

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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

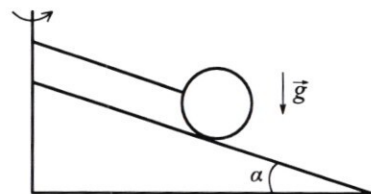
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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) Какой скорости достигнет ящик, если 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.

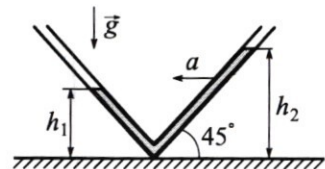
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

Дано:

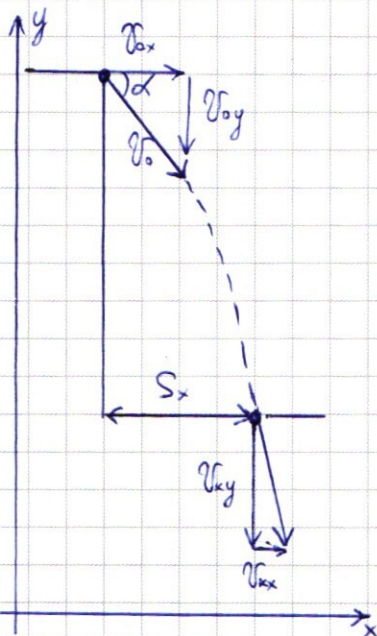
$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_k = 2,5 v_0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



t - время всего полета.
Все введенные величины представ-
лены на рисунке.

П.к. в условии указано, что
камень все время приближается
к земле, ~~тогда~~ скорость кам-
ня должна быть направлена
вниз по Оу.

Тогда из ур-ний кинематики:

Найти:

1) $v_{ky} = ?$

2) $t = ?$

3) $S_x = ?$

1) ~~$v_{ky} = v_{0y} + gt$~~ $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

2) ~~$v_k^2 = (2,5 v_0)^2 = v_{ky}^2 + v_{kx}^2$~~ $v_{kx} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ ($a_x = 0$)

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

4) $v_k^2 = (2,5 v_0)^2 = v_{ky}^2 + v_{kx}^2 \Rightarrow v_{ky} = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_{kx}^2} = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$

5) $v_{ky} = v_{0y} + gt \Rightarrow t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g} = \frac{\sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha}{g}$

$$= \frac{v_0}{g} (\sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) = \frac{8}{10} (\sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} - \frac{\sqrt{3}}{2}) = 0,8 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) =$$

$$= 0,4 (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \approx 0,4 \cdot 1,7 \cdot (2 \cdot 2,4 - 1) \approx 1,2 \text{ с.}$$

~~тогда~~

из 4-го пункта

$$v_{ky} = v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha} = 8 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} = 8 \sqrt{6} = 8 \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \approx 8 \cdot 1,7 \cdot 1,4 \approx 19 \text{ м/с}$$

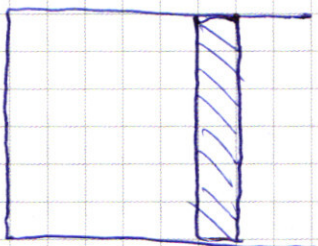
$$P_2 - P_1 = \rho g h$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$F =$

m

$\frac{m}{dt}$



$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 85 \\ \hline 900 \\ 1440 \\ \hline 15300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$h_2 - h_1 = \Delta h$$

$$h_2 - h_1 = \Delta h$$

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

$$2958,48$$

$$\begin{array}{r} 36800 \\ \times 1837 \\ \hline 36800 \\ 10800 \\ 294400 \\ \hline 29584800 \end{array}$$

$$T = \text{const}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 289 \\ 1190 \\ \hline 2917 \end{array}$$

$$PV = \frac{PRT}{\mu}$$

$$P = \frac{PRT}{\mu}$$

$$P =$$

$$PV = 2RT$$

$$m = 2\mu$$

$$PV =$$

$$\frac{2}{16}$$

$$PV = 2RT$$

$$\begin{array}{r} 15300 \\ + 2958,48 \\ \hline 18258,48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153000 \\ + 2958,48 \\ \hline 153002,958,48 \end{array}$$

