

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

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?

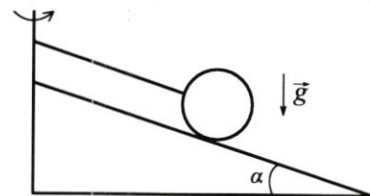
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

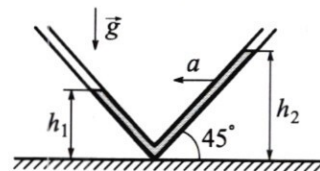


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

N1.

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

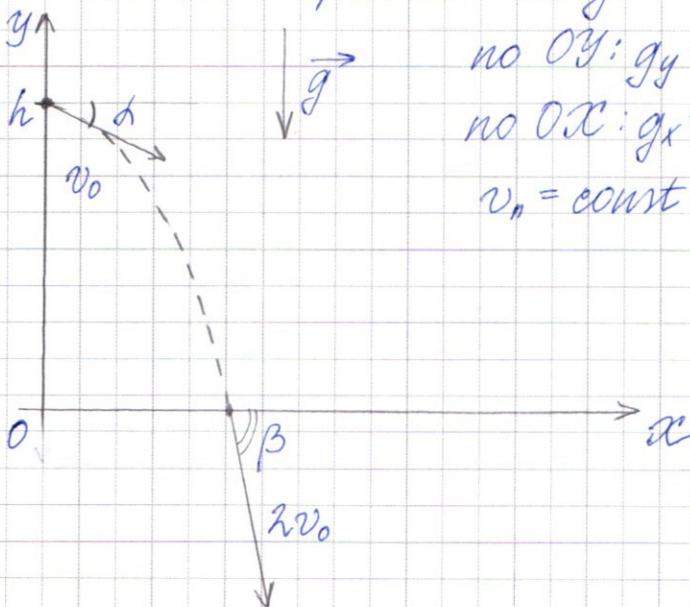
$$v_k = 2v_0$$

$$v_{k\perp} = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

В полёте гайна всё время приближалась к горизонтальной поверхности Земли $\Rightarrow$ изначально она была брошена вниз



по ОУ: $g_y = -g \Rightarrow \text{ПУА}$

по ОХ: $g_x = 0 \Rightarrow \text{РА} \Rightarrow$

$$v_n = \text{const} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

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

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$$

$$\sin^2 \beta = 1 - \cos^2 \beta = 1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{4 - \cos^2 \alpha}}{2}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{4 - 0,75}}{2} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_{k\perp} = 2v_0 \cdot \sin \beta = \frac{2v_0 \cdot \sqrt{13}}{4} = \frac{v_0 \cdot \sqrt{13}}{2} = \frac{10\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} \approx 18 \text{ м/с}$$

Сопротивления воздуха нет $\Rightarrow$ по ЗСЭ:

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m \cdot (2v_0)^2}{2}$$

$$2gh = 4v_0^2 - v_0^2$$

$$2gh = 3v_0^2$$

$$h = \frac{3v_0^2}{2g}$$

$$h = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м}$$

$$-h = -v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

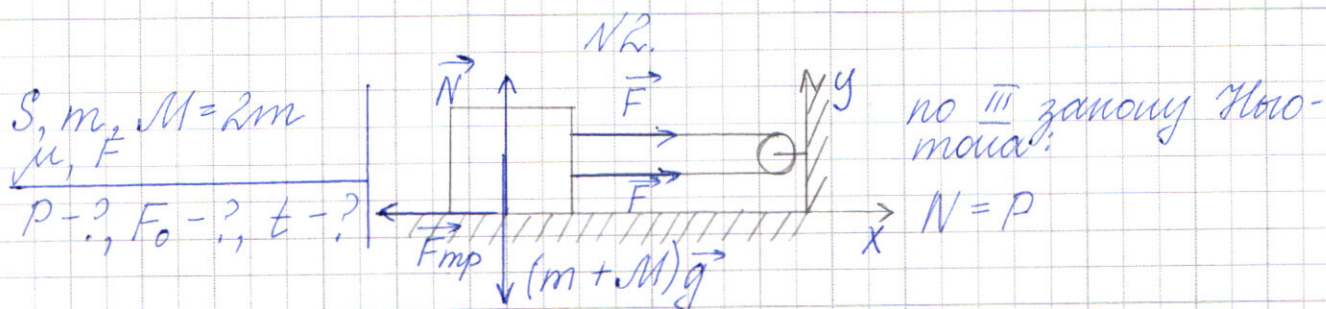
$$\frac{gt^2}{2} + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - h = 0$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

