

Пермский край
2025-26 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС

Критерии оценивания

Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. Уравнение автомобиля (10 баллов)

Запишем уравнения зависимости скорости и пути от времени при равноускоренном движении с учетом $v_0 = 0$:

$$v(t) = a \cdot t \quad (1)$$

$$S(t) = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (2)$$

Из уравнения (2) выразим время и подставим в (1):

$$v(t) = a \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot S}{a}} = \sqrt{2a \cdot S} \quad (3)$$

Сопоставляя уравнение из условия с уравнением (3), получим:

$$b = 2a \Rightarrow a = \frac{b}{2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (4)$$

Определим время τ , соответствующее пройденному расстоянию $S = 288\text{м}$:

$$\tau = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 288}{4}} = 12 \text{ с}$$

Скорость автомобиля v через 9 секунд:

$$v(t) = a \cdot t = 4 \cdot 9 = 36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найдем общий, пройденный автомобилем за 4 с и за 5 с после начала движения:

$$S(4) = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{4 \cdot 4^2}{2} = 32 \text{ м}$$

$$S(5) = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{4 \cdot 5^2}{2} = 50 \text{ м}$$

Разность между этими путями и будет расстоянием ΔS , пройденным автомобилем за пятую секунду движения:

$$\Delta S = S(5) - S(4) = 50 - 32 = 18 \text{ м}$$

Оценивание задания 1 (10 баллов)

Получено соотношение между a и b (4)	3 балла
--	---------

Найдена величина ускорения a	3 балла
Определено время τ	1 балл
Найдена скорость v	1 балл
Найден путь ΔS	2 балла

Задание 2. Горячая деталь (10 баллов)

При погружении разогретой заготовки в воду часть воды, соприкасающаяся с заготовкой будет нагреваться до 100°C и испаряться в виду высокой начальной температуры заготовки. Парообразование воды будет происходить до тех пор, пока заготовка не охладится до температуры парообразования воды, т.е. 100°C .

Теплота, выделяющаяся при остывании заготовки до 100°C идёт на нагревание и парообразование только части воды массой m_n . Тогда, запишем уравнение теплового баланса для этого процесса:

$$c_d m_d (t_k - t_d) + c_e m_n (t_k - t_e) + m_n L = 0$$

$$c_d m_d (t_d - t_k) = c_e m_n (t_k - t_e) + m_n L \quad (1)$$

Таким образом, из уравнения (1) можно определить массу испарившейся воды:

$$m_n = \frac{c_d m_d (t_d - t_k)}{c_e (t_k - t_e) + L} = 0.1 \text{ кг} \quad (2)$$

Изначально в сосуде было воды массой $m_e = \rho_e \cdot V = 1000 \cdot 2.1 \cdot 10^{-3} = 2.1 \text{ кг}$. Поскольку в пар перешла не вся вода, а только её часть, то оставшаяся часть воды будет нагреваться за счёт теплоты, выделяющейся при остывании заготовки от температуры кипения воды. Оставшаяся часть воды имеет массу m_e' :

$$m_e' = m_e - m_n = 2.1 - 0.1 = 2 \text{ кг}$$

Уравнение теплового баланса при остывании заготовки от температуры 100°C до температуры t в оставшейся части воды массой m_e' имеет вид:

$$c_d m_d (t - t_k) + c_e m_e' (t - t_e) = 0$$

$$c_d m_d (t_k - t) = c_e m_e' (t - t_e) \quad (3)$$

Из уравнения (2) получаем выражение для установившейся температуры t :

$$t = \frac{c_d m_d t_k + c_e m_e' t_e}{c_d m_d + c_e m_e'} \approx 20.5^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

Для определения массы воды, которая выльется из слива, необходимо понять, как поднимется уровень воды в сосуде. По закону Архимеда уровень воды в сосуде увеличится за счет полного погружения детали в жидкость. Найдем объем детали V_d :

$$V_d = \frac{m_d}{\rho_d} = \frac{0.63}{7000} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 0.09 \text{ л}$$

