

**Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 уч. год.**

**Муниципальный этап. Калужская область**

**9 класс. Условия, решения, критерии, методические рекомендации**

Задания разработаны доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского М.С. Красиным

**1. «Уронили-бросили 9» (10 баллов). Возможное решение.**

Через 1 с после броска отвёртки коробка с саморезами находилась в полёте уже 2,5 с.

Поэтому она пролетела расстояние  $L_1 = \frac{g(t_1+t_2)^2}{2} = \frac{10(1,5+1)^2}{2} = 31,25$  (м).

Расстояние, которое пролетела отвёртка  $L_2 = v_2 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} = 20 \cdot 1 + \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 25$  (м).

Значит, расстояние между ними было  $L = L_1 - L_2 = 31,25 - 25 = 6,25$  (м).

Для ответа на второй вопрос можно рассуждать следующим образом:

Когда саморезы и отвёртка окажутся на одном расстоянии от земли, то их перемещения будут одинаковыми. Зависимость перемещения саморезов от времени имеет вид  $s_1 = \frac{g(t_1+t)^2}{2}$ , а

перемещения отвёртки  $s_2 = v_2 t + \frac{gt^2}{2}$ . Находим время  $t_3$ , через которое  $s_1 = s_2$ .

$$\frac{g(t_1 + t_3)^2}{2} = v_2 t_3 + \frac{gt_3^2}{2}$$

Домножаем на 2, раскрываем скобки и, сокращая, получаем  $gt_1^2 + 2gt_1 t_3 = 2v_2 t_3$ . Откуда

$$t_3 = \frac{gt_1^2}{2(v_2 - gt_1)} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{2(20 - 10 \cdot 1,5)} = 2,25 \text{ (с)}$$

Прежде чем принять этот ответ за правильный надо проверить, а не изменился ли характер движения падающих тел. Найдём время  $t_4$  падения саморезов. Обозначим  $H$  высоту от альпиниста до земли. Тогда  $H = \frac{g(t_1+t_4)^2}{2}$ . Отсюда  $t_4 = \sqrt{\frac{2H}{g}} - t_1 = \sqrt{12} - 1,5 \approx 1,97$  (с)

Значит, через 2 с после броска отвёртки саморезы уже лежали на земле. Найдём время  $t_5$  падения отвёртки  $H = v_2 t_5 + \frac{gt_5^2}{2}$ . Подставив числа, решаем квадратное уравнение  $60 = 20t_5 + 5t_5^2$ . Получаем, что  $t_5 = 2$  с. Значит, уже через 2 с оба предмета будут на одной высоте над землёй, лежать на земле.

**1. «Уронили-бросили 9». Рекомендуемые критерии оценки.**

**За правильный ответ на первый вопрос 5 баллов.**

Подробнее:

Запись хотя бы одного уравнения равноускоренного падения на землю 1 балл

Учёт разности во времени полёта отвёртки и саморезов 1 балл

Примечание: задачу можно было решать, перейдя в систему отсчёта саморезов или отвёртки.

**За правильный ответ на второй вопрос 5 баллов**

Подробнее:

Если не была сделана проверка на окончание момента падения, т.е. найдено значение  $t_3 = 2,25$  (с), то за этот ответ ставить **не более 2** баллов.

Поскольку вариантов решения может быть несколько, то члены муниципальной комиссии могут самостоятельно конкретизировать критерии оценки и записать эти критерии, чтобы можно было довести их до сведения учащихся, а также региональной предметной комиссии в случае выдвижения участника в число кандидатов на участие в региональном этапе олимпиады.

**2. «Гайка и пластилин» 9 (10 баллов). Возможное решение.**

**Метод 1.** Делаем из пластилина геометрически правильную фигурку, например, параллелепипед. Измеряем его длину, ширину и высоту и находим объём. Затем облепляем этим пластилином все имеющиеся гайки, снова придаём ему геометрически правильную форму, измеряем линейкой длину ширину и высоту и находим суммарный объём пластилина и гаек. По

разности объёмов находим объём всех гаек, помещённых внутрь пластилина. Делим это значение на число гаек и находим объём одной гайки.

