

Олимпиада «Физтех» по физике, с

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.

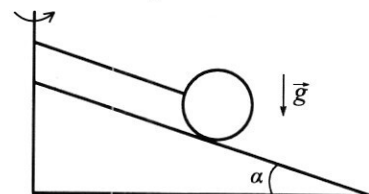
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

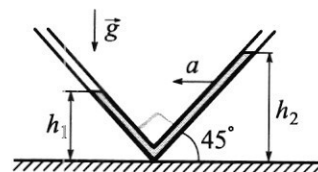
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

№1

$$m g H + m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{(2v_0)^2}{2}; H = \frac{3 v_0^2}{2g} = 15 \text{ м.}$$

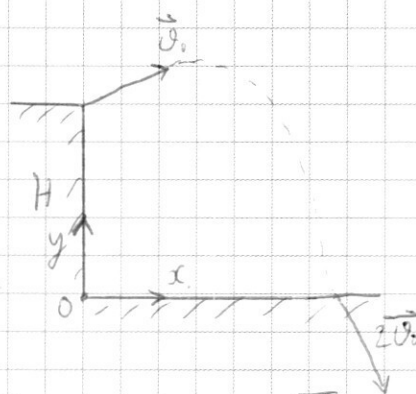
$$0 = H + v_0 \sin 2t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t^2 - t - 3 = 0$$

$$t = \frac{1 + \sqrt{13}}{2}, t - \text{время полёта, } m - \text{масса камня}$$

Пусть v_{1y} - верт. скор. камня к земле

$$\Rightarrow -v_{1y} = v_0 \sin 2 - gt \Rightarrow v_{1y} = gt - v_0 \cos 2 = 5 + 5\sqrt{3} - 5 = 5\sqrt{3}$$

Ответ: $v_{1y} = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}; t = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}; H = 15 \text{ м.}$



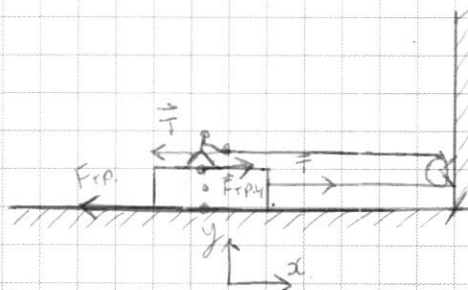
№2

Сила гравитации пол $N = m + 2mg = 3mg$.

Сила натяжения T , сила трения

бруска о пол $F_{тр}$, сила трения

человека о брусек $F_{трч}$.



Т.к человек находится в покое относительно бруска $\Rightarrow$

$\Rightarrow T = F_{трч}; T = F$, где F - сила, с которой тянет

человек $\Rightarrow 3ma = 2F - F_{тр}$.

$$\text{Если } F = F_0 \Rightarrow 2F_0 = F_{тр} = 3\mu mg \Rightarrow F_0 = \frac{3}{2}\mu mg.$$

Пусть t - искомое время;

$$a = \frac{2F}{m} - 3\mu g; s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{s}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2}\mu g}}$$

Ответ: $N = 3mg; F_0 = \frac{3}{2}\mu mg; t = \sqrt{\frac{s}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2}\mu g}}$

№3

Если $\omega = 0 \Rightarrow$ угловая сила $\vec{F}_{45} = 0$

Тяга T - сила трения; N - сила реакции

$|N| = |P|$, где P - сила тяжести.

Если $\omega = 0: P = N = mg \cos \alpha$

Если $\omega \neq 0$:

$$mg \cos \alpha = N + m(L+R)\omega^2 \sin \alpha \Rightarrow P_2 = N = mg \cos \alpha - m(L+R)\omega^2 \sin \alpha$$

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

№5.

$P = P_H$ - давление насыщенных паров $\Rightarrow P = \text{const}$.

$PV_1 = \nu RT \Rightarrow V_{\text{газа}} \sim \nu$ т.к. $P = \text{const}$; $T = \text{const}$.

