

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

Вариант 09-03

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

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.

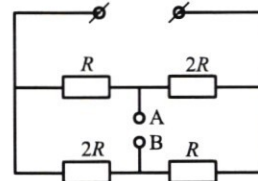
1) Найдите максимальную энергию E деформации шайб в процессе соударения.

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.

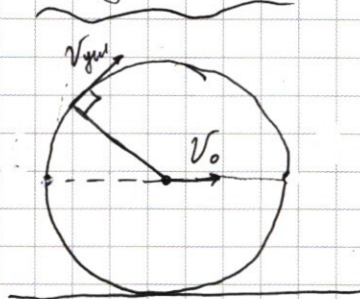
1) Найдите напряжение U_0 источника.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1



$$R = 0,5 \text{ м}$$

$$T = 1,5 \text{ с}$$

$$V_B = 2 \text{ м/с}$$

$$V_O = ? \quad V_A = ?$$

1) $V_O = V_{ум}$ — т.к. колесо движется без проскальзывания

$$V_O = \omega R = \frac{2\pi}{T} R$$

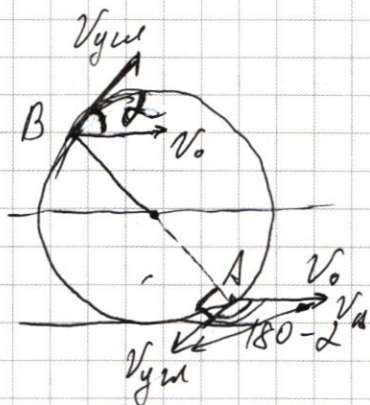
$$V_O = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{1,5} = 2 \text{ м/с}$$

2) Колесо движется без проскальзывания, точки находятся на одной прямой.

$$V_O = V_{ум}$$

$$\text{т.к. } V_B = V_O = V_{ум} = 2 \text{ м/с}$$

это возможно если угол между $V_{ум}$ и $V_O = 60^\circ = \alpha$



$$V_A = \sqrt{V_O^2 + V_{ум}^2 - V_{ум} V_O \cdot \cos(180 - \alpha)}$$

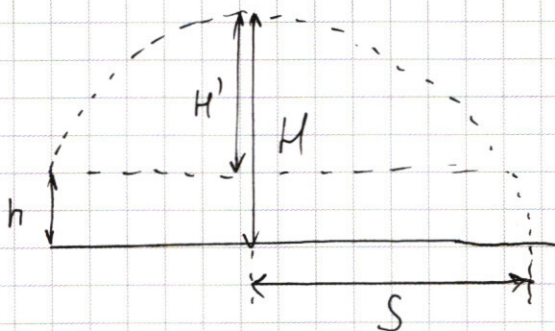
$$V_A = \sqrt{4 + 4 - 4 \cdot \cos 120} = \sqrt{8 + 4 \cdot \frac{3}{2}} =$$

$$= \sqrt{8 + 2\sqrt{3}} = \sqrt{11,4} \approx 3,4 \text{ м/с}$$

Ответ: $V_O = 2 \text{ м/с}$; $V_A = 3,4 \text{ м/с}$.

Задача №2

$$\begin{array}{l|l} h = 0,5 \text{ м} & \\ M = 3 \text{ м} & \\ S = 12 \text{ м} & \\ \hline T = ? & \\ V_0 = ? & \end{array}$$



$$\gamma = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

~~Через точку M~~
~~выстрелив под углом alpha~~

$$H' = M - h$$

$$H' = \frac{gT^2}{2}$$

$$M =$$

$$T = \sqrt{\frac{2H'}{g}} = \sqrt{\frac{2(M-h)}{g}}$$

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot (3 - 0,5)}{10}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,4 \text{ с}$$

