнет?

3. Ученики школы провели эксперимент по исследованию структуры кристаллов. Они взяли два образца металла одинакового размера (параллелепипеда), изготовленные из разных металлов. Один образец имел структуру простого кубического типа, другой — гранецентрированного кубического типа.

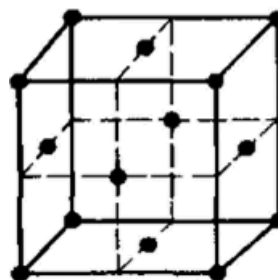
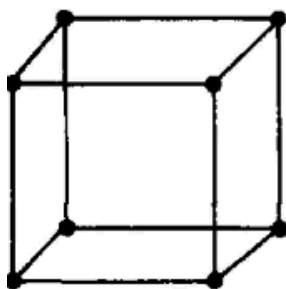
- а) Определите отношение числа атомов в первом образце ко второму.
- б) Определите во сколько раз отличаются массы образцов.

Дополнительные условия задачи:

- Оба образца имеют одинаковые размеры.
- Атомы обоих металлов имеют одинаковую массу.
- Плотность упаковки атомов одинакова для обеих структур.

Простая кубическая решётка

Гранецентрированная кубическая решётка



4. Постройте график зависимости массы от количества горошин и графически определите массу одной горошины.

а) Для этого проведите серию взвешиваний и заполните таблицу (погрешность измерения массы не учитывать):

Количество горошин (n)	Масса (m), г

б) Постройте график зависимости массы от количества горошин.

в) Определите массу одной горошины (из графика).

Оборудование: весы, горох, миллиметровая бумага, линейка, одноразовая тарелка или поднос.

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

7 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. Белые медведи ежегодно мигрируют вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Учёные наблюдают одну группу белых медведей, занимающую территорию длиной около 50 морских миль и шириной примерно 20 морских миль. Средняя скорость передвижения медведей составляет приблизительно 0,02 морские мили в минуту. Выразите длину, ширину территории и среднюю скорость перемещения медведей в единицах Международной системы единиц (СИ).

Подсказка:

- 1 морская миля $\approx 1,852$ километра

Возможное решение

Переведём длину и ширину территории в СИ **(4 б)**:

Длина $a = 50$ морских миль $= 50 \cdot 1,852 \text{ км} = \underline{92\,600 \text{ м}}$

Ширина $b = 20$ морских миль $= 20 \cdot 1,852 \text{ км} = \underline{37\,040 \text{ м}}$

Перевод средней скорости медведей в СИ **(6 б)**:

$V = 0,02$ морской мили/минуту $= 0,02 \cdot 1,852 \text{ км}/60 \text{ с} \approx \underline{0,617 \text{ м/с}}$

2. Ежик Семён каждое утро ходит на пруд купаться. Для удобства он берёт с собой маленькое детское полотенце прямоугольной формы и массой 50 г. После купания мокрое полотенце набирает воду и становится тяжелее — теперь оно весит 300 г. При большом количестве воды она начинает капать с полотенца. Однажды утром, пока Семён плескался в воде, начался сильный ливень. Испугавшись промокнуть, ёж быстро развернул полотенце над головой и укрылся от дождя. Дождь прекратился спустя некоторое время, и уровень воды в пруду поднялся на 2 мм. Известно, что масса 1 мл воды равна 1 г. Какова минимальная площадь полотенца, при которой Семён гарантированно не промокнет?

Возможное решение:

1. Определение максимального количества воды, удерживаемой полотенцем:

Сухое полотенце впитывает воду, достигая массы 300 г после полного смачивания. Масса сухого полотенца — 50 г, значит максимальная дополнительная масса поглощаемой воды равна: $m = 300 \text{ г} - 50 \text{ г} = 250 \text{ г}$. **(3 б)**

Тогда объём воды, удерживаемой полотенцем равен 250 мл (или 250 см^3). **(1 б)**

2. Расчёт минимальной площади полотенца:

Количество выпавших осадков везде одинаково (и в пруду и на полотенце составляет 2 мм), а минимальная площадь полотенца соответствует перпендикулярному падению капель на его поверхность. **(2б)**

Толщина слоя воды после дождя составила 2 мм = 0,2 см. Используем формулу объёма слоя воды: $V = S \cdot h$, где S – искомая площадь полотенца, $h = 0,2 \text{ см}$. **(1 б)**

Отсюда находим минимальную площадь полотенца:

$$S = 250 \text{ см}^3 / 0,2 \text{ см} = 1250 \text{ см}^2. \text{ **(3 б)}**$$

3. Ученики школы провели эксперимент по исследованию структуры кристаллов. Они взяли два образца металла одинакового размера (параллелепипеда), изготовленные из разных металлов. Один образец имел структуру простого кубического типа, другой — гранецентрированного кубического типа.

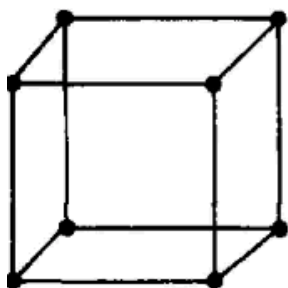
а) Определите отношение числа атомов в первом образце ко второму.

б) Определите во сколько раз отличаются массы образцов.

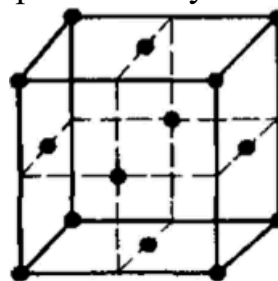
Дополнительные условия задачи:

- Оба образца имеют одинаковые размеры.
- Атомы обоих металлов имеют одинаковую массу.
- Плотность упаковки атомов одинакова для обеих структур.

Простая кубическая решётка



Гранецентрированная кубическая решётка



Возможное решение

а) Определим, какое количество атомов содержится в одной ячейке каждого типа решётки:

○ Простая кубическая (ПК) решетка: В простой кубической решетке атомы расположены только в вершинах куба. Всего вершин у куба — 8, но каждый атом принадлежит сразу 8 соседним кубам, значит, на одну ячейку приходится: $8/8 = 1$ атом. **(3 балла)**

○ Гранецентрированная кубическая решётка:

8 атомов находятся в углах куба, и каждый угол принадлежит 8 ячейкам, значит вклад угла в одну ячейку: $8 \times 1/8 = 1$ атом.

Еще 6 атомов располагаются в центрах граней, причем каждая грань принадлежит 2 ячейкам, значит вклад грани в одну ячейку: $6 \times 1/2 = 3$.

Сумма вклада углов и граней: $1 + 3 = 4$. **(4 балла)**

Итак, число атомов в решётках отличается в 4 раза. **(1 балл)**

б) Связь между количеством атомов и массой образца:

Образцы изготовлены из разных металлов, но оба образца имеют одинаковые размеры и одинаковую массу одного атома, то различие масс связано только с числом атомов в образцах.

Первый образец (простая кубическая решетка) имеет массу в 4 раза меньше второго (гранцентрированная кубическая решетка). **(2 балла)**

4. Постройте график зависимости массы от количества горошин и графически определите массу одной горошины.

а) Для этого проведите серию взвешиваний и заполните таблицу (погрешность измерения массы не учитывать):

Количество горошин (n)	Масса (m), г

б) Постройте график зависимости массы от количества горошин.

в) Определите массу одной горошины (из графика).

Оборудование: весы, горох, миллиметровая бумага, линейка, одноразовая тарелка или поднос.

Возможное решение:

а) Заполненная таблица должна содержать серию не менее чем из пяти измерений **(4 балла)**. Если число измерений менее пяти этот пункт оценивать в 2 балла, если измерений много, но берётся по 1-2 горошины в каждом – оценивать в 2 балла.

Количество горошин (n)	Масса (m), г
10	m_1
20	m_2
30	m_3
40	m_4
50	m_5
60	m_6
70	m_7

б) Критерии оценки графика (3 балла)

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

в) Определена масса одной горошины графическим методом (**3 балла**)

Для этого можно выбрать любую точку на прямой (проведённой близко к экспериментальным точкам) и в получившемся прямоугольном треугольнике найти отношение высоты к основанию.

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

8 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. В сосуд цилиндрической формы диаметром $4a$ аккуратно опускают половинку снежного шара (полусферу) выпуклостью вверх, имеющую массу $m = 200$ г и радиус a . Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м³.

Выясните, во сколько раз давление снежной полусферы на дно сосуда до таяния отличается от давления, создаваемого слоем талой воды после полного таяния полусферы.

Примечание: Площадь круга $S = \pi R^2$, объём сферы $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где R - радиус круга (полусферы).

2. Два одинаковых деревянных бруска размерами $10 \times 5 \times 2$ см, плотно состыкованных друг с другом следующим образом: один брусок лежит горизонтально, второй установлен вертикально, одна грань второго бруска соприкасается с серединой первого. Конструкция свободно плавает в воде, верхний брусок выступает над поверхностью на 1 см. Определите отношение плотности материала брусков к плотности воды.

3. Два друга – Юра и Тимур – одновременно выехали из Архангельска в Северодвинск. До Северодвинска они также добрались одновременно. При этом Юра всю дорогу ехал с постоянной скоростью $2v$. Тимур же разбил путь на 3 части и каждую из частей проехал с постоянной скоростью. Скорости, с которыми ехал Тимур, известны – это v , $3v$ и $4v$. Но Тимур не помнил, с какой скоростью на каком участке он двигался. Однако он точно помнил, что Юра обогнал его ровно на середине пути. Определите, какую часть всего времени движения Тимур ехал быстрее Юры.

4. Учащийся осуществлял опыт с использованием пружины. Один край пружины он закрепил вертикально на стенке, а противоположный тянул вручную, зафиксировав прибором — динамометром.



