

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?

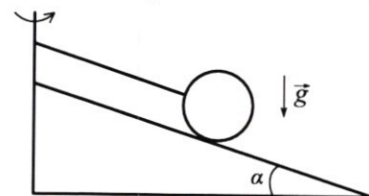
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

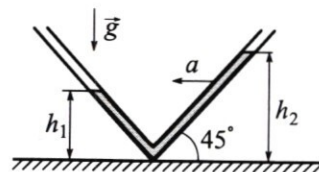


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

Задача №1

Дано:
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 w_0

$v_y = ?$
 $t = ?$
 $H = ?$

$\vec{v}_0 + \vec{g}t = \vec{w}_0$
 $v_{0x} = v_0 \cos \alpha; v_{0y} = v_0 \sin \alpha$
 $(w_0)^2 = v_{0x}^2 + (v_{0y} + gt)^2$
 $4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + gt)^2$
 $v_0 \sin \alpha + gt = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$
 $t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$
 $= \frac{10 \text{ м/с} (\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2})}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с} \approx 1,3 \text{ с}$

$v_y = \sqrt{(w_0)^2 - (v_{0x})^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = \frac{\sqrt{13}}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \frac{1}{2} t + \frac{gt^2}{2} = \frac{t}{2} (v_0 + \frac{g}{2}) =$
 $= \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{2g} (v_0 + \frac{g}{2}) = \frac{v_0^2}{4g} + \frac{v_0^2}{8g} - \frac{3v_0^2}{8g} = 3,75 \text{ м}$

Ответ: $v_y = 10 \text{ м/с}$
 $t = 1/2 \text{ с}$
 $H = 3,75 \text{ м}$

$$= \frac{v_0(\sqrt{4-\cos^2 2}) \sin 2}{2} \left(\cos \frac{g}{2} \right) = \frac{v_0 \cdot (\sqrt{3})}{2} + \frac{v_0^2 \cos 2}{2 \cdot g}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0 \cdot 1}{2} \cdot \frac{v_0(\sqrt{3}-1)}{2} + \frac{g \cdot \frac{v_0^2}{2} (\sqrt{3}-1)^2}{4} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} (\sqrt{3}-1) + \frac{v_0^2}{2g} (\sqrt{3}-1)^2 + \frac{v_0^2}{4g} (\sqrt{3}-1)(1+\sqrt{3}-1) =$$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} (13-\sqrt{13}) \approx 46,8 \text{ м}$$

- высота, с которой была сброшена гайка

$$\approx 14,95 \text{ м}$$

Ответ: $v_y \approx 0,9 \text{ м/с}$

$$t = 1,3 \text{ с}$$

$$H = \cancel{46,8 \text{ м}} \rightarrow 14,95 \text{ м}$$

Дано:
 m, R, ω, L

- 1) $N = ?$
- 2) $N' = ?$

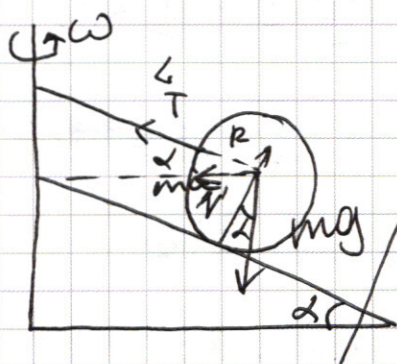
Задача №3



ИЗН отн:

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

2) система вращается



$$r_{cp} = (L+R) \cos \alpha$$

$$a = \omega^2 r_{cp} = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

ИЗН:

$$OY: N' + ma \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

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

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

Ответ:

1) $N = mg \cos \alpha$

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

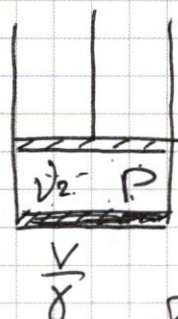
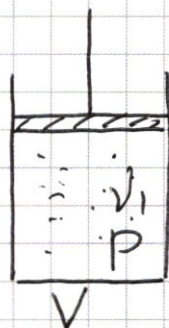
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

Дано:
 $t = 27^\circ\text{C}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $\delta = 5,6$
 $\rho = 1 \text{ г/см}^3$
 $M = 18 \text{ г/моль}$

1) $\frac{P_n}{P} = ?$

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



1) В начале:
 $PV = \nu_1 RT$
 $PV = \frac{m_n}{M} RT$ — массы пара

$P = \frac{P_n}{M} RT \Rightarrow$

$\Rightarrow P_n = \frac{PM}{RT}$

$\frac{P_n}{P_B} = \frac{PM}{RT \cdot P_B} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (27+273) \text{ К} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}$
 $= 7,6895 \frac{\text{Па} \cdot \text{см}^3}{\text{Па} \cdot \text{М}^3} = 7,6895 \cdot 10^{-6} \approx 7,7 \cdot 10^{-6}$

