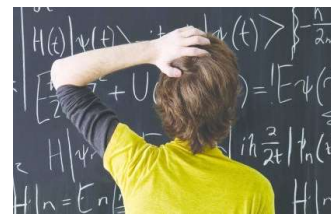


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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/с<sup>2</sup>; 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:

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

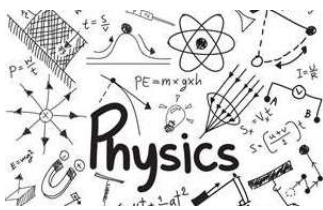
С учетом этого из третьего уравнения найдем время равномерного движения:

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

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.

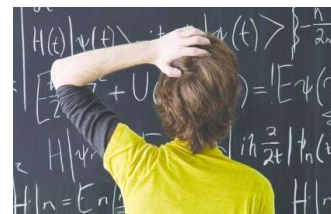


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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):

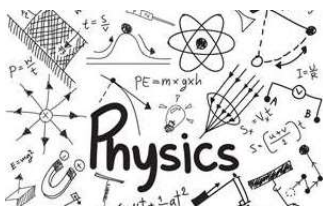
$$v_{\text{ср2}} = \frac{4S}{6t_0} \approx 28,8 \text{ м/с} = 103,55 \text{ км/ч.}$$

**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.**

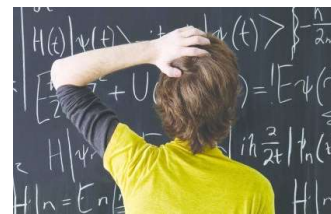


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности,  $S$  – площадь поверхности резистора,  $\Delta t$  – 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:

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

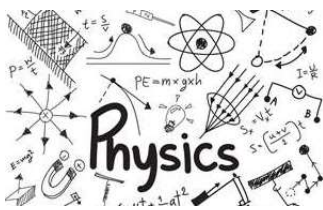
Условия теплового равновесия при параллельном соединении проводников:

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

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

$$\Delta t_3 = \frac{U^2}{\alpha S R_1}, \quad \Delta t_1 = \frac{U^2 R_1}{\alpha S (R_1 + R_2)^2} = \frac{\Delta t_3}{9},$$
$$\Delta t_2 = \frac{U^2 R_2}{\alpha S (R_1 + R_2)^2} = \frac{2 \Delta t_3}{9}, \quad \Delta t_4 = \frac{U^2}{\alpha S R_2} = \frac{\Delta t_3}{2}.$$



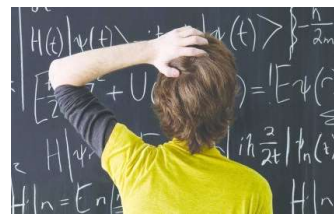


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

9 класс, 2024/2025 учебный год

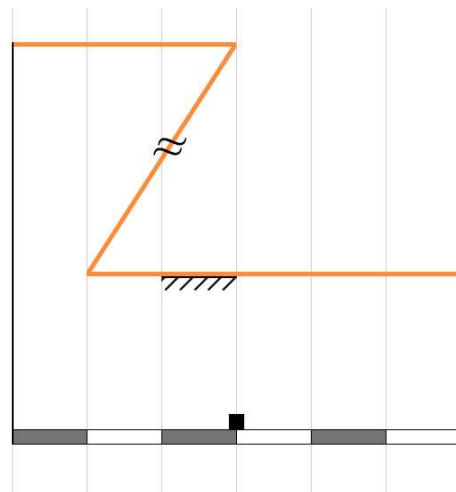
Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



**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):

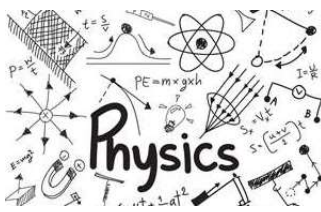
$$\frac{9}{4}l = \frac{\frac{3l}{L} \cdot 4m \cdot \frac{3l}{2} + \frac{5l}{L} \cdot 4m \cdot \frac{7l}{2} + \frac{L-8l}{L} \cdot 4m \cdot 2l}{4m},$$

откуда:

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

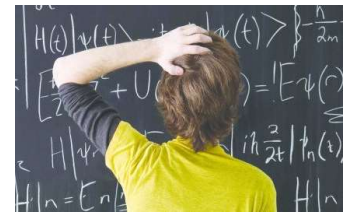
То есть,  $L = 24l$ .





