

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?

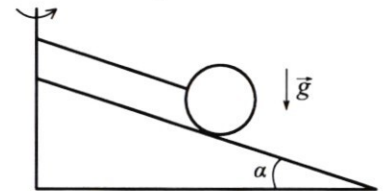
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 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.

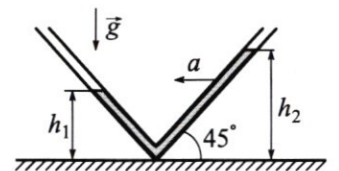


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

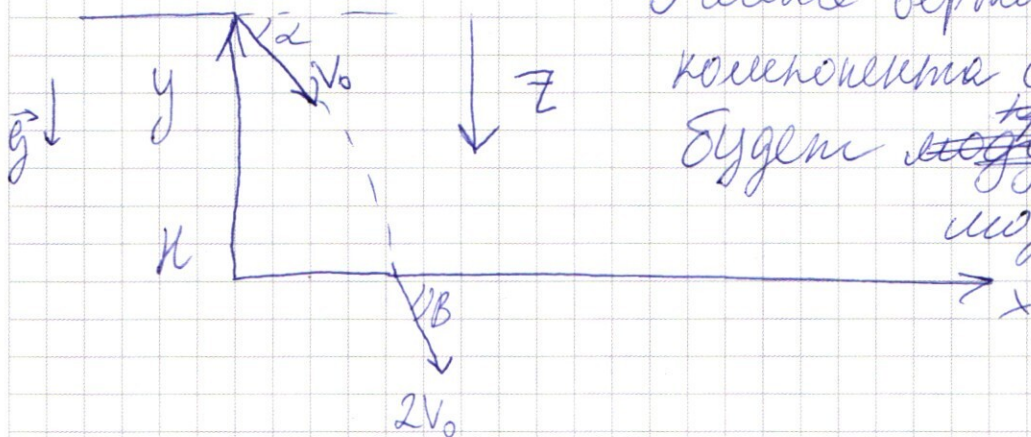
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 $V_0; d; 2V_0$
 $V_{y2} - ?; \tau - ?; H - ?$

В-угол к горизонту
две конечной скорости

Умень вертикальная
компонента скорости
будет ~~модуль~~ ~~модуль~~
~~модуль~~



$$V_x = \text{const} \Rightarrow V_0 \cos \alpha = 2V_0 \cos \beta \Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$$

$$V_{y2} = -2V_0 \sin \beta = -2V_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} =$$

$$= -V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = -V_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = -\frac{V_0}{2} \sqrt{13} =$$

$$= -5\sqrt{13} \% \Rightarrow V_{y2} = 5\sqrt{13}$$

$$= 2V_0 \sin \alpha$$

$$V_{y2} = V_{y1} + a_y \tau \Rightarrow V_{y2} = -V_0 \sin \alpha - g \tau$$

$$g \tau = -V_{y2} - V_0 \sin \alpha \Rightarrow \tau = \frac{-V_{y2} - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ c} \quad H = -V_0 \sin \alpha - \text{Формула без времени}$$

$$S = \frac{V_{y0} + V_{y2}}{2} \tau$$

1] Формула без времени по оси z :

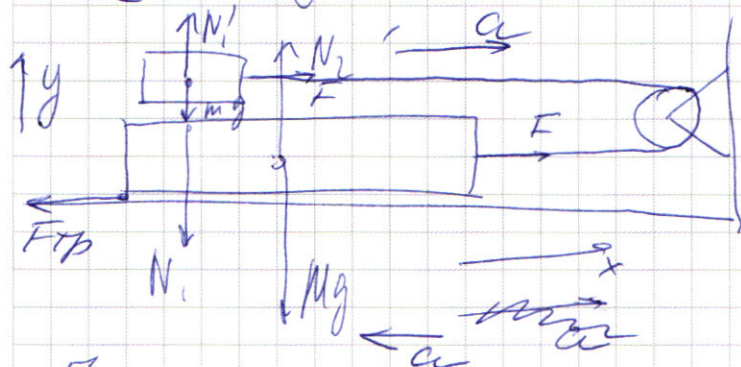
$$h = \frac{v_{y2}^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad h = \frac{v_{y2}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$= \frac{25 \cdot 13 - 100 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{25 \cdot 12 \cdot \frac{5}{4}}{20} = 15 \text{ м}$$

Ответ: $v_{y2} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$; $z = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \text{ с}$; $h = 15 \text{ м}$.

