

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

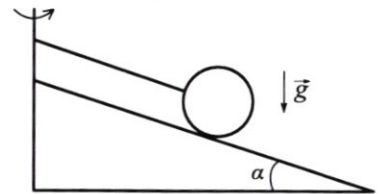
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



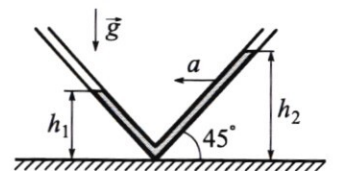
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.



- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза. Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$V_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

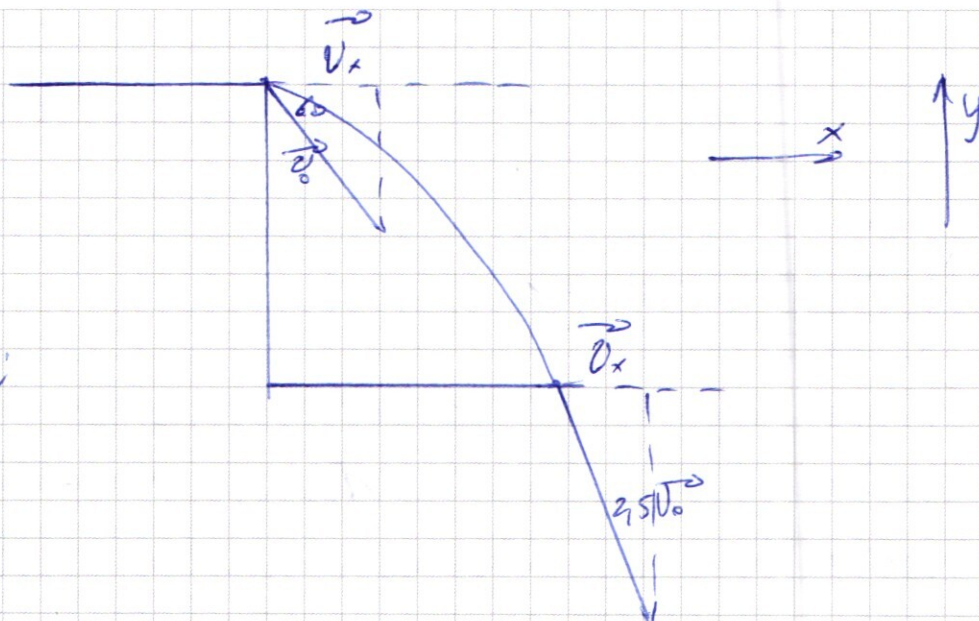
$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_k = 2,5 V_0;$$

$$V' = ?$$

$$t = ?$$

$$S = ?$$



- 1) Т.к. по оси x не действуют никакие силы,
то проекция скорости на эту ось постоянна.
 V' (верт. комп. при падении на землю) =

$$= \sqrt{(2,5 V_0)^2 - V_x^2} = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \cos \alpha)^2} =$$

$$= \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_0 - gt = V' \quad 2) \quad V_0 \sin \alpha + gt = V'$$

$$t = \frac{V_0 - V'}{g} = t = \frac{-V_0 \sin \alpha + V'}{g} = \frac{-8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{384}}{g} = \frac{-4\sqrt{3} + \sqrt{384}}{g} (\text{с})$$

$$3) S = V_0 \cos \alpha t = 4 \cdot \left(\frac{-4\sqrt{3} + \sqrt{384}}{g} \right) = \frac{-16\sqrt{3} + 4\sqrt{384}}{g} (\text{м})$$

От вет: $\sqrt{384} \frac{\text{м}}{\text{с}}; \frac{-4\sqrt{3} + \sqrt{384}}{g} \text{ с}; \frac{-16\sqrt{3} + 4\sqrt{384}}{g} \text{ м}$

№2
Дано:
 m
 $M = 5m$

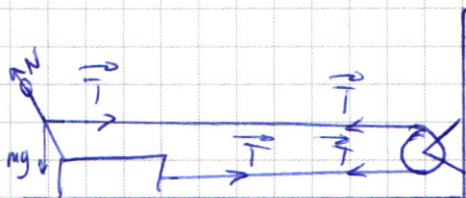
1) Т.к. человек находится в равновесии, то вертикальная составляющая действующей на него силы реакции опоры равна mg .