2) В начале: $PV = \nu_1 RT$

В конце: $\frac{PV}{\delta} = \nu_2 RT \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \delta \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu_2 = \frac{\nu_1}{\delta}$

$\Delta \nu = \nu_1 - \nu_2 = \nu_1 \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) = \nu_1 \frac{\delta - 1}{\delta}$ — количество пара, конденсировавшегося (т.е. воды)

$\Delta \nu = \frac{m_B}{M} = \frac{V_B \cdot \rho_B}{M} \Rightarrow V_B = \frac{\Delta \nu M}{\rho_B} = \frac{\nu_1 (\delta - 1) M}{\delta \rho_B}$ — объем воды

$V_n = \frac{V}{\delta} = \frac{\nu_1 RT}{\delta P}$ — объем пара

$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\nu_1 RT}{\delta P} \cdot \frac{\delta \rho_B}{\nu_1 (\delta - 1) M} = \frac{\rho_B RT}{P (\delta - 1) M}$

$= \frac{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 100 \text{ К}}{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 4,6 \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,028271 \cdot 10^6 = 28271$

Ответ:

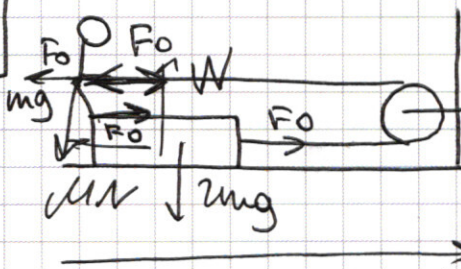
1) $\frac{P_n}{P} = 7,6895 \cdot 10^{-6}$

2) $\frac{V_n}{V_B} = 28271$

Задача №2

Дано:
 $S, m, 2m, \mu$

- 1) $W = ?$
- 2) $F_{\min} = ?$
- 3) $t = ?$



$$N = mg + 2mg = 3mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = 3\mu mg$$

$\Sigma H:$

$$Ox: 3F_0 - 3\mu mg = 3ma$$

$F_0 = x$
 $T_k F \rightarrow \min \Rightarrow a = 0$

Тогда $3F_0 = 3\mu mg \Rightarrow F_0 = \mu mg$

3) $\Sigma H: Ox: 3F - 3\mu mg = 3ma$
 $a = \frac{F - \mu mg}{m}$

$$S = at^2/2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2Sm}{F - \mu mg}}$$

Ответ:

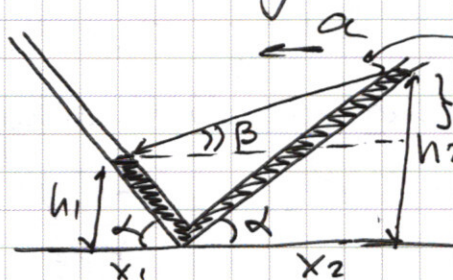
1) $W = 3mg$

2) $F_0 = \mu mg$

3) $t = \sqrt{\frac{2Sm}{F - \mu mg}}$

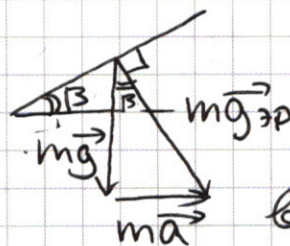
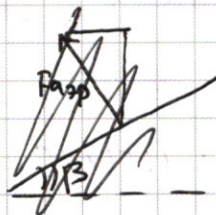
Задача №4

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$
 $h_1 = 10 \text{ см}$



$$x_1 = h_1 \cot \alpha; x_2 = h_2 \cot \alpha$$

иная расстановка уровней жидкости в движущиеся сосуда.
 $\vec{m\vec{g}}_{\text{сп}}$ направлена перпендикулярно ей.



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

Также из верхнего рисунка

$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{x_1 + x_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h_2 - h_1}{x_1 + x_2} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 \operatorname{ctg} \alpha + h_2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{a}{g}$$