$$h_2 - h_1 + \frac{(h_2 + h_1)}{2}$$

$$ma = F$$

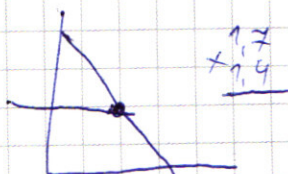
$$\rho g h S a = \frac{\rho g h}{2} \cdot \frac{120}{80} = \frac{3}{2}$$

$$\begin{array}{r} 3033,18 \\ - 2830 \\ \hline 203,18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 37 \\ \hline 1260 \\ 5400 \\ \hline 6660 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 666 \\ \times 85 \\ \hline 53280 \end{array}$$

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



$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 289 \\ 1190 \\ \hline 2917 \end{array}$$

$$238 \quad 0,238$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S_x = v_{0x} \tau = v_0 \cos \alpha \cdot \tau \approx 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \approx 4,8 \text{ м}$$

Ответ: $v_{0y} \approx 19 \text{ м/с}$; $\tau \approx 1,2 \text{ с}$; $S_x \approx 4,8 \text{ м}$.

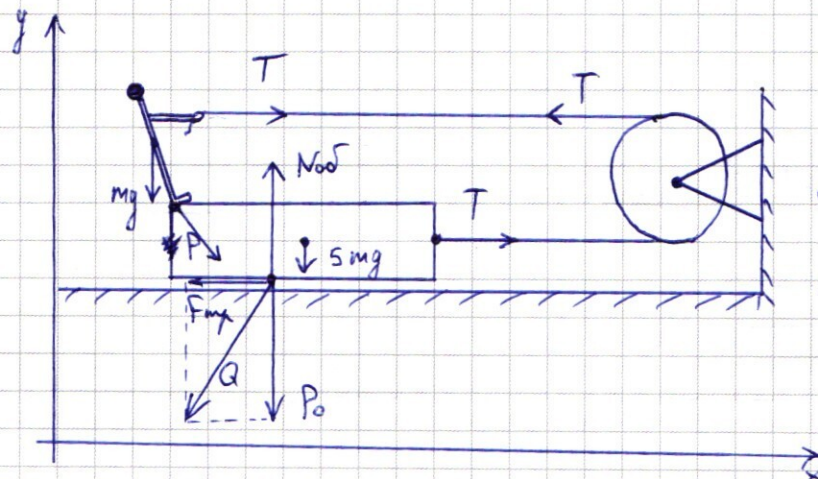
2.

Дано:

S ; F ; μ

$M = 5 \text{ м}$

Решение:



Все величины
обозначены на
рисунке.

Найти:

1) $Q_0 = ?$

2) $F_{\text{тр}} = ?$

3) $v_x = ? \text{ при } F$

1) $N_{05} = mg + Mg = 6mg$; N_{05} — сила норм. реакции системы «человек + эзжик».

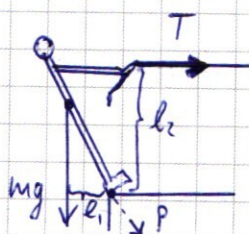
2) ~~$F_{\text{тр}} = N_{05} \mu = 6mg\mu$, по 3-му зак. Ньютона: $F_{\text{тр}} = T$, где $T = F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}$~~

3) ~~$Q = \sqrt{N_{05}^2 + F_{\text{тр}}^2} = \sqrt{36m^2g^2(1+\mu^2)} = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$~~

P — вес человека на эзжик

P_0 — вес эзжика на пол.

