

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

Вариант 09-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Однородное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности и за время $T = 1,57$ с совершает один оборот. Точки А и В лежат на ободе колеса, АВ – диаметр колеса.

1) С какой скоростью V_0 движется ось колеса?

2) С какой скоростью V_A движется точка А на ободе колеса, если точка В движется со скоростью $V_B = 2$ м/с?

Все скорости измерены в лабораторной системе отсчета. Ось колеса движется равномерно.

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,5$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 12$ м.

1) Через какое время T после удара мяч поднимется на максимальную высоту?

2) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, следует приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу F_2 .

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения бруска по плоскости, если $F_2 = 2 \cdot F_1$.

2) Какую по величине V_0 скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы он остановился на расстоянии $S = 1,35$ м от точки старта? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. Две шайбы, скорости которых $V_1 = 2$ м/с и $V_3 = 3$ м/с, движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной плоскости и испытывают абсолютно упругий центральный удар. Массы шайб $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,2$ кг.

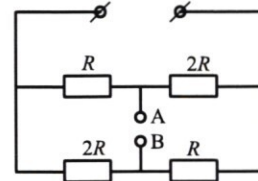
1) Найдите максимальную энергию E деформации шайб в процессе соударения.

2) Через какое время T после соударения расстояние между шайбами будет равно $L = 2$ м?

5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение $U = 4$ В. Если вольтметр заменить идеальным амперметром, он покажет силу тока $I = 30$ мА.

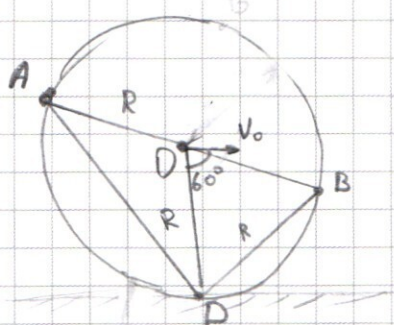
1) Найдите напряжение U_0 источника.

2) Какая мощность P будет рассеиваться в цепи при включенном вольтметре?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$$T = 1,57; R = 0,5 \text{ м}$$

$$1) V_0 = ?$$

$$L = 2 \cdot \pi \cdot 0,5 = 3,14$$

$$V_0 = \frac{L}{T} = 2 \text{ м/с}$$

$$2) V_B = 2 \text{ м/с}; V_A = ?$$

Рассмотрим движение относительно D (D - точка в данный момент касающаяся земли и мгновенная нулевую скорость)

Рассмотрим от O до D = R

$$\text{Если } V_0 = V_B \Rightarrow l_{DO} = l_{DB} = R$$

Расстояние от O до B = R

$\triangle ODB$ - равнобедренный $\Rightarrow \angle DOB = 120^\circ$

$$\angle DOA = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ \text{ как смежные}$$

$$l_{OA} = R$$

по т. cos

$$l_{AD}^2 = R^2 + R^2 - 2R^2 \cdot \cos 120^\circ$$

$$l_{AD}^2 = 2R^2 \cdot \sqrt{3} R^2 = 0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,25 \approx 0,5 \cdot 0,43 = 0,215$$

$$\frac{l_{AD}}{l_{DB}} = \frac{V_A}{V_B} \Rightarrow V_A = \frac{0,95 \cdot 2}{0,95} = 3,8 \text{ м/с}$$

$$l_{AD} = \sqrt{0,215} \approx 0,464$$

$$\frac{l_{AD}}{l_{DB}} = \frac{V_A}{V_B} \Rightarrow V_A = \frac{0,575 \cdot 2}{0,95} = 3,9 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = 2 \text{ м/с} \quad V_A = 3,9 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = 2 \text{ м/с} \quad V_A = 3,6 \text{ м/с}$$

по т. sin

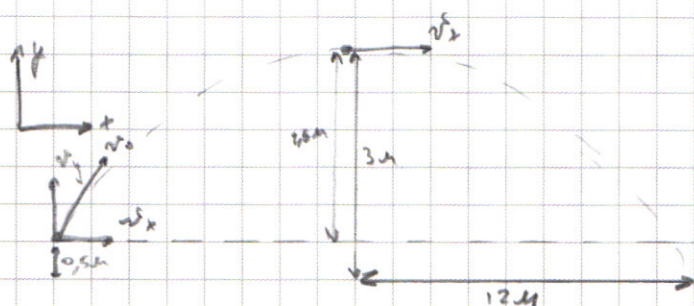
$$\frac{l_{AD}}{\sin 120^\circ} = 2R$$

$$l_{AD} = R\sqrt{3}$$

$$l_{AD} \approx 0,9 \text{ м}$$

$$\frac{l_{AD}}{l_{DB}} = \frac{V_A}{V_B} = V_A = \frac{0,9 \cdot 2}{0,95} = 3,6 \text{ м/с}$$

2



$$h = 0.5 \text{ м}; H = 3 \text{ м}; S = 12 \text{ м}; g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) T - ?

