

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2024-2025 уч.г.

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ФИЗИКА 9 КЛАСС

Продолжительность – 230 минут

Максимальный балл – 50

**Задание №1 «Майский жук».**

Как-то раз весенним днем через форточку в комнату влетел жук. Расстояние от жука до потолка менялось со скоростью 0,8 м/с, расстояние до стены, противоположной окну, менялось со скоростью 2,2 м/с, до боковой стены — со скоростью 2,4 м/с. Через 1 с полета жук попал в угол между потолком и боковой стеной комнаты. Определите скорость полета жука и место в окне, через которое он влетел в комнату. Высота комнаты 2,75 м, ширина 4,5 м, длина 4,5 м. Ответ округлите до десятых.

**Возможное решение:**

1 – начальное положение жука

2 – конечное положение жука

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

$$v = \sqrt{2,4^2 + 2,2^2 + 0,8^2} = 3,35 \text{ м/с}$$

$$\text{В точке 2: } \begin{cases} x = x_0 + v_x \Delta t \\ y = y_0 + v_y \Delta t; \quad y_0 = 0 \text{ м} \\ z = z_0 + v_z \Delta t \end{cases}$$

Решаем систему уравнений

$$\begin{cases} a = x_0 + v_x \Delta t \\ h = z_0 + v_z \Delta t \end{cases}$$

$$x_0 = 4,5 \text{ м} - 2,4 \text{ м/с} \cdot 1 \text{ с} = 2,1 \text{ м}$$

$$z_0 = 2,75 \text{ м} - 0,8 \text{ м/с} \cdot 1 \text{ с} = 1,95 \text{ м}$$

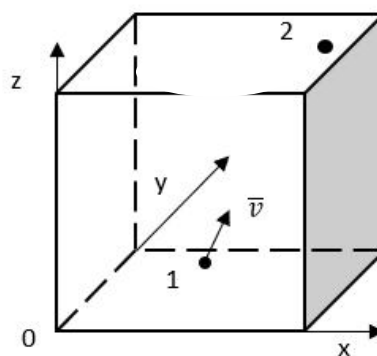
$$\begin{cases} x_0 = 2,1 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 1,95 \end{cases}$$

Ответ:  $v=3,35$  м/с, жук влетел в место в окне, находящееся в 0,8 м от потолка и в 2,4 м от боковой стены.

**Критерии оценивания:**

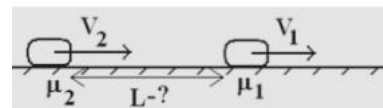
1. Записано выражения для определения полной скорости – **1 балл**.
2. Правильно найдена скорость – **2 балла**.
3. Записано выражение для изменения координат со временем по осям – **1 балл**
4. Получено выражение высоты – **1 балл**.
5. Рассчитаны начальные координаты полета жука – **5 баллов**.

**Всего 10 баллов.**



## Задание №2 «Быстрый расчет».

В одном направлении движутся два одинаковых автомобиля, коэффициенты трения первого автомобиля с дорогой  $\mu_1 = 0,2$ , у второго  $\mu_2 = 0,5$ . Их скорости в начальный момент  $V_1 = 10$  м/с и  $V_2 = 20$  м/с.



При какой начальной дистанции между автомобилями второй догонит первого без удара? Ответьте на этот же вопрос, если начальные скорости автомобилей  $V_1 = 10$  м/с и  $V_2 = 30$  м/с. Примите ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>

### Возможное решение:

Условие мягкого соприкосновения - равенство скоростей при соприкосновении. При соприкосновении «на ходу» сравниваются ненулевые скорости при встрече. Найдем ускорения автомобилей по II Закону Ньютона. Построим график зависимости скорости от времени.

