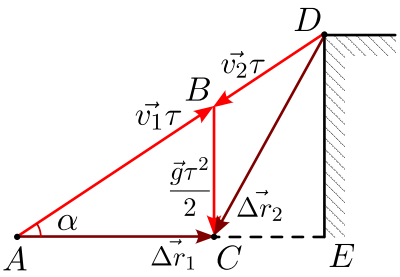
Районный этап всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге
Возможные решения задач

9 класс

1-й вариант

Задача 1. Два друга

Первое решение. Наиболее коротко задача может быть решена векторным методом. Пусть $\vec{v_1}, \vec{v_2}$ — начальные скорости камней Андрюши и Бори соответственно. На рисунке изображён треугольник их перемещений. Действительно, перемещение тела за время t при равноускоренном движении с ускорением $\vec{g}$, начальной скоростью $\vec{v_0}$ равно



$$\Delta\vec{r} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.$$

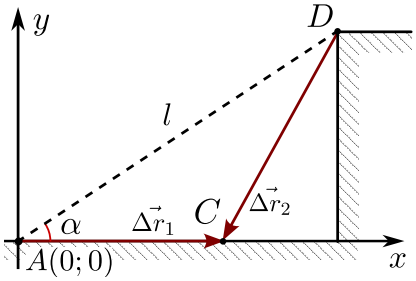
Заметим, что треугольники ABC и ADE подобны с коэффициентом $\frac{n}{n+1}$. Значит, высота сарая

$$h = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2}.$$

Расстояние между мальчиками

$$l = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2\sin\alpha} = 30 \text{ м}.$$

Второе решение. Введём систему координат (см. рисунок). В момент выстрела Андрюша находился в точке $A(0;0)$, а Боря — в точке $D(l\cos\alpha; l\sin\alpha)$. Пусть $C(x;y)$ — точка падения камней. Обозначим v — модуль начальной скорости камня Бори. Движение камней вдоль оси абсцисс равномерное, а вдоль оси ординат равноускоренно, причём проекция ускорения на ось y равна $-g$. Таким образом,



$$x = nv\tau\cos\alpha, \quad y = nv\tau\sin\alpha - \frac{g\tau^2}{2};$$

$$x = l\cos\alpha - v\tau\cos\alpha, \quad y = l\sin\alpha - v\tau\sin\alpha - \frac{g\tau^2}{2}.$$

Приравняв уравнения движения вдоль оси абсцисс, получим:

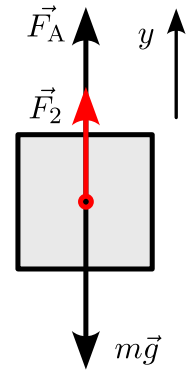
$$v = \frac{l}{(n+1)\tau}.$$

Заметим, что точка C находится на прямой абсцисс, значит, $y = 0$. Таким образом,

$$\frac{nl\sin\alpha}{n+1} = \frac{g\tau^2}{2} \Leftrightarrow l = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2\sin\alpha} = 30 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 30$ м.

Задача 2. Кубик под водой



Пусть $m = \rho V = \rho a^3$ — масса кубика. Для начала рассмотрим процесс его равномерного подъёма. Движение осуществляется под действием силы тяжести $m\vec{g}$, силы Архимеда $\vec{F}_{\text{A}}$ ($F_{\text{A}} = \rho_0 g V$) и силы $\vec{F}_2$. Согласно второму закону Ньютона,

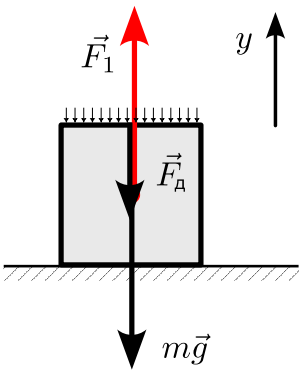
$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{A}} + \vec{F}_2 = \vec{0}.$$

В проекции на вертикальную ось

$$-mg + F_{\text{A}} + F_2 = 0 \Leftrightarrow -\rho g V + \rho_0 g V + F_2 = 0,$$

откуда находим плотность металла

$$\rho = \rho_0 + \frac{F_2}{ga^3}.$$



Теперь рассмотрим момент отрыва кубика от дна. Поскольку вода под его основание не подтекает, силу Архимеда нельзя вычислять по указанной выше формуле. Вместо этого воспользуемся общим подходом: найдём силу гидростатического давления воды на куб. Силы, действующие на боковые грани, в силу симметрии компенсируют друг друга. Сила давления на верхнюю грань направлена вниз и равна

$$F_{\text{д}} = pS = \rho_0 g h a^2,$$

где $p = \rho_0 g h$ — давление воды на глубине h. Применим второй закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{д}} + \vec{F}_1 = \vec{0}.$$

В проекции на вертикальную ось

$$-mg - F_{\text{д}} + F_1 = 0 \Leftrightarrow -\rho g a^3 - \rho_0 g h a^2 + F_1 = 0,$$