2) V_0 - ?

oy: $3 - \frac{g T_n^2}{2} = 0$, где T_n - время падения из верхней точки до точки

$$T_n = \sqrt{\frac{3 \cdot 2}{g}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}}$$

ox: $12 = T_n \cdot v_x$

$$v_x = \frac{12}{T_n} \Leftrightarrow v_x = \frac{12\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$$

Рассмотрим движение тела из максимальной точки до высоты h , это и будет время полета до максимальной точки

$$T = \sqrt{\frac{2.5 \cdot 2}{g}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.7 \text{ с.}$$

$$H - h = v_y \cdot T = \frac{g T^2}{2} \Leftrightarrow 2.5 =$$

$$v_y =$$

oy: $v_y - gT = 0$

$$v_y = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2}$$

по Т. Пифагора

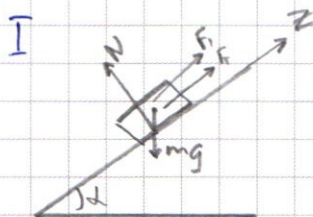
$$V_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \Leftrightarrow V_0 = \sqrt{50 + \left(\frac{12\sqrt{5}}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{50 + 250} = \sqrt{300} \approx 17.3 \text{ м/с}$$

Ответ: $T \approx 0.7 \text{ с}$ $V_0 \approx 17.3 \text{ м/с}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

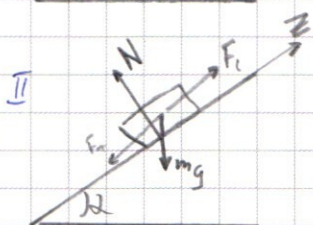
3



$$\alpha = 30^\circ ; g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) F_2 = 2F_1 ; \mu = ?$$

$$2) v_0 = ? ; S = 1,35 \text{ м}$$



$$I: F_1 + F_2 = mg \cdot \sin \alpha$$

$$II: F_2 = mg \sin \alpha + F_1$$

$$F_1 = \mu N ; N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_1 = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$\begin{cases} F_1 + \mu mg \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha \quad / \cdot 2 \\ 2F_1 = mg \cdot \sin \alpha + \mu mg \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

вычтем II из I

$$2F_1 - 2F_1 + 2\mu mg \cdot \cos \alpha = 2mg \cdot \sin \alpha - mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$3\mu mg \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$$

$$3\mu \cdot \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\mu \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} \quad / \cdot 2$$

$$\mu = \frac{1}{3\sqrt{3}} \quad 3\sqrt{3} \mu = 1$$

$$\mu = \frac{1}{3\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{9} \approx \frac{1,7}{9} = 0,2$$

$$ma = \mu mg \cdot \cos \alpha + \mu g \cdot \sin \alpha$$

$$a = \sqrt{3} + 5$$

$$v_0 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{a}$$

$$v_0 t - \frac{at^2}{2} = 1,35 ; \quad v_0 \cdot \frac{v_0}{a} - \frac{a \cdot \frac{v_0^2}{a^2}}{2} = 1,35$$

$$\frac{v_0^2}{9} - \frac{v_0^2}{29} = 1,35$$

$$\frac{v_0^2}{29} = 1,35$$

$$v_0 = \sqrt{1,35 \cdot 29}$$

$$v_0 = \sqrt{1,35 \cdot (\sqrt{3} + 5)} \approx \sqrt{9,8} \approx 3 \text{ м/с}$$

