

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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?

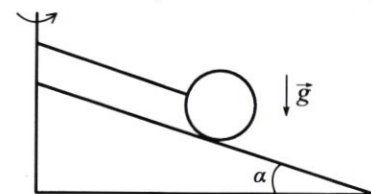
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

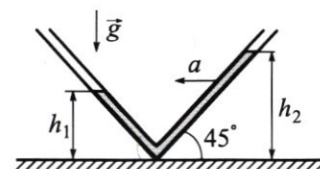


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

№3

Дано: d, m, R, L

Найти: 1) $\vec{P}_1$; 2) P_2

Решение:

1) $\vec{P}_1 = -\vec{N}_1$ (по 3-ему ~~закону~~ закону Ньютона)
 $\Sigma \vec{F} = 0$ (на шар)

оу: $mg \cdot \cos d = N \Rightarrow P_1 = mg \cdot \cos d$

2) $\vec{P}_2$ сила, действующая на шар:

так как нет угловой скорости $\rightarrow$

на шар действует углов. ускорение

$a_{\text{уг.ос.}} = \omega^2 \cdot R_x$ (R_x — радиус от центра шарика до оси вращения), шар не оторвется $\Rightarrow$

$R_x = (L + R) \cdot \cos d \Rightarrow a_{\text{уг.ос.}} = \omega^2 \cdot (L + R) \cos d$

$\vec{F}$: ~~mg~~ $mg = T_2 \sin d + N_2 \cos d$ (шар не оторвется)

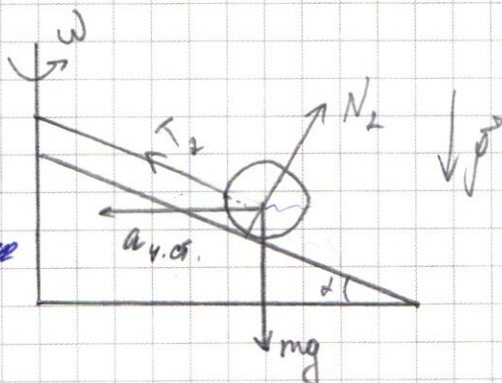
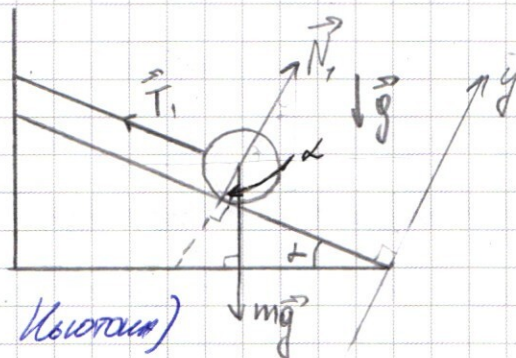
$a_{\text{уг.ос.}}$: $T_2 \cos d - N_2 \sin d = m a_{\text{уг.ос.}}$

~~$N_2 = mg - T_2 \sin d$~~ $T_2 = \frac{mg - N_2 \cos d}{\sin d}$

$(mg - N_2 \cos d) \cdot \cot d - N_2 \sin d = m \omega^2 (L + R) \cos d$

$m \cdot (g \cot d - \omega^2 (L + R) \cos d) = N_2 \cdot (\sin d + \cos d \cot d)$

$N_2 = m \cdot \frac{g \cot d - \omega^2 (L + R) \cos d}{\sin d + \cos d \cot d} = m \cdot \frac{\cos d \cdot (\frac{g}{\sin d} - \omega^2 (L + R))}{\frac{1}{\sin d}}$ (ав. прод. на ось)



нб.

Дано: $T_n = 27^\circ \text{C}$; $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$; $\gamma = 5,6$; $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$;

$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

Найти: 1) $\frac{P_n}{P}$ 2) $\frac{V_n}{V}$

Решение: т.к. процесс изотермический, пар насыщен и находится под давлением, то $P_n = \text{const}$; $T = \text{const}$.
для начального состояния: ур.е Менделеева - Клапейрона:

$$P_n \cdot V_n = \nu R T_n$$

$$P_n = \frac{m}{\mu \cdot V} \cdot R \cdot T_n$$

$$P_n = \frac{P_n}{\mu} \cdot R \cdot T_n \Rightarrow \rho_n = \text{const} \Rightarrow \rho = \frac{P_n \cdot \mu}{R \cdot T_n}$$

$$\frac{P_n}{P} = \frac{P_n \cdot \mu}{R \cdot T_n \cdot \rho} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 10^{-3} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^{-3}} \approx 2,56 \cdot 10^{-18}$$