Во время эксперимента учащийся фиксировал значения показаний прибора и соответствующие им величины удлинения пружины, занося их в табличный вид

Используя предоставленные в таблице данные, составьте график, отображающий зависимость силы упругости пружины от её абсолютной длины.

а) По построенному графику рассчитайте жёсткость пружины

б) Предположите, какое значение показывал динамометр пружины при $l = 15$ см. Поясните своё предположение.

в) С помощью графика определите, чему будет равна длина этой пружины, если к ней приложить силу 7Н?

№ опыта	1	2	3	4	5	6
l , см	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
F , Н	0	1,3	1,7	2,7	4,3	5,0

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

8 класс

Время выполнения –

3 астрономических часа

1. В сосуд цилиндрической формы диаметром $4a$ аккуратно опускают половинку снежного шара (полусферу) выпуклостью вверх, имеющую массу $m = 200$ г и радиус a . Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м³.

Выясните, во сколько раз давление снежной полусферы на дно сосуда до таяния отличается от давления, создаваемого слоем талой воды после полного таяния полусферы.

Примечание: Площадь круга $S = \pi R^2$, объём сферы $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где R - радиус круга (полусферы).

Возможное решение

1. Площадь дна сосуда и контактная площадь полусферы (**2 балла**):

Площадь дна сосуда (цилиндр): $S_{\text{ц}} = \pi(2a)^2 = 4\pi a^2$

Площадь касания полусферы с дном: $S_{\text{п}} = \pi a^2$.

2. Вес полусферы и расчет давления на дно (**2 балла**):

Масса полусферы равна $m = 0,2$ кг, соответственно вес: $P = mg = 2$ Н.

Давление полусферы на дно сосуда: $p_1 = P/S_{\text{п}} = 2/\pi a^2$ Па.

3. Объем растаявшей воды и соответствующее гидростатическое давление (**2 балла**):

Объем снежной полусферы преобразуется в воду: $V_{\text{воды}} = \frac{2}{3}\pi a^3$.

Толщина водного слоя в сосуде после таяния: $h = \frac{V_{\text{воды}}}{S_{\text{ц}}} = \frac{\frac{2}{3}\pi a^3}{4\pi a^2} = \frac{a}{6}$ (м).

Давление столба воды: $p_2 = \rho gh = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{a}{6} \approx 1670a$ (Па)

4. Отношение давления полусферы к давлению воды (**2 балла**):

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{2/\pi a^2}{1670a} \approx \frac{3,8 \cdot 10^{-4}}{a^3}$$

5. Анализируя формулу полученную формулу, видно следующее:

Чем больше размер полусферы (a), тем сильнее падает значение выражения, так как оно обратно пропорционально кубу радиуса a .

Например, при увеличении a в два раза, давление станет в восемь раз меньшим (так как зависимость кубическая).

Когда a становится достаточно большим, давление полусферы становится настолько маленьким, что оно почти несущественно по сравнению с давлением воды.

Таким образом, отношение давления постепенно снижается при росте размера полусферы. (2 балла)

2. Два одинаковых деревянных бруска размерами $10 \times 5 \times 2$ см, плотно состыкованных друг с другом следующим образом: один брусок лежит горизонтально, второй установлен вертикально, одна грань второго бруска соприкасается с серединой первого. Конструкция свободно плавает в воде, верхний брусок выступает над поверхностью на 1 см. Определите отношение плотности материала брусков к плотности воды.

Возможное решение

Площадь сечения бруска: $S = ab = 50 \text{ см}^2 = 0,005 \text{ м}^2$. (2 балла)

Объем каждого бруска: $V = abc = 0,0001 \text{ м}^3$. (2 балла)

Погружённый объем: $V_{\text{погр}} = S(c-d) + Sc = 0,00015 \text{ м}^3$. (2 балла)

Условие плавания брусков: $2\rho_{\text{брус}}Vg = \rho_{\text{в}}V_{\text{погр}}g$. (2 балла)

Отношение плотностей:

$$\frac{\rho_{\text{брус}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{0,00015}{2 \times 0,0001} = \frac{3}{4}. \text{ (2 балла)}$$

3. Два друга – Юра и Тимур – одновременно выехали из Архангельска в Северодвинск. До Северодвинска они также добрались одновременно. При этом Юра всю дорогу ехал с постоянной скоростью $2v$. Тимур же разбил путь на 3 части и каждую из частей проехал с постоянной скоростью. Скорости, с которыми ехал Тимур, известны – это v , $3v$ и $4v$. Но Тимур не помнил, с какой скоростью на каком участке он двигался. Однако он точно помнил, что Юра обогнал его ровно на середине пути. Определите, какую часть всего времени движения Тимур ехал быстрее Юры.

Возможное решение:

Ясно, что в момент обгона Тимур двигался со скоростью v . Причем двигался он по второму участку пути. Ведь с одной стороны он должен был сначала уехать вперед от Юры, чтобы тот смог впоследствии совершить обгон. А с другой стороны, после того, как Тимур отстал, он должен был ускориться, чтобы догнать Юру в Северодвинске.

Обозначим длину всего пути от Архангельска до Северодвинска – $2S$. Тогда половина пути – S .

Пусть протяженности участков, по которым двигался Тимур, это S_1 , S_2 и S_3 . Разобьем второй участок еще на 2 части – до середины пути и после нее: $S_2 = S_{21} + S_{22}$. Тогда:

$$S_1 + S_{21} = S \text{ и } S_3 + S_{22} = S.$$

Условие встречи на середине пути:

$$\frac{S_1}{3v} + \frac{S_{21}}{v} = \frac{S_1}{3v} + \frac{S - S_1}{v} = \frac{S}{2v}.$$

Условие встречи в конце пути:

$$\frac{S_3}{4v} + \frac{S_{22}}{v} = \frac{S_3}{4v} + \frac{S - S_3}{v} = \frac{S}{2v}.$$

Заметим, что мы не можем с уверенностью сказать, на первом или последнем отрезке пути Тимур ехал быстрее. Но этот момент не является принципиальным для решения задачи, поскольку уравнения абсолютно одинаковы.

$$S_1 = \frac{3S}{4}; S_3 = \frac{2S}{3}.$$

$$\text{Тогда } S_2 = \frac{S}{4} + \frac{S}{3} = \frac{7S}{12}.$$

Полное время движения Тимура совпадает с полным временем движения Юры $t = \frac{S}{v}$.

Время движения на втором участке $t_2 = \frac{7S}{12v}$. Тогда:

$$\frac{t_2}{t} = \frac{7}{12}.$$

Значит быстрее Юры Тимур ехал в течение времени $t - t_2 = 5t/12$.

Критерии оценивания

Определено (явно указано или используется в решении), что Тимур двигался со скоростью v на втором участке (0,5 балла)

☐ Определено (явно указано или используется в решении), что середина пути приходится на второй участок (0,5 балла)

☐ Второй участок разбит на 2 части (явно указано или используется в решении) – до середины пути и после (1 балл)

☐ Записано условие встречи на середине пути (2 балла)

Записано условие встречи в конце пути (2 балла)

☐ Длина первого участка пути Тимура выражена через длину всего пути (0,5 балла)

☐ Длина третьего участка пути Тимура выражена через длину всего пути (0,5 балла)

☐ Записано выражение для времени движения Тимура на первом и третьем участках (1 балл)

☐ Записано выражение для полного времени движения (1 балл)

☐ Определена часть времени, приходящаяся на первый и третий участок (1 балл)

4. Учащийся осуществлял опыт с использованием пружины. Один край пружины он закрепил вертикально на стенке, а противоположный тянул вручную, зафиксировав прибором — динамометром.



Во время эксперимента учащийся фиксировал значения показаний прибора и соответствующие им величины удлинения пружины, занося их в табличный вид

Используя предоставленные в таблице данные, составьте график, отображающий зависимость силы упругости пружины от её абсолютной длины.

а) По построенному графику рассчитайте жёсткость пружины

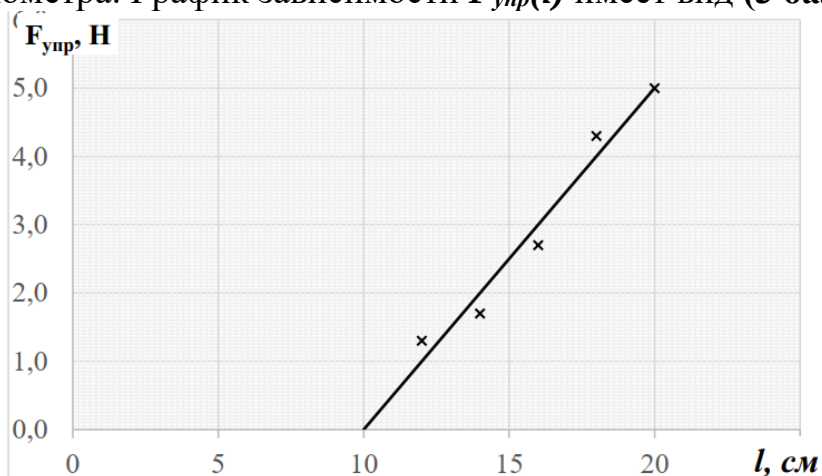
б) Предположите, какое значение показывал динамометр пружины при $l = 15$ см. Поясните своё предположение.

в) С помощью графика определите, чему будет равна длина этой пружины, если к ней приложить силу 7Н?