Ответ: $\mu \approx 0,2$ $v_0 \approx 3 \text{ м/с}$

④ $U_1 = 2 \text{ м/с}$; $U_2 = 3 \text{ м/с}$

$m_1 = 0,3 \text{ кг}$; $m_2 = 0,2 \text{ кг}$

1) $E = ?$

2) $L = ?$ $T = ?$

$$E = E_{k1} + E_{k2}$$

$$E = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2}$$

$$E = 0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ Дж}$$

$P_0 = P_1 + P_2$, где P_0 - суммарный импульс, P_1, P_2 - импульсы шаров

$$P_0 = 0,6 + 0,6 = 1,2$$

После абсолютно упругого удара шары продолжают

взаимодействовать 1:1

$$P_2 = P_1 = \frac{P_0}{2} = 0,6$$

$$U_1 = \frac{0,6}{0,3} = 2 \text{ м/с}$$

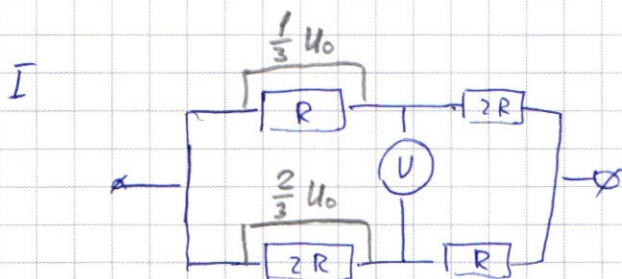
$$U_2 = \frac{0,6}{0,2} = 3 \text{ м/с}$$

$$U_{1+2} = 5 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{L}{U_{1+2}} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



$$U_B = U = 4 \text{ В}$$

$$I_A = I = 30 \text{ мА}$$

При параллельной подключении напряжение не меняется
 $\Rightarrow$ напряжение на верхней и нижней ветви равно U_0

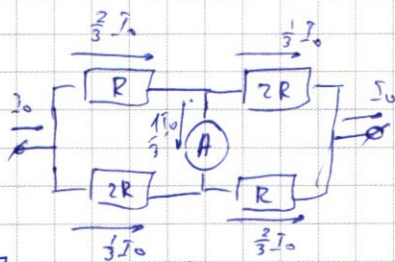
Из закона Ома U пропорционально R

$$\Rightarrow U \text{ на резисторе } R = \frac{1}{3} U_0, \text{ а на резисторе } 2R = \frac{2}{3} U_0$$

Вольтметр покажет разность напряжений на концах

$$\Rightarrow U_B = \frac{1}{3} U_0 \Rightarrow U_0 = 12 \text{ В}$$

II



При последовательной подключении сила тока
 остается.

По закону Ома сила тока обратно пропорциональна сопротивлению
 $\Rightarrow I$ на резисторе $R = \frac{2}{3} I_0$, а на $2R = \frac{1}{3} I_0$

По закону Кирхгофа сумма входящих токов в узел равна
 сумме выходящих токов $\Rightarrow$ через амперметр пройдет $\frac{1}{3} I_0$.

$$\Rightarrow I_0 = 90 \text{ мА}$$

Найдем сопротивление цепи в I и II случае

$$I \quad R_0 = \frac{3R \cdot 3R}{3R + 3R} = \frac{3}{2} R$$

$$II \quad R_0 = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} \cdot 2 = \frac{4}{3} R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P_I = \frac{12^2}{\frac{3}{2} R}$$

$$P_{II} = \frac{12^2}{\frac{4}{3} R}$$

$$\frac{P_I}{P_{II}} = \frac{\frac{4}{3} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{8}{9} \Rightarrow \text{мощность } \begin{matrix} \text{расделась} \\ \text{уменьшилась} \end{matrix} \text{ на } \frac{1}{9}$$

~~Ответ: $U_0 = 12 \text{ В}$; $\frac{1}{9}$ от исходной~~

Для второго случая можно найти $P_I = I_0 \cdot U_0 = 9,09 \cdot 12 = 108 \text{ Вт}$

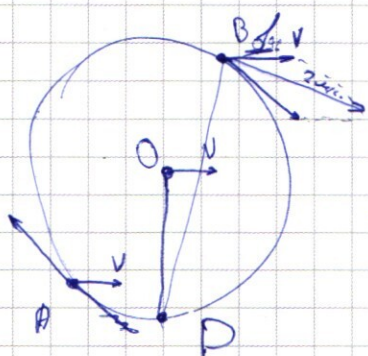
$$P_I = \frac{8}{9} P_{II} \Rightarrow P_{II} = 0,96$$

$$P = 9,12 \text{ Вт}$$

Ответ: $U_0 = 12 \text{ В}$; $P = 9,12 \text{ Вт}$

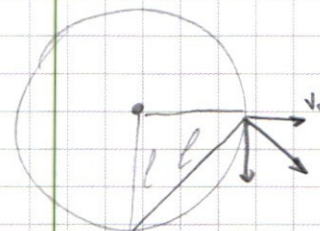
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

