

Олимпиада «Физтех» по физике, с

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?

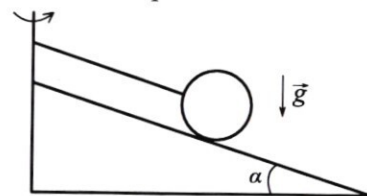
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

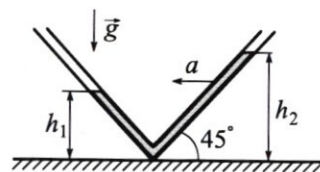


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

NS

1) По закону Менделеева-Клапейрона:

$$P \cdot V = \nu R T; \quad \rho = \frac{m_n \cdot A T}{\mu \cdot V} = \frac{\rho_n A T}{\mu}$$

(где V - объем капальник, затимисавий газ; R - газовая постоянная; T - температура пара (95°C); ν - капальное кол-во газа; m_n - капальная масса пара; ρ_n - плотность пара)

$$\rho_n = \frac{P \cdot \mu}{R T} = \frac{85000 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} \approx 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{50}{1000} = 0,05$$

2) Так как насыщенный, то при уменьшении его объема его давление не будет уменьшаться. По закону Менделеева-Клапейрона.

до состояния:

$$P \cdot V_n = \nu_n R T; \quad V_n \nu_n - \text{объем и кол-во пара до сжатия}$$

$$P \cdot V'_n = \nu'_n R T; \quad V'_n \nu'_n - \text{объем и кол-во пара после сжатия.}$$

$$\text{По условию: } V'_n \nu'_n = V_n \nu_n$$

$$\frac{\nu_n A T}{V_n} = \frac{\nu'_n A T}{V'_n}; \quad \frac{\nu_n}{V'_n} = \frac{\nu'_n}{V_n}; \quad \nu'_n = \frac{\nu_n}{\alpha}$$

$$\nu_n - \nu'_n = \nu_n \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) = 0,2 - \text{кол-во пара, перешедшего в воду.}$$

$$V'_n = \frac{\nu_n \cdot A T}{P \cdot \alpha}; \quad \text{масса} \quad \left(\text{масса воды после сжатия} \right) = 0,2 \cdot \mu = \nu_n \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \cdot \mu$$

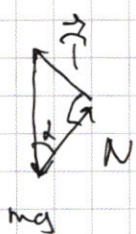
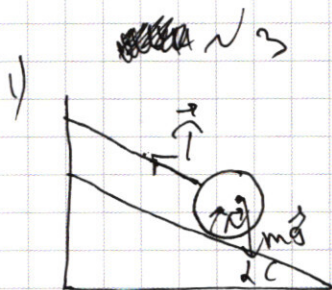
$$\text{Объем воды после сжатия: } V'_b = \frac{m'_b}{\rho_b} = \frac{\nu_n \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \cdot \mu}{\rho_b}$$

$$\frac{v_n'}{v_a'} = \frac{2\pi R T \rho}{p + 2\pi(1-\frac{1}{\sigma}) \cdot \mu} = \frac{R T \rho}{p \mu \sigma} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sigma}\right) = \frac{\rho \sigma}{p \mu \sigma (\sigma - 1)} =$$

$$= \frac{\rho}{p (\sigma - 1)} = \frac{20}{3,7} \approx 5,4$$

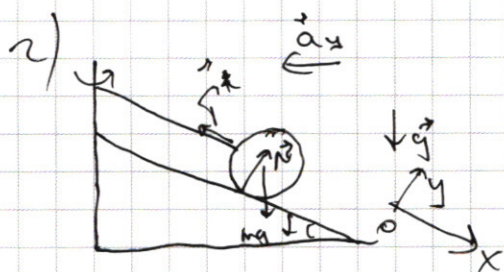
Ответ: 1) ~~.....~~ $\frac{p_n}{p_0} = 0,05$

