



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Нестеренко Александра Андреевна**

Класс: **9**

Технический балл: **88**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

ШИФР РАБОТЫ	1771773
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	5	3	4	88
З	19	16	20	16	

Лыжников Сергей Борисович
Патрик Александр Павлович

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:88

Задача №1.

Вопрос: При скорости $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ колеса проскальзывают.

Значит максимальная сила трения с дорогой равна сопротивлению воздуха. Это и есть максимальная скорость. Если мощность двигателя растет, колеса проскальзывают быстрее, больше мощности переходит в тепло, скорость машины не растет.

Ответ: $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

+

Задача:

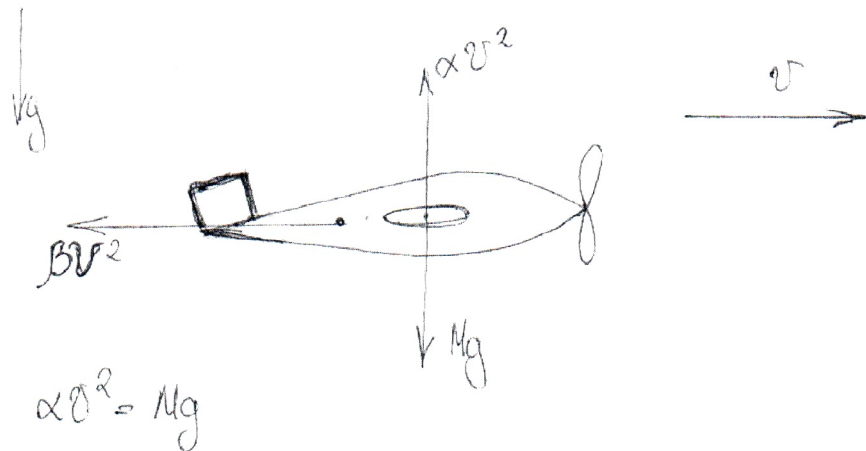
Дано:

$$V_0 = 10 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$W = 0,512 \text{ Вт}_{\text{max}}$$

$$R = ?$$

Решение:



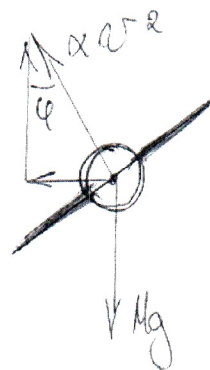
$$\propto v^2 = Mg$$

Мощность, которая тратится на преодоление сопротивления

$$W = v \cdot F_{\text{сопр}} = \beta V_0^2 \cdot V_0 = \beta V_0^3; \quad 0,512 \text{ Вт}_{\text{max}} = \beta V_0^3$$

При движении по кругу со скоростью v :

$$\begin{cases} W_{\text{max}} = \beta v^3 \\ Mg = \alpha v^2 \cos \varphi \\ M \cdot \frac{v^2}{R} = \alpha v^2 \sin \varphi \\ \alpha = \frac{Mg}{v_0^2} \\ \beta = \frac{0,512 \text{ Вт}_{\text{max}}}{v_0^3} \end{cases}$$



$$\dot{y}_1 + \dot{y}_2 = \frac{1}{10R} (2\varepsilon - 2U_1 + 5\varepsilon - 5U_2) = \frac{7\varepsilon - 2U_1 - 5U_2}{10R};$$

$$\dot{y}_1 + \dot{y}_2 = \frac{U_1}{2R} + \frac{2U_2}{5R} = \frac{1}{10R} (5U_1 + 4U_2);$$

$$7\varepsilon - 2U_1 - 5U_2 = 5U_1 + 4U_2;$$

$$7\varepsilon = 7U_1 + 9U_2;$$

$$7(\varepsilon - U_1) = 9U_2;$$

$$\frac{U_2}{\varepsilon - U_1} = \frac{7}{9};$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{5}{4}R(y_1 + y_2)^2}{5R y_1^2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{\left(\frac{24}{5R}\right)^2}{\left(\frac{\varepsilon - U_1}{5R}\right)^2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{\frac{4}{25R^2} (U_2)^2}{\frac{1}{25R^2} (\varepsilon - U_1)^2} =$$

$$= \left(\frac{7}{9}\right)^2 = \frac{49}{81};$$

$$P_2 = \frac{49}{81} \cdot 972 \text{ BT} = \frac{49}{9} \cdot 108 \text{ BT} = 49 \cdot 12 \text{ BT} = 490 + 98 = 588 \text{ BT}$$

$$P_3 = P_2 = 588 \text{ BT}$$

$$\text{Jawab: } P_2 = 588 \text{ BT}, P_3 = 588 \text{ BT.}$$

Задача №4.

