

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-02

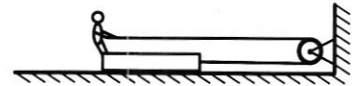
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

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.

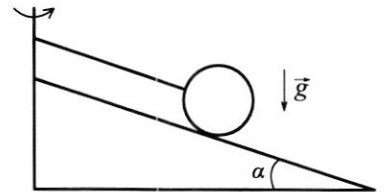
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

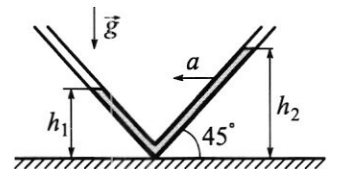
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

N1

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v = 2v_0$$

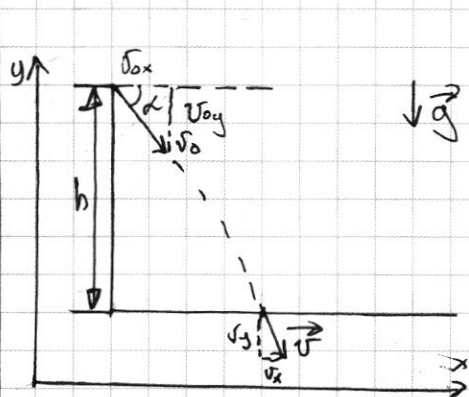
(конечная скорость)

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) $v_y = ?$

2) $t = ?$

3) $h = ?$



1) $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$4v_0^2 = v_x^2 + v_y^2, \text{ где}$$

$$v_x = v_{0x}$$

||

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_y = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 10 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} =$$

$$= 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{10}{2} \cdot \sqrt{13} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,6 \approx 18 \text{ м/с}$$

2) запишем уравнение скорости на ось Oy для $t_{\text{полета}} = t$:

$$\text{Oy: } -v_y = -v_{0y} - gt$$

$$v_y = v_{0y} + gt \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{v_0(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} =$$

$$= \frac{10(\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2})}{10} = \frac{\sqrt{13}}{2} - 0,5 \approx \frac{3,6}{2} - 0,5 \approx 1,3 \text{ с}$$

3) запишем уравнение координаты на ось Oy для $t_{\text{полета}} = t$:

$$0 = h - v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_0^2(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{g} + \frac{v_0^2 g(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2g^2}$$

$$= \frac{v_0^2}{g} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) \left(\sin \alpha + \frac{\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha}{2} \right) = \frac{10^2}{10} \left(\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2}}{2} \right) =$$

$$= \frac{13 \cdot 3,3}{2} = \frac{42,9}{2} = 21,45 \text{ м}$$

Ответ: $v_y = 18 \text{ м/с}; t = 1,3 \text{ с}; h = 21,45 \text{ м}$

N₃

Дано:

P_0 - сила давления в состоянии покоя

m

P - сила давления в состоянии вращения

R

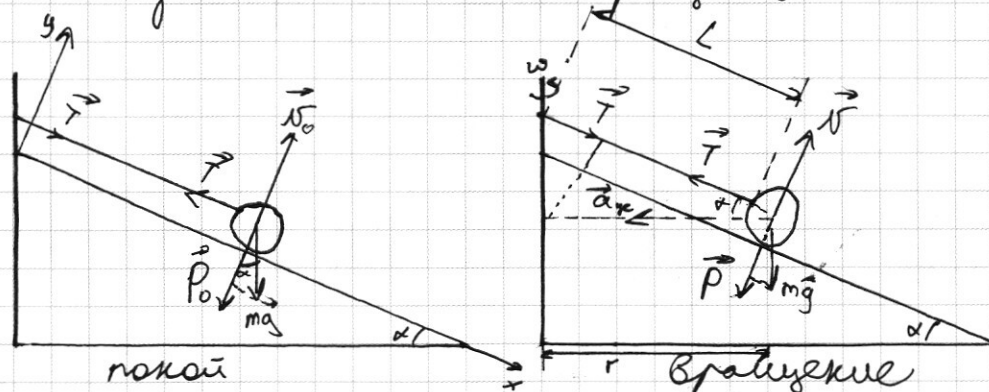
α

L

ω

$P_0 = ?$

$P = ?$



1) динамическое уравнение движения в состоянии покоя: оу: $N_0 - mg \cos \alpha = 0$

$$N_0 = mg \cos \alpha$$

по III з-ку Ньютона: $P_0 = N_0; -\vec{P}_0 = \vec{N}_0 \} \Rightarrow P_0 = mg \cos \alpha$

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

3) динамическое уравнение движения в состоянии вращения:

оу: $N - mg \cos \alpha - m a_{xy} = 0$

$$N = m(g \cos \alpha - a_{xy}), \text{ где } a_{xy} = a_x \sin \alpha = \omega^2 r \sin \alpha = \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha$$

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

по III з-ку Ньютона: $-\vec{P} = \vec{N}; P = N \} \Rightarrow$

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

Ответ: $P_0 = mg \cos \alpha; P = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N/2$
Дано:
 S
 m
 $M = 2m$
 μ
 $F (F > F_0)$
 $F_{\text{gab}} = ?$
 $F_0 = ?$
 $t = ?$

1) динамическое уравнение движения для ящика:
 $oy: N - mg - Mg = 0 \Rightarrow N = g(m + M) = 3mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ по 3-му закону Ньютона: $-F_{\text{gab}} = N; N = F_{\text{gab}} = 3mg$
 2) $ox: -F_{\text{тр}} + T = 0 \Rightarrow T = F_{\text{тр}} = \mu N = 3\mu mg$
 тогда для веревки: $-F_0 + T = 0 \Rightarrow F_0 = T$
 $\Rightarrow F_0 = 3\mu mg$
 3) $ox: F = T$
 $ox: -F_{\text{тр}} + T = ma \Rightarrow -F_{\text{тр}} + F = ma \Rightarrow -\mu N + F = -3\mu mg + F = ma \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{F}{m} - 3\mu g$
 $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{4Sm}{F - 3\mu mg}}$

Ответ: $F_{\text{gab}} = 3mg; F_0 = 3\mu mg; t = \sqrt{\frac{4Sm}{F - 3\mu mg}}$

N3

Дано:

$$t = 27^{\circ}\text{C}$$

$$T = 300\text{K}$$

$$\rho = 3,55 \cdot 10^3$$

$$g = 1^{\circ}/\text{сек}^2$$

$$z = 1000^{\circ}/\text{м}^3$$

$$\mu = 18^{\circ}/\text{мол}^2$$

$$= 18 \cdot 10^{-3}^{\circ}/\text{мол}^2$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1) \frac{g_H}{g} = ?$$

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

$$1) p = \frac{g_H RT}{M} \Rightarrow g_H = \frac{pM}{RT} \Rightarrow \frac{g_H}{g} = \frac{pM}{gRT} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} = 2,56 \cdot 10^{-5}$$

$$2) pV = \nu RT = \frac{g_H V}{M} RT \quad (1)$$

$$pV_H = \left(\frac{g_H V}{M} - \frac{g_B V_B}{M} \right) RT \quad (2)$$

$$(1) : (2) : \frac{V}{V_H} = \frac{g_H V}{g_H V - g_B V_B} \Rightarrow g_H V_H = g_H g (V_B - V_H) - g_B V_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g_H V_H (g - 1) = V_B (g_B - g g_H) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_H}{V_B} = \frac{g_B - g g_H}{g_H (g - 1)} = \frac{1 - g \frac{g_H}{g}}{\frac{g_H}{g} (g - 1)} = \frac{1 - 2,56 \cdot 10^{-5}}{2,56 \cdot 10^{-5} \cdot (3,6 - 1)} =$$

$$\approx 8335,6$$

Ответ: $\frac{g_H}{g} = 2,56 \cdot 10^{-5}$; $\frac{V_H}{V_B} = 8335,6$

N4

Дано:

$$\alpha = 45^{\circ}$$

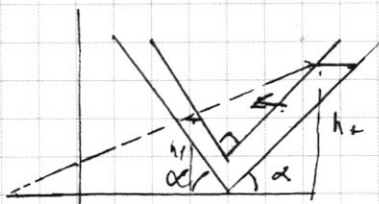
$$a = 4^{\circ}/\text{с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ м} = 91 \text{ м}$$

$$g = 10^{\circ}/\text{с}^2$$

$$1) h_2 = ?$$

$$2) V = ?$$



уравнение движения для
мизности:



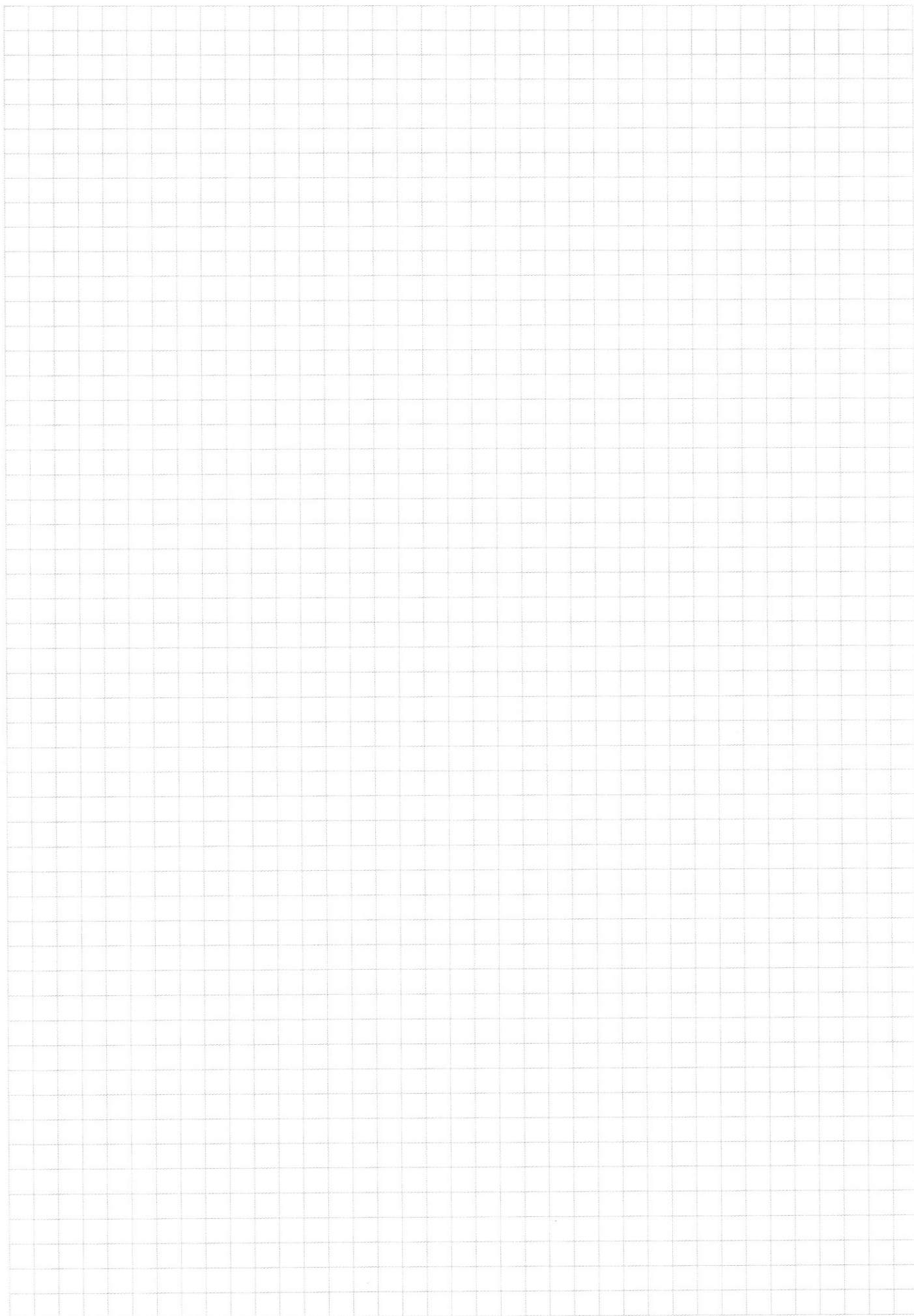
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram showing a projectile launched from the origin (0,0) at an angle α with initial velocity V_0 . The trajectory is a dashed parabola. The horizontal distance is x and the vertical distance is y . The velocity vector at any point is shown as V with components V_x and V_y .

Handwritten calculations:

1. Decomposition of initial velocity:

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

2. Calculation of V_y using the Pythagorean theorem:

$$4V_0^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$V_y = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$= 10 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ}$$

$$= 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}}$$

$$= 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = 5\sqrt{13} \approx 18.4 \text{ m/s}$$

3. Calculation of the height h using the equation of motion:

$$y: V_y = V_{0y} + a_y t$$

$$+ V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$\frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = t$$

$$h = \frac{V_0^2 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$= \frac{10^2 (\sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} - \sin 30^\circ)^2}{2 \cdot 9.8}$$

$$= \frac{100 (\sqrt{\frac{13}{4}} - \frac{1}{2})^2}{19.6}$$

$$= \frac{100 (\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2})^2}{19.6}$$

$$= \frac{100 (\frac{\sqrt{13} - 1}{2})^2}{19.6}$$

$$= \frac{100 (\frac{13 - 2\sqrt{13} + 1}{4})}{19.6}$$

$$= \frac{100 (14 - 2\sqrt{13})}{78.4}$$

$$= \frac{100 (14 - 7.21)}{78.4}$$

$$= \frac{100 \cdot 6.79}{78.4}$$

$$= 8.66 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 3,3 \\ \hline 39 \\ 39 \\ \hline 4,29 \\ 4,1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42,912 \\ -4 \\ \hline 9 \end{array} \quad \begin{array}{r} 912 \\ 21,45 \end{array}$$

$$p = \rho g h + \frac{\rho V^2}{2} \approx \rho g h$$

~~Решение~~

NS

Дано:

$$t = 23^\circ \text{C}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$p = 3550 \text{ Па}$$

