

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

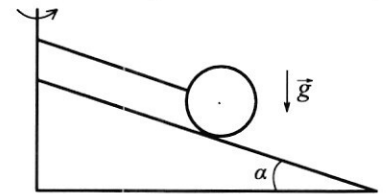
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



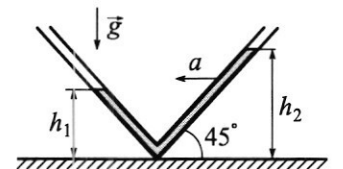
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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»)?

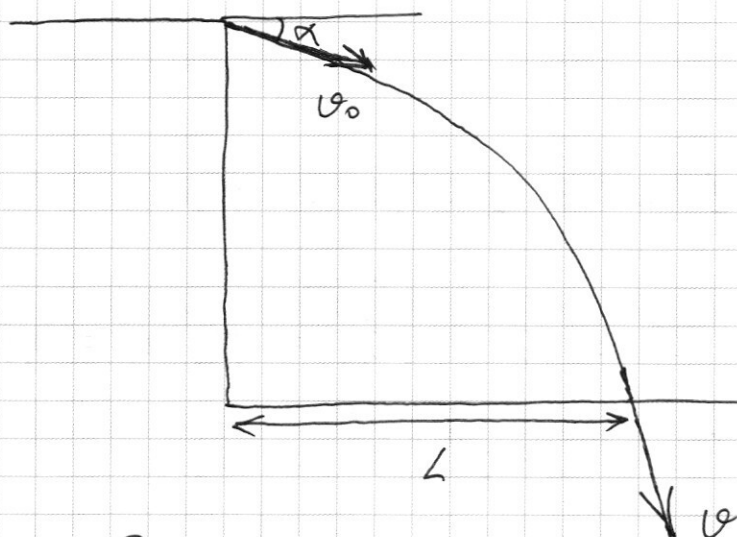
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

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

N1



Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

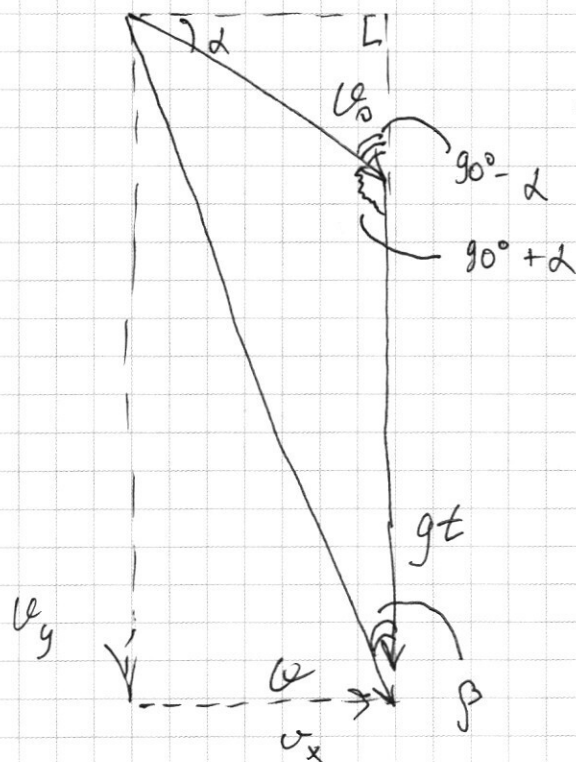
$$v = 2,5 v_0$$

1) v_y - ?

2) t - ?

3) L - ?

Построим векторы и Δ скоростей:



из Δ :

1) $v_0 \cos \alpha = v \sin \beta$

$$\sin \beta = \frac{v_0}{v} \cos \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{v_0}{2,5 v_0} \cos \alpha = \frac{2}{5} \cos \alpha$$

$$v_y = v \cos \beta = v \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{2}{5} \cos \alpha\right)^2}$$

$$= 2,5 v_0 \sqrt{1 - \frac{4}{25} \cdot \frac{1}{4}} = \frac{5}{2} v_0 \sqrt{\frac{24}{25}}$$

$$= \frac{\sqrt{24}}{2} v_0 = \sqrt{6} v_0 = \sqrt{6} \cdot 8 \approx$$

$$\approx 2,45 \cdot 8 = 19,6 \text{ м/с}$$

$$\left(\cos \beta = \sqrt{\frac{24}{25}} \right)$$

2) 43 ТОГО КЕ Δ:

$$v \cos \beta = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$\begin{aligned} \sqrt{6} v_0 &= \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 + gt \Rightarrow t = v_0 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot \frac{1}{g} = \\ &= 8 \cdot \left(2,45 - \frac{1,75}{2} \right) \cdot \frac{1}{10} = 8 \cdot \left(2,45 - \frac{35}{40} \right) \cdot \frac{1}{10} = \\ &= 1,26 \text{ с} \end{aligned}$$

$$3) L = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,26 = 5,04 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_y = \frac{5}{2} v_0 \sqrt{\frac{24}{25}} = \sqrt{6} v_0 = 19,6 \text{ м/с}$