Тогда, по 3 закону Ньютона, $R = 6mg$.

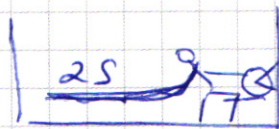
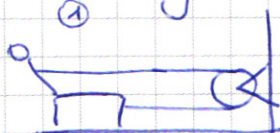
1) $P = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $v = ?$



2) Работа, совершаемая человеком пойдет на преодоление сил трения, ~~причем расстояние~~ действующая сила, создаваемая человеком, будет на расстоянии $2S$ (т.к. человек, стоя на левом «пропустит» через себя $2S$ метров веревки)



$$F_0 \cdot 2S = 6m \cdot \mu \cdot g \cdot S$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

3) $F_{\text{тр}} \text{ по 3.С.З.} + \frac{6mv^2}{2} = F \cdot 2S$

$$6\mu mg S + 3mv^2 = 2FS$$

$$v = \sqrt{\frac{2FS - 6\mu mg S}{3m}}$$

Ответ: $6mg$;

$3\mu mg$;

$$\sqrt{\frac{2FS - 6\mu mg S}{3m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

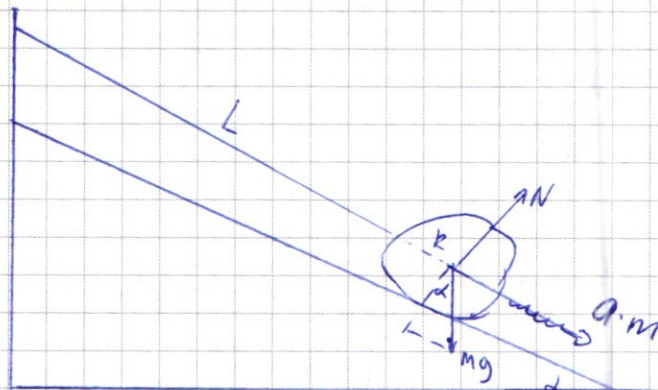
№3

Дано:

m, R, L, ω

1) $T = ?$

2) $T = ?$



т.к. шар однороден, то можно считать, что ~~мг при ат~~ силы приложены к центру

$$1) \vec{a} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = T \text{ (шар)}$$

2) Решим задачу в системе отсчета, связанной с цилиндром. $\vec{a} = 0 \Rightarrow$

$$mg \cos \alpha \quad mg \sin \alpha + \omega^2 (L + R) = T$$

Ответ: $mg \sin \alpha$; $mg \sin \alpha + \omega^2 (L + R)$

№4.

Дано:

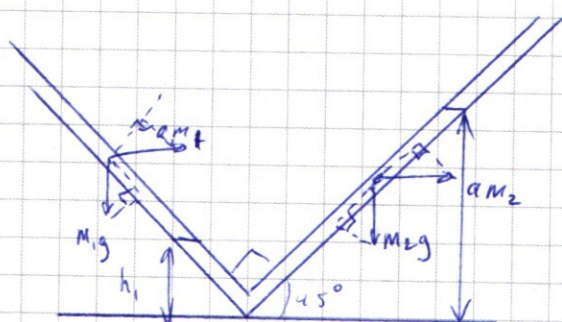
$\alpha = 45^\circ$

$h_1 = 8 \text{ см}$

$h_2 = 12 \text{ см}$

$a = ?$

$v = ?$



m_1 — масса масла в левой части, m_2 — в правой.