2) $\frac{v_n'}{v_a'} = 5,4$



$(\angle mg; N) = \alpha$; из треугольника сил:

$$T = mg \cdot \sin \alpha$$



выберем ось Ox параллельно наклонной

и-ти выберем ось Oy перпендикулярно ей

Ox : $-T + mg \cdot \sin \alpha = -m \cdot a_y$

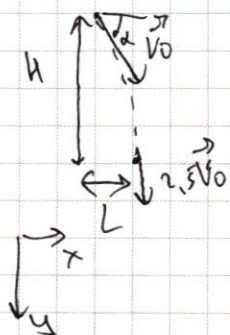
$$a_y = \omega^2 \cdot x$$

$$x = L \cdot \cos \alpha + R; \quad T = mg \cdot \sin \alpha + m \omega^2 (L \cos \alpha + R)$$

Ответ: 1) $T = mg \cdot \sin \alpha$

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

~1



$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3}$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{const}$$

v_y' (конечная горизонтальная скорость по Oy): $v_y' = v_y + g t$;

$$v_y'^2 + v_x^2 = (2,5v_0)^2; \quad v_x^2 + v_y^2 = v_0^2$$

$$v_0^2 - v_y^2 = 6,25v_0^2 - v_y^2; \quad v_y'^2 = 5,25v_0^2 + v_y^2$$

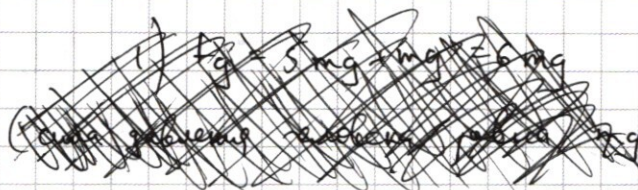
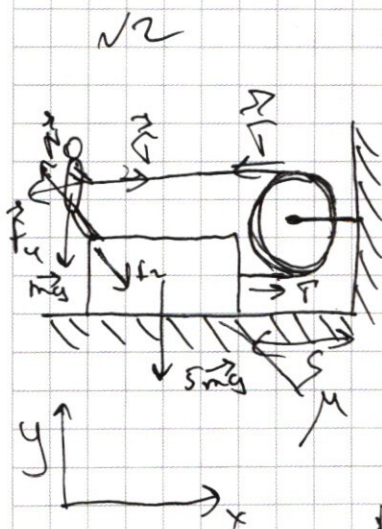
$$v_y' = \sqrt{5,25 \cdot 64 + 8^2 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{384} \approx 19,6 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) v_y' = v_y + g \cdot t; \quad t = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{19 - 4\sqrt{3}}{10} \approx 1,22 \text{ с}$$

$$3) L = v_x \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot 0,5 \cdot 1,22 = 4,88 \text{ м}$$

Ответ: 1) 19 м/с
2) $1,22 \text{ с}$
3) $4,88 \text{ м}$



1) Так сила натяжения, как и сама нить
параллельна горизонтальной нити, то у нас
нет проекции на ось Ox ; аксел. $F_{fr} // Ox$;

$$F_g = mg + 5mg = 6mg$$

2) Рассмотрим на нить, действующие на нее:

$$\cancel{F_g} (F_n = mg, T)$$

$$\vec{N} + \vec{F}_n + \vec{T} + \vec{F}_{fr} = 0 \quad (\text{так нет ускорения (сила инерции)})$$

$$Ox: T + T - F_{fr} = 0; \quad F_{fr} = \mu N$$

$$Oy: N = mg + 5mg = 6mg \Rightarrow F_{fr} = 6\mu mg$$

$$2T = 6\mu mg; \quad T = 3\mu mg \quad (\text{так } f_0 = \mu T = 3\mu mg)$$

3) Если мы применяем силу ~~F~~ $F > F_0$:

$$F_x = 2T - 3\mu mg = 2F - 3\mu mg; \quad \cancel{F} = 6mg$$

$$q = \frac{2f - 3\mu mg}{6}; \quad V - \text{конечная скорость.}$$

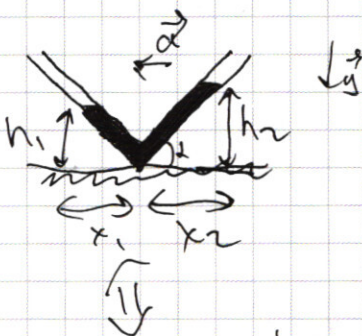
$$\frac{V^2}{2a} = S; \quad V = \sqrt{2S \left(\frac{2f - 3\mu mg}{6} \right)}$$