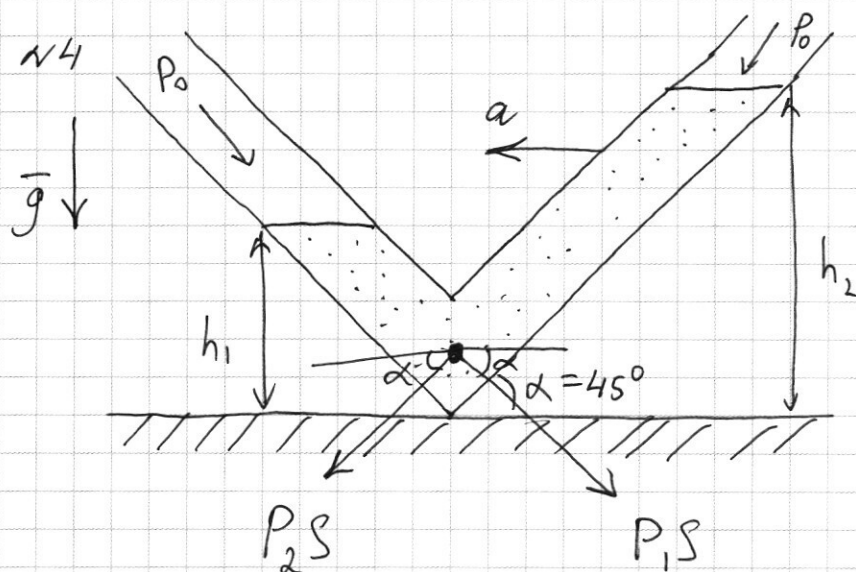
2) $t = \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} = 1,26 \text{ с}$

3) $L = v_0 \cos \alpha t = 5,04 \text{ м}$

ПРОДОЛЖЕНИЕ

НА СЛЕД. СТР.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 = \rho g h_1 + P_0$$

$$P_2 = \rho g h_2 + P_0$$

Рассмотрим точку, показанную на рисунке. Сконцентрируем всю массу

По 2 3. 4: (в проекции на $\vec{a}$) масса в эту точку.

$$i) \quad ma = P_2 S \cos 45^\circ - P_1 S \cos 45^\circ$$

$$ma = (P_2 - P_1) S \cos 45^\circ$$

$$\rho S \left(\frac{h_1}{\sin 45^\circ} + \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \right) a = \rho g (h_2 - h_1) S \cos 45^\circ$$

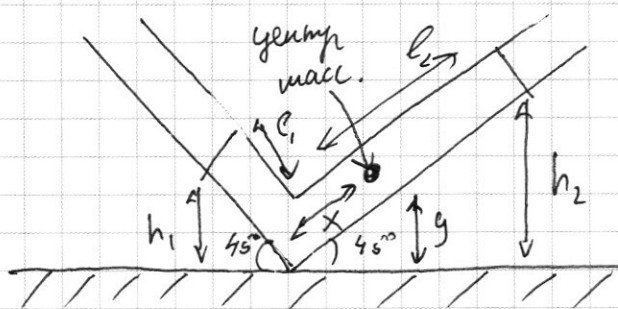
$$\frac{h_1 + h_2}{\sin 45^\circ} a = g (h_2 - h_1) \cos 45^\circ$$

$$a = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} \cdot \cos^2 45^\circ$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$$

$$a = \frac{10 \cdot (0,12 - 0,08)}{0,12 + 0,08} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{0,4}{0,2} \cdot \frac{1}{2} = 1 \text{ м/с}^2$$

2) Во время движения ускорения a , центр масс жидкости будет на некотором расстоянии x от крайнего угла в сторону большего уровня воды:



Т.е.

$$l_1 + x = l_2 - x$$

$$\frac{h_1}{\sin 45^\circ} + x = \frac{h_2}{\sin 45^\circ} - x$$

$$x = \frac{h_2 - h_1}{2 \sin 45^\circ}$$

Высота г.м. будет равна!

$$y = x \sin 45^\circ = \frac{h_2 - h_1}{2 \sin 45^\circ} \cdot \sin 45^\circ = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