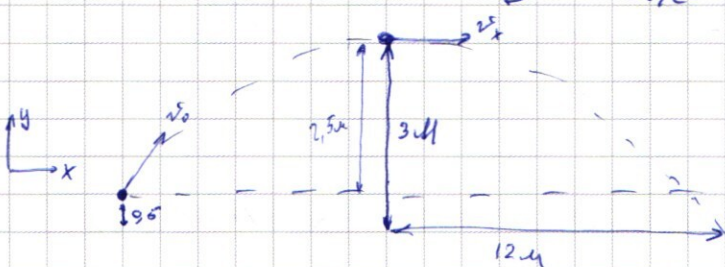


$$3 - 10 \cdot 0.7747$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4} \text{ с} \\ & 0 \quad 1 \text{ м/с} \quad \frac{l}{2} \\ & B \quad 2 \text{ м/с} \Rightarrow l \end{aligned}$$



2



$$3 - \frac{g \cdot l^2}{2} = 0$$

$$t_n = \sqrt{\frac{3 \cdot 2}{g}} = \sqrt{\frac{3}{5}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}}$$

$$12 = t_n \cdot v_x$$

$$v_x = \frac{12}{t_n} \Leftrightarrow \frac{12}{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}}} = \frac{12\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$$

$$t_n T = \sqrt{\frac{2.5 \cdot 2}{g}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

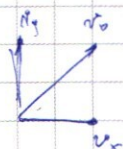
$$L_x = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{12\sqrt{5}}{\sqrt{3}} = \frac{6\sqrt{10}}{\sqrt{3}}$$

$$L_y = 2.5$$

$$L_y = v_y T - \frac{g T^2}{2} = 2.5$$

$$v_y = \frac{2.5 + \frac{g T^2}{2}}{T} = \frac{2.5 + 10 \cdot \frac{1}{4}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}}$$

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{100}{2} + \frac{144 \cdot 5}{3}} = \sqrt{50 + 240} = \sqrt{290}$$



$$l^2 + l^2 - 2l^2 \cos 120^\circ$$

$$l^2 + l^2 + \sqrt{3} l^2$$

$$L^2 = \sqrt{2\sqrt{3} l^2}$$

$$\frac{v_0}{v_a} = \frac{l}{L} \quad \frac{2}{v_a} =$$

$$\sqrt{4} \cdot \sqrt{5} = \sqrt{20}$$

$$\frac{14}{14}$$

$$\frac{56}{56}$$

$$\frac{14}{14}$$

$$\frac{48196}{48196}$$

$$\frac{5}{5}$$

$$\frac{240}{240}$$

$$\frac{17}{17}$$

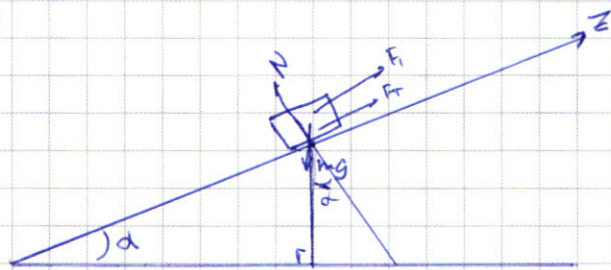
$$\frac{18}{18}$$

$$\frac{115}{115}$$

$$\frac{144}{144}$$

$$\frac{18}{18}$$

3



$$F_1 + F_r = mg \cdot \cos \alpha$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_1 + \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$$

$$2F_1 = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_1 + \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha - F_2 = mg \cdot \sin \alpha - \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_1 = 2\mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$2F_1 - 2F_1 + 2\mu mg \cdot \cos \alpha = 2mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

$$3\mu mg \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$$

$$3\mu \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2}$$

$$6\sqrt{3}\mu = 1$$

$$\mu = \frac{1}{6\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{18} \approx \frac{1,8}{18} = 0,1$$

$$ma = \mu mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$$

$$a = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{10}{2} = \frac{10\sqrt{3}}{2}$$

$$v_0^2 - \frac{a^2}{2} = 1,35$$

$$\frac{v_0^2}{29} = 1,35 \quad v_0^2 = 1,35 \cdot \frac{10\sqrt{3}}{2} = 6,75 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 7,25 \text{ м/с}$$

$$\frac{v_0^2}{9} - \frac{v_0^2}{2} = 1,35$$

$$\frac{v_0^2}{2} = 1,35$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2\sqrt{3}$$

$$\sqrt{92}$$

$$9,25 + 9,25 = 18,5$$

$$0,2 \cdot 9,25 = 1,85$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 975 \\ \times 4 \\ \hline 3900 \end{array}$$

