

Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 10-02

Класс 10

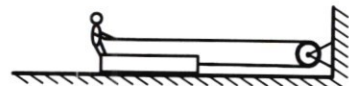
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

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.

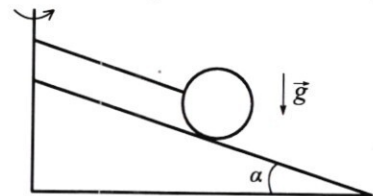
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

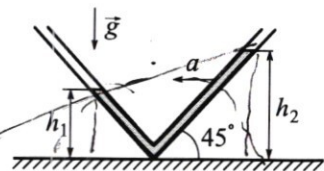
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.



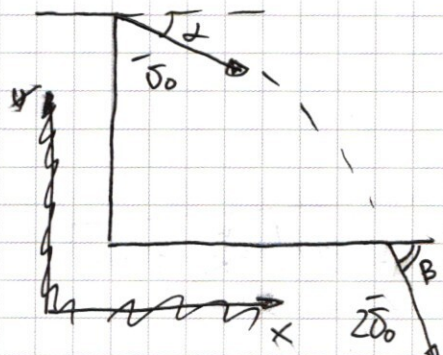
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

Задача 1.



начало:

$$\begin{aligned} O_x: v_{x1} &= v_0 \cos \alpha \\ O_y: v_{y1} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned}$$

конец:

$$\begin{aligned} O_x: v_{x2} &= 2v_0 \cos \beta \\ O_y: v_{y2} &= 2v_0 \sin \beta \end{aligned}$$

По закону Ньютона

$$O_x: F_{rx} = 0 \Rightarrow a_x = 0 \Rightarrow \text{движение}$$

по оси O_x - равномерное: $\Rightarrow v_{x1} = v_{x2}$

$$v_0 \cos \alpha = 2v_0 \cos \beta$$

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

$$v_{y2} = 2v_0 \sin \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

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

$$\begin{cases} h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} \\ h = \frac{v_{y2}^2 - v_0^2}{2g} \end{cases} \Rightarrow v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = \frac{4v_0^2 \sin^2 \beta - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$2g v_0 \sin \alpha t + g^2 t^2 = 4v_0^2 \sin^2 \beta - v_0^2 \sin^2 \alpha$$

Замена. Заменим все известные величины их значениями:

$$2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,5 t + 10^2 t^2 = 4 \cdot 10^2 \cdot \frac{13}{16} - 10^2 \cdot 0,25$$

$$100t^2 + 100t = 325 - 25$$

$$100t^2 + 100t - 300 = 0$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = 1 - 4 \cdot 1 \cdot (-3) = 13$$

$$t_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = \frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \text{ с}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) + \frac{9 \left(\frac{13}{4} - \frac{\sqrt{13}}{2} + \frac{1}{4} \right)}{2} =$$

$$\frac{10\sqrt{13}}{4} - \frac{10}{4} + \frac{10}{2} \left(\frac{13}{4} - \frac{\sqrt{13}}{2} + \frac{1}{4} \right) = \frac{10\sqrt{13}}{4} - \frac{10}{4} + \frac{130}{8} - \frac{10\sqrt{13}}{4} + \frac{10}{8} =$$

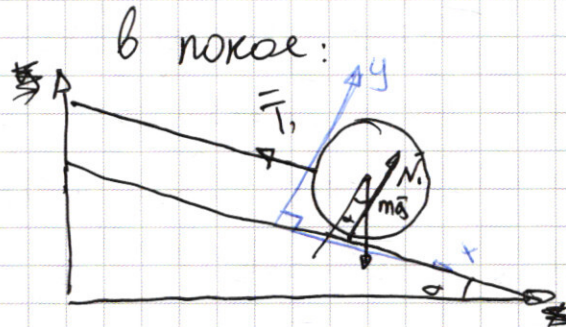
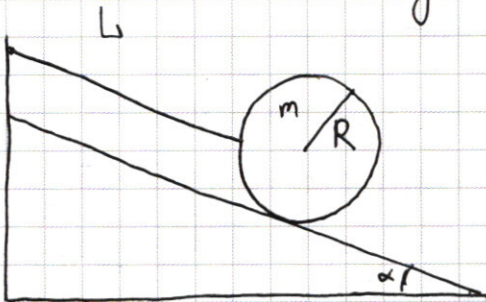
$$-\frac{20}{8} + \frac{10}{8} + \frac{130}{8} = \frac{130-10}{8} = \frac{120}{8} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $v_{y2} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $t_{\text{пол}} = \frac{\sqrt{13}-1}{2}$

3) $h = 15 \text{ м.}$

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

Задача 3.



