

Олимпиада «Физтех» по физике, 9

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?

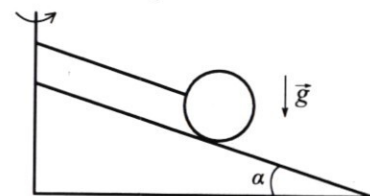
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

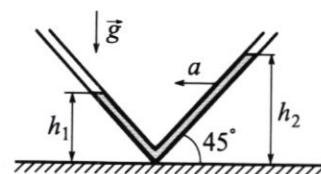


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.



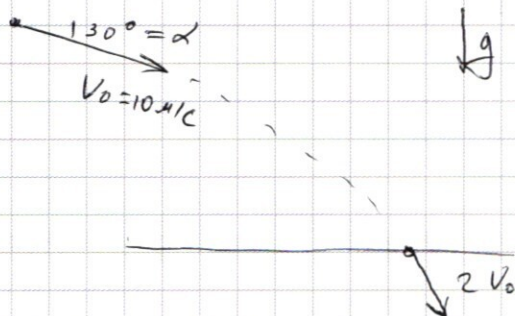
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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.

т.к. в полете гайка не время придет. к земле $\Rightarrow$ бросим
ее ниже горизонта



гориз. сост. скорости не
мен.

$V_0 \cos \alpha$ — постоянная

по вертикали

$V_0 \sin \alpha$ — было

t — время полета $\Rightarrow$

в конце по вертикали $V_0 \sin \alpha + g t$

$\Rightarrow$ по теореме Пифагора в конце

$$V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \sin \alpha + g t)^2$$

↑ вертикал. комп. скорости при
пад. на землю — V_0 .

$$V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2$$

$$V_0 = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = V_0 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{10 \text{ м/с}}{2} \cdot \sqrt{13} \approx 5 \text{ м/с} \cdot 3,6 = 18 \text{ м/с}$$

$$V_0 = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{V_0 - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = \frac{V_0}{g} \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) = 1,3 \text{ с}$$

найдём высоту $h = V_0 \sin \alpha t + g \frac{t^2}{2} =$

$$= V_0 \sin \alpha \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} + \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{g^2} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 = \frac{V_0^2}{2g}$$

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

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

$$= \frac{V_0^2}{2g} \left(4 + \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha \sin \alpha \right) = \frac{(10 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} \left(4 + \frac{1}{4} - \frac{3}{4} - \frac{1}{2} \right) =$$

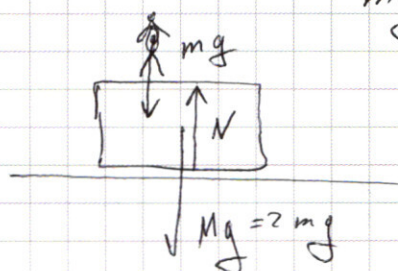
$$= 5 \text{ м} \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{8}{21} \cdot 3 = \boxed{15 \text{ м}}.$$

Ответ: 18 м/с; 1,3 с; 15 м.

№2.

Движение груза строго горизонтальное $\Rightarrow$ по вертикали $\sum \text{сил на (тел. + груз)} = 0$.

Рассм. эти силы



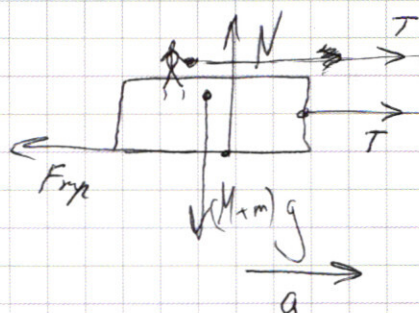
$mg + Mg = N$ сила р-ции опоры
сила р-ции груза с человеком
давят на пол при движ. груза

$$1) N = 3mg.$$

2) при движ. груза будет

возникать сила трения между

грузом и полом против движения, равная $F_{\text{тр}} = \mu (m + M)g$. Для мин сил движение будет без ускорения, иначе нетно 1 силу.