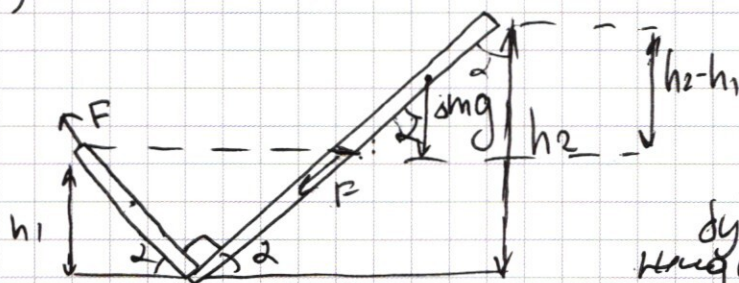
$$h_2 g - h_1 g = h_1 \operatorname{ctg} \alpha a + h_2 \operatorname{ctg} \alpha a$$

$$h_2 (g - a \operatorname{ctg} \alpha) = h_1 (g + \operatorname{ctg} \alpha a)$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + \operatorname{ctg} \alpha a}{g - a \operatorname{ctg} \alpha} = 10 \text{ см} \cdot \frac{g + 1.4 \text{ м/с}^2}{g - 1.4 \text{ м/с}^2}$$

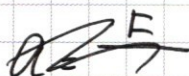
$$= 10 \text{ см} \cdot \frac{10 \text{ м/с}^2 + 1.4 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м/с}^2 - 1.4 \text{ м/с}^2} = \frac{70}{3} \text{ см} \approx 23.33 \text{ см}$$

2)



Когда трубка врезанно
стаканом двигаться
равномерно, то
внутри трубки столб
воды высотой $h_2 - h_1$
будет давить на дно
нижнюю (направлен вниз
в равновесие)

$$F = \frac{\Delta m g}{\cos \alpha}$$



ρ — м.м. плотность воды.

$$\Delta m g = \frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \rho g$$

$$M_{\text{ост.}} = \frac{2h_1}{\sin \alpha} \cdot \rho g - \text{масса оставшейся воды.}$$

$$a = \frac{F}{m_{\text{ост}}} = \frac{\rho g (h_2 - h_1)}{\cos \alpha \cdot \frac{2h_1 \rho g}{\sin \alpha}} = \frac{g (h_2 - h_1)}{2h_1 \cos \alpha} - \text{уск. в начале}$$

Ускорение будем считать постоянным $\Rightarrow$ когда уровень
масса дугим одинаковы, $a = 0$

$$a_{\text{ср}} = \frac{g (h_2 - h_1)}{4h_1 \cos \alpha} ; \quad S_{\text{нр}} = \frac{h_2 - h_1}{2} - \text{высота столба воды от н. трубки}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{h_2 - h_1}{\frac{g (h_2 - h_1)}{4h_1 \cos \alpha}}} = 2\sqrt{\frac{h_1 \cos \alpha}{g}}$$

$$V = \Delta \varphi \cdot t = \frac{g(h_2 - h_1)^2}{4h_1 \cos \alpha}$$

$$\frac{g(h_2 - h_1)}{4h_1 \cos \alpha} \cdot 2\sqrt{\frac{h_1 g \cos \alpha}{g}} =$$

$$= \frac{g^3(h_2 - h_1)^2 \cdot 4g \cos \alpha \cdot h_1}{(4h_1 \cos \alpha)^2} = \frac{g(h_2 - h_1)}{2} \sqrt{\frac{g}{h_1 \cos \alpha}}$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \left(\frac{70}{3} - 10 \right) \text{см} \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{м}} \cdot \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{0,1 \text{ м} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}}} \approx$$

$$V = \Delta \varphi \cdot t = \frac{g(h_2 - h_1)}{4h_1 \cos \alpha} \cdot \sqrt{\frac{4h_1 \cos \alpha}{g}} = \frac{(h_2 - h_1)}{2} \sqrt{\frac{g}{h_1 \cos \alpha}} = 87,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$= \frac{\frac{70}{3} - \frac{30}{3}}{2} \text{см} \cdot \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{0,1 \text{ м} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}}} = 87,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $h_2 = 23,33 \text{ см}$
2) $V = 87,6 \text{ см/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + gt)^2$$

$$v_0 \sin \alpha + gt = v_0 \sqrt{4 \cos^2 \alpha}$$

$$gt = \frac{v_0 (\sqrt{4 \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$$

$$y = \sqrt{v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 \cdot \frac{3}{4}} = v_0$$

$$H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{v_0}{2g} + \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g} = \frac{2v_0^2}{8g} + \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$a = \omega^2 R_{\text{cp}} = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$OX: T = mg \sin \alpha$$

