

**ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ**  
**муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников**  
**по физике**

**9 класс**

Время проведения – 3,5 астрономических часа.

Максимальное количество баллов – 50.

**Задача 1**

Находясь на краю глубокого обрыва, турист бросает камень вертикально вверх. При последующем движении вниз камень проходит точку бросания и падает в обрыв. Известно, что за промежуток времени  $t = 1$  с, отсчитываемый от момента броска, камень прошел путь  $S = 2,9$  м. Определите начальную скорость камня, сообщенную ему при броске. Ускорение свободного падения считать равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Возможное решение:**

Обозначим  $t_1$  – время подъема,  $t_2$  – время спуска.

$$S_1 = \frac{gt_1^2}{2} - \text{путь вверх}; S_2 = \frac{gt_2^2}{2} - \text{путь вниз.}$$

$$\text{Общий путь } S = S_1 + S_2 = \frac{g}{2}(t_1^2 + t_2^2).$$

$$t = t_1 + t_2 = 1 \text{ с} \quad t_2 = t - t_1$$

$$\frac{2S}{g} = t_1^2 + (t - t_1)^2 = 2t_1^2 - 2tt_1 + t^2$$

или

$$t_1^2 - tt_1 + \frac{t^2}{2} - \frac{S}{g} = 0.$$

Решаем квадратное уравнение

$$t_1^2 - t_1 + \frac{1}{2} - 0,29 = 0$$

$$t_1 = 0,5 \pm 0,2$$

$$t_1 = 0,7 \text{ с}; t_1 = 0,3 \text{ с}$$

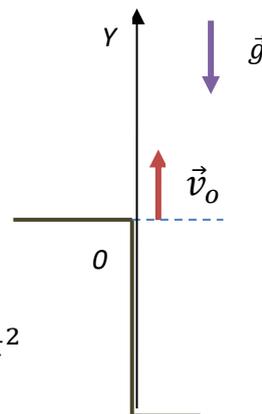
$v_0$  найдем из условия:

$$v = v_0 - gt_1 = 0$$

$$v_0 = gt_1$$

$$v_0 = 7 \text{ м/с}; v_0 = 3 \text{ м/с}$$

**Ответ:**  $v_0 = 7$  м/с;  $v_0 = 3$  м/с



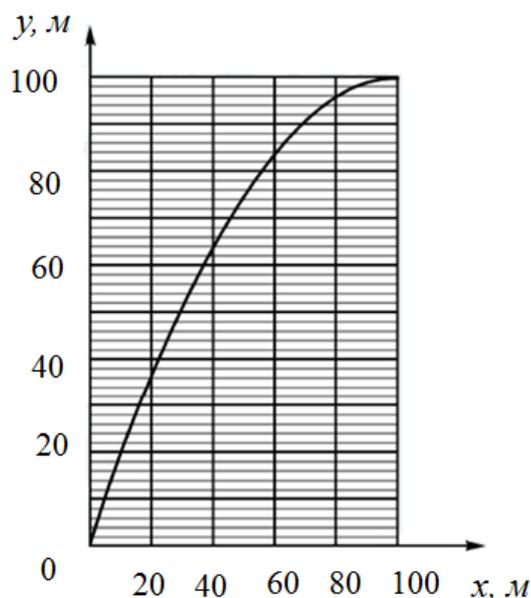
**Критерии:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Верно записано выражение для пути вверх | - 3 балла |
| 2. Верно записано выражение для пути вниз  | - 2 балла |

- |   |                  |
|---|------------------|
| 3. Верно записано выражение для общего пути             | - 1 балл         |
| 4. Правильно составлено уравнение для определения $t_1$ | - 2 балла        |
| 5. Получен правильный ответ                             | - 2 балла        |
| <b>Всего:</b>   | <b>10 баллов</b> |

## Задача 2

Лодка отплыла от берега реки, текущей со скоростью, постоянной по всей ширине реки. В системе отсчета, связанной с водой, лодка все время двигалась перпендикулярно берегу, причем движение было равнозамедленным, с начальной скоростью 2 м/с. На рисунке изображен вид сверху на траекторию лодки в системе отсчета, связанной с берегом реки. Ось  $x$  направлена вдоль берега реки, ось  $y$  – перпендикулярно берегу. Определите скорость течения реки и модуль ускорения лодки.



### Возможное решение:

Введем обозначения  $u$  – скорость течения реки;  $v$  – начальная скорость лодки.