2) для начального состояния: $P_n \cdot V_n = \nu_n \cdot R \cdot T$

после конденсации как пар-ва воды: $P_n \cdot \frac{V_n}{5,6} = (\nu_n - \nu_{\text{кон}}) R T$

для конденс. воды: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{\rho_{\text{кон}} \cdot \mu}{\rho}$

$$\cancel{\nu_n} \cdot R \cdot T = (\cancel{\nu_n} - \nu_{\text{кон}}) R T \cdot 5,6$$

$$\nu_n = 5,6 \nu_n - 5,6 \nu_{\text{кон}} \Rightarrow \nu_{\text{кон}} = \frac{4,6 \nu_n}{5,6} \quad \nu_n = \frac{1}{5,6} \nu_n$$

$$V = \frac{4,6 \nu_n \cdot \mu}{5,6 \cdot \rho}$$

$$\frac{V_n}{V} = \frac{\cancel{\nu_n} \cdot R \cdot T \cdot \rho}{P_n \cdot 5,6 \cdot \frac{4,6 \cancel{\nu_n} \cdot \mu}{5,6}} = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 10^{-3} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 4,6 \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} =$$

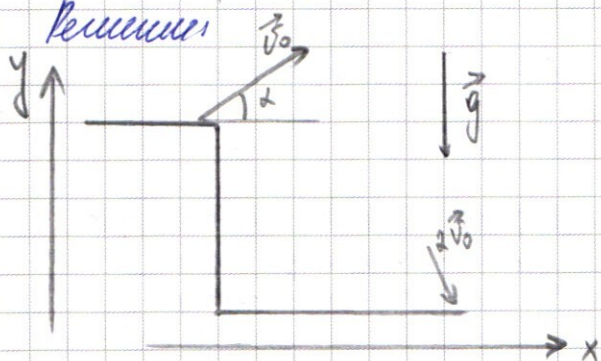
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано: $V_0 = 10 \frac{м}{с}$; $\alpha = 30^\circ$, $g = 10 \frac{м}{с^2}$

Найти: V_y ; t , h

Решение:



$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g} t$$

$$Ox: V_0 \cdot \cos \alpha = \text{const} = V_x$$

$$(m. \& g_x = 0)$$

$$Oy: V_0 \cdot \sin \alpha = V_y$$

(в нач. момент времени)

когда скорость нулевая:

$$4V_0^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$V_x = V_x = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad 4V_0^2 = (V_0 \cdot \cos \alpha)^2 + V_y^2 \Rightarrow V_y = \sqrt{4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= V_0 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = V_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = 5 \frac{м}{с} \cdot \sqrt{13} \approx 18 \frac{м}{с} \quad \sqrt{13} \approx 3,6$$

$$Oy: V_y = V_y - gt$$

$$V_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = \frac{1}{2} V_0 - gt$$

$$t = \frac{V_0 \cdot (\sqrt{13} - 1)}{2 \cdot g} = \frac{(\sqrt{13} - 1) \cdot c}{2} =$$

$$\approx 1,3 c$$

по 3 П. 2: $\frac{m V_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 4V_0^2}{2}$

$$V_0^2 + 2gh = 4V_0^2 \Rightarrow h = \frac{3}{2} \frac{V_0^2}{g} = \frac{3}{2} \cdot 10 м = 15 м$$

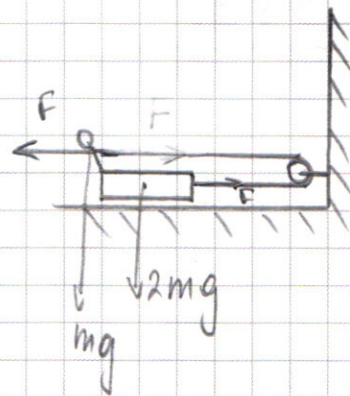
Ответ: 1) $V_y = 18 \frac{м}{с}$; 2) $t \approx 1,3 c$ 3) $h = 15 м$

н.