обер; 1) $f_g = 6mg$

2) $f_o = 3\mu gm$

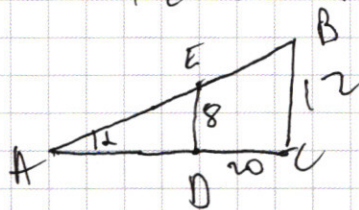
3) $V = \sqrt{2S \left(\frac{2f - 3\mu mg}{6} \right)}$

№ 4



$$x_1 = h_1 = 8 \text{ см}$$

$$x_2 = h_2 = 12 \text{ см}$$

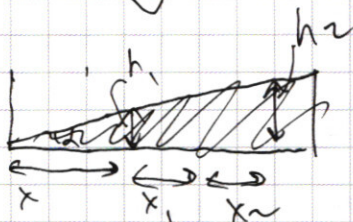


из подобия $\triangle ADE$ и $\triangle ACB$:

$$AD = 40 \Rightarrow$$

$$\frac{BC}{AC} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} = \tan \alpha$$

$$\frac{a}{g} = \tan \alpha; \quad a = 2 \text{ м/с}$$



2) При заданном равномерном движении скорость будет максимальна когда вода будет находиться в состоянии равновесия

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}; \quad \text{до остановки: } E_1 = \frac{m \cdot x_2}{x_1 + x_2} \left(\frac{h_2}{2} \cdot g \right) + \frac{m \cdot x_1}{x_1 + x_2} \left(\frac{h_1}{2} \cdot g \right) / 2$$

(если m общая масса воды)

$$E_2 = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mg \frac{h}{2} = \frac{mv^2}{2} + mg \left(\frac{h_1 + h_2}{4} \right)$$

$$E_1 = E_2 \text{ (по ЗСЭ):}$$

$$g \left(\frac{x_2 h_2}{2(x_1 + x_2)} + \frac{x_1 h_1}{2(x_1 + x_2)} \right) = \frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$g \left(\frac{x_1 h_1 + x_2 h_2}{2(x_1 + x_2)} \right) = \frac{v^2}{2} + g \frac{h_1 + h_2}{4}; \quad \text{т.к. } x_1 = h_1, x_2 = h_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$g \left(\frac{x_1^2 + x_2^2}{2(x_1 + x_2)} - \frac{x_1 + x_2}{2x} \right) = \frac{V^2}{x}$$

$$g \left(\frac{2x_1^2 + 2x_2^2 - x_1^2 - x_2^2 - 2x_1x_2}{2(x_1 + x_2)} \right) = V^2$$

