

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

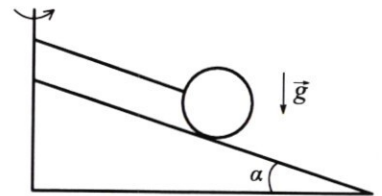
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. 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) За какое время 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.

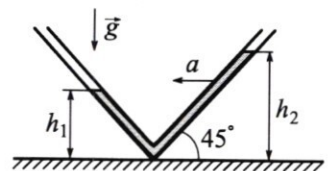


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

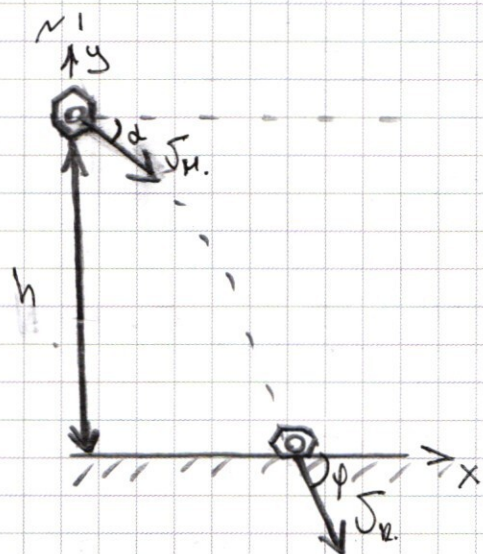
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ 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 $\gamma = 5,6$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



v_{0x} — нач. скорость.
 v_k — конеч. скорость.

Дано.

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_{0x} = v_0; \quad v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$v_k = 2v_0$$

$$1) v_{ky} = ?$$

$$2) t = ? \quad (\text{время полёта}).$$

$$3) h = ? \quad (\text{высота, с которой бросили}).$$

Решение:

Т.к. тайков всё

время полёта твоего.

к пов-ти. Земли,
то. тайку бросили. вниз под углом α к
горизонту. (см. рис) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha.$$

Т.к. по O_x никаких ускорений
нет, то: $v_{0x} = v_{kx}$

$$v(t)_x = v_0 \cos \alpha; \quad v(t)_y = v_0 \sin \alpha + gt'$$

$$v_k = v_{kx} / \cos \varphi = v_{0x} / \cos \varphi =$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = \frac{v_{0x}}{v_k} = \frac{v_0 \cos \alpha}{2v_0} = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{По сн. тригоном. тождеству} \quad \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} =$$

$$= \frac{\sqrt{13}}{4}$$

н 1 (продолж.)

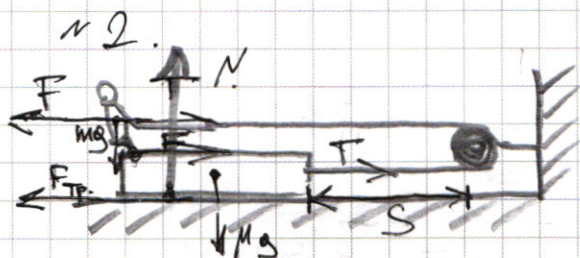
1) Знач. $\sin \varphi$ и v_k найдем. v_{ky} :

$$v_{ky} = v_k \cdot \sin \varphi = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,7 \approx 18,5 \text{ м/с.}$$

$$2) v_{ky} = v_{my} + at \Rightarrow t = \frac{v_{ky} - v_{my}}{a} = \frac{18,5 - 5}{10} = \frac{13,5}{10} = 1,35 \text{ с.}$$

$$3) h = \left| \frac{at^2}{2} + v_{my}t \right| = \frac{1,35^2 \cdot 10}{2} + 1,35 \cdot 5 = 6,75 + 6,75 = 13,5 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $v_{ky} = 18,5 \text{ м/с.}$ 3) $h = 13,5 \text{ м.}$
2) $t = 1,35 \text{ с.}$



