

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.

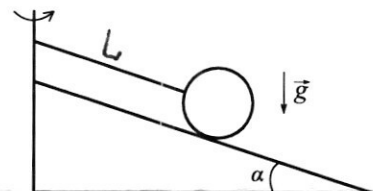
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

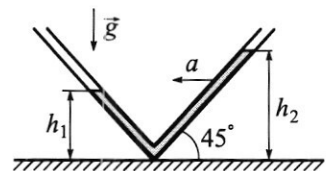
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.



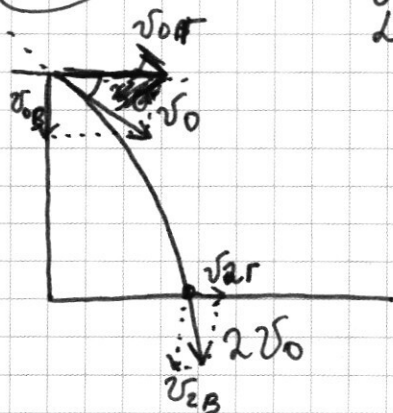
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

N 1



$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_{0B} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$v_{0r} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{2r} = v_{0r}$$

$$(2v_0)^2 = v_{2r}^2 + v_{2B}^2$$

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

$$v_{2B} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$v_{2B} = v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2}$$

~~1) Ответ: $5\sqrt{13}$ м/с~~

1) Ответ: $5\sqrt{13}$ м/с

$$v_{2B} = v_{0B} + g t = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{v_{2B} - v_0 \sin \alpha}{g}$$

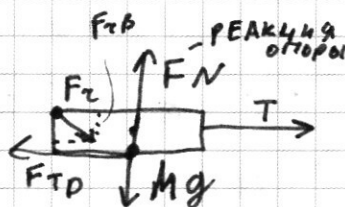
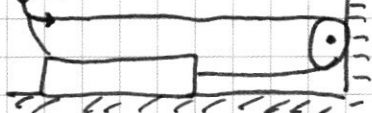
$$t = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

2) Ответ: $\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$

$$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + \frac{g t^2}{2} = 5 \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} + 5 \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right)^2 = 15 \text{ м}$$

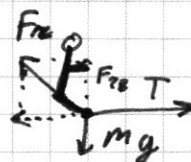
3) Ответ: 15 м

N 2



$$F_{zB} \neq Mg = F_N$$

1) Ответ: $(m+M)g = 3mg$



$$F_{zB} = mg \text{ (т.к. он не падает и не вылетает)}$$

$$F_{Tr} = F_N \cdot M \text{ (} \rightarrow \text{ когда человек начнет двигаться)}$$

$$F_{Tr} = T + F_{zr}$$

$$T + F_{zr} - F_{Tr} = Ma \leftarrow (F = ma \text{ для человека)}$$

$$T - F_{zr} = ma \leftarrow (F = ma \text{ для человека)}$$

$$T = F_{zr} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Tp} = T + T$$

$$2T = F_N \cdot \mu = 3m\mu g \quad T = \frac{3}{2} \mu mg \quad \text{2) Ответ: } \frac{3}{2} \mu mg$$

$$\begin{cases} T = F \\ Ma = T + F_{2r} - F_{Tp} \\ ma = T - F_{2r} \Rightarrow F_{2r} = T - ma \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

$$2ma = T + \overset{F_{2r}}{T} - \overset{F_{Tp}}{3ma} - F_{Tp}$$

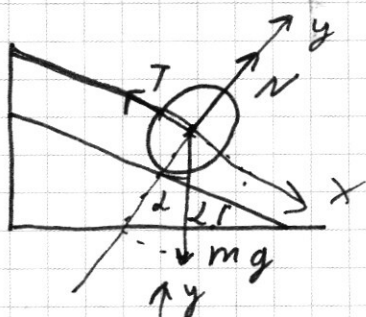
$$3ma = 2F - 3mg\mu$$

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

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

$$3) \text{ Ответ: } \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - g\mu}}$$

(N3)