2] S, m, M, μ

$N_2 = ?$; $F_0 = ?$; $z = ?$



По оси y где человек и человек:

$$N_1 = mg$$

$$N_2 = Mg + N_1 = 2mg + mg$$

$$N_2 = 3mg$$

По 3 закону Ньютона:

Если человек тянет веревку с силой F_0 , то и веревка действует на человека с такой же по модулю силой.

1) Из рисунка видно, что $F = F_{тр}$; чтобы человек сработал нужна сила F_0 , которая сравняется силой с трением; $\Rightarrow F_0 = \mu N_2 = 3\mu mg$

2) $F > F_0$; значит есть ускорение; где человек и человек ускорение одинаковы. Это следует из кинематически связей

$$F_{тр} - F = 2ma \rightarrow a = \frac{F - F_{тр}}{2m}$$

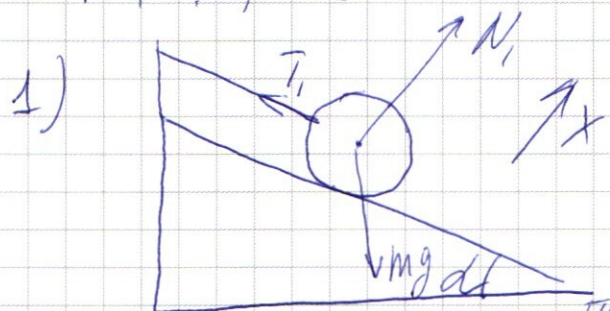
$$F = ma \rightarrow a = \frac{F}{m}$$

$$\Rightarrow a = \mu g; S = 0 + \frac{a z^2}{2} \Rightarrow z = \sqrt{\frac{2S}{\mu g}}$$

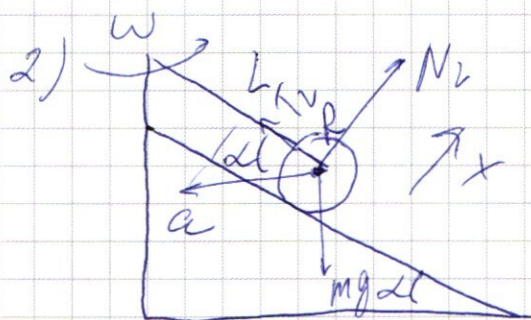
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $m, R, d, L; \omega$

$N_1 - ?; N_2 - ?$



оx: $N_1 = mg \cos d$



Пусть a — центростремительное ускорение.
 $a = \omega^2 x = \omega^2 (R + L) \cos d$

оx: $N_2 - mg \cos d = -ma \sin d$

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

Ответ: $N_1 = mg \cos d; N_2 = m \cos d (g - \omega^2 (R + L) \sin d)$

5) $T = 300 \text{ K}; P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}; \gamma; \rho; \mu$

$\frac{\rho_k}{\rho} ?; \frac{V_{k2}}{V_1} ?$

Пусть ρ_k — плотность

V_{k1} — объем в начале

V_{k2} — объем, который в начале V_1

→ Продольное

$p = \text{const}$; как и T ; так как силы, действующие на корень не изменяются

$p = \frac{p_n}{\mu} RT$; отсюда видно, что плотность пара также остается постоянной.

$$\frac{p_n}{p} = \frac{p \cdot \mu}{RT \cdot p} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{355 \cdot 6 \cdot 10^{-5}}{831}$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{2130}{831} \cdot 10^{-5} = \frac{71}{277} \cdot 10^{-4}$$

$p \cdot \gamma V_{n2} = \frac{p_n \cdot \gamma V_{n2}}{\mu} RT$ — где 1-ое слагаемое.