Дано.

m

$M = 2m$

L

S

2) Т. к. человек упирается в ящик, то когда он толкает ящик с силой $\vec{F}$, то на ящик он действует с силой $-\vec{F}$

Из 1) и 2): Ч.: $T - F_0 = 0 \Rightarrow T = F_0$

Я.: $T + F_0 - F_{тр} = 0 \Rightarrow T = F_{тр} - F_0$

$$F_0 = F_{тр} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{F_{тр}}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 (Труды)

3) $F_{\text{тр}} = N_{\mu}$; $N = M'g$, где M' — суммарная масса.

Т.к. на Бруске. стоит человек, то.

$$M' = M + m = 3m. = 1$$

$$\Rightarrow F_{TP} = 3m\mu g \quad \Rightarrow F_0 = \frac{3m\mu g}{2}$$

4). Если человек будет платить налог.

с силой $F > F_0$, то. мускул и. сдв.

скажем. Будет' отвечать не равно-
мерно, а равноускоренно: $= \gamma$.

$$= \sim T = F - \text{mol.}$$

$$T = F_{tp} - F - (M+m)a$$

$$\Rightarrow 2F = F_{Tp} - 2ma; \quad a = \frac{2F - F_{Tp}}{2m} =$$

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

5). Т. к. нам надо найти время t ,
за которое человек съедает.

Брус на S , прилагая $F \Rightarrow$

$$S = \frac{at^2}{2} ; t = \sqrt{\frac{2S}{a}} =$$

$$= \sqrt{\frac{45m}{3mg\mu - 2F}}$$

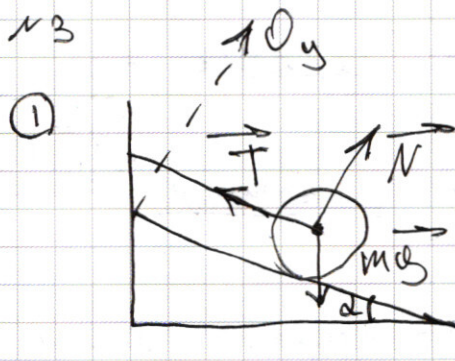
№2. (продолж.)

Ответ: 1) $P = 3mg$

2) $F_0 = \frac{3mg\mu}{2}$

3) $t = \sqrt{\frac{4Sm}{3mg\mu - 2F}}$

№3



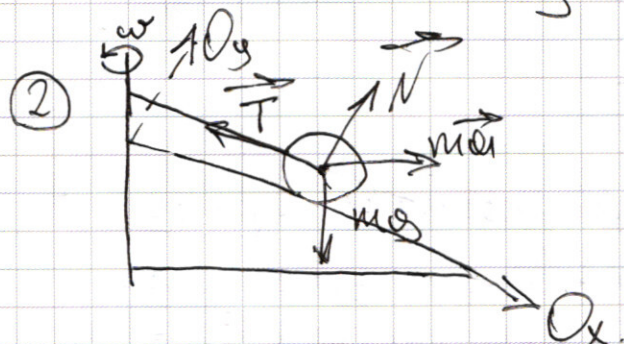
1) Направим O_x по плоскости. кверху, а $O_y \perp O_x$.

2) По ох: $|\vec{N}| = |\vec{P}|$

3) ~~В~~ В нашей системе координат силы на O_y :

$$N + mg \cos \alpha = 0. \quad (\text{т.к. покоится})$$

$$P = -N = mg \cos \alpha.$$



1) Как и в случае ① направим O_x по пл-ти кверху и $O_y \perp O_x$

2) $a = \omega^2 ((L+R) \cos \alpha)$, где $L \rightarrow$ длина мата, а $R \rightarrow$ радиус шара

3) Построим силы на O_y :

$$N + ma \sin \alpha + mg \cos \alpha = 0 \quad (\text{т.к. покоится})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

13 (продолж.)