$$t = \frac{-10 \cdot 0,5 + \sqrt{100 \cdot 0,25 + 2 \cdot 10 \cdot 15}}{10} = \frac{-5 + \sqrt{25 + 300}}{10}$$

$$\approx \frac{-5 + 18}{10} = 1,3 \text{ с}$$

Ответ: 18 м/с; 1,3 с; 15 м.



по II закону Ньютона:

$$OY: 0 = N - (m + M)g$$

$$P = 3mg$$

$$OX: 3ma_x = 2F - F_{mp}$$

Если шухи едем, то $F_{mp} = \mu N = \mu \cdot 3mg = \text{const} \Rightarrow$

$F_{\min}$ при $a_x \min$, т.е. при $a_x = 0$

$$0 = 2F_0 - 3\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2F_0 = 3\mu mg$$

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

$$3ma = 2F - 3\mu mg$$

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

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad v_0 = 0, \text{ т.к. из сост. покоя}$$

$$S = \frac{(2F - 3\mu mg) \cdot t^2}{2m \cdot 3}$$

$$t^2 = \frac{3 \cdot 2mS}{2F - 3\mu mg}$$

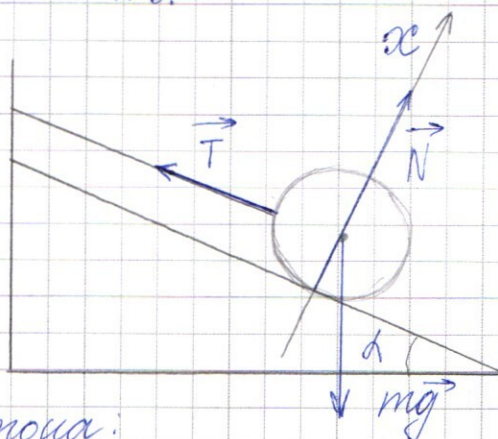
$$t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $3mg$, $\frac{3\mu mg}{2}$, $\sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$.

№3.

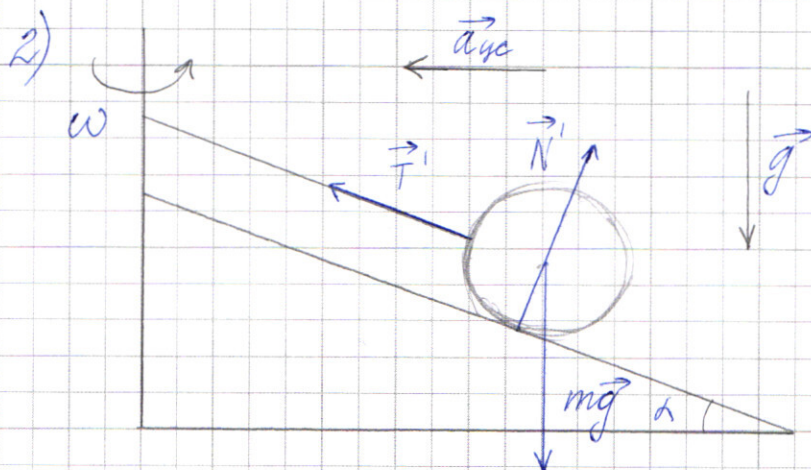
m, R, h, R, ω
 $N, N' = ?$
 $P, P' = ?$

1)