Дано: $S, m, M = 2m; \mu$

Иском: $F_{\text{н}}; F_0; t$

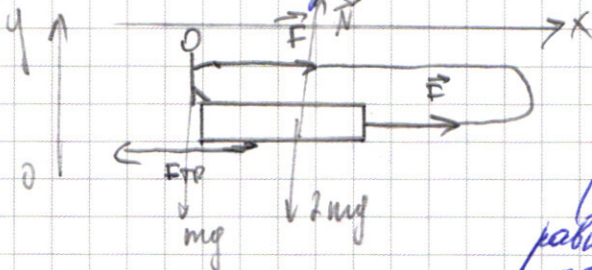
Решение:



1) Р-м силы действующие на пов.-ть:

$$\vec{F}_{\text{н}} = 2m\vec{g} + m\vec{g} = 3m\vec{g} = \vec{P} = -\vec{N}$$

2) Р-м силы дейст на человека и сани:



по 3-ему 3-му Ньютона:

$$\vec{F}_{\text{н.к}} = -\vec{F}_{\text{к.н}}$$

(сила, с которой человек давит на санки равна по модулю и противоположна по направлению силе, с которой санки давят человека)

на сани и человека: Ох: $2F_0 - F_{\text{тр}} = m a_{\text{х}}$

$$\text{Оу: } N - 3mg = 0 = m a_{\text{у}}$$

чтобы система оставалась в равновесии, $N = 3mg$, $2F_0 - F_{\text{тр}} \geq 0$.

$$F_{\text{тр макс}} = F_{\text{тр мин}} \quad F_{\text{тр}} = 3mg \Rightarrow 2F_0 - 3mg \geq 0$$

$$F_{0 \text{ min}} = \frac{3mg}{2}$$

$$F_0 \geq \frac{3mg}{2}$$

3) если $F > F_0 \Rightarrow$ система будет двигаться

по 4-ому 2-му Ньютона: $2F - 3mg = 3m a$

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

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

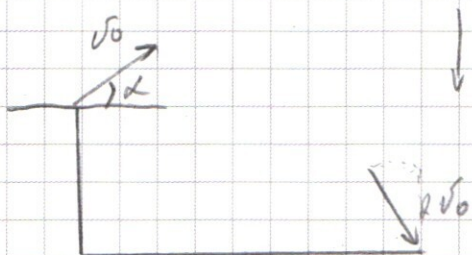
$$v_0 = 0 \Rightarrow \text{Ох: } s = \frac{a t^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} =$$

$$t = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{2F - 3mg}}$$

Ответ: 1) $\vec{P} = 3m\vec{g}$; 2) $F_{0 \text{ min}} = \frac{3mg}{2}$; 3) $t = \sqrt{\frac{6s \cdot m}{2F - 3mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

по 3.С.З.: $\frac{m v_0^2}{2} + mgh = \frac{m (2v)^2}{2}$

$$v_0^2 + 2gh = 4v^2 \Rightarrow 2gh = 3v^2$$

$v_0 \cdot \cos \alpha = \text{const}$ (горизонт. компон.)

$$4v^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2$$

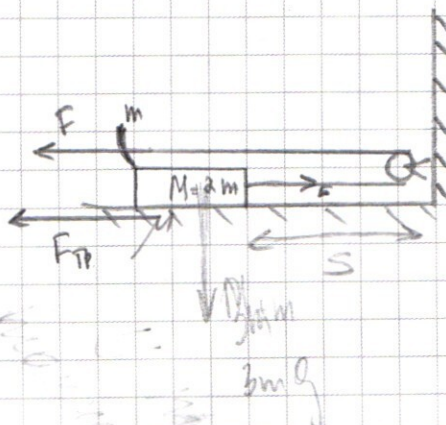
$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{3}{4}$$

$$4v^2 = \frac{3}{4} v_0^2 + v_y^2 \Rightarrow v_y^2 = 3 \frac{1}{4} v_0^2 = \frac{13}{4} v_0^2 \Rightarrow v_y = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$v_{B.} = v_0 \sin \alpha + gt = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$gt = \frac{\sqrt{13}-1}{2} v_0 \Rightarrow t = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \frac{v_0}{g}$$

№ 2.



$$\mu(M+m)g = F_0$$

3) $F < \mu$

1) $F < F_0 \Rightarrow \text{стат}$

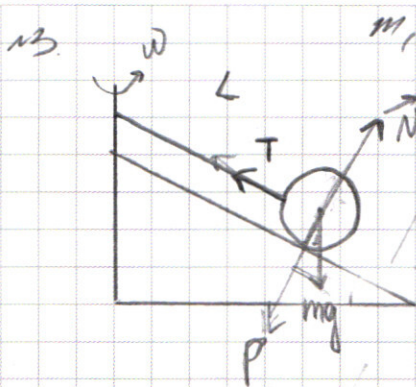
2) $F = F_0 \Rightarrow$

3) $F > F_0 \Rightarrow F - \mu(M+m)g = (M+m)a$

$$a = \frac{F - \mu(M+m)g}{M+m}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

