

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 .

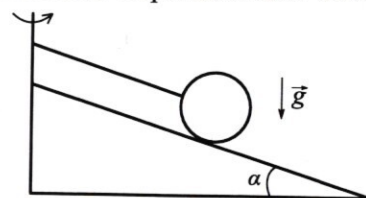


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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.



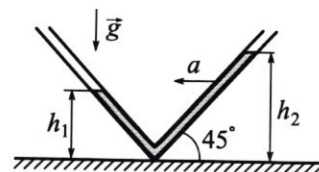
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

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

З.1.

Дано:

$$v_0 = 8 \frac{m}{c}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_k = 2,5 v_0$$

$$v_{ky} - ?$$

$$t - ?$$

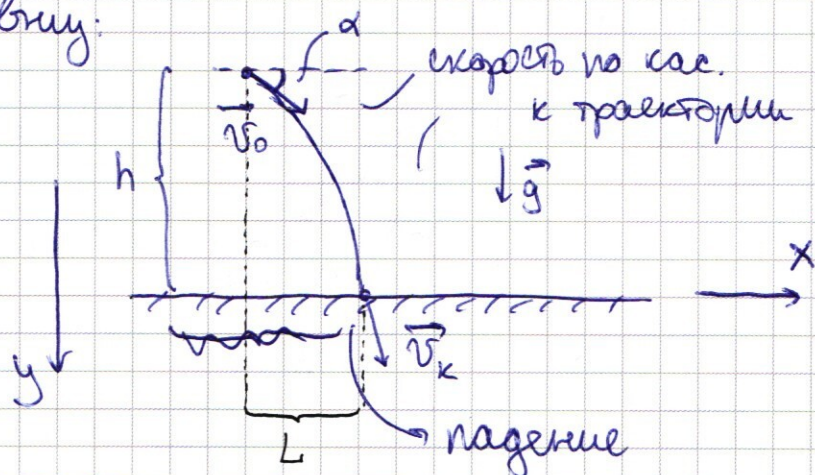
$$L - ?$$

Камень всё время приближался к
гор. пов-ти $\Rightarrow$ в t момент времени

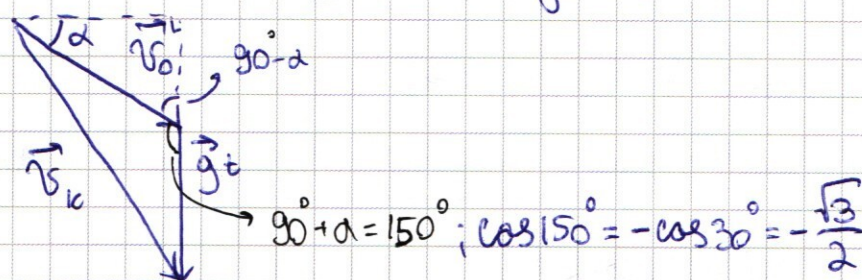
$v_y > 0 \Rightarrow$ запустили под углом α к

гор. вни:

y-вниз



$$\vec{v}_0 + \vec{g}t = \vec{v}_k$$



Th cos: $v_k^2 = g^2 t^2 + v_0^2 - 2gtv_0 \cos 150^\circ$; $v_k = 2,5 v_0$:

$$\Rightarrow 6,25 v_0^2 = g^2 t^2 + v_0^2 + 2gtv_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow 5,25 v_0^2 = g^2 t^2 + gt v_0 \sqrt{3}$$

$$g^2 t^2 + g v_0 \sqrt{3} \cdot t - 5,25 v_0^2 = 0. \quad D = 3g^2 v_0^2 + 4 \cdot 5,25 v_0^2 \cdot g^2 =$$

$$= g^2 v_0^2 (3 + 21) = 24 g^2 v_0^2 \Rightarrow t = \frac{-g v_0 \sqrt{3} \pm 2 \sqrt{6} \cdot g v_0}{2 g^2}$$

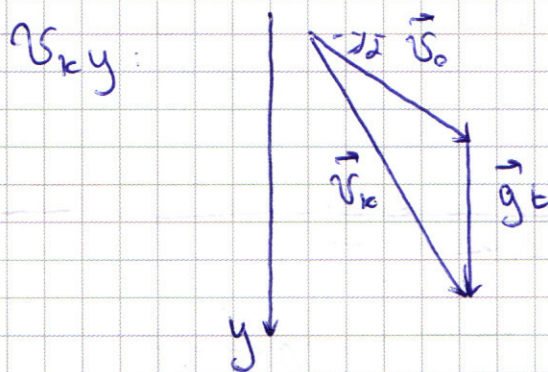
$t > 0 \Rightarrow$ не может быть $\Rightarrow t = \frac{-g\sqrt{6} - 2\sqrt{6} \cdot g\sqrt{6}}{2g^2}$
 - не угадали.