№ опыта	1	2	3	4	5	6
l , см	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
F , Н	0	1,3	1,7	2,7	4,3	5,0

Возможное решение:

Сила упругости, возникающая в пружине, определяется показаниями динамометра. График зависимости $F_{упр}(l)$ имеет вид (3 балла):

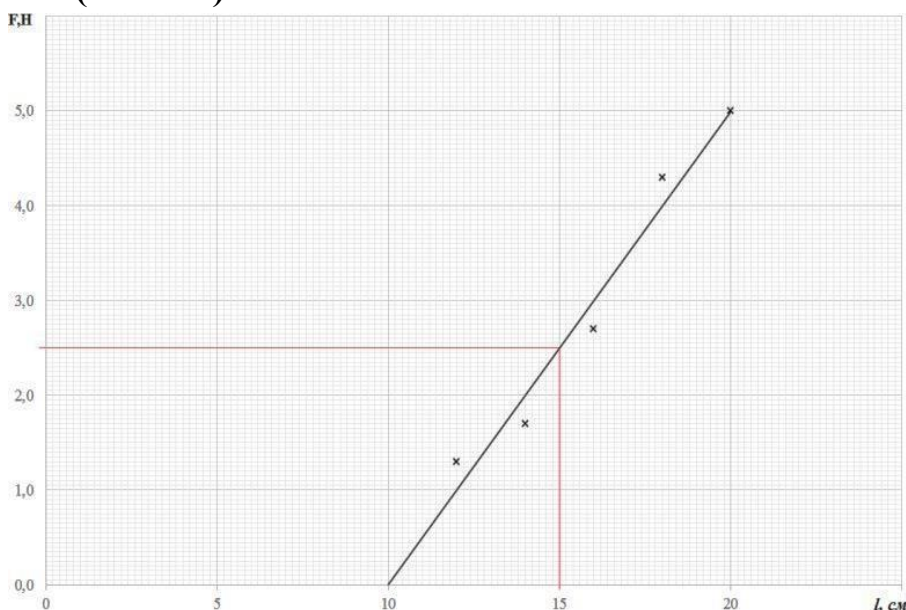


а) Жёсткость рассчитываем используя закон Гука $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{5 \text{ Н}}{0,1 \text{ м}} = 50 \text{ Н/м}$

(3 б)

б) Значение, которое показывал динамометр при $l = 15$ см, определяем по

графику с точностью, равной минимальной цене деления вертикальной оси: $F = 2,50 \text{ Н}$ (2 балла).



в) На графике продлить прямую и для 7 Н по горизонтали найти соответствующую длину на оси l . Расчёты 24 см дают. (2 балла)

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

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

9 класс

Время выполнения –

3 астрономических часа 50 минут

1. Мотоциклист движется прямолинейно с постоянным ускорением. Некоторое расстояние длиной 80 метров он проезжает со средней скоростью 8 м/с, увеличив свою скорость на участке на 4 м/с.

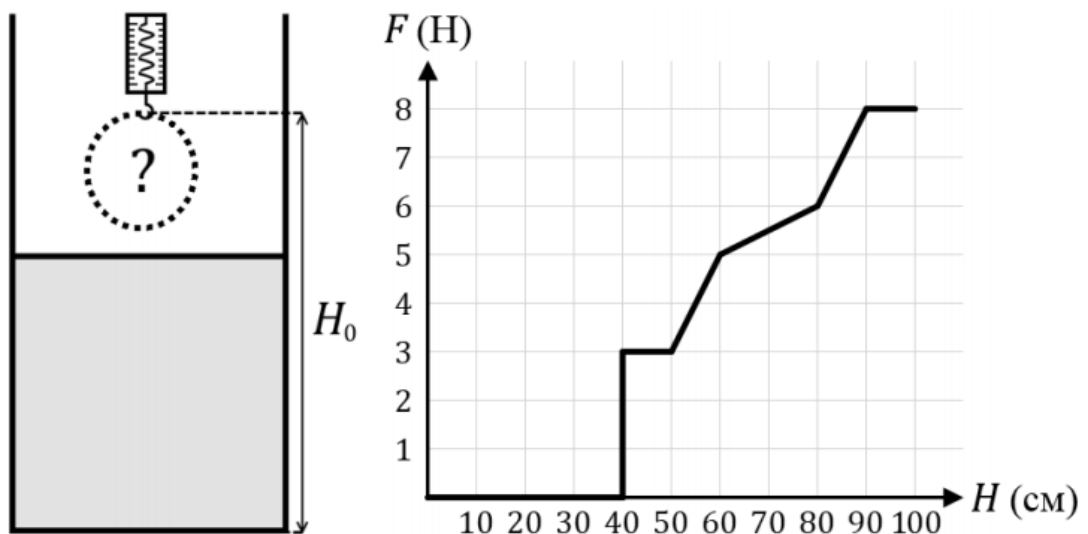
а) Чему равна мгновенная скорость мотоциклиста в середине этого участка пути?

б) Сколько времени потребовалось мотоциклисту, чтобы преодолеть первую половину этого участка пути?

2. В теплоизолированном сосуде смешали горячую воду температурой $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и лёд из морозильной камеры в объёме 4:5 соответственно. После перемешивания весь лёд растаял, а в сосуде установилась конечная температура $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найдите температуру льда ($t_{\text{л}}$) перед помещением в сосуд. Затем определите новую температуру смеси, если бы взяли соотношение объёма горячей воды и льда равным 3:1. Используйте следующие физические константы:

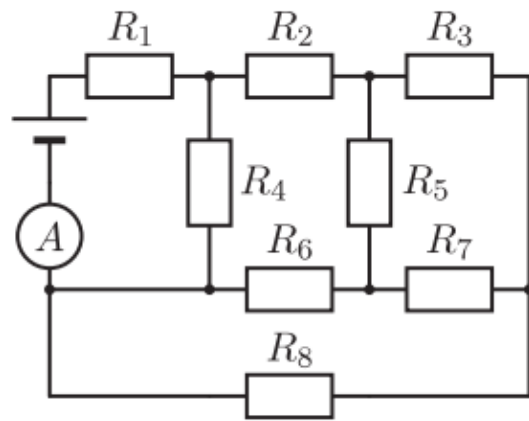
Плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$, льда $\rho_{\text{л}}=900\text{ кг/м}^3$; удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж/(кг }^{\circ}\text{C)}$, льда $c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж/(кг }^{\circ}\text{C)}$; удельная теплота плавления льда $\lambda = 340\,000\text{ Дж/кг}$.

3. Небольшой груз на динамометре подвешен на начальной высоте $H_0 = 100\text{ см}$. Груз медленно погружают в широкий сосуд с водой (плотностью $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$). График зависимости показаний динамометра от высоты точки подвеса груза приведён на рисунке. Определите возможную форму груза с указанием размеров. ($g=10\text{ м/с}^2$).



4. Сопротивления всех резисторов в электрической цепи, изображённой на рисунке, одинаковы и равны $R = 300 \text{ Ом}$. Включённый в цепь амперметр показывает величину силы тока $I = 10 \text{ мА}$. Найдите напряжение батарейки.

Сопротивлениями амперметра и батарейки можно пренебречь.



5. Учащийся осуществлял опыт с использованием пружины. Один край пружины он закрепил вертикально на стенке, а противоположный тянул вручную, зафиксировав прибором — динамометром.

Во время эксперимента учащийся фиксировал значения показаний прибора и соответствующие им величины удлинения пружины, занося их в табличный вид

Используя предоставленные в таблице данные, составьте график, отображающий зависимость усилия упругости пружины от её абсолютной длины. По построенному графику рассчитайте выполненную учеником работу при увеличении длины пружины на 10 сантиметров.

Определите среднюю величину мощности действий учащегося, приложенных для увеличения длины пружины до отметки 20 см, если продолжительность процедуры составила 5 секунд.

Предположите, какое значение показывал динамометр пружины при $l = 15 \text{ см}$. Поясните своё предположение.



№ опыта	1	2	3	4	5	6
$l, \text{ см}$	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
$F, \text{ Н}$	0	1,3	1,7	2,7	4,3	5,0

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

9 класс

Время выполнения –

3 астрономических часа 50 минут

1. Мотоциклист движется прямолинейно с постоянным ускорением. Некоторое расстояние длиной 80 метров он проезжает со средней скоростью 8 м/с, увеличив свою скорость на участке на 4 м/с.

а) Чему равна мгновенная скорость мотоциклиста в середине этого участка пути?

б) Сколько времени потребовалось мотоциклисту, чтобы преодолеть первую половину этого участка пути?

Возможное решение:

1) Обозначим начальную скорость мотоциклиста перед участком длины $L=80$ м как v_0 , конечную — как v .

Средняя скорость на участке известна: $\bar{v} = 8$ м/с. Из условия известно также, что увеличение скорости составило $\Delta v = 4$ м/с, следовательно,

$$v = v_0 + \Delta v.$$

Так как движение равноускоренное, средняя скорость равна среднему арифметическому начальной и конечной скоростей:

$$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2} \Rightarrow 8 = \frac{(v_0 + 4) + v_0}{2} \Rightarrow v_0 = 6 \text{ м/с}, v = 10 \text{ м/с}$$

Теперь найдём ускорение a :

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2L} = \frac{10^2 - 6^2}{2 \cdot 80} = 0,4 \text{ м/с}^2 \text{ (4 балла).}$$

2) Найдём мгновенную скорость v_x в середине участка ($x=L/2=40$ м) из формулы (3 балла):

$$x = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2a}, \text{ откуда } v_x = \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 40 + 6^2} \approx 8,2 \text{ м/с}$$

3) Время прохождения первой половины пути t_1 ($x=L/2=40$ м) при известной конечной скорости на этом промежутке и ускорении найдём из определения ускорения (3 балла):

$$t_1 = \frac{v_x - v_0}{a} = \frac{8,2 - 6}{0,4} = 5,5 \text{ с}$$

2. В теплоизолированном сосуде смешали горячую воду температурой 80 °С и лёд из морозильной камеры в объёме 4:5 соответственно. После

перемешивания весь лёд растаял, а в сосуде установилась конечная температура $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Найдите температуру льда ($t_{\text{л}}$) перед помещением в сосуд. Затем определите новую температуру смеси, если бы взяли соотношение объёма горячей воды и льда равным 3:1. Используйте следующие физические константы:

Плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$, льда $\rho_{\text{л}}=900\text{ кг/м}^3$; удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)}$, льда $c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)}$; удельная теплота плавления льда $\lambda = 340\,000\text{ Дж/кг}$.