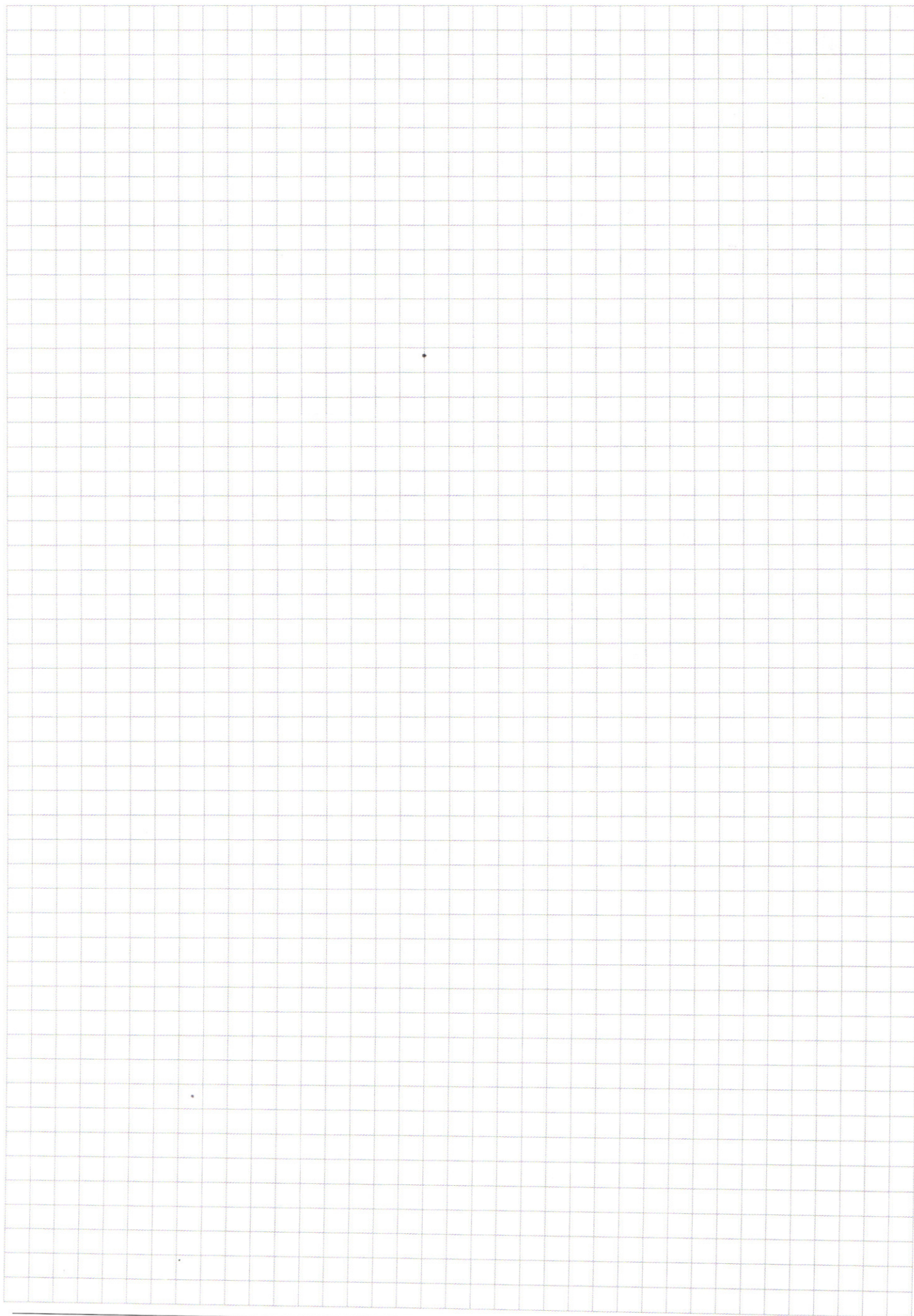
$$V^2 = \frac{g(x_1 - x_2)^2}{2(x_1 + x_2)} \quad \text{или} \quad V = \frac{g(x_1 - x_2)}{\sqrt{2(x_1 + x_2)}} =$$

$$V = |x_1 - x_2| \sqrt{\frac{g}{2(x_1 + x_2)}} = 0,04 \sqrt{\frac{10}{0,0004}} =$$

$$= 0,04 \cdot \frac{10}{0,02} = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $a = 2 \text{ м/с}^2$

2) $V = 0,2 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 18 \\ \hline 680 \\ + 95 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 368 \\ \hline 6648 \\ + 4986 \\ 2993 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1530 \\ 2 \\ \hline 3060 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3058,1 \\ 8500 \quad 1530 \\ \hline 3058 \end{array}$$

$$\frac{100}{4}$$

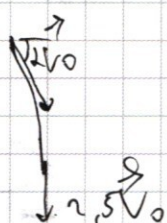
$$= 0,05$$

$$\frac{100}{20}$$

$$\frac{100}{20}$$

$$\begin{array}{r} 2513,7 \\ - 1815 \\ \hline 698,7 \\ \hline 148 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{(2,5Vg)^2 - Vg^2}{2g} = H$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin \alpha$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos \theta$$

$$y_2 = \frac{1}{A} V_0 \cdot t + \frac{g t^2}{2}$$

$$v_y' = v_y + g \cdot t$$

$$3) \quad S_x = V_x \cdot t$$

$$\frac{5,25 (V_0 \sin \alpha)^2}{mg} = h = \frac{5,25 \left(8 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2}{mg}$$

$$= \frac{3,25 \cdot 16 \cdot 3}{20 \cdot 10}$$

$$= 13.6$$

$$13,6 = 8 \cdot f + 5f^2$$

$$25t^2 + 40t - 6850$$

$$p' = 400 + 1700 = 2100$$

$$f = \frac{-20 \pm 10\sqrt{11}}{25}$$

$$V_y = v_0 + g \cdot t$$



$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ + 500 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 5,25 \\ 8 \\ \hline \times 4200 \\ 8 \\ \hline \downarrow 336 \\ 28 \\ \hline 38 \end{array}$$