по $\vec{m}$ закону
Ньютона:
 $N = P$

по $\vec{n}$ закону Ньютона:
 $N = mg \cdot \cos h$



по $\vec{m}$ закону
Ньютона:

$$N' = P'$$

$$a_{acc} = \omega^2 \cdot (L + R) \cdot \cos \alpha$$

по $\vec{\Pi}$ закону Ньютона:

$$\begin{cases} m a_{acc} = T' \cdot \cos \alpha - N' \cdot \sin \alpha \\ 0 = mg - N' \cdot \cos \alpha - T' \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$T' = \frac{mg - N' \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m \omega^2 (L + R) \cos \alpha = \frac{mg - N' \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha - N' \cdot \sin \alpha$$

$$N' (\cos \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \sin \alpha) = mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

$$N' = \frac{mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \sin \alpha}$$

$$N' = \frac{mg - m \omega^2 (L + R) \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

Ответ: $mg \cdot \cos \alpha$; $\frac{mg - m \omega^2 (L + R) \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

№5

$$\begin{aligned} t &= 27^\circ \text{C} \\ p &= 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \\ \varphi &= 100\% \end{aligned}$$

$$k = \frac{g_{\text{пара}}}{g} - ?$$

$$\delta = \frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{водор}}} - ? (\gamma = 5,6)$$

m - масса пара изначально

m' - масса сконденсировавшегося пара

V_0 - изначальный объём пара

$$V_{\text{пара}} = \frac{V_0}{\gamma}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$pV_0 = \frac{mRT}{\mu} = \frac{\rho_{\text{пара}} V_0 RT}{\mu}$$

$$\rho_{\text{пара}} = \frac{\mu p}{RT}$$

$$k = \frac{\mu p}{\rho RT}$$

$$k = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} = \frac{18 \cdot 3,55}{25 \cdot 10^5} \approx$$

$$\approx \frac{2,56}{10^7} = 2,56 \cdot 10^{-5}$$

Пар всё время насыщенный, т.к. происходит конденсация,
 $t = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}$

$$\frac{pV_0}{\gamma} = \frac{(m - m')RT}{\mu} = \frac{mRT}{\gamma\mu} \quad \text{— упрощ. сост. для оставшегося пара}$$

$$V_{\text{вода}} = \frac{m'}{\rho}$$

$$V_{\text{пара}} = \frac{mRT}{\gamma\mu p}$$

$$mRT \cdot \frac{\gamma}{\mu} - m'RT \gamma = mRT$$

$$m' = m(\gamma - 1)/\gamma$$

$$V_{\text{вода}} = \frac{m(\gamma - 1)}{\rho \gamma}$$

из (1) и (2):

$$h = \frac{mRT \cdot \gamma}{m(\gamma - 1) \cdot \gamma \mu p}$$

$$h = \frac{AT}{\mu p (\gamma - 1)}$$

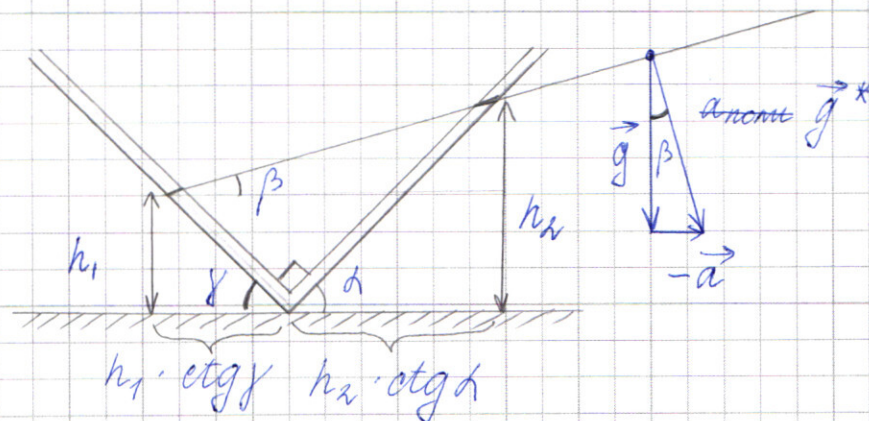
$$h = \frac{8,31 \cdot 300}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3 (5,6 - 1)} = \frac{25 \cdot 10^2}{64 \cdot 4,6} \approx 8,5$$

Отвѣт: $2,6 \cdot 10^{-5}$; $8,5$.