Чистовик

7

Вопрос: Трение покоя возникает, когда на неподвижное тело действует сила, направленная вдоль поверхности, на которой лежит тело. В этом случае, величина силы трения (покоя) равна величине этой горизонтальной силы.

Трение покоя может расти до какого-то предела, после тело начинает двигаться. Сила трения при движении — сила трения скольжения.

$F_{тр.ск} = \mu N$, где μ — коэффициент, N — сила реакции опоры.

Максимальное трение покоя может немного превышать трение скольжения.



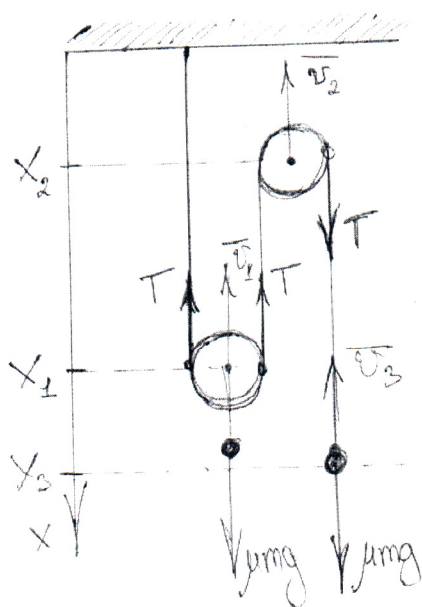
Задача:

Дано:

$$a = 1,6 \frac{m}{c^2}$$

$$\mu = 0,3$$

$\downarrow = ?$



Обозначим координаты центров блоков и правой шайбы x_1, x_2, x_3 ;

Тогда длина "свободной" нити L_c плюс длина нити, лежащей на блоках L_b :

$$L_c + L_b = x_1 + (x_1 - x_2) + x_3 - x_2 = \\ = 2x_1 - 2x_2 + x_3 = const.$$

Из-за нерастяжимости нити;

Поэтому для скоростей и ускорений:

$$2v_1 - 2v_2 + v_3 = 0; \quad (1)$$

$$2a_1 - 2a_2 + a_3 = 0;$$

Сразу перед тем, как левую шайбу отпустили:

$$v_1 = 0; \quad v_2 = u; \quad \text{и} \quad \text{из (1)} \quad v_3 = 2u.$$

(При нашем выборе оси X : $u = -1,6 \frac{m}{c^2}$)

Задача 11.4

Числовых

8

После того, как левую шайбу отпустили:

$$\begin{cases} ma_1 = \mu mg - 2T \\ ma_3 = \mu mg - T \\ a_2 = 0 \end{cases}$$

$$2a_1 - 2a_2 + a_3 = 0$$

$$\begin{cases} a_1 = \mu g - 2 \frac{T}{m} \\ a_3 = \mu g - \frac{T}{m} \\ a_2 = 0 \\ 2a_1 - 2a_2 + a_3 = 0 \end{cases}$$

$$2(\mu g - 2 \frac{T}{m}) - 2 \cdot 0 + \mu g - \frac{T}{m} = 0$$

$$2\mu g - 4 \frac{T}{m} + \mu g - \frac{T}{m} = 0;$$

$$3\mu g = 5 \frac{T}{m} \Rightarrow \frac{T}{m} = \frac{3}{5} \mu g;$$

$$a_1 = \mu g - 2 \frac{3}{5} \mu g = \mu g - \frac{6}{5} \mu g = -\frac{1}{5} \mu g;$$

$$a_3 = \mu g - \frac{T}{m} = \mu g - \frac{3}{5} \mu g = \frac{2}{5} \mu g;$$

Учитываем, что изначально шайбы лежат на одной прямой, и что начальная скорость шайб $v_3 = -2u$; $v_1 = 0$;

Условие, что шайбы на одной прямой в момент t :

$$\begin{cases} x_1(t) = x_1(0) + v_1(0)t + \frac{a_1 t^2}{2} = -\frac{\mu g t^2}{10} \\ x_3(t) = x_3(0) + v_3(0)t + \frac{a_3 t^2}{2} = -2ut + \frac{2}{5} \mu g \cdot \frac{1}{2} t^2 \\ x_1(t) = x_3(t) \end{cases}$$

$$-\frac{1}{10} \mu g t^2 = -2ut + \frac{2}{10} \mu g \frac{1}{2} t^2;$$

$$20ut = \mu g t^2; \quad t(\mu g t - 20u) = 0$$

$$t=0; \quad t = \frac{20u}{\mu g} = \frac{20 \cdot 1,6}{0,3 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 1,6}{0,3} = \frac{3,2}{3} = 10,66... (с)$$

Ответ: 10,66... (с).



