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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

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

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Ковязин Игорь Игоревич**

Класс: 9

Технический балл: **50**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

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

| **ШИФР РАБОТЫ** | **1731898** |
|---|---|

Результаты проверки:

| | **1** | **2** | **3** | **4** | **Σ** |
|---|---|---|---|---|---|
| **В** | 2 | 0 | 5 | 5 | 50 |
| **З** | 0 | 5 | 13 | 20 | |

Рыжиков Сергей Борисович
Потапов Александр Павлович

**ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:50**

1731898

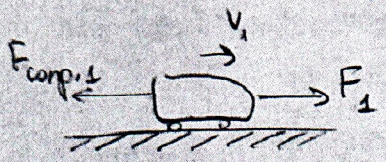
Чистовик



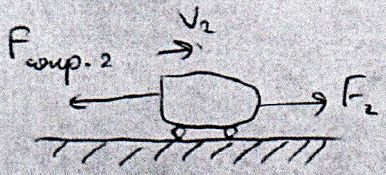
# Задание 1

## Теория

$F_{сопр} = kv^2 \Rightarrow F_{сопр\,1} = kv_1^2$




$$\begin{cases} N_1 = F_1 v_1 \ (N_1 - \text{эффективная мощность двигателя}) \\ F_1 - F_{сопр.1} = 0 \ (\text{II-й закон Ньютона}) \end{cases} \Rightarrow N_1 = kv_1^3 \Rightarrow$$




$$\begin{cases} F_{сопр.2} = kv_2^2 \\ N_1 \cdot 1{,}2 = F_2 v_2 \ (N_1 \cdot 1{,}2 - \text{эффективная новая мощность}) \\ F_2 - F_{сопр.2} = 0 \ (\text{II-й закон Ньютона}) \end{cases} \Rightarrow 1{,}2 N_1 = kv_2^3$$

$$\Rightarrow 1{,}2 = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3 \Rightarrow \boxed{v_2 = v_1 \cdot \sqrt[3]{1{,}2} = 100\,км/ч \cdot \sqrt[3]{1{,}2} \approx 107\,км/ч}$$

∓

## Задача

Миронович лист 3 из 6

Задание 4

Теория:

~~Сила трения покоя возникает, когда на покоящееся тело~~

Сила трения покоя действует на покоящееся тело, противонаправлена равнодействующей других сил, действующих на тело и равна ей по модулю.

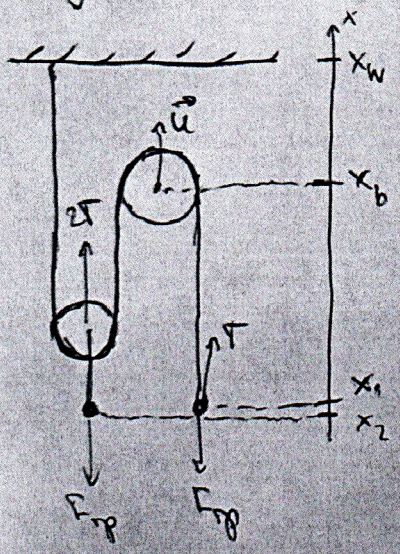
Сила трения скольжения действует на движущееся тело, противонаправлена скорости и зависит от силы реакции опоры по закону Амонтона-Кулона:

$F_{тр\text{-}скольж.} = \mu N$

+

Задача.

m - масса шайбы




$t = \frac{T}{m}$; $f = \frac{F_{тр}}{m} = \frac{\mu N}{m} = \mu g$

$x_w - x_2 + x_b - x_2 + x_b - x_1 = const \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 2x_b - 2x_2 - x_1 = const \Rightarrow$

$\Rightarrow 2u - 2v_2 - v_1 = 0 \Rightarrow$

$$\begin{cases} \Rightarrow 2a_2 + a_1 = 0 \\ a_1 = t - \mu g \\ a_2 = 2t - \mu g \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a_1 = -\frac{2}{5}\mu g = -\frac{2}{5}\cdot 0{,}3\cdot 10\ м/с^2 = -\frac{6}{5}\ м/с^2 \\ a_2 = \frac{1}{5}\mu g = \frac{1}{5}\cdot 0{,}3\cdot 10\ м/с^2 = \frac{3}{5}\ м/с^2 \\ t = \frac{3}{5}\mu g = \frac{3}{5}\cdot 0{,}3\cdot 10\ м/с^2 = \frac{18}{5}\ м/с^2 \end{cases}$$

