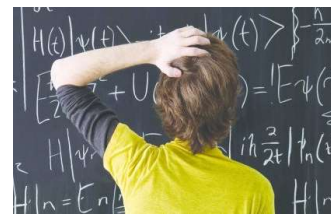


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Задача № 1. Поездка на автомобиле.

Автомобиль на первой трети пути движется с ускорением a и далее продолжает движение с постоянной скоростью. Определить: 1) время, затраченное автомобилем на равномерный участок пути и время, в течение которого автомобиль ускорялся, если начальная скорость автомобиля равна нулю, пройденный путь $S = 450$ м и ускорение $a = 3$ м/с²; 2) среднюю скорость автомобиля на всем пути S ; 3) среднюю скорость автомобиля на пути с $S/6$ до $5S/6$.

Возможное решение:

1) Для участка пути, на котором автомобиль ускорялся, имеем:

$$\frac{S}{3} = \frac{at_{\text{уск}}^2}{2} \text{ и } v = at_{\text{уск}},$$

где v – скорость автомобиля в конце ускоренного движения.

Так как далее автомобиль движется равномерно, то для этого участка мы можем записать:

$$\frac{2S}{3} = vt_{\text{равн.}}$$

Из первого уравнения получим:

$$t_{\text{уск}} = \sqrt{\frac{2S}{3a}} = 10 \text{ с.}$$

Из второго уравнения выразим скорость:

$$v = at_{\text{уск}} = \sqrt{\frac{2aS}{3}} = 30 \text{ м/с.}$$

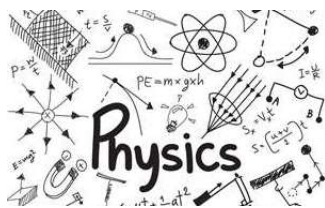
С учетом этого из третьего уравнения найдем время равномерного движения:

$$t_{\text{равн}} = \frac{2S}{3v} = \sqrt{\frac{2S}{3a}} = 10 \text{ с.}$$

2) Средняя скорость автомобиля равна $v_{\text{ср}} = S/t$, где $t = t_{\text{уск}} + t_{\text{равн}}$, тогда:

$$t = \sqrt{\frac{8S}{3a}} = 20 \text{ с, } \Rightarrow v_{\text{ср}} = 22,5 \text{ м/с} = 81 \text{ км/ч.}$$

3) Общий путь, на котором нужно найти среднюю скорость в этом вопросе, равен $4S/6$. В него входит участок $S/6$, на котором автомобиль ускорялся, и участок $3S/6 = S/2$ равномерного движения.

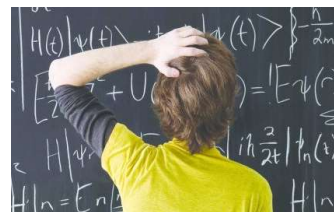


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Определим время движения на участке с ускоренным движением. Автомобиль стартует с нулевой начальной скоростью и до момента начала рассматриваемого участка проходит расстояние $S/6$, причем

$$\frac{S}{6} = \frac{at_{11}^2}{2}, \Rightarrow t_{11} = \sqrt{\frac{S}{3a}} = 7,07 \text{ с.}$$

А общее время движения на ускоренном участке (см. п. 1) равно 10 с, так что время движения на второй $S/6$ участка с ускоренным движением равно $t_1 = 10 - 7,07 = 2,93$ с. (**2 балла** за получение этого времени в общем виде или в численном выражении)

Время движения на участке равномерного движения

$$t_2 = \frac{S}{2v} = 7,5 \text{ с.}$$

Значит, общее время на всем рассматриваемом участке $t_0 = t_1 + t_2 = 2,93 + 7,5 = 10,43$ с.