$$\Rightarrow \underline{t} = \frac{2\sqrt{6} \cdot \sqrt{6} - \sqrt{6} \cdot \sqrt{6}}{2g} = \frac{\sqrt{6}}{g} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{\sqrt{6}}{g} \left(\sqrt{3 \cdot 2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) =$$

$$= \frac{\sqrt{6}}{g} \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \sqrt{\frac{\sqrt{6}}{g}} = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \approx \frac{4}{5} \cdot 1,7 (1,4 - 0,5) =$$

$$= 1,36 \cdot 0,9 = 1,224 \text{ с} \approx \underline{1,2 \text{ с}}$$

- время полёта.



$$\underline{v_{ky}} = v_0 \sin \alpha + gt =$$

$$= v_0 \sin \alpha + v_0 \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \sqrt{3} =$$

$$= v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \sqrt{3} \right) =$$

$$= v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \underline{v_0 \sqrt{6}} =$$

$= 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 8 \cdot 1,7 \cdot 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 19,04 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx \underline{19 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$ - вертикальная
компонента скорости камня при падении на Землю.

$$\underline{L} = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{\sqrt{6}}{g} \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \approx$$

$$= \frac{8^2}{10} \sqrt{3} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} - \frac{1}{4} \right) \approx \frac{8^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot 0,5 \cdot 1,7 (1,4 - 0,5) = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,224 \text{ м} =$$

$= 4 \cdot 1,224 = 4,896 \text{ м} \approx \underline{4,9 \text{ м}}$ - горизонтальное смещение
камень.

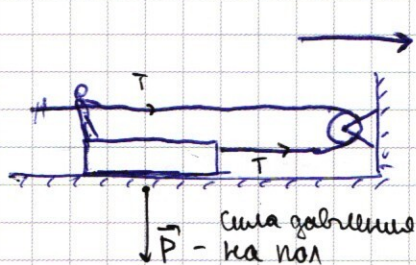
Ответ: 1) $v_{ky} = v_0 \sqrt{6} = 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 2) $t = \frac{v_0}{g} \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = 1,2 \text{ с}$
 3) $L = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = 4,9 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

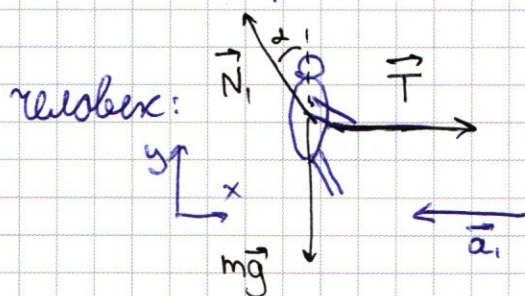
§2.

Дано:

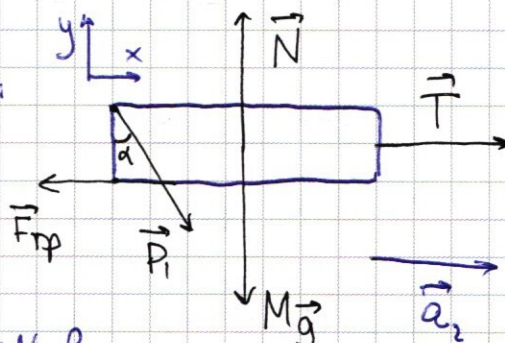
$S; m, M=sm; \mu$
 $P; F_0; \gamma - ?$
 $F_{\text{тр}} = \mu N$



(канат)
нить нерастяжимая:
 $T = \text{const}$



машинка:



по III-му $\vec{N}_1 = -\vec{P}_1; \vec{N} = -\vec{P} \Rightarrow N = P, N_1 = P_1$

Пусть $\alpha = (\vec{N}_1; (\vec{P}_1; m\vec{g}))$ - угол, под к-м человек ^{упирается} ~~идет~~ в машинку ^{в машинку}

н (канат)

нить нерастяжимая: на сколько привнесено к
стенке один конец (вместе с машинкой), настолько
отведет и другой (вместе с человеком): $\vec{L}_1 = -\vec{L}_2$, где

$x_1 \in x_2 \Rightarrow \vec{a}_1 = -\vec{a}_2$

$\Leftrightarrow$

$\vec{L}_1$ - перемещ. человека
 $\vec{L}_2$ - перемещ. машинки

$\Rightarrow |a_1| = |a_2| = a$

III-й: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$:

человек: $\vec{N}_1 + \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}_1$

машинка: $\vec{N} + M\vec{g} + \vec{T} + \vec{P}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} = M\vec{a}_2$

