

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?

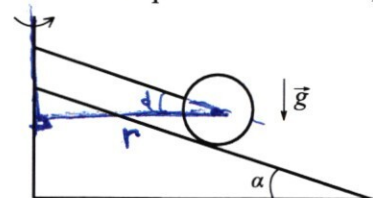
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

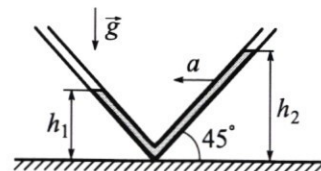


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

① Дано

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2, v' = 2v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_y' = ?$$

$$t_n = ?$$

$$h = ?$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

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

Решение

Начальный вектор скорости $\vec{v}_0$

направлен к поверхности Земли

(т.к. гайка всё время приближается).

$$1) v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{const}$$

$$v_y^{(t)} = v_0 \cdot \sin \alpha + g t$$

$$\text{так как } (2v_0)^2 = v_y'^2 + v_x^2$$

$$v_y'^2 = 4v_0^2 - v_x^2$$

$$v_y' = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_y' = \sqrt{v_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)} = v_0 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} =$$

$$= 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{10}{2} \sqrt{13} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)} = \sqrt{325} \approx \underline{18 \text{ (м/с)}}$$

$$2) v_y' = v_0 \cdot \sin \alpha + g t_n$$

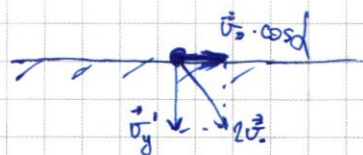
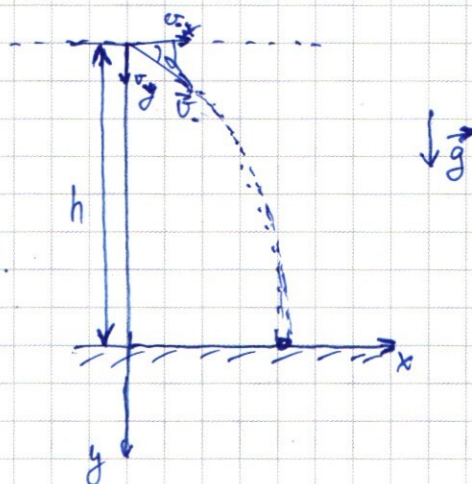
$$g t_n = v_y' - v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$t_n = \frac{v_y' - v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{18 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{18 - 5}{10} = \underline{1,3 \text{ (с)}}$$

$$3) h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_n + \frac{g t_n^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 + \frac{10 \cdot (1,3)^2}{2} = 5 \cdot 1,3 + 5 \cdot (1,3)^2 =$$

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

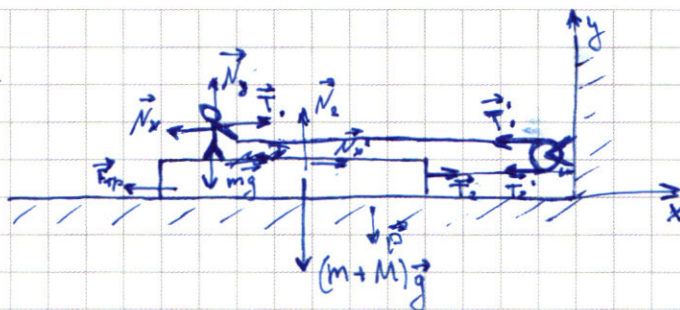
Ответ: 1) 18 м/с
2) 1,3 с
3) 14,95 м.



$$\begin{array}{r} \times 1,3 \\ 5 \\ \hline 6,5 \\ \times 13 \\ \hline 84,5 \\ + 195 \\ \hline 14,95 \end{array}$$

② Dano
 S ; m ;
 $M = 2m$;
 μ ; $F (F \geq E)$

Решение



- 1) $\vec{P}$ - ?
- 2) $\vec{F}_o$ - ?
- 3) t - ?