Тогда средняя скорость (**2 балла** за получение верного значения средней скорости):

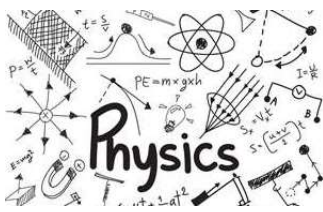
$$v_{\text{ср2}} = \frac{4S}{6t_0} \approx 28,8 \text{ м/с} = 103,55 \text{ км/ч.}$$

Критерии оценивания:

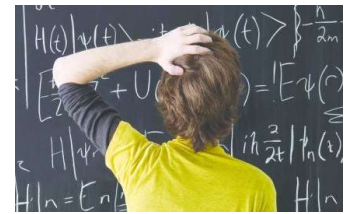
- 1) Найдено время, затраченное автомобилем на равномерный участок пути – **2 балла**.
- 2) Найдено время, в течение которого автомобиль ускорялся – **2 балла**.
- 3) Найдена средняя скорость автомобиля на всем пути S – **2 балла**.
- 4) Найдена средняя скорость автомобиля на пути с $S/6$ до $5S/6$ – **4 балла**.

Примечание: В каждом пункте оценивается ход решения. Если участник не дошел до численного ответа, но присутствуют верные формулы и логические действия, следует поставить за данный пункт баллы в соответствии с тем, насколько участник продвинулся в направлении верного результата.

Итого максимум 10 баллов за задачу.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**
9 класс, 2024/2025 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



Задача № 2. Греем и охлаждаем резисторы.

Два резистора R_1 и $R_2 = 2R_1$ одинаковой геометрической формы, с одинаковыми размерами и одинаковой начальной температурой подключены к источнику постоянного напряжения сначала последовательно, а затем, не охлаждая, параллельно. Переключение происходит при установившейся температуре. Теплоотдача с единицы поверхности резистора в единицу времени пропорциональна разности температур резистора и окружающей среды.

- 1) Определите, на сколько градусов нагрелся каждый из резисторов, если минимальная температура нагрева составила $\Delta t_{\min} = 1^\circ\text{C}$.
- 2) Для охлаждения резисторов их опустили в термос, содержащий чуть-чуть подтаявший лед массой 5 грамм. Чему была равна начальная температура резисторов (до их первого подключения), если тепловое равновесие наступило ровно в тот момент, когда весь лед растаял. Теплоемкость резисторов одинакова и равна $C = 20 \text{ Дж}/^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

Возможное решение:

Мощность теплового потока от резистора в окружающую среду $P = \alpha S \Delta t$, где α – коэффициент пропорциональности, S – площадь поверхности резистора, Δt – разность температур между резистором и средой.

Пусть напряжение источника равно U , тогда при последовательном соединении резисторов через них будет течь ток

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}.$$

Условия теплового равновесия при последовательном соединении проводников:

$$I^2 R_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2} = \alpha S \Delta t_1 \text{ и } I^2 R_2 = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = \alpha S \Delta t_2.$$

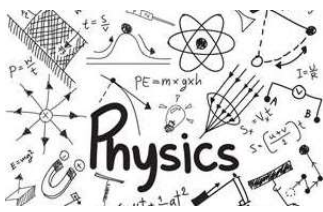
Условия теплового равновесия при параллельном соединении проводников:

$$\frac{U^2}{R_1} = \alpha S \Delta t_3 \text{ и } \frac{U^2}{R_2} = \alpha S \Delta t_4.$$

С учетом того, что $R_2 = 2R_1$ получим:

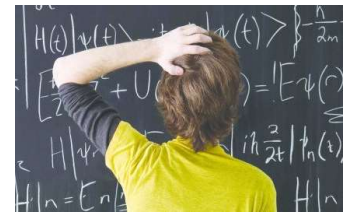
$$\Delta t_3 = \frac{U^2}{\alpha S R_1}, \quad \Delta t_1 = \frac{U^2 R_1}{\alpha S (R_1 + R_2)^2} = \frac{\Delta t_3}{9},$$

$$\Delta t_2 = \frac{U^2 R_2}{\alpha S (R_1 + R_2)^2} = \frac{2 \Delta t_3}{9}, \quad \Delta t_4 = \frac{U^2}{\alpha S R_2} = \frac{\Delta t_3}{2}.$$



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



Теперь можно сделать вывод, что так как минимальная температура нагрева 1°C , то $\Delta t_1 = 1^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_2 = 2^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_3 = 9^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_4 = 4,5^{\circ}\text{C}$.