$PV_1 = \frac{P_H V_1}{P} RT \Rightarrow P = \frac{P_H}{P} RT \Rightarrow P_H = \frac{P}{RT}$, где P_H - мольная доля паров воды.

$$P_H = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300} \approx 2,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\alpha = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{1000} = 2,6 \cdot 10^{-5}; \alpha = \frac{P_H}{P_0} \text{ (искомое отношение)}$$

Для второго случая, когда объем воды $= V_0$;

объем паров $= V_H$.

$$\frac{V_H}{V_0} = \frac{m_H/P_H}{m_0/P_0} = \frac{m_H}{m_0 \cdot \alpha} = \frac{\nu_H \cdot M}{\nu_0 \cdot M \cdot \alpha} \quad \text{т.к. } \nu \sim V; \quad (\nu_H, \nu_0 - \text{кол-во паров и воды})$$

$$\nu_H = \frac{\nu_0}{5,6}; \nu_B = \nu_0 - \frac{\nu_0}{5,6}, \nu_0 - \text{изнач. кол-во пара.}$$

$$\Rightarrow \frac{V_H}{V_B} = \frac{\frac{1}{5,6}}{(1 - \frac{1}{5,6})\alpha} = \frac{1}{4,6 \cdot \alpha} \approx \frac{1}{12 \cdot 10^{-5}} = \frac{1}{12} \cdot 10^5$$

Ответ: $\frac{P_H}{P_0} \approx 2,6 \cdot 10^{-5}$; $\frac{V_H}{V_B} \approx \frac{1}{12} \cdot 10^5 \approx 8,3 \cdot 10^3$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{2} = 4.$$

$$a(m_1 + m_2) \cos \alpha = g(m_2 - m_1) \sin \alpha. \quad \text{т.к. } \alpha = 45^\circ:$$

$$a(m_1 + m_2) = g(m_2 - m_1) \quad \text{т.к. } m \sim h \Rightarrow$$

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

где m_1, m_2 — массы бочек в левой и правой частях
трубы соотв-но.

$$h_2 = 0,1 \cdot \frac{4+10}{10-4} = 0,1 \cdot \frac{14}{6} = 0,1 \cdot \frac{7}{3} \approx 0,1 \cdot 2,33 = 0,233 \text{ м.}$$

Высота центра масс в момент остановки:

$$h_{cm} = \frac{(h_1^2 + h_2^2)}{2(h_1 + h_2)} \cdot \frac{h_2 \cdot m_2 - h_1 \cdot m_1}{h_1 + h_2} = \frac{h_2^2 - h_1^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{0,053 - 0,01}{2 \cdot 0,33} \approx$$