В самом начале движения, когда правый блок уже имеет скорость u, а левую шайбу еще держат, $2u - 2v_{20} - v_{10} = 0 \Leftrightarrow v_{10} = 2u$. ~~Поскольку $v_{20} = 0$~~

До остановки правой шайбы $\tau_1 = \frac{v_{10}}{-a_1} = \frac{3{,}2\cdot 5}{6}\ с = 2{,}66\ с = \frac{8}{3}\ с$

~~За это время правая шайба пройдет путь $\frac{v_{10}^2}{-2a_1} = \frac{32}{30}\ м$.~~

~~Левая пройдет путь $\frac{a_2\tau_1^2}{2} = \frac{3\cdot 64}{10\cdot 9}\ м = \frac{32}{15}\ м > \frac{27}{30}\ м \Rightarrow$ искомый момент получим до остановки~~

~~$0 = v_{10}\tau - \frac{(a_2 - a_1)\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \frac{2v_{10}}{}$~~

Чистовик

лист 4 из 6

Задание 4, продол.

За $\tau_1$ левая шайба пройдет путь $\frac{a_2 \tau_1^2}{2} = 0{,}3 \cdot \left(\frac{8}{3}\right)^2 м = \frac{64}{30} м$

Правая – $v_{10} \tau_1 + \frac{a_1 \tau_1^2}{2} = 3{,}2 \cdot \frac{8}{3} м - 0{,}6 \cdot \frac{64}{3} м = \frac{1}{30}(32 \cdot 8 - 2 \cdot 64) м = \frac{128}{30} м.$

Значит, искомый момент – после остановки. Тогда $v_2 = u = 1{,}6 м/с$

~~$v_2$ при $\tau_1$ $u_2 = a_2 \tau_1 = 0{,}6 м/с^2 \cdot \frac{8}{3} с = 1{,}6 м/с$~~

Имеем:

$\left(\frac{128}{30} - \frac{64}{30}\right) м = 1{,}6 м/с \cdot (\tau_x - \tau_1) \Rightarrow \tau_x = \tau_1 + \frac{64 \cdot 10}{30 \cdot 16} с = \frac{8}{3} с + \frac{4}{3} с = \frac{12}{3} с = \boxed{4 с}$

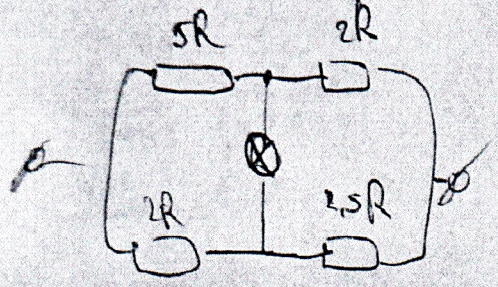
+

лист 5 из 6

Черновик

$N = UI = U^2R$

$\frac{1{,}6^2}{\frac{4}{5}\cdot 0{,}3 \text{ на } 3}$




$\frac{10}{7} + \frac{5}{4{,}5}$

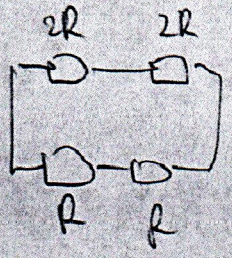
$\frac{1{,}6^2\cdot 5}{12} = \frac{2{,}56\cdot 5}{12} =$

$\cancel{a_2 - a_1 =}$ $\frac{0{,}64\cdot 5}{3} = \frac{3{,}2}{3} = \frac{32}{30}$

4,5

4R 2R

$\begin{cases} a_2 - 2a_1 = \mu g \\ a_1 = -2a_2 \end{cases} \Rightarrow 5a_2 = \mu g$

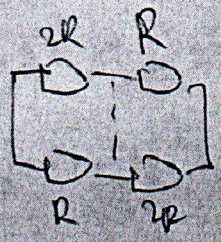



$I = U\cdot\left(\frac{1}{4R} + \frac{1}{2R}\right) = U\cdot\frac{3}{4R} = \frac{3}{4}\frac{U}{R}$

$\frac{1{,}6^2\cdot 5}{12} = \frac{16^2\cdot 5}{12\cdot 100} = \frac{256\cdot 5}{12\cdot 20} = 0{,}1\cdot\frac{32}{3}$ $a_2 = \frac{1}{5}\mu g$

$\frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{2R}$ $\frac{2}{3}R$ $a_1 = -\frac{2}{5}\mu g$