При каждом соединении резисторы нагреваются до некой установившейся температуры, обусловленной мощностью и теплоотдачей. И при втором соединении они нагреются на $\Delta t_3 = 9^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_4 = 4,5^{\circ}\text{C}$. Поэтому конечная температура резисторов будет у первого на 9°C выше комнатной (можно считать ее начальной температурой резисторов), у второго – на $4,5^{\circ}\text{C}$.

2) Поскольку речь идет о термосе, значит можно считать, что он теплоизолирован, т.е. не отдает и не получает тепло от окружающей среды. Кроме того, в нем находился чуть-чуть подтаявший лед, поэтому можно сделать следующий вывод: начальная температура льда 0°C . Запишем уравнение теплового баланса:

$$\lambda m_{\text{л}} = C(t_0 + \Delta t_3) + C(t_0 + \Delta t_4),$$

$$\frac{\lambda m_{\text{л}}}{C} = 2t_0 + \Delta t_3 + \Delta t_4,$$

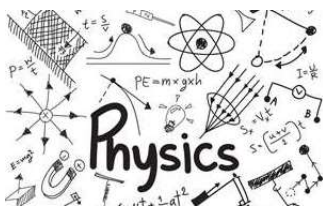
$$\frac{\frac{\lambda m_{\text{л}}}{C} - \Delta t_3 - \Delta t_4}{2} = t_0, \text{ откуда } t_0 = \frac{\frac{3,34 \cdot 10^5 \cdot 0,005}{20} - 9^{\circ}\text{C} - 4,5^{\circ}\text{C}}{2} = 35^{\circ}\text{C}.$$

Достаточно высокая температура, но нам не было сказано, какая температура была у окружающей среды, поэтому теоретически она могла быть и такой.

Критерии оценивания:

- 1) Получено (или используется в общей формуле) выражение для силы тока при последовательном соединении резисторов – **1 балл**.
- 2) Записаны условия теплового равновесия при последовательном соединении – **2 балла** (по 1 баллу за каждое).
- 3) Записаны условия теплового равновесия при последовательном соединении – **2 балла** (по 1 баллу за каждое).
- 4) Получены численные значения изменений температуры – **2 балла** (по 1 балле за каждое).
- 5) Верно записано уравнение теплового баланса для льда и резисторов – **2 балла**.
- 6) Получено численное значение начальной температуры резисторов – **1 балл**.

Итого максимум 10 баллов за задачу.

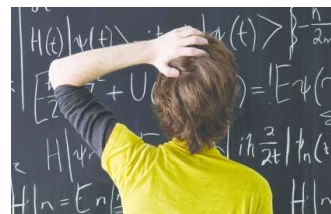


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

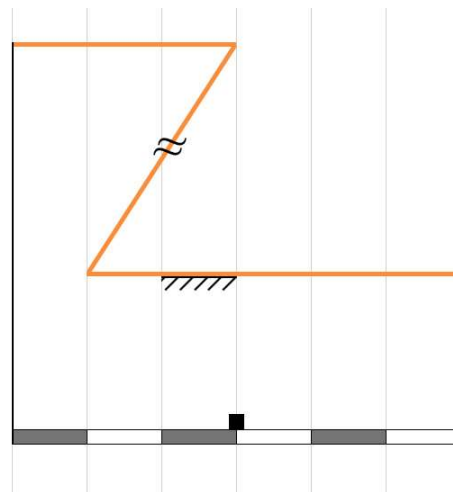
Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Задача № 3. Z-лента.

Жесткую тонкую однородную металлическую ленту согнули в двух местах и получили фигуру в форме буквы Z (длина нижней части – $5l$, а верхней – $3l$). Получившуюся фигуру установили на опору длины l , а к концам фигуры на невесомых тонких вертикальных нитях подвесили горизонтально однородную планку длины $6l$ массой m (см. рисунок). На планку кладут маленький груз массой m . Конструкция устойчива при любом положении груза кроме двух крайних (если грузик положить на левый или правый край планки, равновесие теряется).



- 1) Найдите массу ленты M .
- 2) Определите полную длину ленты L .