Найдем проекции всех сил на ~~ось~~ оси трубок тогда

$$\frac{m_1 g \cos 45^\circ}{5} - \frac{a m_1 \cos 45^\circ}{5} = \frac{m_2 g \cos 45^\circ}{5} - \frac{a m_2 \cos 45^\circ}{5}$$

$$m_1 g + a m_1 = -a m_2 + m_2 g$$

$$a(m_1 + m_2) = \frac{m_2 g - m_1 g}{1}$$

$M_2 = \frac{12}{8} M_1$ (т.к. плотность не меняется и жидкость однородная)

$$a = \frac{m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2} = \frac{0,5 m_1 g}{2,5 m_1} = \frac{0,5 m_1 g}{2,5 m_1} = \frac{1}{5} g = 2 \text{ м/с}^2$$

2) пока было a :

$$E = \frac{m_1 g h_1}{2} + \frac{m_2 g h_2}{2} \text{ (жидкость однородная)}$$

когда a "исчезнет" E от V будет максимальна, когда уровень воды в сосудах станет равным $\Rightarrow$ ускорение воды отн-но сосуда станет $= 0$.

$$\frac{m_1 g h_1}{2} + \frac{m_2 g h_2}{2} = (m_1 + m_2) g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$1,5 m_1 g \cdot 0,12 + 0,08 \cdot g \cdot m_1 + 1,5 m_1 \cdot g \cdot 0,12 = 0,1 \cdot g \cdot 2,5 + \frac{5}{2} v^2 \cdot m_1$$

$$\frac{5}{2} v^2 = 0,08 g + 1,5 g \cdot 0,12 - 0,1 \cdot g \cdot 2,5$$

$$\frac{5}{2} v^2 = 0,1$$

$$v^2 = \frac{0,2}{5} \quad v = \sqrt{\frac{0,2}{5}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5}$$

Ответ: 2 м/с^2 , $\frac{1}{5} \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 368 \text{ К}$$

$$\mu = 4,7$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_v} = ?$$

$$\frac{V_n}{V_v} = ?$$

1) Из 3. Менделеева-Клайперона
(где ~~ка~~ пара)

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad | : V$$

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad \text{кг}$$

$$\rho_n = \frac{\mu P}{RT} = \frac{0,018 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{3058,08} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_v} = \frac{0,5}{1000} = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

2) Т.к. пар насыщенный, то плотность = const.

M_0 — начальная масса пара, m — в конкретный момент.

$$\frac{M_0}{m} = \text{Т.к. } P = \text{const, то } \frac{P_0}{P} = \frac{M_0}{m} = 4,7$$

ΔM — сколько пара превратилось в воду

$$M_0 = m + \Delta M$$

$$4,7 m = m + \Delta M$$

$$\Delta M = 3,7 m$$

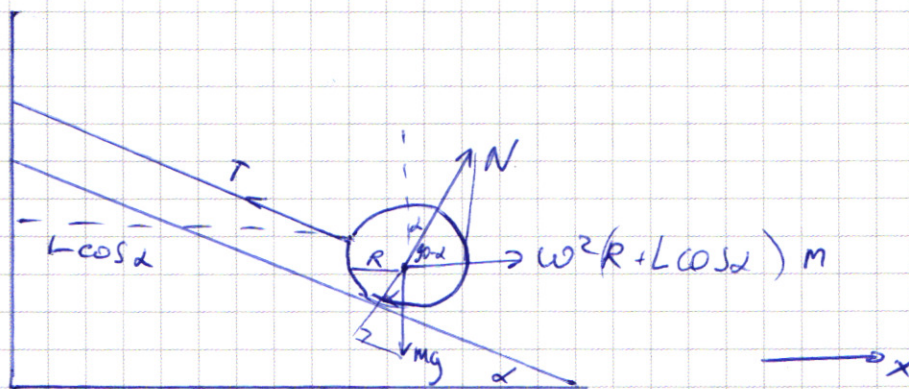
$$\frac{M_0}{M_n} = \frac{3,7 m}{M_0 - \Delta M} = \frac{3,7 m}{4,7 m - 3,7 m} = 3,7$$

$$\frac{V_n}{V_v} = \frac{\frac{m}{0,5}}{\frac{3,7 m}{1000}} = \frac{1000}{1,85} \approx 6,7 \cdot 10^3$$

$$\frac{V_v}{V_n} = \frac{\frac{3,7 m}{1000}}{\frac{m}{0,5}} = \frac{3,7}{1000} \cdot 0,5 = 1,85 \cdot 10^{-3}$$