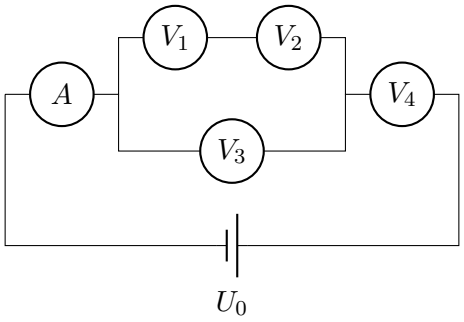
откуда находим искомую глубину

$$h = -a\frac{\rho}{\rho_0} + \frac{F_1}{\rho_0 g a^2} = \frac{F_1 - F_2}{\rho_0 g a^2} - a.$$

Ответ: 1. $\rho = \rho_0 + \frac{F_2}{ga^3}$. 2. $h = \frac{F_1 - F_2}{\rho_0 g a^2} - a$.

Задача 3. Цепь из измерительных приборов

Поскольку в цепи течёт ток, вольтметры не являются идеальными. Пронумеруем вольтметры. Заметим, что исходная схема эквивалентная следующей:



Показания вольтметров V_1 и V_2 равны, причём их сумма равна падению напряжения на вольтметре V_3 по закону параллельного соединения. Значит, $V_1 = V_2 < V_3$. Поскольку $I_3 < I_4$ (так обозначены токи, текущие через вольтметры), то $V_3 = I_3 R < I_4 R = V_4$. Именно в этом месте мы воспользовались идентичностью вольтметров.

Таким образом, минимальные показания у первого и второго вольтметров: $V_1 = V_2 = V$.

В силу указанных выше соотношений, $V_3 = 2V$. Найдём показания четвёртого вольтметра, используя соотношение между токами $I_2 + I_3 = I_4$:

$$V_4 = IR = (I_2 + I_3)\, R = V_2 + V_3 = 3V.$$

Таким образом,

$$R = \frac{3V}{I} = 1 \text{ МОм}.$$

Напряжение источника

$$U_0 = V_3 + V_4 = 5V = 5 \text{ В}.$$

Ответ: 1. $R = 1$ МОм. 2. $U_0 = 5$ В.

Задача 4. Вода в стакане

Сначала определим температуру воды после таяния льда. Записываем уравнение теплового баланса:

$$M_{\text{в}}c(T_1 - T_*) = m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c(T_* - T_2),$$

откуда после преобразований получаем:

$$T_* = \frac{M_{\text{в}}cT_1 + m_{\text{л}}cT_2 - m_{\text{л}}\lambda}{(M_{\text{в}} + m_{\text{л}})c} \approx 74^\circ\text{C}.$$

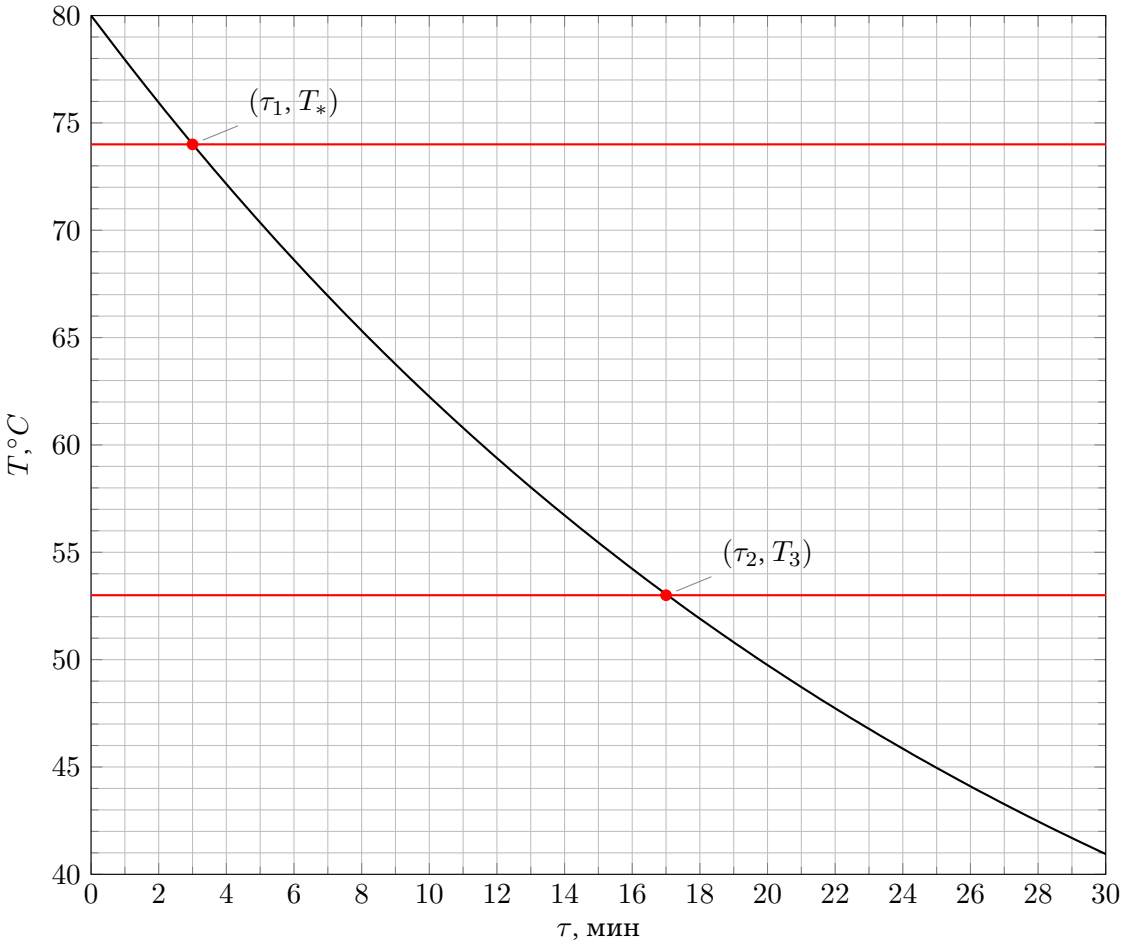
Запишем теперь количество теплоты, которое уходит из стакана за малое время $\Delta\tau$ и приравняем его количеству теплоты, выделяющемуся при охлаждении содержимого стакана, находящегося при температуре T, на величину $|\Delta T|$:

$$\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -c\rho Sh\Delta T,$$

где ρ — плотность воды, S — площадь сечения стакана, h — уровень воды в нем, а знак *минус* появился, поскольку вода в стакане остывает. Сокращая на величину h получаем следующую пропорциональность:

$$\frac{\Delta T}{\Delta\tau} \propto T - T_0.$$

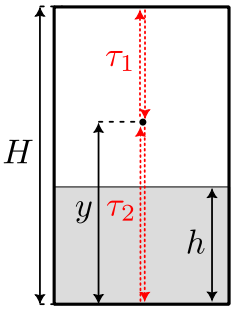
Здесь мы учли, что площадь сечения стакана, плотность и удельная теплоёмкость воды, а также коэффициент χ — постоянные величины. Таким образом, зависимость температуры содержимого от времени подчиняется одному и тому же уравнению вне зависимости от количества воды в стакане, а значит мы можем использовать приведенный график для определения температуры воды (отсчитывая время от точки на графике, соответствующей температуре T_*).



Из графика получаем $\tau_1 = 3$ мин, $\tau_2 = 17$ мин. Окончательный ответ $\Delta\tau = 14$ мин.

Ответ: 1. $T_* = 74^\circ\text{C}$. 2. $\Delta\tau = 14$ мин.

Задача 5. Слепой коптер



Пусть помещение заполнено водой до высоты h, а коптер в этот момент находится на высоте y.

Первое решение. Сигналы, отправленные сонаром в направлении потолка и пола комнаты, вернутся спустя время

$$\tau_1 = \frac{2(H-y)}{v_{\text{возд}}} \quad \text{и} \quad \tau_2 = \frac{2(y-h)}{v_{\text{возд}}} + \frac{2h}{v_{\text{вод}}}$$

соответственно. Поскольку среда коптера — воздух, измеренные сонаром расстояния l_1 и l_2 до потолка и пола соответственно, находятся следующим образом:

$$\tau_1 = \frac{2l_1}{v_{\text{возд}}}, \quad \tau_2 = \frac{2l_2}{v_{\text{возд}}},$$

$$l_1 = H - y, \quad l_2 = y - h + h\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}.$$

Коптер запрограммирован таким образом, чтобы поддерживать расстояние до потолка большим расстояния до пола в $k = 3$ раз, поэтому

$$l_1 = kl_2.$$

В момент погружения коптера в воду $y = h$, поэтому

$$H - h = kh\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}} \Leftrightarrow h = \frac{H}{1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}}.$$

Поскольку $q = 2$ л/с — объёмный расход воды, то $u = \frac{q}{AB}$ — скорость заполнения комнаты водой. Значит, искомое время:

$$t = \frac{HAB}{q\left(1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)} = 7{,}3 \text{ ч}.$$

Второе решение. На полу растет плоскопараллельная пластинка из воды, через которую коптер слышит пол так, как если бы он находился к нему ближе. Насколько ближе?

Сонар измеряет расстояние, засекая время до возвращения звукового импульса и умножает его половину на скорость звука в среде. Среда коптера — воздух. Коптер будет считать себя находящимся на высоте

$$z = v_{\text{возд}}\left(\frac{y-h}{v_{\text{возд}}} + \frac{h}{v_{\text{вод}}}\right) = y - h\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right).$$

Данное мнимое расстояние благодаря программе коптера будет связано с расстоянием до потолка ($k = 3$):

$$kz = H - y.$$

Следовательно, сам коптер находится на высоте

$$y = \frac{H + kh\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)}{k+1}.$$

Коптер утонет, когда станет $y = h$, то есть

$$(k+1)h = H + kh\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right) \Leftrightarrow h = H - kh\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}} \Leftrightarrow h = \frac{H}{1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}}.$$

Поскольку $q = 2$ л/с — объёмный расход воды, то $u = \frac{q}{AB}$ — скорость заполнения комнаты водой. Значит, искомое время:

$$t = \frac{HAB}{q\left(1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)} = 7{,}3 \text{ ч}.$$

Ответ: $t = 7{,}3$ ч.