на Ox: $T - N_1 \sin \alpha = -ma_1;$

$T + P_1 \sin \alpha - F_{\text{тр}} = Ma_2$

на Oy: $N_1 \cos \alpha - mg = 0$

$N - P_1 \cos \alpha - Mg = 0$

$a_1 = a_2 = a$; $N = P$; $N_1 = P_1$; человек движется $\rightarrow$ сила трения
 коэффициент $F_{\text{тр}} = \mu N$; $M = 5m$:

$$\Rightarrow \begin{cases} N_1 \sin \alpha - T = ma & (1) \\ N_1 \cos \alpha = mg & (2) \\ T + N_1 \sin \alpha - \mu N = 5ma & (3) \\ N = N_1 \cos \alpha + 5mg & (4) \end{cases} \Rightarrow N_1 \sin \alpha + T = N_1 \sin \alpha$$

(2) $\rightarrow$ (4): $N = mg + 5mg = 6mg = P$ — сила давления на пол

(1) $\rightarrow$ (3): $T + ma + T - \mu N = 5ma$; $N = 6mg \rightarrow$

$\Rightarrow 2T = 4ma + 6\mu mg \Rightarrow T = 2m(2a + 3\mu g)$

— сила натяжения каната.

Человек ^{действует} канат с той же по величине силой,
 что и канат действует на человека (III з-н Ньютона)

$\Rightarrow T = F_{\text{н}} \Rightarrow F_{\text{н}} = 2m(2a + 3\mu g)$

— сила, с к-й человек тянет канат.

Логично, что сила будет минимальна, когда

ускорение минимально — если человек едет равномерно;

$a = 0$ (чем меньше действует человек, тем медленнее

всё едет) $\Rightarrow F_0 = m(0 + 3\mu g) = 3\mu mg$ — минимальная

сила, с к-й человек тянет канат, чтобы человек
перемещался.

$F > F_0 \Rightarrow a \neq 0$; но $a = \cos \alpha$, т.к. $\vec{F} = \cos \alpha$.

Тогда можно записать, что $S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a} \Rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⇒ т.к. $v_k = 0$; $v_k = v$: $S = \frac{v^2}{2a}$

$F = m(2a + 3\mu g) = 2ma + 3\mu mg \Rightarrow 2ma = F - 3\mu mg \Rightarrow$

⇒ $a = \frac{F}{2m} - \frac{3}{2}\mu g \Rightarrow S = \frac{v^2}{\frac{F}{m} - 3\mu g} \Rightarrow$ достигнет макс

⇒ $v^2 = S\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right) \Rightarrow v = \sqrt{S\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right)}$

т.к. $F = m(2a + 3\mu g) > 0$, то $\frac{F}{m} - 3\mu g = 2a > 0$

⇒ подкор. выраж. > 0 .

Ответ: 1) $P = 6mg$
2) $F_0 = 3\mu mg$
3) $v = \sqrt{S\left(\frac{F}{m} - 3\mu g\right)}$

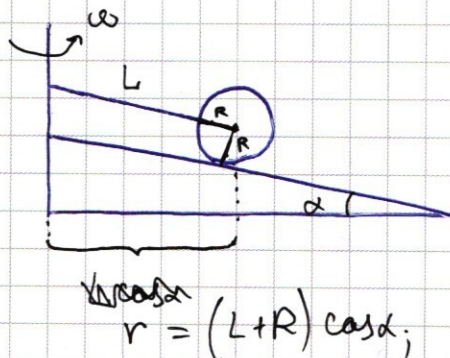
3.

Дано:

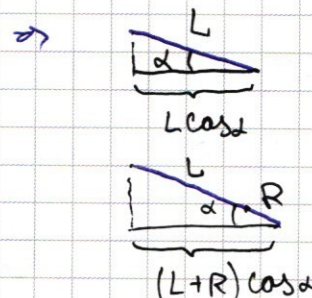
$m; R; \alpha; L$

$\tau_0; \tau_\omega - ?$

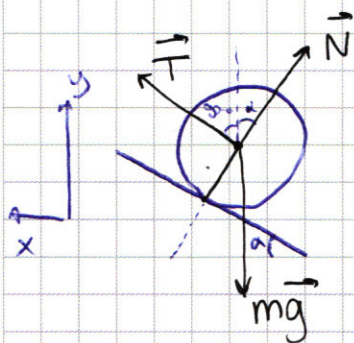
ω - дано



↓ нить // т.к. клина



r - расстояние от оси вращения до ц.м. шарика
($\Leftrightarrow$ геометрич. центр, т.к. сфер.)



$\vec{a}$ — центростремительное при вращении;

$a = \omega^2 r$, где r — радиус от оси до ц.м.;

$$r = (L+R) \cos \alpha$$

|| y-к: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$: $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$.

на Oy: $N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$

на Ox: $T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$ ← тогда.