Возможное решение:

Обозначим:

1) Массу горячей воды — $m_{\text{в}}$, массу льда — $m_{\text{л}}$. Объёмы: воды — $V_{\text{в}}$, льда — $V_{\text{л}}$.

Температура горячей воды изначально равна $t_{\text{в}}=80^\circ\text{C}$, температура смеси стала равной $t_2=0^\circ\text{C}$.

Поскольку плотности известны, массы можно выразить через объёмы следующим образом: $m_{\text{в}}=\rho_{\text{в}}\times V_{\text{в}}$, $m_{\text{л}}=\rho_{\text{л}}\times V_{\text{л}}$, а по условию $V_{\text{в}}/V_{\text{л}}=4/5$, тогда $m_{\text{в}}/m_{\text{л}}=8/9$ **(1 балл)**

2) Теперь рассмотрим уравнение теплового баланса:

Полученная от горячей воды энергия пошла на нагрев льда и последующее таяние всего объема льда:

$$m_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - 0) = m_{\text{л}}c_{\text{л}}(0 - t_{\text{л}}) + m_{\text{л}}\lambda$$

После решения уравнения получаем $t_{\text{л}} = -19,7^\circ\text{C}$ **(4 балла)**.

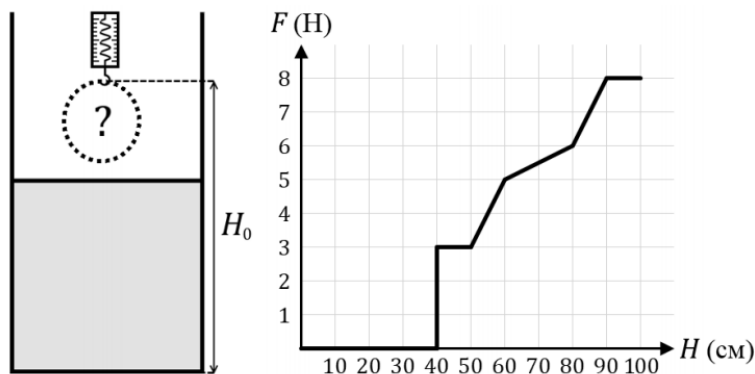
3) Новая температура смеси при другом соотношении объёмов (3:1)

Отношение масс $m_{\text{в}}/m_{\text{л}}=10/3$ **(1 балл)** даёт возможность получившейся воде из льда нагреться до конечной температуры t :

$$m_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t) = m_{\text{л}}c_{\text{л}}(0 - t_{\text{л}}) + m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c_{\text{в}}(t - 0)$$

Откуда $t \approx 40^\circ\text{C}$ **(4 балла)**.

3. Небольшой груз на динамометре подвешен на начальной высоте $H_0 = 100\text{ см}$. Груз медленно погружают в широкий сосуд с водой (плотностью $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$). График зависимости показаний динамометра от высоты точки подвеса груза приведён на рисунке. Определите возможную форму груза с указанием размеров. ($g=10\text{ м/с}^2$).



Возможное решение:

По графику (участок Н от 100 до 90 см) определим вес груза в воздухе: $P = 8$ Н и его массу $m = P/g = 0,8$ кг. **(1 балл)**

1) Участок Н от 90 до 80 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F от 8 Н до 6 Н. Показания динамометра в воде на этом участке $F = mg - \rho_b shg$, где h – глубина погружения нижней плоскости груза. Отсюда $\Delta F = \rho_b shg$.

$$\text{Найдём } s = \frac{\Delta F}{\rho_b hg}.$$

Возможная форма нижней части груза, первой касающаяся воды это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

2) Участок H_1 от 80 до 60 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F_1 от 6 Н до 5 Н. Показания динамометра в воде в этом случае $F_1 = mg - \rho_b s_1 h_1 g$, $\Delta F_1 = \rho_b s_1 \Delta h_1 g$.

$$\text{Отсюда } s_1 = \frac{\Delta F_1}{\rho_b \Delta h_1 g}$$

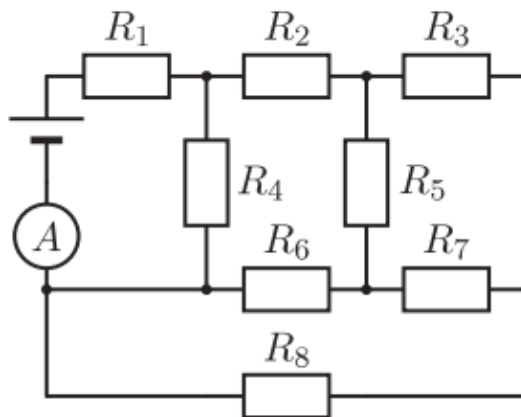
Возможная форма второй части груза – это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h_1 = 0,2$ м и площадью основания $s = 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

3) Участок H_2 от 60 до 50 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F_2 от 5 Н до 3 Н. Наклон графика на этом участке такой же как на участке от 90 до 80 см, поэтому возможная форма этой части груза, это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

Возможная форма груза это три соосных цилиндра или прямоугольных параллелепипеда, верхний и нижний высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, а средний - высотой $h_1 = 0,2$ м и площадью основания $s = 10^{-3} \text{ м}^2$.

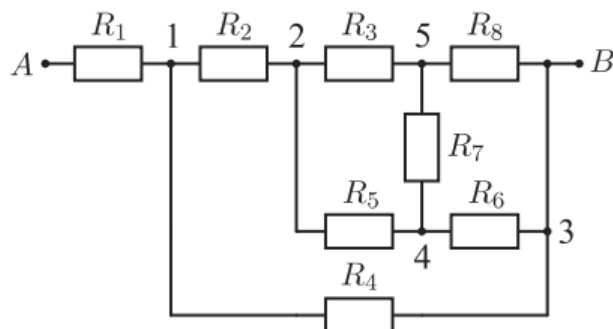
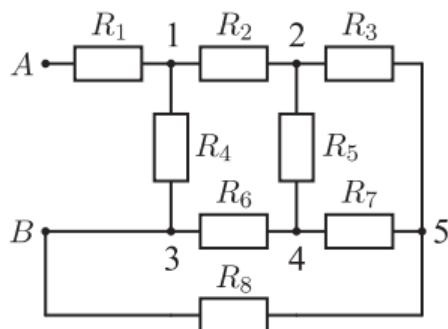
4. Сопротивления всех резисторов в электрической цепи, изображённой на рисунке, одинаковы и равны $R = 300$ Ом. Включённый в цепь амперметр показывает величину силы тока $I = 10$ мА. Найдите напряжение батарейки.

Сопротивлениями амперметра и батарейки можно пренебречь.



Возможное решение:

Найдём сопротивление электрической цепи между точками A и B (см. рис. слева). Для этого перерисуем схему цепи, как показано на рис. справа (цифрами на схеме обозначены соответствующие друг другу узлы). (3 балла)



Из симметрии участка схемы, содержащего резисторы R_3 , R_5 , R_6 , R_7 и R_8 следует, что сила тока, текущего через резистор R_7 , равна нулю. Поэтому при удалении этого резистора из цепи силы токов через остальные резисторы и общее сопротивление цепи не изменятся (3 балла). Сопротивление цепи после удаления этого резистора определяется из законов последовательного и параллельного сопротивления проводников; оно равно $R_{AB} = 5/3R$ (3 балла). Следовательно, $U = IR_{AB} = 5/3IR = 5$ В. (1 балл)

5. Учащийся осуществлял опыт с использованием пружины. Один край пружины он закрепил вертикально на стенке, а противоположный тянул вручную, зафиксировав прибором — динамометром.



Во время эксперимента учащийся фиксировал значения показаний прибора и соответствующие им величины удлинения пружины, занося их в табличный вид

Используя предоставленные в таблице данные, составьте график, отображающий зависимость усилия упругости пружины от её абсолютной длины. По построенному графику рассчитайте выполненную учеником работу при увеличении длины пружины на 10 сантиметров.

Определите среднюю величину мощности действий учащегося, приложенных для увеличения длины пружины до отметки 20 см, если продолжительность процедуры составила 5 секунд.

Предположите, какое значение показывал динамометр пружины при $l = 15$ см. Поясните своё предположение.