ЗСЗ:

$$mgH + \frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + mgh$$

$$2g(M-h) + (V_0 \cos \alpha)^2 = V_0^2$$

$$H = V$$

$$S = V_0 \cos \alpha (T + \gamma) \Rightarrow V_0 \cos \alpha = \frac{S}{(T + \gamma)}$$

$$L = V_0 \sin \alpha + \frac{gT^2}{2}$$

$$(T + \gamma) = \sqrt{\frac{2H'}{g}}$$

$$L = V_0 \cos \alpha T$$

$$S = L + V_0 \cos \alpha \gamma$$

$$2g(M-h) + \frac{S^2 g}{2H} = V_0^2$$

$$V_0 = \sqrt{g \left(2(M-h) + \frac{S^2}{2H} \right)} \quad T + \gamma$$

$$V_0 = \sqrt{10 \left(2(3 - 0,5) + \frac{12^2}{2 \cdot 3} \right)} = \sqrt{290} \approx 5,4 \text{ м/с}$$

$$L = V_0 \cos \alpha (T + \gamma)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

$$\alpha = 30^\circ$$

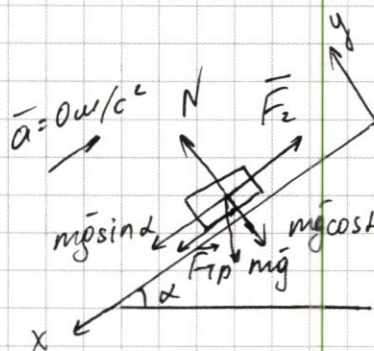
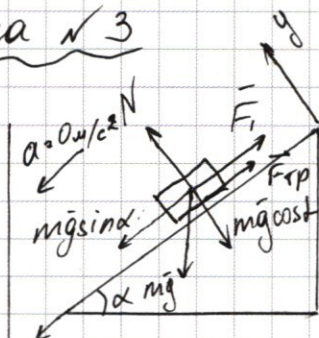
$$F_2 = 2F_1$$

$$S = 1,35 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = ?$$

$$V_0 = ?$$



~~Брусок движется вниз:~~

По 2-ому закону Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_1 = m\vec{a}$$

$\vec{a} = 0 \text{ м/с}^2$ - движется равномерно

Запишем проекции сил на оси x и y :

$$\begin{cases} x: & mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} - F_1 = 0 \\ y: & N - mg \cos \alpha = 0 \\ & F_{\text{тр}} = \mu N \end{cases}$$

$$mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = F_1 \quad (1)$$

Брусок движется вверх:

По 2-ому закону Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_2 = m\vec{a}$$

$\vec{a} = 0 \text{ м/с}^2$ - движется равномерно.

Запишем проекции сил на оси x и y :

$$\begin{cases} x: & mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} - F_2 = 0 \\ y: & N - mg \cos \alpha = 0 \\ & F_{\text{тр}} = \mu N \end{cases}$$

Продолжение стр 3

$$mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = F_2 \quad (2)$$

$$F_2 = 2F, \quad \text{Подставим (1) на (2)}$$

$$\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} = \frac{1}{2}$$

$$2 \sin \alpha - 2 \mu \cos \alpha = \sin \alpha + \mu \cos \alpha$$

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

$$\mu = \frac{1}{3} \operatorname{tg} \alpha$$

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

$$2) \quad S = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$ma = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g \sin \alpha + \mu \cos \alpha$$

$$S = \frac{v_0^2}{2(g \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$v_0 = \sqrt{2S(g \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 1,35 \left(10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \sqrt{2,7 \left(\frac{1}{6} + 5 \right)} =$$

$$= \sqrt{2,7 \cdot \frac{31}{6}} = \frac{2,7 \cdot 31}{10 \cdot 82} = \sqrt{\frac{249}{20}} \approx \sqrt{14} \approx 3,7$$

$$\approx 3,7 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } \mu \approx 0,2 ; \quad v_0 \approx 3,7 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

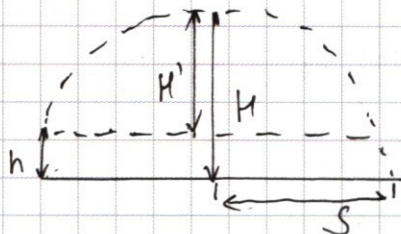
$$h = 0,5 \text{ м}$$

$$H = 3 \text{ м}$$

$$S = 12 \text{ м}$$

$$T = ?$$

$$V_0 = ?$$



$$1) \quad H' = H - h$$

$$H' = \frac{gT^2}{2}$$

$$T = \sqrt{\frac{2H'}{g}} = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$T = \sqrt{\frac{2(3-0,5)}{10}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7 \text{ с}$$

2)

$$S = V_0 \cos \alpha (T + \tau) \quad (\tau - \text{время падения с высоты } h)$$

$$H' = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{2gH'}{V_0^2}$$

~~или~~

$$\text{ЗСЭ: } mgh + \frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{2} = mgh + \frac{mV_0^2}{2}$$