$$ma_1 = -F_{\text{тр}1}$$

$$ma_2 = -F_{\text{тр}2}$$

$$ma_1 = -\mu_1 gm$$

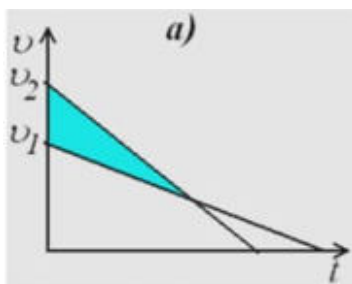
$$ma_2 = -\mu_2 gm$$

$$a_1 = -\mu_1 g$$

$$a_2 = -\mu_2 g$$

$$a_1 = -2 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = -5 \text{ м/с}^2$$



$$v_I(t) = v_1 - a_1 t$$

$$v_{II}(t) = v_2 - a_2 t$$

$$v_I(t) = 10 - 2t$$

$$v_{II}(t) = 20 - 5t$$

Мягкое соприкосновение = равенство скоростей на ходу

$$L = S_2 - S_1$$

$$t_{\text{встр}} = t_1 = t_2$$

$$x_{\text{встр}} = x_1 = x_2$$

$$v = v_I = v_{II}$$

$$S_2 = v_2 t - \mu_2 \frac{gt^2}{2}$$

$$S_1 = v_1 t - \mu_1 \frac{gt^2}{2}$$

$$L = v_2 t - v_1 t - \mu_2 \frac{gt^2}{2} + \mu_1 \frac{gt^2}{2}$$

$$L = (v_2 - v_1)t - (\mu_2 - \mu_1) \frac{gt^2}{2}$$

$$L = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2(\mu_2 - \mu_1)g}$$

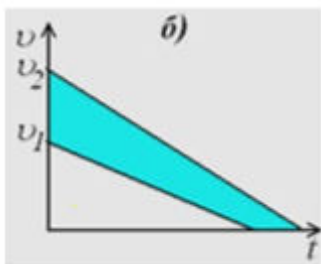
$$L = \frac{(20 - 10)^2}{2(0.5 - 0.2) \times 10} = 16.66 \approx 17 \text{ м}$$

Рассмотрим 2 случай, когда  $v_1 = 10$  м/с,  $v_2 = 30$  м/с

$$v_I(t) = 10 - 2t$$

$$v_{II}(t) = 30 - 5t$$

Площадь м/д графиками = L фигуры



$$L = \frac{v_2^2}{2\mu_2 g} - \frac{v_1^2}{2\mu_1 g} = \frac{30^2}{2 \times 5} - \frac{10^2}{2 \times 2} = 65 \text{ м}$$

Если производить расчет по формулам из первого случая, то получилось бы неправильное значение:

$$L = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2(\mu_2 - \mu_1)g} = \frac{(30 - 10)^2}{2(0.5 - 0.2) \times 10} = 66.7 \approx 67 \text{ м}$$

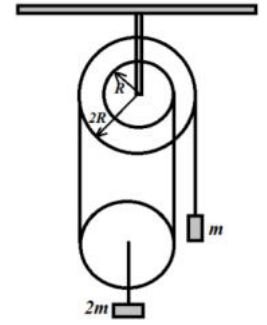
***Критерии оценивания:***

1. Рассмотрен вариант соприкосновения, когда скорости автомобилей в этот момент равны – **1 балл.**
2. Построен график и найдена соответствующая площадь, или решение найдено аналитически для первого случая – **2 балл.**
3. Получен числовой ответ для  $v_1$  и  $v_2$  – **2 балл.**
4. Рассмотрен вариант соприкосновения, когда первый останавливается, а второй догоняет первый и останавливается в момент столкновения – **2 балл.**
5. Построен график и найдена соответствующая площадь, или решение найдено аналитически для второго варианта мягкого соприкосновения - **2 балла.**
6. Получен числовой ответ для  $v_1$  и  $v_2$  – **1 балл**

**Всего 10 баллов.**

### Задание №3 «Мудреный блок»

Найдите ускорения грузов в системе, изображенной на рисунке. Блоки невесомы, нить невесома, нерастяжима и не проскальзывает по верхнему двухступенчатому блоку с радиусами  $R$  и  $2R$ . Один конец нити закреплен на блоке и намотан на малый радиус двухступенчатого блока, ко второму концу нити прикреплен груз массой  $m$ . Второй груз массой  $2m$  подвешен к оси нижнего блока. Трение в осях блоков отсутствует. Ускорение свободного падения  $g$ . Ступенчатый блок состоит из двух соосных цилиндров и поворачивается, как единое целое.