НЧ.

$$\begin{aligned} \alpha &= 45^\circ \\ a &= 4 \text{ м/с}^2 \\ h_1 &= 10 \text{ см} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &=? \\ v &=? \\ t &=? \end{aligned}$$



Из подобия тр-ков с углами β :

$$\frac{h_1 \cdot \text{ctg} \alpha + h_2 \cdot \text{ctg} \delta}{h_2 - h_1} = \frac{g}{a}$$

$$\text{ctg} \delta = \text{ctg} 45^\circ = 1$$

$$\text{ctg} \alpha = \text{ctg} (180^\circ - 90^\circ - \delta) = \text{ctg} 45^\circ = 1$$

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

$$h_1 a + h_2 a = h_2 g - h_1 g$$

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

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

$$h_2 = 10 \cdot \frac{4 + 10}{10 - 4} = \frac{140}{6} \approx 23,3 \text{ см}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ:

$$0 + \frac{m h_1}{h_1 + h_2} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{m h_2}{h_1 + h_2} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} = mg \cdot \frac{h_1 + h_2}{4} + \frac{mv^2}{2}$$

масса масса
в левом колесе

масса масса
в правом колесе

$$\frac{mg(h_1^2 + h_2^2)}{2(h_1 + h_2)} = \frac{mg(h_1 + h_2)^2}{4(h_1 + h_2)} + \frac{mv^2}{2}$$

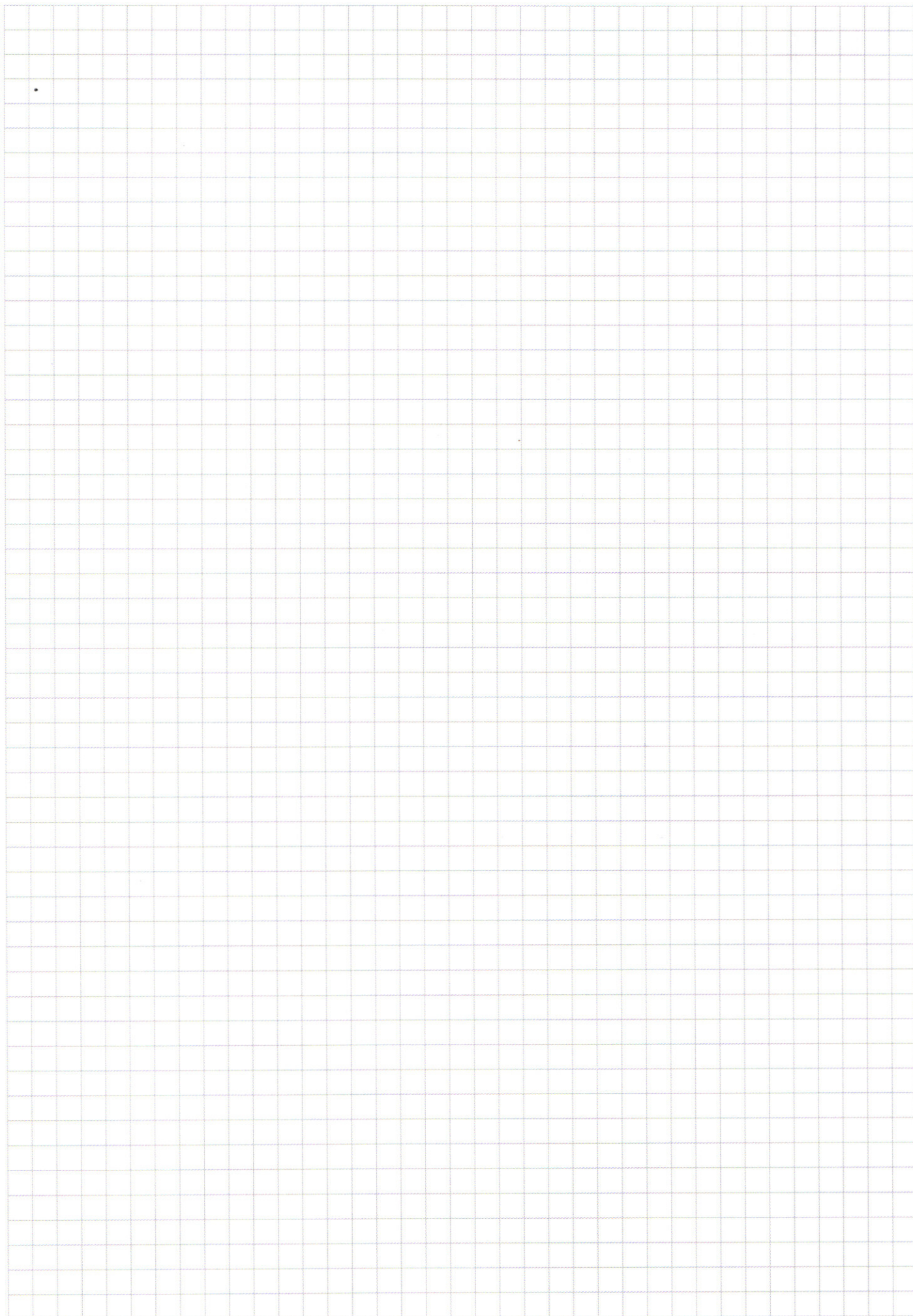
$$v^2 = \frac{mg(2h_1^2 + 2h_2^2 - h_1^2 - 2h_1h_2 - h_2^2)}{2(h_1 + h_2)}$$