По 2 закону Ньютона:

$$O_x: -T_1 + mg \sin \alpha = 0$$

$$O_y: N_1 - mg \cos \alpha = 0$$

$$N_1 = mg \cos \alpha \rightarrow P_1 = mg \cos \alpha$$

в движении.

По 3 закону Ньютона

$$|N_1| = |P_1|$$

$$a_{y2} = \omega^2 R_{\text{ш}} = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

По 2 закону Ньютона

$$O_x: -T_2 + mg \sin \alpha = -ma_{y2} \cos \alpha$$

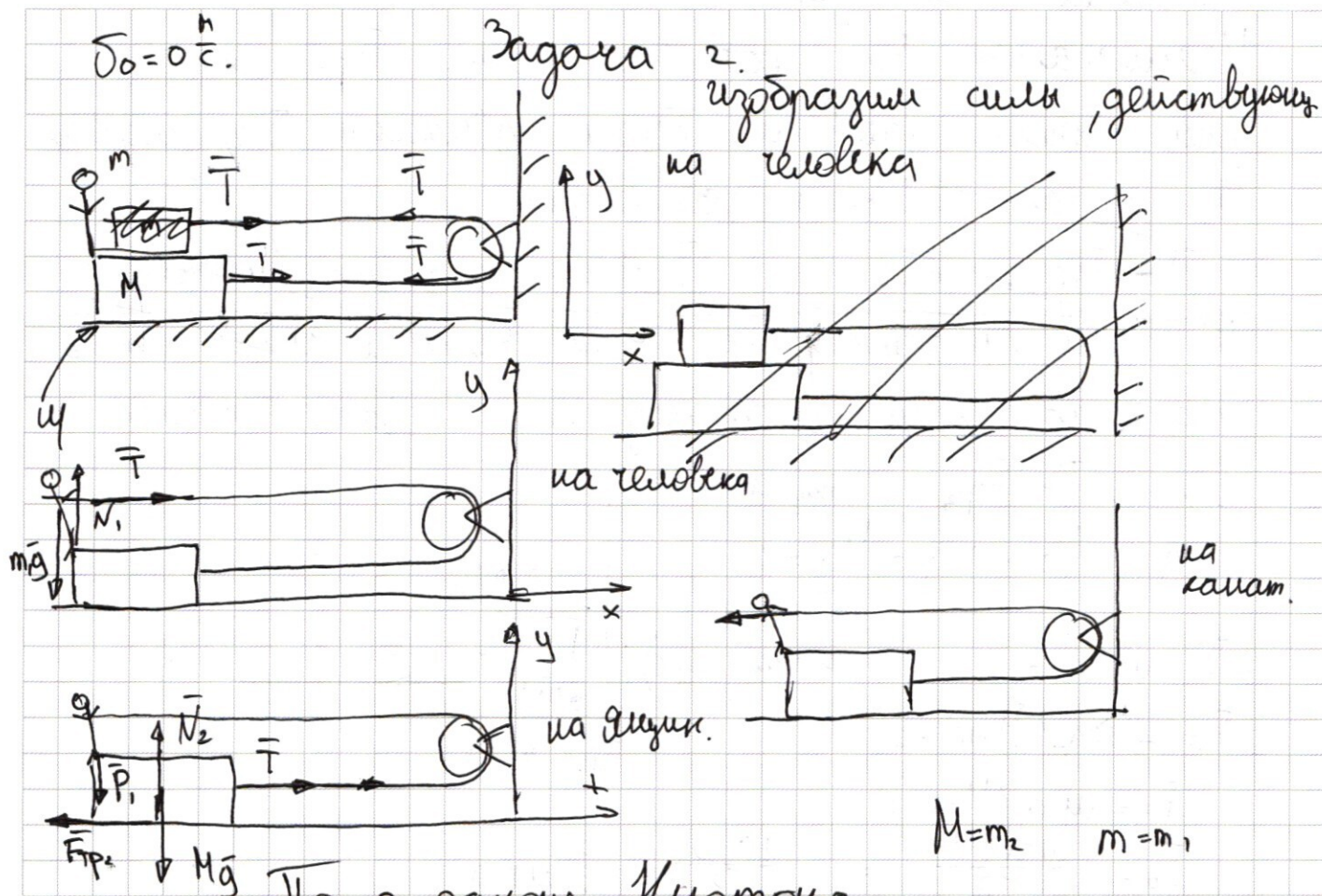
$$O_y: N_2 - mg \cos \alpha = -ma_{y2} \sin \alpha$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - a_{y2} \sin \alpha)$$

