

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/с². 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

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

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

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

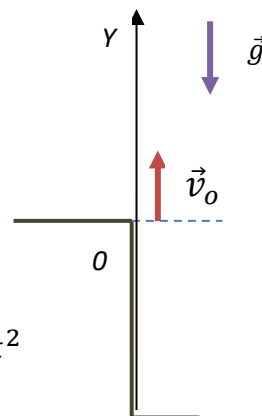
v_0 найдем из условия:

$$v = v_0 - gt_1 = 0$$

$$v_0 = gt_1$$

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

Ответ: $v_0 = 7$ м/с; $v_0 = 3$ м/с



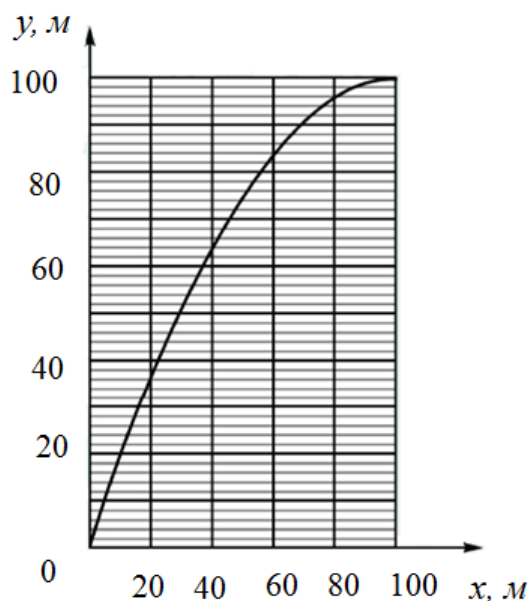
Критерии:

- | | |
|--|-----------|
| 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 |
| Всего: | 10 баллов |

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/с².

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°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°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 кг/м^3 и 900 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 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°C , остывая до 0°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°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: $\Delta h = 4,6 \text{ мм}$

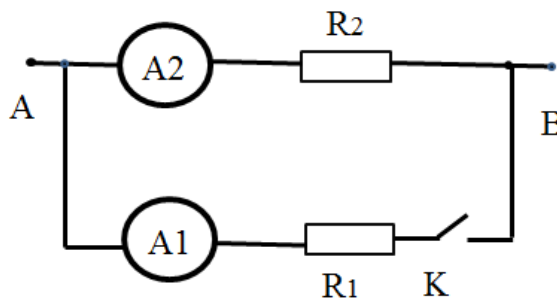
Критерии:

- | | |
|---|---------|
| 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 А₁ показывает значение силы тока I₁ = 1 мА, а амперметр А₂ – значение I₂ = 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