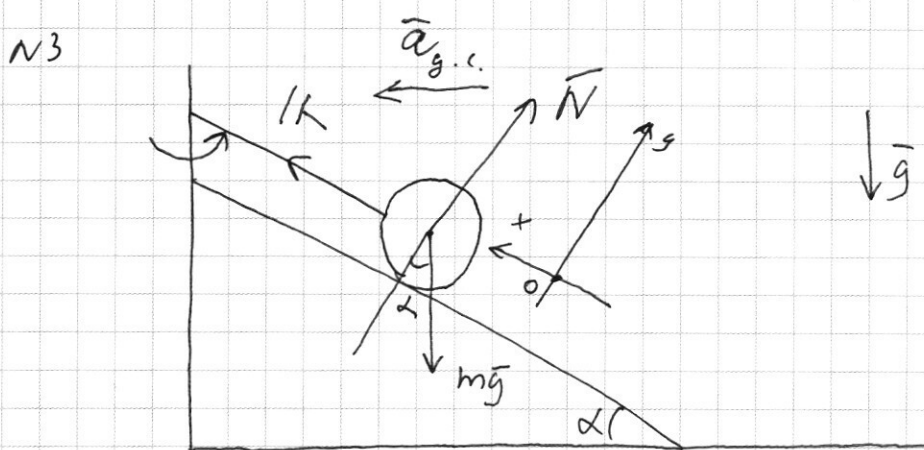
нижняя будет наложена в движение пока г.м. не окажется в точку крайнего угла, т.е. пока y не будет равен 0. По ЗСЭ:

$$mgy = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gy} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{h_2 - h_1}{2}} = \sqrt{(h_2 - h_1)g} = \sqrt{(0,12 - 0,08) \cdot 10} = \sqrt{0,4} \text{ м/с} \approx \frac{2,0}{3,1} = 0,645 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \cdot \cos^2 45^\circ = 1 \text{ м/с}^2$

2) $v = \sqrt{(h_2 - h_1)g} = \sqrt{0,4} = 0,645 \text{ м/с}$



1) ПО 2.3.Н!

$$0 = \vec{T} + \vec{N} + m\vec{g}$$

OX: $T = mg \sin \alpha$

OY: $N = mg \cos \alpha$

В ПОКОЕ:

$$\Rightarrow \boxed{T = mg \sin \alpha}$$

2) Если шар не отрывается от клина, тогда у шара нет относительного ускорения, т.о.

$$\vec{a} = \vec{a}_y.$$

no 2 3.4:

$$m \bar{a} = m \bar{g} + \bar{T} + \bar{N}$$

$$O'x': m a = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$O'y': 0 = T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg$$

$$N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$ma = T \cos \alpha - \left(\frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \sin \alpha$$

$$a = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

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

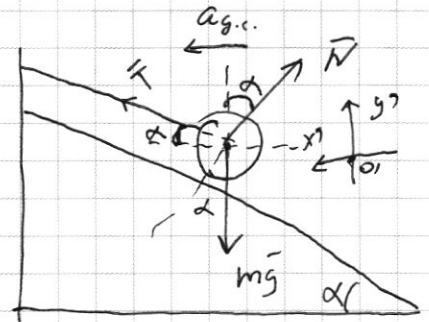
$$T \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = m (\omega^2 (L + R) \cos \alpha + g \tan \alpha)$$

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

$$T = m (\omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$$

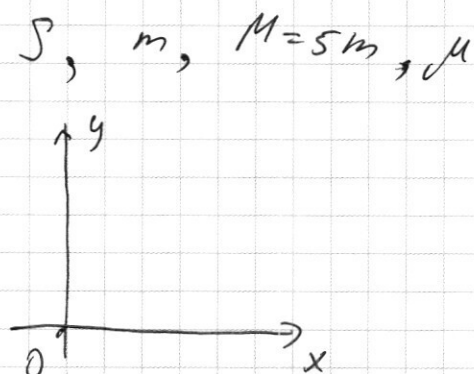
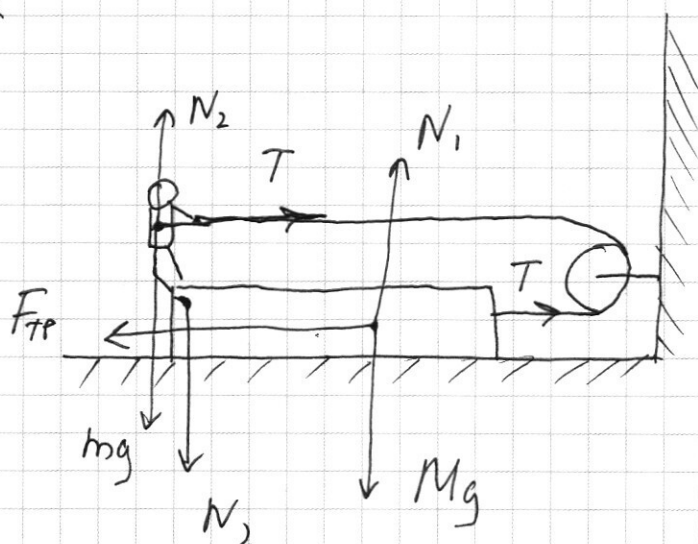
Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$