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



m, R, α, L

$\vec{P} = -\vec{N}$

на шор. $\vec{T} \cdot \vec{N} + m\vec{g} = 0$

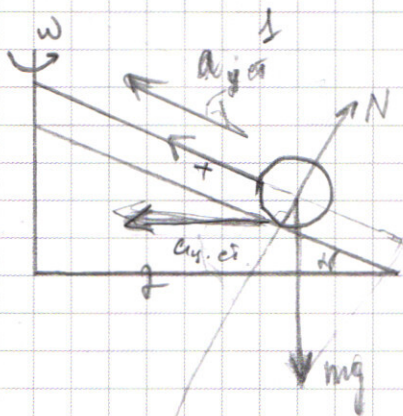
на ос Oy : $N = mg \cos \alpha$

$P = mg \cos \alpha$

1 или 2!

$T =$

$a_{\text{центростремительная}}$

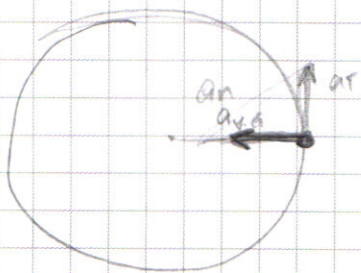


$a_{yef} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$

$R = (L+R) \sin \alpha$ или $(L+R) \cdot \cos \alpha$

$a_{yef} = \omega^2 \cdot (L+R)$

на шор. $m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = m\vec{a}$



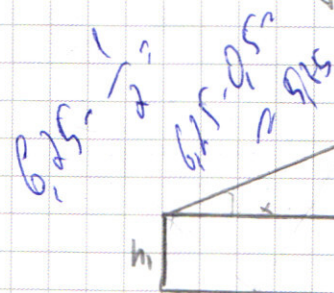
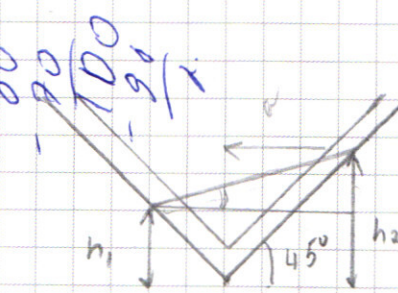
$625 = 5/5x$
 $625 = 35x^2$
 $3,18 \sqrt{10}$



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

$5/14$

$14 = 196$
 100
 100
 100



$\frac{h_2-h_1}{x} = \frac{a}{g}$

$x = \frac{h_2-h_1}{a} \cdot g$

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

$h_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + h_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = h_2 \cdot 0,5 - h_1 \cdot 2,5$
 $h_2 = \frac{h_1 \cdot (\frac{\sqrt{2}}{2} + 2,5)}{2,5 - \frac{\sqrt{2}}{2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2).



$$R = 8,31 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

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

$$P_n \cdot V_n = \nu_n \cdot R \cdot T$$

какая-то часть $\Rightarrow P = \text{const}$

$$P = \frac{m}{M \cdot V} R T$$

$$P = \frac{p}{M} R T \quad 100^\circ = 373^\circ \text{K}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{p \cdot M}{R T \cdot p_b} \quad \frac{1}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 \quad 27^\circ + 273^\circ = 300^\circ \text{K}$$

нат. состояние:

$$P_n \cdot V_n = \nu_n R T$$

после конденсации:

$$P_n \cdot \frac{V_n}{5,6} = (\nu_n - \nu_{\text{кон}}) R T$$

для воды: $p = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{p} = \frac{\nu_{\text{кон}} \cdot M}{p}$

$$P_n \cdot V_n = (\nu_n - \nu_{\text{кон}}) R T \quad 5,6 = \nu_n \cdot R T$$

$$4,6 \cdot \nu_n = 5,6 \nu_{\text{кон}} \Rightarrow \nu_{\text{кон}} = \frac{4,6}{5,6} \nu_n$$

$$\frac{V_n}{5,6} = \frac{\nu_n R T}{p \cdot 5,6}$$

$$\frac{\nu_n R T}{p \cdot 5,6 \cdot \frac{4,6}{5,6} \nu_n \cdot M}$$

$$\frac{1}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = \text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{К} \Rightarrow R = \frac{1 \cdot \text{м}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\begin{array}{r}
 2130 \overline{) 231} \\
 \underline{1662} \\
 4680 \\
 \underline{4155} \\
 5250 \\
 \underline{4986} \\
 264
 \end{array}$$

$$4800 + 186$$

$$831 \overline{) 355}$$

$$\begin{array}{r}
 355 \cdot 6 = 2130 \\
 \underline{2130} \\
 2130
 \end{array}$$

$$1800 + 300 + 30 =$$

$$\begin{array}{r}
 213 \\
 \underline{46} \\
 1278 \\
 \underline{852} \\
 97,98
 \end{array}$$

$$\sin d - \text{eq. d.} \cos d =$$

$$= \sin d - \frac{\cos^2 d}{\sin d} = \frac{\sin^2 d - \cos^2 d}{\sin d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{8,31 \cdot 3 \cdot 10^{18} \cdot \text{Дж} \cdot \frac{1}{\text{м}^3}}{3,55 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^6} = 8,3 \cdot 10^{16}$$

