

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

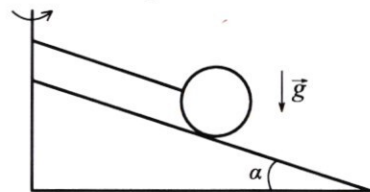
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

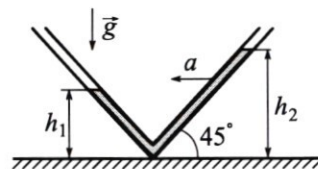


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

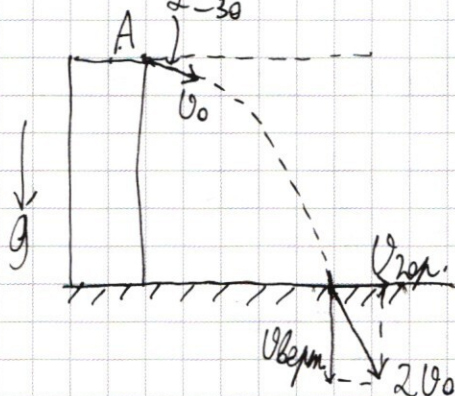
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$$v_0 = 10 \text{ м/с}; \quad \alpha = 30^\circ; \quad v_k = 2v_0.$$



1) В конце скорость зайки $2v_0$;
Разложим её на две составляю-
щие: $v_{\text{верт}}$ и $v_{\text{горизонт.}}$

$$v_{\text{верт}}^2 + v_{\text{горизонт.}}^2 = 4v_0^2$$

Заметим, что ускорение $\vec{g}$ имеет только верти-
кальную составляющую скорости

$$\Rightarrow v_{\text{гор}} = \text{const} = v_0 \cdot \cos \alpha = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + v_{\text{верт}}^2 = 4v_0^2$$

$$v_0^2 \cdot \frac{3}{4} + v_{\text{верт}}^2 = 4v_0^2$$

$$\Rightarrow v_{\text{верт}} = \sqrt{\frac{13}{4}} v_0 = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 \approx \frac{3,6}{2} \cdot 10 \text{ м/с} = \frac{3,6}{2} \text{ м/с} = 18 \text{ м/с}$$

2) Измерим время полета зайки:

$$v_0 \cdot \sin \alpha + gt = v_{\text{верт}}$$

$$v_0 \cdot \frac{1}{2} + gt = 1,8v_0$$

$$gt = 1,8v_0 - 0,5v_0 = 1,3v_0$$

$$\Rightarrow t = \frac{1,3v_0}{g} = \frac{1,3 \cdot 10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,3 \text{ с}$$

3) Измерим высоту, с которой спрыгнул зайку:

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

$$h = 5 \cdot 1,3 \text{ м} + 5 \cdot 1,3^2 \text{ м} = 5(1,3 \text{ м} + 1,69 \text{ м}) = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) 18 м/с; 2) 1,3 с; 3) 15 м.

№ 5.

$$T = 27^\circ\text{C} = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}; \quad P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}; \quad T = \text{const}$$

1) $\frac{p_{\text{пара}}}{p} \rightarrow$ где $p = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

2) $V_{\text{пара}}$ уменьшился в $\gamma = 5,6$; $\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} - ?$ $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

Решение.

1) По уравнению Менделеева-Клапейрона для насыщ. пара в начале:

$$pV = \nu RT \quad pV = \frac{m}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}} RT \quad p = \frac{\frac{m}{V}}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}} RT$$

$$\Rightarrow \boxed{p \mu_{\text{H}_2\text{O}} = p RT} \Rightarrow p_{\text{пара}} = \frac{p \cdot \mu_{\text{H}_2\text{O}}}{RT}$$

$$\frac{p_{\text{пара}}}{p} = \frac{\frac{p \cdot \mu_{\text{H}_2\text{O}}}{RT}}{p} = \frac{p \cdot \mu_{\text{H}_2\text{O}}}{p RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{10^6 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{10^6 \cdot 8,31 \cdot 300} = \frac{350 \cdot 18}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} = \frac{7}{6} \cdot 10^{-2} \cdot \frac{18}{8,31 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{7 \cdot 18}{6 \cdot 8,31} \cdot 10^{-5} = \frac{21}{8,5} \cdot 10^{-5} = \frac{42}{17} \cdot 10^{-5} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

~~ответ~~

$$\boxed{\frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{воды}}} = 2,5 \cdot 10^{-5}}$$

2) П.к. температура постоянна, давление в сосуде осядет таким же.