**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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



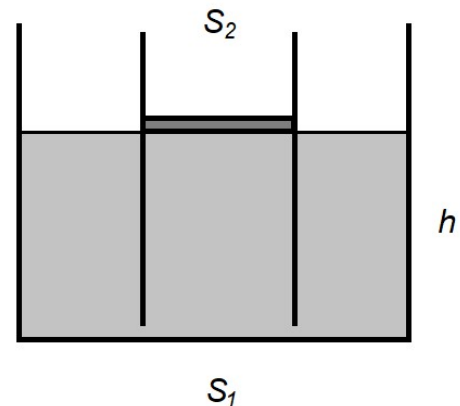
**Критерии оценивания:**

- 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 отпущения поршень опустился на дно сосуда? Определите изменение потенциальной энергии системы.

**Возможное решение:**

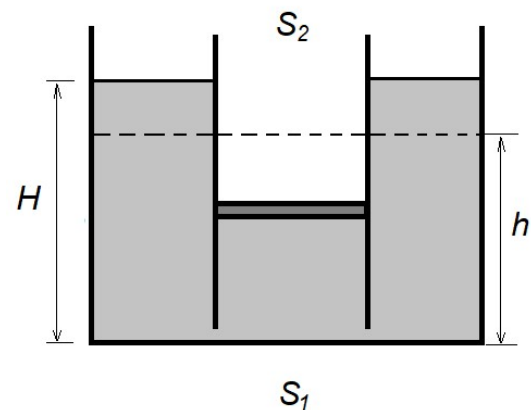
- 1) Определим зависимость силы, действующей на поршень, от смещения  $x$  относительно первоначального положения (1 балл):

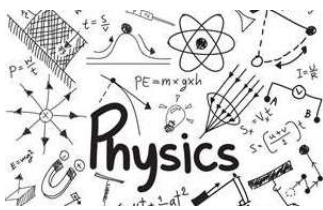
$$F = \rho g(H - h + x)S_2,$$

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)

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



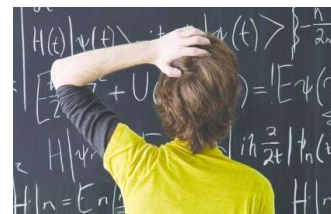


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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):

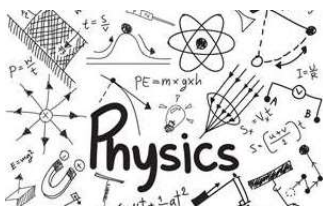
$$m = \rho H_0 S_2 \approx 1,3 \text{ кг.}$$

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

$$\Delta E = E_{\text{к}} - E_{\text{н}} = \rho g h S_1 \left( \frac{H}{2} - \frac{h}{2} \right) - m g h = -\rho g x \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2} \approx -0,964 \text{ Дж.}$$

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.**

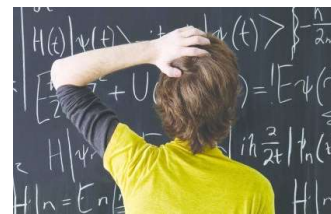


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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

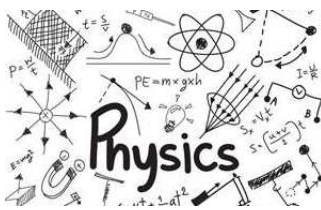
- 1) Постройте график зависимости высоты уровня воды от времени.
- 2) В какой момент времени переключили режим работы колонки?
- 3) Найдите с помощью графика расход воды (л/мин) при работе колонки в первом и втором режиме, если бак для воды представляет собой прямоугольный параллелепипед с площадью основания  $1 \text{ м}^2$ .
- 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  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**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.