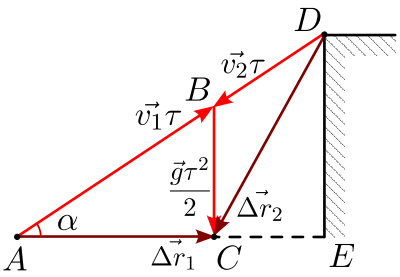
Районный этап всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге
Возможные решения задач

9 класс

2-й вариант

Задача 1. Два друга

Первое решение. Наиболее коротко задача может быть решена векторным методом. Пусть $\vec{v_1}, \vec{v_2}$ — начальные скорости камней Алёши и Богдана соответственно. На рисунке изображён треугольник их перемещений. Действительно, перемещение тела за время t при равноускоренном движении с ускорением $\vec{g}$, начальной скоростью $\vec{v_0}$ равно



$$\Delta\vec{r} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.$$

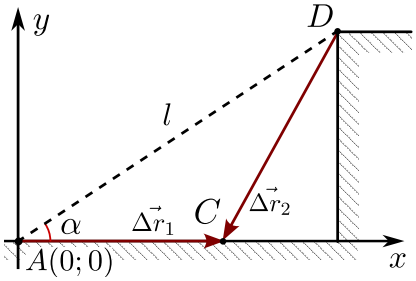
Заметим, что треугольники ABC и ADE подобны с коэффициентом $\frac{n}{n+1}$. Значит, высота сарая

$$h = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2}.$$

Расстояние между мальчиками

$$l = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2\sin\alpha} = 60 \text{ м}.$$

Второе решение. Введём систему координат (см. рисунок). В момент выстрела Алёша находился в точке $A(0;0)$, а Богдан — в точке $D(l\cos\alpha; l\sin\alpha)$. Пусть $C(x;y)$ — точка падения камней. Обозначим v — модуль начальной скорости камня Богдана. Движение камней вдоль оси абсцисс равномерное, а вдоль оси ординат равноускоренно, причём проекция ускорения на ось y равна $-g$. Таким образом,



$$x = nv\tau\cos\alpha, \quad y = nv\tau\sin\alpha - \frac{g\tau^2}{2};$$

$$x = l\cos\alpha - v\tau\cos\alpha, \quad y = l\sin\alpha - v\tau\sin\alpha - \frac{g\tau^2}{2}.$$

Приравняв уравнения движения вдоль оси абсцисс, получим:

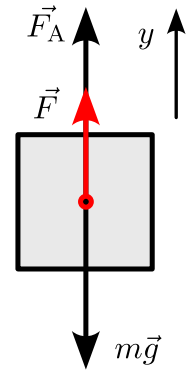
$$v = \frac{l}{(n+1)\tau}.$$

Заметим, что точка C находится на прямой абсцисс, значит, $y = 0$. Таким образом,

$$\frac{nl\sin\alpha}{n+1} = \frac{g\tau^2}{2} \Leftrightarrow l = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2\sin\alpha} = 60 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 60$ м.

Задача 2. Кубик под водой



Пусть $m = \rho V = \rho a^3$ — масса кубика. Рассмотрим процесс его равномерного подъёма. Движение осуществляется под действием силы тяжести $m\vec{g}$, силы Архимеда $\vec{F}_{\text{A}}$ ($F_{\text{A}} = \rho_0 g V$) и силы $\vec{F}$. Согласно второму закону Ньютона,

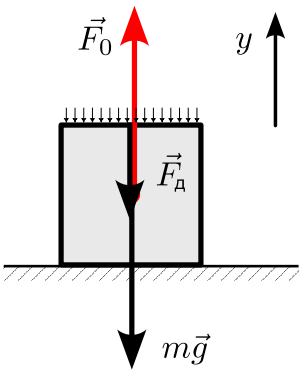
$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{A}} + \vec{F} = \vec{0}.$$

В проекции на вертикальную ось

$$-mg + F_{\text{A}} + F = 0 \Leftrightarrow -\rho g V + \rho_0 g V + F = 0,$$

откуда находим плотность металла

$$\rho = \rho_0 + \frac{F}{ga^3}.$$



Теперь рассмотрим момент отрыва кубика от дна. Поскольку вода под его основание не подтекает, силу Архимеда нельзя вычислять по указанной выше формуле. Вместо этого воспользуемся общим подходом: найдём силу гидростатического давления воды на куб. Силы, действующие на боковые грани, в силу симметрии компенсируют друг друга. Сила давления на верхнюю грань направлена вниз и равна

$$F_{\text{д}} = pS = \rho_0 g(h-a)a^2,$$

где $p = \rho_0 g(h-a)$ — давление воды на глубине $h-a$. Применим второй закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{д}} + \vec{F}_0 = \vec{0}.$$