Ответ: $0,5 \cdot 10^{-3}$; $3,7$; $1,85 \cdot 10^{-3}$

N 3.2



$a = 0$ В системе отсчета, связанной с клином,
 $a = 0$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$N \sin \alpha + \omega^2 (R + L \cos \alpha) - T \cos \alpha = 0$$

Или:

$$\frac{mg \cos \alpha \sin \alpha + \omega^2 (R + L \cos \alpha)}{\cos \alpha} = T$$

$$\begin{cases} T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \\ N \sin \alpha + \omega^2 (R + L \cos \alpha) = T \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha + \omega^2 (R + L \cos \alpha) = T \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - T \sin^2 \alpha + \omega^2 \cos \alpha (R + L \cos \alpha) = T \cos^2 \alpha$$

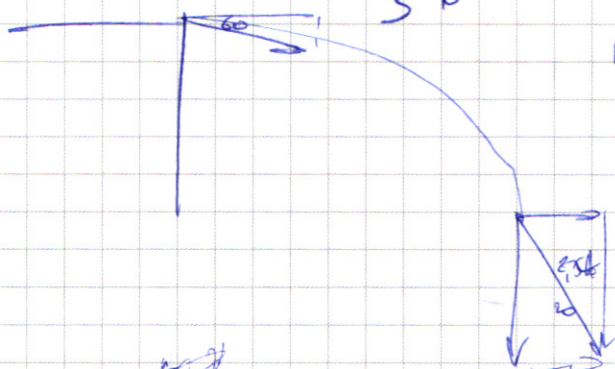
$$T = \frac{mg \sin \alpha + \omega^2 \cos \alpha (R + L \cos \alpha)}{\cos^2 \alpha} m$$

M.

95 +

$$\begin{array}{r} 273 \\ 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\frac{344}{16}$$



$$400 - v_0^2 \cos^2 \alpha = 400 - 64 \cdot \frac{1}{4} = 400 - 16 = 384$$

$$= \sqrt{384}$$

384

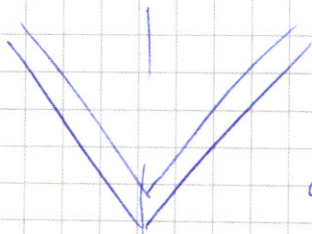
$$v_0 \sin \alpha - gt = \sqrt{384}$$

$$\frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2} = mgh_1 + m_2$$

$$t = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{g + \sqrt{384}} = \frac{4\sqrt{3}}{10 + \sqrt{384}}$$

$$8 \cdot 4 \cdot \frac{4\sqrt{3}}{10 + \sqrt{384}} = \frac{16\sqrt{3}}{10 + \sqrt{384}}$$

$$\frac{8 \cdot 4 \cdot \frac{4\sqrt{3}}{2}}{36}$$



$V_0?$

extr =

as to

$$\frac{a_0 t^2}{2} = A$$

$$v_0 = \frac{s}{t}$$

$$v_0 = at$$

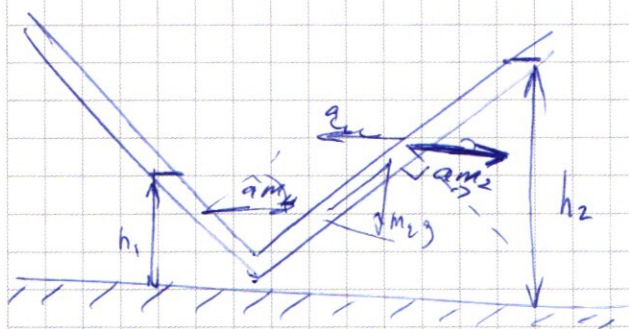
$$\frac{0.5 m_1 g}{2.5 m_1} = \frac{0.5 g}{2.5} = 0.2 g$$

$$a = \frac{m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2} = \frac{1.5 m_2 g - m_1 g}{1.5 m_1 g + m_1}$$

$$a(m_1 + m_2) = m_2 g - m_1 g$$

$$m_1 g + a m_1 = -a m_2 + m_2 g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\rho g h_1 - \frac{a m_1 \sin 45}{5} = \rho g h_2 + \frac{a m_2 \sin 45}{5}$$