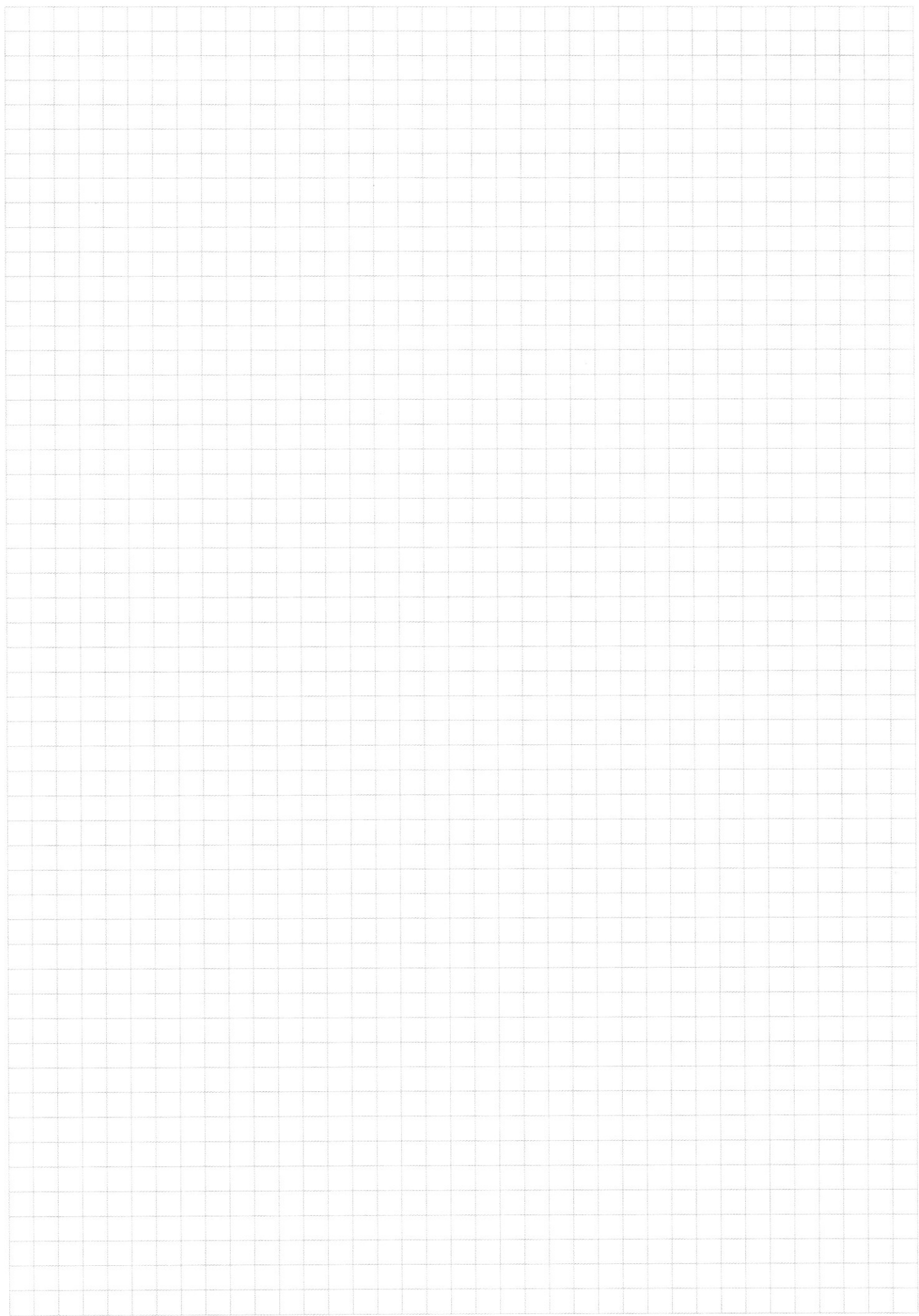
$$\approx 0,067 \text{ м.}$$

Высота когда оба столба равны $= h_0 = \frac{h_1 + h_2}{2} \approx 0,17$.

$$g h_{cm} = \frac{v_0^2}{2} + g h_0 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2g(h_{cm} - h_0)} = \sqrt{2g(0,067 - 0,17)} =$$

$$= \sqrt{2,06}, \quad v_0 \text{ — искомая скорость.}$$

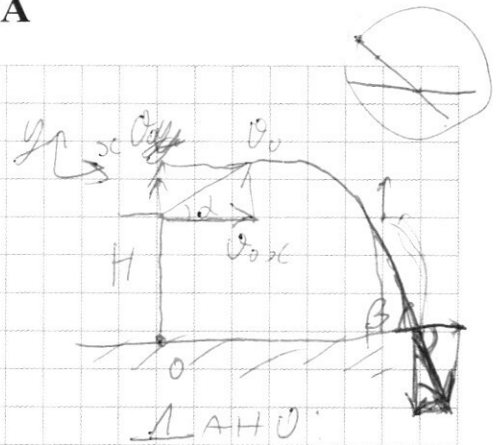
$$\text{Ответ: } h_2 \approx 0,233 \text{ м; } v_0 \approx \sqrt{2,06}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mgH + m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{(2v_0)^2}{2} \quad \text{или} \quad gH + \frac{v_0^2}{2} = \frac{4v_0^2}{2}$$

$$gH = \frac{3}{2} v_0^2 \quad ; \quad H = \frac{3 v_0^2}{2g}$$



$$v_0 = 2; \quad v_1 = 2v_0$$

~~$$mgH + m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{(2v_0)^2}{2}$$~~