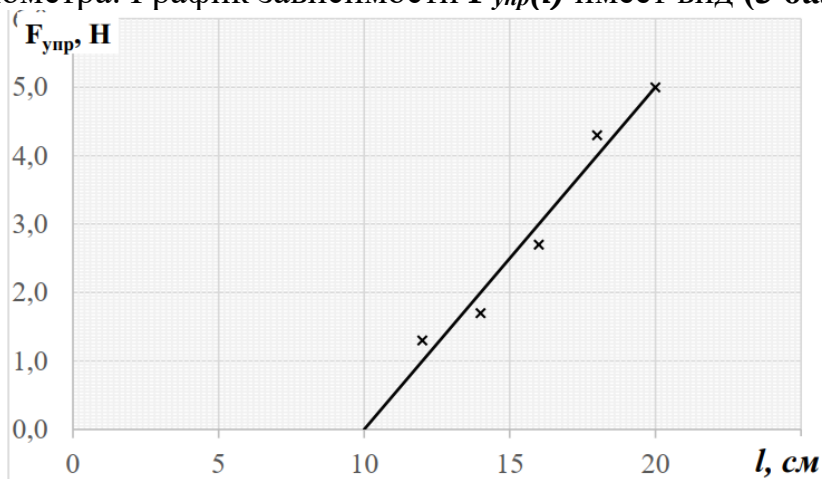
№ опыта	1	2	3	4	5	6
---------	---	---	---	---	---	---

$l, \text{ см}$	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
$F, \text{ Н}$	0	1,3	1,7	2,7	4,3	5,0

,0

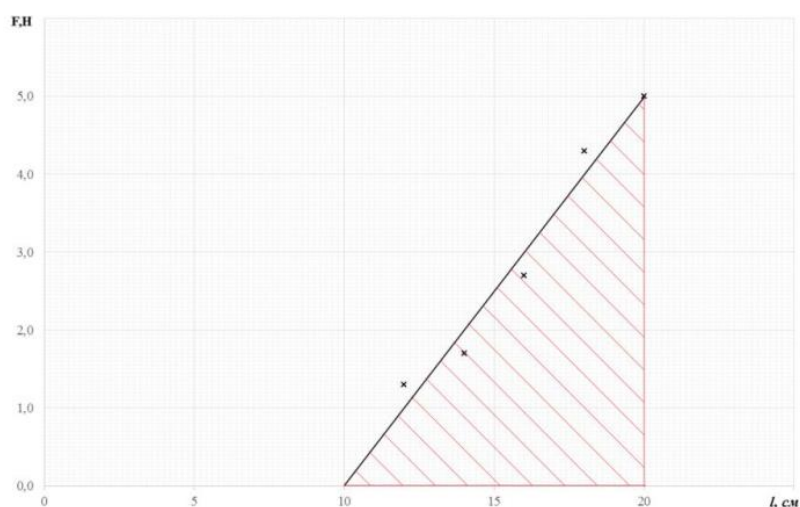
Возможное решение:

Сила упругости, возникающая в пружине, определяется показаниями динамометра. График зависимости $F_{\text{упр}}(l)$ имеет вид (3 балла):



25

Определить работу как площадь под графиком, переведя длину в метры (3 балла):



$$A = \frac{1}{2}(0,2 - 0,1) \cdot 5 = 0,25 \text{ Дж.}$$

Средняя мощность усилий ученика по растяжению пружины (2 балла):

$$P = \frac{A}{t} = \frac{0,25 \text{ Дж}}{5 \text{ с}} = 0,05 \text{ Вт.}$$

Значение, которое показывал динамометр при $l = 15$ см, определяем по графику с точностью, равной минимальной цене деления вертикальной оси: $F = 2,50$ Н (2 балла).

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

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.

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

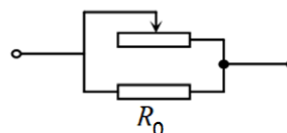


Рис. в

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

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.

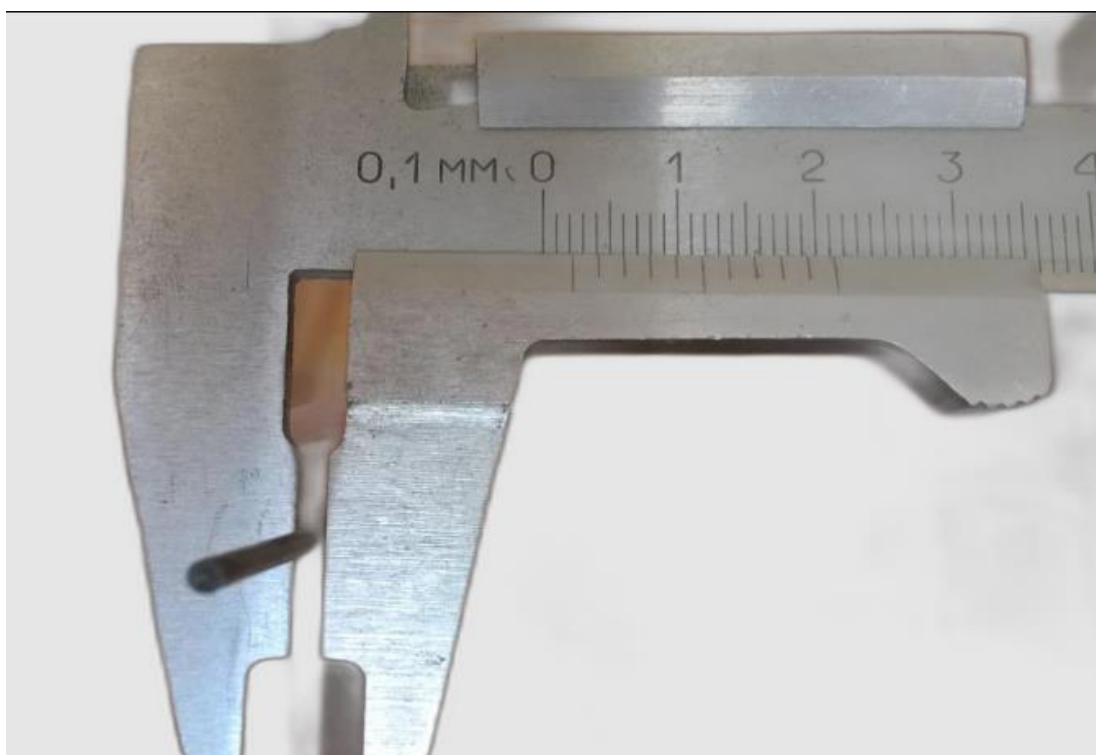
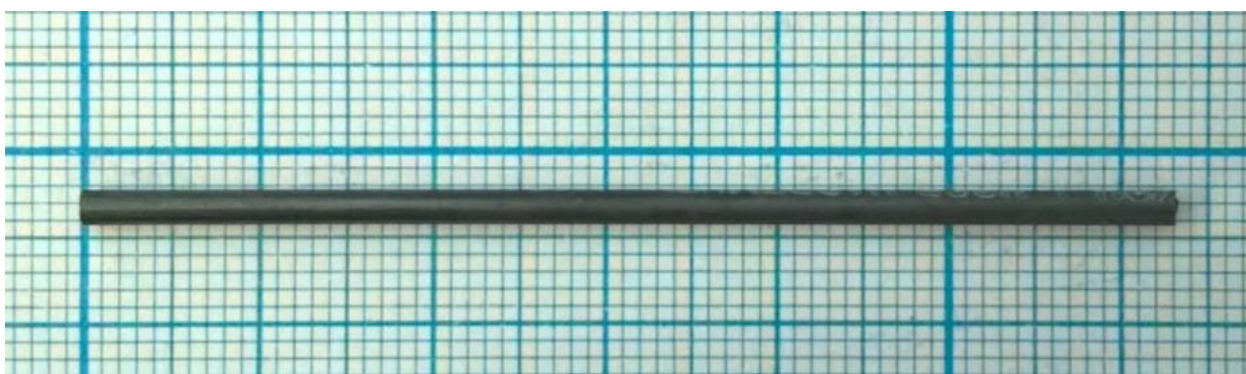
5. Учащийся решил измерить удельное электрическое сопротивление графита. Для этого он использовал графитовый стержень, источник постоянного напряжения, соединительные провода, кювету, воду, миллиметровую бумагу, термометр, секундомер и штангенциркуль (см. рис.).

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.

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 .

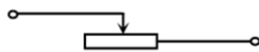


Рис. а



Рис. б

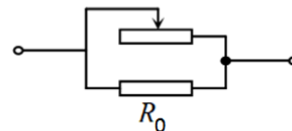
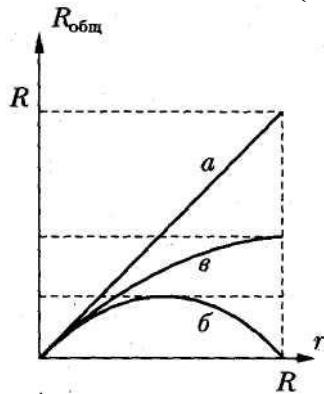


Рис. в

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°C до 95°C за 5 минут пребывания машины в тёплом гараже с температурой воздуха 20°C . Стремясь ускорить процесс охлаждения, механик переместил автомобиль в прохладный ангар, где температура составляла 0°C . В результате жидкость охладилась с 95°C до 90°C за 4 минуты 12 секунд. Но поскольку требуемый эффект достигнут не был, было решено выгнать автомобиль на улицу, где температура воздуха достигала -20°C . Требуется вычислить, за какое время охлаждающая жидкость продолжит снижаться на свежем воздухе с начальной температуры 90°C до нужной температуры 85°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 Δt , T_0 — температура окружающей среды. (3 балла)

Выразим из написанного выражения коэффициент α (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

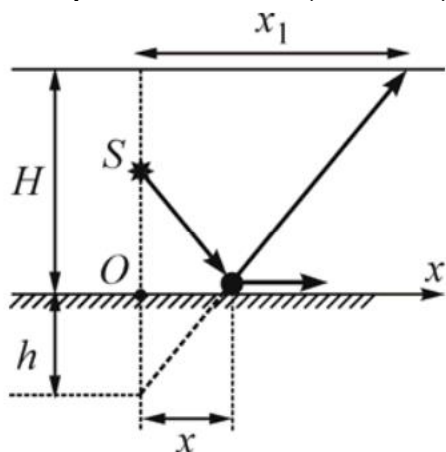
Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна x_1 связана с координатой тележки x соотношением подобия $x/h = x_1/(H + h)$ **(2 балла)**

