

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

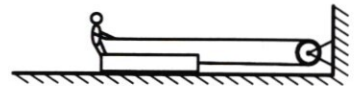
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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?

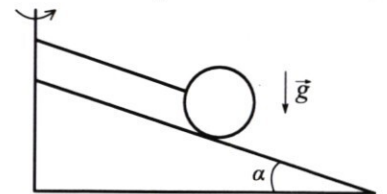
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

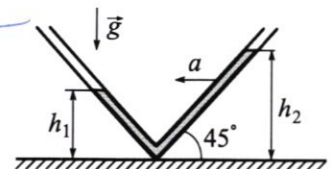


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

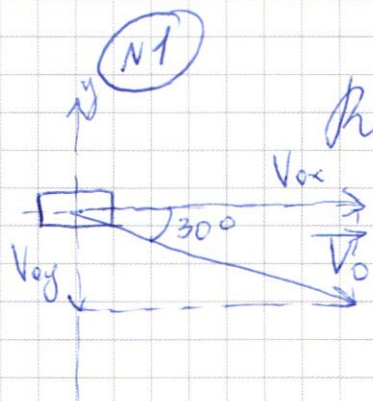
$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_k = 2V_0$$

$$V_{ky} - ?$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$



Решение:

В нач. момент
времени
найдем проекции V_0
на Ox и Oy :

$$V_{0x} = V_0 \cos 30^\circ$$

$$V_{0y} = V_0 \cos 60^\circ$$

V_{0x} на протяжении полета - const,
так $a = 0$, на Oy $a = g$ и V_{0y} меняется

$$V_{ky}(t) = V_{0y} + gt$$

Т.к. $V_k^2 = V_{kx}^2 + V_{ky}^2$ (V_{kx} и V_{ky} - неизм.)

Если V_{0x} - const, то $V_{kx} = V_{0x}$ (проекция неизм. V_k)

$$V_{ky} = V_{0y} + gt, \quad V_k = 2V_0 \text{ (по усл.)}$$

$$(2V_0)^2 = (V_{0x})^2 + (V_{0y} + gt)^2$$

$$4V_0^2 = (V_0 \cos 30^\circ)^2 + (V_0 \cos 60^\circ + gt)^2$$

Подставим значения: $V_0 = 10 \text{ м/с}$, α и $g = 10 \text{ м/с}^2$

$$400 = \frac{100 \cdot 3}{4} + (5 + 10t)^2$$

$$400 = 75 + 25 + 100t + 100t^2$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 - 4(-3) = 13$$

$$t = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} \text{ c}$$

Тогда

$$V_{ky} = V_{oy} + gt$$

$$V_{ky} = V_0 \cos 60^\circ + gt$$

$$V_{ky} = 5 + 10 \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right) = \cancel{5} + 5\sqrt{13} - \cancel{5} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_{ky} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найдем h найдем:

$$h = \frac{V_{ky}^2 - V_{oy}^2}{2g}$$

$$h = \frac{(5\sqrt{13})^2 - (5)^2}{20} = \frac{25 \cdot 13 - 25}{20} = \frac{25 \cdot 12}{20} = 15 \text{ м}$$

$$h = 15 \text{ м}$$

Ответ: $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ c}$, $V_{ky} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $h = 15 \text{ м}$.

Дано:

m

$M = 2m$

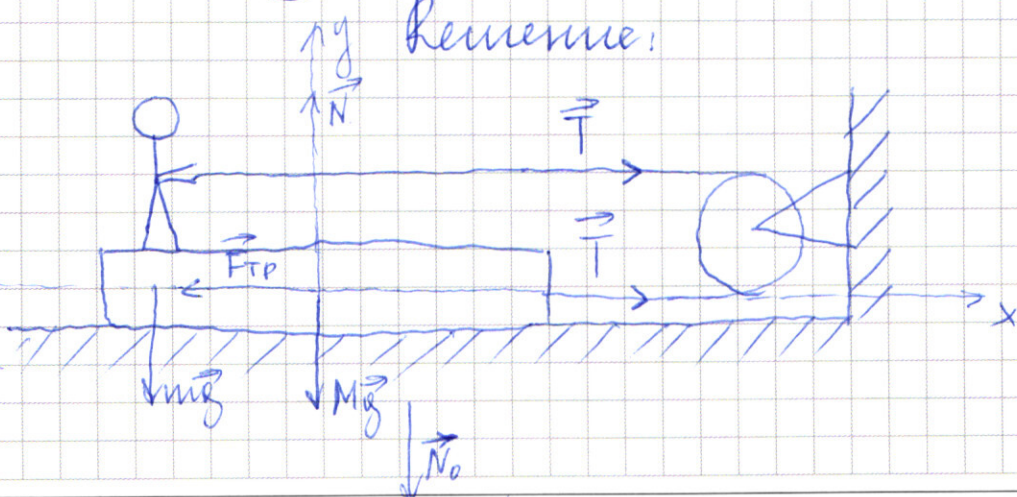
S

μ

$N_0 = ?$
 $F_0 = T \text{ ?}$
 $t = ?$

(N2)

Решение:



☐ черновик

☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) На ОУ: $N_z = mg + Mg = 3mg$
 Т.к. есм. ОУ системы не меняется, $\rightarrow 0$

$$N_0 = 3mg$$

По 3-му 3-му закону Ньютона $|N_0| = |N|$ (силье реакт. силы)

2) На систему действуют силы

$$\vec{T} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{Mg} + \vec{mg} = 0$$

Приравняем 0, для нахождения

T — минимальной силы, прикладываемой человеком. (равном. движ.), $a = 0$.

На ОХ:

$$2T = F_{\text{тр}}$$

$$2T = N_{\text{н}}$$

$$2T = 3mg$$

$$T = 1,5 mg = F_0$$

3) Если $F > F_0$, то возникает a .

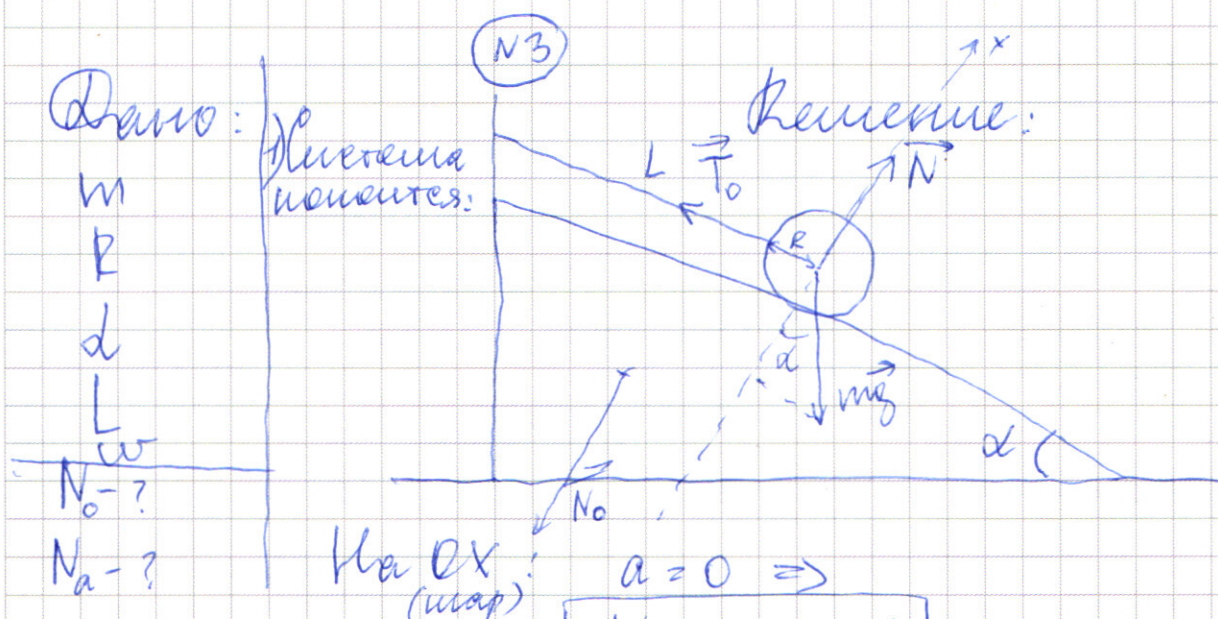
На ОХ для всей системы ($a_n = a_{\text{мг.}}$)

$$2F - 3mg = 3ma = (M + m)a$$

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

$$S = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \quad t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3mg}}$$