2) $T = m (\omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



По 2 3.н (где системы человек + яч.).

$$Ox: (M+m)a = 2T - F_{тр} = 2T - \mu N \quad (1)$$

$$Oy: 0 = -(M+m)g + \underbrace{N_1 + N_2}_N$$

$$N_1 + N_2 = (M+m)g = N$$

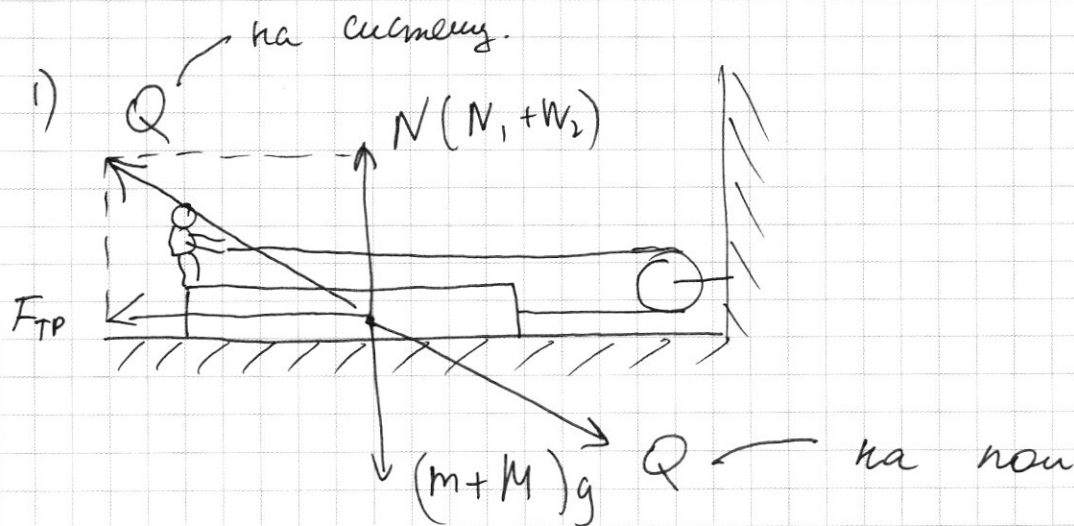
$$(M+m)a = 2T - \mu(M+m)g$$

$$T = \frac{(M+m)a + \mu(M+m)g}{2}$$

При $T = T_{min}$ ускорение $a = 0$.

Ячужа движется поступательно;

$$2) \quad T_{min} = \frac{\mu(M+m)g}{2} = \frac{\mu(5m+m)g}{2} = 3\mu mg$$



$$Q = \sqrt{F_{\text{тр}}^2 + N^2} = \sqrt{\mu^2 N^2 + N^2} =$$

$$= N \sqrt{\mu^2 + 1}$$

Т.к. $N = (m+M)g \Rightarrow Q = (m+M)g \sqrt{\mu^2 + 1} =$

$$= 6 mg \sqrt{\mu^2 + 1}$$

3) Из уравн (1):

$$(M+m)a = 2F - F_{\text{тр}} = 2F - \mu N = 2F - \mu(m+M)g$$

Т.о. $a = \frac{2F - \mu(m+M)g}{M+m}$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2aS} =$$

$$= \sqrt{\frac{2S \cdot (2F - \mu(m+M)g)}{M+m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $Q = 6mg\sqrt{\mu^2 + 1}$

а) $T_{\min} = 3\mu mg$

б) $\omega = \sqrt{\frac{4Fs}{M+m} - 2\mu sg}$

№5

Дано:

$t = 95^\circ\text{C}$

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\rho_0 = 12 \text{ /cm}^3$

$\mu = 18 \text{ г/моль}$

1) $\frac{\rho_0}{\rho} - ?$

а) $f = 4,7$

$\frac{V_n}{V_{\text{вогн}}} - ?$

Решение:

$P V_0 = \nu R T$

$P V_0 = \frac{m_n}{\mu} R T \quad | : V_0$

$P = \frac{\rho_0 \mu}{\mu} R T$

$\rho_0 = \frac{P \mu}{R T}$

$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{P \mu R T}{\rho_0 \mu} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot (95 + 273)}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}$

$= \frac{8310 \cdot 368}{85 \cdot 18} = \frac{1666 \cdot 184}{17 \cdot 18} = \frac{833 \cdot 184}{17 \cdot 9} =$

$= 49 \cdot \frac{184}{9} = \frac{9016}{9} \approx 1000 \Rightarrow$

$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1}{1000}$

2) т.к. пар насыщенный, а $T = \text{const}$,
 значит $P = \text{const}$.