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

Ответ: АА. По 3 закону Ньютона $|N_2| = |P_2|$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



По 2 закону Ньютона:

диз. техника:

$$\text{Ox: } T = m, a,$$

Oy: $N_1 - m_1 g = 0 \quad N_1 = m_1 g$

По 3 закону Ньютона

F_0 с которой тянет человек палку T $|F_0| = 111$

$$|P_i| = |W_i|$$

$$1) N_2 = m_2 g + P_1 = m_2 g + N_1 = m_2 g + m_1 g = (M + m)g = 3mg$$

2) ~~по закону сохранения~~ Т.к. тело не перемещается относительно земли, то их можно свести в одно тело, ускорение которого будет равно ускор. тела ~~и земли в системе отсчета~~.

~~При перемещении человека и груза
совершается работа против силы трения)
По закону изменения энергии~~

~~$$A_{\text{тренинг. сил}} = \Delta E_{\text{п}} + \Delta E_{\text{к}}$$~~

Минимумы. F_0 соответствует $F_{\text{тр}2}$, т.к.

при этом условии будет движение без ускорения.
~~Из 2-го зак. Ньютона для груза.~~

~~$$T - F_{\text{тр}2} = m_2 a \quad |T| = |F_0| \text{ по 3-му Зак. Ньютона.}$$~~

~~Если представить, что человек и груз - 1 тело,
то на эту систему по 2-му Зак. Ньютона.~~

~~$$O_x: 2T - F_{\text{тр}3} = m_{\text{общ.}} a.$$~~

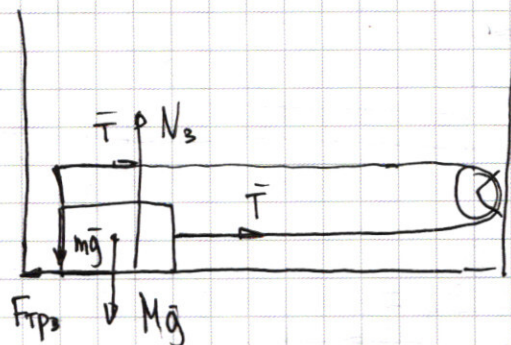
~~$$O_y: N_3 - mg - Mg = 0$$~~

~~$$2T - \mu N_3 = 0 \quad (\text{в нашем случ.})$$~~

~~$$2F_0 - \mu g(M+m) = 0$$~~

~~$$2F_0 = \mu g(M+m)$$~~

~~$$F_0 = \frac{\mu g(M+m)}{2} = \frac{\mu g \cdot 3m}{2} = \frac{3}{2} \mu mg$$~~



3) Если приложить силу $F (F > F_0)$, то система
начнет двигаться с ускорением a .

Т.к. система в момент t_0 покоилась, ~~то~~ а сила
 $F = \text{const} (\Rightarrow a = \text{const})$, то движение равноускорен.

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$2S = at^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

Из 2-го закона Ньютона.

$$2F - F_{\text{тр}3} = m_{\text{общ.}} a$$

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

$$a = \frac{2F - \mu g(M+m)}{M+m} = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

Примечание: 1) $P = 3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.



$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$p_n V = \frac{m_n}{M_n} RT$$

$$p_n V M_n = m_n RT$$

$$p_n = \frac{m_n}{V} = \frac{p_n M_n}{RT} = \frac{p_n}{RT}$$

$$\frac{3,55 \cdot 6,6}{8,31 \cdot 10^5} \approx 0,000025$$

1) По уравнению Менделеева-Клапейрона для насыщенного пара.

в сосуде только пар, логич. нет.

