

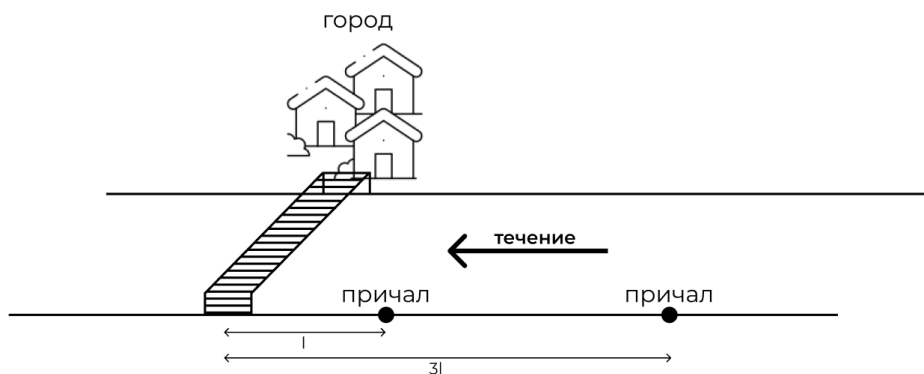
**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
физике 2023-2024 гг.**

8 класс

Решения и критерии

Задание 1. Рыбак рыбака

До города, расположенного на реке, можно добраться с двух причалов, расположенных на расстояниях l и $3l$ выше по течению на противоположном берегу. Также из города на противоположный берег ведет мост, строго перпендикулярный реке. С дальнего причала на старом катере стартовал рыбак, всё время поддерживая курс перпендикулярно течению так, чтобы доплыть до города. Одновременно с катером с ближнего причала на плоту отправился его коллега, собираясь доплыть до моста и перебежать реку. Оказалось, что рыбаки добрались до города одновременно. Во сколько раз скорость второго рыбака больше скорости катера в стоячей воде? Считать, что ширина реки равна длине моста.



Возможное решение

1. Обозначим ширину реки (и длину моста, соответственно) за s , скорость катера в стоячей воде за v , скорость течения за u .
2. Катер смещается относительно берега за счёт скорости течения, так как относительно воды катер движется перпендикулярно течению и берегу. Если первый рыбак, поддерживая курс перпендикулярно течению, доплыл ровно до города, то $s/v = 3l/u = t_1$.
3. Плот движется по реке со скоростью течения, значит, время, которое понадобилось второму рыбаку, чтобы добраться до города, равно $t_2 = l/u + s/w$, где w — его скорость.

4. По условию $t_1 = t_2$, откуда $s/w = 2l/u = 2s/3v$. Получаем ответ $w = 1.5v$, то есть скорость второго рыбака больше скорости катера в стоячей воде в 1.5 раза.

Критерии оценивания:

- 1) Отмечено, что на смещение вдоль берега влияет только скорость течения, — 1 балл.
- 2) Отмечено, что на смещение перпендикулярно берегу влияет только скорость катера относительно воды, — 1 балл.
- 3) Получено выражение для времени переправы на катере через скорость течения и скорость в стоячей воде — 3 балла.
- 4) Получено выражение для времени второго рыбака — 3 балла.
- 5) Получен ответ — 2 балла.

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 2. Кто проживает на дне океана?

Для того, чтобы погружаться и всплывать, подводная лодка использует внутренние балластные баки, которые наполняет водой для погружения или сжатым воздухом для всплытия. Изначально подводная лодка, массой 12 тонн при полностью пустых балластных баках, плавает в водах Северного Ледовитого океана, плотность которого $1\,022\text{ кг/м}^3$, погруженная в воду ровно на 80% своего объема. Подводная лодка переплывает в Красное море, плотность которого $1\,033\text{ кг/м}^3$. Сколько литров забортной воды нужно набрать в баки, чтобы подводная лодка осталась погруженной в воду на 80%?

Возможное решение

Подводную лодку на плаву удерживает сила Архимеда, которая равна

$$F_{арх} = \rho \cdot g \cdot V_{погр},$$

где ρ — плотность окружающей жидкости, $V_{погр}$ — погруженный в жидкость объем тела, $F_{арх} = m_{подлодки} \cdot g$.

