

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
возрастная группа (8 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

Пластиковый короб с толстыми стенками в форме полого параллелепипеда без крышки плавает на границе раздела воды и неизвестной жидкости, плотность которой меньше плотности воды, погружаясь в воду на h_1 (см.рис. 1). Свободная поверхность неизвестной жидкости располагается выше, чем верхние поверхности короба, $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{3}$.

Толщина каждой из стенок короба – a ; ширина короба в 50 раз больше толщины; длина короба в два раза больше суммы его ширины и толщины; а если к ширине прибавить величину в 6 раз большую чем толщина стенки, то получится высота короба.

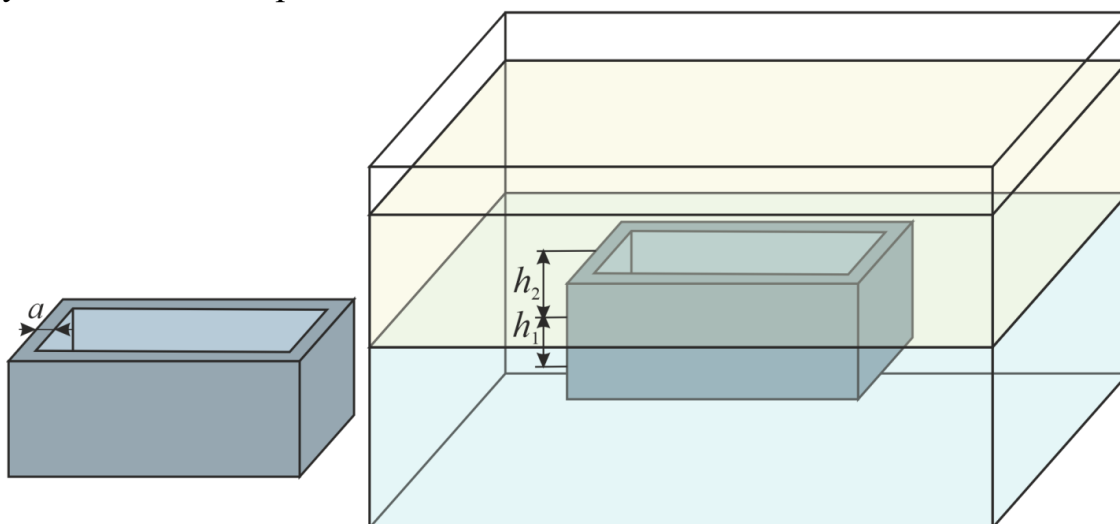


Рис. 1.

Плотность пластика из которого изготовлен короб $\rho = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, определите плотность неизвестной жидкости.

Решение.

1. Из условия имеем следующие характеристики короба (рис. Р1.).

толщина стенки короба	a
ширина короба	$50a$
длина короба	$2(50a + a) = 102a$
высота короба	$50a + 6a = 56a$
h_1	$14a$
h_2	$42a$

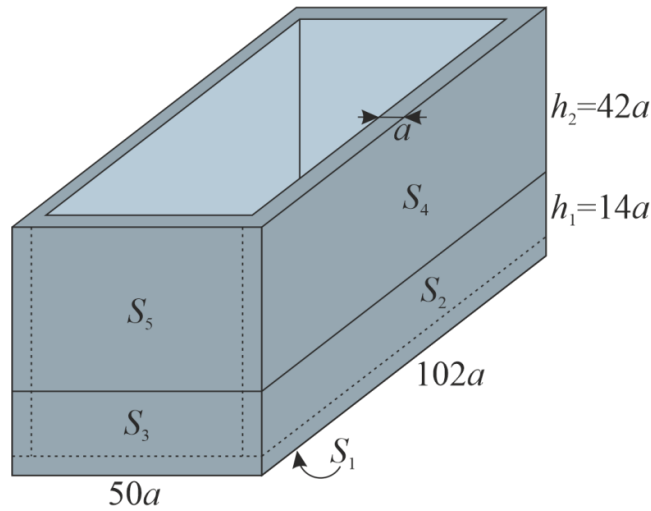


Рис. Р1.