$$N = -mg \cos \alpha + m \omega^2 L \sin \alpha.$$

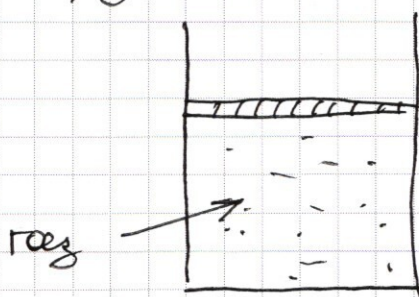
$$P = -N = mg \cos \alpha - m \omega^2 L \sin \alpha =$$

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

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha.$

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

15



$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}.$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}.$$

$$P_A = 10^5 \text{ Па}.$$

① 1). Т.к. мы изотермически
уменьшаем объём газа, то
 $PV = \text{const}.$

$$2) PV = \nu RT \Rightarrow PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P \chi = \frac{\rho_{\text{н.п.}} V}{\mu} RT.$$

$\rho_{\text{н.п.}}$ — плотность насыщенных паров.

$$\rho_{\text{н.п.}} = \frac{P_{\text{н.п.}}}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} = \frac{21300}{831} \approx$$

$$\approx 25 \text{ г/м}^3 \Rightarrow \frac{\rho_{\text{н.п.}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{1} =$$

$$= 25 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-4}.$$

②. Масса в-ва $\rightarrow \text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho_{\text{н.п.}} V = \rho_{\text{н.п.}} \frac{V}{\gamma} + V' \rho_{\text{в}}$$

13 (продолж.).

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 10^6 \text{ г/м}^3$$

V' - об'єм. води

$$m_{\text{н.п.}} = \frac{m_{\text{н.п.}}}{\gamma} + V' \cdot 10^6$$

$$\begin{array}{r} 70 + 3 \\ - 6 \quad 23 \\ \hline 10 \\ - 9 \\ \hline \end{array}$$

$$\rho_{\text{н.п.}} V \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = V' \cdot \rho_{\text{л}}$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{10^6}{25 \cdot \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)} = \frac{10^6 \cdot 5,6}{25 \cdot 4,6} =$$

$$= \frac{10^6 \cdot 5,6}{25 \cdot 4,6} = \frac{10^4 \cdot 5,6 \cdot 4}{4,6} \approx 5 \cdot 10^4$$

Ответ: 1). $\frac{\rho_{\text{н.п.}}}{\rho_{\text{л}}} = \frac{1}{4} \cdot 10^4$

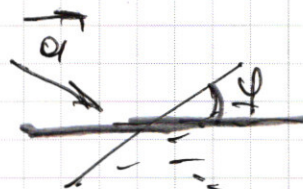
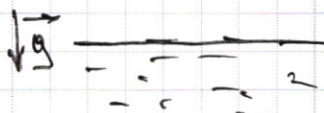
2). $\frac{V}{V'} = 5 \cdot 10^4$

14.

① 1). Найдем суммарное ускорение a' :

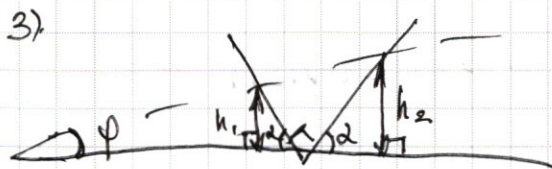
$$a' = \sqrt{a^2 + g^2} = 2\sqrt{2}g \text{ м/с}^2$$

2). Пов. воды $\perp$ направлению ускорения:



Найдем ϕ :

$$\cos \phi = \frac{a}{a'} = \frac{a}{2\sqrt{2}g} = 0,4$$



(См рис.)

$$h_2 \sin \phi = h_1 \sin \phi$$

$$= h_1 + h_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\alpha = 4$ (предела).

