

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

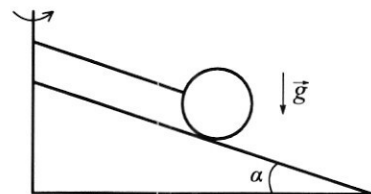
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

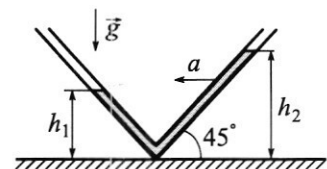
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

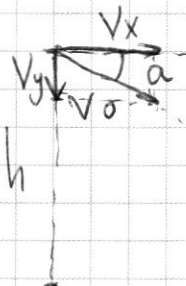
$$V_k = 2V_0$$

$$V_y = ?$$

$$h = ?$$

$$t = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

V_y - верт. составл. в начале

V_{y2} - верт. сост. в конце

$$= 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = 5\sqrt{13} = 5 \cdot 3\frac{4}{7} = \frac{125}{7} = 18 \text{ м/с}$$

$$2) V_0 \cdot \sin \alpha + gt = V_{y2}$$

$$t = \frac{V_{y2} - V_y}{g} = \frac{18 - 5}{10} = \frac{13}{10} = 1,3 \text{ с}$$

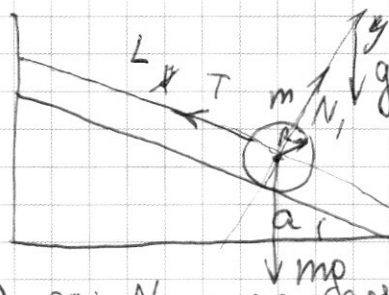
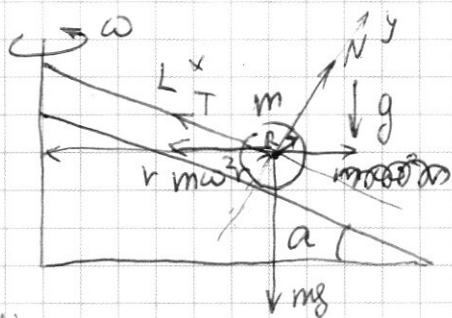
$$= \frac{18 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{18 - 5}{10} = 1,3 \text{ с}$$

$$3) h = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - V_0 \cdot \sin \alpha}{g} + \left(\frac{V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \right)^2 \cdot \frac{g}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 + \frac{10 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{2} =$$

$$= 6,5 + 6,5(1 + 1,3) = 6,5 \cdot 2,3 = 14,95 = 15 \text{ м}$$

Ответ: 18 м/с ; 1,3 с ; 15 м.

№3



2) $oy:$

$$N_2 = mg \cdot \cos \alpha - m\omega^2 r$$

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

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

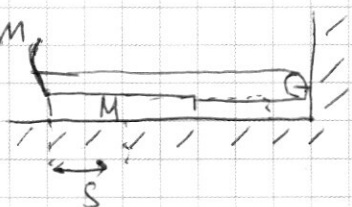
если напомним, T — высила ускорение $\omega^2 r \Rightarrow \omega^2 r \cdot m \uparrow \downarrow T$.

1) $oy:$ $N_1 = mg \cdot \cos \alpha$

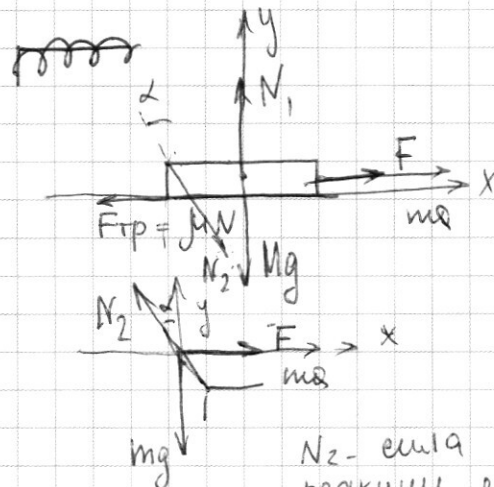
Ответ: 1) $mg \cdot \cos \alpha$
2) $m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R))$

№2.

$M=2m$
 μ .