Важно! Пропорции по вертикали на рисунке не соблюдены.

Возможное решение:

Пусть x – расстояние от центра масс фигуры до левого края опоры. Тогда условия потери равновесия через моменты внешних сил выглядят так:

$$mg \cdot 2l = Mg \cdot x + mg \cdot l,$$

$$mg \cdot 3l = Mg \cdot (l - x).$$

Из первого уравнения получим, что $Mx = ml$, выразим $M = ml/x$. Подставим во второе уравнение, определим, что $M = 4m$, $x = l/4$.

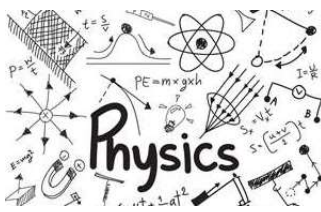
Запишем уравнение для положения центра масс фигуры по горизонтали (за ноль принимаем координату левого конца фигуры):

$$\frac{9}{4}l = \frac{\frac{3l}{L} \cdot 4m \cdot \frac{3l}{2} + \frac{5l}{L} \cdot 4m \cdot \frac{7l}{2} + \frac{L-8l}{L} \cdot 4m \cdot 2l}{4m},$$

откуда:

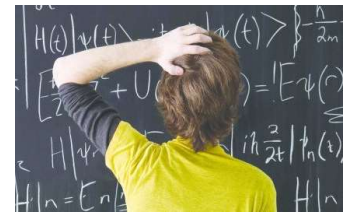
$$\frac{9}{4}L = \frac{9l}{2} + \frac{35l}{2} + 2L - 16l.$$

То есть, $L = 24l$.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



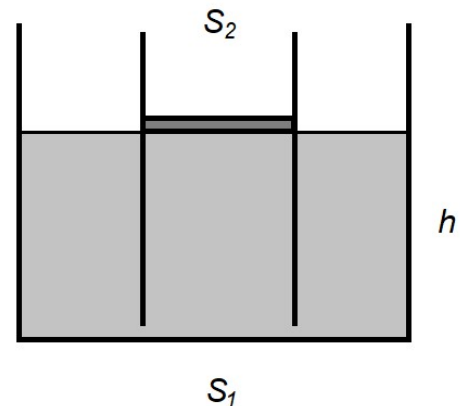
Критерии оценивания:

- 1) Идея использования уравнения моментов для внешних сил (1 балл)
- 2) Записано уравнение моментов для поворота относительно левого края (2 балла)
- 3) Записано уравнение моментов для поворота относительно правого края (2 балла)
- 4) Найдена масса $M = 4m$ (1 балла)
- 5) Найдено положение центра масс фигуры (1 балл)
- 6) Уравнение на координату центра масс (2 балла)
- 7) Найдена длина ленты $L = 24l$ (1 балла)

Итого максимум 10 баллов за задачу.

Задача № 4. Сосуд, трубка и поршень.

В цилиндрический сосуд площадью сечения $S_1 = 200 \text{ см}^2$, заполненный до высоты $h = 15 \text{ см}$ водой (плотность $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$), погружена трубка сечением $S_2 = 60 \text{ см}^2$ так, как показано на рисунке. Считайте, что нижний торец трубки чуть приподнят над дном сосуда, так что вода может свободно перетекать.



- 1) Внутри трубки на поверхности воды лежит невесомый поршень. Какую работу необходимо совершить, чтобы переместить поршень на дно сосуда?
- 2) Во втором случае внутри трубки на поверхности воды удерживается поршень массой m . Каково должно быть минимальное значение m , чтобы после отпускания поршень опустился на дно сосуда? Определите изменение потенциальной энергии системы.