т.о.
$$P \frac{V}{\delta} = \frac{m_1}{\mu} RT$$

т.к. объем увеличился в δ раз,
 значит конденсируется такой объем пара:

$$V' = V - \frac{V}{\delta}, \text{ а т.к. } P = 1000 P_0, \text{ значит}$$

объем воды из насыщенного
 пара равен:

$$V_{\text{водн}} = \frac{V'}{1000} = \frac{V\delta - V}{1000\delta}$$

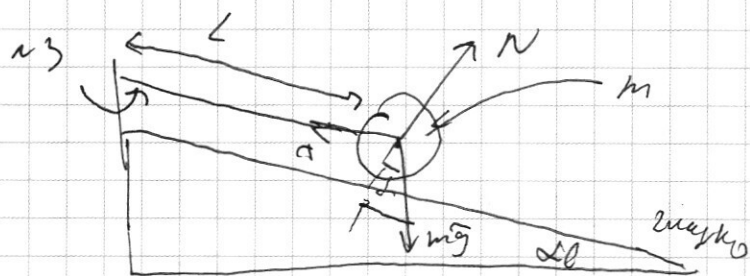
т.о.
$$\frac{V_n}{V_{\text{водн}}} = \frac{\frac{V}{\delta}}{\frac{V\delta - V}{1000\delta}} = \frac{V \cdot 1000\delta}{V(\delta - 1)\delta} =$$

$$= \frac{1000\delta}{(\delta - 1)\delta} = \frac{1000 \cdot 4,7}{(4,7 - 1) \cdot 4,7} \approx \frac{4700}{17,39} = 22,4$$

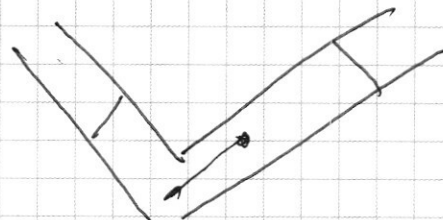
Ответ:
$$\frac{P_0}{P} = \frac{1}{1000} = 0,001$$

$$\frac{V_n}{V_{\text{водн}}} = \frac{1000\delta}{(\delta - 1)\delta} = 22,4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



m, R, α, L, ω

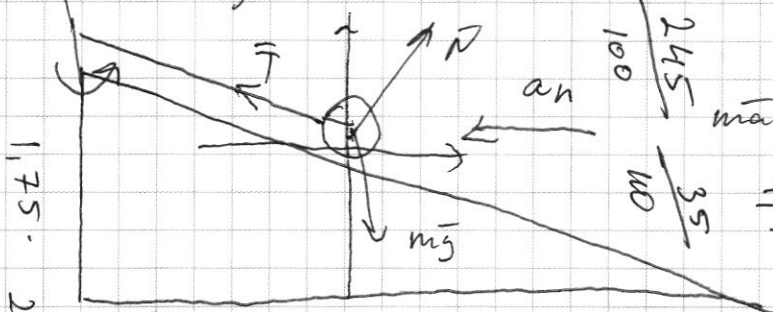


1) $N = mg \cos \alpha$

2)