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

$$N - mg \cos \alpha = m a \sin \alpha$$

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

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

$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

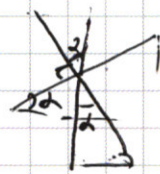
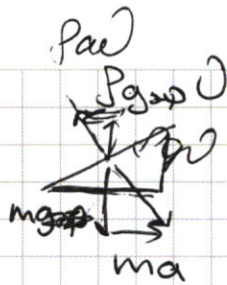
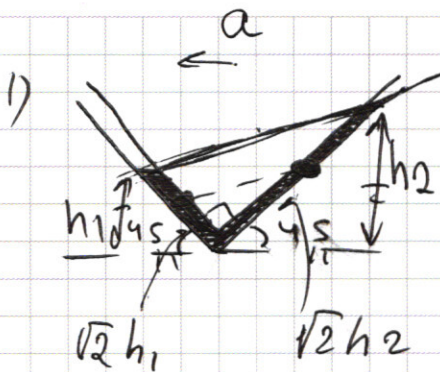
$$R = 0.1 \text{ m}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$N = 1 \cdot \cos \alpha (10 + 100^2 (1+0.1) \sin \alpha)$$

$$N = 1 \cdot \frac{1}{2} (10 + 100^2 \cdot 1.1 \cdot \frac{1}{2}) = 47.5 \cdot 10 = 475 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$\tan \alpha = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g}$$

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

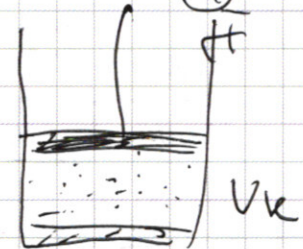
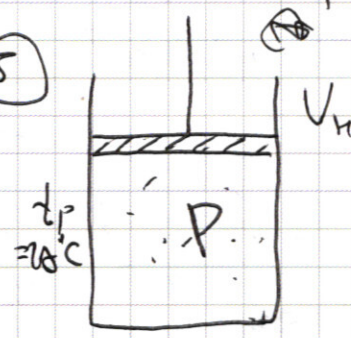
$$h_2 g - h_1 g = ma + h_1 a$$

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

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

2) ?

5)



$$P \cdot V_H = \frac{m}{M} RT$$

$$P \cdot V_H = \frac{m}{M} RT$$

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

$$P = \frac{mP}{RT}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{mP}{RT \cdot P_0}$$

$$P \cdot V_H = \nu_1 RT$$

$$\frac{P \cdot V_H}{\gamma} = \nu_2 RT$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \gamma \Rightarrow \nu_2 = \frac{\nu_1}{\gamma} = 1 \text{ м}^3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\Delta V = \frac{\Delta m \cdot V}{M} = \frac{P \cdot V \cdot V}{M} \Rightarrow V_0 = \frac{M \cdot \Delta V}{P_0}$$

$$V_0 = \frac{M \cdot \nu_1 (\gamma - 1)}{P_0 \gamma}$$

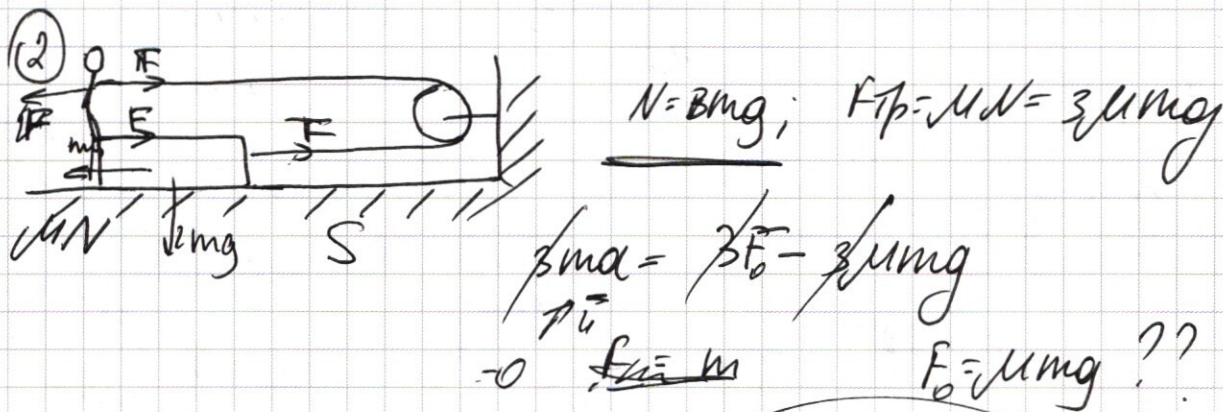
$$\nu_1 = \frac{P V_H}{RT}$$

$$P V_H = \frac{P V_H}{P}$$

$P V = \nu R T$
 $P \cdot m^3 = \text{моль} \cdot K$
 $\frac{P}{\text{Па}} \cdot \frac{m^3}{\text{м}^3} = \frac{\text{моль}}{\text{моль}} \cdot K$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_M}{V_0} = \frac{\cancel{\gamma} RT}{P} \cdot \frac{p_0 \cdot \gamma}{M \gamma (\gamma - 1)} = \frac{p_0 \cdot \gamma RT}{P \cdot M (\gamma - 1)}$$



$$\frac{at^2}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2Sm}{F - 3\mu mg}}$$