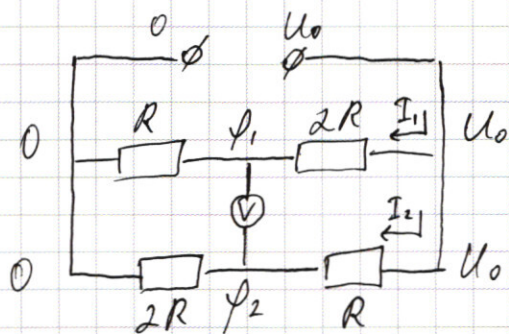
$$2g(H-h) + (V_0 \cos \alpha)^2 = V_0^2$$

$$2g(H-h) + V_0^2 \left(1 - \frac{2gH'}{V_0^2}\right) = V_0^2$$

$$2g(H-h) + V_0^2 - 2gH' = V_0^2$$

Ответ: $T = 0,7 \text{ с}$.

Задача № 5



Запишем разность потенциалов:

$$\frac{U_0 - \phi_1}{2R} = I_1$$

$$\frac{\phi_1 - 0}{R} = I_1$$

$$\frac{U_0 - \phi_2}{R} = I_2$$

$$\frac{\phi_2 - 0}{2R} = I_2$$

$$U = 4 \text{ В}$$

$$I = 30 \text{ мА}$$

$$U_0 = ?$$

$$P = ?$$

$I_1 = I_2 = I'$ (т.к. сопротивления сверху и снизу $= 3R$)

$$U = \phi_2 - \phi_1$$

$$\frac{U_0 - \phi_1}{2R} + \frac{\phi_2 - 0}{2R} = I_1 + I_2 = 2I'$$

$$U_0 + U = 4RI'$$

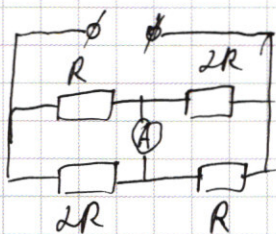
$$U_0 = 3RI'$$

$$U_0 + U = \frac{4}{3}U_0$$

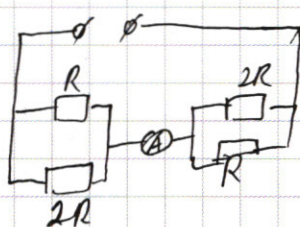
$$U = \frac{1}{3}U_0 \Rightarrow U_0 = 3U$$

$$U_0 = 12 \text{ В}$$

2)



→



$$R_{\text{общ}} = \frac{4}{3}R$$

$$I = 30 \text{ мА}$$

$$U_0 = 12 \text{ В}$$

При выключ. вольтметра:

$$R_{\text{общ}} = 1,5R$$

$$P = \frac{U_0^2}{R_{\text{общ}}} = \frac{12^2}{1,5 \cdot 0,03} = \frac{12^2}{\frac{2}{3} \cdot \frac{3}{100}} = 4200 \text{ Вт}$$

$$\frac{4}{3}R = \frac{U_0}{I}$$

$$R = \frac{3}{4} \frac{U}{I} = \frac{3 \cdot 12}{4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 0,03 \text{ Ом}$$

Ответ: $U_0 = 12 \text{ В}$; $P = 4200 \text{ Вт}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

$$V_1 = 2 \text{ м/с}$$

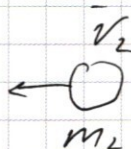
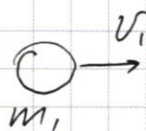
$$V_2 = 3 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 0,3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$E = ?$$