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

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

$$v = (23,3 - 10) \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{10 \cdot 10^2}{2(23,3 + 10)}} \approx 1,64 \text{ м/с}$$

Ответ: 23,3 см; 1,64 м/с.

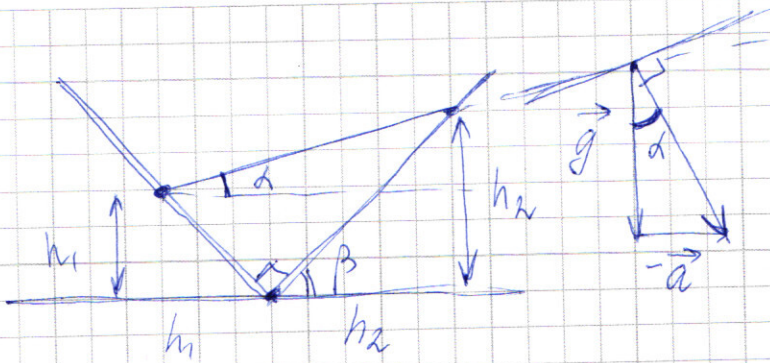


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m4v_0^2}{2}$
 $2gh + v_0^2 = 4v_0^2$
 $2gh = 3v_0^2$
 $h = \frac{3v_0^2}{2g}$
 $v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{3v_0^2}{2g}$
 $2v_0 \cdot \cos \beta = v_0 \cdot \cos \alpha$
 $2v_0 \cdot \sin \beta = ?$

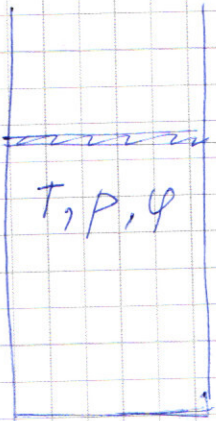
$\frac{K \cdot m \cdot \omega^2}{H} = \frac{m \cdot a_{\text{ц}}}{m \cdot c}$
 $\frac{H}{K} = \frac{m}{c^2}$

$3ma = 2F - 3\mu mg$
 $a = \frac{2F}{3m} - \mu g = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$
 $s = \frac{2F - 3\mu mg}{3m} \cdot \frac{t^2}{2}$
 $\sqrt{\frac{3ms}{2F - 3\mu mg}} = t$
 $m \cdot \omega^2 \cdot L \cdot \cos \alpha = T \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha$
 $mg = T \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha$
 $N = mg \cdot \cos \alpha$