Дано: $N_0 = 3 \text{ мгн}$
 $F_0 = 1,5 \text{ мгн}$
 $t = \sqrt{\frac{6 \text{ мс}}{2F - 3 \text{ мгн}}}$

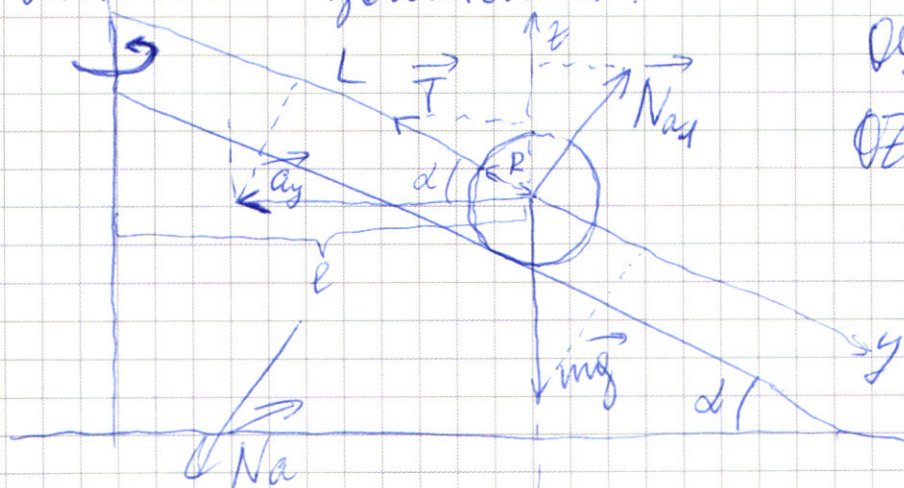


$$N = mg \cos \alpha$$

(N - сила давления шара на шар, нет. по модулю = силе давл. шара на шину по 3-му закону Ньютона)
 т.к. $a = 0$

$$N_0 = mg \cos \alpha$$

2) Считаем движение:



ОУ: $T - mg \sin \alpha = m a_y$
 ОЗ: $mg = T \cos \alpha + N_a$
 $a_y = \omega^2 l$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$l = (L + R) \cos \alpha \quad \text{из криволиней. Д.}$$

$$\begin{cases} T - mg \sin \alpha = m a_y \cos \alpha \\ mg = T \sin \alpha + N_{g1} \cos \alpha \\ a_y = \omega^2 l \\ l = (L + R) \cos \alpha \end{cases}$$

$$a_y = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

$$T = m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$mg = (m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha + N_{g1} \cos \alpha$$

$$N_{g1} = \frac{mg - (m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N_{g1} = \frac{mg - (m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$|N_{g1}| = |N_a| \quad (\text{из отв. на 1ый вопрос})$$

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

$$N_a = \frac{mg}{\cos \alpha} - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha - mg \tan \alpha \sin \alpha$$

Ответ: $N_0 = mg \cos \alpha$

$$N_a = \frac{mg}{\cos \alpha} - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha - mg \tan \alpha \sin \alpha$$

(N5)

Дано:

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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$T = \text{const}$

$$\frac{p_n}{p_0} = ?$$

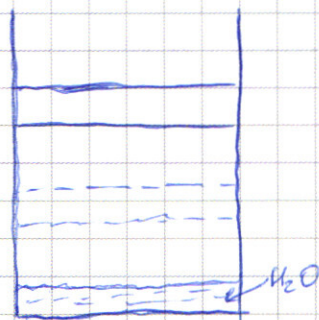
$$\frac{V_n}{V_0} = ? \text{ при}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Решение:



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

$$1) p_n = \frac{m_n}{M_0 V_0}$$

$$pV_0 = \frac{m_n}{M_0} RT$$

V_0 — объем пара в нач. момент.

$$m_n = \frac{pV_0 M_0}{RT}$$

$$p_n = \frac{pV_0 M_0}{V_0 RT} = \frac{p M_0}{RT}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{p M_0}{RT \cdot p_0}$$

~~Решение~~

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{18 \cdot 3,55}{24,93 \cdot 100000} = \frac{63,9}{24,93 \cdot 100000}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3 \\ \hline 24,93 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3,55 \\ \times 18 \\ \hline 63,90 \end{array}$$

$$\approx 2,56 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{array}{r} 63,90 \\ 24,93 \overline{) 63,90} \\ \underline{48,96} \\ 14,940 \\ \underline{12,465} \\ 1,5750 \end{array}$$

$$2) \Delta V = \left| \frac{V_0}{5,6} - V_0 \right| = \left| V_0 \left(\frac{1}{5,6} - 1 \right) \right| = V_0 \left(1 - \frac{1}{5,6} \right)$$

ΔV — изм. объема газа, а также ΔV , который сконденсировался.

$$V_0 = \frac{m_{\text{пар}}}{\rho_0}$$

$m_{\text{пар}}$ — m пара сконденсировавшегося.

$$m_{\text{пар}} = p_n \cdot \Delta V = p_n V_0 \left(1 - \frac{1}{5,6} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$m_1 \cos 45^\circ (g - a) = m_2 \cos 45^\circ (g - a)$$~~

~~$$m_1 = m_2$$~~

~~$$m_1 = 2h_1 \rho \cos 45^\circ \mu$$~~

~~$$2h_1 \rho \cos 45^\circ \mu = \frac{(h_2 - h_1) \rho \mu}{\cos 45^\circ}$$~~

~~$$2h_1 \cos^2 45^\circ = h_2 - h_1$$~~

~~$$h_1 = 10 \text{ см}$$~~

~~$$h_2 = 2h_1 \cos^2 45^\circ + h_1$$~~

~~$$h_2 = \frac{2 \cdot 10}{2} + 10 = 20 \text{ см}$$~~

Условие равновесия между частями на ох:

$$2h_1 \rho \cos 45^\circ \mu \cos 45^\circ = \frac{(h_2 - h_1) \rho \mu \cos 45^\circ}{\cos 45^\circ}$$

$$m_1 = 2h_1 \rho \cos 45^\circ \mu$$

$$2h_1 \cos^2 45^\circ = h_2 - h_1$$

$$h_2 = 2h_1 \cos^2 45^\circ + h_1$$

$$h_2 = 2h_1$$

$$\underline{h_2 = 20 \text{ см}}$$

Ответ: $h_2 = 20 \text{ см}$.

Уравнение $\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{V_0}{5,6} p_0}{p_n V_0 (1 - \frac{1}{5,6})} = \frac{V_0 p_0}{5,6 p_n V_0 (1 - \frac{1}{5,6})} =$

$= \frac{p_0}{p_n 4,6} = \frac{(2,56 \cdot 10^{-5})^{-1}}{4,6} = \frac{10^5}{2,56 \cdot 4,6} = \frac{10^5}{11,776}$

$$\begin{array}{r} 1024 \\ 11,776 \\ \hline 86,95652173913043 \end{array}$$

Ответ: $\frac{p_n}{p_0} \approx 2,56 \cdot 10^{-5}$ $\frac{V_n}{V_0} \approx \frac{10^5}{11,776}$