$$T = ? , L = 2 \text{ Дж}$$



$$1) E = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} =$$

$$= \frac{1}{2} (m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2)$$

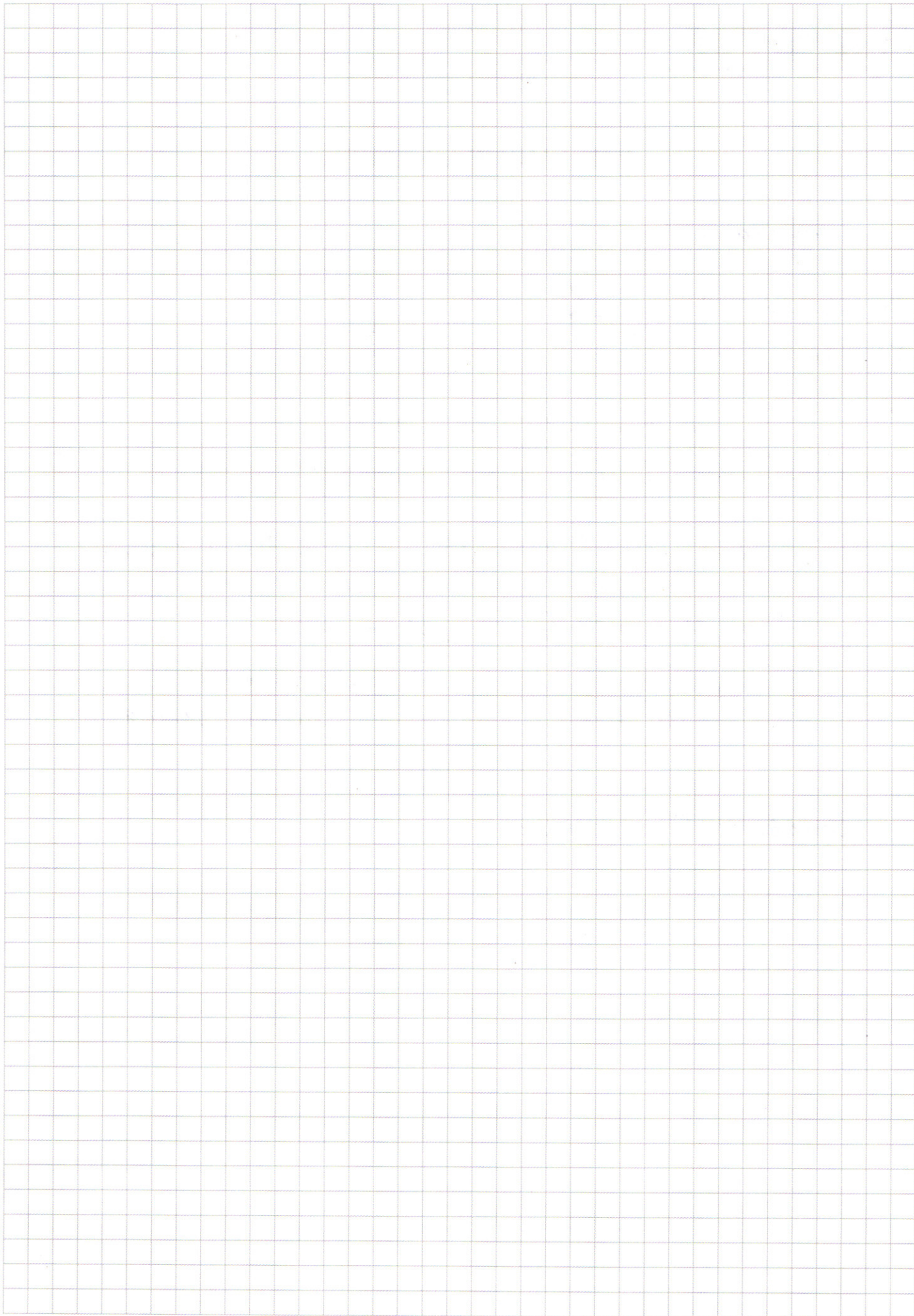
$$E = \frac{1}{2} (0,3 \cdot 2^2 + 0,2 \cdot 3^2) = 1,5 \text{ Дж}$$

$$2) m_1 V_1 - m_2 V_2 = m_2 U_2 - m_1 U_1$$

$$T = \frac{L}{U_1 + U_2}$$

U_1 и U_2 — скорости
после удара

Ответ: $E = 1,5 \text{ Дж}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$y^2 = \sqrt{x^2 + y^2} \quad L = \frac{v_0^4 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$$


$$\sqrt{v_{ym}^2 + v_0^2} = v_0^2 \quad L =$$

$$(T + \tau) = \dots \quad 2g(H - h) + \frac{S^2 g}{2H} = v_0^2$$

$$H = \frac{g(T + \tau)^2}{2} \quad (T + \tau) = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$2gH + \frac{S^2 g}{2H} = v_0^2$$