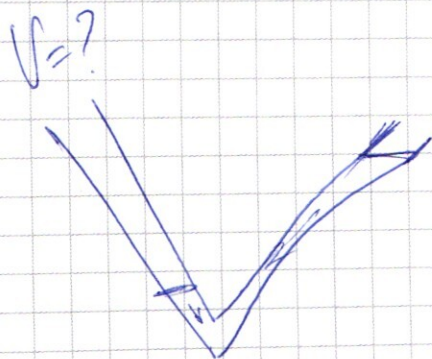
$$\rho g (h_2 - h_1) = \frac{a m_1 \sin 45 + a m_2 \sin 45}{5}$$

$$\frac{m_2 g - a m_2 \sin 45}{5} = \frac{m_1 g + a m_1 \sin 45}{5}$$

$$\frac{12}{8} = \frac{3}{2} = \frac{5}{10}$$

$$\frac{12}{8} m_1 g - \frac{12}{8} a m_1 = m_1 g + a m_1$$

$$a = \frac{\frac{12}{8} g}{\frac{12}{8} + 1} = \frac{\frac{12}{8} g}{\frac{20}{8}} = \frac{12}{20} g = \frac{6}{10} g = \frac{3}{5} g = 0,6 g$$

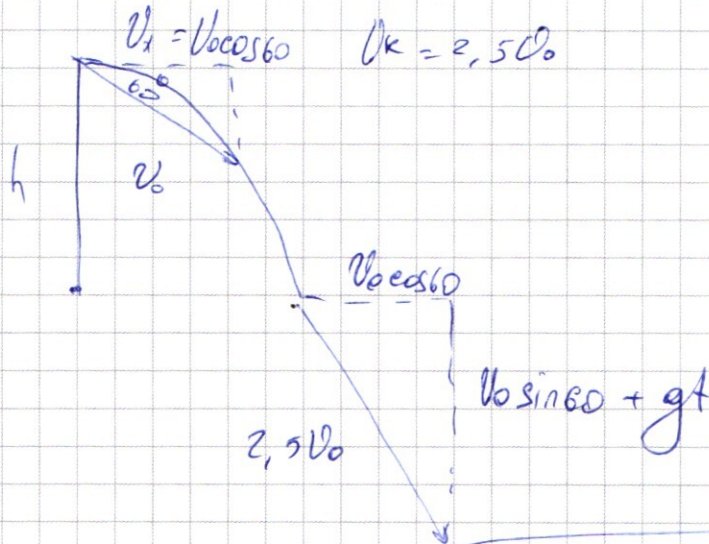


$$a = \frac{m_2 g - m_1 g}{m} = \frac{\frac{12}{8} \cdot \frac{1}{2} m_1 g - \frac{1}{2} m_1 g}{m} = \frac{\frac{1}{2} m_1 g \cdot 8}{20}$$

$$= \frac{4 m_1 g}{20} = \frac{1}{5} m_1 g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