#### Возможное решение:

Расставим силы. Запишем 2 закон Ньютона для тела массы  $m$ :

$$ma_2 = mg - T_2 \quad (1)$$

Запишем 2 закон Ньютона для тела массы  $2m$  вместе с блоком (можно записать по отдельности):

$$2ma_1 = 2T - 2mg \quad (\text{если сразу выбрано направление ускорения}) \quad (2)$$

Т.к. блоки невесомы, сумма моментов сил равна нулю, запишем для ступенчатого блока:

$$T \times 2R - TR - T_2 \times 2R = 0 \quad (3)$$

Из этого выражения получаем  $T_2 = T/2$

Найдем связь ускорений либо через малые перемещения, либо через вирт. работу:

При повороте верхнего блока на угол  $\alpha$  по часовой стрелке изменения длин нитей:

$$\Delta l_1 = -\alpha \times 2R + \alpha \times R = -\alpha \times R$$

$$\Delta l_2 = \alpha \times 2R$$

Тогда перемещение правого груза:  $\Delta x_2 = \Delta l_2 = \alpha \times 2R$

А перемещение левого груза:  $\Delta x_1 = \Delta l_1/2 = -\alpha \times R/2$ ,

отношение проекций ускорений на ось  $x$ :

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -4 \quad (4)$$

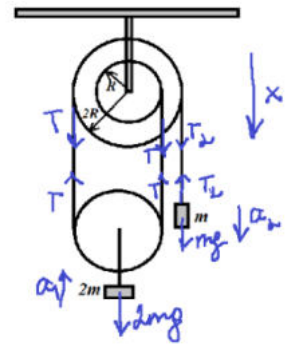
Или для модулей ускорений:

$$\frac{a_2}{a_1} = 4$$

(Если через работу сил:  $2T \times \Delta x_1 + T_2 \times \Delta x_2 = 0$ , откуда  $\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -\frac{2T}{T_2} = -4$  и получаем выражение (4) существенно быстрее)

Решаем систему уравнений, находим проекции ускорений на ось  $x$ :

$$a_2 = \frac{4}{9}g; \quad a_1 = -\frac{1}{9}g$$



**Критерии оценивания:**

1. Сделан рисунок с расстановкой сил - **1 балла.**
2. Выписан 2 закон Ньютона для 1 тела вместе с блоком  $2ma_1 = 2mg - 2T$  - **1 балл.**
3. Выписан 2 закон Ньютона для 2 тела вместе с блоком  $2ma_2 = mg - T$  - **1 балл.**
4. Найдена кинематическая связь между ускорениями тел:  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -4$  - **3 балла**
5. Сумма моментов сил равна нулю для ступенчатого блока:  $T \times 2R - TR - T_2 \times 2R = 0$  - **2 балла.**
6. Найдены ускорения:  $a_2 = \frac{4}{9}g$ ;  $a_1 = -\frac{1}{9}g$   
Правое тело движется вниз, левое вверх - **2 балла.**

**Всего 10 баллов.**

#### Задание №4 «Сырость».

Сухие дрова плотностью  $\rho_1 = 600 \text{ кг/м}^3$ , привезённые со склада, свалили под открытым небом и ничем не укрыли. Дрова промокли, и их плотность стала равной  $\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$ . Для того, чтобы в холодную, но не морозную погоду (при температуре  $T = 0^\circ\text{C}$ ) протопить дом до комнатной температуры, нужно сжечь в печи  $M_1 = 20 \text{ кг}$  сухих дров. Оцените, сколько нужно сжечь мокрых дров, чтобы протопить дом до той же комнатной температуры? Удельная теплота парообразования воды  $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ , удельная теплоёмкость воды  $C = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ , удельная теплота сгорания сухих дров  $q = 10^7 \text{ Дж/кг}$ .

#### Возможное решение:

Для того, чтобы сообщить количество теплоты дому и одновременно перевести в парообразное состояние некоторое количество воды, которая содержится в мокрых дровах, требуется сжечь мокрых дров больше, чем сухих.

Из трубы дым выходит при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Температура на улице  $0^\circ\text{C}$ .