$t = \frac{3}{5}\mu g$



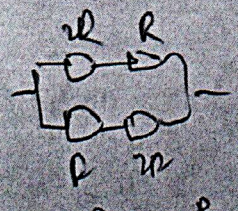

$\cancel{I_1 = U\cdot\frac{3}{2}R^{-1}}$

$\frac{3R^2}{3R}$

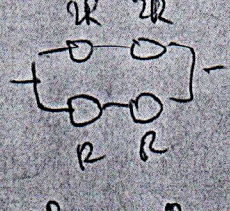
$I_1 = I_4 + I_5 - I_2$

$I_2 =$

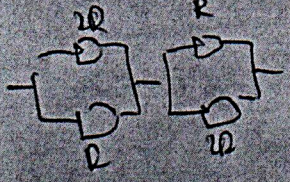
$\cancel{I_1 + I_3 + I_5 - I_3 - I_5}$



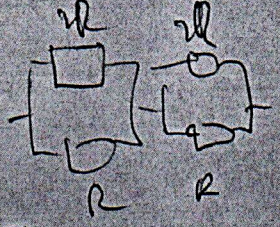

$R_y = \frac{3}{2}R$




$R_y = \frac{8R^2}{6R} = \frac{4}{3}R$




$R_y = \frac{4}{3}R$




$R_y = \frac{4}{3}R$

$16{,}000 : 6 = 2{,}66$

$-12$

$40$

$-3{,}6$

$a_1 = -\frac{2}{5}\cdot 3 = -\frac{6}{5}$ м/с²

$\frac{90 + 70}{9\cdot 7 + 9\cdot 7} = \frac{180}{9\cdot 7} = \frac{20}{7}$

$\tau_1 = \frac{3{,}2\cdot 5}{+6} = \frac{16}{6}$ с $\approx 2{,}5$ с

$0 = V_{10}\tau - \frac{(a_2 - a_1)\tau^2}{2} \Rightarrow$

$\tau = \frac{V_{10}}{a_2 - a_1} = \frac{6{,}4}{9/5} = \frac{64\cdot 5}{10\cdot 9} = \frac{32}{9}$ с

Чистовик

Лист 2 из 6

Задание 3

Теория

$N = UI$, где $N$ - мощность, выделяющаяся на элементе цепи

$U$ - напряжение на элементе

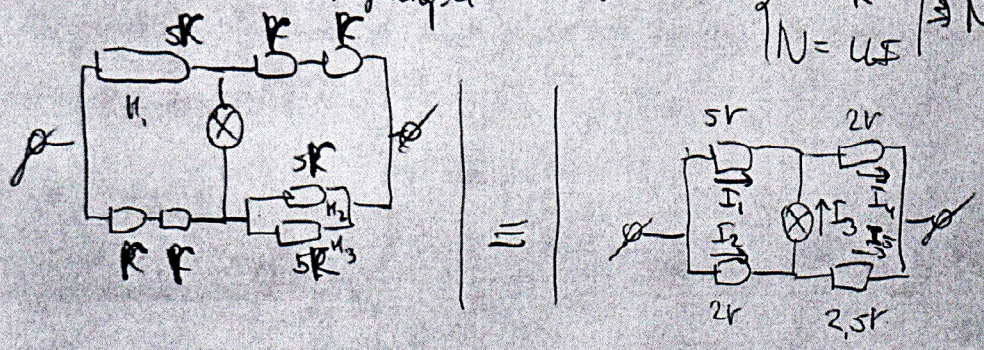
$I$ - сила тока, текущего через элемент

+

$(N_1 = P_1)$

Задача

$r$ - сопротивление резистора. Для $H_{2,3}$ закон Ома $\begin{cases} I = \frac{U}{R} \\ N = UI \end{cases} \Rightarrow N = \frac{U^2}{R} \Rightarrow N_2 = N_3 = \frac{1}{2}(N_{2+3})$

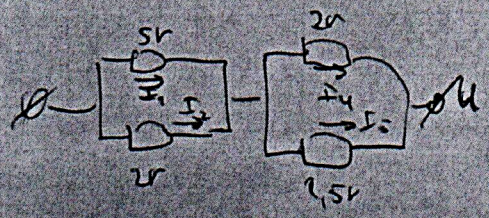



Пусть $R_л$ - сопротивление лампочки, $U$ - напряжение источника

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_4 \\ I_3 + I_5 = I_2 \\ I_1 + I_2 = I_4 + I_5 \\ I_3 R_л - 5I_1 r + 2I_2 r = 0 \\ I_3 R_л + 2I_4 r - 2{,}5 I_5 r = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_4 = I_1 + I_3 \\ I_2 = I_3 + I_5 \\ U_1 = U_2 \end{cases}$$

Поскольку мост несбалансирован, $R_л$ влияет на отношение токов $I_1$ к $I_5$, а, значит, и на $N_{2+3}$ к $N_1$.