15



$$400 = 64 \cdot \frac{1}{4} + v_y = \sqrt{2.5^2 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 60} =$$

$$= \sqrt{1.60 - 1.2} = 12 \frac{m}{s}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 5 \\ \hline 320 \end{array} \quad 24 \cdot \frac{1}{4} \quad \begin{array}{r} 64 \cdot \frac{1}{4} \\ 16 \\ \hline 16 \end{array} \quad \begin{array}{r} 24 \\ 24 \\ 95 \\ \hline 320 \end{array} \quad 144$$

$$\begin{array}{r} 65 \\ 155 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 155 \\ 12 \\ \hline 139 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ 160,0 \end{array}$$

$$v_0 \cos 60 + g t$$

$$v_0 \sin 60 + g t = 12$$

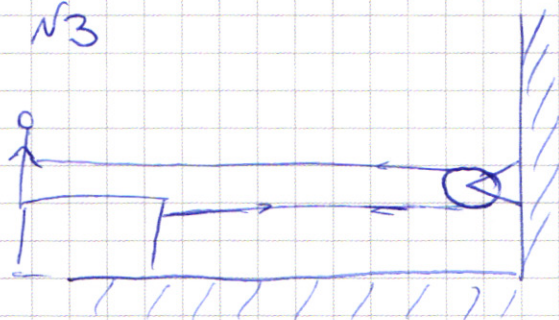
$$t = \frac{12 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{g} = \frac{12 - 4\sqrt{3}}{10}$$

$$x = v_0 \cos 60 \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot (12 - 4\sqrt{3}) =$$

$$= 12 - 4\sqrt{3} \text{ c}$$

$$m = 1,5 \text{ m} = 4,8 - 1,6\sqrt{3}$$

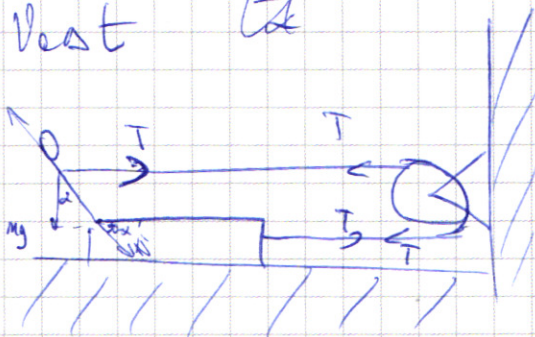
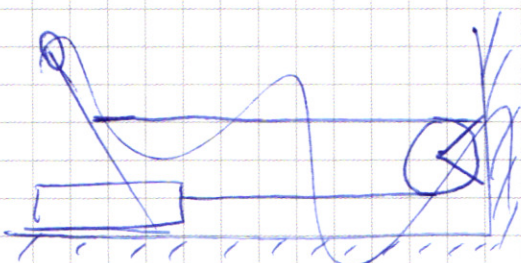
№3



$m \quad N = 5m$

$$a_{\text{ост}} = \frac{a_{\text{ост}}^2}{2}$$

$$v_{\text{ост}} = \frac{a_{\text{ост}}^2}{2}$$



$$a_1 = a_2$$



$$\frac{T - N \sin \alpha}{m}$$

$$= \frac{T + N \sin \alpha}{5m}$$

$$mg = N \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 5\alpha = \frac{mg}{N}$$

$$\sin \alpha = 1 - \frac{mg^2}{N^2} = \frac{N^2 - mg^2}{N}$$

$$5m \left(T - N \cdot \frac{N^2 - mg^2}{N} \right) = T + N \frac{N^2 - mg^2}{N}$$

$$5T - 5 \sqrt{N^2 - m^2 g^2} = T + \sqrt{N^2 - m^2 g^2}$$

$$4 \sqrt{N^2 - m^2 g^2} = 4T$$

$$N^2 - m^2 g^2 = \frac{16T}{36}$$

$$N = \sqrt{\frac{16T + 36m^2 g^2}{36}}$$

√5.