№2.

черный

9

В:

З:

Рано:

$$t_1 = 40,5^\circ \text{C}$$

$$n_1 = 2$$

$$t_2 = 23,0^\circ \text{C}$$

$$n_2 = 2$$

$$C_p = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$n_3 = 2$$

$$\lambda = 336000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_3 = ?$$

Начальная температура t_0

Общая масса кубика и воды m
массу воды в стакане M

2) Реш

$$1) \begin{cases} C \cdot M (t_0 - t_1) = \lambda \cdot m + C \cdot m (t_1 - 0) \end{cases} (1)$$

$$2) \begin{cases} C \cdot M (t_0 - t_2) = \lambda \cdot 2m + C \cdot 2m (t_2 - 0) \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} C \cdot M (t_0 - t_3) = \lambda \cdot 3m + C \cdot 3m (t_3 - 0) \end{cases}$$

$$\text{Решим } \frac{1}{2} : \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} = \frac{\lambda + C \cdot t_1}{2\lambda + 2C \cdot t_2}$$

$$\begin{aligned} t_0 \lambda + C \cdot t_1 t_0 - t_2 \lambda - C \cdot t_1 t_2 &= \\ &= 2t_0 \lambda + C \cdot t_1 t_0 \end{aligned}$$

$$2\lambda t_0 + 2C t_2 t_0 - 2\lambda t_1 - 2C t_2 t_1 = \lambda t_0 + C t_1 t_0 - \lambda t_2 - C t_1 t_2$$

$$\lambda t_0 + 2C t_2 t_0 - C t_1 t_0 = C t_2 t_1 + 2\lambda t_1 - \lambda t_2$$

$$t_0 = \frac{\lambda + 2C t_2 - C t_1}{C t_2 t_1 + 2\lambda t_1 - \lambda t_2}$$

$$\text{Решим } \frac{1}{3} : \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_3} = \frac{\lambda + C t_1}{3\lambda + 3C t_3}$$

$$3\lambda t_0 + 3C t_3 t_0 - 3\lambda t_1 - 3C t_1 t_3 = \lambda t_0 + C t_1 t_0 - \lambda t_3 - C t_1 t_3$$

$$2\lambda t_0 - 3\lambda t_1 - C t_1 t_0 = 2C t_1 t_3 - \lambda t_3 + 3C t_3 t_0$$

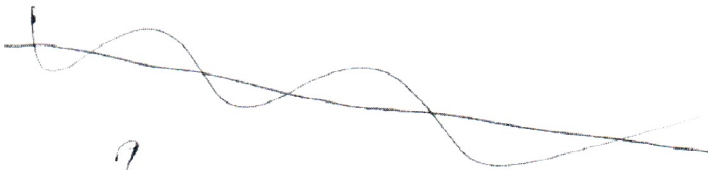
$$t_3 = \frac{2\lambda t_0 - 3\lambda t_1 - C t_1 t_0}{2C t_1 - \lambda + 3C t_0} =$$

рекуррент.

$$42,5 \cdot 2 =$$

60

$$= \frac{t_0(2\lambda - C t_1) - 3\lambda t_1}{2C t_1 - \lambda + 3C t_0}$$



$$t_0 = \frac{\lambda + C(2t_2 - t_1)}{C t_2 t_1 + \lambda(2t_1 - t_2)} =$$

$$\begin{array}{r} 42,5 \\ \times 2 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 252 \\ \times 1 \\ \hline 252 \\ \times 42 \\ \hline 105,0 \end{array}$$

$$= \frac{336 + 4,2(85 - 25)}{4,2 \cdot 42,5 \cdot 25 + 336(50 - 42,5)} =$$

$$\begin{array}{r} 112 \\ \times 256 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \\ \times 17 \\ \hline 6256 \end{array}$$

$$= \frac{336 + 4,2 \cdot 60}{42,5 \cdot 42,5 \cdot 25 + 336 \cdot 50 - 336 \cdot 42,5} = \frac{336 \cdot 252}{42,5(4,2 \cdot 25 - 336) + 336 \cdot 50} =$$