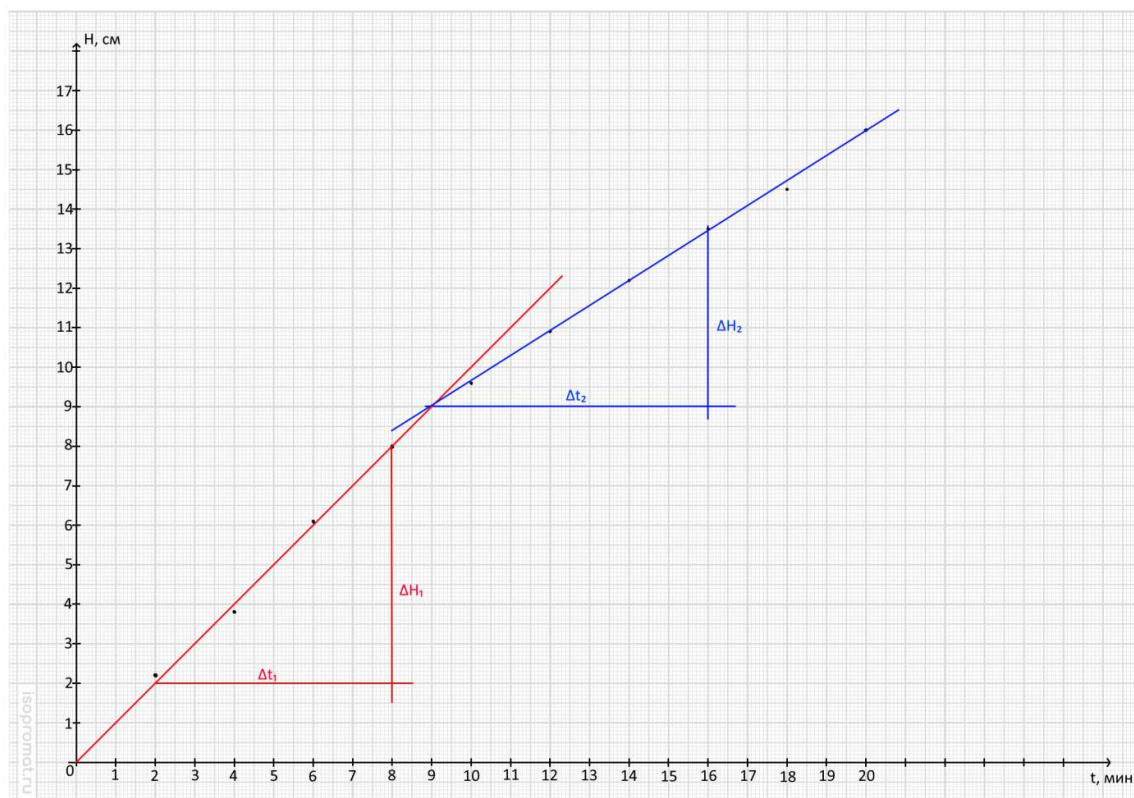
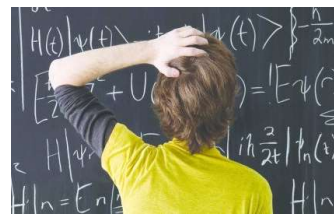


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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).

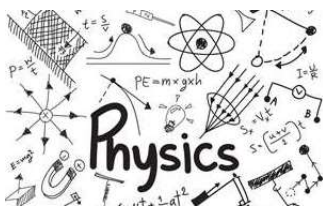
3) Найден расход воды в первом режиме **из графика**:  $V_1 = \Delta H_1 S / \Delta t_1 = 10 \text{ л/мин} = 0,000167 \text{ м}^3/\text{с}$  (**1 балл**, засчитывается результат в диапазоне от 9,5 до 10,5 л/мин; если значение получено без использования графика, но попадает в интервал, то ставится **0,5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

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

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

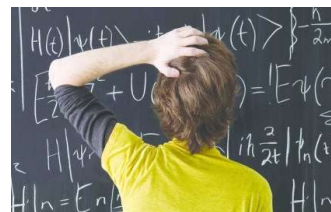


**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

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.**

---