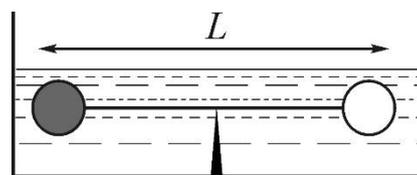


**Решения заданий**  
**муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников**  
**Камчатского края в 2023 – 2024 учебном году.**  
**Время выполнения – 230 минут (3 часа 50 минут).**  
**Максимальное количество баллов – 50 б.**

10 класс

**Задача 1. (10 баллов)**

Имеется лёгкий стержень длиной  $L = 30$  см. На его концы нанизаны два шарика. Первый шарик сделан из алюминия, второй из пластмассы. Стержень погружают в воду и уравнивают его в горизонтальном положении. Точечная опора, на которой уравнивается система, располагается при этом точно посередине стержня. На сколько нужно передвинуть вдоль стержня точку опоры, чтобы система сохранила равновесие в воздухе? Плотность алюминия  $\rho_1 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , пластмассы -  $\rho_2 = 1740 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , воды -  $\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .



**Возможное решение:**

Обозначим объемы шариков  $V_1$  и  $V_2$ . На алюминиевый шарик в воде действует разность силы тяжести и силы Архимеда

$$F_1 = M_1 g - \rho_0 g V_1 = (\rho_1 - \rho_0) g V_1.$$

Аналогичное выражение для пластмассового шарика:

$$F_2 = M_2 g - \rho_0 g V_2 = (\rho_2 - \rho_0) g V_2.$$

Опора расположена точно посередине, поэтому

$$F_1 = F_2,$$

откуда легко выразить отношение объемов шариков

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_2 - \rho_0} = 2,3.$$

На воздухе силу Архимеда можно отбросить, то есть

$$F_1' = \rho_1 g V_1, \quad F_2' = \rho_2 g V_2.$$

Пусть точка опоры сместилась на расстояние  $x$  в сторону пластмассового шарика. При этом плечо силы  $F_1'$  станет равным  $(L/2 + x)$ , а плечо силы  $F_2'$  -  $(L/2 - x)$ . Равновесие рычага имеет тогда вид

$$F_1' \left( \frac{L}{2} + x \right) = F_2' \left( \frac{L}{2} - x \right),$$

откуда

$$x = \frac{L}{2} \cdot \left( \frac{F_2' - F_1'}{F_2' + F_1'} \right) = \frac{L}{2} \cdot \left( \frac{F_2'/F_1' - 1}{F_2'/F_1' + 1} \right) = \frac{L}{2} \cdot \left( \frac{\frac{V_2 \rho_2}{V_1 \rho_1} - 1}{\frac{V_2 \rho_2}{V_1 \rho_1} + 1} \right) \approx \frac{L}{10} = 3 \text{ см}$$

**Критерии оценивания:**

Записано условие равновесия в воде	2 балла
Найдены силы, действующие на каждый шарик в воде	2 балла
Найдены силы, действующие на каждый шарик в воздухе	2 балла
Записано условие равновесия в воздухе	2 балла
Найдено смещение	2 балла

**Задача 2. (10 баллов)**

Участвуя в заочной международной олимпиаде по физике, ученик столкнулся с тем, что в этой стране пользуются теми же формулами, что и мы, но единицы измерения у них другие. Температура измеряется в градусах Фаренгейта ( $^{\circ}F$ ), мощность – в лошадиных силах ( $hp$ ), ускорение – в единицах ускорения свободного падения ( $g$ ), длина – в футах ( $ft$ ). Определить удельную теплоемкость воды в этой системе единиц, если в системе СИ она равна  $4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ .

*Примечание.*  $1^{\circ}F = \frac{5}{9}^{\circ}C$ ,  $1 hp = 0,73 \text{ кВт}$ ,  $g=9,8 \text{ м/с}^2$ ,  $1 ft = 0,3 \text{ м}$ .

**Возможное решение:**

Единицы измерения величин связаны теми же формулами, как и сами величины, не учитывая безразмерных коэффициентов, стоящих в формулах. Воспользуемся формулами:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}, \quad Q = A, \quad A = FL = mgL$$

здесь  $c$  - удельная теплоемкость,  $T$  - температура,  $Q$  - теплота,  $m$  - масса,  $FL$  - работа,  $mgL$  - потенциальная энергия.