Тогда при сжигании массы  $m_0 = 1 \text{ кг}$  мокрых дров, вода в дровах нагревается на  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$  и испаряется масса воды:  $m = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = \frac{1}{7} \text{ кг}$ .

При этом сгорает сухая древесина массой:  $M = m_0 - m = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{6}{7} \text{ кг}$ .

На нагревание и испарение массы воды  $m$  уходит количество теплоты:

$$Q_1 = m(C\Delta T + L) = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (C\Delta T + L) \approx 0,39 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

При сгорании массы  $M$  древесины выделяется количество теплоты:

$$Q_2 = Mq = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q \approx 8,57 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Следовательно, на отопление дома при сгорании массы  $1 \text{ кг}$  мокрых дров уходит количество теплоты:

$$Q_3 = Q_2 - Q_1 = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q - m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (C\Delta T + L) \approx 8,18 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

То есть удельная теплота сгорания мокрых дров равна:  $q_3 = Q_3/m_0 = 8,18 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ .

Поэтому для того, чтобы протопить дом, потребуется либо масса  $M_1 = 20 \text{ кг}$  сухих дров, либо масса

$$M_2 = \frac{M_1 q}{q_3} = 24,5 \text{ кг}.$$

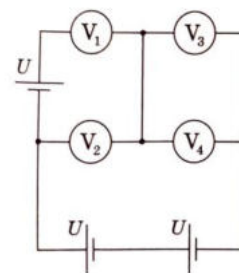
#### Критерии оценивания:

- 1) Сделана оценка массы сухих дров и воды в мокрых дровах – 2 балла.
- 2) Найдено количество теплоты, необходимое для нагревания и испарения воды – 2 балла.
- 3) Найдено теплота сгорания сухих дров – 1 балла.
- 4) Найдено удельная теплота сгорания мокрых дров – 2 балл.
- 5) Получено итоговое выражение для искомой величины – 3 балла.

**Итого – 10 баллов.**

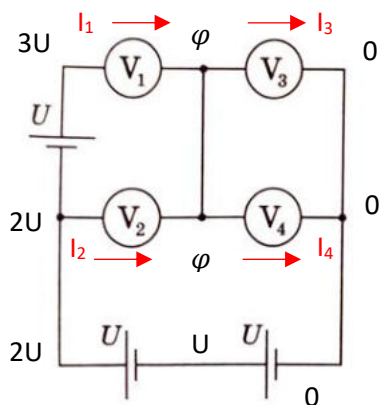
### Задание №5

Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из трех одинаковых идеальных источников с напряжением  $U$  и четырех одинаковых вольтметров. Определите показания всех вольтметров.



**Возможное решение:**

1) Неизвестный потенциал  $\varphi$



2) Расставим токи

Выходит, что  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$  (по закону Ома  $I = \frac{\Delta\varphi}{R}$ )

$$\frac{3U - \varphi}{R} + \frac{2U - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{R} + \frac{\varphi}{R}$$

$$3U - \varphi + 2U - \varphi = 2\varphi$$

$$5U = 4\varphi$$

$$\varphi = \frac{5U}{4}$$

Вольтметр показывает разность потенциалов

$$U_1 = 3U - \frac{5U}{4} = \frac{7U}{4}$$

$$U_3 = U_4 = \frac{5U}{4}$$

$$\frac{U_1}{U_3} = \frac{7U}{4} \times \frac{4}{5U} = 1,4$$

$$U_2 = 2U - \frac{5U}{4} = \frac{3U}{4}$$

$$\frac{U_2}{U_4} = \frac{3U}{4} \times \frac{4}{5U} = 0,6$$

**Критерии оценивания:**

1. Сделан рисунок схемы, расписаны направления токов, расставлены потенциалы – **2 балла**.
2. Записан закон Кирхгофа для узла с одинаковым неизвестным потенциалом – **2 балла**.
3. Записан закон Ома – 1 балл.
4. Получено выражение для напряжений на вольтметрах – **4 балла**.
5. Правильно рассчитано напряжение на вольтметрах – **2 балла**.

**Любое правильно альтернативное решение - 10 баллов.**

**Всего 10 баллов.**