$$T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$273 + 55 = 328$$

$$368$$

$$\frac{P_n}{P_0} = ?$$

$$P_0 = \frac{m}{V} RT$$

$$V_0 = \frac{m}{P_0}$$

$$P = \frac{P}{V}$$

$$P = \frac{m}{V} RT$$

$$P = \frac{P}{V} RT$$

$$P_n = RT P$$

$$P = \frac{P_n}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{3064,08}$$

$$\begin{array}{r} 0,018 \\ 8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018 \\ \hline 1,53 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,53 \\ 8,31 \cdot 368 \\ \hline 3064,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,53 \\ 3064,08 \\ \hline 0,000497 \end{array}$$

$$2) P = 4,7$$

$$\frac{V_0}{V_R} = 4,7$$

$$V = \frac{10}{4,7} V_0$$

$$M = \frac{10}{4,7} m$$

$$M - \Delta M = \frac{1}{4,7} m$$

$$\Delta M = 1 - \frac{1}{4,7} m = \frac{3,7}{4,7} m$$

$$= \frac{1 - \frac{3,7}{4,7}}{0,5(m + \frac{3,7}{4,7} m)}$$

$$= \frac{1 - \frac{3,7}{4,7}}{\frac{1}{2} + \frac{3,7}{9,4}}$$

$$\frac{V_R}{V_0} = \frac{\frac{M - \Delta M}{0,5}}{\frac{M + \Delta M}{0,5(m + \Delta M)}} = \frac{4,7 - 3,7}{4,7 \left(\frac{4,7 + 3,7}{9,4} \right)} = \frac{10}{4,7}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

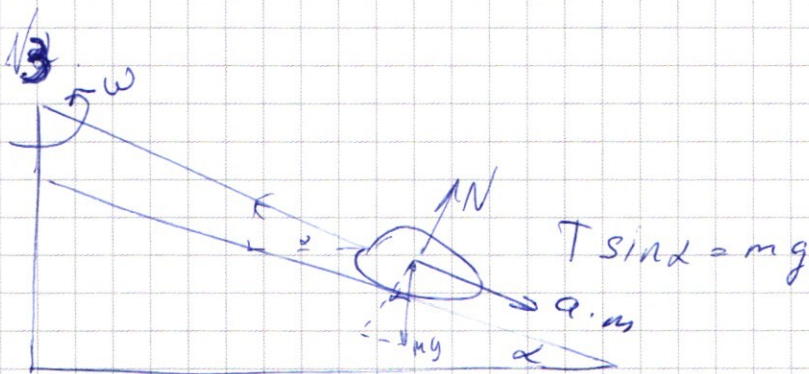
1) $6mg$

2) $\sum \mu \cdot 6mg = 2S - F$

$F = \frac{3\mu mg}{2}$

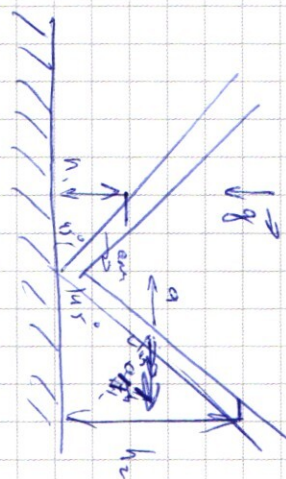
$\frac{6m v^2}{2} + 6\mu mg S = F \cdot 2S$

$v = \sqrt{\frac{4FS - 12\mu mg S}{6m}}$



$T \sin \alpha = mg$

$mg \sin \alpha = T$

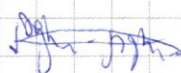


$\frac{m_0}{4,7} = m$

ω

$mg \sin \alpha + am = T$

$T = mg \sin \alpha + \omega^2 L m$

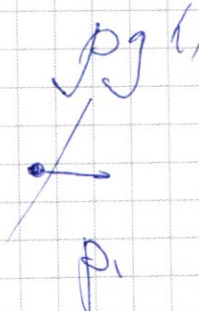
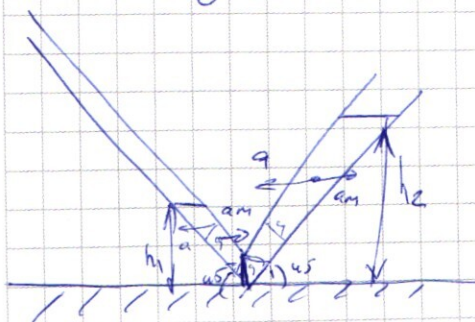