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

$$\Rightarrow T = \frac{mg}{\cos \alpha} \quad T \cos \alpha = ma + mg \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - T \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow$$

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

$$\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = \frac{1}{\cos \alpha} \text{ по ОТТ.}$$

$$\Rightarrow \frac{T}{\cos \alpha} = m(a + g \tan \alpha) \Rightarrow T = m(a \cos \alpha + g \sin \alpha) \Rightarrow$$

$$\Delta T = \Delta T_0 \Rightarrow a = 0, \text{ т.к.}$$

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

1) $T = T_0 \Rightarrow \omega = 0 \Rightarrow T_0 = mg \sin \alpha$ — если с-ма покоится

2) $T = T_\omega \Rightarrow \omega = \omega \Rightarrow T_\omega = m(\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$ — если ω

Ответ: 1) $T_0 = mg \sin \alpha$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

Дано:

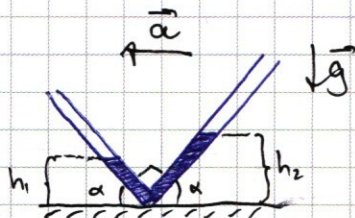
$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$a; \text{ ?}$$

$\vec{g}_{\text{эв}} = -\vec{a}$). $\vec{g}_{\text{эв}}$ — это вода всегда перпендикулярна вектору ускорения свободного падения.



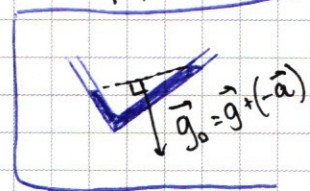
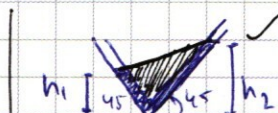
по принципу эквивалентности Эйнштейна:

Вода ведёт себя в сосуде с ускорением $\vec{a}$ так, как будто бы изменялся вектор

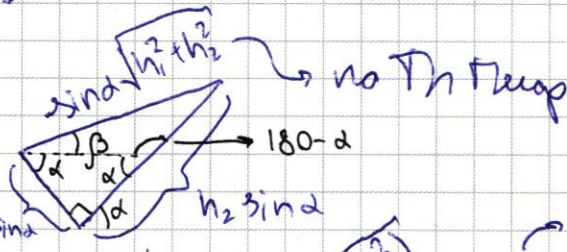
и модуль ускорения свободного падения g (справа помещён дополнительный источник

ускорения $\vec{a}$). $\vec{g}_{\text{эв}}$ — это вода всегда перпендикулярна вектору ускорения свободного падения.

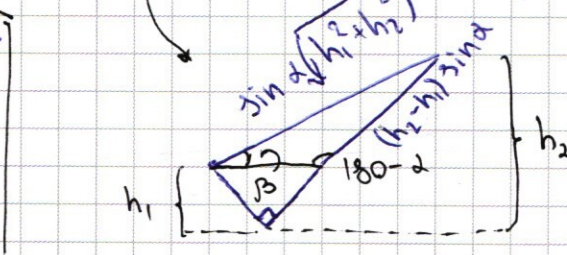
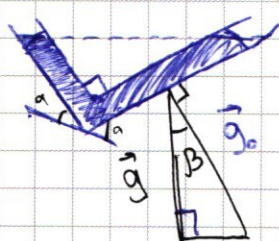
если сосуд медленно допалить до такой формы, то вода будет выглядеть так



если представить, что до этого g_0 — уровень одинаковой глубины



$$\frac{\sqrt{h_1^2 + h_2^2} \sin \alpha}{\sin(180^\circ - \alpha)} = \frac{(h_2 - h_1) \sin \alpha}{\sin \beta}$$

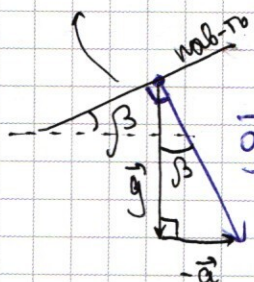


Th sin:

$$\frac{\sin(180^\circ - \alpha)}{\sin \beta} = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}$$

$$\sqrt{h_1^2 + h_2^2} = (h_2 - h_1) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

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



$$\vec{g}_0 = \vec{g} + (-\vec{a})$$

$$\sin \beta = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}} \sin \alpha$$

$$\text{по от } \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} =$$

$$\begin{aligned}
 \cos \beta &= \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 - (h_2 - h_1)^2 \sin^2 \alpha}{h_1^2 + h_2^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 - h_1^2 \sin^2 \alpha - h_2^2 \sin^2 \alpha + 2h_1 h_2 \sin^2 \alpha}{h_1^2 + h_2^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{h_1^2(1 - \sin^2 \alpha) + h_2^2(1 - \sin^2 \alpha) + 2h_1 h_2 \sin^2 \alpha}{h_1^2 + h_2^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{(h_1^2 + h_2^2) \cos^2 \alpha + 2h_1 h_2 \sin^2 \alpha}{h_1^2 + h_2^2}} = \sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{2h_1 h_2}{h_1^2 + h_2^2} \sin^2 \alpha}
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{(h_2 - h_1) \sin \alpha}{\sqrt{(h_1^2 + h_2^2) \cos^2 \alpha + 2h_1 h_2 \sin^2 \alpha}} = \frac{a}{g}$$