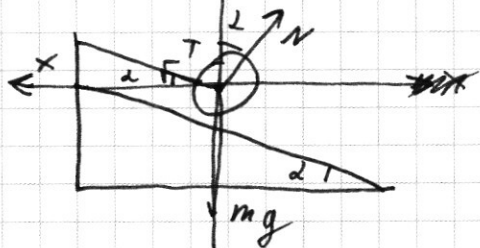
$$x: T - mg \cdot \sin \alpha = 0 \quad (\text{т.к. шар покоится})$$

$$y: N - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$1) \text{ Ответ: } mg \cos \alpha$$

~~$$N = mg \cos \alpha \text{ без радиуса и углов}$$~~



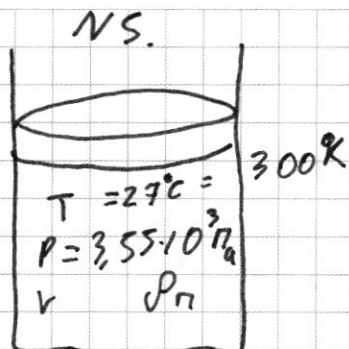
$$\begin{cases} a = \omega^2 R \\ R = L \cdot \cos \alpha \\ y: mg = N \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha \\ x: T \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = ma \\ T = \frac{ma + N \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{m\omega^2 L \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} \end{cases}$$

$$mg = N \cdot \cos \alpha + \frac{m\omega^2 L \cdot \sin \alpha + N \cdot \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N = \frac{mg - m\omega^2 L}{(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha})} = m(g - \omega^2 L) \cos^2 \alpha$$

$$2) \text{ Ответ: } m(g - \omega^2 L) \cos^2 \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ρ_n - плотность пара

$$\mu = 182 \text{ / моль}$$

$$\rho = 124 \text{ см}^3$$

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

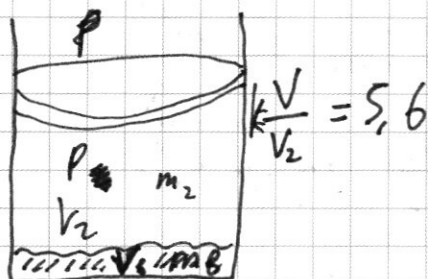
$$\rho_n = \frac{m}{V} = \frac{P \mu}{RT} = \frac{3.55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8.31 \cdot 300} = \frac{3.55 \cdot 18}{8.31 \cdot 3} \cdot 10^2 =$$

$$= \frac{3.55 \cdot 18}{8.31 \cdot 3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{3.55 \cdot 18}{8.31 \cdot 3} \cdot 10^{-5} \approx$$

$$\approx \frac{7.7}{3} \cdot 10^{-5} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

1) Ответ: $\sim 7.7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$T = \text{const}$, пар всё время конденсируется $\Rightarrow \rho_n = \text{const} \Rightarrow$
 $\Rightarrow P = \text{const}$



~~$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$~~

~~$$\frac{m_2}{V_2} = \frac{m}{V}$$~~

~~$$m_1 + m_2 = m$$~~ ~~т.к. масса воды сохраняется~~

~~$$m_2 = m \cdot \frac{V_2}{V}$$~~

~~$$m_1 + m \cdot \frac{V_2}{V} = m$$~~

~~$$m_1 = m \left(1 - \frac{V_2}{V}\right)$$~~

~~$$\frac{m}{m_1} = \frac{1}{1 - \frac{V_2}{V}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{k}} = \frac{k}{k-1}$$~~