~~Начальное количество пара~~

Пусть начальный объем пара γV , тогда после конденсации объем пара V

В начале кол-во пара $\nu_{\text{п}}$, в конце $\nu_{\text{п}}^*$

Получается, что $\nu_{\text{п}} = \nu_{\text{п}}^* + \nu_{\text{воды}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По закону Менд-Клайп. для пара в начале:

$$p \cdot V = (J_A^* + V_{\text{воды}}) \cdot RT$$

В конце: $pV = J_A^* \cdot RT$

Поделив одно на другое, получим.

$$\gamma = \frac{J_A^* + V_{\text{воды}}}{J_A^*} \Rightarrow \boxed{\frac{V_{\text{воды}}}{J_A^*} = \gamma - 1}$$

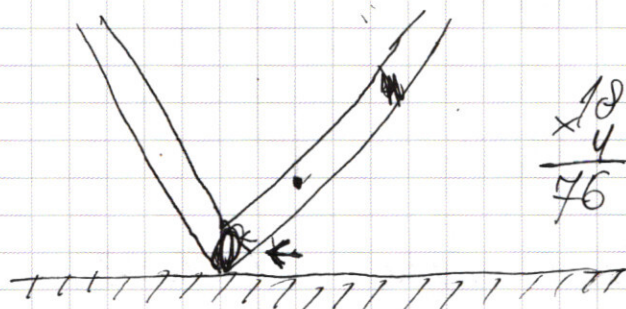
$$\frac{V_{\text{воды}}}{J_A^*} = \frac{\frac{m_{\text{воды}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}}{\frac{m_{\text{пара}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{m_{\text{воды}}}{m_{\text{пара}}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пара}}} \cdot \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{пара}}}$$

$$\frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пара}}} \cdot \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{пара}}} = \gamma - 1$$

$$\frac{V_A^*}{V_B} = \frac{1}{(\gamma - 1)} \cdot \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{пара}}} = \boxed{\frac{\rho_{\text{воды}}}{(\gamma - 1) \rho_{\text{пара}}}}$$

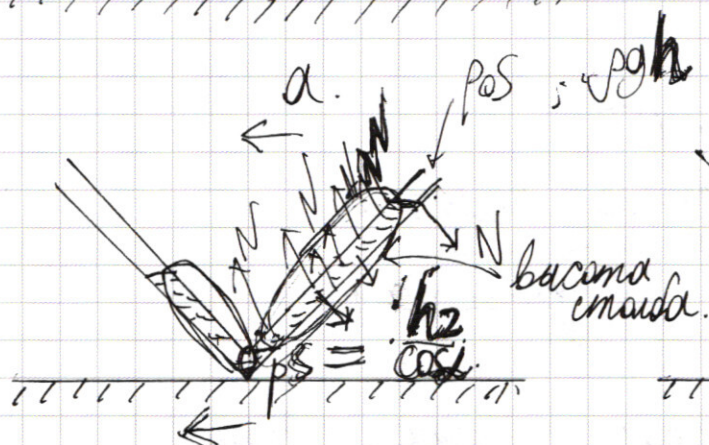
$$\begin{aligned} \frac{V_A^*}{V_B} &= \frac{1}{5,6 - 1} \cdot \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{10^5}{4,6 \cdot 25} \approx \frac{10^5}{11,25} = \frac{10^4}{1,125} = \frac{10^4}{\frac{9}{8}} = \\ &= \frac{8}{9} \cdot 10^4 \approx 0,88 \cdot 10^4 = 8,8 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $2,5 \cdot 10^{-5}$; 2) ~~$\frac{8}{9} \cdot 10^4$~~ $8,8 \cdot 10^3$

$\sqrt{4}$ 

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 4 \\ \hline 76 \end{array}$$