$T = mg \sin \alpha$

Т.к. сфера не движется



$\frac{245}{100} = \frac{35}{100}$

$ma = N + T$

1.7

$N =$

$(P_1 + P_2) \cdot$

$ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha$

$0 = T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg$

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

$N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$

$ma = T \cos \alpha - (mg - T \sin \alpha) \tan \alpha$

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

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

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

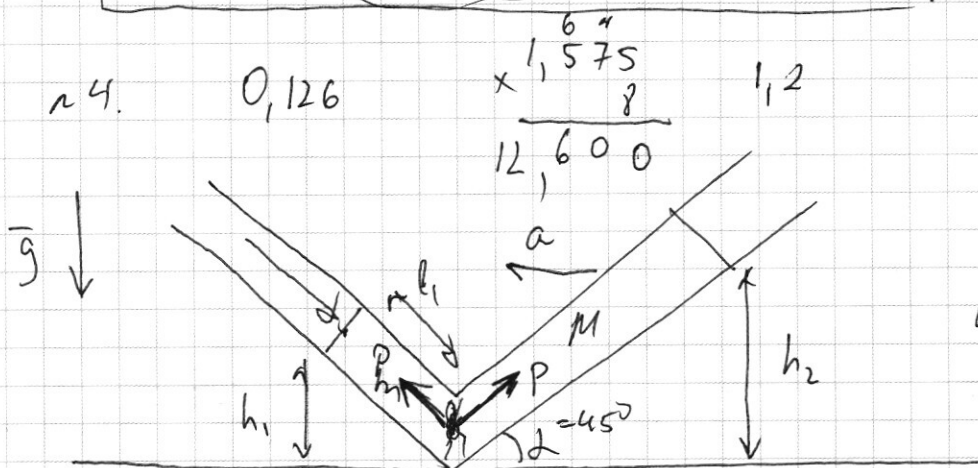
$\frac{20031}{140} = 143.07857$

$$T = \left(m \omega^2 L \cos \alpha + mg \sin \alpha \right) \cos \alpha =$$

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

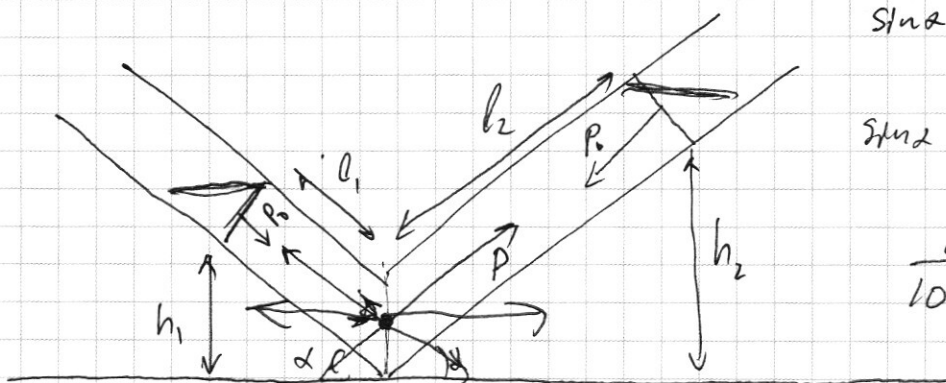
wrong (L + R)

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



$$\sin \alpha = \frac{h_1}{l_1} \Rightarrow l_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}$$

$$m \left(\frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot S \right) \cdot g \cdot \alpha =$$



$$P \frac{h_1}{\sin \alpha} S \cdot a = P -$$

$$2,45 - \frac{2450}{875} = 1,575$$

$$(P_1 h_1 + P_2 h_2) S$$

$$(P_1 h_2 - P_2 h_1) S = m$$

$$h_1 = 8 \text{ m}$$

$$h_2 = 12 \text{ m}$$

$$a = \frac{P_1 S \cdot \alpha_1}{P_2 S (h_2 - h_1)}$$

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{l_1}$$

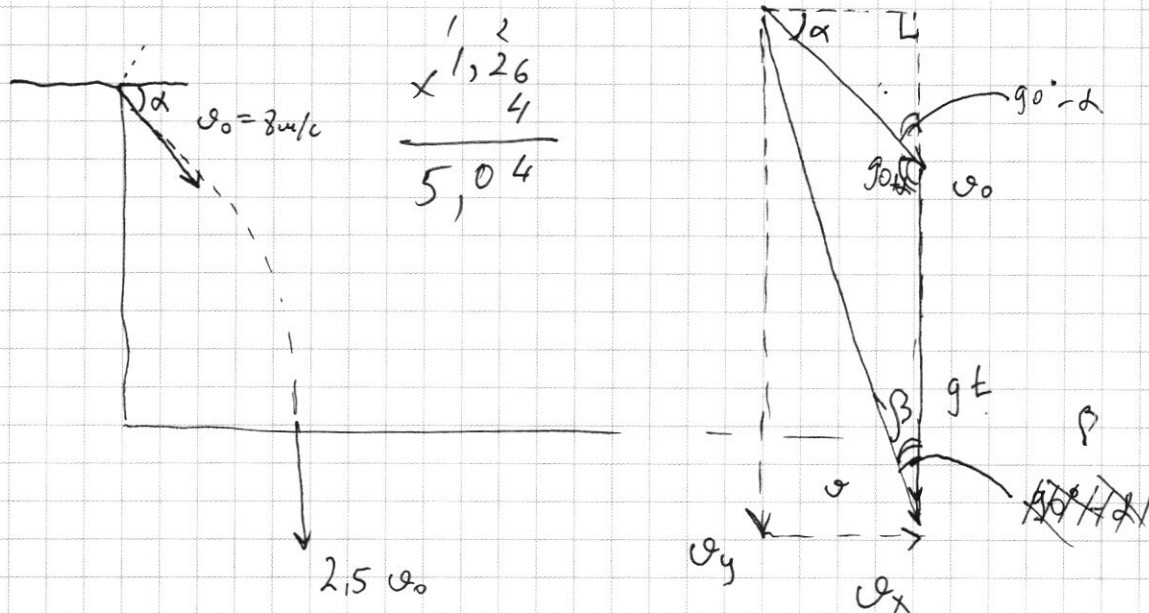
$$\sin \alpha = \frac{h_2}{l_2}$$

$$\frac{8}{10} \cdot \frac{1,75}{1,6} = 0,875$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{сек} \cdot 1,26 = 4.$$



$$1) \quad v_y = v \cos(90^\circ - \alpha) = v \sin \alpha = 2,5 v_0 \sin \alpha$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + g t$$