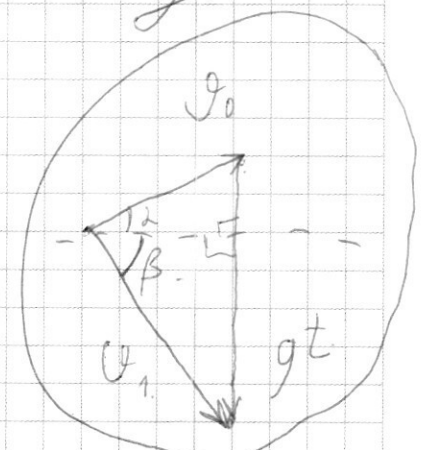
~~$$v_0 - v_{0y} = v_{0y} = gt \Rightarrow t = \frac{v_0 - v_{0y}}{g}$$~~

$$t = \frac{v_{0y} + v_{1y}}{g}$$

~~$$v_0 - v_{0y}$$~~

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + 2v_0 \sin \beta}{g}$$

$$0 = H + v_0 \sin \alpha t$$



~~$$gH + \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2} = \frac{(2v_0 \sin \beta)^2}{2}$$~~

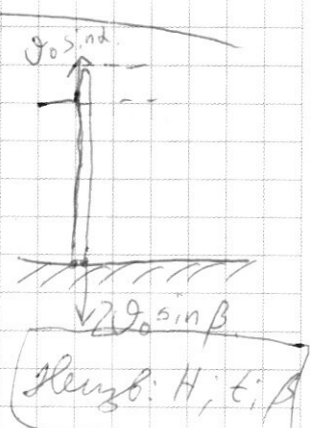
$$H = \frac{v_0^2 (4 \sin^2 \beta - \sin^2 \alpha)}{2g}$$

~~$$2v_0 \sin \beta = v_0 \sin \alpha - gt$$~~

$$0 = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$+ \frac{2v_0^2 (\sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \sin \beta)}{2g} = \frac{v_0^2 (\sin^2 \alpha + 4 \sin \alpha \sin \beta + 4 \sin^2 \beta)}{2g}$$

$$0 = \frac{v_0^2 (4 \sin^2 \beta - \sin^2 \alpha)}{2g}$$



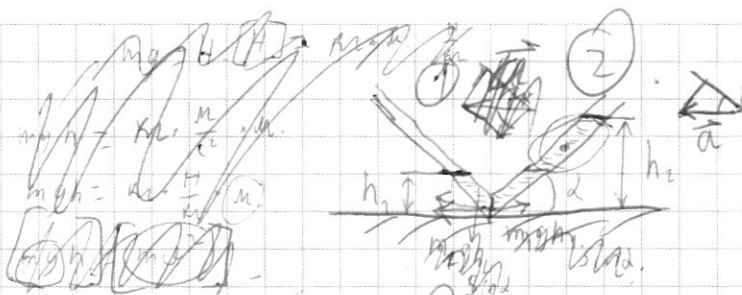
√ 4.

~~Дан шарик~~
~~м, а =~~

Рассчитать в центре:

м, а.

3,55 · 2 =



Дано:

(2) a, h,

273

~~$PV_1 = nRT \Rightarrow V_1 \sim V_2$~~

~~$PV_1 = \frac{m}{M} RT$~~

~~$PV_1 = \frac{PV_2}{P_2} RT \Rightarrow P_H = \frac{P_M}{P_2} RT \Rightarrow P_H = \frac{PM}{RT}$~~

~~$P_H = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300} = \frac{63,9}{8,3 \cdot 300} = \frac{21,3}{8,3 \cdot 100} \approx 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$~~

$T = 300 \text{ K}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $P_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $\rho_B = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

$L = \frac{P_H}{P_B} = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{1000} \approx 2,6 \cdot 10^{-6}$

$3,55 \cdot 18 = 7,1 \cdot 9$
 $= 63 + 0,9 = 63,9$
 $\begin{array}{r} 1013 \\ 213 \cdot 83 \\ \hline 166 \cdot 256 \\ - 470 \\ \hline 415 \cdot 92 \\ \hline 55 \cdot 1196 \\ - 49 \end{array}$

~~$\frac{V_H}{V_B} = \frac{m_H/P_H}{m_B/P_B} = \frac{m_H}{m_B} \cdot \frac{P_B}{P_H} = \frac{m_H}{m_B \cdot 2}$~~

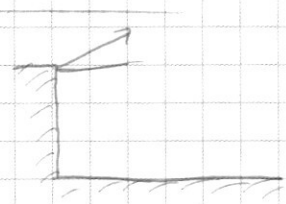
~~$= \frac{V_H \cdot M}{V_B \cdot M \cdot 2} = \frac{V_H}{V_B \cdot 2}$~~