1) $p = \frac{p_n}{\mu} RT$ м пара м воды, парение которое конденс.

2) $p \cdot V_{n2} = \frac{p_n \gamma V_{n2} - p V_b}{\mu} RT$ — где 2-ое слагаемое.

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow V_{n2} = \frac{p_n \gamma V_{n2} - p V_b}{p_n} = \gamma V_{n2} - \frac{p}{p_n} V_b$$

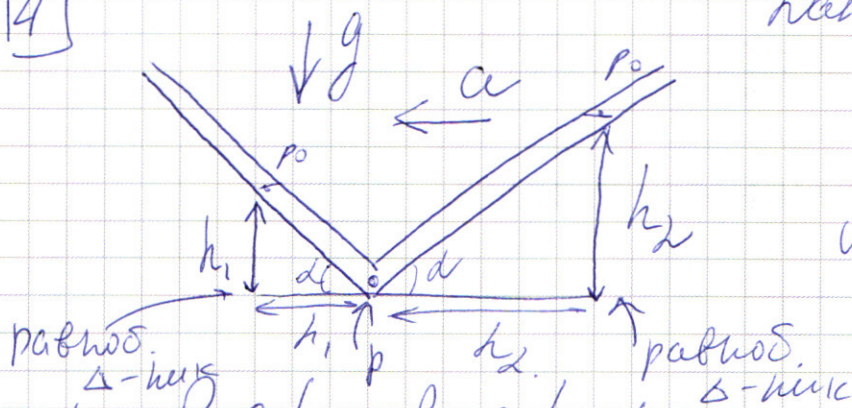
$$\frac{p}{p_n} V_b = V_{n2} (\gamma - 1) \Rightarrow \frac{V_{n2}}{V_b} = \frac{p}{p_n (\gamma - 1)} = \frac{831 \cdot 10^5}{2130 \cdot 4,6}$$

$$\frac{V_{n2}}{V_b} = \frac{831 \cdot 10^5}{213 \cdot 46} = \frac{277 \cdot 10^5}{213 \cdot 46}$$

Ответ: $\frac{p_n}{p} = \frac{71}{277} \cdot 10^{-4}$, $\frac{V_{n2}}{V_b} = \frac{277 \cdot 10^5}{213 \cdot 46}$

4

Дано: $d; a; h_1; g$
 $h_2 - ?; V - ?$



ρ - плотность масла
 p_0 - атмосферное давление

$$p = \rho g h_1 + \rho a h_1 + p_0$$

$$p = \rho g h_2 - \rho a h_2 + p_0$$

$$\rho h_1 (g + a) + p_0 = \rho h_2 (g - a) + p_0$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + a}{g - a} = 10 \text{ см} \frac{14}{6} = \frac{70}{3} \text{ см} \approx 23 \text{ см}$$

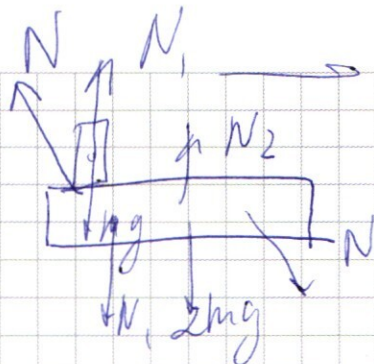
Когда трубка будет двигаться равномерно,

то уровень масла установится на высоте $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$