~~$$h_2 \sin \varphi + h_1 \sin \varphi = h_1 \sin \varphi + h_2 \sin \varphi$$~~

$$\operatorname{ctg} \varphi = 0,4.$$

$$h_2 / \operatorname{ctg} \varphi - h_1 / \operatorname{ctg} \varphi = h_1 + h_2. \quad (\text{т.к. } \alpha = 45^\circ)$$

$$h_1 = 10 \text{ см.}$$

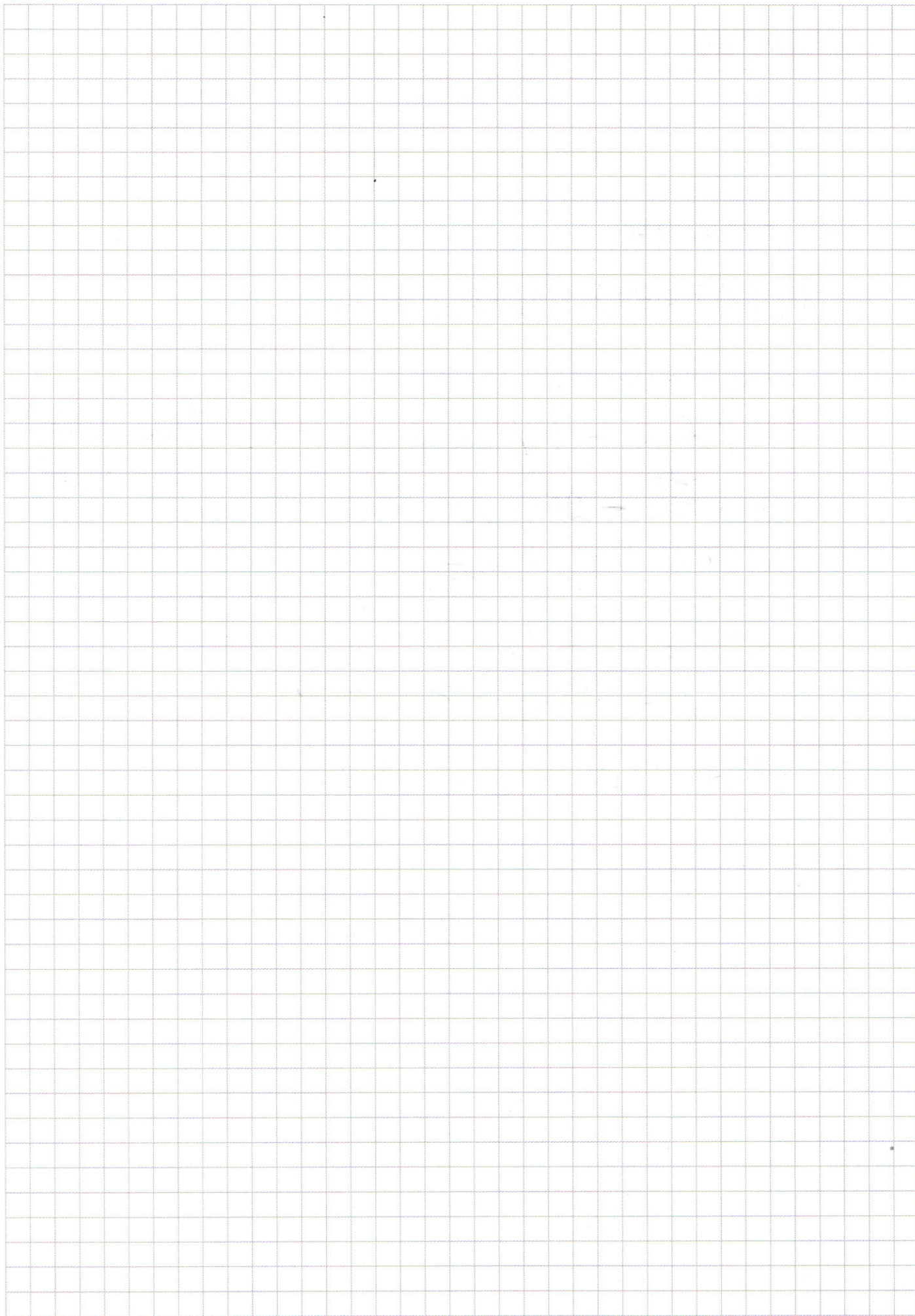
$$h_2 \cdot \frac{1}{0,4} - 25 = 10 + h_2.$$