Значит,

$$[c] = \left[ \frac{gL}{T} \right],$$

где [...] - единицы измерения величины в скобках. Подставляя данные из примечания к условию, получим искомые коэффициенты:

Единица теплоемкости в системе страны равна  $\frac{9,8 \cdot 0,3}{5/9} = 5,3$  единиц в системе СИ.

$$\text{Теплоемкость воды } c_x = \frac{4200}{5,3} = 790 \text{ единиц.}$$

**Критерии оценивания:**

Получено выражение, определяющее удельную теплоемкость	3 балла
Найдена размерность теплоемкости	2 балла
Найдены единицы теплоемкости	3 балла
Найдено значение теплоемкости	2 балла

**Задача 3. (10 баллов)**

Для соблюдения условий эксперимента в сосуде, доверху наполненном водой, необходимо поддерживать строго определенную температуру  $t_1 = 35^{\circ}C$ . Из-за того, что температура окружающего воздуха ниже, вода в сосуде остывает на  $1^{\circ}C$  каждые 5 минут. Для того, чтобы этого не происходило, в сосуд капают горячую воду  $t_2 = 50^{\circ}C$ . Масса одной капли  $m_k = 0,2 \text{ г}$ . Сколько капель в минуту должно капать в сосуд, чтобы температура поддерживалась равной  $35^{\circ}C$ ? На сколько градусов нагреется вода за одну минуту, если капать втрое чаще? Считать, что температура воды в сосуде выравнивается очень быстро. Лишняя вода вытекает. В сосуд входит 0,24 литра воды.

**Возможное решение:**

За одну минуту вода остывает на  $\Delta t_1 = 0,2^{\circ}C$ . Количество теплоты, теряемое за это время, равно

$$Q_1 = cm\Delta t_1.$$

Если в минуту в чайник капают  $n$  капель, то количества теплоты, передаваемое ими воде, равно

$$Q_2 = cnm_k(t_2 - t_1).$$

Условие постоянства температуры воды в сосуде:  $Q_1 = Q_2$ , то есть  $cnm_k(t_2 - t_1) = cm\Delta t_1$ , откуда

$$n = \frac{m\Delta t_1}{m_k(t_2 - t_1)} = 16 \text{ капель в минуту.}$$

Если капать не  $n$ , а  $3n$  каплей, то вода в сосуде нагреется за минуту на

$$\Delta t_2 = \frac{3Q_2 - Q_1}{cm} = 0,4^\circ\text{C}$$

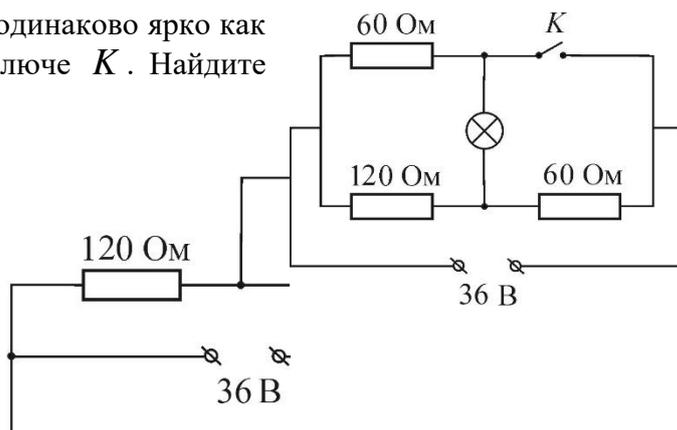
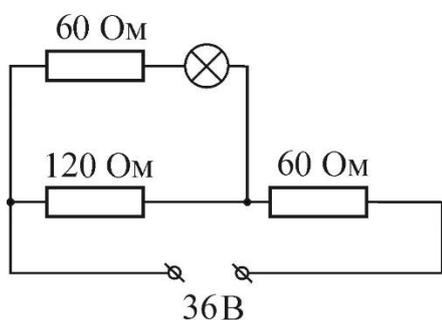
**Критерии оценивания:**

Определена скорость остывания воды в сосуде	2 балла
Записано количество теплоты, теряемой водой за 1 мин	2 балла
Записано количество теплоты, отдаваемое каплями	2 балла
Найдено количество капель, необходимое для поддержания постоянной температуры	2 балла
Найдено изменение температуры $\Delta t_2$	2 балла

**Задача 4. (10 баллов)**

В собранной схеме лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе  $K$ . Найдите напряжение на лампочке.