$M_n = 18$ (т.к. логич. пар.)

$$\frac{p_0}{p_n} = \frac{p_n}{RT p} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{8,31 \cdot 300 \text{ K} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}$$

$$\frac{p_0}{p_n} \approx \frac{1}{4} \quad \frac{p_n}{p_n} = 1$$

2) $T = \text{const}$ По уравн. Менделеева-Клапейрона для 2 составляющих:

$$\left\{ \begin{aligned} p_1 V_1 &= \frac{m_n}{M} RT \\ p_1 V_2 &= \frac{m_n - m_b}{M} RT \end{aligned} \right.$$

$p = \text{const}$ (т.к. пар. в процессе остаётся насыщенным (если логич.))

$$\frac{p_1 V_1}{p_1 V_2} = \frac{m_n RT}{(m_n - m_b) RT}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_n}{m_n - m_b}$$

$$V_1 = V_{\text{нач}} = V_2 + V_b = \frac{V_1}{\varphi} + V_b$$

$$\frac{V_1 V_2}{V_2 V_1} = \varphi \quad (\text{no gas})$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\varphi} \quad V_1 = \varphi V_2$$

$$\varphi = \frac{\frac{p_n V_1}{p_n V_2}}{\frac{p_n V_1}{p_n V_2} - \frac{p V_b}{p V_1}}$$

$$\varphi = \frac{m_n}{m_n - m_b}$$

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{p_n V_1 - p V_b}{p_n V_1} = 1 - \frac{p V_b}{p_n V_1}$$

$$\frac{1}{\gamma} = 1 - \frac{pV_B}{p_n V_2}$$

$$1 = \gamma - \frac{pV_B}{p_n V_2}$$

$$\frac{pV_B}{p_n V_2} = \gamma - 1$$

$$\frac{V_B}{V_2} \frac{p_n V_2}{p V_B} = \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$\frac{V_2}{V_B} = \frac{p}{p_n (\gamma - 1)} = \frac{p RT}{p_n (\gamma - 1)}$$

$$\frac{1 \cdot 10^5 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ K}}{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-6} (5,6 - 1)} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot 1000}{3,55 \cdot 1000 \cdot 18 \cdot 4,6} =$$

$$\frac{8,31}{3,55 \cdot 6 \cdot 4,6 \cdot 10^5} =$$

$$\frac{4}{p_n (\gamma - 1)} \approx \frac{4}{4,6}$$

$$\frac{1}{0,000025 \cdot 4,6} =$$

$$\frac{8,31 \cdot 5}{3,55 \cdot 3 \cdot 4,6}$$

$$\frac{1000000}{25 \cdot 4,6}$$

$$\frac{40000}{4,6}$$

$$= \frac{20000}{2,3}$$

$$\approx 8697,17$$

Ответ: 1) $\frac{p_n}{p_B} = 0,000025$ 2) $\frac{V_{n2}}{V_B} = 8697,17$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

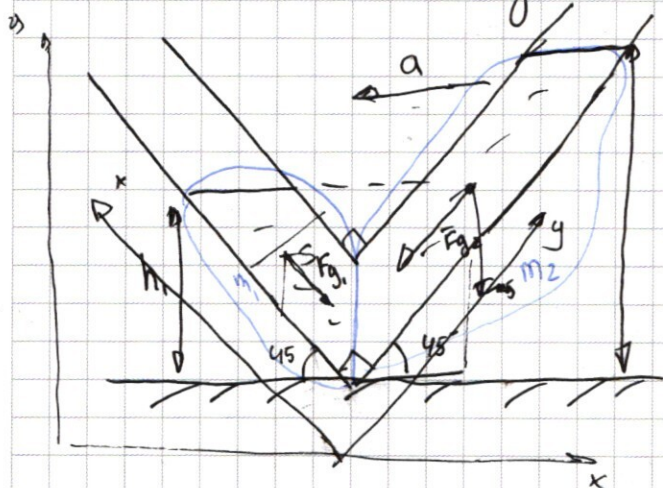
Задача 4.

$\alpha = 45^\circ$, $a = 4 \frac{m}{s^2}$, $h_1 = 10 \text{ см}$.