$$= \frac{336 \cdot 252}{42,5 \cdot 105 + 336 \cdot 50} = \frac{112 + 256}{42,5 \cdot 35 + 112 \cdot 50} = 368$$

$$2 \cdot 414,5 \cdot 442 \cdot 42,5 - 25 \cdot 442$$

$$2 \cdot 414,5 \cdot 442 - 442$$

$$\begin{array}{r} 414,5 \\ \times 442 \\ \hline 16680 \\ 183894,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \cdot 414,5 \\ \times 442 \\ \hline 16680 \\ 183894,5 \end{array}$$



Задача 1

$$\begin{cases} V_{\max} = \frac{0,512 \cdot V_{\max} \cdot v^3}{v_0^3}; \\ Mg = \frac{Mg}{v_0^2} v^2 \cos \varphi; \\ M \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{Mg}{v_0^2} \cdot v^2 \sin \varphi; \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{v}{v_0} = \left(\frac{1}{0,512} \right)^{\frac{1}{3}} \\ \left(\frac{v}{v_0} \right)^2 = \cos \varphi \\ R = \frac{v_0^2}{g \sin \varphi} \end{cases}$$

$$\cos \varphi = \left(\frac{v_0^2}{v} \right)^{\frac{2}{3}} = (0,512)^{\frac{2}{3}}$$

$$R = \frac{v_0^2}{g \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} = \frac{v_0^2}{g \sqrt{1 - (0,512)^{\frac{4}{3}}}};$$

$$(0,512)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{512}{1000} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{2^9}{10^3} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{2^3}{10} \right)^4 = (0,8)^4;$$

$$R = \frac{(10^{\frac{4}{3}})^2}{10^{\frac{4}{3}} \cdot \sqrt{1 - (0,8)^4}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 0,8^4}} (m) = \frac{100}{\sqrt{5904}} \approx 1,3 (m)$$

+

Ответ: 1,3 (m)

Задание №2

«метелки»

Вопрос: Температура плавления уменьшится. Зимой на дорогах разбрасывают соль, чтобы лёд таял и не мешал ходить/ездить.

+

Задача:

Дано:

$$t_1 = 42,5^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 25,0^\circ\text{C}$$

$$C = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 336 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$t_3 = ?$$

Решение: Раз лёд покрывает водой, его температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

Обозначим m — масса кубика льда, M — масса воды в стакане, t_H — температура воды в начале.



$$\left. \begin{aligned} 1) \quad \lambda m + (t_1 - t_0) C m &= C M (t_H - t_1) \\ 2) \quad 2\lambda m + 2(t_2 - t_0) C m &= C M (t_H - t_2) \\ 3) \quad 3\lambda m + 3(t_3 - t_0) C m &= C M (t_H - t_3) \end{aligned} \right\}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda + C t_1 - C t_0 &= C \frac{M}{m} (t_H - t_1) \\ \lambda + C t_2 - C t_0 &= \frac{1}{2} C \frac{M}{m} (t_H - t_2) \\ \lambda + C t_3 - C t_0 &= \frac{1}{3} C \frac{M}{m} t_H - \frac{1}{3} C \frac{M}{m} t_3 \end{aligned} \right.$$

Обозначим $\lambda + C t_1 - C t_0 = \alpha$; $\lambda + C t_2 - C t_0 = \beta$

Из первых двух уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 1) \quad \alpha &= C \frac{M}{m} (t_H - t_1) \\ 2) \quad \beta &= C \frac{M}{m} (t_H - t_2) \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2 \frac{\beta}{\alpha} = \frac{t_H - t_2}{t_H - t_1}$$

$$2 \frac{\beta}{\alpha} t_H - 2 \frac{\beta}{\alpha} t_1 = t_H - t_2$$

Вопрос: Трение покоя возникает, когда на неподвижное тело действует сила, направленная вдоль поверхности, на которой лежит тело. В этом случае, величина силы трения (покоя) равна величине этой горизонтальной силы.

Трение покоя может расти до какого-то предела, после тело начинает двигаться. Сила трения при движении — сила трения скольжения.

$F_{тр.к.} = \mu N$, где μ — коэффициент, N — сила реакции опоры.

Максимальное трение покоя может немного превышать $\propto$ трение скольжения.