**Возможное решение:**



Обозначим сопротивление лампочки через  $R$ , а искомое напряжение на ней – через  $U$ . Исходную электрическую цепь с незамкнутым ключом можно изобразить в эквивалентном виде, показанном на левом рисунке. Тогда напряжение на участке цепи, содержащем параллельное соединение, равно  $U_1 = U + 60 \cdot \frac{U}{R}$ , сила тока, текущего через этот участок, составляет  $\frac{U}{R} + \frac{U_1}{120}$ , и закон Ома для данной схемы дает:

$$U + 60 \cdot \frac{U}{R} + 60 \left( \frac{U}{R} + \frac{U + 60 \frac{U}{R}}{120} \right) = 36 \text{ В.}$$

После замыкания ключа цепь можно перерисовать так, как показано на правом рисунке. Из него видно, что напряжение верхнем участке цепи, содержащем два резистора и лампочку, составляет 36 В. Закон Ома для этого участка имеет вид:

$$U + 120 \cdot \left( \frac{U}{R} + \frac{U}{60} \right) = 36 \text{ В.}$$

Решая полученную систему уравнений, найдем, что сопротивление лампочки равно  $R = 40 \text{ Ом}$ , а напряжение на ней  $U = 6 \text{ В}$ .

**Критерии оценивания:**

Нарисованы две эквивалентные схемы	по 2 балла
Записан закон Ома для каждой схемы	по 2 балла
Получен искомый ответ	2 балла

**Задача 5. (10 баллов)**

При проведении эксперимента по изучению движения тела, брошенного под углом к горизонту, были получены значения координат тела  $x$  и  $y$  через одинаковые равные промежутки времени. По условию эксперимента тело брошено с некоторой высоты. Используя данные, представленные в таблице, определите, с какой высоты было брошено тело  $h$ , его начальную скорость  $v_0$  и угол  $\alpha$  между направлением  $v_0$  и горизонтом.

$x, \text{ м}$	0,00	0,64	1,28	1,93	2,57	3,21	3,85	4,50	5,14	5,78	6,42	7,06	7,71
$y, \text{ м}$	2,00	2,45	2,79	3,04	3,19	3,24	3,19	3,04	2,79	2,44	2,00	1,45	0,81

**Возможное решение:**

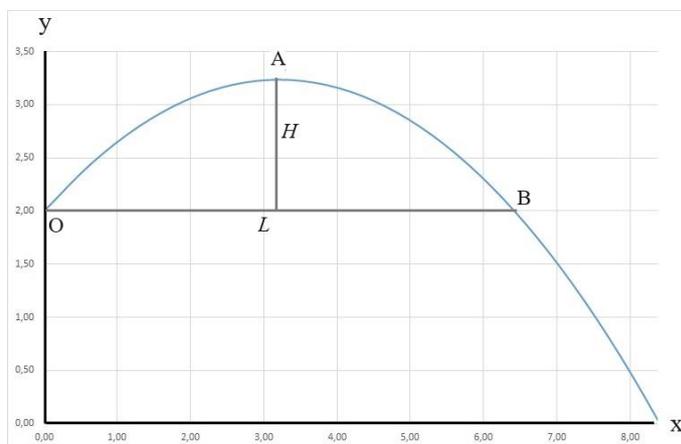
График по данным из таблицы строить необязательно. Главное – выделить из неё параметры  $h, H$  и  $L$ .

Из таблицы видно, что  $h = 2 \text{ м}, H = 1,24 \text{ м}, L = 6,42 \text{ м}$ .

Используя формулу максимальной высоты подъёма найдём  $v_{0y}$ :

$$H = \frac{v_{0y}^2}{2g} \Rightarrow v_{0y} = \sqrt{2gH} = 4,93 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$v_{0x}$  найдем, зная дальность полёта:



$$L = v_{0x} t_{\text{полёта}} \Rightarrow v_{0x} = \frac{L}{t_{\text{полёта}}};$$

$$t_{\text{полёта}} = 2t_{\text{подъема}} = 2 \cdot \frac{v_{0y}}{g}$$

$$v_{0x} = \frac{Lg}{2v_{0y}} = \frac{Lg}{2\sqrt{2gH}}$$

Проекция начальной скорости на координатные оси:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2gH}}{\frac{Lg}{2\sqrt{2gH}}} = \frac{4H}{L} = 0,7726$$

По таблице значений тангенсов найдем значение угла:  $\alpha = 37^\circ 42'$ .

$$v_0 = \frac{v_{0y}}{\sin \alpha} = \frac{4,93}{0,6115} \approx 8,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

**Критерии оценивания:**

Определены значения $h, H$ и $L$	1 балл
Получено выражение для проекции начальной скорости на ось $OY$	2 балла
Получено выражение для проекции начальной скорости на ось $OY$	2 балла
Найдено значение $\operatorname{tg} \alpha$	2 балла
Определено значение угла по таблице	1 балл
Рассчитано значение начальной скорости	2 балла