2. Объем короба, погруженный в воду

$$V_{\text{KB}} = V_1 + V_2 + V_3 = S_1 a + 2S_2 a + 2S_3 a.$$

Объем основания короба $V_1 = S_1 a = (50a \cdot 102a)a = 5100a^3$. Часть площади боковых стенок будет учтена в объеме основания (рис. Р1. пунктиром) $V_2 = 2S_2 a = 2(h_1 - a) \cdot 102a \cdot a = 2(14a - a) \cdot 102a \cdot a = 2652a^3$, часть площади передней и задней стенки учтена в объемах V_1 и V_2 (рис.1. пунктиром), тогда $V_3 = 2S_3 a = 2(50a - 2a) \cdot (14a - a) \cdot a = 1248a^3$. Окончательно $V_{\text{KB}} = 9000a^3$.

Объем короба, погруженный в неизвестную жидкость

$$V_{\text{КЖ}} = V_4 + V_5 + V_3 = 2S_4 a + 2S_5 a.$$

Где $V_4 = 2S_4 a = 2h_2 \cdot 102a \cdot a = 2 \cdot 42a \cdot 102a \cdot a = 8568a^3$, часть площади передней и задней стенки учтена в объеме V_4 (рис. Р1. пунктиром), тогда $V_5 = 2S_3 a = 2(50a - 2a) \cdot 42a \cdot a = 4032a^3$. Окончательно $V_{\text{КЖ}} = 12600a^3$.

3. Условие плавания тела $mg = F_A$, в рамках задачи

$$F_A = F_{A\text{B}} + F_{A\text{Ж}} = \rho_{\text{B}} g V_{\text{KB}} + \rho_{\text{Ж}} g V_{\text{КЖ}} = 9000a^3 \rho_{\text{B}} g + 12600a^3 \rho_{\text{Ж}} g,$$

$$F_A = 1800a^3 g (5\rho_{\text{B}} + 7\rho_{\text{Ж}}),$$

$$mg = V\rho g = (V_{\text{KB}} + V_{\text{КЖ}})\rho g = (9000 + 12600)a^3 \rho g,$$

$$mg = 21600a^3 \rho g.$$

4. Тогда получаем $21600a^3 \rho g = 1800a^3 g (5\rho_{\text{B}} + 7\rho_{\text{Ж}})$, $5\rho_{\text{B}} + 7\rho_{\text{Ж}} = \frac{21600a^3 \rho}{1800a^3}$, $5\rho_{\text{B}} + 7\rho_{\text{Ж}} = 12\rho$, $\rho_{\text{Ж}} = \frac{12\rho - 5\rho_{\text{B}}}{7}$,

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{12 \cdot 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} - 5 \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{7} = 0,83 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Критерии оценивания

1.	Определены характеристики короба	2 балла
2.	3.1. Определены формулы для расчета объема короба и частей погруженных в каждую жидкость (за каждую формулу для V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 по 0,5 балла, и по 0,5 балла за окончательные выражения для объемов $V_{\text{вж}}$ и $V_{\text{кж}}, V$)	4 балла
	3.2. Не учтены повторяющиеся элементы объема весь этап оценивается в 1 балл	
3.	Записано условие плавания короба с учетом действия двух сил Архимеда	2 балла
4.	Верно рассчитана плотность неизвестной жидкости	1 балл
Всего		10 баллов

Замечание. Участники могут найти объем с повторяющимися элементами, а затем вычесть их объемы, тогда пункт 2 оценивается полностью в 4 балла.

ЗАДАНИЕ 2.

Тележка длиной l катится по горизонтальной плоскости со скоростью u . По тележке туда-обратно вдоль направления движения от стенки к стенке с постоянной скоростью бегают мышонки (рис.2.1) На рисунке 2.2 представлен график зависимости смещения s мышонка относительно земли от времени t , где τ – время движения мышонка от стенки до стенки тележки.

Определите, где в начальный момент времени находится мышонки и найдите скорость движения мышонка относительно тележки.