нч

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

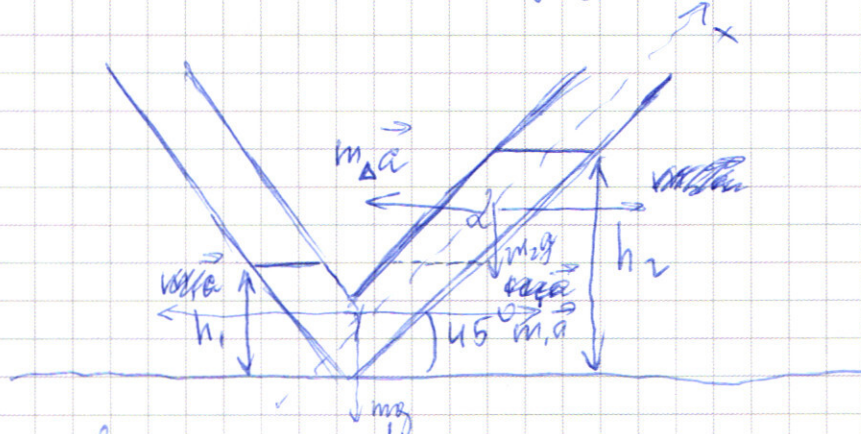
$a = 4 \text{ м/с}^2$

$h_1 = 10 \text{ см}$

$h_2 = ?$

$V = ?$

Решение:



Разделим все масло на 2 части (см рис.)

Часть 1 действует на часть 2 и наоборот на ОХ:

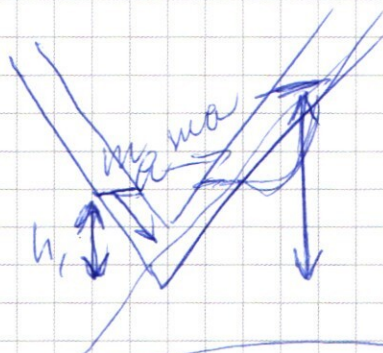
Δm (м поднятого масла) $= \frac{(h_2 - h_1) S \rho_{\text{мас}}}{\cos 45^\circ}$

Условие равновесия на ОХ:

~~$-2h_1 S \rho_{\text{мас}} \cos 45^\circ - 2h_1 S a \cos 45^\circ \rho_{\text{мас}} = m_2 g \cos 45^\circ$~~

~~$m_1 a \cos 45^\circ = m_2 g \cos 45^\circ \Rightarrow m_2 a \cos 45^\circ = m_2 a \cos 45^\circ$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



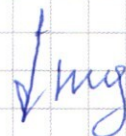
$$\rho \frac{2h_1 S}{2} = \rho g V$$

$$\rho =$$

$$m a_d = \rho \cdot g \cdot V$$

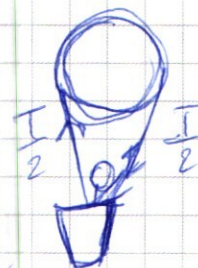
$$\Delta W = \frac{(h_2 - h_1) S}{\cos 45^\circ}$$

$$\frac{2h_1 S}{\cos 45^\circ} a \cos 45^\circ$$



$$\frac{2h_1 S a \cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} = mg \cos 45^\circ$$

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



$$2h_1 a = (h_2 - h_1) g$$

$$8h_1 = 10h_2 - 10h_1$$

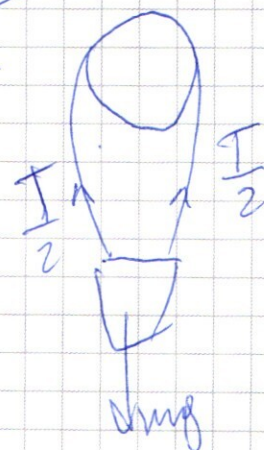
$$18h_1 = 10h_2$$

$$1,8h_1 = h_2$$

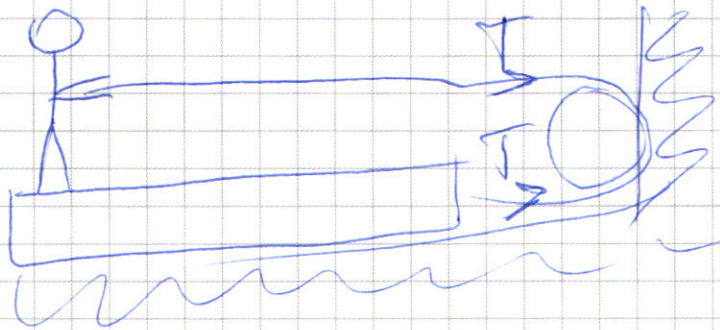
$$h_2 = 18 \text{ см}$$

m

$$2T = 3mg$$



$$+ 2h_1 S a \cos 45^\circ \mu = 2h_1 S \cos 45^\circ g \mu \cos 45^\circ$$



2) Два счетчика:

$$\begin{aligned} 2T &= 3mg \\ T &= 1,5 mg \end{aligned}$$



1) $N = 3mg$

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

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

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg}}$$

$$\begin{aligned} 2h_1 \rho \cos 45^\circ &= m_1 \\ \frac{(h_2 - h_1) \rho}{\cos 45^\circ} &= m_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_1 a \cos 45^\circ - m_1 g \cos 45^\circ &= m_2 g \cos 45^\circ - m_2 a \cos 45^\circ \\ m_1 \cos 45^\circ (g - a) &= m_2 \cos 45^\circ (g - a) \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$$100t^2 + 100t - 300 = 0$$

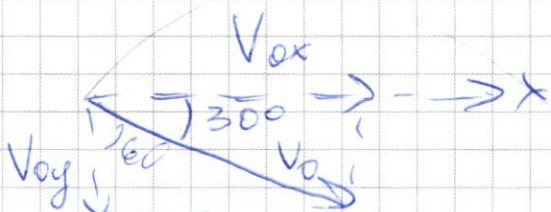
$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 - (4 \cdot (-3)) = 13$$

$$t = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2}$$

$$t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$\frac{2}{75} \cdot \frac{4}{300}$$



$$V_{y1} = V_0 \cos 60^\circ + 10 \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right)$$

$$V_{y1} = 5 + 5(\sqrt{13} - 1)$$

$$S = \frac{V_k^2 - V_0^2}{2g}$$

$$S = \frac{25 \cdot 13 - 25}{20}$$

$$S = \frac{320}{20} = 16 \text{ м}$$

$$\frac{53}{2}$$

$$V_{y1} = V_0 \cos 60^\circ$$

$$V_{x1} = V_0 \cos 30^\circ$$

$$V_k^2 = V_{x1}^2 + V_{y1}^2$$

$$V_{y1} = V_{y0} + gt$$

$$V_k = 2V_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$4V_0^2 = (V_0 \cos 30^\circ)^2 + (V_0 \cos 60^\circ + gt)^2$$

$$400 = \left(\frac{10 \cdot \sqrt{3}}{2} \right)^2 + \left(\frac{10}{2} + gt \right)^2$$

$$400 = \frac{300}{4} + 25 + 10gt + g^2 t^2$$

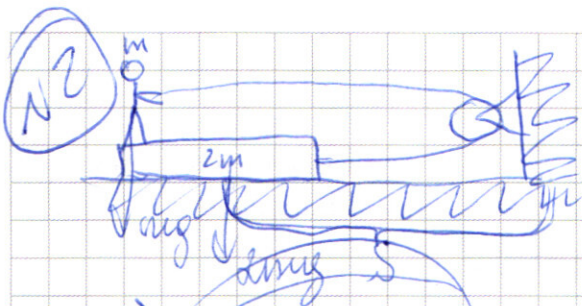
$$400 = \frac{300}{4} + 25 + 100t + 100t^2$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

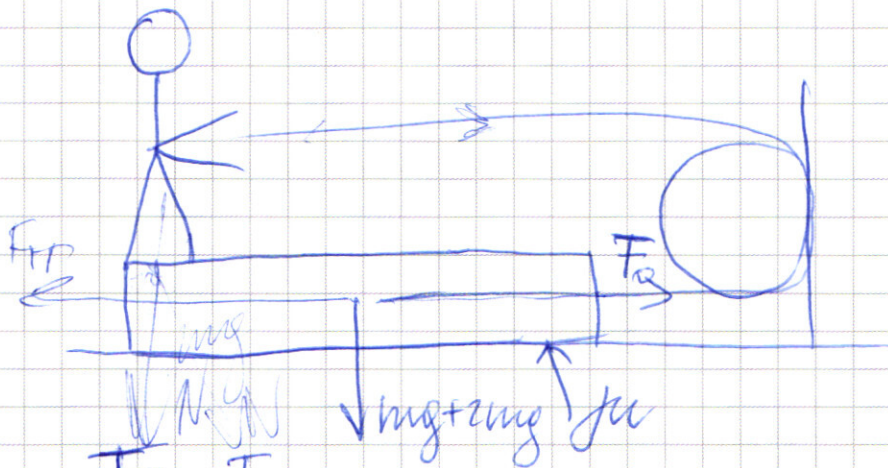
(Нумеровать только чистовики)