нить невес. и нерастяж. $\Rightarrow$

ее катат. одинаково по

всей длине

II 3-й закон

$$m (M+m) a = 2 T - F_{\text{тр}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

2) min сила $a=0$ $2F_0 = \mu g(m+M)$
(а обз. ≥ 0)

$$F_0 = \frac{\mu g}{2}(m+M) = \frac{\mu g}{2} \cdot 3m = \boxed{1,5 \mu g m}$$

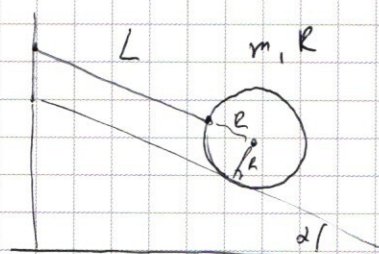
3) $F > F_0$
 $a = \frac{2F - \mu g(m+M)}{M+m}$

получаем равноускор. движ-е. Измный путь - S
ускор. - $a \Rightarrow S = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

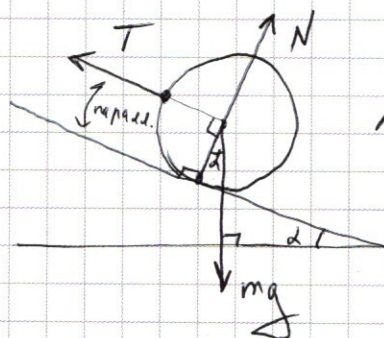
$$t = \sqrt{\frac{2S(M+m)}{2F - \mu g(M+m)}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu g m}}$$

Ответ: ~~3m~~; $1,5 \mu g m$; $\sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu g m}}$

к 3.



Расставим все силы:
на шар



(T - сила натяж. нити)

запишем ур. равновес.

на оси I пов-ти и
 II пов-ти

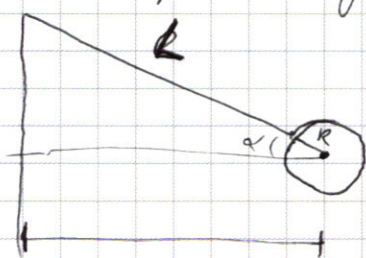
$$N = mg \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha$$

N - сила давления шара на клин в покое

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

теперь с вращением. ω задано $\Rightarrow$ постоянное $\Rightarrow$
и шар действ. центростр. ускорение.
Каково расст. до оси вращения?

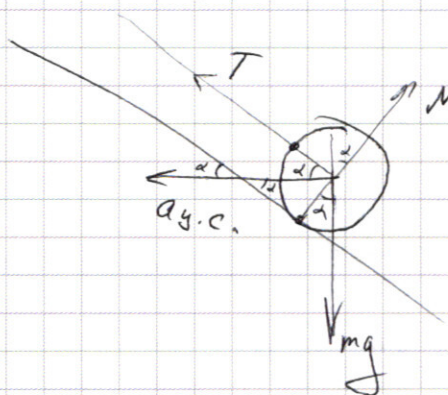


(от центра шара)
 $R_{\text{масс}}$

R_0 - радиус вращения $R_0 = (L+R) \cos \alpha$

$a_{\text{ц.с.}} = \omega^2 R_0$ - центростр. ускорение.

т.к. отрыва от клина нет, там всё ещё
сохр. угол α между нитью и гориз.



запишем II з-н Ньютона
по гориз. и вертик. осм

$$0 = mg - N \cos \alpha - T \sin \alpha$$

$$m a_{\text{ц.с.}} = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$\text{ускорение} - N \Rightarrow$$

$$T = \frac{N \cos \alpha - mg}{\sin \alpha} \quad \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \text{из первого}$$

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

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

$$N (\tan \alpha + \cot \alpha) = m \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (R+L) \right)$$

$$N = \frac{m}{\tan \alpha + \cot \alpha} \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (R+L) \right)$$

Ответ: $mg \cos \alpha$; $\frac{m}{\tan \alpha + \cot \alpha} \left(\frac{g}{\sin \alpha} - \omega^2 (R+L) \right)$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

н.б. упр-е Менделеева - Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \rho_p - \text{плотность пара}$$

$$\rho_p = \frac{m}{V} \quad \boxed{\frac{p_M}{RT} = \rho_p}$$

в начале $k = \frac{\rho_p}{\rho} = \frac{p_M}{RT \rho} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} =$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3} = \frac{63,90 \cdot 10^{-5}}{24,93} = \boxed{2,5 \cdot 10^{-5}}$$