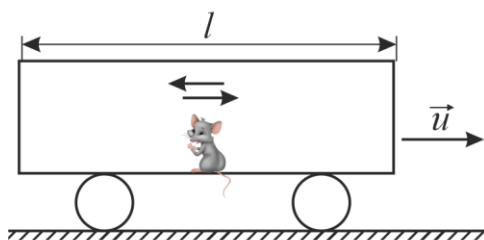


Рис. 2.1.

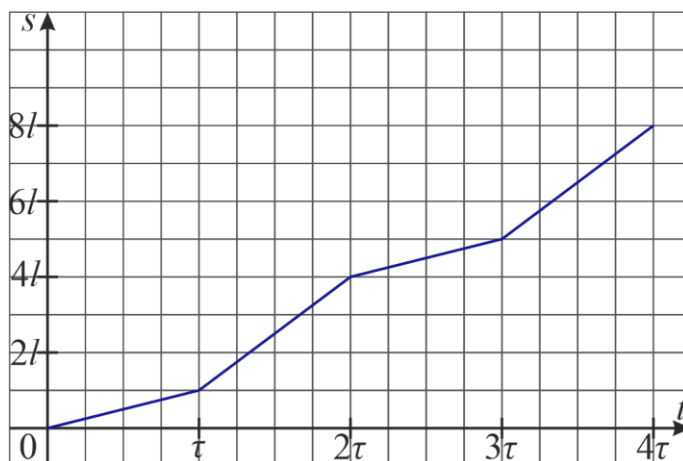


Рис. 2.2.

Решение.

Пусть скорость движения мышонка относительно тележки v , тогда время движения щенка от стенки до стенки $\tau = \frac{l}{v}$.

Обозначим первый участок графика s_1 второй s_2 (рис. P2.), далее движение повторяется, длины повторяющихся участков одинаковы, следовательно в начальный момент времени мышонок был у одной из стенок тележки.

Угол наклона графика на первом участке меньше, чем на втором, значит, скорость мышонка относительно земли в первом случае меньше, т.е. сначала мышонок бежит в направлении противоположном движению тележки, а потом по движению, то есть в начальный момент времени мышонок был у правой стенки тележки.

Скорость смещения мышонка относительно земли на первом участке равна $u - v$, на втором соответственно равна $u + v$.

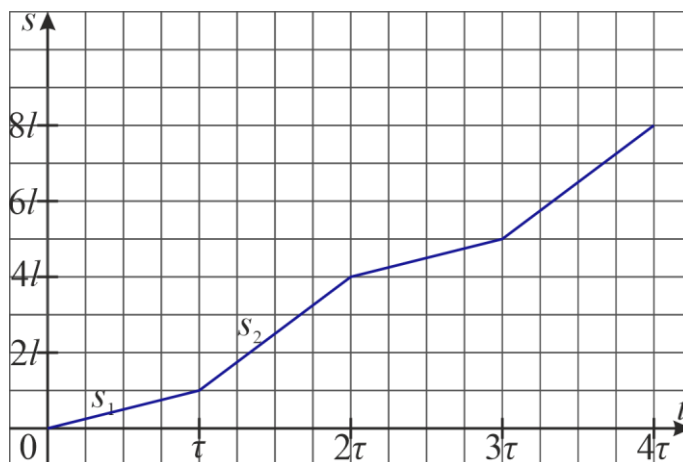


Рис. P2.

Из графика видно, что смещение $s_1 = l$, смещение $s_2 = 3l$, с другой стороны $s_1 = (u - v)\tau = (u - v)\frac{l}{v}$ и $s_2 = (u + v)\tau = (u + v)\frac{l}{v}$. Получили систему уравнений

$$\begin{cases} l = (u - v)\frac{l}{v}, \\ 3l = (u + v)\frac{l}{v}. \end{cases} \quad (1)$$

Откуда получаем, что скорость мышонка относительно тележки $v = \frac{1}{2}u$.