Возможное решение:

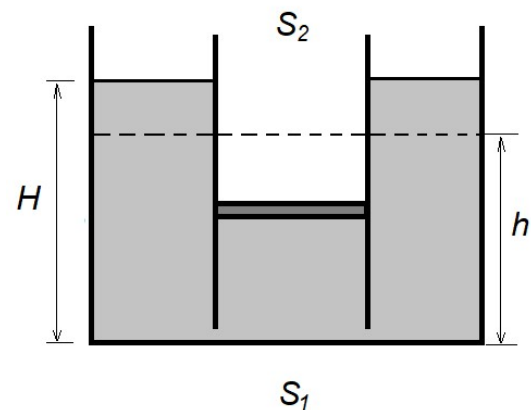
- 1) Определим зависимость силы, действующей на поршень, от смещения x относительно первоначального положения (1 балл):

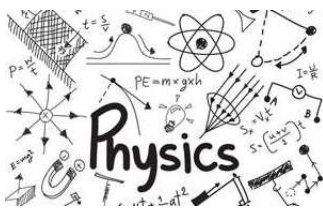
$$F = \rho g(H - h + x)S_2,$$

где H – уровень жидкости в сосуде сечением S_1 при опускании поршня на высоту x .

Объем жидкости не меняется (в силу несжимаемости жидкости), поэтому (1 балл)

$$hS_1 = H(S_1 - S_2) + (h - x)S_2,$$



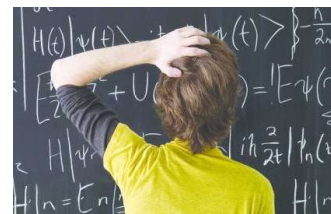


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



откуда получим (1 балл за зависимость $F(x)$):

$$H = h + \frac{S_2}{S_1 - S_2} x \text{ и } F = \rho g x \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2}.$$

Работа по перемещению поршня равна площади под графиком функции $F = F(x)$ при изменении x от 0 до h (1 балл за формулу + 1 балл за численный ответ):

$$A = \frac{\rho g h^2}{2} \cdot \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot (0,15)^2}{2} \cdot \frac{0,02 \cdot 0,006}{0,02 - 0,006} \approx 0,964 \text{ Дж.}$$

Также работу можно рассчитать как изменение потенциальной энергии воды.

2) Запишем условие опускания поршня на дно сосуда. В этом случае сила тяжести поршня будет уравниваться силой давления со стороны воды на нижний торец поршня (1 балл):

$$mg = \rho g H_0 S_2,$$

где H_0 – высота воды после опускания поршня. Жидкость считаем несжимаемой, поэтому (1 балл):

$$h S_1 = H_0 (S_1 - S_2), \Rightarrow H_0 = \frac{h S_1}{S_1 - S_2} = 21,4 \text{ см.}$$

Отсюда (1 балл):

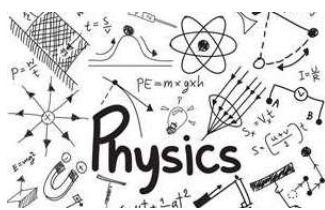
$$m = \rho H_0 S_2 \approx 1,3 \text{ кг.}$$

Изменение потенциальной энергии системы равно увеличению потенциальной энергии воды плюс уменьшение потенциальной энергии поршня (1 балл за формулу + 1 балл за численный ответ):

$$\Delta E = E_{\text{к}} - E_{\text{н}} = \rho g h S_1 \left(\frac{H_0}{2} - \frac{h}{2} \right) - m g h \approx -0,964 \text{ Дж.}$$

Потенциальная энергия системы уменьшилась. Часть начальной потенциальной энергии перешла сначала в кинетическую энергию движения воды и поршня, а затем в тепло.

Итого максимум 10 баллов за задачу.

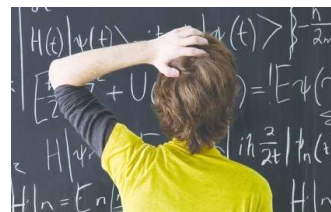


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Задача № 5. Проточный водонагреватель (Псевдоэксперимент)

Оборудование: один лист миллиметровой бумаги формата А4.