мужик-жен-м

1) $3mg = N$

2)



$$F_0 = F_{rp}$$

$$F_0 = 3mg$$

$$F_0 > 3mg$$

3) При $F > F_0$ возникает ускорение,
которое = $F - F_{rp} = ma$

$$a = \frac{F - F_{rp}}{2m}$$

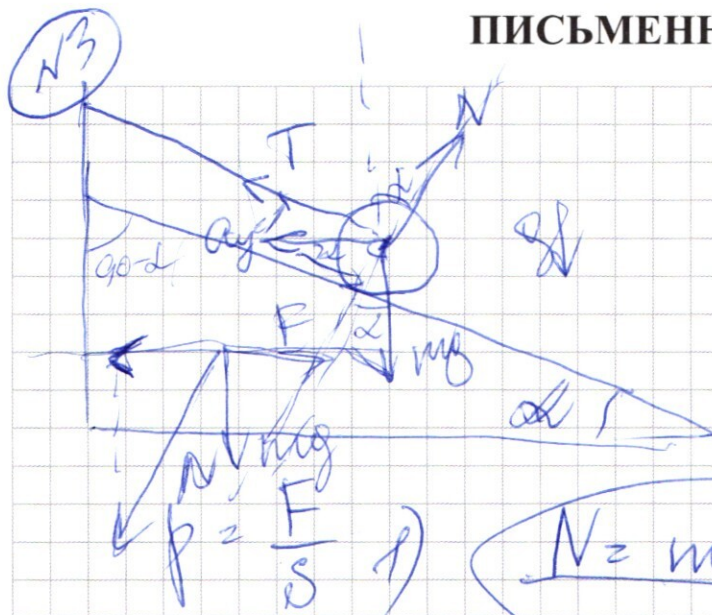
$$S = \frac{at^2}{2}$$

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

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



R, m, L

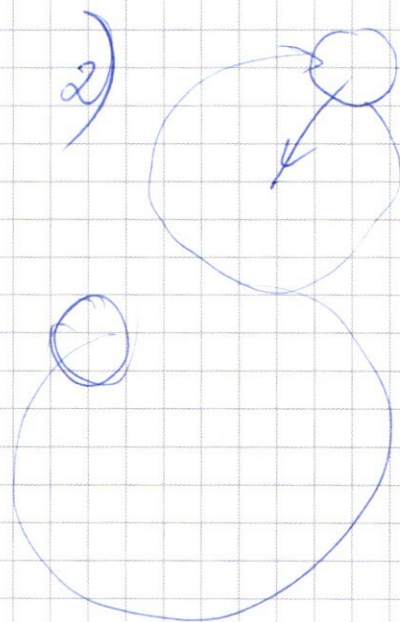
$F_{\text{тяги}}$ и на кини

$$F_{\text{тяги}} = \frac{F}{S}$$

$$N \cos \alpha = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$



$$mg \cos \alpha - N = m a_y$$

$$a_y = \frac{v^2}{R}$$

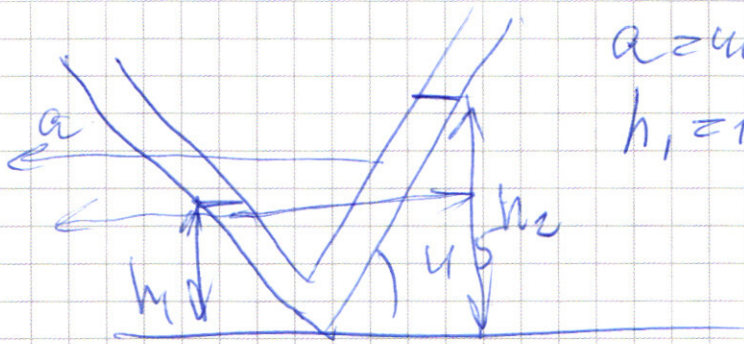
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = \omega R$$