т.к. $\cos \alpha = \sin \alpha$, поскольку $\alpha = 45^\circ$:

$$\sqrt{(h_1^2 + h_2^2) \cos^2 \alpha + 2h_1 h_2 \cos^2 \alpha} = \cos \alpha \sqrt{(h_1 + h_2)^2}; \quad h_1 + h_2 > 0$$

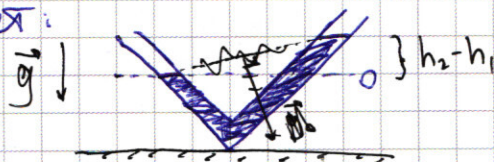
$$\Rightarrow = (h_1 + h_2) \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{(h_2 - h_1) \sin \alpha}{(h_1 + h_2) \cos \alpha} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{a}{g}$$

$$\Rightarrow a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{(12 - 8) \text{ см}}{(12 + 8) \text{ см}} = 10 \cdot \frac{4}{20} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

— ускорение трубки.

а исчезает:

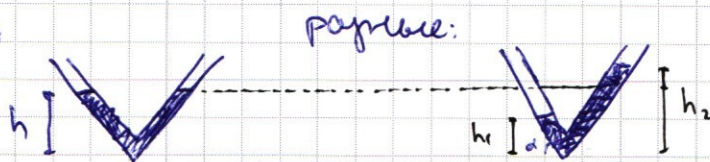


скорость трубки не
интересует — находимся
в ИСО.

Жидкость имеет потенциальную энергию отн. 0;
состояние будет стремиться к равновесию уровня воды.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Жидкость нестисжима: $V = \text{const}$
один уровень:



Трубка постоянного сечения $\Rightarrow h_1 \sin \alpha \cdot S + h_2 \sin \alpha \cdot S = 2h \sin \alpha S$

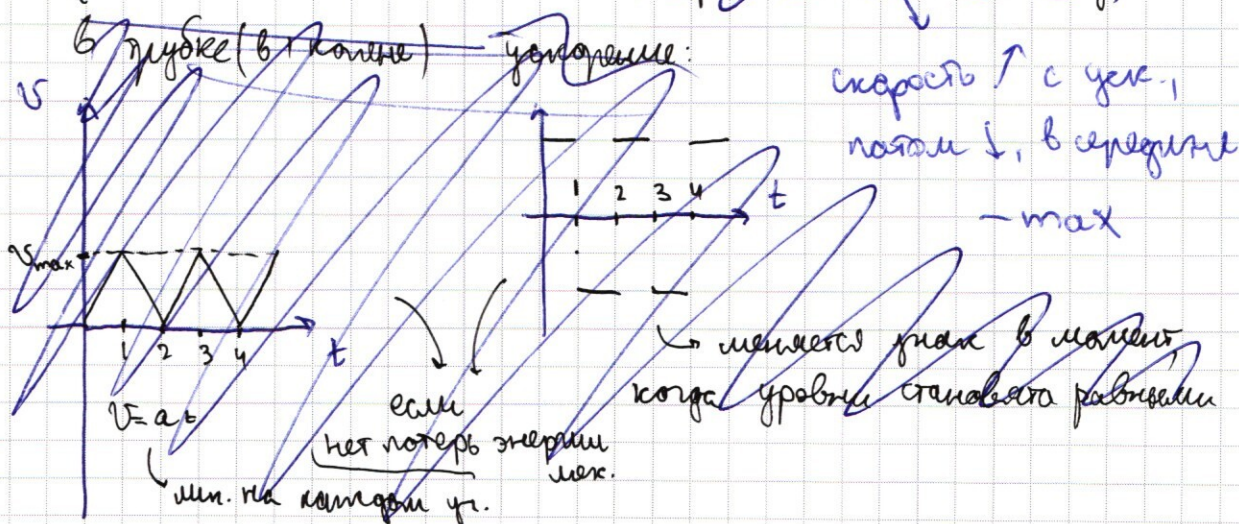
$$\Rightarrow h_1 + h_2 = 2h \Rightarrow h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Вода в трубке будет "падать" в наклон, где ее уровень выше и подниматься, где ниже.

В момент, когда уровни выравниваются, вода будет иметь кинетическую энергию в трубке, т.к.

движется от нее, причем она будет равна утраченной потенциальной в поле силы тяжести.