1) Нам нужно найти часть каната, которая соприкасается с блоком, ориентированную по вертикальной оси. Значит, проекция силы, с которой человек тянет за канат равна 0

По III Закону Ньютона: $\vec{P} = -\vec{N}_2$; $N_y = mg$

По II Закону Ньютона: $0 = mg + Mg + N_2$

$$\vec{P} = mg + Mg$$

$$-P = -mg - Mg$$

$$P = g(m+M) = 3mg$$

N_x - сила трения пола

N_y - сила, с которой человек тянет за канат

T - сила натяжения каната

2) $T_1 = T_1' = T_2' = T_2 = T$ (т.к. канат идеал и блок невесомый, канат нерастяжим)

а человека = а груза = а

$\vec{N}_x = -\vec{N}_x'$ (по III закону Ньютона)

$$\begin{cases} m\vec{a} = \vec{T} + \vec{N}_x \\ M\vec{a} = \vec{T} + \vec{F}_{тр} + \vec{N}_y' \end{cases} \quad (\text{По II закону Ньютона})$$

$$\begin{cases} ma = T - N_x & (1) \\ Ma = T + N_x - F_{тр} & (2) \end{cases}$$

$$(1) + (2): a(m+M) = 2T - F_{тр}$$

$$a(m+M) = 2F - \mu(m+M)g$$

$$T = F \quad (\text{по III закону Ньютона})$$

$$F_{тр} = N_2 \cdot \mu = (m+M)g\mu$$

Для того, чтобы сдвинуться с места, нужно приложить минимальную силу

$$F_o: 2F_o = \mu(m+M)g$$

$$F_o = \frac{\mu(m+M)g}{2} = \frac{3\mu mg}{2}$$

Ответ: 1) $3mg$

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

$$3) \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

$$3) a = \frac{2F - \mu(m+M)g}{(m+M)} = \frac{2F}{(m+M)} - \mu g$$

$$S = \frac{at^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S(m+M)}{2F - \mu(m+M)g}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

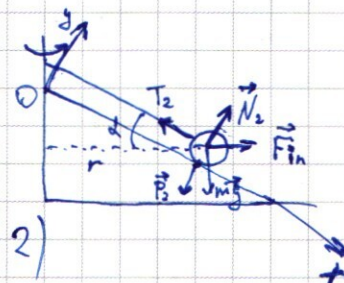
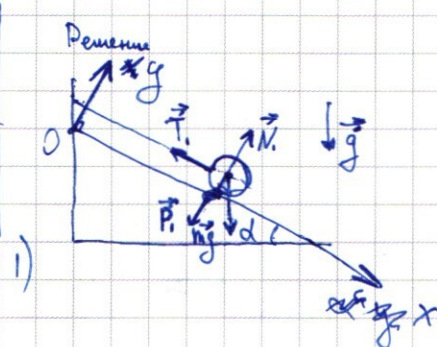
Дано: 1) $(m+M)g$; 2) $\mu(m+M)g$; 3) $\frac{2S(m+M)}{2F - \mu(m+M)g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③ Dano
 $m; R; d; L; \omega$

1) P_1 - ?

2) P_2 - ?



1) II закон Ньютона:

$$0 = \vec{mg} + \vec{T}_1 + \vec{N}_1$$

OY: $0 = -mg \cdot \cos d + 0 + N_1$

$$N_1 = mg \cdot \cos d$$

По III закону Ньютона: $P_1 = N_1 = mg \cdot \cos d$

2) Введем силу инерции
(для вращения ω и $\cos d$)

$$\vec{F}_{fin} = -m\vec{a}_n = -m\omega^2 r$$

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

$$F_{fin} = m\omega^2 r = m\omega^2 (L + R) \cos d$$

II закон Ньютона:

$$0 = \vec{mg} + \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{fin}$$

OY: $0 = N_2 - mg \cdot \cos d + F_{fin} \cdot \cos(90^\circ - d) = N_2 - mg \cos d + m\omega^2 (L + R) \cos d \cdot \sin d$

По III закону Ньютона:

$$P_2 = N_2 = m \cos d (g + \omega^2 (L + R) \sin d)$$

Ответ: 1) $mg \cdot \cos d$

2) $m \cdot \cos d (g + \omega^2 (L + R) \sin d)$.