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)**



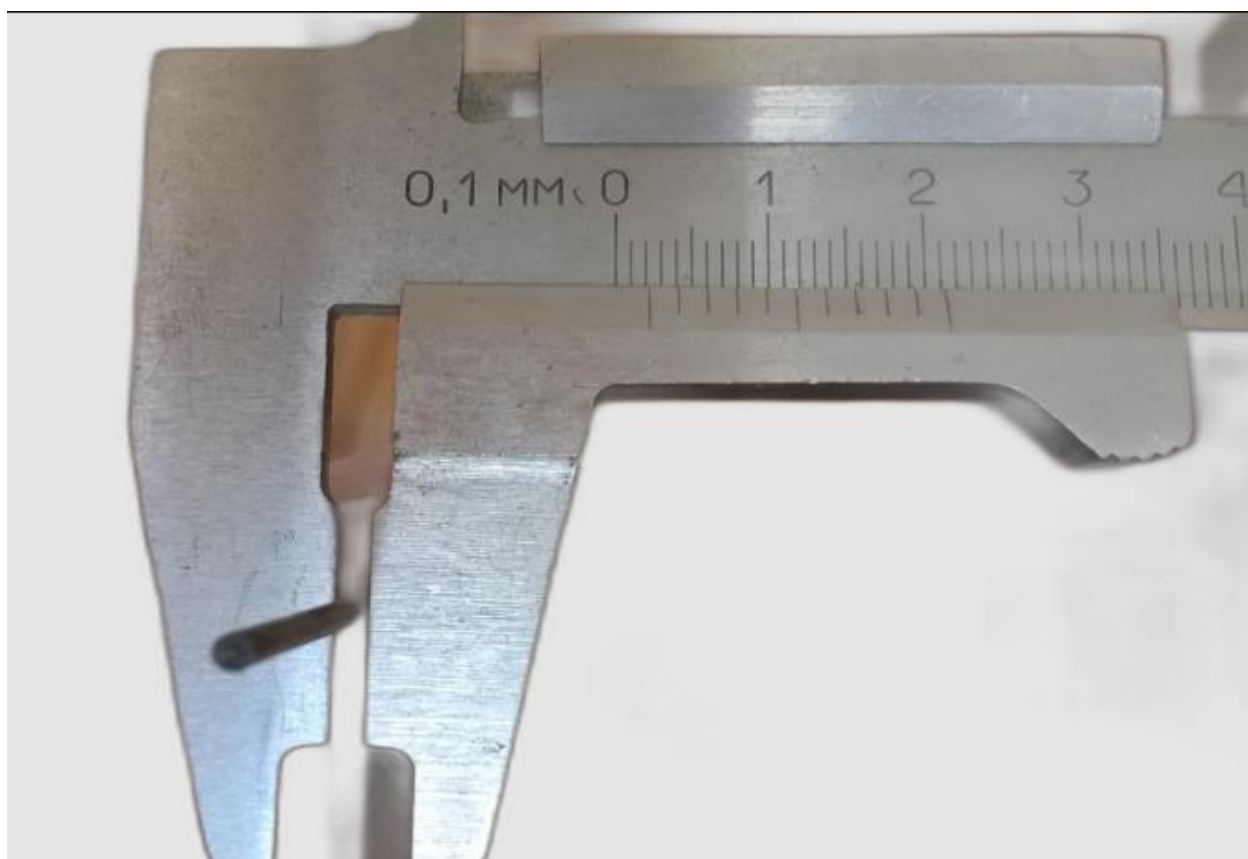
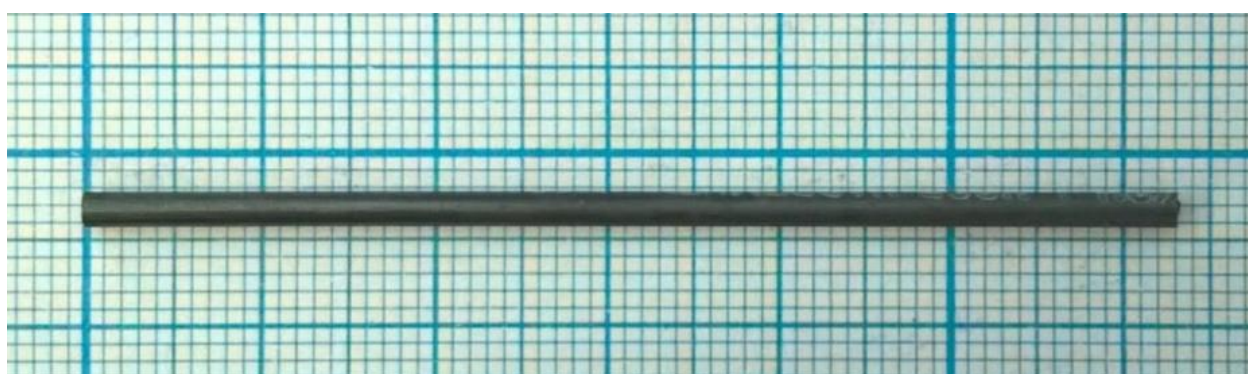
5. Учащийся решил измерить удельное электрическое сопротивление графита. Для этого он использовал графитовый стержень, источник постоянного напряжения, соединительные провода, кювету, воду, миллиметровую бумагу, термометр, секундомер и штангенциркуль (см. рис.).

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)**

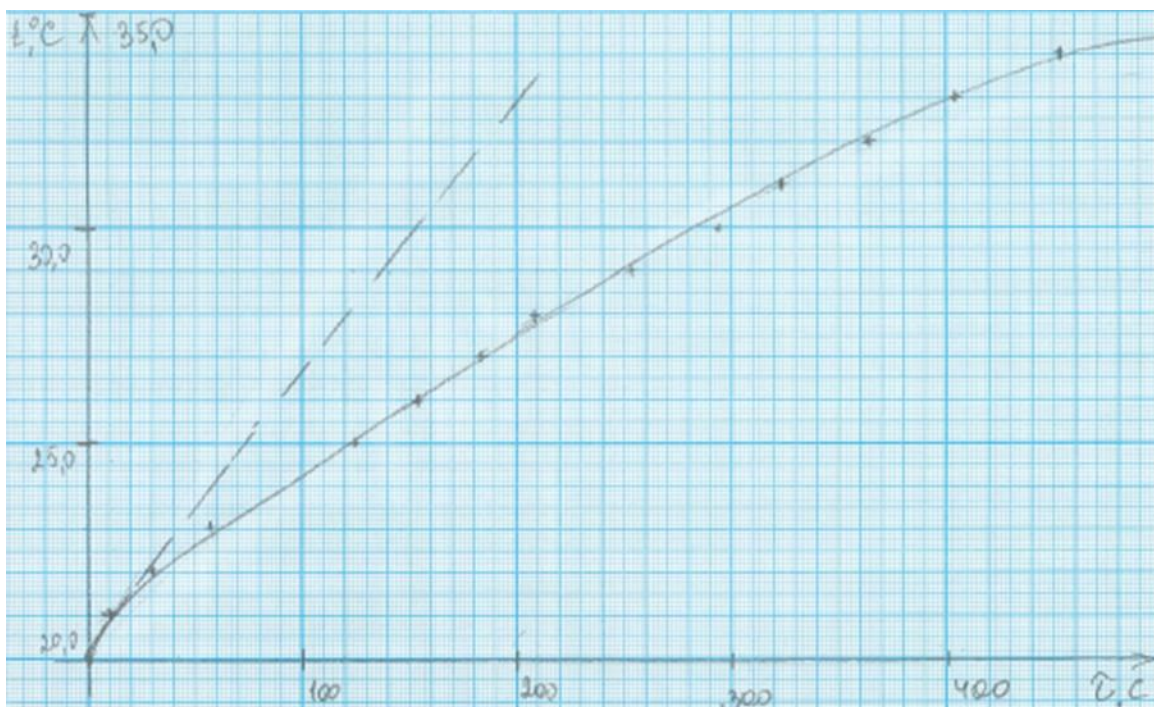
В зависимости $\Delta t(^{\circ}\text{C})$ от τ выражение $U^2 \tau / (Rcm)$ – константа и может быть найдена по графику зависимости $t(^{\circ}\text{C})$ от τ .

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 τ . 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)**

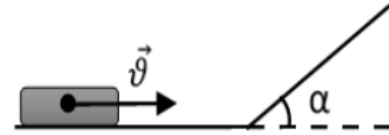
Подставив числовые значения в формулу (1), получим
 $\rho \approx 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. **(1 балл)**

Критерии оценки графика

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

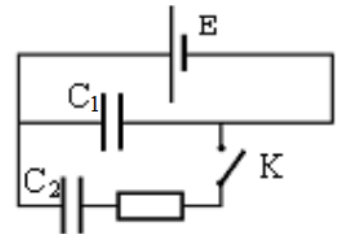
Баллы	Название критерия	Пояснения
0,5	Размер графика	График должен занимать не менее 70-80% от предложенного формата миллиметровой бумаги
0,5	Расположение и ориентация осей графика	По оси абсцисс откладывается независимая величина, по оси ординат – зависимая
0,5	Подписывание осей графика	Около осей должны 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

1. Кирпич движется по идеально ровному столу со скоростью v . Найдите максимальную высоту подъема кирпича по стационарной наклонной плоскости с углом $\alpha < \pi/2$ и коэффициентом трения μ , предполагая, что длина наклонной плоскости значительно превышает длину кирпича. Удар о наклонную плоскость считается абсолютно неупругим, при ударе импульс системы не сохраняется.