~~$$\frac{k}{k-1} = \frac{5.6}{6.6} = \frac{28}{33}$$~~

$$m_1 + m_2 = m_2 \cdot \frac{V}{V_2} = m_2 \cdot k$$

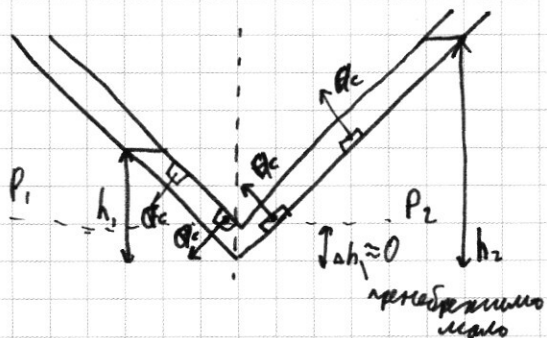
$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{k-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{m_2}{\rho_n} \cdot \frac{\rho_1}{m_1} = \frac{\rho_1}{\rho_n} \cdot \frac{1}{k-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{12.3}{7.7} \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{4.6} \approx \frac{18}{47.23} \cdot 10^7$$

2) Ответ: $\frac{18}{47.23} \cdot 10^7$

N4



$P_1 = P_2$ (т.к. на одной высоте)

$$P_1 = \rho(g + a_c \cdot \frac{1}{r_2}) h_1$$

$$P_2 = \rho(g - a_c \cdot \frac{1}{r_2}) h_2$$

$$a_c \cdot \frac{1}{r_2} = a$$

$$\rho(g + a_c \cdot \frac{1}{r_2}) h_1 =$$

$$= \rho(g - a_c \cdot \frac{1}{r_2}) h_2$$

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

$$h = \frac{10+4}{10-4} \cdot 10 \text{ см} = \frac{14}{6} \cdot 10 \text{ см} =$$

$$= \frac{70}{3} \text{ см}$$

1) Ответ: $\frac{70}{3} \text{ см}$

~~Скорость течения~~

v зависит от ΔP и ρ (материала капилляра) $\Rightarrow$ по методу размерностей

$$v^2 = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{\rho g h_2 - \rho g h_1}{\rho} = g(h_2 - h_1) = \left(\frac{70}{3} - 10\right) \cdot 10^{-2} \cdot 10 =$$

$$= \frac{70-30}{3} \cdot 10^{-1} = \frac{4}{3} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$2) \text{ Ответ: } \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



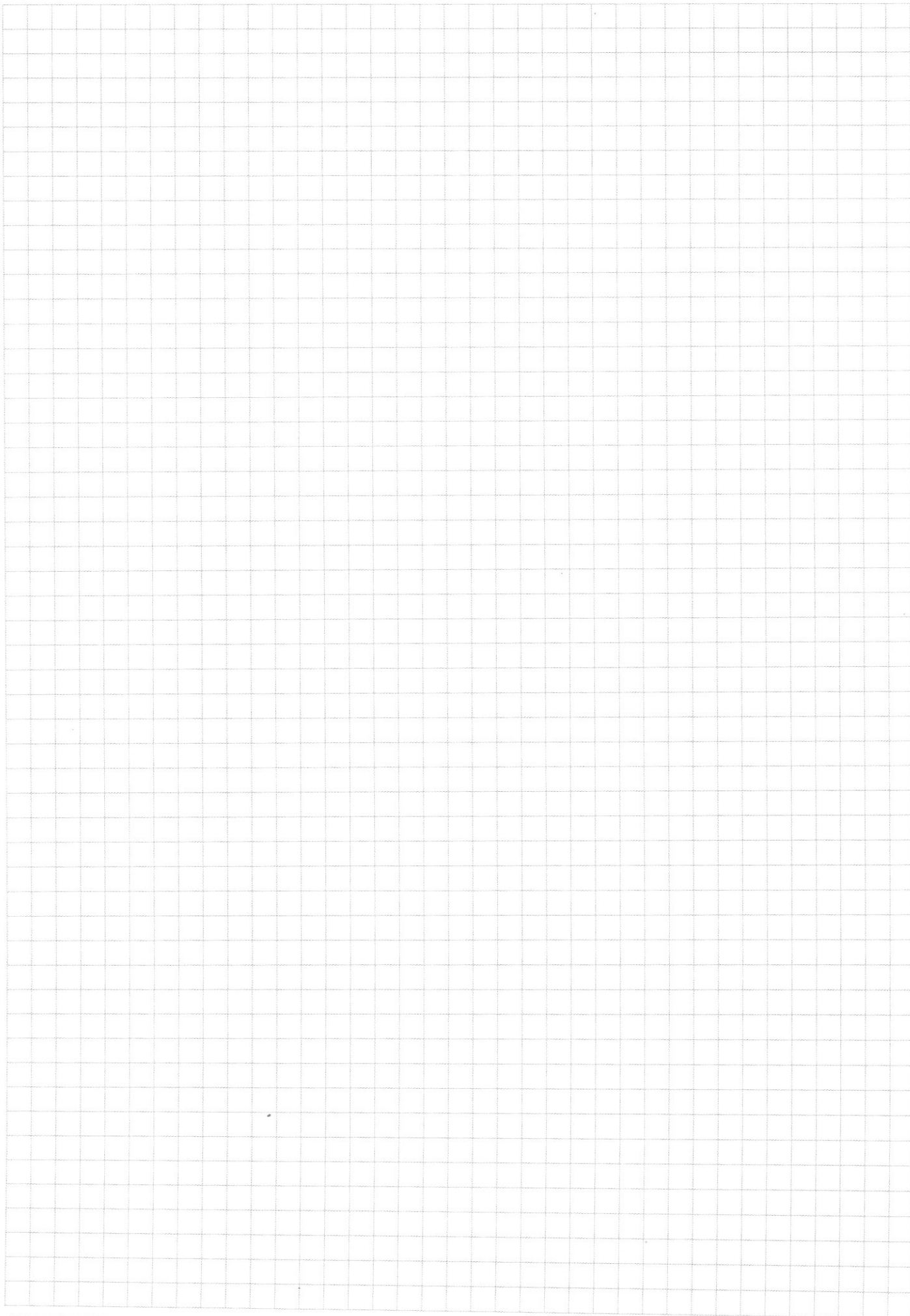
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