$$h_2 \left(\frac{1}{0,4} - 1 \right) = 35.$$

$$1,5 h_2 = 35.$$

$$h_2 = \frac{35 \cdot 2}{3} \approx 23 \text{ см.}$$

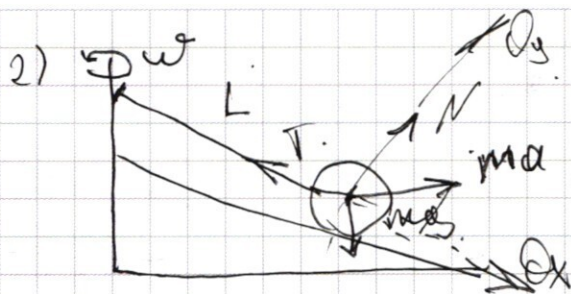
Ответ: 1) $h_2 = 23 \text{ см.}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

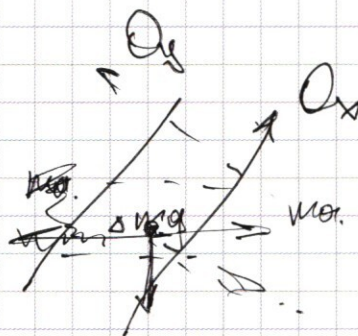
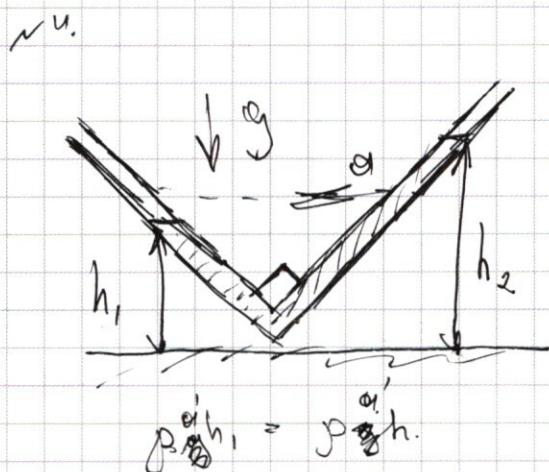
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$Q_x, Q_y, ((L + R) \cos \alpha) \cdot ?$$

$$P = mg \cos \alpha - m a \sin \alpha$$

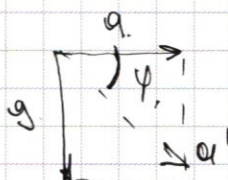
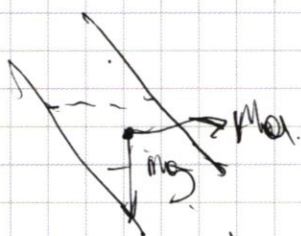


$$mg \cos 45^\circ$$

$$mg \cos 45^\circ$$

$$a'_x =$$

$$a' = \sqrt{a^2 + g^2} = \sqrt{16 + 100}$$



$$\tan \phi = \frac{a}{g}$$

В угле вытекает, что a' в левой части
трубки, ~~тоже~~ имеет большую сс.