Столбик жидкости переместится

$$\text{на } \Delta x = \sqrt{2} h_2 - \sqrt{2} h \text{ со скоростью } V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N_1 + N_x = mg$$

$$N_2 = mg + mg = 3mg$$

$$2F - F_{тр} = 3ma$$

$$F_{тр} = 2ma$$

$$2F - 2F = 4ma$$

$$3F_{тр}$$

$$F_{тр} = ma$$

$$N_y = F_0$$

$$F_0 + N_y = 4 \cdot 3mg$$

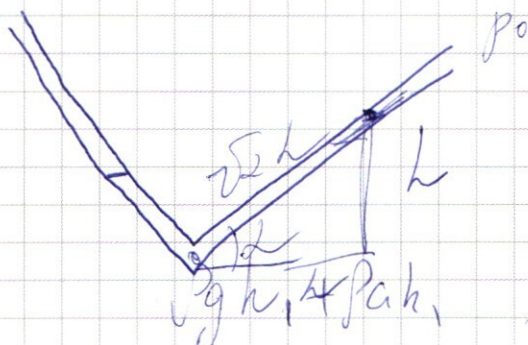
$$F_0 = \frac{3}{2} \cdot 4mg$$

$$F_0 - N_y = ma$$

$$4N_2 - F - N_y = 2ma$$

$$4N_2 - 2F = ma$$

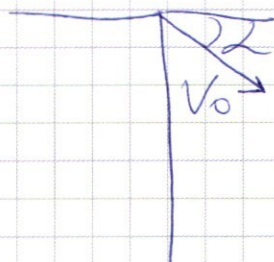
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_2 h$

$$v_2 h_2 - v_2 h = v_2 h_1 - x$$

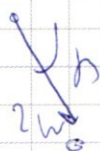
$$\Delta x = 0 - v_k v_k$$



$$2v_0 \cos \beta = v_0 \cos \alpha$$

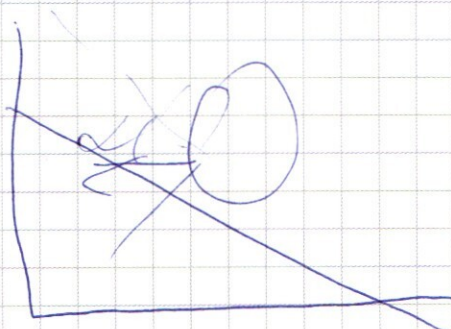
$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

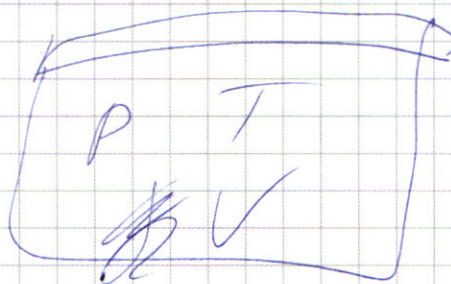
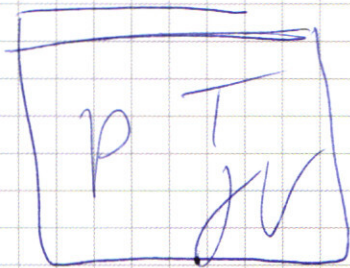
$$v_y = 2v_0 \sin \alpha = 2v_0 \sqrt{1 - \frac{3}{16}}$$