5) Dano

$$T = 300K$$

$$p_a = 3,55 \cdot 10^3 Pa$$

$$p_b = 12 / cm^2 = 1000 Pa$$

$$\mu = 182 / molar = 18 \cdot 10^{-3} kg/mol$$

$$V_0 = \gamma V, \quad \gamma = 5,6$$

1) $\frac{p_n}{p_b} = ?$

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

Решение

1) Уравнение Менделеева-Клапейрона:

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

$$p = \frac{m}{V\mu} RT$$

$$p_n = \frac{p_n}{\mu} RT$$

$$p_n = \frac{p_0 \mu}{RT}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{p_0 \mu}{p_b \cdot R \cdot T} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} = \frac{35,5 \cdot 6}{8,31 \cdot 10^3} = \frac{213}{8,31 \cdot 10^3} \approx 25,6 \cdot 10^{-6}$$

2) Давление насыщенного пара зависит только от температуры $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ при медленном изотермическом процессе $p = p_{\text{насыщ. пара}} = \text{const}$

$$pV_0 = \frac{m_0 RT}{\mu}$$

V_0 - начальный объем пара

$$V_0 = \frac{m_0 \cdot R \cdot T}{p \cdot \mu}$$

m_0 - начальная масса пара

$$V_1 = \frac{m_1 RT}{p \cdot \mu}$$

m_1 - масса пара, когда объем пара увеличился в γ раз.

$$V_0 = \gamma V_1 \Rightarrow \frac{m_0 RT}{p \cdot \mu} = \gamma \frac{m_1 RT}{p \cdot \mu} \Rightarrow m_0 = \gamma m_1$$

$$m_1 = \frac{m_0}{\gamma}$$

m_b - масса воды

$$m_b = m_0 - m_1 = m_0 - \frac{m_0}{\gamma} = \frac{m_0 (\gamma - 1)}{\gamma}$$

V_b - объем воды

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b}$$

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_n}$$

$$\frac{V_1}{V_b} = \frac{m_1 \cdot \rho_b}{\rho_n \cdot m_b} = \frac{m_0 \cdot \gamma \cdot \rho_b}{\gamma \cdot m_0 (\gamma - 1) \cdot \rho_n} = \frac{\rho_b}{(\gamma - 1) \cdot \rho_n} = \frac{\rho_b \cdot R \cdot T}{(\gamma - 1) \cdot p \cdot \mu} = \frac{1}{25,6 \cdot 10^{-6}}$$

$$\frac{V_1}{V_b} = \frac{1}{25,6 \cdot 10^{-6} \cdot 4,6} = \frac{10^5}{25,6 \cdot 4,6} \approx \frac{10^5}{10} = 10^4$$

Ответ: 1) $25,6 \cdot 10^{-6}$;
2) 10^4 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ Дано

$\alpha = 45^\circ$

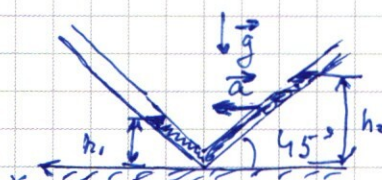
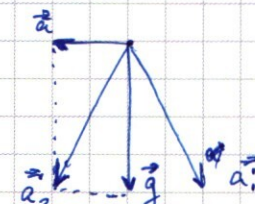
$a = 4 \text{ м/с}^2$