В проекции на вертикальную ось

$$-mg - F_{\text{д}} + F_0 = 0 \Leftrightarrow -\rho g a^3 - \rho_0 g(h-a)a^2 + F_0 = 0,$$

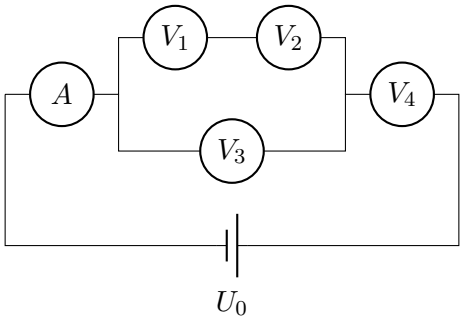
откуда находим искомую силу

$$F_0 = F + \rho_0 g a^2 h.$$

Ответ: 1. $\rho = \rho_0 + \frac{F}{ga^3}$. 2. $F_0 = F + \rho_0 g a^2 h$.

Задача 3. Цепь из измерительных приборов

Поскольку в цепи течёт ток, вольтметры не являются идеальными. Пронумеруем вольтметры. Заметим, что исходная схема эквивалентная следующей:



Показания вольтметров V_1 и V_2 равны, причём их сумма равна падению напряжения на вольтметре V_3 по закону параллельного соединения. Значит, $V_1 = V_2 < V_3$. Поскольку $I_3 < I_4$ (так обозначены токи, текущие через вольтметры), то $V_3 = I_3 R < I_4 R = V_4$. Именно в этом месте мы воспользовались идентичностью вольтметров.

Таким образом, минимальные показания у первого и второго вольтметров: $V_1 = V_2 = V$.

В силу указанных выше соотношений, $V_3 = 2V$. Найдём показания четвёртого вольтметра, используя соотношение между токами $I_2 + I_3 = I_4$:

$$V_4 = IR = (I_2 + I_3)\, R = V_2 + V_3 = 3V.$$

Таким образом,

$$R = \frac{3V}{I} = 1 \text{ МОм}.$$

Напряжение источника

$$U_0 = V_3 + V_4 = 5V = 10 \text{ В}.$$

Ответ: 1. $R = 1$ МОм. 2. $U_0 = 10$ В.

Задача 4. Вода в стакане

Сначала определим температуру воды после таяния льда. Записываем уравнение теплового баланса:

$$M_{\text{в}}c(T_1 - T_*) = m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c(T_* - T_2),$$

откуда после преобразований получаем:

$$T_* = \frac{M_{\text{в}}cT_1 + m_{\text{л}}cT_2 - m_{\text{л}}\lambda}{(M_{\text{в}} + m_{\text{л}})c} \approx 83^\circ\text{C}.$$

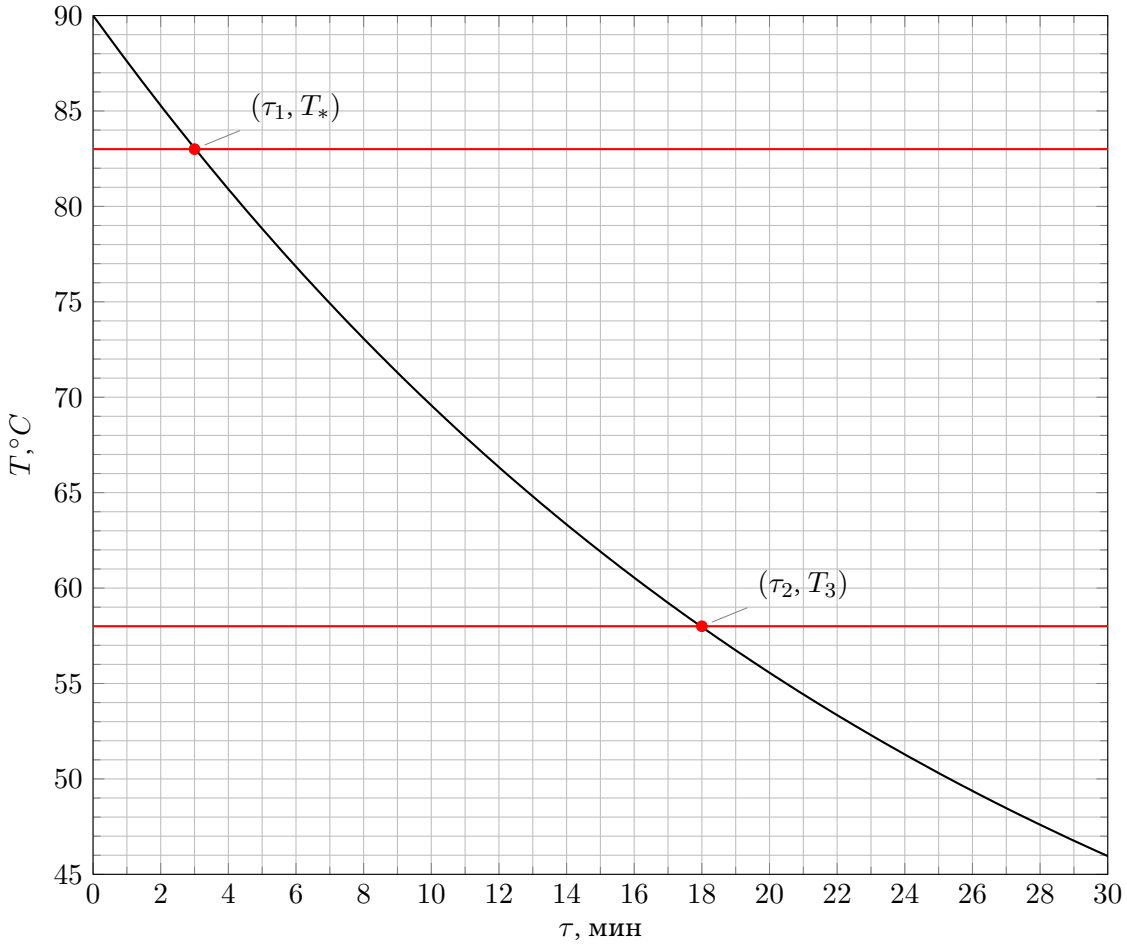
Запишем теперь количество теплоты, которое уходит из стакана за малое время $\Delta\tau$ и приравняем его количеству теплоты, выделяющемуся при охлаждении содержимого стакана, находящегося при температуре T, на величину $|\Delta T|$:

$$\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -c\rho Sh\Delta T,$$

где ρ — плотность воды, S — площадь сечения стакана, h — уровень воды в нем, а знак *минус* появился, поскольку вода в стакане остывает. Сокращая на величину h получаем следующую пропорциональность:

$$\frac{\Delta T}{\Delta\tau} \propto T - T_0.$$

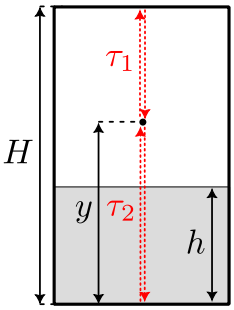
Здесь мы учли, что площадь сечения стакана, плотность и удельная теплоёмкость воды, а также коэффициент χ — постоянные величины. Таким образом, зависимость температуры содержимого от времени подчиняется одному и тому же уравнению вне зависимости от количества воды в стакане, а значит мы можем использовать приведенный график для определения температуры воды (отсчитывая время от точки на графике, соответствующей температуре T_*).



Из графика получаем $\tau_1 = 3$ мин, $\tau_2 = 18$ мин. Окончательный ответ $\Delta\tau = 15$ мин.

Ответ: 1. $T_* = 83^\circ\text{C}$. 2. $\Delta\tau = 15$ мин.

Задача 5. Слепой коптер



Пусть помещение заполнено водой до высоты h, а коптер в этот момент находится на высоте y.

Первое решение. Сигналы, отправленные сонаром в направлении потолка и пола комнаты, вернутся спустя время

$$\tau_1 = \frac{2(H-y)}{v_{\text{возд}}} \quad \text{и} \quad \tau_2 = \frac{2(y-h)}{v_{\text{возд}}} + \frac{2h}{v_{\text{вод}}}$$

соответственно. Поскольку среда коптера — воздух, измеренные сонаром расстояния l_1 и l_2 до потолка и пола соответственно, находятся следующим образом:

$$\tau_1 = \frac{2l_1}{v_{\text{возд}}}, \quad \tau_2 = \frac{2l_2}{v_{\text{возд}}},$$

$$l_1 = H - y, \quad l_2 = y - h + h\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}.$$

Коптер запрограммирован таким образом, чтобы поддерживать расстояние до потолка большим расстояния до пола в $k = 4$ раз, поэтому

$$l_1 = kl_2.$$

В момент погружения коптера в воду $y = h$, поэтому

$$H - h = kh\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}} \Leftrightarrow h = \frac{H}{1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}}.$$

Поскольку $q = 2$ л/с — объёмный расход воды, то $u = \frac{q}{AB}$ — скорость заполнения комнаты водой. Значит, искомое время:

$$t = \frac{HAB}{q\left(1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)} = 4{,}6 \text{ ч}.$$

Второе решение. На полу растет плоскопараллельная пластинка из воды, через которую коптер слышит пол так, как если бы он находился к нему ближе. Насколько ближе?

Сонар измеряет расстояние, засекая время до возвращения звукового импульса и умножает его половину на скорость звука в среде. Среда коптера — воздух. Коптер будет считать себя находящимся на высоте

$$z = v_{\text{возд}}\left(\frac{y-h}{v_{\text{возд}}} + \frac{h}{v_{\text{вод}}}\right) = y - h\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right).$$

Данное мнимое расстояние благодаря программе коптера будет связано с расстоянием до потолка ($k = 4$)

$$kz = H - y.$$

Следовательно, сам коптер находится на высоте

$$y = \frac{H + kh\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)}{k+1}.$$

Коптер утонет, когда станет $y = h$, то есть

$$(k+1)h = H + kh\left(1 - \frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right) \Leftrightarrow h = H - kh\frac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}} \Leftrightarrow h = \frac{H}{1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}}.$$

Поскольку $q = 2$ л/с — объёмный расход воды, то $u = \frac{q}{AB}$ — скорость заполнения комнаты водой. Значит, искомое время:

$$t = \frac{HAB}{q\left(1 + k\dfrac{v_{\text{возд}}}{v_{\text{вод}}}\right)} = 4{,}6 \text{ ч}.$$

Ответ: $t = 4{,}6$ ч.