2) т.к. мы имеем нас. пар ($T = \text{const}$), то $P = \text{const}$.
(пог парилем)

и когда $V \downarrow$ в $\gamma = 5,6$ раз, то

$$p \frac{V}{\gamma} = \frac{m_0}{M} RT \quad \text{от } m_0 \text{ водн} \Rightarrow m - m_0 \text{ водн сконгес.}$$

$$m = \frac{pVM}{RT} \quad m_0 = \frac{pV_0M}{RT\gamma}$$

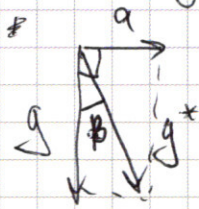
$\Rightarrow$ объем сконгес. водн $\frac{m - m_0}{\rho}$; а объем пар $\frac{V}{\gamma} \Rightarrow$

$$k_2 = \frac{V \rho}{\gamma (m - m_0)} = \frac{V \rho}{\gamma \frac{pVM}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{RT \rho}{p_M (\gamma - 1)} =$$

$$= \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6} = \frac{10^5 \cdot 24,93}{18 \cdot 16,33} = \frac{10^5 \cdot 24,93}{293,84} = 8,4 \cdot 10^3$$

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-5}$; $8,4 \cdot 10^3$.

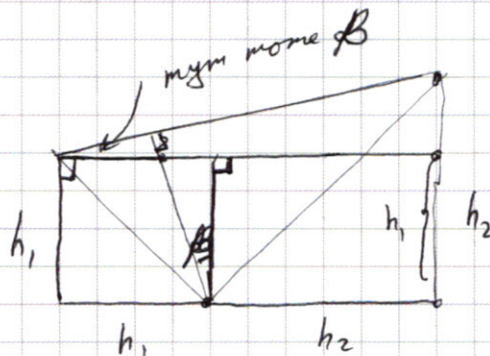
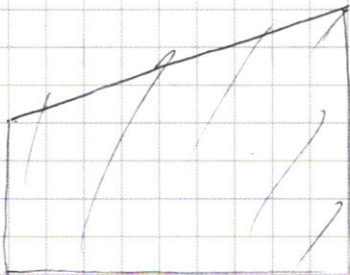
14. введем эквивалентное ускорение g^*



тогда в лл трубки мы видим g^* и уровень воды устанавливается по прямой $\perp g^*$.



н.к. в прямоугол. равноб. треугол. гип. = $\delta_2 \cdot \text{катет}$



$$\text{Значит, } h_2 = h_1 + h_1 \cdot \tan \beta$$

$$\text{а } \tan \beta = \frac{a}{g} \Rightarrow$$

(по рисунку ускорение влево и $h_1 < h_2$)

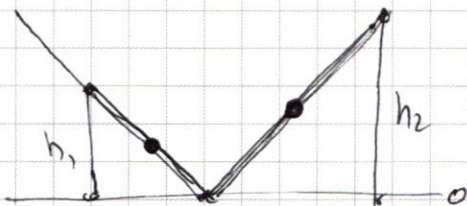
$$h_2(1 - \tan \beta) = h_1(1 + \tan \beta)$$

$$h_2 = h_1 \frac{1 + \frac{a}{g}}{1 - \frac{a}{g}} = h_1 \frac{a + g}{g - a} = 10 \text{ см} \cdot \frac{14}{6} = 10 \text{ см} \cdot \frac{7}{3} = \underline{\underline{23,3 \text{ см}}}$$

2) Запишем ЗСЭ для состояния начального и того, когда уровни масла на одинак. высоте.