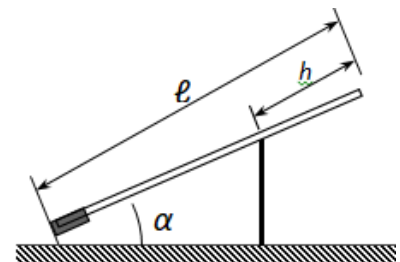
2. В электрической цепи, представленной на рисунке, вначале ключ K разомкнут. После того, как ключ замкнули, в цепи выделилось $Q = 10^{-5}$ Дж тепла.

Найти емкости конденсаторов, если $C_1 = 2C_2$. ЭДС источника $E = 10$ В, внутренним сопротивлением источника пренебречь.



3. Некоторое количество азота охлаждают так, что его давление меняется пропорционально его объему. Затем его нагревают при постоянном объеме до начальной температуры. Найдите отношение количества теплоты, отданного газом, к количеству теплоты, полученному им. Постройте график зависимости давления от объема. Азот при рассматриваемых температурах можно считать идеальным газом. При решении учтите, что азот двухатомный газ.

4. Плоскую шайбу массой $m = 2$ кг толкнули по однородной доске длиной $\ell = 3$ м, опирающейся на уступ на расстоянии $h = 1$ м от конца. Масса доски $M = 6$ кг, доска составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, трение между доской и шайбой отсутствует, скорость шайбы на верхнем конце доски принять нулю. Какую скорость следует сообщить шайбе, чтобы нижний конец доски оторвался от пола?



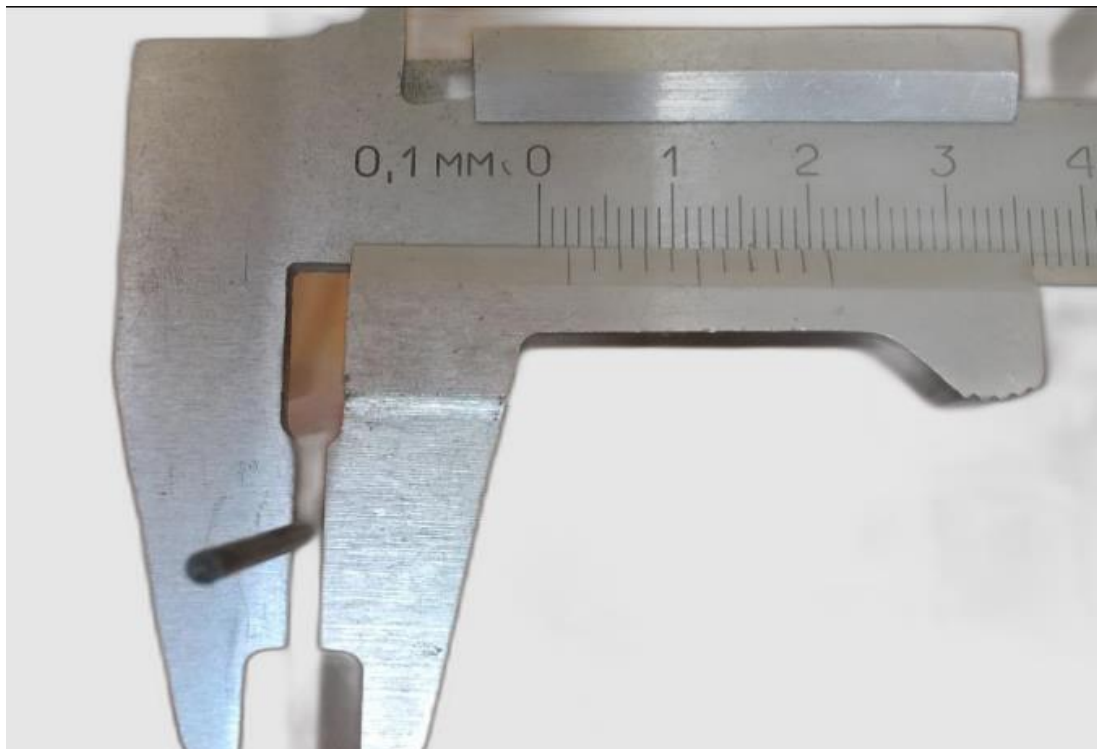
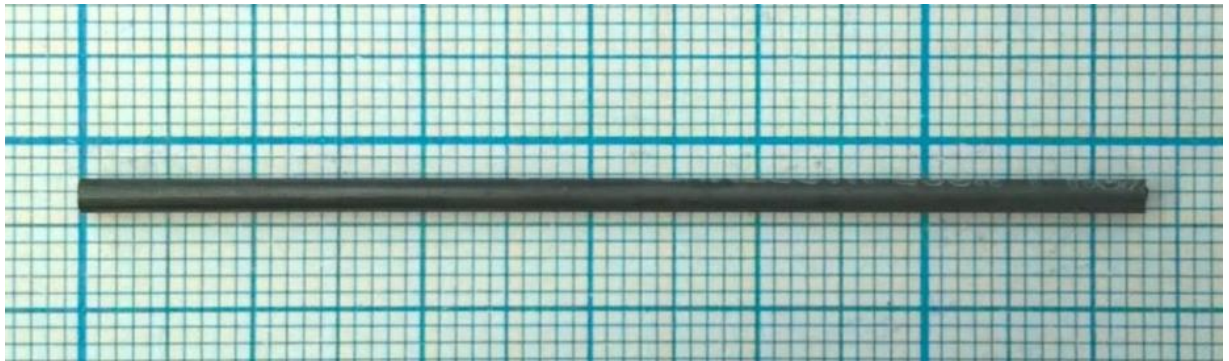
5. Учащийся решил измерить удельное электрическое сопротивление графита. Для этого он использовал графитовый стержень, источник постоянного напряжения, соединительные провода, кювету, воду, миллиметровую бумагу, термометр, секундомер и штангенциркуль (см. рис.). Сначала учащийся определил геометрические 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·°C), масса воды в кювете 40 г.

Таблица 1

t, °C	τ, мин	t, °C	τ, мин	t, °C	τ, мин	t, °C	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.

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

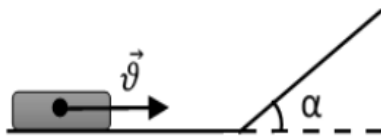
Муниципальный этап

11 класс

Время выполнения –

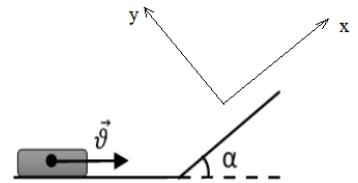
3 астрономических часа 50 минут

1. Кирпич движется по идеально ровному столу со скоростью v . Найдите максимальную высоту подъема кирпича по стационарной наклонной плоскости с углом $\alpha < \pi/2$ и коэффициентом трения μ , предполагая, что длина наклонной плоскости значительно превышает длину кирпича. Удар о наклонную плоскость считается абсолютно неупругим, при ударе импульс системы не сохраняется.



Возможное решение

Спроектируем второй закон Ньютона для кирпича в импульсной форме на выбранные оси (см. рис.), учтём, что изменение импульса обусловлено действием силы тяжести, силы трения и силы нормальной реакции опоры со стороны плоскости за время Δt :



$$ox: mv' - mv \cos \alpha = (-mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}) \Delta t \quad (1 \text{ балл})$$

$$oy: 0 - (-mv \sin \alpha) = (-mg \cos \alpha + N) \Delta t \quad (1 \text{ балл})$$

v' - скорость кирпича сразу после начала скольжения по наклонной плоскости.

Т.к. в момент изменения траектории кирпича (удара) $mg \cos \alpha$ и $mg \sin \alpha \ll N$, то после применения закона Амонтона-Кулона:

$$ox: mv' - mv \cos \alpha = -\mu N \Delta t \quad (1 \text{ балл})$$

$$oy: mv \sin \alpha = N \Delta t \quad (1 \text{ балл})$$

Объединим: $mv' - mv \cos \alpha = -\mu mv \sin \alpha$, откуда

$$v' = v(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \quad (1 \text{ балл})$$

По закону изменения механической энергии:

$$(mgh + 0) - \left(0 + \frac{mv'^2}{2}\right) = -F_{\text{тр}} s \quad (2 \text{ балла})$$

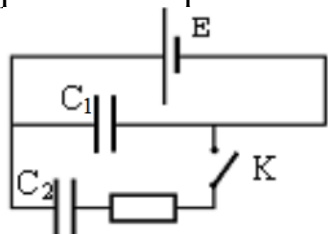
$$\text{где } F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \text{ и } s = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (1 \text{ балл})$$

После подстановки v' находим максимальную высоту

$$h = \frac{v^2 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)^2}{2g (1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha)} \quad (2 \text{ балла})$$

2. В электрической цепи, представленной на рисунке, вначале ключ К разомкнут. После того, как ключ замкнули, в цепи выделилось $Q = 10^{-5}$ Дж тепла.

Найти емкости конденсаторов, если $C_1 = 2C_2$. ЭДС источника $E = 10$ В, внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Возможное решение

В начальный момент конденсатор ёмкостью C_1 обладает энергией $W_1 = 0,5C_1E^2$

После замыкания ключа ещё зарядится конденсатор C_2 и будет иметь заряд $q = C_2E$ (у первого ничего не изменится) и энергию $W_2 = 0,5C_2E^2$. **(2 балла)**

Работа, совершенная батареей при замыкании ключа $A = qE$. **(2 балла)**

Работа источника идёт на изменение энергии конденсаторов, включённых в цепь, а также превращается в тепло, выделяющееся на резисторах цепи: $A = \Delta W + Q$. **(2 балла)**

Подставив $A = C_2E^2$ и $\Delta W = W_{\text{конеч}} - W_{\text{нач}} = (W_1 + W_2) - W_1$, получим $Q = 0,5C_2E^2$.