атм. р не учитывается
Т.к. оно действует на оба шарика

$O_x: m_1 a + m_1 g \cos \alpha = m_2 g \cos \alpha$

$O_y:$



вода не твердое тело и при движении с ускорением по поверхности старается сохранить своё положение. Вода выталкивается за счет действующей силы.

Т.к. вода из шарика ~~не~~ установилась, то $F_{g.1} = F_{g.2}$

$F_{g.1} = m_1 g \sin \alpha = F_{g.2} = m_2 g \sin \alpha$

$F_{g.2} = \frac{m_2 g}{\sin \alpha}$

$m_1 a = \frac{m_2 g \sin \alpha}{\sin \alpha}$

$\sin \alpha = \frac{h_1}{L_1}$

$L_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}$

$L_1 a = \frac{(L_2 - L_1) g}{\sin \alpha}$

$\frac{h_1 a}{\sin \alpha} = \frac{(h_2 - h_1) g}{\sin \alpha}$

$h_1 a = (h_2 - h_1) g$

$h_2 = \frac{h_1 a \sin \alpha}{g} + h_1 = h_1 \left(\frac{a \sin \alpha}{g} + 1 \right) =$

$0,1 \cdot \left(\frac{4}{10} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{5} + 1 \right) =$

Ответ: 1) $h_2 = \frac{\sqrt{2}+5}{50} \text{ м} = \frac{\sqrt{2}}{50} + 0,1 \text{ м} = 0,14 \text{ м} = 14 \text{ см}$

Из метода малых перемещений.
пусть ~~шарик~~ ^{шарик} в трубе опустился на Δx
тогда она придет в другое состояние:

Потенциальная энергия

$$E_n = E_k. \quad m g \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{m_0 v^2}{2}$$

$$m_k = m_0 \quad v_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

по оси Ox : $\vec{v}_0 \cos \alpha = \vec{v}_x$, по оси Oy : $2\vec{v}_0 \cos \beta = \vec{v}_x$

Oy : $-\vec{v}_0 \sin \alpha = \vec{v}_y$, Oy : $2\vec{v}_0 \sin \beta = \vec{v}_y$

Т.к. движение вдоль оси Ox -

равномерное (нет сил $\Rightarrow$ нет a)

$\vec{v}_x = \vec{v}_y$ Т.к. $\vec{v}_x = \text{const}$

$\vec{v}_0 \cos \alpha = 2\vec{v}_0 \cos \beta$

$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$, тогда

$\vec{v}_{y2} = -2\vec{v}_0 \sin \beta = -2\vec{v}_0 \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = -2 \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = 2 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{16}} = 10 \cdot \sqrt{13} \frac{m}{c}$

$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$

из основной тригонометр. тождества.

$\begin{cases} h = \vec{v}_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} \\ h = \vec{v}_k \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$

$h = \frac{(2\vec{v}_0 \sin \beta)^2 - (\vec{v}_0 \sin \alpha)^2}{2g}$

$\vec{v}_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = \frac{4\vec{v}_0^2 \sin^2 \beta - \vec{v}_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$\vec{v}_0 \sin \alpha t \cdot 2g + g^2 t^2 = 4\vec{v}_0^2 \sin^2 \beta - \vec{v}_0^2 \sin^2 \alpha$

Заменяем все изв. знач. на цифры.

$10 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 10 t + 10^2 t^2 - 4 \cdot 100 \cdot \frac{13}{16} + 100 \cdot 0,5^2 = 0$

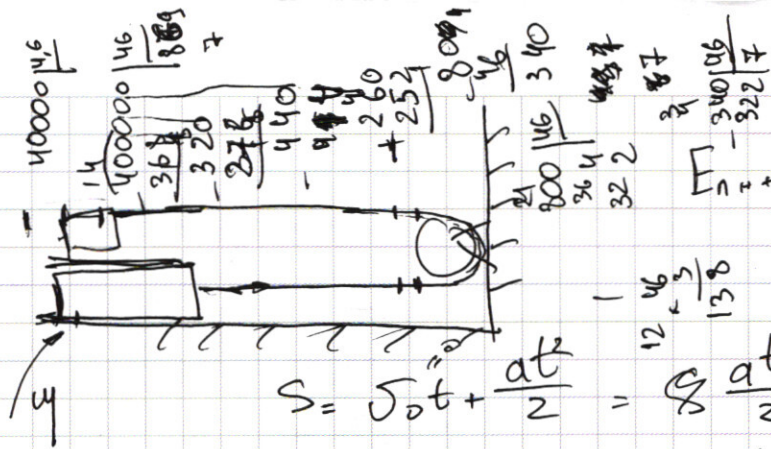
$t^2 + t - 300 = 0$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)