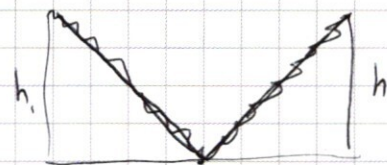
кол-во пот. энергии на во пов-ти,
S-сег. трубки
S-м. масла

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



в начале

$$g \frac{h_2}{2} \cdot g \cdot S \cdot h_2 \delta_2 + \frac{h_1}{2} \cdot g \cdot S \cdot h_1 \delta_2 g$$



в кон. одинак. уровней

$$\frac{2 h \delta_2 \cdot (S \cdot g) \cdot V^2}{2} + 2 \cdot \frac{h}{2} \cdot (S \cdot g) \cdot g \cdot h \delta_2$$

$$\frac{g}{2} g S (h_2^2 + h_1^2) = g S \frac{g}{2} (2 h V^2 + 2 g h^2)$$

$$g (h_1^2 + h_2^2) = 2 h V^2 + 2 g h^2$$

Затем 3-й закон сохранения объема масла

$$h_2 \delta_2 \cdot S + h_1 \delta_2 \cdot S = 2 h \delta_2 S \Rightarrow h = \frac{h_1 + h_2}{2} \Rightarrow$$

$$g (h_1^2 + h_2^2 - (\frac{h_1 + h_2}{2})^2) = (h_1 + h_2) V^2$$

$$\frac{g}{4} (4 h_1^2 + 4 h_2^2 - h_1^2 - h_2^2 - 2 h_1 h_2) = (h_1 + h_2) V^2$$

$$V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g (3 h_1^2 + 3 h_2^2 - 2 h_1 h_2)}{h_1 + h_2}}$$

и далее

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g (3 h_1^2 + 3 h_2^2 (\frac{a+g}{g-a})^2 - 2 h_1 \frac{a+g}{g-a})}{h_1 (1 + \frac{a+g}{g-a})}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{g h_1 \frac{1 + (\frac{a+g}{g-a})^2 - 2 \frac{a+g}{g-a}}{1 + \frac{a+g}{g-a}}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{gh_1} \sqrt{1 + \frac{4g}{9} - \frac{14}{3}} = \frac{1}{2} \sqrt{gh_1} \sqrt{\frac{16}{30}} =$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{8}{15} gh_1} = \sqrt{\frac{2}{15} gh_1} = 10 \text{ м/с} \quad \frac{\sqrt{30}}{15} = \frac{2}{3} \text{ м/с} \cdot \sqrt{30} = \boxed{3,6 \text{ м/с}}$$

$$= \boxed{3,7 \text{ м/с}}$$

Ответ: 23,3 см; 3,6 м/с.

№2 (продолжение).

при двит. мушка человек с му. дей. отв. на пол
с силой Q и $\vec{Q} = \vec{F}_{\text{пр}} + \vec{N}$

$$\mu(M+m)g$$



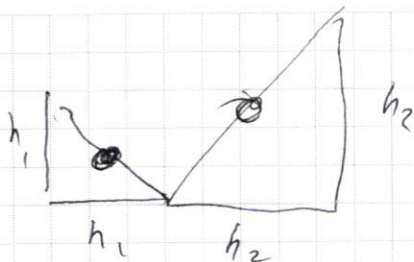
$$Q = \sqrt{(\mu g(M+m))^2 + ((M+m)g)^2} =$$

with
Пифагора

$$= \sqrt{\mu^2 + 1} g(M+m) = \boxed{3 mg \sqrt{\mu^2 + 1}}$$

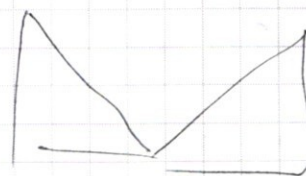
Ответ: $3 mg \sqrt{\mu^2 + 1}$; $1,5 \mu mg$; $\sqrt{\frac{6 S m}{2 F - 3 \mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$S \cdot \cancel{S_2} h_1 \cdot \frac{h_1}{2} \cdot \cancel{S} g$$



$$2 \cdot \frac{\cancel{S_2}}{2} \cdot \cancel{S} g \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 +$$

$$\frac{\cancel{S_2}}{2} \cdot \cancel{S} g h_1^2$$

$$g h_1^2$$

$$+ \frac{V^2}{2} \cdot \cancel{S} \cdot \cancel{S} \cdot \cancel{S_2} (h_1 + h_2)$$

$$g (h_1^2 + h_2^2) = (h_1 + h_2)^2 \cdot \frac{g}{2} + V^2 (h_1 + h_2)$$

$$g(h_1^2 + h_2^2) = (h_1 + h_2)V^2 + 2gh^2 \quad \checkmark \text{ (продолжение)}$$