через мгновение падать начнет другой уровень — поменяются местами. ~~Скорость движения воды~~



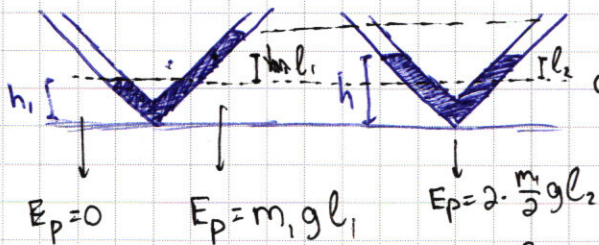
Получили, что и безразличны вращению, поэтому, когда ~~ускорение~~ ^{ускорение} меняется знак — уравни уравниваются.

В эти моменты корень максимальна.

(Сначала ↑ с ценой, потом ↓ → max)

3C3:

Кенпалембон



I_{h_2} - Рассм. все, что было 0,

Т.к. всё, что ниже, сократится

$$(E_p)$$

$$E_k = 0$$

$$E_k = \frac{mV^2}{2}, \text{ где } m - \text{ масса воды; } V - \text{ скорость каждой г. (периодность нелинейна)}$$

1. - ц.м. кудочка воды массой m , (однор., сумма всех потенциальных энергий в каждой т. будет равна E_p ц.м.)

$$h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

ℓ_2 -н.м. двух кусочков т. (на одном ур-не) массами

$\frac{m}{2}$ (масса m , поровну распред. и/у двух колени)

- кислотность нестационарна и односторонна)

$$\rightarrow E_p = m_1 g l_2.$$

$$l_2 = h - h_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - h_1 =$$

$$5 \cdot 10^2 \cdot 1,25$$

104.4
—
4

2103

2500

$$500 \cdot 1.25 = 625$$

$$\frac{1}{5} \cdot 10^4 \cdot 120$$

08

0.5

7-10

$$53.2 \frac{\text{g}}{\text{g}}$$

8/3/18

5.10.

$\frac{1}{5} \cdot 10$

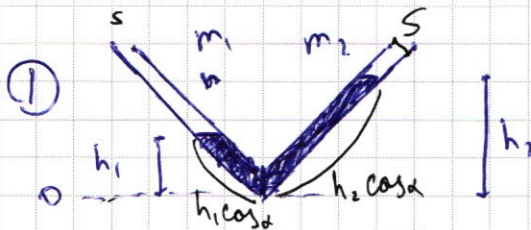
9. $\frac{1}{2}$

00.5

19-4

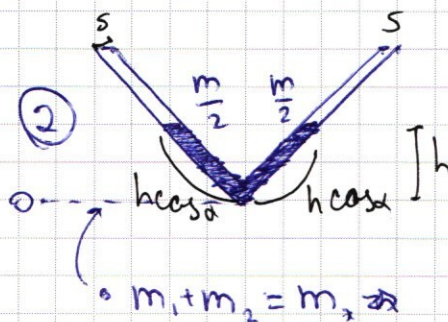
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запиши ЗСЭ. Пусть S — площадь поперечного сечения трубки.



трубки.

$V = \text{const}$ — жидкость несжимаема, однородна $\Rightarrow$ все движется с одной скоростью $\Rightarrow$ у каждой точки в воде одна скорость



$$1) E_1 = E_{p1} + E_{p2} = m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2}$$

↓ ↓
где $u=0$

по уровню распредел. — однородна и несжимаема

$$\begin{aligned} m_1 &= h_1 \cos \alpha S \rho \\ m_2 &= h_2 \cos \alpha S \rho \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{m_1}{m_2} &= \frac{h_1}{h_2} \\ \frac{m_1}{m_2} &= \frac{h_1}{h_2} \end{aligned} \right.$$

$m_1 = \frac{h_1}{h_2} m_2$

$$2) E_{p0} = 2 E_p = 2 \frac{m}{2} g \frac{h}{2}; \quad m = m_1 + m_2$$

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} \Rightarrow E = (m_1 + m_2) g \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$E = E_p + E_k \Rightarrow E_2 = E_{p0} + \frac{m v^2}{2} = (m_1 + m_2) \left(\frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4} \right)$$

$$\text{ЗСЭ: } \Delta E_{\text{мех}} = 0 \Rightarrow m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = (m_1 + m_2) \left(\frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4} \right)$$

$$m_1 = \frac{h_1}{h_2} m_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} m_2 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = m_2 \left(\frac{h_1}{h_2} + 1 \right) \left(\frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4} \right) \quad : \frac{m_2}{h_2}$$

$$\Rightarrow h_1^2 \frac{g}{2} + h_2^2 \frac{g}{2} = (h_1 + h_2) \left(\frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow gh^2 (h_1^2 + h_2^2) = (h_1 + h_2) \left(\frac{v^2}{g} + \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2h_1^2 + h_2^2 = 2 \frac{v^2}{g} (h_1 + h_2) + (h_1 + h_2)^2 \Rightarrow 2h_1^2 - h_1^2 + 2h_2^2 - h_2^2 - 2h_1 h_2 = 2 \frac{v^2}{g} (h_1 + h_2)$$

$$\Rightarrow h_1^2 + h_2^2 - 2h_1 h_2 = 2 \frac{v^2}{g} (h_1 + h_2) \Rightarrow \frac{(h_1 - h_2)^2}{(h_1 + h_2)} \cdot \frac{g}{2} = v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{(h_1 - h_2)^2 \cdot \frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = \sqrt{(h_2 - h_1)^2 \cdot \frac{g}{2(h_1 + h_2)}} =$$

$$= 0,04 \sqrt{5/0,2} = 0,04 \cdot \sqrt{25} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{— макс. скорость}$$

Ответ: 1) $a = \frac{g}{c^2} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

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

5.