Газовая колонка Нева 4510 (водонагреватель проточный) может работать в нескольких режимах нагревания воды. Будем рассматривать два режима работы – нагревать воду на $\Delta T_1=25^\circ\text{C}$ и нагревать воду на $\Delta T_2=40^\circ\text{C}$. При проведении технических испытаний была получена следующая зависимость уровня воды в баке от времени:

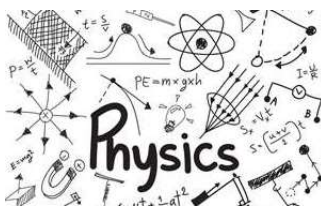
$t, \text{ мин}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$H, \text{ см}$	2,2	3,8	6,1	8,0	9,6	10,9	12,2	13,5	14,5	16,0

- 1) Постройте график зависимости высоты уровня воды от времени.
- 2) В какой момент времени переключили режим работы колонки?
- 3) Найдите с помощью графика расход воды (л/мин) при работе колонки в первом и втором режиме, если бак для воды представляет собой прямоугольный параллелепипед с площадью основания 1 м^2 .
- 4) Найдите расход природного газа (кг/час), используемого для нагревания воды в указанных режимах, если максимальный КПД колонки 87%, удельная теплота сгорания природного газа $4,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$, удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$, плотность воды 1000 кг/м^3 .

Возможное решение:

- 1) График оценивается в **2 балла**:
 - а) Адекватный масштаб – **0,5 балла**
 - б) Подписанные оси – **0,5 балла**
 - в) На всех осях нанесена шкала – **0,5 балла**
 - г) проведены оптимальные прямые (точки НЕ соединены ломаной) – **0,5 балла**

График может не проходить через начало координат, а идти чуть выше. Несколько иное проведение оптимальной прямой на первом участке заложено в диапазон принимаемых ответов.

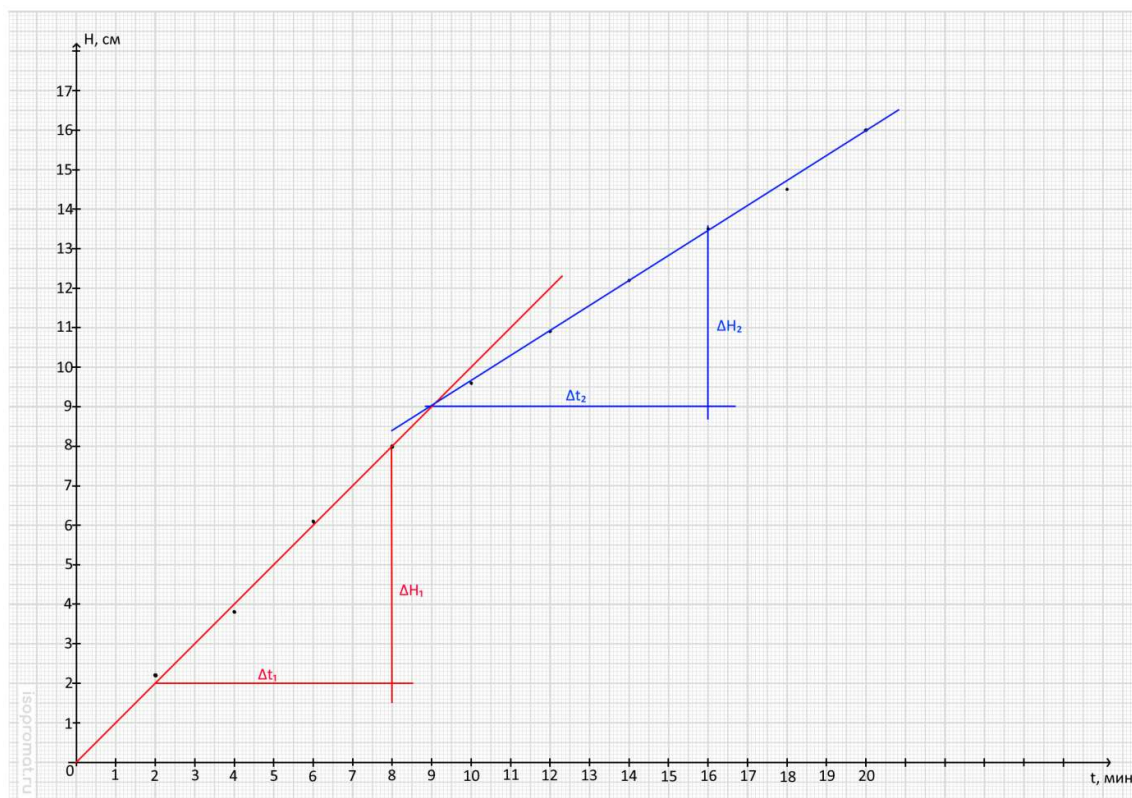
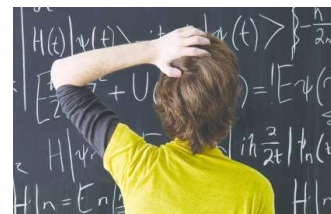