$$\frac{h_1 + h_2}{2} - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

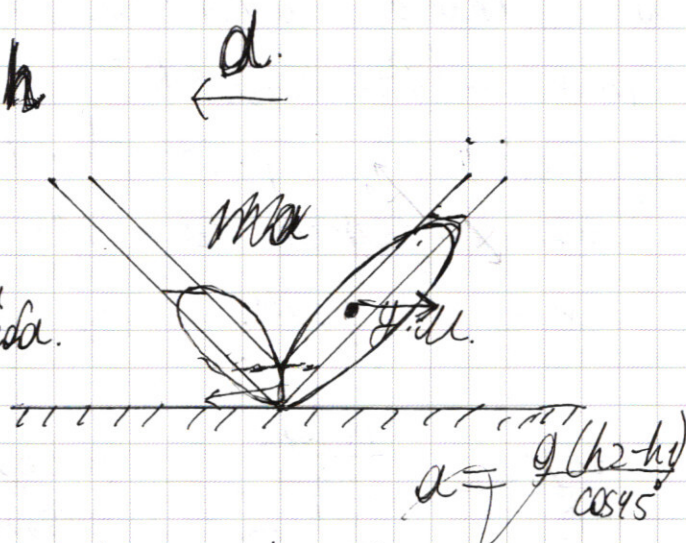


$$\frac{3,55.10}{25} \cdot 10^{-5} \quad \text{mod } 7$$

$$m_2 = \rho g h_2$$

$$\frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 3} \quad 105 = p \cdot a = pghz$$

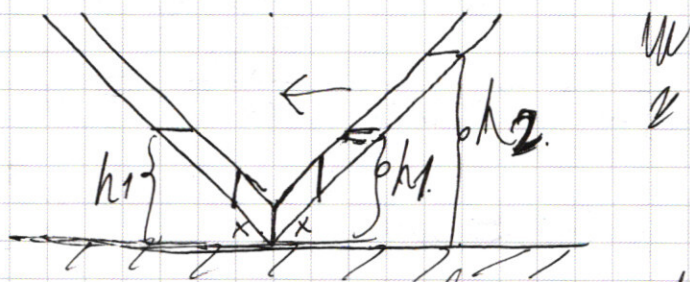
$$ma = \rho g h_2 \cdot S.$$



$$V \cdot \alpha = g h_2 \cdot S$$

$m_a = \text{Pracida } g \cdot \text{Kromena.}$

$$= \frac{1}{8,31} \cdot 3 = \frac{3}{8,31}$$



Для кусков n_1 и n_2 .

$$m a = \rho_{\text{fluid}} \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot S$$

$$W_{\text{fluid}} \cdot V_{\text{fluid}} \cdot \rho = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot S$$

$$\Rightarrow \text{Umsatz: } a = q(k_2 - k_1) \cdot S_1$$

$$\frac{2h_1}{\cos 45^\circ} \cdot S \cdot a = \gamma(h_2 - h_1)$$

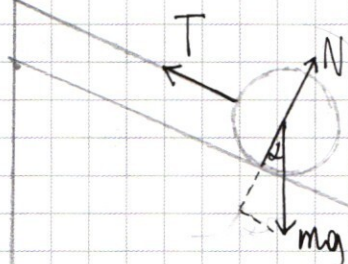
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$m; R; \alpha; L; W$

№ 3

1) Рассмотрим ситуацию покоя:



На Oy : по 2-й ^{з-ну} Ньютона:

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

2) Рассмотрим ситуацию, когда ~~масса~~ вращается с угловой скоростью W :

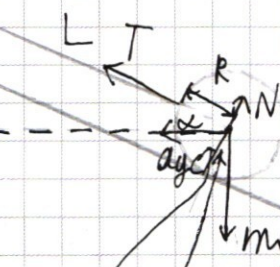
W

На Oy : по 2-й ^{з-ну} Ньютона:

$$m a_{yc} \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = mg \cdot \cos \alpha - N$$

$$m a_{yc} \cdot \sin \alpha = mg \cdot \cos \alpha - N$$

$$N = m(g \cdot \cos \alpha - a_{yc} \cdot \sin \alpha)$$



~~масса~~

$Oy \perp T$

$$a_{yc} = \frac{v^2}{R_{\text{вращ}}} = \frac{R_{\text{вращ}} \cdot W^2}{R_{\text{вращ}}}$$

$$\Rightarrow a_{yc} = W^2 \cdot R_{\text{вращ}} =$$

$$= W^2 (L + R) \cdot \cos \alpha = W^2 (L + R) \cdot \cos \alpha$$

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

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

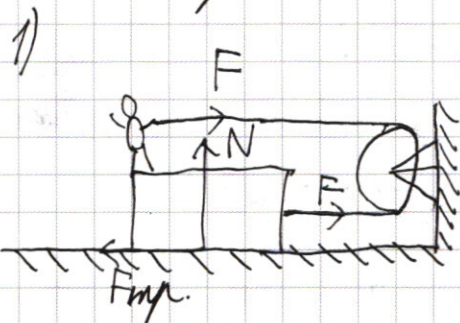
Ответ: 1) $N = mg \cdot \cos \alpha$

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

№ 2.