$$8 \times 1,84$$

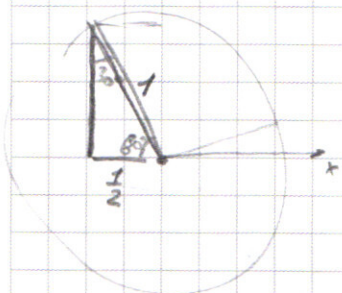
$$\begin{array}{r} 134 \\ 160,45 \\ \hline 20 \\ 17 \\ 625 \\ \hline 995 \\ \times 4 \\ \hline 3980 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 998 \\ \times 998 \\ \hline 784 \\ 882 \\ \hline 99604 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 997 \\ \times 997 \\ \hline 679 \\ 873 \\ \hline 99603 \end{array}$$

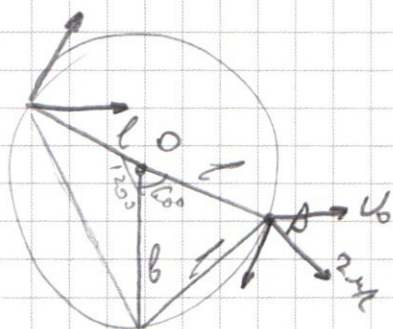
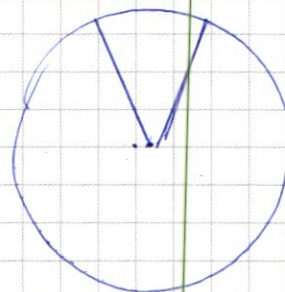
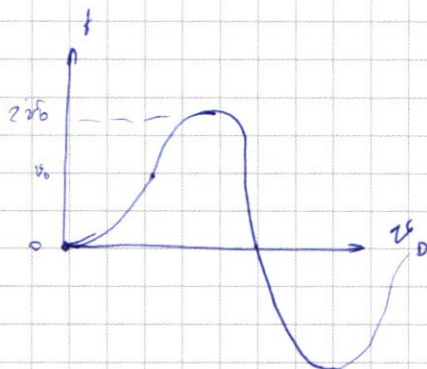
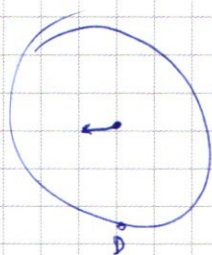
$$\begin{array}{r} 1,81 \\ \times 1,81 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 3,24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,17 \\ \times 1,17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 1,3689 \end{array}$$

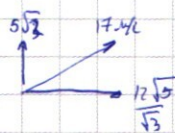


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1



L



$$5\sqrt{3} - 9T = 0$$

$$T = \frac{5\sqrt{3}}{9}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{12\sqrt{5}}{\sqrt{3}} = \frac{12\sqrt{5}}{2}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\frac{R \cdot 2R}{3R} = \frac{2}{3}R \quad \frac{4}{3}R$$

$$\frac{3R \cdot 3R}{6R} = \frac{9}{2}R$$

$$P = 4I = \frac{4^2}{R}$$

$$U = IR \quad I = \frac{U}{R}$$

$$12 \cdot 0,090$$

$$\frac{12 \cdot 0,090}{108}$$

$$\frac{12 \cdot 0,090}{108}$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{X}{\sin 120^\circ} = 2R$$

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$$

$$\frac{R}{\sin 30^\circ} = \frac{X}{\sin 120^\circ}$$

$$2R = \frac{2X}{\sqrt{3}}$$

$$X = R\sqrt{3}$$

$$\frac{9,5}{1,8}$$

$$\frac{18}{0,5} = 36$$

$$2,5 - 9 \frac{10 \cdot T^2}{2} = 0$$

$$\cancel{2,5} = 0,7$$

$$2,5 = 5T$$

$$2,5 - 5 \cdot T^2 = 0$$

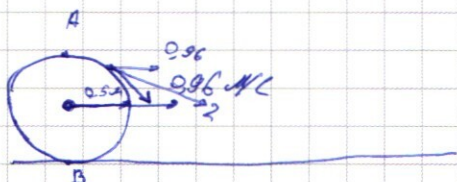
$$T^2 = \frac{1}{48}$$

$$T^2 = \frac{2,5}{5}$$

$$T^2 = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

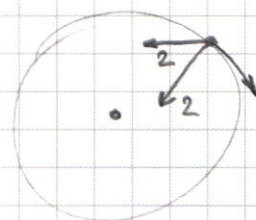
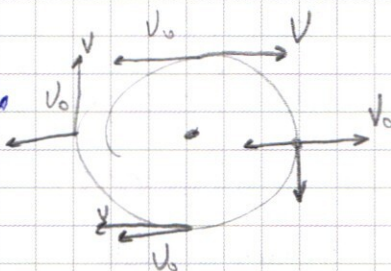
1