**Способы повышения точности:**

- 1) стараемся придать пластилину как можно более правильную форму параллелепипеда;
- 2) делаем несколько раз из пластилина различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;
- 3) помещаем внутрь пластилина все гайки, которые могут в него поместиться;
- 4) делаем несколько раз из пластилина с гайками различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;

**Метод 2.** Лепим из пластилина копию гайки. Делаем из пластилина геометрически правильную фигурку, например, параллелепипед. Измеряем его длину, ширину и высоту и находим объём. Считаем, что объём пластилина равен объёму гайки.

**Способы повышения точности:**

- 1) делаем из пластилина максимально возможное количество копий, затем слепляем эти копии вместе, стараемся придать пластилину как можно более правильную форму параллелепипеда;
- 2) делаем несколько раз из пластилина различные бруски, каждый раз измеряем объём, затем находим среднее арифметическое этих значений;

**2. «Гайка и пластилин» 9 (10 баллов). Рекомендуемые критерии оценки.**

Если придуман только один метод (любой, в том числе оригинальный) 3 балла, за каждый следующий метод оценка повышается на 2 балла, Если предлагается использовать несколько гаек (или сделать несколько моделей гаек из пластилина, то добавляется 2 балла.

Если предлагается несколько повторных измерений объёма пластилина и находить среднее арифметическое, то добавляется 2 балла

Если указывается на необходимость как можно более ровных граней пластилина, то добавить 1 балл.

Общая оценка за задачу не должна превышать 10 баллов.

**3. «График скорости 9» Возможное решение.** Ускорение можно найти по формуле  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Если опираться на размерность клеточек можно записать, что ускорение на первом участке равна  $a_1 = \frac{3 \text{ клетки скорости}}{2 \text{ клетки времени}}$ , на втором  $a_2 = \frac{1 \text{ клетка скорости}}{3 \text{ клетки времени}}$ , на третьем  $a_3 = \frac{2 \text{ клетки скорости}}{2 \text{ клетки времени}}$ , на четвёртом  $a_4 = \frac{1 \text{ клетка скорости}}{4 \text{ клетки времени}}$ .

Следовательно,  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{3}{2} : \frac{1}{3} = 4,5$  и  $a_1 = 4,5 a_2 = 14,4 \text{ м/с}^2$ ,  $\frac{a_3}{a_2} = \frac{2}{2} : \frac{1}{3} = 3$  и  $a_3 = 9,6 \text{ м/с}^2$ ,

$\frac{a_4}{a_2} = \frac{1}{4} : \frac{1}{3} = \frac{3}{4}$ , следовательно,  $a_4 = 2,4 \text{ м/с}^2$ .

Перемещение можно найти, опираясь на взаимосвязь скоростей в начале каждого участка и в конце, с ускорениями и перемещениями, но это долго. Проще найти как площадь под графиком. Заметим, что площадь под графиком второго участка равна 10,5 клеточек, а площадь под всей линией графика равна  $(0,5 \cdot 3 \cdot 2 + 0,5 \cdot (3 + 4) \cdot 3 + 0,5 \cdot (4 + 6) \cdot 2 + 0,5 \cdot (6 + 7) \cdot 4) = 49,5$  клеток. Значит полное перемещение больше перемещения на втором участке во столько раз во сколько 49,5 больше 10,5  $s = 210 \text{ м} \cdot 49,5 : 10,5 = 990 \text{ м}$

**3. «График скорости 9» Рекомендуемые критерии оценки.**

Записана формула взаимосвязи ускорения с изменением скорости и соответствующим интервалом времени.