$$g\left(h_1^2 + h_2^2 - \frac{h_1^2}{2} - \frac{h_2^2}{2} - h_1 h_2\right) = (h_1 + h_2)V^2$$

$$V = \sqrt{g} \sqrt{\frac{\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_2^2}{2} - h_1 h_2}{h_1 + h_2}} =$$

$$= \sqrt{g} \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{2(h_1 + h_2)}} = \sqrt{\frac{g}{2\left(1 + \frac{a+g}{g-a}\right)}} \cdot \sqrt{h_1} \left(\frac{a+g}{g-a} - 1\right) =$$

$$= \sqrt{\frac{g}{2\left(1 + \frac{a+g}{g-a}\right)}} \frac{2a}{g-a} \sqrt{h_1} = \sqrt{\frac{g(g-a)}{2g}} \frac{2a\sqrt{h_1}}{g-a} = \frac{a\sqrt{h_1}}{\sqrt{g-a}} =$$

$$= a \sqrt{\frac{h_1}{g-a}} = 4 \sqrt{\frac{0,1}{6}} \text{ мс} = \frac{4}{6} \cdot \sqrt{0,6} = \frac{2}{3} \sqrt{0,6} = 0,51 \text{ мс}$$

Ответ: 23,3 см; 0,51 мс.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

18 мс
5 мс 5 мс

13 мс $\Rightarrow 1,3$

$g(1,3)^2$

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

$\frac{\sqrt{13}}{2} V_0$

5 мс $\cdot \sqrt{13}$

$3 < \sqrt{13} < 4$

3,5 $\sqrt{3,6} \times 5$

216
108
12,96

$g(M_{\text{cm}}) = F$

2 $\frac{3}{2} 1,5$

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

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

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

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

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

15 = 45

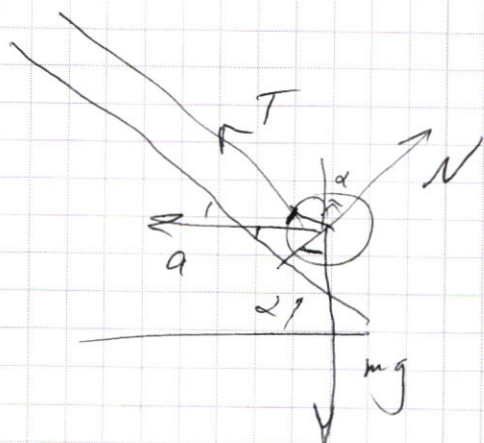
5 + 1,5
6,5 + 6,45
12,95

8,45
+ 6,5
14,95

21,45 м

х.к.с
м
с²

13.



$$ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha \quad T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \quad T = N \tan \alpha$$

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

$$\frac{T \cos \alpha}{T} = \frac{ma + N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N \cos \alpha + \tan \alpha mg + N \sin \alpha \tan \alpha = mg$$

$$N \cos \alpha + N \sin \alpha \tan \alpha = mg$$

$$N \cot \alpha + N \tan \alpha = \frac{mg}{\sin \alpha} - \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}}$$

$$N =$$

$$N \cos \alpha + \tan \alpha ma + N \sin \alpha \tan \alpha = mg$$

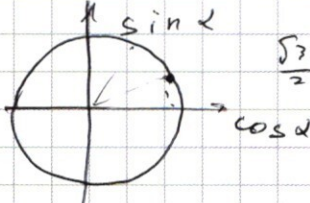
$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$mg \cot \alpha - N \cos \alpha \cot \alpha - N \sin \alpha = ma$$

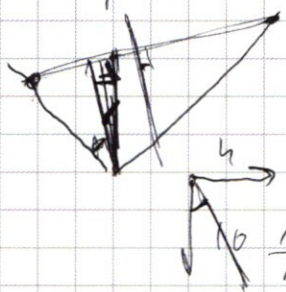
$$\frac{m(g \cot \alpha - a)}{\cos \alpha} = N(\tan \alpha + \cot \alpha)$$

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

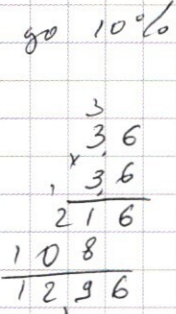
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