Районный этап всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге
Критерии оценивания

9 класс

1-й вариант

Задача 1

Баллы за методы М1 и М2 не суммируются.

1.1	**М1.** Построен векторный треугольник перемещений для первого камня.	**1**
1.2	**М1.** Построен векторный треугольник перемещений для второго камня.	**1**
1.3	**М1.** Указано подобие треугольников (как в авторском решении либо аналогичных).	**2**
1.4	**М1.** Коэффициент подобия выражен через отношение скоростей.	**1**
1.5	**М1.** Правильно записано отношение подобия.	**2**
1.6	**М2.** Правильно записаны три уравнения движения камней в проекции на оси (по 1 баллу за каждое).	$3 \times \mathbf{1}$
1.7	**М2.** Использовано равенство времён полёта камней.	**2**
1.8	**М2.** Система сведена к уравнению с одной неизвестной.	**2**
1.9	Использовано правильное соотношение между высотой сарая и расстоянием между мальчиками $h = l \sin \alpha$ (или аналогичное).	**1**
1.10	Получен правильный численный ответ $l = 30$ м. Примечание. Если получен правильный ответ в общем виде $l = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2 \sin \alpha}$, но допущена вычислительная ошибка, ставить 1 балл.	**2**

Задача 2

2.1	Получено уравнение $-mg + F_A + F_2 = 0$ (или равносильное).	**2**
2.2	Правильный ответ для плотности: $\rho = \rho_0 + \frac{F_2}{ga^3}$.	**2**
2.3	Участник продемонстрировал понимание обстоятельства, что равнодействующая сил давления не будет равна силе Архимеда в обычном понимании при отрыве кубика.	**2**
2.4	Выражение для силы давления на верхнюю грань $F_д = \rho_0 gha^2$.	**2**
2.5	Правильный ответ $h = \frac{F_1 - F_2}{\rho_0 ga^2} - a$.	**2**

Задача 3

3.1	В работе используется, что минимальные показания у первого и второго вольтметров .	**1**
3.2	Обосновано $V_1 = V_2$.	**1**
3.3	Обосновано $V_1 < V_3$ (или $V_2 < V_3$).	**1**
3.4	Обосновано $V_3 < V_4$.	**2**
3.5	$V_3 = 2V$.	**1**
3.6	$V_4 = 3V$.	**1**
3.7	Найдено сопротивление вольтметров (1 МОм).	**1**
3.8	Найдено напряжение источника (5 В).	**2**

Задача 4

4.1	Корректно записано уравнение теплового баланса в предположении, что весь лед растает $M_{\text{в}}c(T_1 - T^*) = m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c(T^* - T_2)$ ИЛИ в предположении, что не весь лед растает $M_{\text{в}}c(T_1 - T_2) = m_{\text{л}}\lambda$.	**2**
4.2	Получено верное значение для температуры $T^* = 74°C$.	**2**
4.3	Корректно записана связь теплопотерь с охлаждением воды в произвольный момент времени: $\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -cM\Delta T$ (или эквивалентное, например, $\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -c\rho Sh\Delta T$). Примечания. 1. Вместо всей воды участник вправе рассмотреть слой. 2. **Если этот пункт выполнен неверно, следующие пункты не оцениваются.**	**2**
4.4	Сделан обоснованный вывод о применимости предложенного графика для изучения второго эксперимента: коэффициент пропорциональности в зависимости $\frac{\Delta T}{\Delta\tau} \propto T - T_0$ не меняется при переходе ко второму эксперименту.	**2**
4.5	Из графика найдены времена, соответствующие температурам T^* и T_3: 3 мин и 17 мин.	**1**
4.6	Найдена требуемая продолжительность остывания: 14 мин.	**1**

Задача 5

5.1	Корректно записано время прохождения звука до потолка и обратно $\tau_1 = \frac{2(H-y)}{v_{\text{возд}}}$. Примечание. Если в выражении учтено прохождение звука только в одну сторону, пункт оценивается в 2 балла.	**3**
5.2	Корректно записано время прохождения звука до пола и обратно $\tau_2 = \frac{2(y-h)}{v_{\text{возд}}} + \frac{2h}{v_{\text{вод}}}$. Примечания. 1. В формуле может быть сразу учтено $y = h$. 2. Если в выражении учтено прохождение звука только в одну сторону, пункт оценивается в 2 балла.	**3**
5.3	Расстояния, вычисляемые квадрокоптером, связаны с измеряемыми временами: $l_1 = v_{\text{возд}}\,\tau_1$ и $l_2 = v_{\text{возд}}\tau_2$ ИЛИ записано соотношение $\tau_1 = k\tau_2$.	**1**
5.4	Записано выражение для времени заполнения водой помещения до уровня h: $t = \frac{ABh}{q}$.	**2**
5.5	Получен ответ на задачу: 7,3 ч.	**1**

Районный этап всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге
Критерии оценивания

9 класс

2-й вариант

Задача 1

Баллы за методы М1 и М2 не суммируются.