Задача:

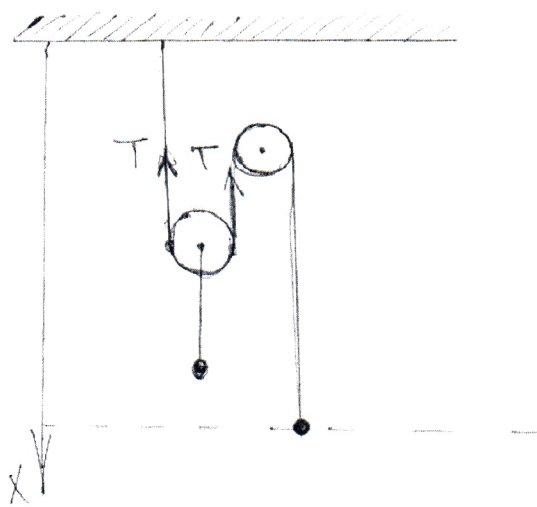
Дано:

$$u = 1,6 \frac{m}{c}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$t = ?$$



$$\mu g t^2 - 20 u t = 5$$

$$t(\mu g t - 20 u) = 0$$

багана λ^2

$$t_H = \frac{2 \frac{\lambda}{\alpha} t_1 - t_2}{2 \frac{\lambda}{\alpha} - 1} =$$

түснөбүс

$$= \frac{2 \cdot \frac{757,5}{441} \cdot 414,5 - 42,5 - 25,0}{2 \cdot \frac{414,5}{441} - 1} =$$

$$u_2 \text{ нөбөрү: } \frac{M}{m} = \frac{\alpha}{c(t_H - t_1)} =$$

$$u_3 \text{ нөмөрү: } t_3 = \frac{\frac{\lambda}{3} c \cdot \frac{M}{m} t_H - \lambda + c t_0}{c + c \cdot \frac{M}{3m}} =$$

Оңот:

Вопрос: Мощность тепловыделения на участке цепи пропорциональна сопротивлению этого участка и квадрату тока, проходящего через этот участок:

$$P(\text{Вт}) = R(\text{Ом}) \cdot (I(\text{А}))^2;$$

Задача:

Дано:

$$n = 5$$

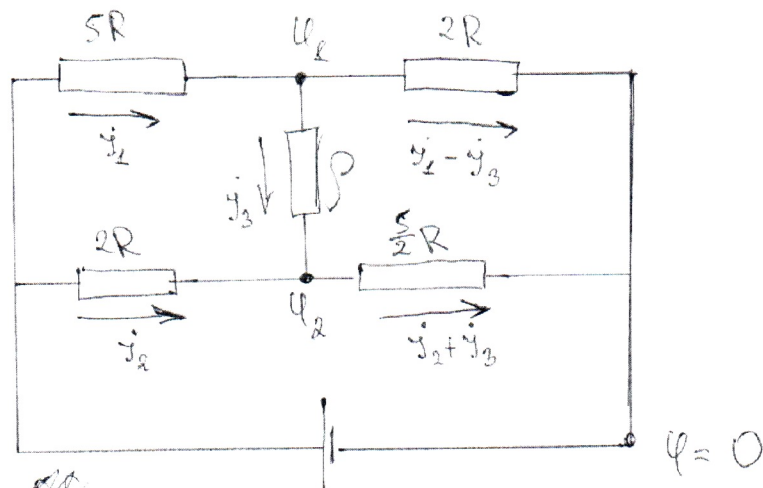
$$P_1 = 972 \text{ Вт}$$

$$P_2 = ?$$

$$P_3 = ?$$

Решение:

Обозначим R — сопротивление резистора, $5R$ — сопротивление лампочки. Сопротивления нагревателя: $5R$. Эквивалентная схема.



$$U = E$$

Обозначим потенциалы, воспользуемся законом Ома и сохранения заряда:

$$\begin{cases} i_1 = \frac{E - U_1}{5R}; \\ i_2 = \frac{E - U_2}{2R}; \\ i_3 = \frac{U_1 - U_2}{R}; \\ i_1 - i_3 = \frac{U_1}{2R}; \\ i_2 + i_3 = \frac{U_2}{\frac{5}{2}R}; \\ P_1 = 5R i_1^2; \\ P_3 = P_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} R (i_2 + i_3)^2 = ? \end{cases}$$

Мощность на H_2 и H_3 одинакова, т.к. сопротивления H_2 и H_3 равны и параллельны.

Обозначим мощность на H_2 как P_2 , на H_3 как P_3 .