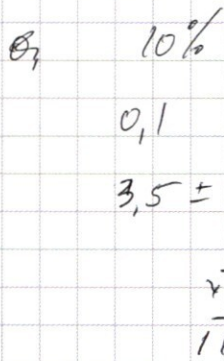
$$4 - \frac{3}{4} = \frac{16-3}{4} = \frac{13}{4}$$



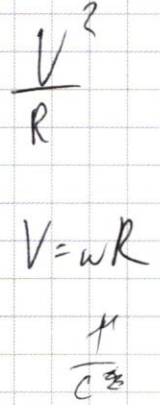
$$3 < \sqrt{13} < 4$$



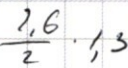
$$3,5 \pm 0,35$$



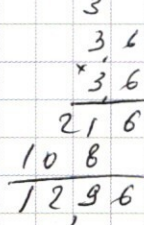
$$V = \omega R$$



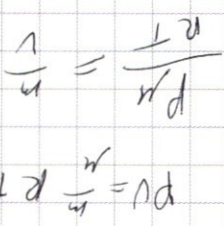
$$\frac{V^2}{R}$$



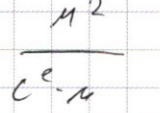
$$\frac{1,6}{2} \cdot 1,3$$



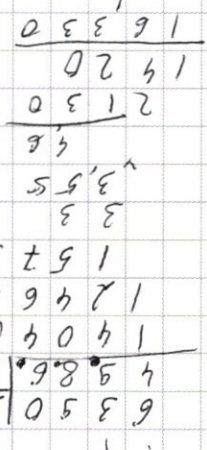
$$\frac{1,6}{2} \cdot 1,3$$



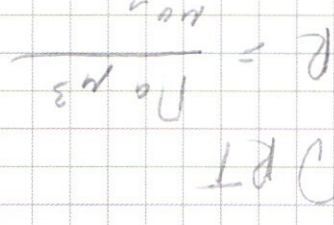
$$\frac{V}{\omega} = \frac{R}{\omega}$$



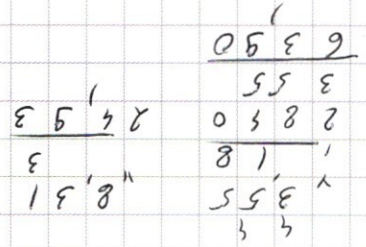
$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



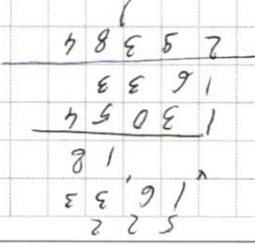
$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



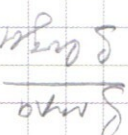
$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



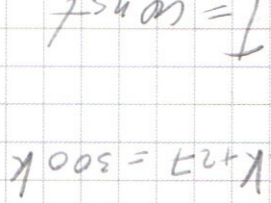
$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



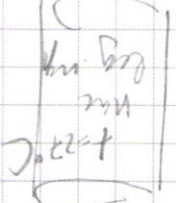
$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$



$$\frac{m^2}{c^2 \cdot n}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.  под поршнем $\Rightarrow p = \text{const}$

$$T = \text{const}$$

$\Downarrow$

$\Downarrow$

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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$\frac{PM}{RT} = S_{\text{п}}$$

$$\frac{PM}{RTS}$$

$$\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{б}}} \times 10^{-3}$$

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

$$\begin{array}{r} 3 \quad 3 \\ 6 \times 3,55 \\ 21,30 \end{array}$$

$$18 + 3 + 0,3 \quad 21,3$$

$$\begin{array}{r} 21,3 \overline{) 8,3} \\ \underline{16,6} \\ 47,0 \end{array}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 213 \overline{) 83} \\ \underline{45} \\ 470 \\ \underline{415} \\ 55 \end{array}$$

$$\frac{21,3}{8} \sim 3$$

добавь воды

$\Downarrow$ 5,6 раз.