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



2) По графику найдено время переключения режимов – 9 минут (**2 балла**, засчитывается результат от 8,5 до 9,5 минут).

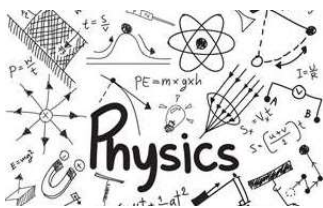
3) Найден расход воды в первом режиме **из графика**: $V_1 = \Delta H_1 S / \Delta t_1 = 10 \text{ л/мин} = 0,000167 \text{ м}^3/\text{с}$ (**1 балл**, засчитывается результат в диапазоне от 9,5 до 10,5 л/мин; если значение получено без использования графика, но попадает в интервал, то ставится **0,5 балла**).

4) По графику найден расход воды в втором режиме: $V_2 = \Delta H_2 S / \Delta t_2 = 6,4 \text{ л/мин}$. Например, из графика $\Delta t_2 = 7 \text{ минут}$, $\Delta H_2 = 4,5 \text{ см} = 0,045 \text{ м}$, $V_2 = \Delta H_2 S / \Delta t_2 = 0,0064 \text{ м}^3/\text{мин} = 6,4 \text{ л/мин} = 0,00011 \text{ м}^3/\text{с}$ (**1 балл**, засчитывается результат в диапазоне от 6,0 до 6,8 л/мин; если значение получено без использования графика, но попадает в интервал, то ставится **0,5 балла**).

5) Найден расход газа в первом режиме:

$$\text{КПД} = \eta = \frac{Q_{\text{воды}}}{Q_{\text{газа}}} = \frac{\rho \cdot c \cdot \Delta T_1 V_1 \Delta t_1}{\mu_1 \cdot \Delta t_1 \cdot q},$$

$$\mu_1 = \frac{\rho \cdot c \cdot \Delta T_1 V_1 \Delta t_1}{\eta \cdot \Delta t_1 \cdot q} = \frac{1000 \cdot 4200 \cdot 25 \cdot 0,01}{0,87 \cdot 4,4 \cdot 10^7} = 0,0275 \text{ кг/мин.}$$

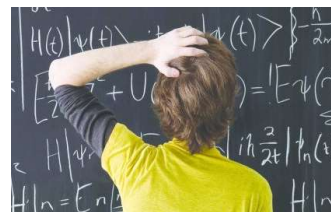


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



$\mu_1 = 1,65$ кг/ч (**2 балла**, из них 1 балл за формулу, 1 балл за правильный числовой результат).

6. Найден расход газа во втором режиме:

$$\text{КПД} = \eta = \frac{Q_{\text{воды}}}{Q_{\text{газа}}} = \frac{\rho \cdot c \cdot \Delta T_2 V_2 \Delta t_2}{\mu_2 \cdot \Delta t_2 \cdot q},$$
$$\mu_2 = \frac{\rho \cdot c \cdot \Delta T_2 V_2}{\eta \cdot q} = \frac{1000 \cdot 4200 \cdot 40 \cdot 0,0064}{0,87 \cdot 4,4 \cdot 10^7} = 0,028 \text{ кг/мин.}$$

$\mu_2 = 1,7$ кг/ч (**2 балла**, из них 1 балл за формулу, 1 балл за правильный числовой результат).

Внимание!

Числовое значение расхода газа должно быть пересчитано по данным,
которые участник получил в пункте 3 и 4.

Итого максимум 10 баллов за задачу.