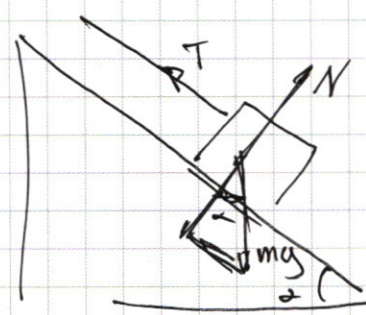
$$E_{n1} + E_{k1} = E_{n2} + E_{k2} + Q + A$$

$$\frac{111}{21300} \frac{231}{25} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

$$S = \int_0^t v dt = \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2}$$

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

$$P = \frac{3,55}{21,30}$$



$$N - mg \cos \alpha = 0$$

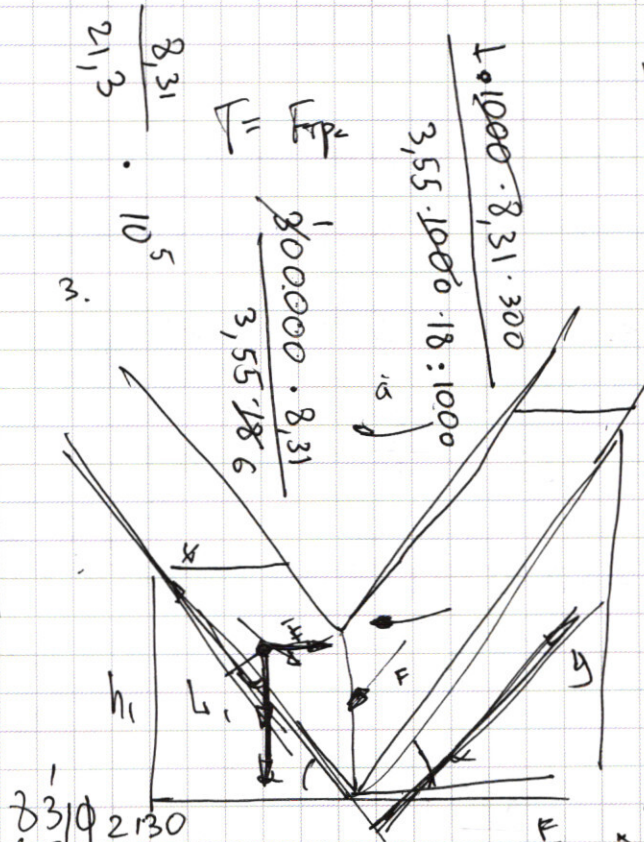
$$-T + mg \sin \alpha = 0$$

$$2130 - \frac{2130 \cdot 813}{1662} = 0,25$$

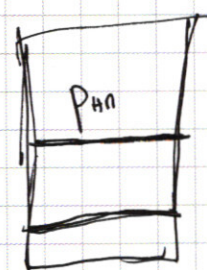
$$F_{T1} + \gamma_{\text{ягрен}} = F_{T2}$$

$$0 = -m \cdot g \sin \alpha +$$

$$\frac{33}{2130} \times \frac{3,55}{1,6}$$



$$P = \frac{pV}{RT} = \frac{\frac{H}{M^2} \cdot M^3}{\frac{r}{\text{моль}} \cdot K} \frac{H \cdot \text{моль}}{K \cdot K}$$



$$T = \frac{33}{2130} \frac{3,55}{1,6} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

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

$$m n RT = p_{\text{нн}} V M$$

$$\frac{m n}{V} = \frac{p_{\text{нн}} M}{RT P}$$

$$V_{\text{нн}} = pV_2 + V_B$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{13}{4} - \frac{2\sqrt{13}}{4} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{p_n}{p_B} = \frac{273}{300}$$

$$3,55 \cdot 1000 \cdot 18 : 1000$$

$$8,31 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 1000000$$

$$\frac{3,55 \cdot 6}{8,31 \cdot 10}$$

$$\frac{3,55 \cdot 6}{8,31}$$