$$v = 5\sqrt{13}$$

$$-5\sqrt{13} = v_0 \sin \alpha$$





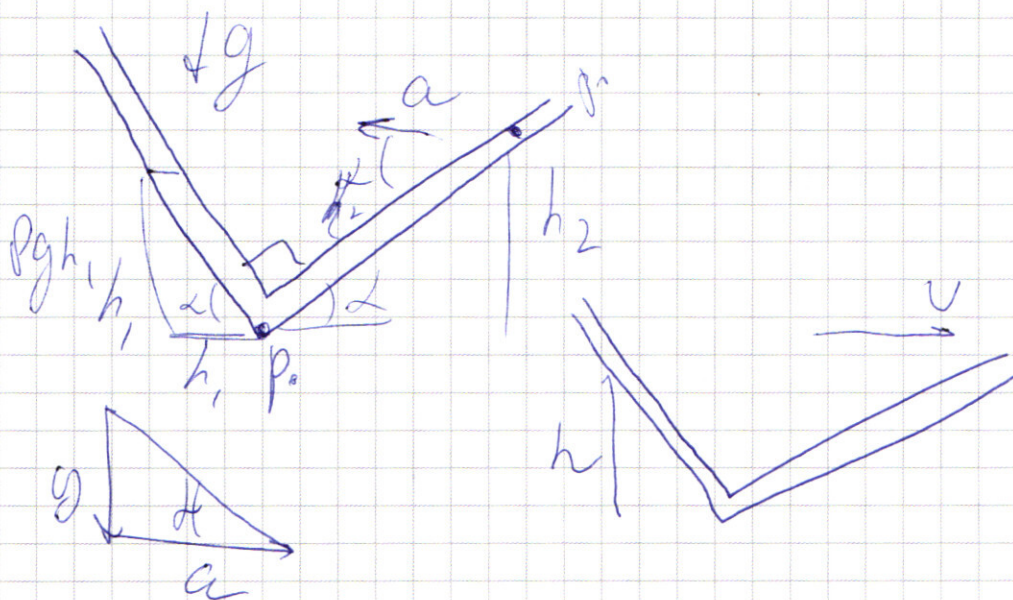
$$p = \text{const}$$

$$p = \frac{p_n}{n} RT \Rightarrow p_n = \frac{p n}{RT}$$

$$\frac{p_n}{V} = \frac{p n}{RT V}$$

$$p = \frac{p_n}{n} RT$$

$$p_n = p n V$$

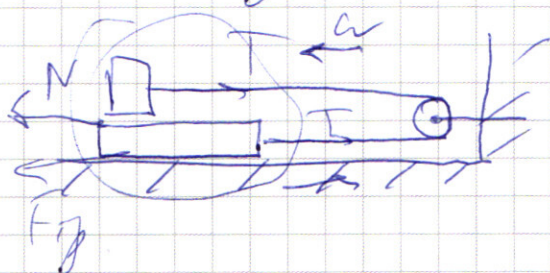


$$p_1 + \rho g h_1 + \rho a h_1 \cos \alpha = p_2 + \rho h_1 (g + a)$$

$$p_2 + \rho g h_2 - \rho a h_2 = p_2 + \rho h_2 (g + a)$$

$$h_2 (g + a) = h_1 (g + a)$$

$$h_2 = h_1 \frac{(g + a)}{g - a} = 10 \cdot \frac{14}{6/14} = \frac{70}{3} \text{ м}$$



$$\begin{array}{r} 70 \\ - 6 \\ \hline 10 \\ - 9 \\ \hline 1,0 \end{array}$$

$$2T - F_{tr} = 3ma$$

$$T - F_{tr} = 2ma$$

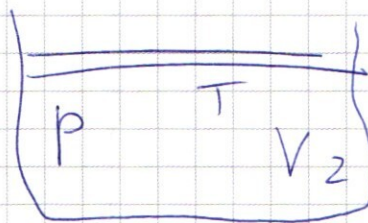
$$T = F_{tr} + 2ma$$

$$T = 2ma + F_{tr}$$

$$F_{tr} - 4ma = 3ma$$

$$4ma + F_{tr} = 3ma$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{V_0}{V_0} = ?$$

$$p = \frac{p_{\text{нн}}}{\mu} RT \quad p = \frac{p_{\text{н}}}{\mu} RT$$

$$p V_0 = \frac{m_{\text{н}}}{\mu} RT$$

$$p = \frac{p_{\text{н}}}{\mu} RT$$

$$p V_0 = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{в}}}{\mu} RT$$

$$p V_0 = \frac{p_{\text{н}} \cdot V_0 - p_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{\mu} RT$$

$$\gamma = \frac{m_{\text{н}}}{m_{\text{н}} - m_{\text{в}}} \Rightarrow \frac{1}{\gamma} = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{в}}}{m_{\text{н}}}$$

$$\frac{1}{\gamma} = 1 - \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{н}}} = 1 - \frac{p_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{p_{\text{н}} \cdot V_0}$$

$$V_0 = \frac{p_{\text{н}} \cdot V_0 - p_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{p_{\text{н}}}$$

$$\frac{V_0}{V_{\text{в}}} = \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{н}}(\gamma - 1)}$$

$$V_0 = \gamma V_0 - \frac{p_{\text{в}}}{p_{\text{н}}} V_{\text{в}}$$

$$\frac{p_{\text{в}}}{p_{\text{н}}} V_{\text{в}} = V_0(\gamma - 1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