~~$$1) \quad \text{по т.п.} \quad \left(\frac{5}{2} v_0\right)^2 = (g t)^2 + (g t + v_0 \sin \alpha)^2 + (v_0 \cos \alpha)^2$$~~

~~$$v \cos \beta = v_0 \cos \alpha \Rightarrow \cos \beta = \frac{v_0}{v} \cos \alpha$$~~

~~$$v = 2,5 v_0 \Rightarrow \cos \beta = \frac{2}{5} \cos \alpha$$~~

$$v \sin \beta = v_0 \cos \alpha \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_0}{v} \cos \alpha = \frac{2}{5} \cos \alpha$$

$$v_y = v \cos \beta = v \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{2}{5} \cos \alpha\right)^2} = 2,5 v_0 \sqrt{1 - \left(\frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2}\right)^2} = 2,5 v_0 \cdot \sqrt{\frac{21}{25}} = \frac{5}{2} v_0 \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{2} v_0 \quad (\cos \beta = \frac{1}{5})$$

7.0. $v_y = 200 = 16 \text{ м/с}$

2) Прямая линия нарисована по т. cos:

~~given given β (or cos angle):~~

~~$\theta = 180^\circ - (90^\circ + \alpha + \beta)$~~

~~$v_0^2 = v^2 + (gt)^2 - 2v \cdot gt \cdot \cos \beta$~~

~~$v_0^2 = \left(\frac{5}{2}v_0\right)^2 + g^2t^2 - 2 \cdot \frac{5}{2}v_0 \cdot gt \cdot \frac{1}{5}$~~

~~$v_0^2 = \frac{25}{4}v_0^2 + g^2t^2 - v_0gt$~~

~~$(gt)^2 - v_0gt - \frac{21}{4}v_0^2 = 0$~~

~~$g^2t^2 - v_0gt + \frac{21}{5}v_0^2 = 0$~~

~~$D = \frac{v_0^2g^2 - \frac{84}{5}v_0^2g^2}{5} = 1,7$~~

~~$v_0^2 = (gt)^2 + (v)^2 - 2v \cdot gt \cdot \cos \beta$~~

~~$v_0^2 = g^2t^2 + \frac{25}{4}v_0^2 - 2 \cdot \frac{5}{2}v_0 \cdot gt \cdot \frac{1}{5}$~~

~~$v_0^2 = g^2t^2 + \frac{25}{4}v_0^2 - v_0gt$~~

~~$g^2t^2 - v_0gt + \frac{21}{4}v_0^2 = 0$~~

~~$D = \frac{v_0^2g^2 - 21v_0^2g^2}{4} = -20v_0^2g^2$~~

Через v_y :

$v \cos \beta = v_0 \sin \alpha + gt$

$\frac{5}{2}v_0 \cdot \frac{1}{5} = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + gt$

$\frac{v_0}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{v_0}{2} + gt$

$\frac{5}{2}v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{5} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 + gt$

$\sqrt{6}v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 + gt \Rightarrow t =$

$$\begin{array}{r} 1,75 \\ \times 1,75 \\ \hline 875 \\ 1125 \\ \hline 30625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,75 \\ \times 1,75 \\ \hline 875 \\ 1125 \\ \hline 30625 \end{array}$$

9,8

4,9

$$\begin{array}{r} 2,45 \\ \times 8 \\ \hline 19,60 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,45 \\ \times 8 \\ \hline 19,60 \end{array}$$