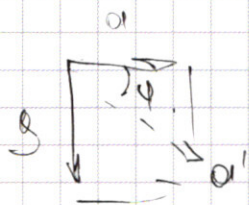
$a \rightarrow \text{нет}$

$$\rho g h_1 = \rho g h_2$$

$a \rightarrow \text{есть}$

$$\rho (\vec{g} + \vec{a}) h_1 = \rho (\vec{g} + \vec{a}) h_2$$



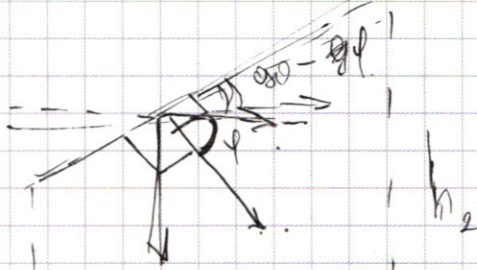


$$a'^2 = g^2 + a^2$$

$$\cos \varphi = \frac{g}{a'} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$

$$\begin{array}{r} \times 56 \\ 224 \\ \hline 224 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 224 \\ 30 \\ \hline 15 \end{array}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{4}{\sqrt{16}} \\ &= \frac{2}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

$$116 = 4 \cdot 29$$

$$\sin \varphi =$$

$$\begin{array}{r} 21300 \\ 1662 \\ \hline 4680 \\ - 4155 \\ \hline \end{array}$$

$$\cos(90 - \varphi) = \sin \varphi = \frac{5}{\sqrt{29}}$$

$$\begin{array}{r} \times 3550 \\ 6 \\ \hline 21300 \end{array}$$

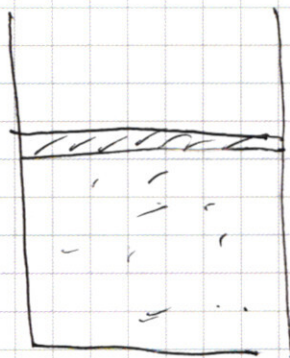
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\begin{aligned} h_2 \sin \varphi - h_1 \sin \varphi &= \\ &= h_1 + h_2 \end{aligned}$$

$$h_2 \rightarrow \text{max}$$

15.

$$\begin{array}{r} 35,5 \cdot 6 \\ 8,31 \\ \hline 3550 \cdot 6 \\ 831 \end{array}$$



$$T = 27^\circ \text{C}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\text{изотерм.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow PV = \text{const}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P \chi = \frac{P \chi}{\mu} RT$$

$$P_{\text{н.п.}} = \frac{P \chi}{RT} \cdot V$$

$V \uparrow, P \downarrow$, и наоборот.

$V \downarrow, P \uparrow$, и наоборот.

давл. P макс. при

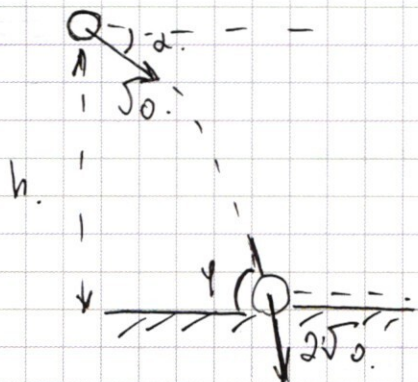
дан. темп. Коэф.

$$P_{\text{н.п.}} V = P_{\text{н.п.}} \frac{V}{\gamma} + V' P_0 \Rightarrow \text{атмос. макс. давл.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1).

$$\alpha = 30^\circ$$



$$t = ?$$

$$\varphi = ?$$

$$v_{ky} = ?$$

$$v_k = 2v_0$$

$$v_H = v_0$$

$$h = ?$$

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 10,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 3,7 \\ \hline 11,1 \\ 25,9 \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$115$$

$$32,25$$

Т.к. гайка всё время падает, т.е. к. по в. земн.
то гайку. Бросили вверх под углом α к.
горизонту.

$$v_{Hx} = v_0 \cdot \cos \alpha ; v_{Hy} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} ; \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha ; v_y = v_0 \cdot \sin \alpha + gt$$

$$v_k = v_{kx} / \cos \varphi ; \text{т.к. } v_{Hx} = \text{const, } \neq 0$$

$$v_{Hx} = v_{kx} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{v_{kx}}{v_k} = \frac{v_{Hx}}{v_k} =$$

$$= \frac{v_0 \cos \alpha}{2 v_0} = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ Знаем } \cos \varphi \text{ по табл.}$$