Движение по оси  $X$  является равномерным

$$x = ut, \quad (1)$$

а по оси  $Y$  равнозамедленным

$$y = vt - \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

Исключая  $t$  из уравнений (1) и (2), получим уравнение параболы:

$$y(x) = -\frac{a}{2u^2}x^2 + \frac{v}{u}x \quad (3)$$

или

$$y(x) = x \left( \frac{v}{u} - \frac{a}{2u^2}x \right) \quad (4)$$

Для равнозамедленного движения запишем зависимость скорости от времени:

$$v_y = v_{oy} - at = v - at. \quad (5)$$

Из рисунка видно, что парабола имеет точки пересечения с осью  $X$ :  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 200$  м.

$$\begin{aligned} \frac{v}{u} - \frac{a}{2u^2}x &= 0 \\ x &= \frac{2uv}{a} = 200 \end{aligned}$$

Так как  $v = 2$  м/с, получаем  $u = 50a$ .

При  $x = 100$  м из рисунка видно, что  $y = 100$  м. Подставим эти значения в уравнение параболы (4), заменим  $a = u/50$  и получим

$$u = 1 \text{ м/с}; \quad a = \frac{u}{50} = 0,02 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $u = 1$  м/с;  $a = 0,02$  м/с<sup>2</sup>.

#### Критерии:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Верно записано выражение для движения по оси $X$ | - 2 балла |
| 2. Верно записано выражение для движения по оси $Y$ | - 2 балла |
| 3. Верно записано выражение для зависимости $y(x)$  | - 2 балла |
| 4. Получено верное соотношение $u = 50a$            | - 2 балла |
| 5. Получен правильный ответ                         | - 2 балла |

**Всего:** 10 баллов

### Задача 3

В двух одинаковых бочках находится одинаковое количество воды. Температура воды в первой бочке  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , а во второй бочке  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ . Из первой бочки перелили некоторое количество воды во вторую, и в ней установилась температура  $t = 50^\circ\text{C}$ . Затем из второй бочки перелили такое же количество воды в первую так, что воды в бочках снова стало поровну. Какая температура установится в первой бочке? Всеми потерями тепла во внешнюю среду и механической работой, совершенной при переливании воды, пренебречь.

**Возможное решение:**

Количество теплоты, которое идет на нагревание некоторой массы воды из первой бочки до температуры  $t = 50^\circ\text{C}$

$$Q_1 = c_B \cdot m_x(t - t_1),$$

где  $m_x$  – масса перелитой воды.

Количество теплоты, которое отдает вода при остывании во второй бочке до температуры  $t = 50^\circ\text{C}$

$$Q_2 = c_B \cdot m(t_1 - t).$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$c_B \cdot m_x(t - t_1) = c_B \cdot m(t_1 - t),$$

откуда

$$m_x = m \frac{(t_2 - t)}{(t - t_1)} = \frac{m}{3}.$$

После переливания в первой бочке осталось воды  $m - m_x = \frac{2}{3}m$ .

Количество теплоты, которое отдает вода, перелитая из второй бочки в первую

$$Q_3 = c_B \cdot m_x(t - t_x),$$

где  $t_x$  – равновесная температура в первой бочке.

Количество теплоты, которое идет на нагревание воды в первой бочке до температуры  $t_x$

$$Q_4 = c_B \cdot \frac{2}{3}m(t_x - t_1).$$

$$Q_3 = Q_4$$

$$c_B \cdot \frac{m}{3}(t - t_x) = c_B \cdot \frac{2}{3}m(t_x - t_1),$$

откуда

$$t_x = \frac{t + 2t_1}{3} = 30^\circ\text{C}$$

**Ответ:**  $30^\circ\text{C}$

**Критерии:**

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Верно записано выражение теплового баланса в 1 случае  | - 3 балла |
| 2. Верно определено соотношение между массами воды        | - 2 балла |
| 3. Верно записано выражение теплового баланса во 2 случае | - 3 балла |
| 4. Получен правильный ответ                               | - 2 балла |

**Всего:** 10 баллов

**Задача 4**

Сосуд в форме куба с ребром 1 дм на  $\frac{2}{3}$  заполнен льдом, имеющим температуру  $0^\circ\text{C}$ . Туда быстро долили воду, имеющую температуру  $+100^\circ\text{C}$ , и сосуд оказался заполненным доверху. Считая, что теплообмен с окружающей средой отсутствует и что лед не всплывает, определите, весь ли лед растает и на сколько опустится уровень воды в сосуде к тому времени, когда система придет в состояние теплового равновесия. Плотности воды и льда  $1000\text{ кг/м}^3$  и  $900\text{ кг/м}^3$  соответственно, удельные теплоемкости воды и льда  $4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$  и  $2100\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$  соответственно, удельная теплота плавления льда  $335\text{ кДж/кг}$ .

**Возможное решение:**

Обозначим объем куба

$$V = S \cdot h,$$

где  $S$  – площадь основания куба;  $h$  – ребро куба.

Количество теплоты, которое может отдать вода, взятая при температуре  $100^\circ\text{C}$ , остывая до  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_1 = c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \frac{V}{3} \Delta t = 4200 \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{3} \cdot 10^2 = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Оценим количество теплоты необходимое для плавления всего льда

$$Q_2 = \lambda \cdot \rho_{\text{л}} \cdot \frac{2}{3} V = 3,35 \cdot 10^5 \cdot 9 \cdot 10^2 \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} = 2,01 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Анализ значений  $Q_1$  и  $Q_2$  позволяет сделать следующий вывод: лед растает не весь, а температура смеси будет  $0^\circ\text{C}$ .