$$a_y = \omega^2 R$$

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



$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ cm}$$

$$F = ma$$

N5



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

$$T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$T = \text{const} \quad p, V = \text{const}$$

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

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

$$M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$pV = \nu RT$$

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

$$m = \frac{pVM}{RT}$$

$$m = \frac{pVM}{RT}$$

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

$$pV = \frac{mRT}{M}$$

$$m = \frac{pVM}{RT}$$

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pVM}{RTV} = \frac{pM}{RT}$$

$$\rho = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 0,25 \text{ kg/m}^3$$

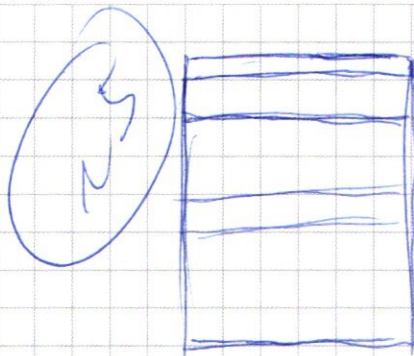
$$=$$

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

$$p = \frac{pVM}{RTV} = \frac{pM}{RT}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

$$m = \rho \cdot \Delta V$$

~~$\frac{V}{V_0}$~~

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{V_0}{5.6}}{\frac{m_n}{\rho_0}} = \frac{\frac{V_0}{5.6} \rho_0}{\rho_n \cdot \Delta V_n} = \frac{V_0 \rho_0}{5.6 \rho_n \Delta V_n}$$

$$= \frac{\rho_0 V_0}{\rho_n 5.6 \Delta V_n \left(\frac{1}{5.6} - 1 \right)} = \frac{\rho_0}{\rho_n (5.6 - 1)} = \frac{\rho_0}{\rho_n (4.6)}$$

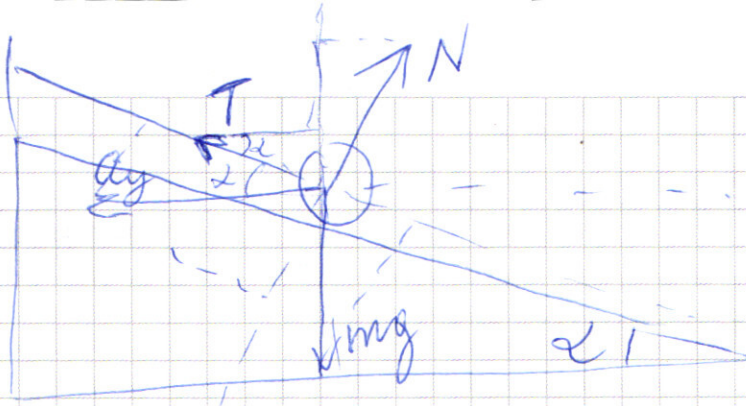
$$pV = \nu RT \quad pV = \frac{m}{M_0} RT$$

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

$$m = \frac{pVM_0}{RT}$$

$$\rho = \frac{pVM_0}{RTV} = \frac{pM_0}{RT} = \frac{3.55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 300}$$

47



$$1) T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$T - mg \sin \alpha = m a_y \cos \alpha$$

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

$$T = m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$(m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

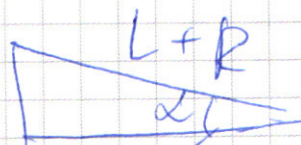
$$N \cos \alpha = mg - (m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha$$

$$N = \frac{mg - (m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N =$$

$$a_y = \omega^2 R$$

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



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

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = \omega R \quad a_y = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$