Дано:

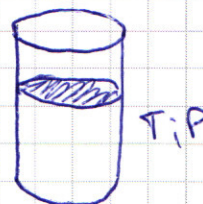
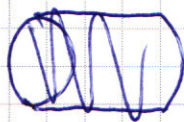
$$t = 95^\circ \text{C} \Rightarrow T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}, V \downarrow \Rightarrow P \uparrow$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad ?$$

В условии опыта — изот. процесс



Ур-е Клапейрона - Менделеева: $PV = \nu RT$; $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P \cdot \frac{m}{\rho} = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \rho = \frac{\mu P}{RT}; \text{ где } \rho = \rho_{\text{пара}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{р}} = \frac{\mu P}{RT} = \frac{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К}} = \frac{153 \cdot 10^4}{3058} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = \frac{306 \cdot 10^4}{2 \cdot 3058} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \approx$$

$$8,31 \cdot 368 \approx 3058 \quad \left| \quad \approx \frac{3060 \cdot 10^3}{2 \cdot 3060} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 500 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \Rightarrow \rho_{\text{р}} = 500 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

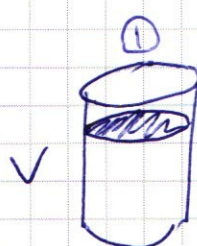
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho_n = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \rho_n = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{5}{10^4} = \frac{10}{2 \cdot 10^4} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} =$$

$= 5 \cdot 10^{-4}$ — отношение плотности пара к плотности воды

$$\gamma = 4,7$$

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



P, T, V



$T, T-B$

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

при $T = \text{const}$ $P_{\text{н.п.}} = \text{const}$

насыщенный, температура постоянна

— при уменьшении объема давление остается тем же, но кол-во пара уменьшается. Вследствие конденсации воды. Пусть Δ_B пара перешло в воду.

Тогда масса скопелен. воды $m = \mu \Delta_B \Rightarrow V_B = \frac{\mu \Delta_B}{\rho_B}$

Ур-е КЛ-М.

$$1) P V = \Delta R T$$

$$2) P \frac{V}{\gamma} = (\Delta - \Delta_B) R T \Rightarrow P \frac{V}{\gamma} = \Delta R T - \Delta_B R T$$

$\downarrow$ объем пара

$$\Rightarrow \frac{P V}{\gamma} - P V = -\Delta_B R T \Rightarrow \Delta_B R T = P V \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right); P V = \Delta R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta_B R T = \Delta R T \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \Rightarrow \Delta_B = \Delta \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right).$$

$$PV = \nu RT \Rightarrow \text{для } J = \frac{PV}{RT}; \quad V_B = \frac{\mu V_B}{p_B} \Rightarrow V_B = \frac{p_B V_B}{\mu} - \text{полез.}$$

$$\Rightarrow \text{так } \frac{p_B V_B}{\mu} = \frac{PV_B}{RT} \left(1 - \frac{1}{J}\right) \Rightarrow \frac{V}{V_B} = \frac{RT p_B}{\mu P \left(1 - \frac{1}{J}\right)};$$

$$V = V_n \Rightarrow \frac{V_n}{V_B} = \frac{p_B RT}{\mu P \left(1 - \frac{1}{J}\right)} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \left(1 - \frac{1}{4,7}\right)} =$$

$$= 10^2 \cdot \frac{3058}{153 \left(\frac{4,7-1}{4,7}\right)} \approx 100 \cdot \frac{3060 \cdot 2 \cdot 4,7}{306 \cdot 3,7} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{4,7}{3,7} \approx 2,5 \cdot 10^3$$

$$= 2 \cdot 10^3 \quad \frac{3,7}{4} = \frac{36,1}{4} = 9,25 \Rightarrow 3,7 + 9,25 = 46,25 \approx 47$$

$$\Rightarrow \frac{V_n}{V_B} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{3,7 + \frac{3,7}{4}}{3,7} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{5}{4} = \frac{10^4}{4} = 2,5 \cdot 10^3$$

— отношение объемов пара и воды.