$$P \cdot \frac{V}{\gamma} = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$m_0 = \frac{PV_{\text{н}}}{RT} \cdot \frac{1}{\gamma}$$

$$\frac{PV_{\text{н}}}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{б}}} = \frac{V \cdot S RT}{\gamma \cdot PV_{\text{н}} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}$$

$$= \frac{S RT}{P_{\text{н}} (\gamma - 1)} = \frac{10^3 \cdot 8,3 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6 \cdot 6}$$

$$\frac{10^5 \cdot 8,3}{3,55 \cdot 6 \cdot 4,6} = \frac{10^5 \cdot 8,3}{5,6 \cdot 21,3} = \frac{10^5}{2,5 \cdot 4,6} = \frac{10^6}{2,5 \cdot 4,6} = \frac{10^4 \cdot 4}{4,6}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ 368 \\ \hline 320 \\ 48 \end{array}$$

$$\frac{4}{4,6} = \frac{40}{46}$$

$$\begin{array}{r} 08 \\ 08 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\frac{0,8 \cdot 2}{3}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ 368 \\ \hline 320 \\ 276 \\ \hline 440 \end{array}$$

$$8,7 \approx 9,8$$

$$\begin{array}{r} 5,1 \\ 5,1 \\ \hline 255 \\ 26,01 \end{array}$$

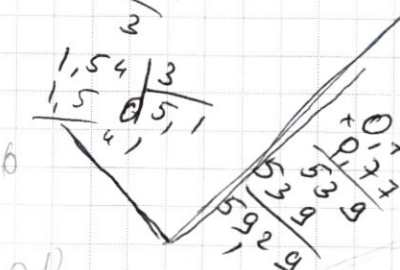
$$\frac{0,77 \cdot 2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 1,54 \\ 1,54 \\ \hline 1,54 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

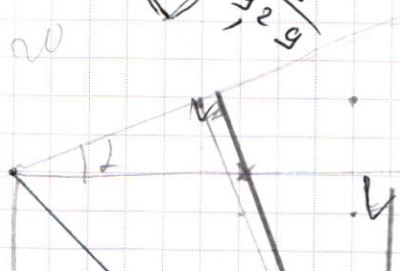
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

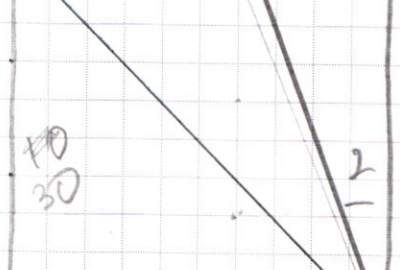
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

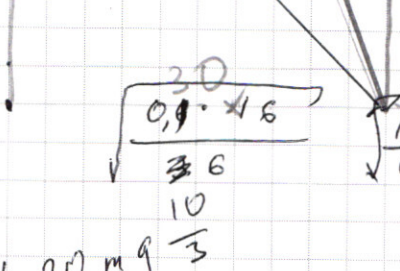
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

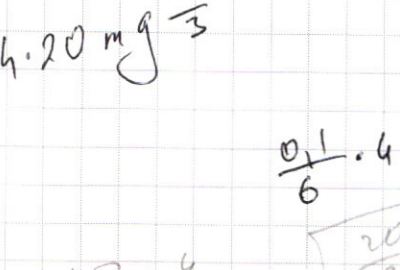
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

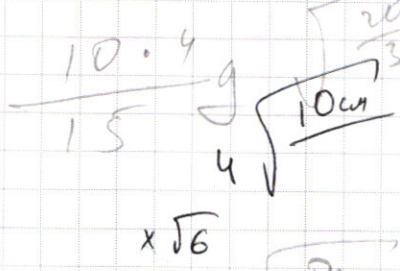
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

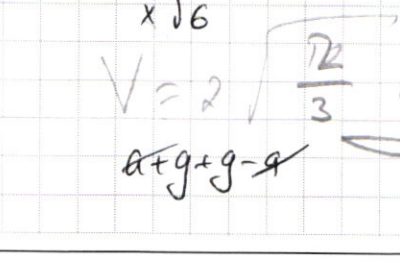
$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$5,0 - 25$$



$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$5,0 - 25$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$5,0 - 25$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$\begin{array}{r} 5,0 \\ 5,0 \\ \hline 5,0 \end{array}$$

$$V^2 = \frac{8}{3} \cdot 10 = 26 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$5,0 - 25$$