1.1	**М1.** Построен векторный треугольник перемещений для первого камня.	**1**
1.2	**М1.** Построен векторный треугольник перемещений для второго камня.	**1**
1.3	**М1.** Указано подобие треугольников (как в авторском решении либо аналогичных).	**2**
1.4	**М1.** Коэффициент подобия выражен через отношение скоростей.	**1**
1.5	**М1.** Правильно записано отношение подобия.	**2**
1.6	**М2.** Правильно записаны три уравнения движения камней в проекции на оси (по 1 баллу за каждое).	$3 \times \mathbf{1}$
1.7	**М2.** Использовано равенство времён полёта камней.	**2**
1.8	**М2.** Система сведена к уравнению с одной неизвестной.	**2**
1.9	Использовано правильное соотношение между высотой сарая и расстоянием между мальчиками $h = l \sin \alpha$ (или аналогичное).	**1**
1.10	Получен правильный численный ответ $l = 60$ м. Примечание. Если получен правильный ответ в общем виде $l = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g\tau^2}{2 \sin \alpha}$, но допущена вычислительная ошибка, ставить 1 балл.	**2**

Задача 2

2.1	Получено уравнение $-mg + F_A + F = 0$ (или равносильное).	**2**
2.2	Правильный ответ для плотности: $\rho = \rho_0 + \frac{F}{ga^3}$.	**2**
2.3	Участник продемонстрировал понимание обстоятельства, что равнодействующая сил давления не будет равна силе Архимеда в обычном понимании при отрыве кубика.	**2**
2.4	Выражение для силы давления на верхнюю грань $F_д = \rho_0 g(h-a)a^2$.	**2**
2.5	Правильный ответ $F_0 = F + \rho_0 g a^2 h$.	**2**

Задача 3

3.1	В работе используется, что минимальные показания у первого и второго вольтметров.	**1**
3.2	Обосновано $V_1 = V_2$.	**1**
3.3	Обосновано $V_1 < V_3$ (или $V_2 < V_3$).	**1**
3.4	Обосновано $V_3 < V_4$.	**2**
3.5	$V_3 = 2V$.	**1**
3.6	$V_4 = 3V$.	**1**
3.7	Найдено сопротивление вольтметров (1 МОм).	**1**
3.8	Найдено напряжение источника (10 В).	**2**

Задача 4

4.1	Корректно записано уравнение теплового баланса в предположении, что весь лед растает $M_{\text{в}}c(T_1 - T^*) = m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c(T^* - T_2)$ ИЛИ в предположении, что не весь лед растает $M_{\text{в}}c(T_1 - T_2) = m_{\text{л}}\lambda$.	**2**
4.2	Получено верное значение для температуры $T^* = 83°C$.	**2**
4.3	Корректно записана связь теплопотерь с охлаждением воды в произвольный момент времени: $\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -cM\Delta T$ (или эквивалентное, например, $\chi h(T - T_0)\Delta\tau = -c\rho Sh\Delta T$). Примечания. 1. Вместо всей воды участник вправе рассмотреть слой. 2. **Если этот пункт выполнен неверно, следующие пункты не оцениваются.**	**2**
4.4	Сделан обоснованный вывод о применимости предложенного графика для изучения второго эксперимента: коэффициент пропорциональности в зависимости $\frac{\Delta T}{\Delta\tau} \propto T - T_0$ не меняется при переходе ко второму эксперименту.	**2**
4.5	Из графика найдены времена, соответствующие температурам T^* и T_3: 3 мин и 18 мин.	**1**
4.6	Найдена требуемая продолжительность остывания: 15 мин.	**1**

Задача 5

5.1	Корректно записано время прохождения звука до потолка и обратно $\tau_1 = \frac{2(H-y)}{v_{\text{возд}}}$. Примечание. Если в выражении учтено прохождение звука только в одну сторону, пункт оценивается в 2 балла.	**3**
5.2	Корректно записано время прохождения звука до пола и обратно $\tau_2 = \frac{2(y-h)}{v_{\text{возд}}} + \frac{2h}{v_{\text{вод}}}$. Примечания. 1. В формуле может быть сразу учтено $y = h$. 2. Если в выражении учтено прохождение звука только в одну сторону, пункт оценивается в 2 балла.	**3**
5.3	Расстояния, вычисляемые квадрокоптером, связаны с измеряемыми временами: $l_1 = v_{\text{возд}}\,\tau_1$ и $l_2 = v_{\text{возд}}\tau_2$ ИЛИ записано соотношение $\tau_1 = k\tau_2$.	**1**
5.4	Записано выражение для времени заполнения водой помещения до уровня h: $t = \frac{ABh}{q}$.	**2**
5.5	Получен ответ на задачу: 4,6 ч.	**1**