~~$P_H = \frac{PM}{RT} \Rightarrow V_H = V_0 / 5,6 \quad V_B = (V_0 - V_0 / 5,6)$~~



$\frac{V_H}{V_B} = \frac{\frac{1}{5,6}}{(1 - \frac{1}{5,6}) \cdot 2} = \frac{\frac{1}{5,6}}{\frac{5,6-1}{5,6} \cdot 2} = \frac{1}{4,6 \cdot 2} \approx \frac{1}{12 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{12} \cdot 10^6$

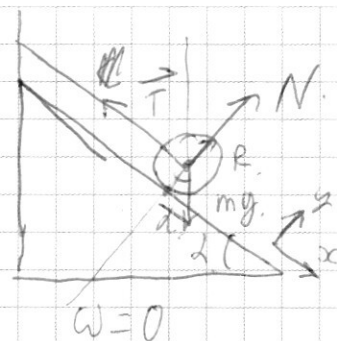
~~$v_{iy} = v_0 \sin \alpha - gt$~~



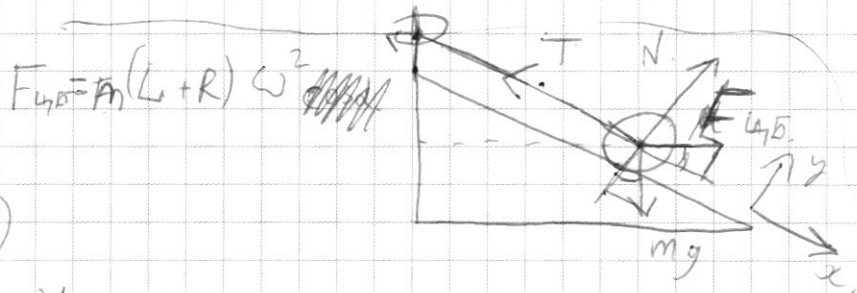
$\frac{1}{12} = \frac{100}{96} \cdot 0,83$
 $\frac{1}{12} = \frac{40}{36}$

№3. $a = R\omega^2$

x: $T = mg \sin \alpha$
y: $N = mg \cos \alpha = P$



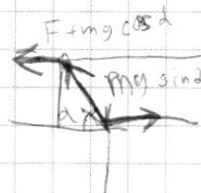
$\omega = 0$
Дано:
 $L, R, a/m$



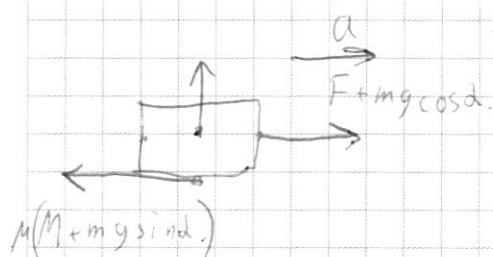
Возьмем за начало:

-x: $T = m(L+R)\omega^2 \cos \alpha + mg \sin \alpha$
y: $mg \cos \alpha = N + m(L+R)\omega^2 \sin \alpha$

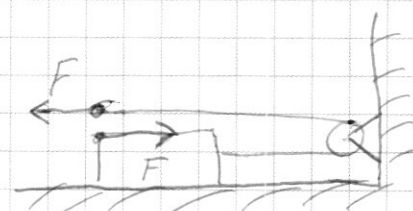
$|P| = |N| = mg \cos \alpha - m(L+R)\omega^2 \sin \alpha$



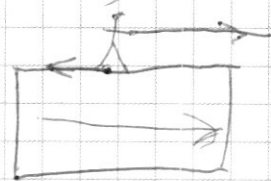
№2.



x: $F = F + mg \cos \alpha - \mu(M + mg \sin \alpha)$
y: $N = (M + mg \sin \alpha)$



Дано:
 $S, m, M=2m, \mu$

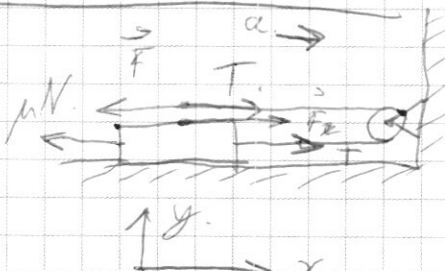


y: $N = (m + M)g = 3mg$

x: $\mu N = F + T$
 $3\mu mg = 2F_0$; $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$