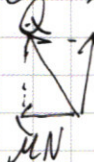
Дано: m ; $M=2m$; S ; μ :

Заметим, что человек как-то давит на ящик и ящик тоже действует на человека (по 3-му закону Ньютона), поэтому нужно рассматривать человека + ящик в системе.



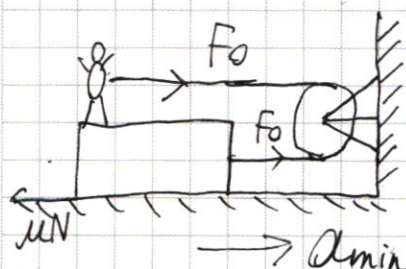
При движении рассмотрим человека и ящик в системе, тогда $N = (m+M)g = 3mg$.

Я не очень понял вопрос "с какой силой давит на пол...?". Если речь идет о силе N , то ответ $3mg$, но если говорить о полной силе реакции пола, то $Q = \sqrt{N^2 + \mu^2 N^2} =$



$$= N \cdot \sqrt{1 + \mu^2} = 3mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

2). $F_0 \min$ - ?



По 2-му закону Ньютона для системы "ящик + человек":

$$3ma_{\min} = 2F_0 - F_{\text{тр.}}$$

Условие минимальности F_0 зове-

рит о том, что $a > 0$, но a очень мало, т.е.

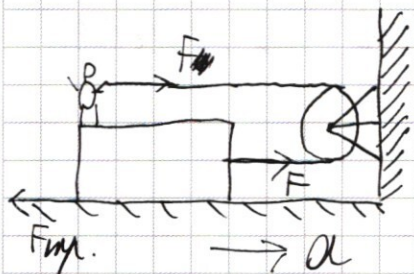
$$2F_0 - F_{\text{тр.}} > 0$$

$$F_0 > \frac{F_{\text{тр.}}}{2} = \frac{3\mu mg}{2}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $t = ?$



По 2-й-му Ньютона для системы "человек + ящик"

$$3ma = 2F - F_{тр.}$$

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

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

Заметим, что из этого выражения следует то, что если $F = \text{const}$, то и $a = \text{const}$
 $\Rightarrow$ работают формулы равноускоренного движения:

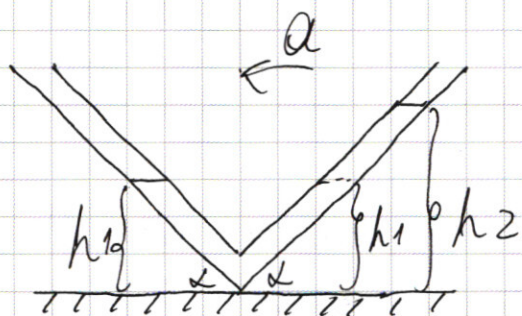
$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \text{ но } v_0 = 0$$

$$\Rightarrow S = \frac{at^2}{2}$$

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

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\left(\frac{2F}{3m} - \mu g\right)}}$$

Ответ: 1) если вертикальная, то $3mg$.
 2) если полная, то $3mg\sqrt{1+\mu^2}$
 2) $F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$
 3) $t = \sqrt{\frac{2S}{\left(\frac{2F}{3m} - \mu g\right)}}$



№ 4.

1) Рассмотри такой кусок ~~жидкости~~ жидкости, что уровни симметричны. Он тоже движется с ускорением a , тогда.

По 2-й Ньютону:

$$m a = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot S$$

$$\rho \cdot V \cdot a = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot S$$

$$V \cdot a = g \cdot (h_2 - h_1) \cdot S$$

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

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

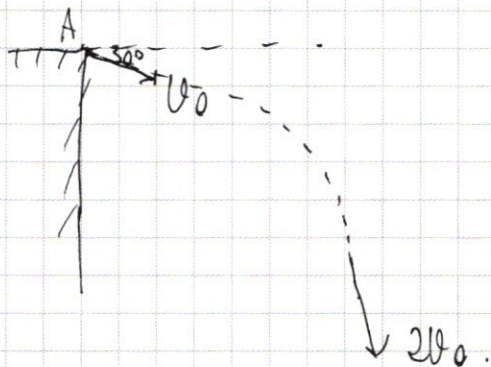
$$\frac{2h_1 \cdot a}{\cos \alpha} + gh_1 = gh_2$$

$$h_2 = \frac{a}{g} \cdot \frac{2h_1}{\cos \alpha} + h_1$$

$$h_2 = \frac{4 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м/с}^2} \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10 \text{ см} + 10 \text{ см} = (8\sqrt{2} + 10) \text{ см} = 21,2 \text{ см}$$