$$mgH + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh$$

$$2gH + (v_0 \cos \alpha)^2 = v_0^2 + 2gh$$

$$S = v_0 \cos \alpha (2T + \tau)$$

$$(T + \tau) = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{g}} - T$$

$$2gH + \frac{S^2}{(2T + \sqrt{\frac{2H}{g}} - T)^2} = v_0^2 + 2gh$$

$$2g(H - h) + \frac{S^2}{(T + \sqrt{\frac{2H}{g}})^2} = v_0^2$$

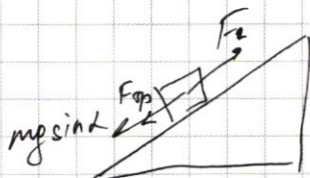
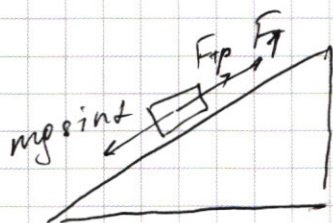
$$g(2H^2 - 2Hh + S^2)$$

$$10 \cdot (245^5 + \frac{144}{6} 24) 20$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 519 \\ \times 519 \\ \hline 216 \\ 266 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12^2 = \frac{12 \cdot 100}{2} \\ 2 \cdot \frac{3}{3} = \frac{100}{3} \\ 4144 \div 2 = 2072 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1446 \\ - 12 \cdot 124 \\ \hline 24 \end{array}$$



$$F_2 = 2F_1$$

$$F_1 \quad mgsin \alpha - F_{np} - F_1 = 0$$

$$F_{np} = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg(sin \alpha - \mu \cos \alpha) = F_1$$

$$mg sin \alpha + F_{np} - F_2 = 0$$

$$mg(sin \alpha + \mu \cos \alpha) = F_2$$

$$\frac{sin \alpha - \mu \cos \alpha}{sin \alpha + \mu \cos \alpha} = \frac{1}{2}$$

$$2 sin \alpha - 2 \mu \cos \alpha = sin \alpha + \mu \cos \alpha$$

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

$$\mu = \frac{1}{3} \tan \alpha = \frac{1}{3} \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{9} = \frac{1,7}{9}$$

$$S = \frac{-v_0^2}{-2a}$$

$$= \frac{v_0^2}{2(\mu \cos \alpha + g \sin \alpha)}$$

$$\mu a = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$v_0 = \sqrt{2S(\mu \cos \alpha + g \sin \alpha)}$$

$$= 2 \cdot 1,35 \left(\frac{\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot \frac{1}{2} \right)$$

$$= 2 \cdot 1,35 \left(\frac{3}{18} + \frac{1}{5} \right) =$$

$$= 2 \cdot 1,35 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{5} \right) = \frac{14}{30} \cdot 2 \cdot 1,35 =$$

$$2,7 \cdot 5 \frac{1}{6}$$

$$2,7 \cdot \frac{31}{6} = \frac{31 \cdot 27}{2 \cdot 10}$$

$$\frac{3 \cdot 3,6}{2 \cdot 1,6}$$

$$3 \sqrt{15} = 3 \cdot 4 = 12$$

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

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

$$\begin{array}{r} 2 \\ 4 \\ 3,8 \\ \times 3,8 \\ \hline 25,9 \\ 111 \\ \hline 151,6 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 6 \\ 3,8 \\ \times 3,8 \\ \hline 30,6 \\ 114 \\ \hline 144,4 \end{array}$$

$$\frac{1,4}{9}$$

$$14 \overline{) 90} \\ \underline{0,2}$$

$$1,4$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3,9 \\ \times 3,9 \\ \hline 35,1 \\ 114 \\ \hline 153,6 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 21,6 \\ 108 \\ \hline 122,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 114,5 \\ 105 \\ \hline 122,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ \times 105 \\ \hline 1050 \\ 10500 \\ \hline 11025 \end{array}$$

$$\sqrt{140}$$

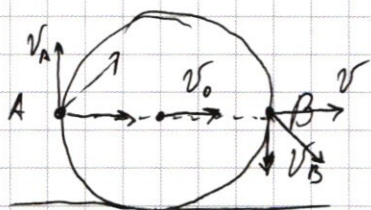
$$\begin{array}{r} 31 \\ 9 \\ \times 31 \\ \hline 279 \\ 310 \\ \hline 999 \end{array}$$

$$8,94,5$$

$$\frac{11 \cdot 279}{30} = \frac{11 \cdot 279}{300}$$

$$\frac{90}{100} = 0,99 \text{ мс}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = 1,5 \text{ s}$$