В Красном море, ввиду большей плотности воды, сила Архимеда будет больше, чем в Северном Ледовитом океане. Для уравнивания этой разницы необходимо набрать в балластные баки дополнительный вес, то есть забортную воду. Оценим требуемую массу:

$$m_{\text{подлодки}} g + m_{\text{балласт}} g = F_{\text{арх2}}$$

В случае Красного моря:

$$F_{\text{арх2}} = \frac{\rho_2}{\rho_1} F_{\text{арх1}} = \frac{\rho_2}{\rho_1} m_{\text{подлодки}} g$$

$$m_{\text{подлодки}} g + m_{\text{балласт}} g = \frac{\rho_2}{\rho_1} m_{\text{подлодки}} g$$

$$m_{\text{балласт}} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) m_{\text{подлодки}}$$

Тогда требуемый объем воды равен:

$$V_{\text{балласт}} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) m_{\text{подлодки}} \frac{1}{\rho_2} = \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) m_{\text{подлодки}} = 0.125 \text{ м}^3 = 125 \text{ л.}$$

Критерии оценивания:

- 1) Использовано верное выражение для силы Архимеда — 1 балл.
- 2) Верно записан 2-й закон Ньютона для первого случая — 2 балла.
- 3) Верно записан 2-й закон Ньютона для второго случая — 2 балла.
- 4) Получено верное выражение для массы балласта — 2 балла.
- 5) Получено верное выражение для объема балласта — 1 балл.
- 6) Получен верный числовой ответ — 1 балл.

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 3. Заморозка

Восьмиклассница Даша решила летом помочь своим родителям заморозить клубнику на зиму. Она собрала $m_k = 3$ кг клубники, вымыла, высушила и оставила лежать на некоторое время на столе при комнатной температуре $t_k = 27$ °С. Затем уложила клубнику в пластиковый контейнер массой $m_n = 100$ г, который также до этого стоял на столе, и поставила в морозилку мощностью $N = 200$ Вт (можно считать ее постоянной).

- 1) Найдите время τ_z , за которое вся клубника полностью заморозится.
- 2) Даша подумала, что может взять себе немного клубники для приготовления молочного коктейля. Для этого она использовала клубнику массой $m = 50$ г, взятую из морозилки через $\tau = 25$ мин после того, как

положила ее туда, и молоко $m_M = 200$ г, взятое из холодильника при температуре $t = 5$ °С. Какая получилась температура t_0 коктейля? Потерями теплоты пренебречь.

Удельная теплоемкость клубники до заморозки равна $c_K = 3,85$ кДж/(кг·°С), температура замерзания клубники $t_3 = -1$ °С, чтобы заморозить $m_0 = 1$ кг клубники, необходимо $Q = 300$ кДж теплоты, удельная теплоемкость пластикового контейнера $c_P = 2,09$ кДж/(кг·°С), удельная теплоемкость молока $c_M = 3,94$ кДж/(кг·°С).

Возможное решение

1) Запишем уравнение теплового баланса:

$$m_K c_K (t_K - t_3) + \frac{Q}{m_0} m_K + c_P m_P (t_K - t_3) = N \tau_3$$

$$\text{Откуда } \tau_3 = \frac{m_K c_K (t_K - t_3) + \frac{Q}{m_0} m_K + c_P m_P (t_K - t_3)}{N} = 1,7 \text{ ч.}$$

2) Найдем температуру t_1 , которую будет иметь клубника, взятая через время $\tau = 25$ мин. Уравнение теплового баланса:

$$m_K c_K (t_K - t_1) + c_P m_P (t_K - t_1) = N \tau$$

Откуда $t_1 = 1$ °С.

Запишем уравнение теплового баланса для коктейля:

$$m c_K (t_1 - t_0) = m_M c_M (t_0 - t)$$

Откуда $t_0 = 4$ °С.

Критерии оценивания:

- 1) Записано уравнение теплового баланса для заморозки клубники — 2 балла.
- 2) Получен ответ в общем виде — 1 балл.
- 3) Найден числовой ответ — 1 балл.
- 4) Записано уравнение теплового баланса для нахождения температуры клубники для коктейля — 2 балла.
- 5) Найдена температура клубники для коктейля — 1 балл.
- 6) Записано уравнение теплового баланса для коктейля — 2 балла.