П.к. человек удерживается эзжик ногами, значит сила трения отсутствует. Равновесие может быть лишь в случае равенства моментов:



$$M_1 = M_2$$

Тогда: $\vec{P} = \vec{T} + \vec{mg}$, где $P_y = mg$; $P_x = T$

1) Значит, сила по Q_x на эзжик:

$$\Sigma F_x = P_y + T - F_{\text{тр}} = 2T - F_{\text{тр}}$$

2) Силы по Оу и на зигук:

$$\Sigma F_y = Mg + mg$$

~~Но сила N направлена перпендикулярно поверхности, а не по Оу и на зигук~~

$$3) F_{\text{нр}} = N \sin \mu = 6mg \mu$$

$$4) Q = \sqrt{F_{\text{нр}}^2 + N^2} = \underline{\underline{6mg\sqrt{1-\mu}}}$$

~~Итого по Оу.~~ Определим $F_{\text{мин}}$:

~~Сила F по Оу~~ $\Sigma F_x = 0$, т.к. $\alpha_x = 0 \Rightarrow 2T = F_{\text{нр}} \Rightarrow T = \frac{F_{\text{нр}}}{2} =$
 $= 3mg\sqrt{1-\mu} \Rightarrow F_{\text{мин}} = T = \underline{\underline{3mg\sqrt{1-\mu}}}$

5) при $T = F$

$$\Sigma F_x = 2F - F_{\text{нр}} \Leftrightarrow (M+m)a = 2F - F_{\text{нр}} \rightarrow a = \frac{2F - F_{\text{нр}}}{6m}$$

$$6) \text{ ~~Сила F по Оу~~ } S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2F - F_{\text{нр}}}{6m} \cdot 2S} = \sqrt{\frac{2F - 6mg\sqrt{1-\mu}}{6m} \cdot 2S} =$$

 $= \sqrt{\frac{2FS - 6mgS\sqrt{1-\mu}}{3}}$

Ответ: $Q = 6mg\sqrt{1-\mu}$; $F_{\text{мин}} = 3mg\sqrt{1-\mu}$; $v_k = \sqrt{\frac{2FS - 6mgS\sqrt{1-\mu}}{3}}$

3.

Дано:

$m; R; \alpha;$

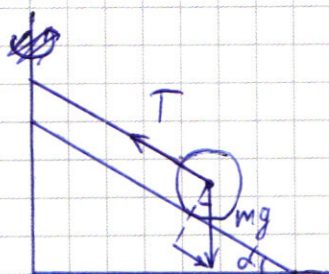
$L; \omega$

Найти:

1) $T = ?$

2) $T_0 = ?$

Решение:



1) по 3-му зак. Ньютона:

$$\underline{\underline{mg \sin \alpha = T}}$$

2) Определим радиус вращения:

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

Тогда по Ох

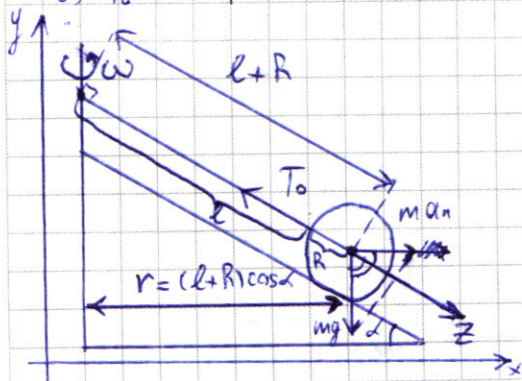
$$\text{Имеем } a_n = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

Тогда по Оз:

$$T_0 = \cancel{mg \sin \alpha} m a_n \cos \alpha + mg \sin \alpha =$$

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

Ответ: $T = mg \sin \alpha$; $T_0 = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

1) $\alpha = ?$

2) $v_{\max} = ?$

Решение:

рис. 1.

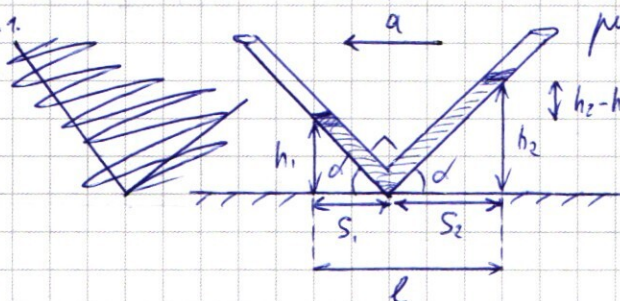
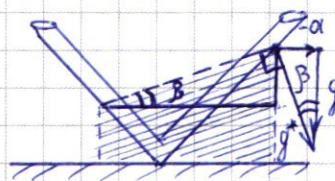


рис. 2.