$\cos(90^\circ + \alpha) = \cos 120^\circ = -\frac{1}{2}$

$g^2 z^2 + v_0 g z - 3v_0^2 = 0$

$4v_0^2 = v_0^2 + g^2 z^2 - 2v_0 \cdot g z \cdot \cos(90^\circ + \alpha)$

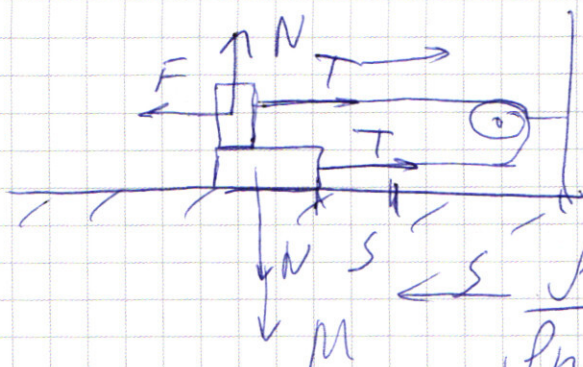
$g^2 z^2 - 2v_0 g z \cos(90^\circ + \alpha) - 3v_0^2 = 0$

$D = g^2 v_0^2 + 4g^2 \cdot 3v_0^2 = 13g^2 v_0^2$

$z = \frac{-g v_0 + \sqrt{13g^2 v_0^2}}{2g^2} = \frac{g v_0 (\sqrt{13} - 1)}{2g^2} = \frac{v_0 (\sqrt{13} - 1)}{2g}$

$v_0 \cos \alpha = 2v_0 \cos \beta \quad \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$

$v_y = 2v_0 \sin \beta = 2v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} = \frac{2v_0}{4} \sqrt{4 - \frac{1}{4}}$



$$N \quad \begin{array}{r} 355 \\ \times 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\frac{831 \cdot 10^{-2} \cdot 3}{2130} = \frac{2493}{2130} = 1.165$$

$T = 3mg$

$$T - \mu N_2 = \frac{Mv^2}{2} = A_{\text{тр}}$$

$$\mu N_2 - T = 2ma$$

$$T = ma \quad \frac{213}{831} \cdot 10^{-4}$$

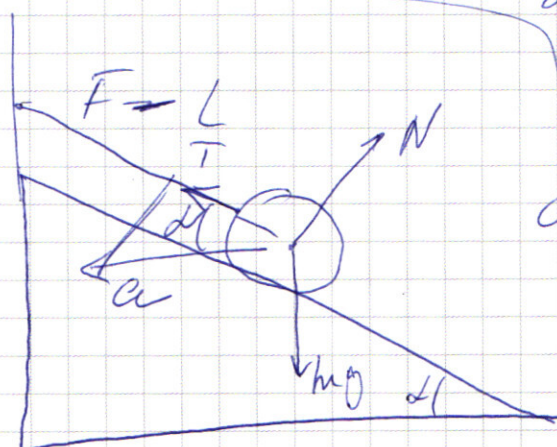
$$T - \mu N_2 = 2ma$$

$$\mu g = a$$

$$T = ma$$

$$S = \frac{a \tau^2}{2}$$

$$\frac{831}{23} \cdot \frac{1}{2} = 18.00$$



$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\frac{71}{277} \cdot 10^{-4}$$

$$mg \cos \alpha - N_0 = m \omega^2 R \sin \alpha \Rightarrow N_0 = m$$

$$N_0 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (R+L) \cos \alpha \sin \alpha)$$

$$\frac{71}{46} = 1.54$$