Критерии оценивания

1.	Найдена связь времени τ со скоростью мышонка относительно тележки	1 балл
2.	Показано, что мышонки в начальный момент времени находятся у правой стенки тележки.	2 балла
3.	Верно определено по графику смещение на первом участке	1 балл
4.	Верно определено по графику смещение на втором участке	1 балл
5.	Получены соотношения (1)	4 балла
6.	Определено, что скорость мышонка относительно тележки равна $0,5u$	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

На рисунке 3 изображен дифференциальный ворот. Определите минимальное значение длины рукоятки R , если к ней приложили силу $F = 60\text{Н}$ чтобы удержать в равновесии груз массой $m = 90\text{кг}$. Вал имеет радиусы $r_1 = 6\text{см}$ и $r_2 = 10\text{см}$.

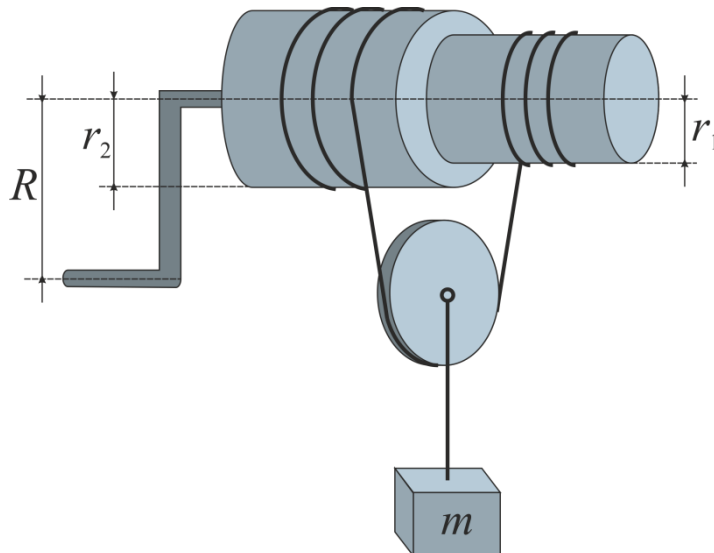


Рис. 3.

Решение.

Воспользуемся методом виртуальных перемещений.

При повороте ручки на угол φ против часовой стрелки, весь ворот поворачивается против часовой стрелки на этот угол. При этом конец ручки пройдет путь $x = \varphi R$, на больший цилиндр намотается $x_2 = \varphi r_2$ веревки, а с

меньшего цилиндра разматывается $x_1 = \varphi r_1$ веревки, при этом груз поднимется на $x_3 = \frac{x_2 - x_1}{2}$ (рис. Р3).

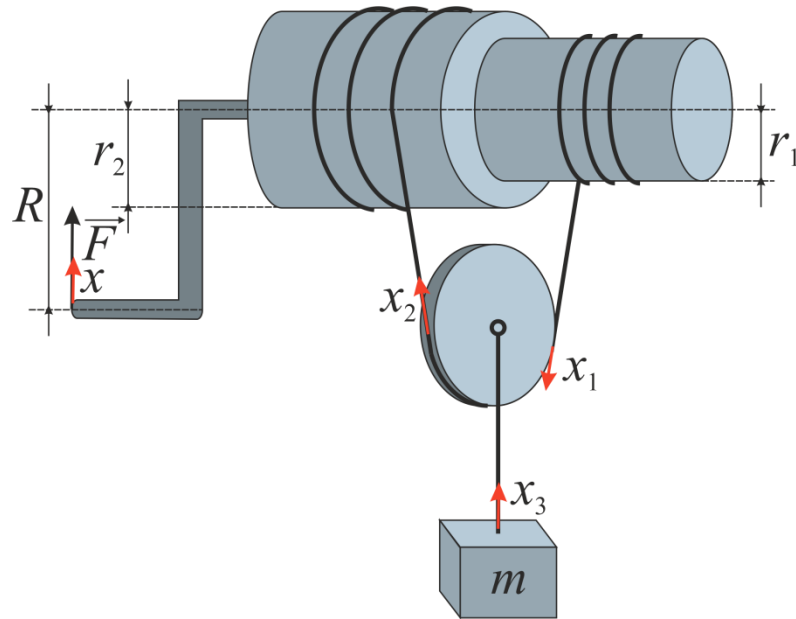


Рис. Р3.