$N_1 = ?$
 $F_0 = ?$
 $F = ?$



$ox:$ $ma = F - N_2 \cdot \sin \alpha$

$oy:$ $N_2 \cdot \cos \alpha = mg$

$ox:$ $Mo = F + N_2 \cdot \sin \alpha - \mu N$

$oy:$ $N_1 = Mg + N_2 \cdot \cos \alpha$

1) $N_1 = Mg + N_2 \cdot \cos \alpha = Mg + mg = 3mg$

$ma + Ma = 3mg = 2F - \mu N_1$; $3mg = 2F - 3mg\mu$

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

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

3) $s = \frac{at^2}{2}$, $a = \frac{2s}{t^2}$

$3m \left(\frac{2s}{t^2} \right) = 2F - 3mg\mu$

$\frac{6ms}{2F - 3mg\mu} = t^2$, $t = \sqrt{\frac{6s}{2F_m - 3g\mu}}$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $F_0 = \frac{3mg\mu}{2}$; 3) $t = \sqrt{\frac{6s}{2F_m - 3g\mu}}$

N_2 — сила реакции стены
 N_1 — сила реакции пола

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

$$\alpha = 45^\circ$$

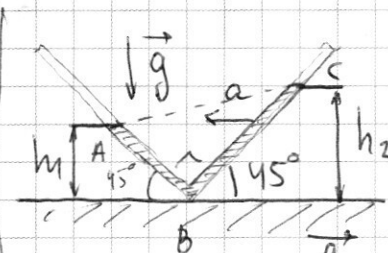
$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$h_2 = ?$$

$$v = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

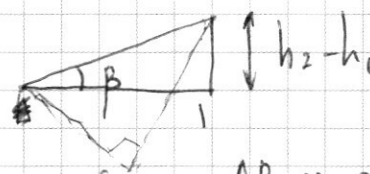


1) уровень высот устанавливается перпендикулярно направлению ускорения.

$$AC \perp \vec{a} + \vec{g}$$

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

$$\sin \beta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$



$$AB \cdot \sin \alpha = h_1$$

$$BC \cdot \sin \alpha = h_2$$

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$\sin \beta = \frac{h_2 - h_1}{AC}$$

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

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

$$(a^2 + g^2) \sin^2 \alpha \cdot (h_2 - h_1)^2 = a^2 (h_1^2 + h_2^2)$$

$$(16 + 100) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot (h_2 - 0,1)^2 = 16 (0,01 + h_2^2)$$

$$58 (h_2 - 0,1)^2 = 16 (0,01 + h_2^2)$$

$$29 (h_2 - 0,1)^2 = 8 (0,01 + h_2^2)$$

$$29 (h_2 - 10)^2 = 8 (100 + h_2^2)$$

$$29 h_2^2 - 29 \cdot 20 h_2 + 2900 = 800 + 8 h_2^2$$

$$21 h_2^2 - 580 h_2 + 2100 = 0$$

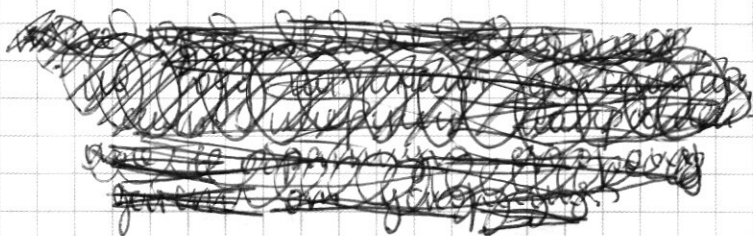
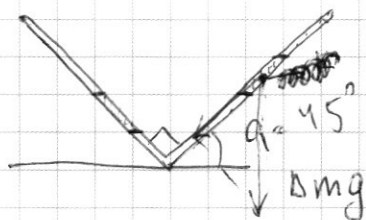
$$D = 580^2 - 4 \cdot 21 \cdot 2100 = 336400 - 176400 = 160000$$

$$h_2 = \frac{580 \pm \sqrt{160000}}{2 \cdot 21} = \frac{580 \pm 400}{2 \cdot 21}$$

$$h_2 = \frac{980}{2 \cdot 21} = \frac{140}{2 \cdot 3} = \frac{70}{3} \text{ см}$$

$$h_2 = \frac{180}{2 \cdot 21} = \frac{50}{2 \cdot 7} = \frac{30}{7} < 10 - \text{не подходит}$$