Ответ: 1) $\frac{p_n}{p_B} = \frac{\mu P}{p_B RT} = 5 \cdot 10^{-4}$

2) $\frac{V_n}{V_B} = \frac{p_B RT}{\mu P \left(1 - \frac{1}{J}\right)} = 2,5 \cdot 10^3$

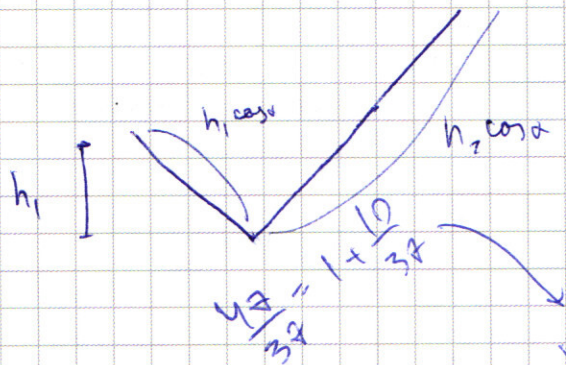
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Diagram 1: A circle with a horizontal radius labeled $\cos$. An angle of 30° is marked in the first quadrant. A note $180-30=150$ is written.

Equations:

- $\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$
- $\frac{(h_1+h_2)m_2 g \frac{h}{2}}{h_2} = \frac{h_1}{h_2} m_2 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} \quad (h_2 \neq 0)$
- $\sqrt{5}/1$
- $\frac{8.12}{100} = 130$
- $136 \cdot \frac{10}{5}$
- 1274
- $900 + 270 + 54$
- 10
- 1170
- 1224
- $17 \cdot 14 = 17 \cdot 4 + 170 = 238$
- $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- $1,71,4$
- $224 \cdot 4 = 896$
- $\frac{h_1+h_2}{2} \cdot h_2 (h_1+h_2) = h_1^2 h_2$
- $2,38 \cdot 8$
- $23,80$
- $4,76$
- $19,04$
- $\cos 60$
- $\frac{\sqrt{3}}{2} (\sqrt{2} - \frac{1}{2}) = \frac{\sqrt{3}}{2}$
- $4 \cdot 1224 = 4,896$
- $m_1 = \frac{h_1}{h_2} m_2$
- $\frac{218 \cdot 10^3}{2} = 1090000$
- Diagram 2:** A V-shaped diagram with a vertical line and a horizontal line, labeled h_1 and h_2 .
- Diagram 3:** A V-shaped diagram with a vertical line and a horizontal line, labeled h_1 and h_2 .
- Equations:**
 - $E_{p2} = (m_1 + m_2) g \frac{h}{2}$
 - $= m_1 g \frac{h}{2} + m_2 g \frac{h}{2}$
 - $E_{p1} = m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2}$
 - $\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$

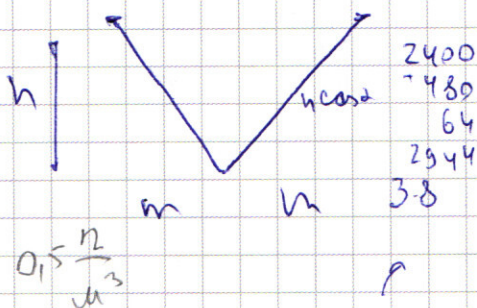


$$V = h \cos \alpha S (h_1 + h_2) \cos \alpha$$

$$m = \rho V = \rho S (h_1 + h_2) \cos \alpha$$

$$m_1 = \rho h_1 S \cos \alpha \quad m_2 = \rho h_2 S \cos \alpha$$

$$m = m_1 + m_2$$



$$h_1 + h_2 = 2m$$

$$V_1 + V_2 = 2V$$

$$2944 + 110.4 = 3054.4$$

$$S(h_1 + h_2) \cos \alpha = 2h \cos \alpha$$

$$368 \cdot 8.31 = 3058.8$$

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = 2mg \frac{h}{2}$$

$$0.5 \cdot 10^{-3} = 5$$

$$90 + 18 + 2.4 = 110.4$$

$$0.5 \cdot 4.7 = 2.35$$

$$500 \frac{2}{\mu s} = 0.5 \frac{\mu s}{\mu s}$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = 2mh$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = (m_1 + m_2) (h_1 + h_2)$$

$$\frac{\mu \cdot \mu^2}{c^2} = \frac{\mu \cdot \mu^2}{c^2 \cdot \mu^2}$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_1 h_1 + m_2 h_2 + m$$

$$\frac{18.85 \cdot 10^4}{8.31 - 360}$$

$$18.85 \frac{\mu s}{\mu s}$$

$$18.8$$

$$144.9$$

$$37.3 - 90.21 = -52.91$$

$$51.6 \cdot 2 = 103.2$$

$$18.85 = 2 = 306$$

$$\frac{153}{3058}$$

$$\mu^3 \frac{\mu s}{\mu s} = 1000 \cdot 1000 \cdot 1000$$