Определим длину l :

$$1) l = S_1 + S_2 = h_1 \cos \alpha + h_2 \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} (8 + 12) = 10\sqrt{2} \approx 14 \text{ см}$$

Определим Δh

$$2) \Delta h = h_2 - h_1 = 12 - 8 = 4 \text{ см.}$$

Перейдем в НЕСО. трубы с углом смещения.

В данном случае изобразим ось x направленной перпендикулярно g эффективной.

Тогда:

$$3) \cancel{\text{по модулю}} \quad \tan \beta = \frac{\Delta h}{l} = \frac{4}{14} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{\Delta h}{l} g = \frac{4}{14} \cdot 10 \approx 2,8 \text{ м/с}^2$$

При исследовании ускор. a , будет лишь одно g в β .

Итак, начальный момент времени на g ~~масло~~ g , именуемо характеристикой Δh , будет действовать сила $\rho g \Delta h$. Но она постоянно меняется, но есть движ. неравномер.

тогда

~~на $m_{\text{масло}} = F_{\text{гидр}}$, где ρ — плотность, g — ускорение, Δh — высота. Но Δh — это не константа, а функция времени. Представим на графике эту функцию $F(t)$.~~

Продолжение 4-й задачи идёт после 5-й.

5.

Дано:

$$T = 95^\circ\text{C}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \text{ г/м}^3; \rho = 12 \text{ см}^3$$

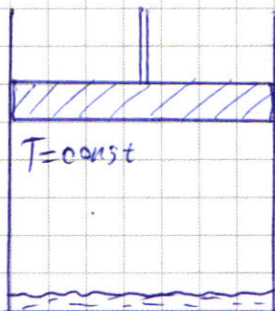
Найти:

$$1) \frac{P_n}{P_B} = ?$$

$$2) \frac{V_n}{V_B} = ? \text{ при}$$

$$\gamma = 4,7$$

Решение:



Потому:

$$2) \frac{P_n}{P_B} \approx \frac{0,5}{10^3} \approx \frac{5 \cdot 10^{-4}}{10^3} \approx \underline{\underline{5 \cdot 10^{-4}}}$$

скаж-есть

всех- ~~используемых~~ кол. пара

По уравн. Мер.-Кларк:

$$\begin{cases} PV_0 = \nu_0 RT \\ PV_K = \nu_K RT \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} PV = \nu_0 RT \\ PV = \nu_K RT \end{cases} \Rightarrow \nu_0 = \gamma \nu_K \Rightarrow \nu_{\text{всн}} = \cancel{\gamma \nu_K} - \nu_K = \nu_K^{8-1} = \nu_K 3,7.$$

$$3) m_B = \mu \nu_{\text{всн}} \Leftrightarrow P_B V_B = \mu \nu_{\text{всн}} \Rightarrow V_B = \frac{\mu \nu_{\text{всн}}}{P_B} = \nu_K \cdot \frac{3,7 \cdot \mu}{P_B}$$

$$4) PV_K = \nu_K RT \Leftrightarrow V_K = V_n = \nu_K \frac{RT}{P}$$

Потому из 3) и 4)

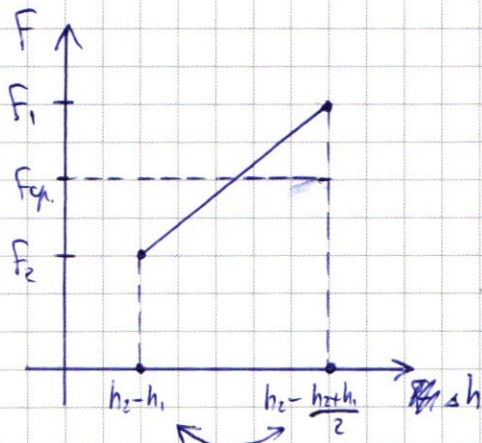
$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\nu_K \cdot \frac{RT}{P} \cdot P_B}{\nu_K \cdot 3,7 \cdot \mu} = \frac{P_B RT}{3,7 \mu P} = \frac{10^3 \cdot 8,31 \cdot 365}{3,7 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4} \approx \frac{3033,15}{566,1 \cdot 10^{-4}} \approx \underline{\underline{5,3 \cdot 10^4}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{P_n}{P_B} \approx 5 \cdot 10^{-4}; \frac{V_n}{V_B} \approx 5,3 \cdot 10^4$$