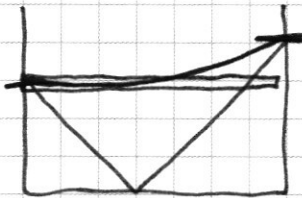
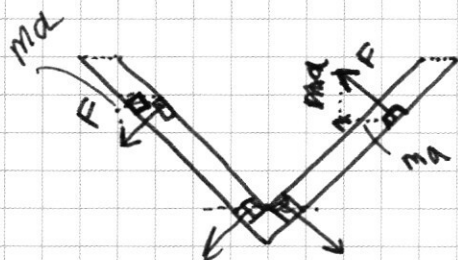
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



v

$$P_1 \neq P_2$$

~~$$P \cdot V = \text{const}$$~~

$$\Delta P = \frac{H}{m^2} = \frac{k_2 \cdot \frac{m}{c^2}}{m^2} = \frac{k_2}{m \cdot c^2}$$

$$v = \frac{m}{c}$$

$$\rho = \frac{k_2}{m^3}$$

~~$$k_2 = \Delta P$$~~

$$m \cdot c^2$$

$$\rho = \frac{k_2}{m}$$

$$v = ?$$

$$v^2 = \frac{\Delta P}{\rho}$$



черновик

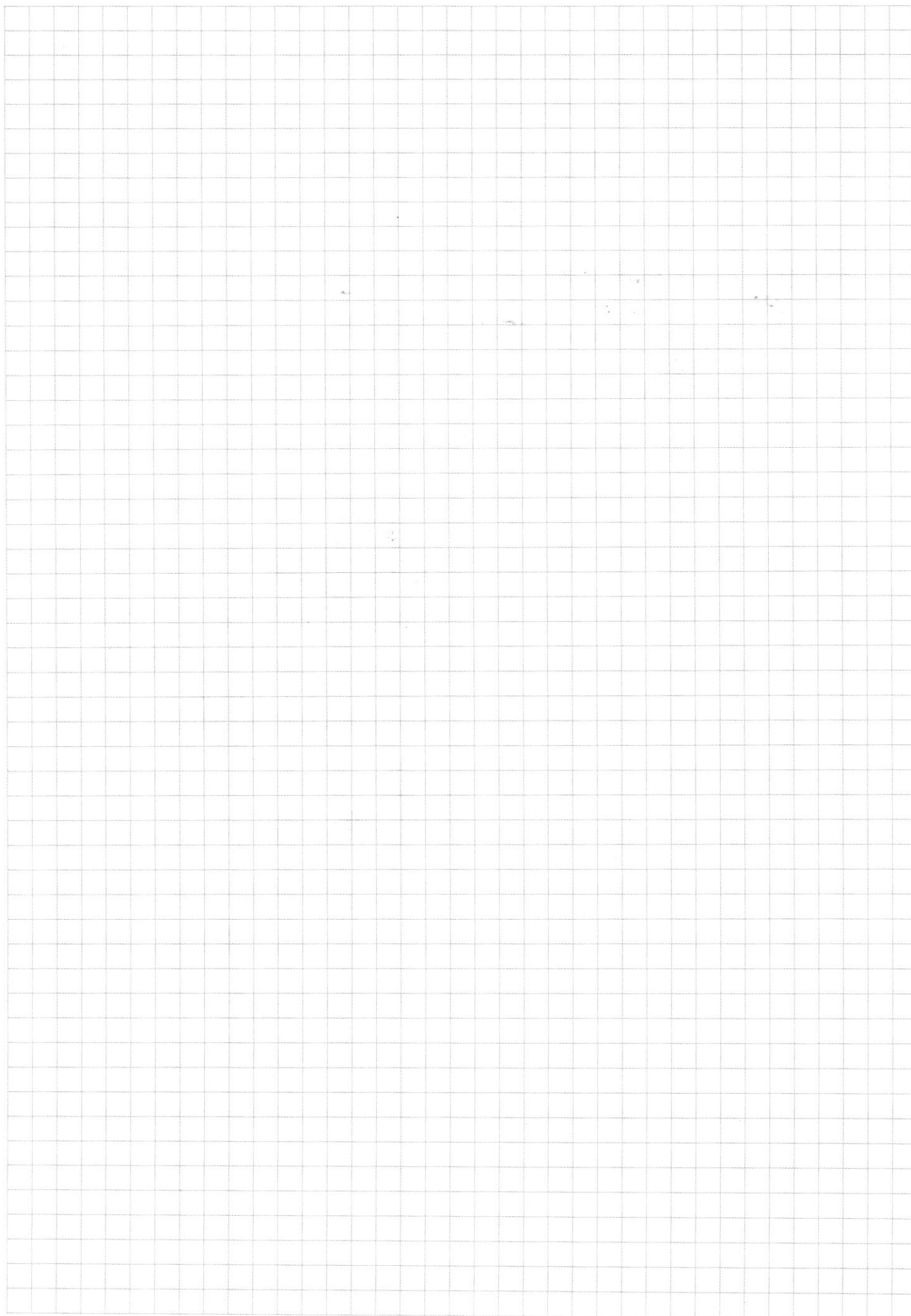


чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

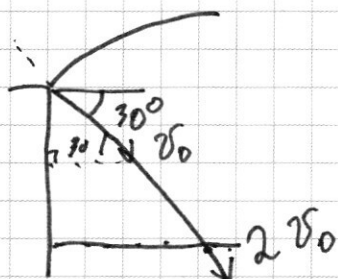


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

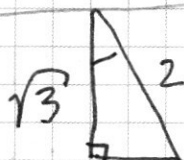
28
33



$$v_{0B} = v_0 \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} v_0$$

$$v_{0r} = v_0 \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

$$v_{2B} = v_0 \sin 30^\circ + g t$$



$$v_{2r} = v_{0r} = v_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

$$2^2 v_0^2 = \frac{3}{4} v_0^2 + v_{2B}^2$$

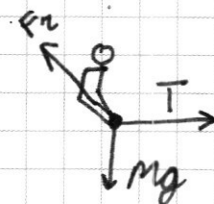
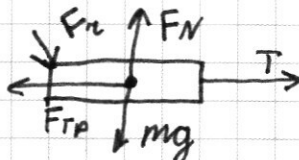
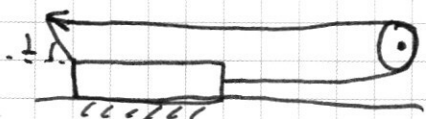
$$v_{2B}^2 = \frac{16-3}{4} v_0^2 = \frac{13}{4} v_0^2$$