Если F и F_0 :

$m a = 2F - 3\mu mg$; $a = \frac{2F}{m} - 3\mu g$; $S = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \dots$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0 = \frac{v_0^2}{2g} \cdot (4\sin^2\beta - \sin^2\alpha + 2\sin^2\alpha + 4\sin\alpha\sin\beta - \sin^2\alpha - 4\sin\alpha\sin\beta - 4\sin^2\beta) = \frac{v_0^2}{2g} \cdot (\sqrt{0})$$

$$H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м.}$$

$$\frac{gH}{2v_0^2} + \frac{\sin^2\alpha}{4} = \sin^2\beta \Rightarrow \sin^2\beta = \frac{10 \cdot 15}{2 \cdot 10^2} + \frac{1}{8} = \frac{15}{2} + \frac{1}{8} = \frac{60}{8} + \frac{1}{8} = \frac{61}{8}$$

$$0 = H + v_0 \sin\alpha t - \frac{gt^2}{2}; 0 = 15 + 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot t - \frac{10t^2}{2};$$

$$0 = 15 + 5t - 5t^2; t^2 - t - 3 = 0; D = \frac{1 + 12}{4} = \frac{13}{4}$$

$$t = \frac{1 \pm \sqrt{13}}{2}; t = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}$$

$$v_{xy} = v_0 \sin\alpha - gt$$

$$v_{xy} = v_0 \sin\alpha - gt \Rightarrow v_{xy} = gt - v_0 \sin\alpha = 5 + 5\sqrt{13} - 5 = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\lambda = 4.$$

$$a(m_1 + m_2) \cos \alpha = g(m_2 - m_1) \sin \alpha.$$

$$a(h_1 + h_2) = g(h_2 - h_1).$$

$$(a h_1 + a h_2 - g h_2 + g h_1) = 0, \quad h_2(g - a) = h_1(a + g)$$

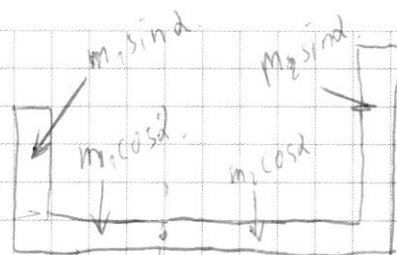
$$h_2 = \frac{h_1(a + g)}{g - a}$$

Получим: $a = 0$.

$$\begin{array}{r} 0,238 \\ \times 0,23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 0,0529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 3} \\ 20 \overline{) 0,66} \\ 18 \overline{) } \\ \hline 1 \\ 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \overline{) 3} \\ 6 \overline{) 2,33} \\ 10 \overline{) } \\ 9 \overline{) } \\ \hline 1 \end{array}$$



Высота ч.м. ~~при остановке~~ при остановке:

$$h_{\text{ч.м.}} = \frac{\frac{h_2^2}{2} - \frac{h_1^2}{2}}{h_1 + h_2} = \frac{h_2^2 - h_1^2}{2(h_1 + h_2)} \approx \frac{0,053 - 0,049}{2(0,33)} =$$

$$\frac{0,004}{0,66} = \frac{4,3}{66} = \frac{43}{660} \cdot 10^{-1} \approx \frac{44}{660} = \frac{2}{30} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-1}$$