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

$$3,25 = 4 - \frac{3}{4} = \frac{13}{4}$$



$$T = 27^\circ\text{C}, p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}, \varphi = 100\%$$

$$T = \text{const}$$

$$\frac{g_{\text{пара}}}{g_{\text{воз}}}=k$$

$$p \cdot g_{\text{пара}} = \frac{V \cdot g_{\text{пара}}}{\mu} \cdot RT$$

$$g_{\text{пара}} = \frac{\mu p}{RT}$$

$$n = \frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{воз}}}$$

$$V_{\text{пара}} = \frac{V_0}{5,6}$$

$$\begin{array}{r|l} 8310 & 276 \\ \hline 828 & 30,1 \\ \hline 300 & \end{array}$$

$$pV_0 = \frac{mRT}{\mu}$$

$$k = \frac{\mu p}{g_{\text{воз}} RT}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 21,6 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$p \cdot \frac{V_0}{5,6} = \frac{m'RT}{\mu}$$

$$5,6 = \frac{m}{m'} \Rightarrow m' = \frac{m}{5,6} \Rightarrow m_0 = \frac{4,6 \text{ m}}{5,6} \Rightarrow V_{\text{воз}} = \frac{4,6 \text{ m}}{5,6 \text{ g}}$$

$$\frac{V_0}{5,6} = \frac{mRT}{5,6 \mu p}$$

$$\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} \cdot \text{Па} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} =$$

$$\frac{mRTp}{5,6 \mu p} = \frac{RT}{4,6 \mu p}$$

$$= \frac{\text{Па}^2 \cdot \text{кг}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\frac{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3}{4,6 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = \frac{831}{4,6 \cdot 6} \cdot 10^6 \approx 3 \cdot 10^7$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{m(h_1+h_2)}{h_1} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{m(h_1+h_2)}{h_2} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} =$$

$$= \frac{mv^2}{2} + m(h_1+h_2)g =$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{mh_1^2 g}{2(h_1+h_2)} + \frac{mh_2^2 g}{2(h_1+h_2)} = \frac{mg(h_1+h_2)}{2}$$

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

$$v^2 = \frac{(h_1+h_2)^2 - h_1^2 - h_2^2}{h_1+h_2} g = \frac{2h_1h_2}{h_1+h_2} g$$

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



$$\frac{m_1gh_1}{2} + \frac{m_1v^2}{2} + \frac{m_2v^2}{2} + \frac{m_2gh_2}{2} =$$

$$= \frac{(m_1+m_2)g(h_1+h_2)}{2} + \frac{m(h_1+h_2)\sqrt{2}}{h_1\sqrt{2}} (gh_1+v^2)$$

$$\frac{m(h_1+h_2)\sqrt{2}}{h_1\sqrt{2}} \cdot gh_1 + \frac{m(h_1+h_2)\sqrt{2}}{h_2\sqrt{2}} (gh_2+v^2) = mv^2$$

ЗЗЗ:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{mh_1}{h_1+h_2} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{mh_2}{h_1+h_2} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} = mg \cdot \frac{h_1+h_2}{2}$$

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

$$v^2 = g \cdot \frac{(h_1+h_2)^2 - h_1^2 - h_2^2}{h_1+h_2} = \frac{2h_1h_2g}{h_1+h_2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2h_1h_2g}{h_1+h_2}}$$

$$\frac{mh_1}{h_1+h_2} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{mh_2}{h_1+h_2} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} = \frac{(mh_1^2 + mh_2^2)g}{2(h_1+h_2)}$$

$$= \frac{mg(h_1^2 + h_2^2)}{2(h_1+h_2)} = \frac{mg(2h_1^2 + 2h_2^2)}{4(h_1+h_2)}$$

$$\frac{mg(h_1+h_2)}{4} = \frac{mg(h_1^2 + 2h_1h_2 + h_2^2)}{4(h_1+h_2)}$$

$$\frac{mg(2h_1^2 + 2h_2^2)}{4(h_1+h_2)} = \frac{mg(h_1^2 + 2h_1h_2 + h_2^2)}{4(h_1+h_2)} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{mg(h_1^2 - 2h_1h_2 + h_2^2)}{4(h_1+h_2)} = \frac{mv^2}{2}$$

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

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

$$\begin{array}{r} \times 13,3 \\ 123 \\ \hline 399 \\ 266 \\ \hline 16359 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \cdot 100 \\ \hline 2 \cdot 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 124 \\ 124 \\ \hline 496 \\ 248 \\ \hline 15376 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 123 \\ 123 \\ \hline 369 \\ 246 \\ \hline 15129 \end{array}$$