2 балла

Выдвинута идея сравнения ускорений по тангенсу угла наклона графика, в том числе так, как представлено в образце

2 балла

Нахождение ускорения  $a_1$

1 балл

Нахождение скорости  $a_3$

1 балл

Нахождение скорости  $a_4$

1 балл

Предложен способ нахождения перемещения (например, по площади под графиком) 1 балл  
 Найдено значение перемещения 2 балла

**4. «Электрическая схема 9» Возможное решение.**

Общее сопротивление равно  $R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3}$ . Напряжение на вольтметре равно сумме напряжений на левом резисторе и на среднем резисторе. Сила тока через левый резистор равна силе тока через амперметр. Значит напряжение на левом резисторе равно  $1,5 \text{ А} \cdot 12 \text{ Ом} = 18 \text{ В}$ . Через средний резистор идёт ток в три раза меньше, чем через амперметр. Значит напряжение на нём  $0,5 \text{ А} \cdot 12 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$ . Следовательно, напряжение на вольтметре равно  $18 \text{ В} + 6 \text{ В} = 24 \text{ В}$

**4. «Электрическая схема 9» Рекомендуемые критерии оценки.**

Имеется запись или применяется без записи закон Ома для участка цепи 1 балл  
 Найдено сопротивление участка с двумя последовательно включенными резисторами 1 балл  
 Найдено общее сопротивление участка цепи 2 балла  
 Показано, что сила тока через средний резистор составляет треть от общей силы тока. 2 балла  
 Найдено напряжение на левом резисторе 1 балл  
 Найдено напряжение на среднем резисторе 1 балл  
 Получен правильный ответ. 2 балла

**5. «В термосе 9» Возможное решение**

Уравнение теплового баланса для первого случая имеет вид

$$c_B m_B (t_1 - t_{y1}) = (\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)) m_L \quad (1)$$

$$\frac{m_B}{m_L} = \frac{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)}{c_B (t_1 - t_{y1})} = \frac{\lambda}{c_B (t_1 - t_{y1})} + \frac{(t_{y1} - t_2)}{(t_1 - t_{y1})}$$

$$\frac{m_1}{m_L} = \frac{336000}{4200(32 - 16)} + \frac{(16 - 0)}{(32 - 16)} = 6$$

Уравнение теплового баланса для второго случая имеет вид

$$c_B (m_B + m_L) (t_{y1} - t_{y2}) = (\lambda + c_B (t_{y2} - t_2)) m_L \quad (2)$$

Перепишем (2)

$$c_B m_B (t_{y1} - t_{y2}) = (\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1})) m_L \quad (3)$$

Разделим (3) на (1), получаем

$$\frac{c_B m_B (t_{y1} - t_{y2})}{c_B m_B (t_1 - t_{y1})} = \frac{(\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1})) m_L}{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)} m_L$$

Сокращаем и получаем

$$\frac{(t_{y1} - t_{y2})}{(t_1 - t_{y1})} = \frac{(\lambda + c_B (2t_{y2} - t_2 - t_{y1}))}{\lambda + c_B (t_{y1} - t_2)}$$

Подставим числовые данные

$$\frac{(16 - t_{y2})}{(32 - 16)} = \frac{(336000 + 4200(2t_{y2} - 0 - 16))}{336000 + 4200(16 - 0)}$$

$$403200 - 336000 + 67200 = (8400 + 25200)t_{y2}$$

$$403200 - 25200t_{y2} = 336000 + 4200(2t_{y2} - 16)$$

После преобразований и вычислений получаем  $t_{y2} = 4^\circ\text{C}$

**5. «В термосе 9» Рекомендуемые критерии оценки**

**За правильный ответ на первый вопрос 5 баллов.**

Подробнее:

Запись хотя бы одного уравнения для нагрева или плавления тела 1 балл  
 Запись уравнения теплового баланса для утра 1 балл  
 Получение расчётной формулы 2 балла  
 Получение правильного ответа 1 балл

**За правильный ответ на второй вопрос 5 баллов**

Подробнее:

Запись уравнения теплового баланса для второго случая

2 балла

Преобразование к виду удобному для вычислений

2 балла

Получен правильный ответ.....