$$v_0 = \omega R = \frac{2\pi}{T} R$$

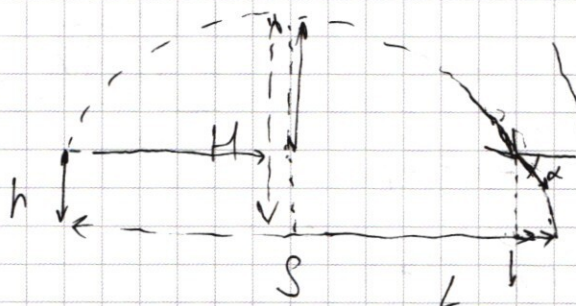
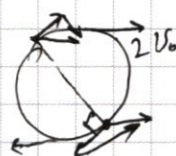
$$v_0 = \frac{2 \cdot \pi}{1,5 \text{ s}} \cdot 0,5 = 2 \cdot \frac{3,14}{1,5 \text{ s}} \cdot 0,5 = 2 \text{ m/s}$$

$$v_0 = v_{\text{cm}}$$

$$\omega_A = \omega_B$$

$$\frac{v_B}{R} = \frac{v_A}{R} \Rightarrow v_B = v_A = 2 \text{ m/s}$$

5



$$H' = 2,5 \text{ m}$$

$$T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$H' = \frac{g T^2}{2}$$

$$T = \sqrt{\frac{2H'}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5}{10}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$S = v_0 \cos \alpha$$

$$L = \frac{v_0^2 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2g}$$

$$S - L = v_0 \cos \alpha \cdot \tau$$

$$S = \frac{v_0^2 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} + v_0 \cos \alpha \tau$$

$$\left. \begin{aligned} 2gH' + (v_0 \cos \alpha)^2 &= v_0^2 \\ 2gH' + \frac{S^2}{(T+\tau)^2} &= v_0^2 \end{aligned} \right\} \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ s}$$

$$S = \frac{v_0^2 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} + v_0 \cos \alpha \tau$$

$$mgH' + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha \tau + \frac{g \tau^2}{2}$$

$$S = v_0 \cos \alpha (T + \tau)$$

$$S = v_0 \cos \alpha T$$

$$V_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 0,5 \text{ кг}$$

$$V_2 = 3 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = -m_1 U_1 + m_2 U_2$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = E$$

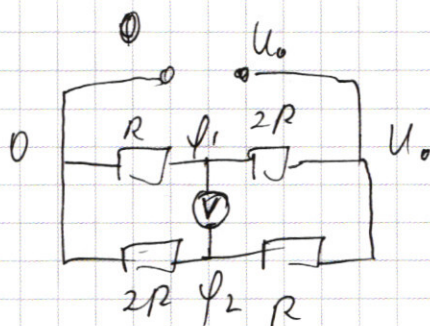
$$\frac{0,5 \cdot 2^2}{2} + \frac{0,2 \cdot 3^2}{2} =$$

$$0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ Дж}$$

$$L = 2U$$

$$U = \left| \frac{m_1 V_1 - m_2 V_2}{m_2 - m_1} \right| = \frac{0,5 \cdot 2 - 0,2 \cdot 3}{0,2 - 0,5} = \frac{0,8}{-0,3} = -2,67 \text{ м/с}$$

$$m_1 V_1 - m_2 V_2$$



$$R_{\text{экв}} = 1,5R$$

$$I_1 = I_2$$

$$U_0 = \frac{3}{4} R I$$

$$\frac{\phi_1 - 0}{R} = I_1$$

$$\frac{\phi_1 - 0}{R} = I_1$$

$$\frac{U_0 - \phi_1}{2R} = I_1$$

$$\frac{\phi_2 - 0}{2R} = I_2$$

$$\frac{U_0 - \phi_2}{R} = I_2$$

$$0 + \frac{U_0 - \phi_1}{2R} - \frac{\phi_2 - 0}{2R} = 0$$

$$\frac{\phi_1 - 0}{R}$$

$$U_0 - \phi_1 = \phi_2$$

$$\frac{U_0 - \phi_1}{2R} + \frac{\phi_2 - 0}{2R} = I_1 + I_2 = 2I$$

$$\frac{\phi_2 - \phi_1 + U_0}{2R} = 2I$$

$$U = \frac{4}{3} U_0 - U_0 = \frac{1}{3} U_0$$

$$U_0 = 12 \text{ В}$$

$$U + U_0 = 4IR = \frac{4}{3} U_0$$