$$\frac{13 - 2\sqrt{13} + 1}{2}$$

5. 6.6

$$H = v_0 \sin 30^\circ \cdot t + \frac{g t^2}{2}$$

$$5 \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} + 5 \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} \right)^2 = \frac{5}{2} \frac{\sqrt{13}-1 + 7 - \sqrt{13}}{2} = \frac{5}{2} \cdot 6 = 15$$



$$F_{tr} = F_N \cdot \mu$$

$$F_{tr} = T + F_{trr} \rightarrow \text{подем}$$

$$F_{tr} = 0 \Rightarrow a = 0$$

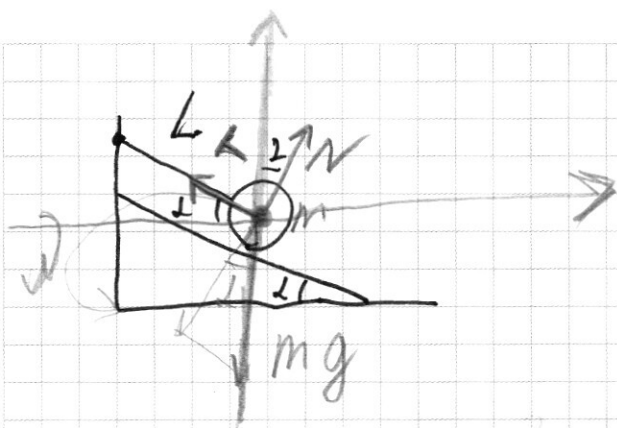
$$T + F_{trr} - F_{tr} = M a$$

$$T - F_{tr} = m a$$

$$2T = F_{tr}$$

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

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



$$\begin{array}{r} 3,85 \\ \times 8,3 \\ \hline 1,065 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 83 \\ \hline 2840 \\ 29465 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 8,30 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\cdot 10^{-3}$$

$$a = \omega^2 R$$

$$R = L \cdot \cos \alpha$$

$$mg = N \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha$$

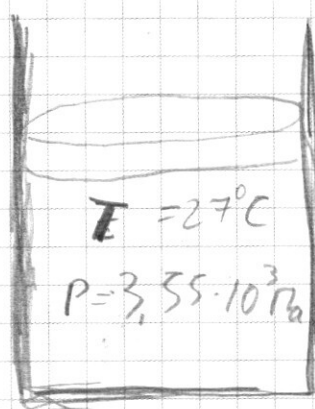
$$T \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = m a = m \omega^2 \cdot L \cdot \cos \alpha$$

$$mg = N \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha$$

$$mg = N \cdot \cos \alpha + \frac{m \omega^2 \cdot L \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha$$

$$mg - m \omega^2 \cdot L = N \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)$$

$$N = \frac{mg - m \omega^2 \cdot L}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \cos^2 \alpha = m(g - \omega^2 L) \cos^2 \alpha$$



$$\rho = 12 \text{ kg/m}^3$$

$$M = 1821 \text{ mmol}$$

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

$$\frac{PM}{RT} = \frac{m}{V} \frac{1}{\text{m}^3}$$

$$\frac{30}{24}$$

$$36$$

$$50 + 40$$

$$2 \cdot 73$$

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

$$\begin{array}{r} 639 \overline{) 18} \\ \underline{54} \\ 99 \\ \underline{90} \\ 90 \\ \underline{90} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 639 \overline{) 8,3} \\ \underline{581} \\ 580 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 639 \\ \times 58 \\ \hline 581 \\ 58 \end{array}$$