Таким образом, работа силы F пошла на изменение потенциальной энергии груза

$$Fx = mgx_3, \quad F\varphi R = mg \frac{\varphi r_2 - \varphi r_1}{2},$$

$$R = mg \frac{r_2 - r_1}{2F},$$

$$R = 90 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{0,10 \text{ см} - 0,06 \text{ см}}{2 \cdot 60 \text{ Н}} = 0,3 = 30 \text{ см}.$$

Критерии оценивания

1.	Определено или подразумевается решением, что на один цилиндр веревка наматывается, а со второго разматывается	1 балл
2.	Определены перемещения x, x_1, x_2 (по 0,5 балла за перемещение) и перемещение x_3 (1,5 балла)	3 балла
3.	Верно составлено уравнение для метода виртуальных перемещений (закон сохранения энергии)	3 балла
4.	Получено выражение для длины рукоятки R	1 балл
5.	Верно рассчитана длина рукоятки $R = 30 \text{ см}$	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

Учащиеся 8 класса провели эксперимент. Они отмерили 7 порций воды по $m_v = 250$ г при температуре 20°C , каждую порцию воды они нагревали с помощью горючего топлива по 1 минуте, за это время каждая порция воды нагревалась в среднем до 30°C . Масса m_t топлива после каждого проведенного эксперимента указана в таблице. Экспериментальная установка, сконструирована так, что вся энергия от сгорания топлива идет на нагревание воды. Удельная теплоемкость воды $4,2 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Порция воды	0	1	2	3	4	5	6	7
m_t , г	212,00	211,66	211,40	211,08	210,74	210,42	210,12	209,80

Задания.

1. Постройте график зависимости количества теплоты Q выделяющегося при сгорании топлива от массы m сгоревшего топлива (миллиметровая бумага для графика – Приложение 1 сдается вместе с работой).
2. Определите угловой коэффициент наклона графика. Какая это физическая величина?
3. Определите за какое время сгорит 3 г топлива.

Решение.

1.1. Для построения графика зависимости $Q(m)$, необходимо рассчитать количество теплоты и массу сгоревшего топлива. $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$, $Q_{\text{пол}} = cm_v \Delta t$, $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

$$Q_1 = cm_v \Delta t = 4,2 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 250,0\text{г} \cdot 10^\circ\text{C} = 10,5 \cdot 10^3 \text{Дж}.$$

Учитывая, что каждая порция воды нагрелась за одинаковое время до одинаковой температуры, получаем, что при нагревании двух порций воды получено $2Q_1$, трех – $3Q_1$ и т.д.

Порция воды	0	1	2	3	4	5	6	7
m , г	0	0,34	0,60	0,92	1,26	1,58	1,88	2,20
Q , Дж $\times 10^3$	0	10,5	21,0	31,5	42,0	52,5	63,0	73,5

1.2. Рисунок Р4.