Определим количество растаявшего льда  $m_x$  из уравнения теплового баланса:

$$\begin{aligned} \lambda \cdot m_x &= c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \frac{V}{3} \Delta t, \\ m_x &= \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V \Delta t}{3 \cdot \lambda}. \end{aligned}$$

Тогда оставшаяся масса льда:

$$m_{\text{л}} = \frac{2}{3} \rho_{\text{л}} V - \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V \Delta t}{3 \cdot \lambda}.$$

Объем этого льда:

$$V_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} = \frac{V}{3} \left( 2 - \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \Delta t}{\rho_{\text{л}} \cdot \lambda} \right).$$

Толщина этого слоя льда:

$$h_{\text{л}} = \frac{V_{\text{л}}}{S} = \frac{h}{3} \left( 2 - \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V \Delta t}{3 \cdot \lambda} \right).$$

Аналогично проведем расчет для полученной воды:

$$m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} \frac{V}{3} + \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V \Delta t}{3 \lambda},$$

$$V_{\text{в}} = \frac{V}{3} \left( 1 + \frac{c_{\text{в}} \Delta t}{\lambda} \right),$$

$$h_{\text{в}} = \frac{h}{3} \left( 1 + \frac{c_{\text{в}} \Delta t}{\lambda} \right).$$

Изменение уровня воды в сосуде

$$\Delta h = h - h_{\text{л}} - h_{\text{в}} = \frac{c_{\text{в}} \Delta t}{3 \lambda} \left( \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} - 1 \right).$$

$$\Delta h = 4,6 \text{ мм}$$

**Ответ:**  $\Delta h = 4,6 \text{ мм}$

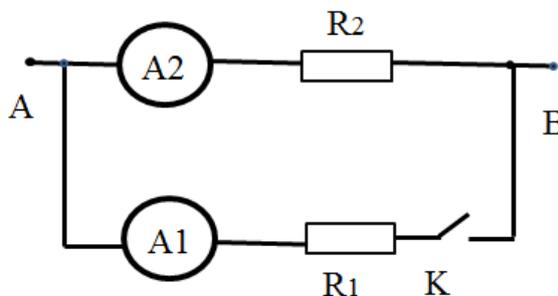
**Критерии:**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Определено, что растает не весь лёд, а вода охладится до 0°C | 2 балла |
| 2. Найдена масса растаявшего льда                               | 2 балла |
| 3. Найден объём растаявшего льда                                | 2 балла |
| 4. Найден объём воды, получившейся из растаявшего льда          | 2 балла |
| 5. Найдено изменение уровня                                     | 2 балла |

**Всего:** 10 баллов

**Задача 5**

Ученица Маша проводила опыты с электрической цепью, схема которой изображена на рисунке. Когда Маша подключила выводы А и В цепи к батарейке и замкнула ключ К, она заметила, что амперметр А<sub>1</sub> показывает значение силы тока I<sub>1</sub> = 1 мА, а амперметр А<sub>2</sub> – значение I<sub>2</sub> = 3 мА. Какими будут показания амперметров, когда Маша разомкнет ключ? Приборы считайте идеальными.



**Возможное решение:**

Ток, проходящий через амперметр  $A_2$ :

$$I_2 = I_1 + I,$$

где  $I$  – ток, идущий через резистор  $R_2$ .

Отсюда

$$I = I_2 - I_1.$$

Падение напряжения на резисторе  $R_1$  и  $R_2$  равны, так как они соединены параллельно

$$I_1 R_1 = I R_2,$$

откуда

$$R_2 = \frac{I_1}{I} R_1 = \frac{I_1}{I_2 - I_1} R_1.$$

Падение напряжения в цепи в обоих случаях одинаковое, так как используется одна и та же батарейка

$$I_2 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = I'_2 \cdot R_2,$$

откуда

$$I'_2 = I_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = I_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + \frac{I_1}{I_2 - I_1} R_1} = I_2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{I_1}{I_2 - I_1}} = I_2 \cdot \frac{I_2 - I_1}{I_2} = I_2 - I_1$$

$$I'_2 = 2 \text{ мА}$$

Амперметр  $A_1$  покажет отсутствие тока.

**Ответ:** 0,  $I'_2 = 2 \text{ мА}$

**Критерии:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Получено правильное соотношение между $R_1$ и $R_2$ | -3 балла  |
| 2. Правильный учет падения напряжения в обоих случаях  | - 2 балла |
| 3. Правильно определено показание амперметра $A_1$     | - 2 балла |
| 4. Получено правильное показание амперметра $A_2$      | -3 балла  |

**Всего:** 10 баллов