4. (продолжение)

Представим зависимость силы давления от гравитационной $\Delta h = F(h)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



П.к. зависимость линейная можно представить ~~как~~ F как постоянную ~~ее~~ усреднив её значение.

Morgan:

$$F_{cp} = \frac{F_1 + F_2}{2} = \left(\frac{\rho g (h_2 - h_1) + \rho g \left(h_2 - \frac{h_2 + h_1}{2} \right)}{2} \right) S =$$

$$= \left(\frac{\rho_g}{2} \cdot \frac{(2h_2 - 2h_1 + 2h_2 - h_2 - h_1)}{2} \right) S = S \cdot \frac{\rho_g}{4} (3h_2 - 2h_1) = S \cdot \frac{\rho_g}{4} (3h_2 - 2h_1) \cdot \frac{3}{4}$$

Данная сила действует на всю жидкость. Тогда по второму закону Ньютона:

$$m \alpha = F \Rightarrow \alpha = \frac{F}{m} = \frac{3 \cancel{\rho} g S (h_2 - h_1)}{4 \cancel{\rho} S} \cdot \frac{1}{\cancel{\rho} g (h_1 + h_2) S} = \frac{g (h_2 - h_1)}{4 (h_1 + h_2)} =$$

$$= \frac{10 (12 - 12 - 8)}{2(12 + 8)} \cdot \frac{3}{4} = \frac{10 \cdot (-8)}{2 \cdot 20} \cdot \frac{3}{4} = \frac{-40}{40} \cdot \frac{3}{4} = -1 \cdot \frac{3}{4} = -\frac{3}{4} = -0,75 \text{ m/c}^2$$

Жидкость смешивается на расстоянии:

$$S = \frac{h_2 - h_1}{2} = 2 \text{ cm.} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Получа $U_{\max}$:

$$S = \frac{\sigma_{\max}^2 - \sigma_0^2}{2a} \Rightarrow \sigma_{\max} = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5} = \sqrt{6 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= 0,1 \cdot 1,7 - 1,4 \approx \cancel{2,38} \text{ м/с} \quad 0,29 \text{ м/с}$$

Ответ: $a \approx 2,8 \text{ м/с}^2$; $v_{\text{max}} \approx 0,24 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha = 60^\circ$$

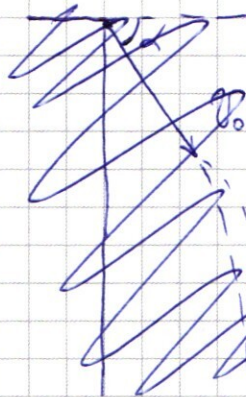
$$v_k = 2,5 v_0$$

Найти:

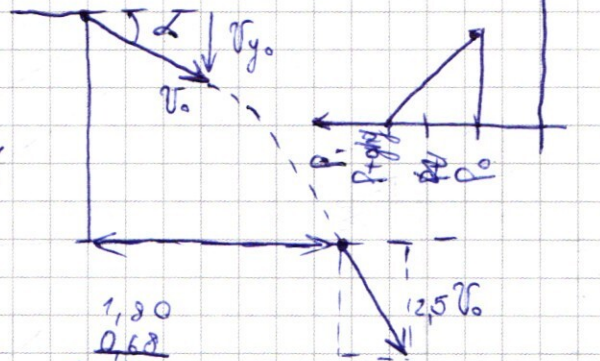
1) $v_{ky} = ?$

2) $\tau = ?$

3) $S_x = ?$



2) F_0 - сила, чтобы
сдвинуть эллипс.