Ответ: 1) $\frac{P_n}{P_k} = \frac{P_n \cdot \mu}{k \cdot T_n \cdot p_k} \approx 4,56 \cdot 10^{-18}$

2) $\frac{V_n}{V_k} \approx 8,3 \cdot 10^{16}$

и 4.

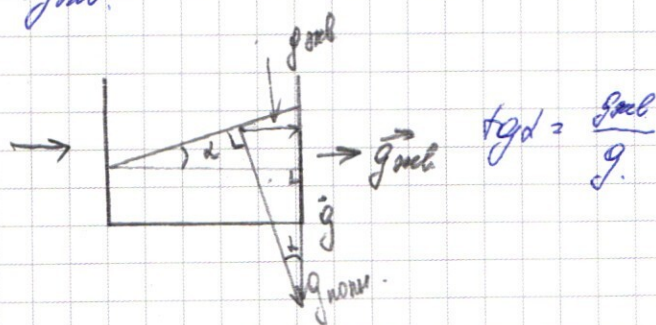
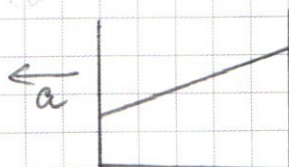
Дано: $\alpha = 45^\circ$; $a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $h_1 = 10 \text{ см}$, $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти: 1) h_2 2) v

Решение:

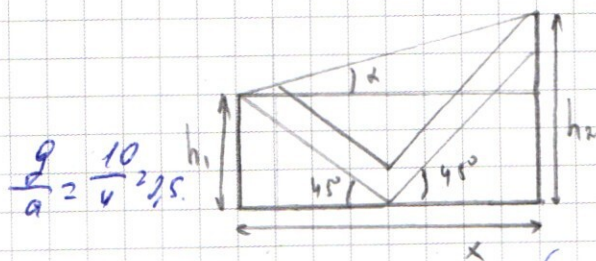
т.к. трубка движется равноускоренно,
то a можно заменить на $g_{\text{мб}}$.

$$\vec{a} = -\vec{g}_{\text{мб}}$$



$$\tan \alpha = \frac{g_{\text{мб}}}{g}$$

в ситуации с трубкой:



$$\frac{h_2 - h_1}{x} = \frac{a}{g} \Rightarrow x = \frac{(h_2 - h_1) \cdot g}{a}$$

$$x = (h_1 + h_2) \cdot \cos 45^\circ$$

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

$$2,5 h_2 - 2,5 h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} h_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} h_2 \Rightarrow h_2 = h_1 \cdot \frac{2,5 + \frac{\sqrt{2}}{2}}{2,5 - \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{(\frac{1}{\sqrt{2}} + 2,5) \cdot (2,5 - \frac{1}{\sqrt{2}})}{(2,5 - \frac{1}{\sqrt{2}})^2} = h_1 \cdot \frac{5,75}{3,18} = \frac{57,5}{3,18} \text{ см}^2$$

≈ 18 см.

Ответ: 1) $h_2 \approx 18 \text{ см}$.

~ 3. (продолжение)

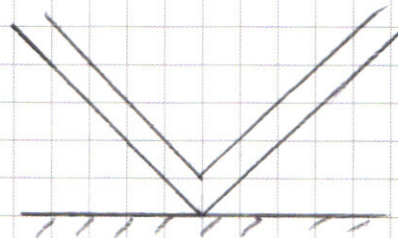
$$N_2 = m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 \cdot (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) =$$

$$= m(\cos \alpha \cdot (g - \omega^2(L+R) \cdot \sin \alpha)) = P_2.$$

Ответ: 1) $P_1 = mg \cos \alpha$. 2) $P_2 = m \cos \alpha \cdot (g - \omega^2(L+R) \sin \alpha)$

~ 4. 2.

когда трубка вертикально
~~сейчас~~ станет равновесие
 равномерно, жидкость продолжит двигаться с ускорением
 а ведро. Перейдем в С.О. трубки.



~~также перевернуть~~