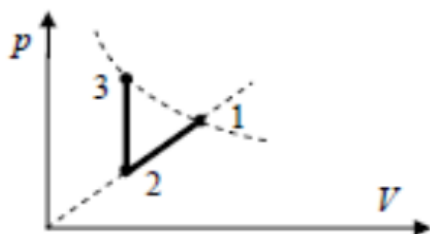
Отсюда $C_2 = 2Q/E^2$. **(2 балла)**

Подставив данные задачи, получим $C_2 = 2 \cdot 10^{-7}$ Ф и $C_1 = 4 \cdot 10^{-7}$ Ф. **(2 балла)**

3. Некоторое количество азота охлаждают так, что его давление меняется пропорционально его объёму. Затем его нагревают при постоянном объёме до начальной температуры. Найдите отношение количества теплоты, отданного газом, к количеству теплоты, полученному им. Постройте график зависимости давления от объёма. Азот при рассматриваемых температурах можно считать идеальным газом. При решении учтите, что азот двухатомный газ.

Возможное решение

График зависимости давления от объёма показан на рисунке **(2 балла)**



Ответом на вопрос является отношение $\frac{Q_{\text{отд}}}{Q_{\text{получ}}} = \frac{|Q_{12}|}{Q_{23}}$ **(1 балл)**

Первый закон термодинамики (1-2): $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

Для линейной зависимости работа газа (через площадь):

$$A_{12} = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) \quad \textbf{(2 балла)}$$

Изменение внутренней энергии двухатомного газа:

$$\Delta U_{12} = \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда $Q_{12} = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 3(p_2 V_2 - p_1 V_1)$ (1 балл)

Первый закон термодинамики (2-3): $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \Delta U_{23}$

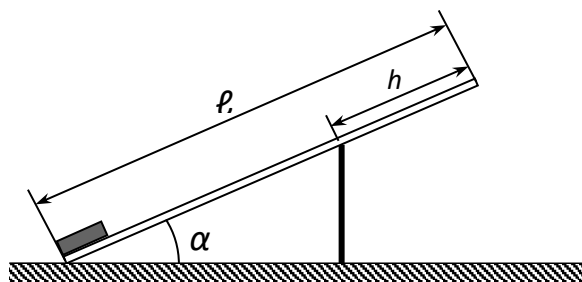
где $\Delta U_{23} = -\Delta U_{12}$ т.к. состояния 1 и 3 принадлежат одной изотерме (1 балл)

Тогда $Q_{23} = \frac{5}{2}(p_1 V_1 - p_2 V_2)$ (1 балл)

После подстановки Q_{12} и Q_{23} получим, что $\frac{Q_{\text{отд}}}{Q_{\text{получ}}} = \frac{|-3|}{5/2} = 1,2$ (1 балл)

Примечание: если участник олимпиады представляет полностью правильное решение, но для одноатомного газа, то максимальный балл за задание – 8 баллов

4. Плоскую шайбу массой $m = 2\text{ кг}$ толкнули по однородной доске длиной $\ell = 3\text{ м}$, опирающейся на уступ на расстоянии $h = 1\text{ м}$ от конца. Масса доски $M = 6\text{ кг}$, доска составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, трение между доской и шайбой отсутствует, скорость шайбы на верхнем конце доски принять нулю. Какую скорость следует сообщить шайбе, чтобы нижний конец доски оторвался от пола?



Возможное решение

Чтобы нижний конец доски оторвался от пола необходимо, чтобы момент силы тяжести шайбы относительно оси, проходящей через точку О, превышал момент силы тяжести доски. $mg l_2 \geq Mgl_1$ (1) (3 балла)

$l_1 = \left(\frac{l}{2} - h\right) \cos \alpha$, $l_2 = (x - (l - h)) \cos \alpha$, (2 балла), где x – путь, который шайба

прошла по доске до остановки. По закону сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgx \sin \alpha \quad (2). \quad (3 \text{ балла})$$

Решая совместно (1) и (2) получаем $v_0 = \sqrt{2g \left(l - h + \frac{m}{M} \left(\frac{l}{2} - h \right) \right) \sin \alpha} = 4,7 \text{ м/с}.$

(2 балла.)

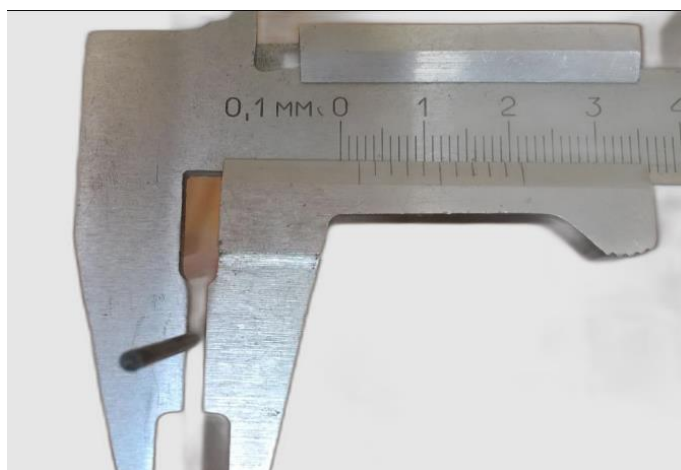
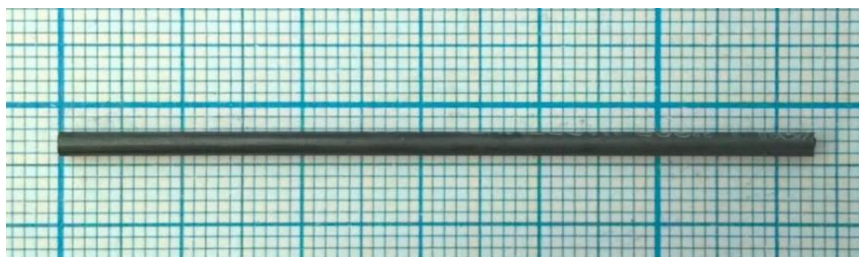
5. Учащийся решил измерить удельное электрическое сопротивление графита. Для этого он использовал графитовый стержень, источник постоянного напряжения, соединительные провода, кювету, воду, миллиметровую бумагу, термометр, секундомер и штангенциркуль (см. рис.). Сначала учащийся определил геометрические 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·°C), масса воды в кювете 40 г.

Таблица 1

t, °C	τ, мин	t, °C	τ, мин	t, °C	τ, мин	t, °C	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 $\frac{U^2 \tau}{R} = cm \Delta t$, $\Delta t = \frac{U^2 \tau}{Rcm}$. **(1 балл)**

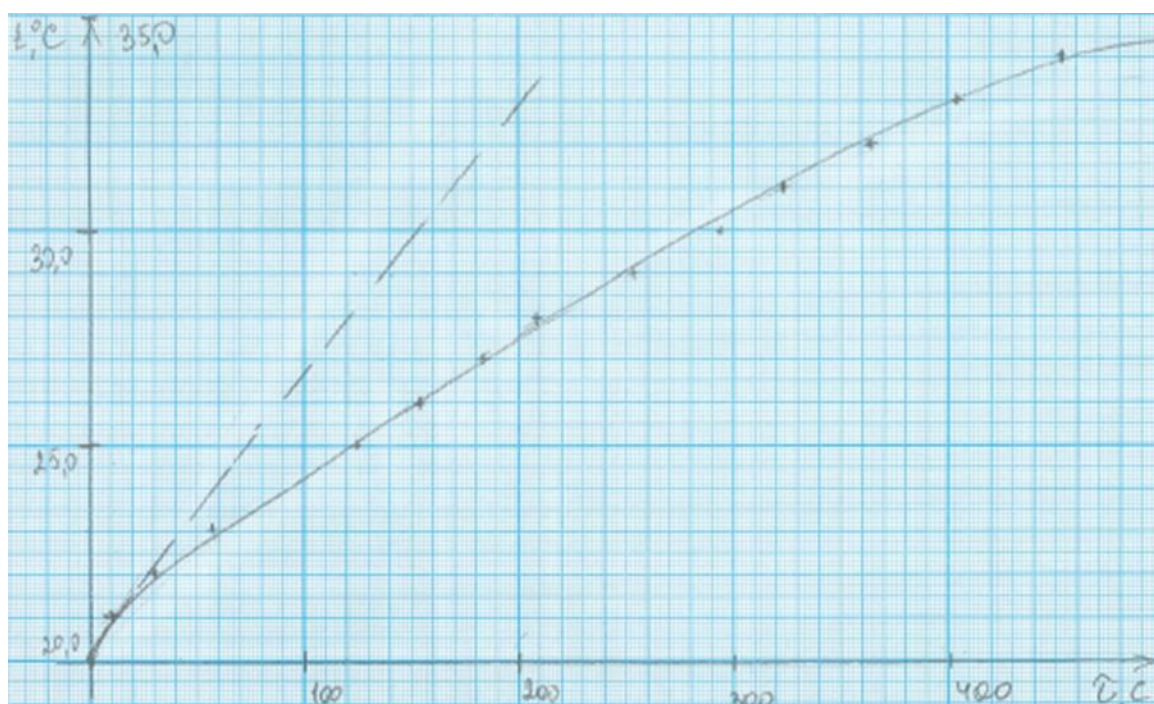
В зависимости $\Delta t(^{\circ}\text{C})$ от τ выражение $U^2 \tau / (Rcm)$ – константа и может быть найдена по графику зависимости $t(^{\circ}\text{C})$ от τ .

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

Для нахождения $\tau/\Delta t(^{\circ}\text{C})$ построим по данным таблицы график зависимости $t(^{\circ}\text{C})$ от τ (3 балла). Для этого переведём время в секунды. (1 балл)

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: $\frac{\tau}{\Delta t} = 13,3 \frac{\text{с}}{^{\circ}\text{C}}$.

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

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