$m_1 \gamma = m_2$

m_1

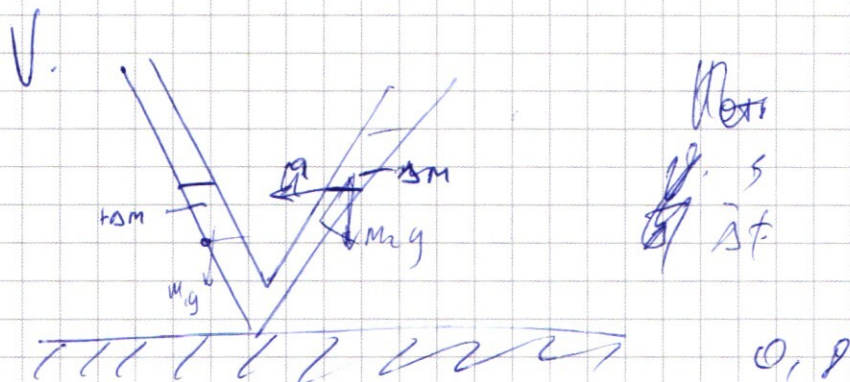
$a \cdot m =$

$am = p_2 - p_1$



$1 \text{ cm} \sin 45^\circ + m_2 \sin 45^\circ = p_2 h_2 = p_2 h_1 + \frac{am \sin 45^\circ}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{m_2 g - m_1 g}{m_2 + m_1} = \frac{0,5}{2,5} = \frac{1}{5} g$$

$$2,6 - 2,5$$

$$m_2 g h_2 + m_1 g h_1 = (m_1 + m_2) g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$1,5 g \cdot 0,12 + m_1 g \cdot 0,1 = 2,5 g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{5}{4} v^2$$

$$\begin{aligned} 1,5 \\ 0,18 + 0,1 - 2,5 \\ 0,26 \end{aligned}$$

$$m_2 g h_2 + m_1 g h_1 = (m_1 + m_2) g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$0,12 \quad 1,5 m_1 g 0,12 + m_1 g \cdot 0,08 = 2,5 m_1 g \cdot 0,1 + \frac{5}{4} v^2$$

$$\frac{5}{4} v^2 = 1,8 + 0,8 - 2,5$$

$$\frac{5}{4} v^2 = 0,1$$

$$v^2 = \frac{0,4}{5} \quad v = \frac{2}{\sqrt{5}} \frac{m}{c}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \overline{) 0,012} \\ \underline{1,5} \\ 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \overline{) 368} \\ \underline{8,31} \\ 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,1 \overline{) 1,530} \\ \underline{144} \\ 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1104 \\ 2944 \\ \underline{3058,08} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,12 \\ \underline{1,5} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,2 \\ \underline{0,180} \end{array}$$

$$\frac{V_{n_0}}{V_n} = 4,7$$

$$M - \Delta M$$

$$0,180$$

$$0,8 + 0,18 - 2,5$$

$$2,6 - 2,5 = 0,1$$

$$\frac{M}{M_0} = 4,7$$

$$M - \Delta M \rightarrow \Delta M = 3,7 M_0$$

$$M - \Delta M \quad \frac{M}{M_0} = 4,7$$

$$\frac{M_0}{M} = 4,7$$

$$M - \Delta M = 3,7 M_0 \quad M = \frac{M_0}{4,7}$$

$$M = 4,7 M_0$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 7 \\ 0,5 \\ \hline 4,5 \end{array}$$

$$\Delta M = M_0 - M = M_0 - \frac{M_0}{4,7} = \frac{3,7}{4,7} M_0$$

$$n \quad 100 \text{ —}$$

$$1000 \overline{) 1,85} \quad \frac{100}{1,85} \cdot 1000$$

$$\begin{array}{r} 1000000 \overline{) 1,85} \\ \underline{870} \\ 1300 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2,3 \\ 1,85 \overline{) 2,3} \\ \underline{6} \\ 870 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 185 \\ \underline{7} \\ 1295 \end{array}$$