2)



$$\Delta mg \cdot \sin \alpha = \Delta m a$$

$$a = g \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta l = \frac{h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2}}{\sin \alpha} = \frac{h_2 - h_1}{2 \cdot \sin \alpha}$$

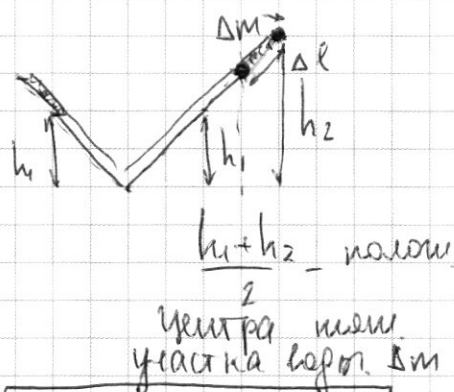
$$\Delta l = \frac{at^2}{2}, \quad t = \sqrt{\frac{2\Delta l}{a}}$$

$$v = at = a \sqrt{\frac{2\Delta l}{a}} = \sqrt{2a\Delta l} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_2 - h_1}{2 \cdot \sin \alpha}} =$$

$$= \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \sqrt{\left(\frac{70}{3} - 10\right) \text{ см} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \sqrt{\frac{40}{3} \cdot 10 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= \frac{2\sqrt{3}}{3} \approx 11 \text{ м/с}$$

Ответ: $23\frac{1}{3} \text{ см}$; 11 м/с



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

NS

$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$
 $T = \text{const}, V \downarrow$

1) $P_n / P_b = ?$
 2) $V_n / P_b = ?$
 $\delta = 5,6$
 $\rho = \rho_b = 12 \text{г/см}^3$
 $M = M_b = 18 \text{г/моль}$

1) $PV = \nu RT$
 $PV = \frac{m}{M} RT, \quad P = \frac{P RT}{M}, \quad \rho = \frac{P M}{RT}$
 M - молярная масса пара.

$\rho_n / \rho_b = \frac{P_n M_n}{R T \rho_b}$

$PV = \nu RT, \quad \nu_2 = \nu - \nu_1$
 $P \frac{V}{\delta} = \nu_1 RT$
 $\nu_2 = \frac{(PV - P \frac{V}{\delta})}{RT} = \frac{PV(1 - \frac{1}{\delta})}{RT}$

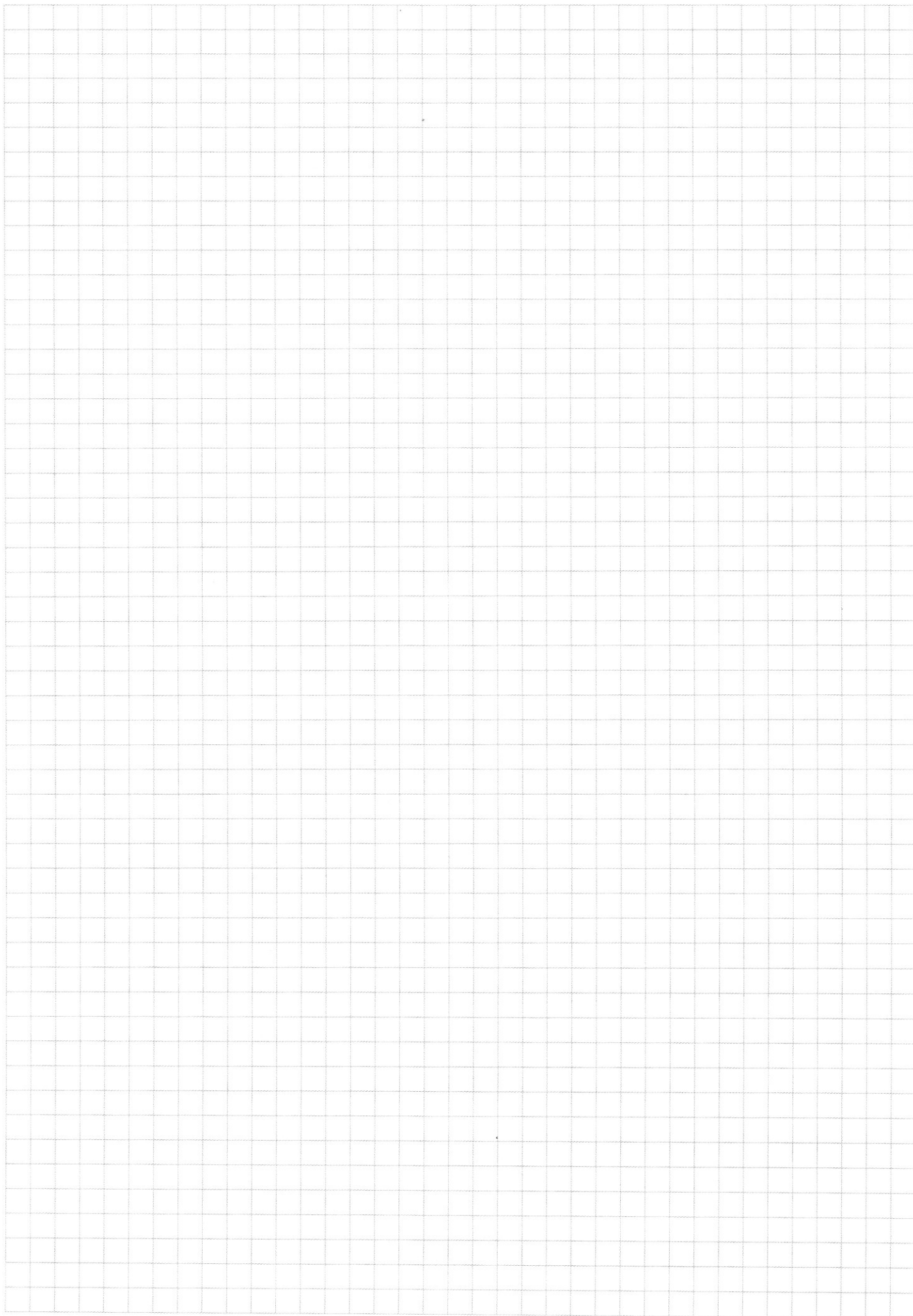
δ - во сколько раз уменьшится объем пара. ν_2 - кол-во молей пара, V_b - объем багета