тригоном. тангенс. найдем $\sin \varphi$:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\text{Знаем } v_k \text{ (усл.) и } \sin \varphi \Rightarrow v_{ky} = v_k \cdot \sin \varphi = 2 v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{\sqrt{13} \cdot v_0}{2}$$

$$① \quad \boxed{J_{ky} = \frac{\sqrt{13} \cdot J_0}{2}}, \quad J_{ny} = \frac{J_0}{2}.$$

$$\begin{array}{r} + 1,35 \\ 5 \\ \hline 6,75 \end{array}$$

$$J_{ky} = J_{ny} + g t \Rightarrow \textcircled{2} \quad t = \frac{J_{ky} - J_{ny}}{g} = + \frac{6,750}{9,75}$$

$$= \frac{J_0 (\sqrt{13} - 1)}{2g}$$

$$\boxed{y = 10 \text{ м/с}^2}$$

$$\boxed{J_0 = 10 \text{ м/с}}$$

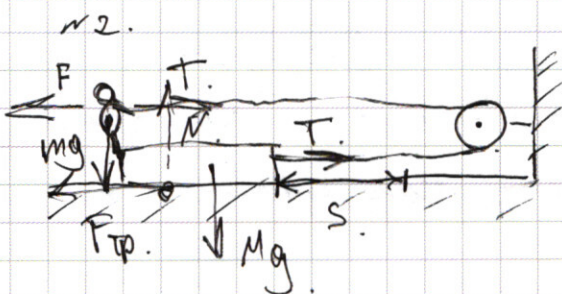
$$\begin{array}{r} 1,35 \\ \times 1,35 \\ \hline 6,75 \end{array}$$

$$405.$$

$$③ \quad \boxed{H = \frac{g t^2}{2} + J_{ny}}$$

только рассчитать.

$$\begin{array}{r} 1,35 \\ 1,35 \\ \hline 18,225 \end{array}$$



$$4: \quad \vec{F} + \vec{T} = m \vec{a}$$

$$6: \quad \vec{T} + \vec{F} + \vec{F}_{тр} = (M+m) \vec{a}$$

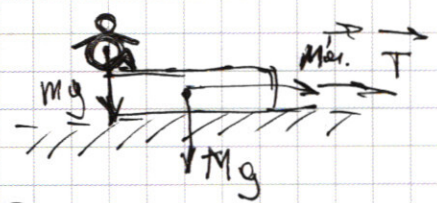
$$F_{тр} = N \mu = (M+m) g \mu$$

$$T = F_n = F_{тр} - F_o \Rightarrow F_o = \frac{F_{тр}}{2}$$

$$T = F - m a = F_{тр} - F - (M+m) a$$

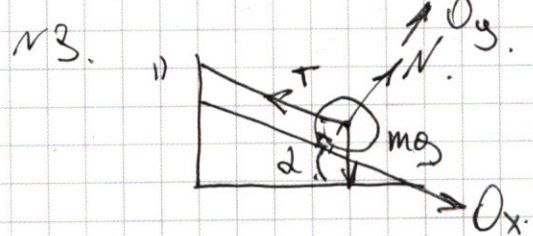
$$2F = F_{тр} - M a$$

Брусок движется.
человек движется с
ним. Движение бруска
возможно, когда:



$$\vec{T} + \vec{F} + \vec{F}_{тр} = 0$$

Аналог с человеком.



$$\begin{aligned} |\vec{P}| &= |\vec{N}| & O_x &\rightarrow \text{по бруску} \\ N &= mg \cos \alpha & O_y &\rightarrow \perp \text{ по брусу} \\ P &= mg \cos \alpha \end{aligned}$$