ама

$$F = 2 m a z \uparrow$$

СИ

$$p = \frac{\rho R T}{M} \Rightarrow \rho = \frac{p M}{R T}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho} = \frac{p M}{\rho R T}$$

$$p V = \nu R T$$

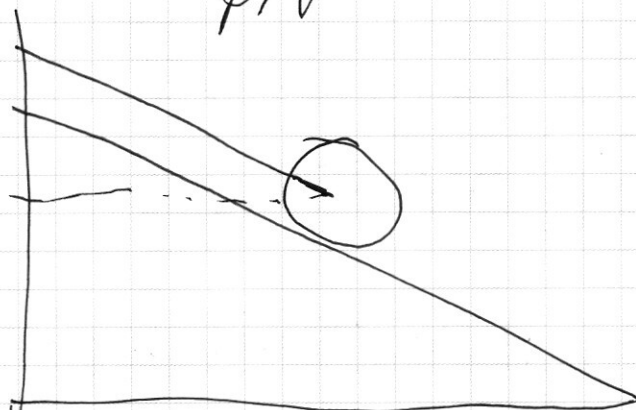
$$\rho \frac{V}{\gamma} = R T$$

$$p = \frac{\rho V}{M} \Rightarrow p = \frac{\rho_1 V_1}{M}$$

$$\frac{p V_1}{\gamma} = \frac{\rho_1 R T}{M}$$

$$V = \frac{M \gamma + M \beta}{M} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{M}$$

p, V



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$831 \cdot 300$$

$$3550 \cdot 80,018$$

$$g_k = \frac{p^M}{R^T}$$

$$\frac{g_k}{g} = \frac{p^M}{g R^T}$$

$$\frac{g_k V_H}{M}$$

~~В~~

$$V_z = V_H + V_B \quad \rho V_H =$$

$$\alpha(V_H + V_B) = \frac{g_k V_H}{g_k V_H - g V_B}$$

$\Rightarrow$

$$\rho V_z = \rho R^T$$

$$\rho = \frac{V_H}{V - \frac{\Delta M}{M}} \cdot \frac{1}{R^T}$$

$$f g_k V_H = g_k V_H - g V_B V_H$$

$$V_H = \frac{V}{1 - \frac{\Delta M}{M}}$$

$$= g_k V_B V_H - g V_B^2$$

$$g V_B^2 + g V_B V_H - g_k V_B V_H = 0 \quad | : V_B$$

$$f g_k V_H = g_k V_H - g V_B V_H$$

$$g V_B + g V_B V_H - g_k V_H = 0$$

$$g V_B + V_H (g - g_k) = 0$$

~~В~~

~~В~~

$$g_k V_H (f - 1) = f \Delta M$$

$$\frac{g_k V_H (f - 1)}{f} = V_B g$$

$$V_B = \frac{g_k V_H (f - 1)}{f g}$$

$$pV = pR\tau$$

$$pV_k = \left(V - \frac{mM}{M}\right) pR\tau$$

$$V_k = f(V_k + V_B)$$

$$\frac{V_k}{V_B} = \frac{g_k V}{g_k V - g_B V_B}$$

$$g_B V_k = g_k V - g_B V_B$$

$$g_k V_k = f g_k V + g_B V_B - g_B V_B$$

$$g_k V_k (f-1) = V_B (g_B - f g_k) \Rightarrow V_B = \frac{g_k V_k (f-1)}{g_B - f g_k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_k}{V_B} = \frac{(g_B - f g_k) V_k}{g_k V_k (f-1)} =$$

$$\frac{g_k}{g} = \frac{pM}{pR\tau} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} =$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\approx 1,56 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{array}{r} 6390 \quad | \quad 2493 \\ 0 \quad | \quad 00156 \\ \hline 639 \quad | \quad 0 \\ 0 \quad | \quad 0 \\ \hline 6390 \\ 4986 \\ \hline 14040 \\ 12465 \\ \hline 15750 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,56 \\ 5,6 \\ \hline 1538 \\ 1280 \\ \hline 74336 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 00004336 \\ 99985664 \\ \hline 16776 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,56 \\ 4,6 \\ \hline 1536 \\ 1024 \\ \hline 11776 \end{array}$$