$\rho_n (V - \frac{V}{\delta}) = \frac{PV(1 - \frac{1}{\delta})}{RT} \cdot M_b$
 $\rho_n = \frac{P \cdot M_b}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 300} = \frac{6 \cdot 3,55}{831,4} = 2,56 \text{кг/м}^3$

2) $\frac{V_n}{V_b} = \frac{\frac{V}{\delta} \cdot \rho_b}{\nu_2 \cdot M_b} = \frac{\frac{V}{\delta} \cdot \rho_b \cdot RT}{PV(1 - \frac{1}{\delta}) \cdot M_b} = \frac{\rho_b \cdot RT}{P \cdot M_b (\delta - 1)}$
 $\approx \frac{1000 \text{кг/м}^3 \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300\text{K}}{10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{Па} \cdot 18 \text{г/моль} \cdot (5,6 - 1)} = \frac{1000 \cdot 8,314 \cdot 300}{3,55 \cdot 18 \cdot 4,6} =$
 $= \frac{8314 \cdot 300 \cdot 100}{355 \cdot 18 \cdot 46} = 2000 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 0,084$

$\frac{\rho_n}{\rho_b} = \frac{2,56 \text{кг/м}^3}{1000 \text{кг/м}^3} = 256 \cdot 10^{-5}$

Ответ: $256 \cdot 10^{-5}; 0,084$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

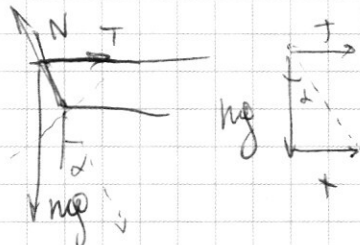
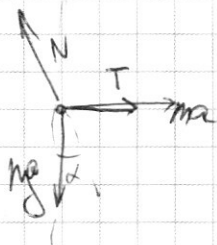
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T = 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $T = \text{const } V \downarrow$

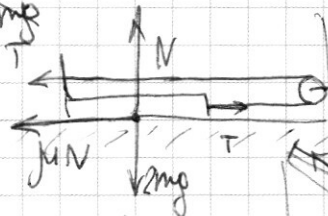
$P_1 V_1 = P_2 V_2$
 $P_1 V_1 = P_2 V_2$
 $V_1 + V_2 = V$, V_2 - кол-во газа