$$0,67 \cdot 10^{-1} = 0,067$$

$$\left(\frac{20}{100}\right)^2 = \frac{400}{10000}$$

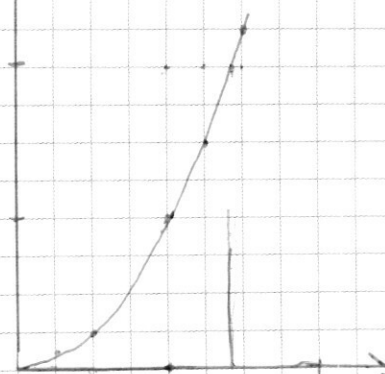
$$\frac{0,33}{2} = 0,17$$

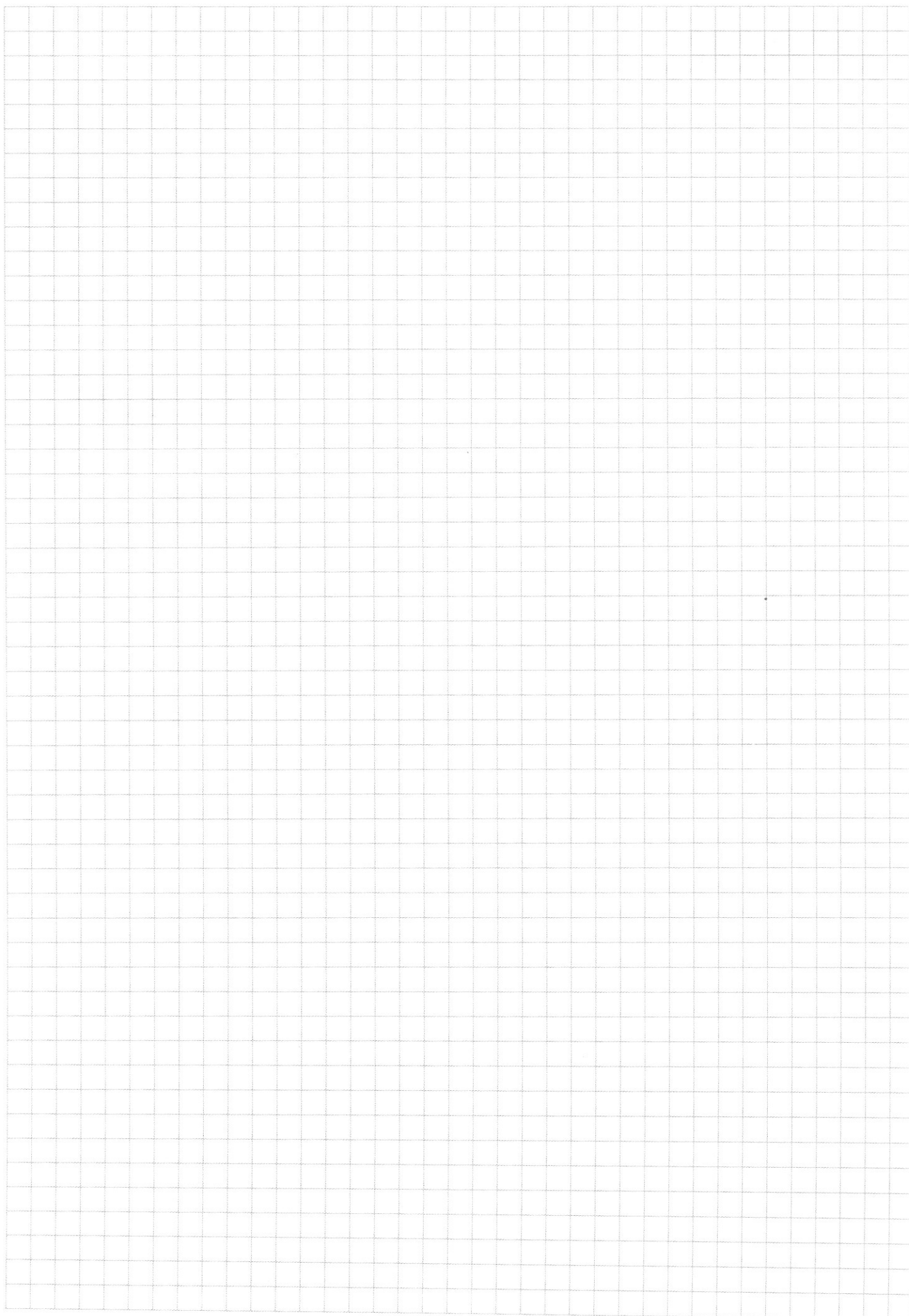
$$2 \cdot 10 \cdot 0,103, \quad 103 \cdot 2 = 2,06$$

$$\frac{1}{2} \quad 1,5^2 = 2,25$$

$$\begin{array}{r} 1,25 \\ \times 1,25 \\ \hline 125 \\ 250 \\ \hline 1,5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 610 \\ - 170 \\ \hline 67 \\ 105 \end{array}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)