Оставшаяся вода в сосуде занимает объем $V_e = 2 \text{ л}$. Значит общий объем в сосуде $V_{об} = 2.09 \text{ л}$. Найдем высоту этого столба:

$$h_{об} = \frac{V_{об}}{S} = \frac{2.09 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{1.1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 0.19 \text{ м} = 19 \text{ см} \quad (5)$$

Объем жидкости, который выльется из слива:

$$\Delta V = S \cdot (h_{об} - h) = 1.1 \text{ см}^2 \cdot (19 - 15) \text{ см} = 4.4 \text{ см}^3$$

Масса воды в стакане:

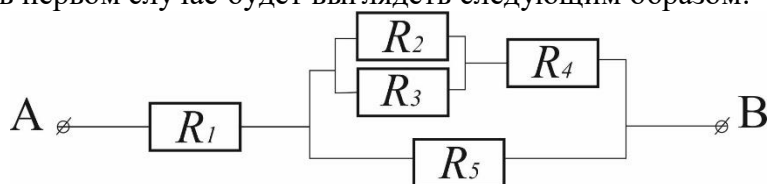
$$\Delta m = \Delta V \cdot \rho = 4.4 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 4.4 \text{ г} \quad (6)$$

Оценивание задания 2

Записано уравнение теплового баланса при испарении части воды (1)	2 балла
Найдена масса испарившейся воды (2)	1 балл
Записано уравнение теплового баланса при охлаждении детали от 100 °С (3)	2 балла
Найдена конечная температура системы (4)	1 балл
Найдена конечная высота уровня столба жидкости в сосуде (5)	2 балла
Определена масса воды, которая выльется в стакан (6)	2 балла

Задание 3. Наладчик станка (10 баллов)

Эквивалентная схема в первом случае будет выглядеть следующим образом:



Найдем общее сопротивление $R_{\text{об1}}$ цепи через мощность P_1 :

$$P_1 = \frac{U^2}{R_{\text{об1}}} \Rightarrow R_{\text{об1}} = \frac{U^2}{P_1} = \frac{12^2}{48} = 3 \text{ Ом} \quad (1)$$

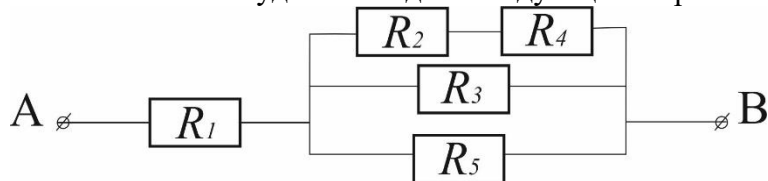
Запишем общее сопротивление $R_{\text{об1}}$ по законам последовательного и параллельного соединения резисторов. Поскольку сопротивления резисторов R_2 , R_3 , R_4 и R_5 одинаковы, то обозначим их R :

$$R_{\text{об1}} = R_1 + \frac{3}{5} R \quad (2)$$

Из уравнения (2) найдем значение R :

$$R = \frac{5}{3} (R_{\text{об1}} - R_1) = \frac{5}{3} (3 - 1.2) = 3 \text{ Ом} \quad (3)$$

Во втором случае эквивалентная схема будет выглядеть следующим образом:



Зная значение R , определим общее сопротивление цепи $R_{\text{об2}}$:

$$R_{\text{об2}} = R_1 + \frac{2}{5} R = 1.2 + \frac{2}{5} \cdot 3 = 2.4 \text{ Ом} \quad (4)$$

Поскольку напряжение в цепи одинаково в обоих случаях, то мощность P_2 равна:

$$P_2 = \frac{U^2}{R_{\text{об2}}} = \frac{12^2}{2.4} = 60 \text{ Вт} \quad (5)$$

Для определения силы тока I_3 , текущего через резистор R_3 , определим ток во всей цепи по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R_{\text{об2}}} = \frac{12}{2.4} = 5 \text{ А}$$