$g = 10 \text{ м/с}^2$ $h_1 = 10 \text{ см}$

1) $h_2 = ?$

2) $v = ?$

Решение

~~$\vec{a} = \vec{g}$~~

Переходим в инерциальную СО, связанную движущуюся с ускорением $\vec{a}$

$p_1 = p_2$

p_1 — давление в левом колесе шарики

p_2 — давление в правом колесе шарики

~~$p_1 = p_2$~~

$p a_1 h_1 = p a_2 h_2$

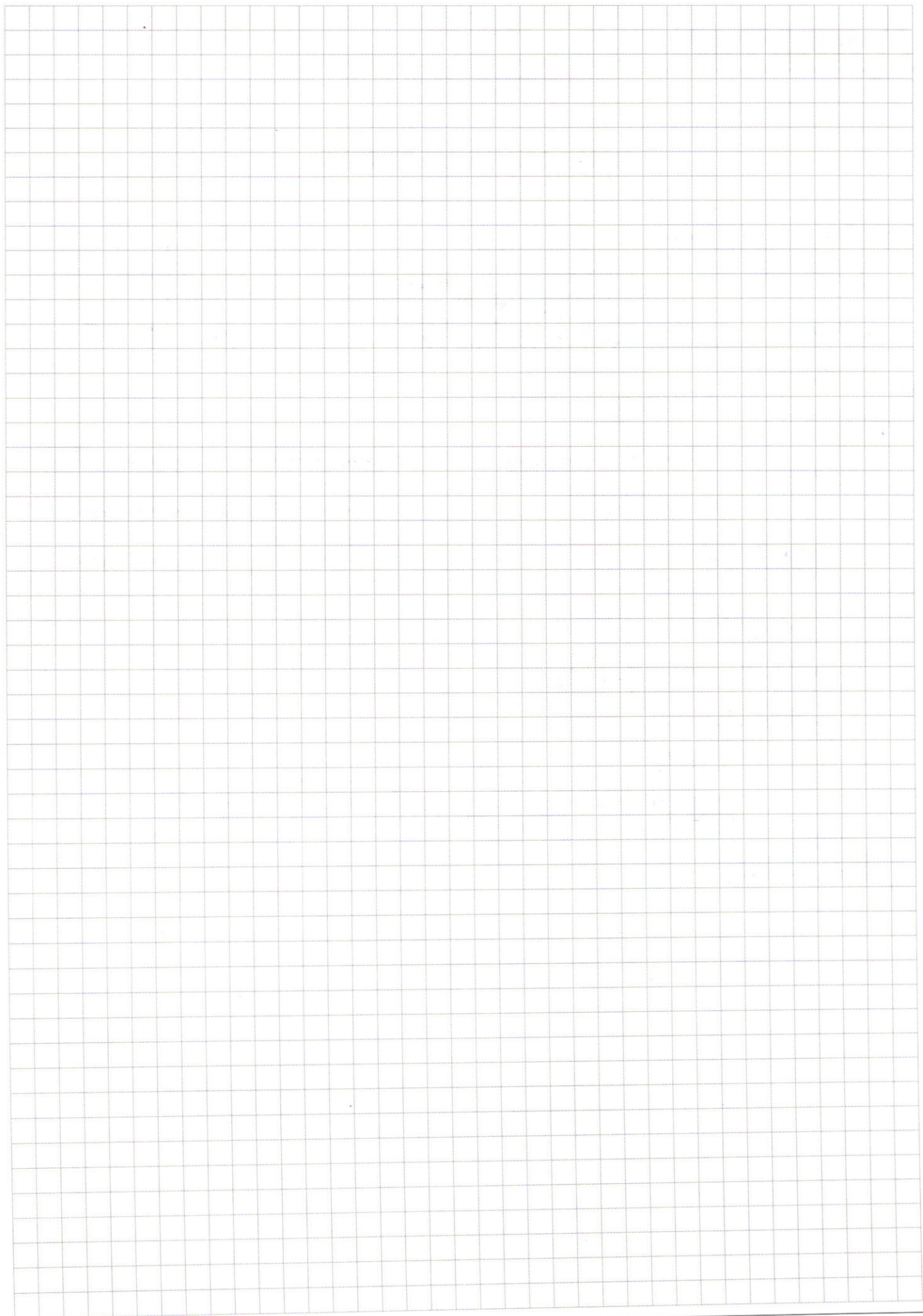
$p (\vec{g} + \vec{a}) h_1 = p (\vec{g} - \vec{a}) h_2$

$p \sqrt{g^2 + a^2} h_1 = p \sqrt{g^2 - a^2} h_2$

$h_2 = \frac{\sqrt{g^2 + a^2} h_1}{\sqrt{g^2 - a^2}} = \frac{\sqrt{100 + 16}}{\sqrt{100 - 16}} \cdot 0,1 \approx \frac{11}{9} \cdot 0,1 \approx 1,2 \cdot 0,1 = 0,12 \text{ м} =$

$= 12 \text{ см}$

Ответ: 12 см.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



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)

$$pV_n = \frac{m_n}{\mu} RT$$

$$V_{n1} = \frac{m_{n1} RT}{p \cdot \mu}$$

$$V_b = m - m_n$$

$$V_0 = \frac{m_0 RT}{p \cdot \mu} = \gamma V_{n1} =$$

$$\frac{m_0 RT}{p \cdot \mu} = \gamma \frac{m_{n1} RT}{p \cdot \mu}$$

$$m_0 = \gamma m_{n1}$$

$$m_{n1} = \frac{m_0}{\gamma}$$

$$m_b = m_0 - m_{n1} = m_0 - \frac{m_0}{\gamma} = \frac{m_0 \gamma - m_0}{\gamma} = \frac{m_0 (\gamma - 1)}{\gamma}$$

$$\frac{V_0}{V_b} = \frac{\frac{m_{n1}}{p_0}}{\frac{m_b}{p_b}} = \frac{m_{n1} \cdot p_b}{m_b \cdot p_0}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ - 16 \\ \hline 84 \end{array}$$