$P = \frac{m}{M \cdot V} RT$, $P = \frac{P RT}{M}$, $P_1 = \frac{P_1 M_1}{RT}$
 $V_2 = \frac{P V - P_2 V_2}{RT}$
 $P_1 (V - V_2) = P_2 V_2$
 $P_1 (V - V_2) = \frac{P V - P_2 V_2}{RT} \cdot M_2$
 $P V = P_2 V_2$
 $P_2 \frac{V}{\gamma} = P_2 V_2$
 $V_2 = \frac{P V - P_2 \frac{V}{\gamma}}{RT}$
 $\frac{V P_1}{RT \cdot P_2} = \frac{V}{RT \cdot P_2} \cdot \left(\frac{P V - P_2 \frac{V}{\gamma}}{RT} \right) \cdot \frac{M_2}{P_2} = \left(\frac{P - P_2}{\gamma} \right) \frac{M_2}{RT \cdot P_2} = \frac{RT \cdot P_2}{(P - \frac{P_2}{\gamma}) M_2}$
 $= \frac{(\gamma - 1) P \cdot M_2}{(\gamma - 1) P \cdot M_2}$
 $\frac{Dm}{\text{моль} \cdot \text{с}} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3} = \frac{Dm}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$
 $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}$
 $\frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}$

$1 \cdot 8,314 \cdot 300$
 $(5,6 - 1) 3,55 \cdot 10^3 \cdot 186$
 $= \frac{831,4 \cdot 10^3}{46 \cdot 355 \cdot 6 \cdot 10^3}$
 $\begin{array}{r} 46 \\ \times 6 \\ \hline 276 \\ \times 355 \\ \hline 1380 \\ 1380 \\ \hline 828 \\ \hline 979,80 \end{array}$
 $\begin{array}{r} 83140 \\ \times 9798 \\ \hline 81140 \\ \times 783 \\ \hline 97980 \\ \hline 72384 \end{array}$



$$T = \mu N$$



$$N_1 = 2mg$$



$$mg = N_2 \cos \alpha$$

$$ma = T - N_2 \sin \alpha$$

$$N_2 \sin \alpha + T - \mu N = 2m \cdot a$$

$$N = N_2 \cos \alpha + 2mg = 3mg$$

$$N_2 \sin \alpha = T - ma$$

$$T - ma + T - \mu N = 2ma$$

$$2T - \mu \cdot 3mg = 3ma$$

$$T - \mu N = ma \quad a = 0: \quad 2T = \mu \cdot 3mg$$

$$T = \frac{\mu \cdot 3mg}{2}$$

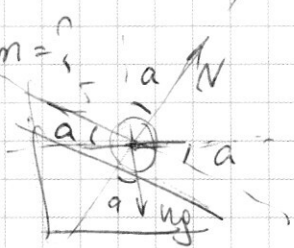
$$\frac{2T - \mu \cdot 3mg}{3m} = a = \frac{2T}{3m} - \mu g = a$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{2T}{3m} - \mu g \right) \frac{t^2}{2} = S$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2T}{3m} - \mu g}}$$

$$F = \Delta m \cdot a$$

$$v_{\text{logm}} = \dots$$



$$N_2 = \frac{F - mg}{\sin \alpha}$$

$$mg = F + F - mg - \mu N$$

$$2ma = 2F - \mu N$$

$$\begin{array}{r} 344 \\ 9798 \\ \hline 48990 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 97980 \\ 626 \\ 83140 \mid 9798 \\ 78384 \mid 84 \\ \hline 41760 \end{array}$$

$$N = mg \cos \alpha + m \omega^2 r \sin \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 r \cos \alpha$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2T}{3m} - \mu g}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $V_k = 2V_0$

$V_0 \cos \alpha = V_y$
 $V_y^2 + V_x^2 = (2V_0)^2$
 $V_x^2 = 4V_0^2 - V_y^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha =$
 $= V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)$
 $V_x = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$
 $= 10 \cdot \sqrt{4 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} =$
 $= 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = 5\sqrt{13}$

$V_0 \sin \alpha + gt = V_x$
 $t = \frac{V_x - V_0 \sin \alpha}{g}$
 $h = V_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$

~2

 $m_1 = m$
 $m_{\text{шар}} = M = 2m$
 μ

~3

 L
 T
 mg
 $m\omega^2 r$
 $r = (L + R) \cos \alpha$
 $N_2 = mg \cos \alpha + m\omega^2 r \sin \alpha$