2) ~~$v_{ky} = v_{y0} - g\tau$~~

~~$v_{kx} = v_{x0}$~~

1) $v_{ky} = v_{y0} - g\tau$

2) $v_k^2 = v_{ky}^2 + v_{kx}^2 \Rightarrow v_{ky} = \sqrt{v_k^2 - v_{kx}^2}$

3) $v_{kx} = v_0 \cos \alpha$

4) $v_{y0} = v_0 \sin \alpha$

$$\begin{array}{r} 1,80 \\ 0,68 \\ \hline 1,440 \\ 1080 \\ \hline 2240 \end{array}$$

$$v_{ky} = \sqrt{v_k^2 - v_{kx}^2} = \sqrt{v_k^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\sqrt{v_k^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sin \alpha - g\tau \Rightarrow \tau = \frac{v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_k^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}}{g}$$

$$\tau = \frac{v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_k^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}}{g}$$

$$= \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \sqrt{64 \cdot 6,25 - 64 \cdot \frac{1}{4}}}{10}$$

$$= \frac{2\sqrt{3}(1 - 2\sqrt{2})}{5} = 0,4(\sqrt{3} - 2\sqrt{2})$$

$$= \frac{4\sqrt{3} - 8\sqrt{2}}{10} = \frac{2\sqrt{3} - 4\sqrt{2}}{5}$$

$$0,4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)$$

$$0,4 \cdot 1,7(2 \cdot 1,4 - 1)$$

2.

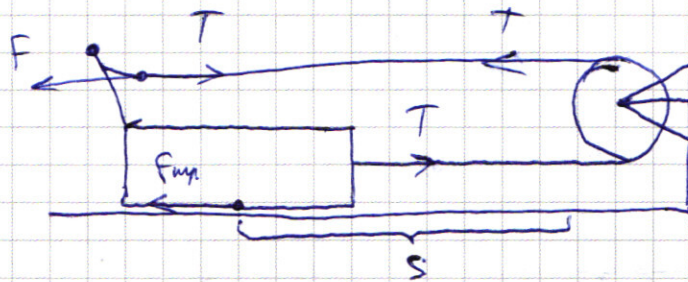
Дано:

$S; F; \mu$

$M = 5m$
 $m = m$

Решение:

$\omega = 0$
 $\frac{d\omega}{dt} = 0$

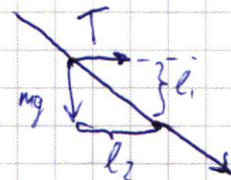
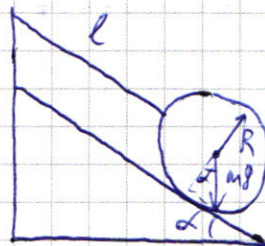
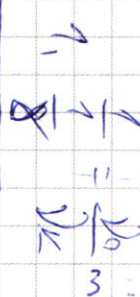


Найти:

1) $N_0 = ?$

2) $F_{тр} = ?$

3) $F = ?$

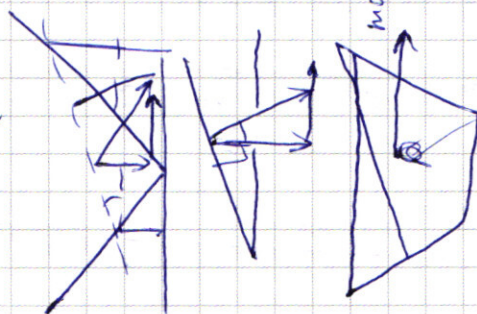
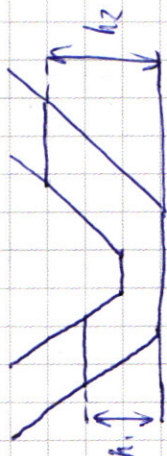
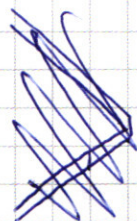


$F_{тр} = N_0 \mu$
 $N_0 = mg + 5mg = 6mg$

$Q = \sqrt{F_{тр}^2 + N_0^2}$

$\omega = 0$

$\frac{2,0}{7,4} \cdot \frac{1}{0,28} = 0,28$



$(P_2 - P_1) S$

$P_2 = k P_1 +$