✗

$$\begin{array}{r|l} 11 & 9 \\ - 9 & 12 \\ \hline 20 & \\ - 18 & \\ \hline 2 & \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Dano

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v = 2v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_y' - ?$$

$$t_h - ?$$

$$h - ?$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$$

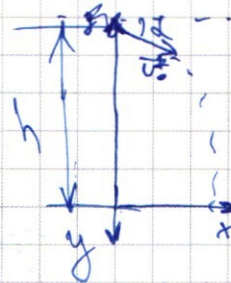
$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha + g t_h$$

Решение

~~Путь без учета пролета~~

Начальный вектор скорости $\vec{v}_0$ направлен
к поверхности земли (т.е. пистолет
был направлен в землю)

$$h = v_{0y} t_h + \frac{g t_h^2}{2}$$



$$v_y' = v_0 \cdot \sin \alpha + g t_h \quad v_x' = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_y' = v_0 \cdot \sin \alpha + g t_h$$

$$\sqrt{v_x'^2 + v_y'^2} = 2v_0$$

$$v_x'$$

$$4v_0^2 = v_x'^2 + v_y'^2$$

$$v_y' = \sqrt{4v_0^2 - v_x'^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$N_x' = N_x$$

② Dano

$$S; m;$$

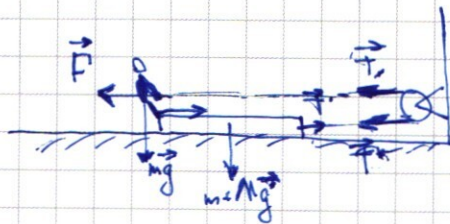
$$M = 2m;$$

$$\mu \quad 3) F$$

$$1) \vec{p} - ?$$

$$2) \vec{F}_{\text{тр}} - ?$$

$$3) \vec{F}_t - ?$$



$$25 \cdot 18$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 13 \\ \hline 75 \\ + 25 \\ \hline 325 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 15 \\ \hline 75 \\ + 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \cdot 18 \\ 18 \\ \hline 162 \\ + 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 162 \\ + 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

5) Дано

$$T = 300K$$

2) $r = 5,6$
 $V_0 = rV_1$

$$p_n = 3,55 \cdot 10^3 Pa \quad p = 12/cm^2; p_{n,0} = 102/cm^2$$

1) $\frac{p_n}{p_0}$

2) $\frac{V_n}{V_0} - ?$

$$p_n V = \nu n R T$$

$$p_n = p_n R T$$

$$pV = \frac{m}{M} R T$$

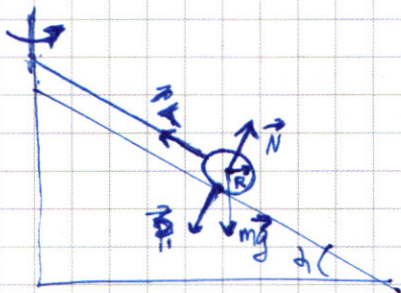
$$p_n = \frac{p_n}{M} R T$$

Дано

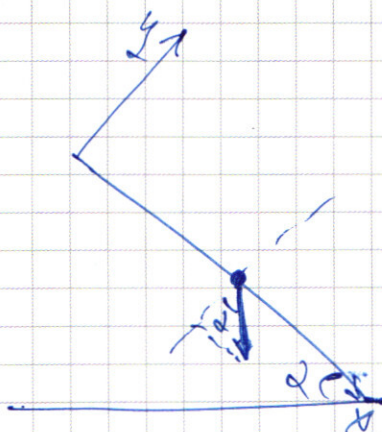
$$m; R; d; h; w$$

$$P_1 - ?$$

$$P_2 - ?$$



$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$



$$F_z = m a_n = -m a_n = -m \omega^2 r$$

$$r = L \cdot \cos \alpha$$

$$18 : 3 = 6$$

$$\begin{array}{r} 32,5 \\ \times 35,5 \\ \hline 11375 \\ + 10360 \\ \hline 116025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21300 \\ - 1682 \\ \hline 4680 \\ - 4155 \\ \hline 5250 \\ 4986 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 4 \\ \times 3,55 \\ \hline 18 \\ + 2840 \\ \hline 355 \\ 63,90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 8,37 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,1 \\ \times 7 \\ \hline \end{array}$$