Считая, что падение напряжения на лампочке $\ll U$, получаем:




$$R_y = \frac{5r \cdot 2r}{5r + 2r} + \frac{2r \cdot 2{,}5r}{2r + 2{,}5r} = \frac{20}{7} r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 + I_2 = \frac{7}{20}\frac{U}{r} = \frac{7}{20}\gamma, \text{ где } \gamma = \frac{U}{r}$$

±

$$I_1 \cdot 5r = I_2 \cdot 2r \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{7}{20}\gamma \\ \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{5} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{1}{10}\gamma \\ I_2 = \frac{1}{4}\gamma \end{cases}, \quad \begin{cases} I_4 + I_5 = \frac{7}{20}\gamma \\ \frac{I_4}{I_5} = \frac{2{,}5r}{2r} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_4 = \frac{7}{36}\gamma \\ I_5 = \frac{7}{45}\gamma \end{cases}$$

$$P_1 = N_1 = I_1^2 5r = \gamma^2 \cdot r \cdot \frac{1}{20}; \quad N_2 = N_3 = \frac{1}{2} N_{2+3} = \frac{1}{2} I_5^2 \cdot \frac{5}{2} r = \gamma^2 r \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{49}{25 \cdot 81} = \frac{49}{20 \cdot 81}\gamma^2 r = P_2 = P_3$$

$$P_2 = P_3 = \boxed{P_1 \cdot \frac{20 \cdot 49}{20 \cdot 81}} = 972\,Вт \cdot \frac{49}{81} = \boxed{588\,Вт}$$

Черновик

лист 6 из 6

$\times 1{,}07$
$1{,}07$
$7{,}49$
$107$
$1{,}1449$
$1{,}07$

$\times 11449$
$107$
$80143$
$11449$
$1{,}225043$

$= \frac{128}{30}$

$0{,}1\left(\frac{32\cdot 8}{3} - \frac{64\cdot 2}{3}\right) =$

$C_{ст}$

$9{,}2\cdot\frac{8}{3} - \frac{64}{9}\cdot 0{,}6$

$0{,}3 - \frac{64}{9} = \frac{64}{5\cdot 2\cdot 3} = \frac{32}{15} = \frac{64}{}$

$C_{ст}(t_1 - t_к) + m_в c_в(t_1 - t_в) + m_л c_в(t_1 - 0°C) + m_л\lambda = 0$

$0{,}6\,м/с^2$ $\quad$ $9{,}2\,м/с$

$\overset{?}{C}_{ст}(t_1 - t_к) + \overset{?}{c}_в(t_1 - t_в) + m_л c_в(t_1) + \overset{?}{m}_л\lambda = 0$

$1{,}2\,м/с^2$

$m_л(c_в t_1 + \lambda) + C_в(t_1 - t_в) + C_{ст}(t_1 - t_к) = 0$

$t_{ост} = \frac{3{,}2}{1{,}2} = \frac{8}{3}\,с = \frac{24}{9}\,с$

$2m_л(c_в t_2 + \lambda) + C_в(t_2 - t_в) + C_{ст}(t_1 - t_к) = 0$

$3m_л(c_в t_3 + \lambda) + C_в(t_3 - t_в) + C_{ст}(t_3 - t_к) = 0$

$t\cdot 3{,}2 - 0{,}9t^2 = 0$ $\quad \frac{7}{180}$

$t_3(3m_л c_в + C_в + C_{ст}) = C_в t_в + C_{ст} t_к - 3m_л\lambda$

$\frac{5}{4}$ $\quad t = \frac{32}{9}\,с$

$3{,}2 = 0{,}9t$

$t_3 = \frac{C_в t_в + C_{ст} t_к - 3m_л\lambda}{C_в + C_{ст} + 3m_л c_в}$

$I_1 = \frac{2}{20}\,\gamma$

98

$I_2 = \frac{5}{20}\,\gamma$

$I_4 = \frac{5\cdot 7}{180}\,\gamma = \frac{7}{36}\,\gamma$

$I_5 = \frac{4\cdot 7}{180} = \frac{7}{45}\,\gamma$

$490 + 98 = 588$