~4

 h_1
 h_2
 45°

~5
 $13 \times 25 = 250 + 75 = 325$
 $125 \overline{) 325} \quad 2$
 $250 \quad 17$
 $75 \quad 1$
 $75 \quad 1$
 0

~6
 $400 - 100 \cdot \frac{3}{4} = 325$
 6

~7
 $18 \overline{) 144} \quad 8$
 $18 \quad 8$
 0

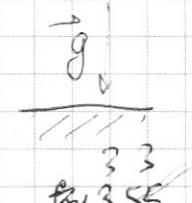
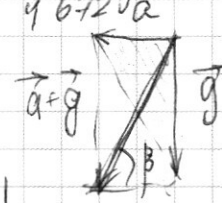
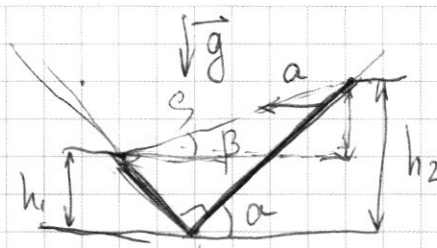
~8
 $32 \overline{) 1024} \quad 32$

~9
 $1,3 \overline{) 1,3} \quad 1$
 $1,3 \quad 0$

~10
 $1,69 \overline{) 14,95} \quad 8,85$
 $1,69 \quad 8$
 $14,95 \quad 8$
 0

~11
 $6,5 \overline{) 130} \quad 20$
 $130 \quad 0$

$21,300 \mid 8314$
 $16 \cdot 628 \mid 256$
 46720
 $21,3 = \frac{21300}{8314} = \frac{8314}{41570} - \frac{46720}{41570} = \frac{5150}{41570}$



$8314 \times 33 = 274362$
 $8314 \times 355 = 2951470$
 $8314 \times 276 = 2294664$
 $8314 \times 2130 = 17708820$
 $8314 \times 2485 = 20650210$
 $8314 \times 34080 = 285305120$

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



$\Delta m = \frac{h_1 + h_2 - h}{2} \cdot m_0$

$\sqrt{25} \sqrt{29} \sqrt{36} \sqrt{400}$
 $5 \cdot \sqrt{29} \cdot 6 \cdot 20 = 600\sqrt{29}$

$-\frac{h_1 + h_2 + h}{2} \Delta m g + \frac{h_1 + h_2 - h}{2} \Delta m g = \Delta E$

$h_2 \cdot \sin \alpha = h_2$
 $h_1 \cdot \sin \alpha = h_1$
 $h_1^2 + h_2^2 = s^2$

$\sin \beta = \frac{a}{\sqrt{g^2 + a^2}}$
 $= \frac{4}{\sqrt{100 + 16}} = \frac{4}{\sqrt{116}} = \frac{4}{2\sqrt{29}} = \frac{2}{\sqrt{29}}$

$\left(\frac{h_1}{\sin \alpha}\right)^2 + \left(\frac{h_2}{\sin \alpha}\right)^2 = s^2$
 $s = \frac{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}{\sin \alpha}$

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

$\frac{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}{\sin \alpha} \cdot \sin \beta = h_2 - h_1$
 $(h_1^2 + h_2^2) \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \alpha} = h_2^2 + h_1^2 - 2h_1h_2$

$(h_1^2 + h_2^2) \left(1 - \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \alpha}\right) = 2h_1h_2$

$((0,1)^2 + h_2^2) \left(1 - \frac{4 \cdot 2}{29}\right) = 2 \cdot 0,1 \cdot h_2$

$(0,01 + h_2^2) \cdot \frac{21}{29} = 2 \cdot 0,1 \cdot h_2$

$\sin^2 \beta = \frac{4}{29}$

$8314 \cdot 34080 = 285305120$
 $8314 \cdot 2485 = 20650210$
 $8314 \cdot 276 = 2294664$
 $8314 \cdot 2130 = 17708820$
 $8314 \cdot 355 = 2951470$
 $8314 \cdot 33 = 274362$

336400
 176400
 160000
 $693 = 23^2$

$336400 \times 580 = 194972000$
 $336400 \times 21 = 7064400$

$16 \cdot 2 = 32$
 $116 \cdot 21 = 2436$
 $21 \cdot 21 = 441$
 $441 \cdot 4 = 1764$