Ответ: 1) 21,2 см
2) Не знаю :(

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 1.
Во во время полета
горизонтальная составляющая
не меняется — $v_0 \cos 30^\circ$

$$v_0 \cos 30^\circ \quad \text{или}$$

$$2v_0 \cdot x \quad (36)^2 = (30 + 6)^2 =$$

$$= 900 + 360 + 36 =$$

$$4 - \frac{3}{4} = \frac{16 - 3}{4} = \frac{13}{4} = 3,25$$

$$(v_0 \cos 30^\circ)^2 + x^2 = 4v_0^2$$

$$v_0^2 \cdot \frac{3}{4} + x^2 = 4v_0^2$$

$$v_{\text{вер}} = \frac{3,6}{2} = \frac{36}{20} = \frac{18}{10} = 1,8$$

$$10 + 10t = 18$$

$$5 + 9t = 18$$

$$10t = 13$$

$$10t = 13$$

$$t = 0,8$$

$$t = \frac{13}{10}$$

$$t =$$

$$5 + 9t = 18$$

$$1,3$$

$$\begin{array}{r} + 1,69 \\ + 1,30 \\ \hline 2,99 \end{array}$$

$$h =$$

$$25 + 10 \cdot 1,3$$

$$5 \cdot (1,3)$$

$$5 \text{ и } 10 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$25 + 10 \cdot 1,3$$

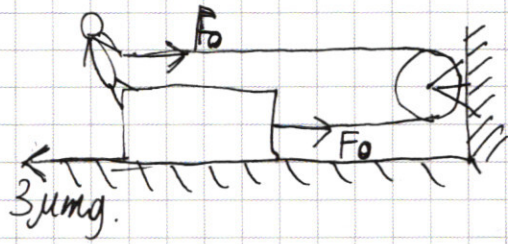
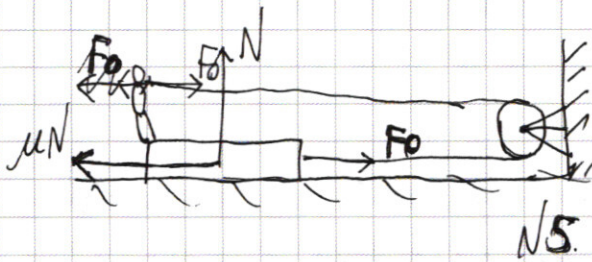
$$25 + 100 \cdot \frac{3}{4} = 100 = 10^2$$

$$h = 5 \cdot 1,3 \text{ м} + 5 \cdot 1,3^2$$

N2.

~~200~~

3mg



$$pV = \bar{p} RT$$

$$pV = \bar{p} RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 =$$

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

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

$$\Rightarrow 0.001 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{F}{S} = \frac{A}{V}$$

7

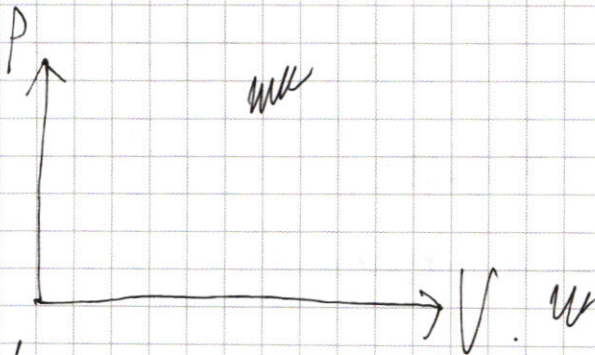
$$\begin{array}{r} 42 \text{ } 0 \text{ } 17 \\ - 34 \text{ } 12,47 \\ \hline 80 \\ - 68 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\frac{350}{300} = \frac{7}{6}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 148 \\ \hline 112 \end{array}$$

$$\frac{3,55 \cdot 10}{8,31 \cdot 3} \cdot \frac{10^3}{10^0 \cdot 10^3} = 10^5$$

$$\frac{3,55 \cdot 10}{8,31 \cdot 3} = \frac{7}{3} \approx 2,5$$



$$\frac{V_B}{V_A} = (2-1) \text{ раза}$$

$$\frac{2h_1}{\cos 45^\circ} \cdot a = g(h_2 - h_1)$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 25 \\ \hline 225 \\ 900 \\ \hline 11,25 \end{array}$$

$$\frac{1}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{\frac{\sqrt{2}}{2}} =$$

$$\rightarrow \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

$$\frac{0,2 \text{ m}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \cdot 4 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2 (x - 0,2)$$