Такое же значение силы тока проходит через резистор R_1 , тогда напряжение на нем:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 5 \cdot 1.2 = 6 \text{ В}$$

Исходя из законов последовательного и параллельного соединения резисторов, напряжение на искомом резисторе равно:

$$U_3 = U - U_1 = 12 - 6 = 6 \text{ В}$$

Тогда сила тока на этом резисторе:

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ А} \quad (6)$$

Оценивание задания 3

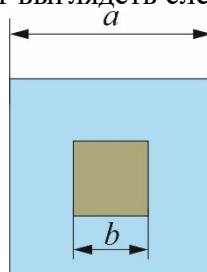
Найдено общее сопротивление цепи в первом случае (1)	2 балла
Определено сопротивление R (3)	3 балла
Найдено общее сопротивление цепи во втором случае (4)	2 балла
Вычислена мощность во втором случае (5)	1 балл
Определена сила тока I_3 (6)	2 балла

Задание 4. Плавающий кубик (10 баллов)

По закону Архимеда при погружении тела жидкость вытесняется в объеме, равном объему погруженной части тела. Определим объем половины куба, в данном случае он будет равен объему вытесненной жидкости:

$$V_g = V_k = \frac{1}{2} \cdot b^3 = \frac{1}{2} \cdot 4^3 = 32 \text{ см}^3 \quad (1)$$

Вода в колене поднимется на высоту Δh . Для определения этой высоты необходимо вычислить площадь поверхности, через которую будет жидкость вытесняться. Поскольку куб находится в центре поверхности, то вид сверху будет выглядеть следующим образом:



Площадь поверхности равна разности площади сечения колена и основания куба:

$$S = a^2 - b^2 = 6^2 - 4^2 = 36 - 16 = 20 \text{ см}^2 \quad (2)$$

Высота Δh , на которую поднимется жидкость:

$$\Delta h = \frac{V_g}{S} = \frac{32}{20} = 1.6 \text{ см} \quad (3)$$

Поскольку сосуды открыты, то уровень жидкости в обоих коленях будет подниматься равномерно и одинаково, то есть по $\Delta h/2$. Тогда уровень воды в коленях от дна равен:

$$H = h + \frac{\Delta h}{2} = 10 + \frac{1.6}{2} = 10.8 \text{ см} \quad (4)$$

Оценивание задания 4

Определен объем вытесненной жидкости (1)	2 балла
Найдена площадь поверхности, через которую вытесняется жидкость (2)	3 балла
Найдена высота Δh (3)	2 балла
Показано, что в каждом колене жидкость поднимется на Δh	2 балла

Вычислена высота столба жидкости после опускания кубика в воду (4)	1 балл
--	--------

Задание 5. Ускорение свободного падения (10 баллов)

Определим значение ускорения свободного падения для каждого эксперимента по формуле и запишем в таблицу:

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

h , м	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
t , с	0.14	0.20	0.25	0.28	0.32	0.35	0.37	0.40	0.43	0.45
g , м/с ²	10.2	10.0	9.6	10.2	9.8	9.8	10.2	10.0	9.7	9.9

Среднее значение ускорения свободного падения для всех значений:

$$\bar{g} = 9.9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (1)$$

Длина стеклянной трубки L равна максимальному значению высоты в экспериментах, когда длина трубки совпадает с высотой.

$$L = 1 \text{ м} \quad (2)$$

При свободном падении скорость тела линейно растет с высотой, то есть, чем больше тело пройдет, тем большая скорость будет в конце этого участка, поэтому максимальное значение скорости достигается телом в конце полета с высоты 1 м.

$$v_{\max} = \bar{g} \cdot t = 9.9 \cdot 0.45 = 4.5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3)$$

Оценивание задания 5

Найдены все значения ускорения свободного падения для каждого измерения	3 балла
Найдено среднее значение ускорения свободного падения по всем данным (1)	2 балла
Определена длина трубки L (2)	2 балла
Найдена максимальная скорость за весь эксперимент (3)	3 балла