7) Найдена температура коктейля — 1 балл.

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 4. Погружение бутылки

Юный экспериментатор Дима проводил опыты по изучению силы Архимеда. Он взял закрытую пустую пластиковую бутылку, привязал к ней за горлышко с помощью нитки грузик и погрузил эту конструкцию в большой и высокий мерный стакан, заполненный водой. В итоге бутылка расположилась практически вертикально, не касалась дна, а уровень воды находился напротив отметки 570 мл. После этого Дима последовательно подвешивал к бутылке один за одним одни и те же грузики и определял положение уровня воды в мерном стакане. В итоге получилась следующая таблица с измерениями.

n (число грузов)	V, мл	n (число грузов)	V, мл
1	570	6	818
2	622	7	874
3	673	8	920
4	718	9	971
5	770	10	1 022

По имеющимся данным определите массу одного грузика. Плотность воды равна 1 г/см³.

Возможное решение

Пусть к бутылке привязано n грузиков массой m каждый. Пусть M — масса бутылки и веревки. Пусть V_B — начальный объем воды в мерном стакане, V_n — объем погруженной части бутылки и веревки, $V_{гр}$ — объем одного грузика. Запишем условие равновесия бутылки и n грузиков (сила Архимеда равна силе тяжести):

$$\rho_B g (V_n + nV_{гр}) = (M + nm)g$$

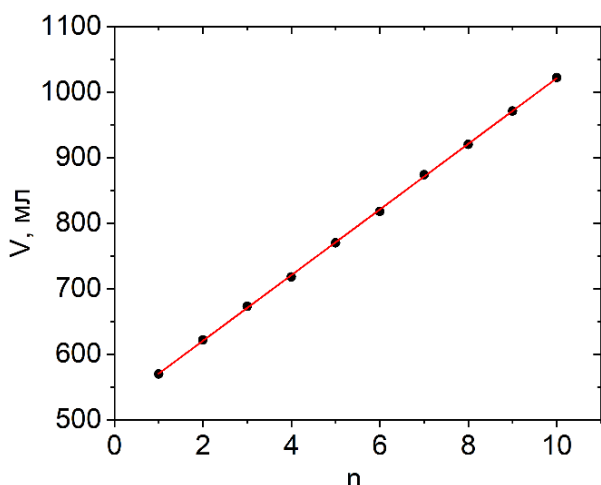
Выразим показания мерного стакана через обозначенные объемы:

$$V = V_B + V_n + nV_{гр}$$

Подставим в это выражение объемы, найденные из предыдущего равенства, получим:

$$V = V_B + (M + nm) / \rho_B = n \cdot m / \rho_B + V_B + M / \rho_B$$

Полученная зависимость $V(n)$ является линейной с коэффициентом наклона $k = m / \rho_v$. Построим график этой зависимости.



Определим коэффициент наклона линейного графика: $k = 50,1 \pm 0,2 \text{ см}_3$.

Определим массу одного грузика: $m = k \cdot \rho_v = 50,1 \pm 0,2 \text{ г}$.

В этом задании верной массой груза следует считать значение из диапазона $[49; 50] \text{ г}$.

Критерии оценивания:

- 1) Верно записано условие равновесия системы, в котором явно или неявно присутствует масса грузов, масса бутылки и масса груза — 2 балла.
- 2) Показания мерного стакана представлены как сумма объемов погруженной части бутылки, веревки и грузов — 1 балл.
- 3) Получена линейная связь показаний мерного стакана и числа грузов — 2 балла.
- 4) Построен график зависимости — 2 балла.
- 5) Верно определен коэффициент наклона графика — 2 балла.
- 6) Верно определена масса одного грузика — 1 балл.

Если значение массы грузика определялось посредством расчета по выведенной зависимости, а не по графику, то за п. 4 баллы не выставляются, а за все остальные пункты — выставляются.

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Максимальный балл за олимпиаду: 40 баллов.