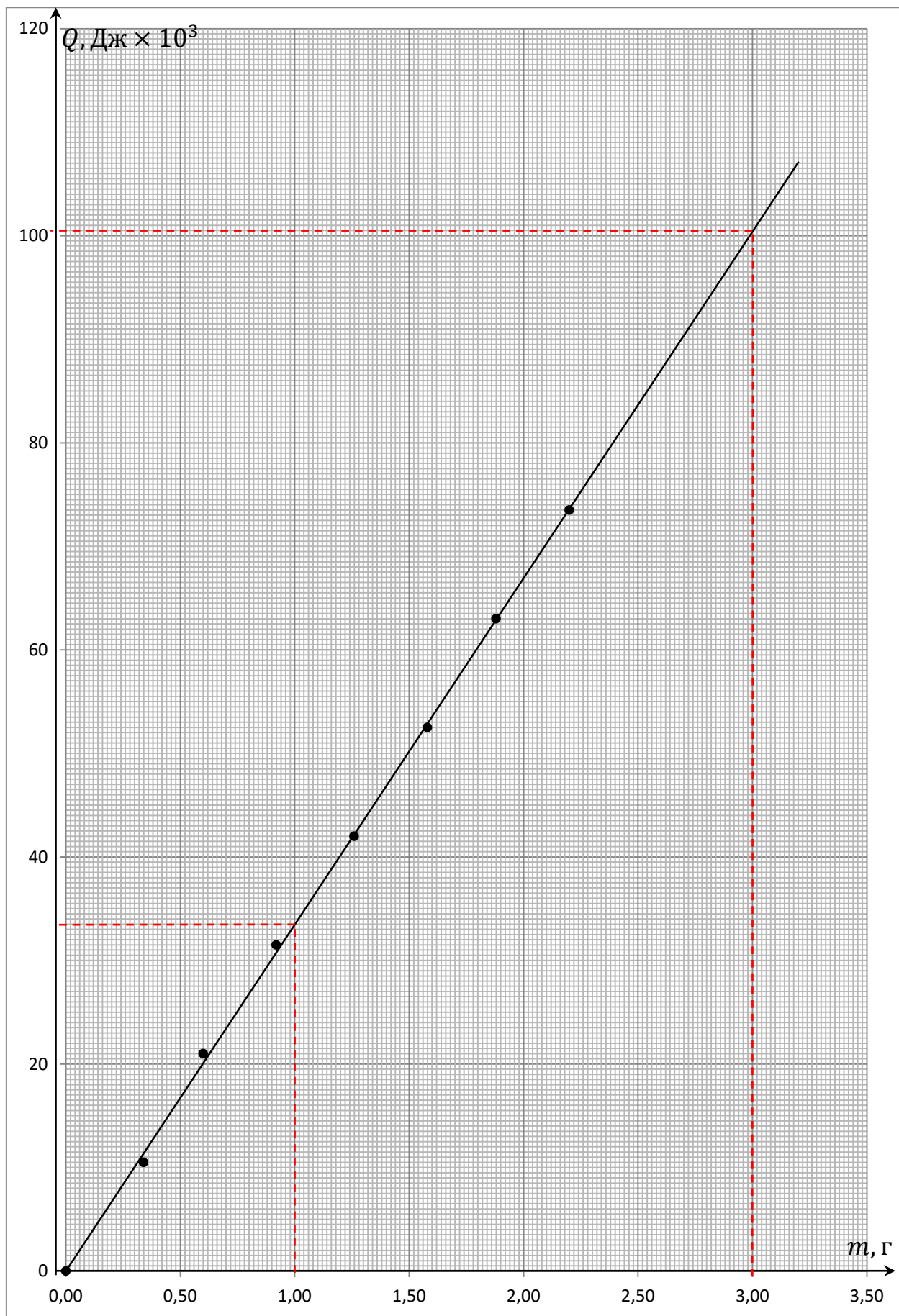


Рис. Р4.

2. Из графика определяем угловой коэффициент k наклона прямой, значению $33,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ соответствует значение массы $1,00 \text{ г}$, таким образом получаем $k = 33,5 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} = 3,35 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = q$ – это удельная теплота сгорания топлива.

3. При сгорании 3 г топлива выделится 100500 Дж тепла, на нагрев одной порции воды затрачивается 10500 Дж , откуда получаем количество порций воды или количество минут $1 \text{ мин} \cdot \frac{100500 \text{ Дж}}{10500 \text{ Дж}} = 9,6 \text{ мин}$.

4. Критерии оценивания

1.1.	Рассчитана масса сгораемого топлива (1 балл) и количество теплоты выделяющееся при сгорании (1 балл)	2 балла
1.2.	Верно построен график зависимости Q от m . 1.2.1. Оси подписаны и отложены единицы измерения по осям (0,5 балла); 1.2.2. Выбран рациональный масштаб по осям (0,5 балла); 1.2.3. Нанесены шкалы на оси (0,5 балла); 1.2.4. Соответствие точек, нанесённых на график, табличным значениям (0,5 балла); 1.2.5. Проведена прямая $Q(m)$ (1 балл).	3 балла
2.	Из графика определен угловой коэффициент наклона графика (1 балл) и указано, что это удельная теплота сгорания топлива (1 балл)	3 балла
3.	Определено за какое время сгорит 3 г топлива	2 балла
Всего		10 баллов