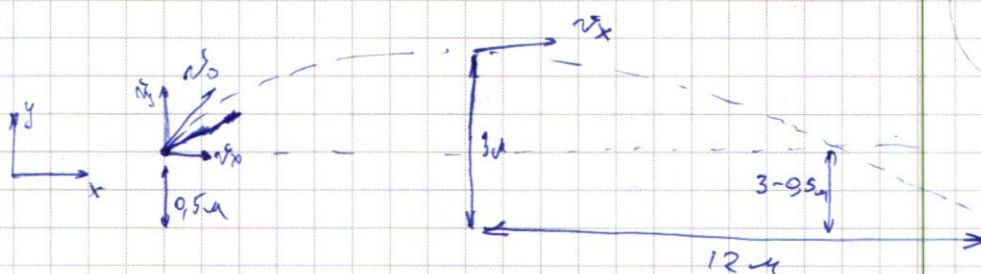
$$L = \cancel{R} = 3,14 \cdot 0,5 = 1,57 \text{ м}$$

$$V_0 = \frac{L}{T} = \frac{1,57}{0,016} = 99,6 \text{ м/с}$$

$$\omega_0 = \frac{2}{0,5} = 4 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = \omega_0$$



2



$$3 = \frac{g \cdot t^2}{2} = 0$$

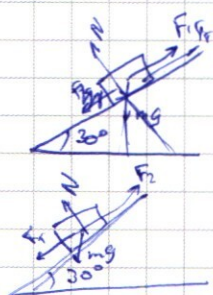
$$3 = 5 \cdot b_n^2 = 0$$

$$b_n = \sqrt{\frac{3}{5}}$$

$$v_x = \frac{12}{\sqrt{2}} = 6\sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$b_n = 2,5 - 5 b_n^2$$

3



$$I \quad mg \sin \alpha + F_f = F_1$$

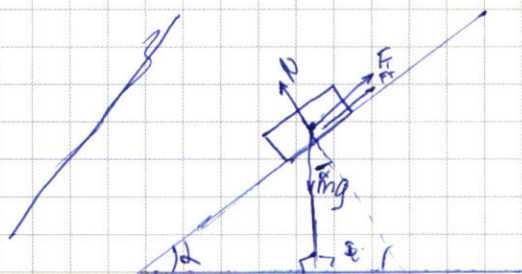
$$I \quad mg \sin \alpha = F_1 + F_f$$

$$II \quad mg \sin \alpha + F_f = F_2$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$N =$$

3



$$N \neq F_T = \mu N$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha = F_1 + F_T$$

$$mg \sin \alpha + F_T = F_2$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$F_T = mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu$$

$$mg \sin \alpha = F_1 + mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = 2F_1$$

$$t = \frac{F_1 + \mu mg \cos \alpha}{2F_1 - \mu mg \cos \alpha}$$

$$F_1 + \mu mg \cos \alpha = 2F_1 - \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha = \frac{F_1}{2}$$

4

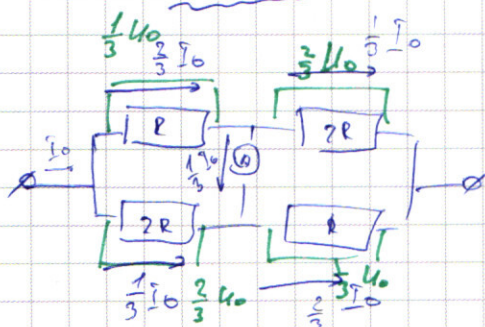
$$E = E_1 + E_2 = \frac{0,5 \cdot 2^2}{2} + \frac{0,2 \cdot 3^2}{2} = 0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ Дж}$$

$$P_0 = P_1 + P_2 = 0,6 + 0,6 = 1,2$$

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{2}{5} = 0,4 \text{ e.}$$

5



$$I_0 = \frac{1}{3} I_0 \Rightarrow I_0 = 50 \mu \text{ A}$$

$$U_0 = \frac{1}{3} U_0 \Rightarrow U_0 = 12 \text{ В}$$

$$P = UI$$