4,9

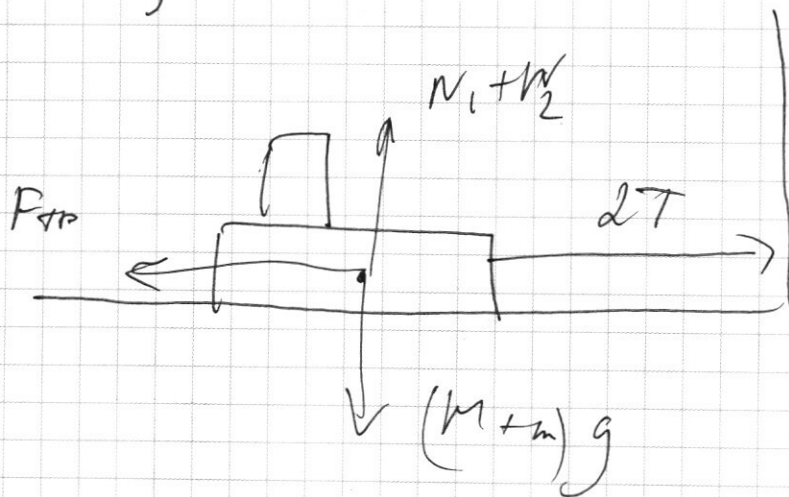
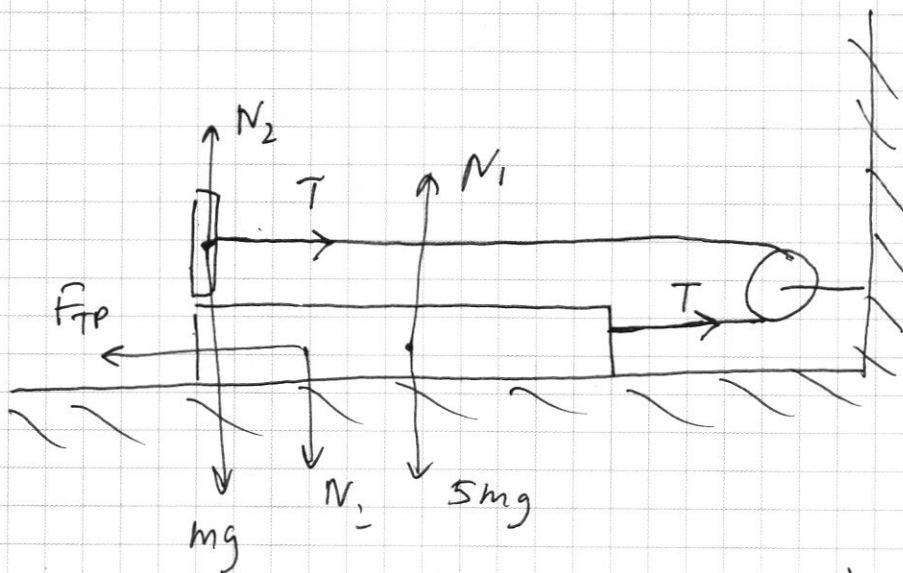
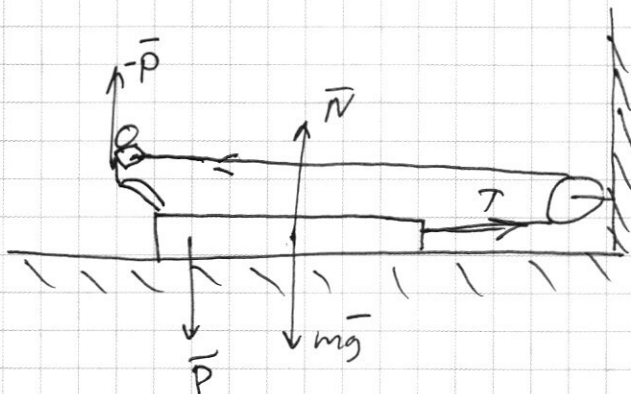
9,1

18,2

$$\begin{array}{r} 2,45 \\ \times 2,45 \\ \hline 980 \\ 4900 \\ \hline 60625 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

22



$$PV = \nu RT$$

$$PV_0 = \frac{m_0}{M} RT$$

$$P = \frac{p_0 RT}{M}$$

$$\frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}{85 \cdot 18} =$$

$$= \frac{8310 \cdot 368}{85 \cdot 18} = \frac{1666 \cdot 368}{17 \cdot 18} =$$

$$= \frac{1666 \cdot 184}{17 \cdot 9} =$$

$$\begin{array}{r} 1666 \\ - 9 \\ \hline 76 \\ - 72 \\ \hline 46 \\ - 45 \\ \hline 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 9 \\ \hline 1185 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 184 \\ \hline 184 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4700 \\ 161 \overline{) 3,7 \cdot 4,7} \end{array}$$

$$V =$$

$$8,33$$

$$V = 4,1$$

$$V' = \frac{V}{f}$$

$$8$$

$$\begin{array}{r} 833 \\ 61 \overline{) 17} \\ \hline 153 \\ 153 \end{array}$$

$$833$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 17 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 4,7 \\ \hline 259 \\ + 148 \\ \hline 17,39 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 49 \\ \hline 1656 \\ + 736 \\ \hline 9016 \\ + 273 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9 \\ \overline{) 470000} \quad | 1739 \\ 3478 \\ \hline 4220 \\ - 3417 \\ \hline 7420 \\ 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \\ \times 18 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18310 \\ - 5 \\ \hline 33 \\ - 30 \\ \hline 31 \\ - 30 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 9 \\ \hline \end{array}$$