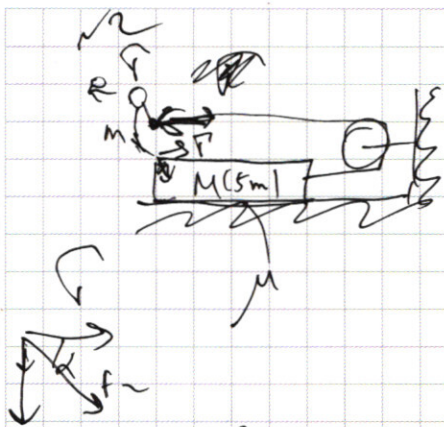
$$\begin{array}{r} \times 64 \\ \times 5,25 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{x} \text{ u} \text{ n} \\ 8 \\ \hline \text{u} \text{ g} \text{ 6} + \\ \text{u} \text{ g} \text{ 6} \\ \text{x} \quad \text{u} \text{ 8} \\ \hline \text{5} \text{ 4} \text{ 4} \end{array}$$

8.2.3

64
x 16

A hand-drawn diagram on a grid background. It features a V-shaped structure. The left arm of the V is labeled 'm'. The right arm is labeled 'b'. Above the V, there is a horizontal line segment labeled 'w'. An arrow points from the right arm towards the right, labeled 'b'.

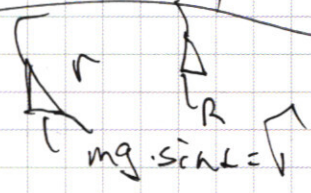
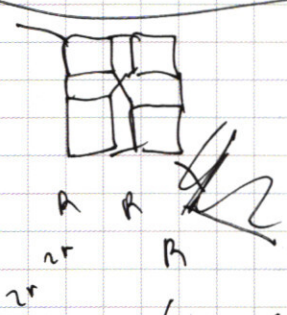
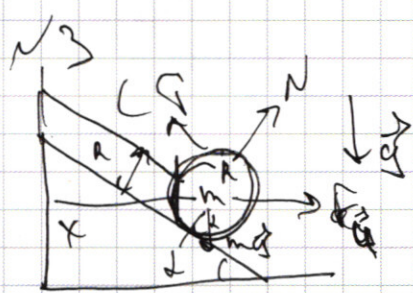


$F_2 \cdot \cos \alpha = F_f$
 $(mg \sin \alpha + F_2 \cdot \sin \alpha) \cdot \mu = F_f$
 $F = F_{fr} = F_2 \cdot \cos \alpha = 6 \mu mg + \mu F_2 \cdot \sin \alpha$
 $(2F = 6 \mu mg; F = 3 \mu mg) \quad (F = 6mg)$

$$\frac{v^2}{2a} = S;$$

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{6m}$$

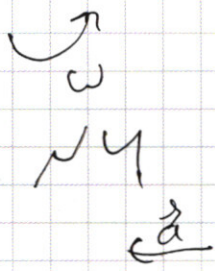
$$v = \sqrt{2 \cdot S \cdot \left(\frac{2F - 3\mu mg}{6m} \right)}$$



mg sin alpha

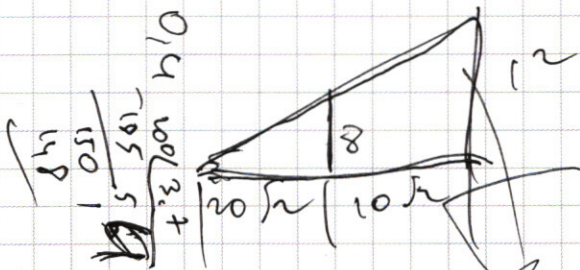
$$x = L \cdot \cos \alpha + h$$

$$F = mg \cdot \sin \alpha + \omega^2 \left(L \cos \alpha + h \right) \frac{r}{r_0} + \frac{r_0}{r}$$



$$h_1 = 8 \text{ cm}; h_2 = 12 \text{ cm}$$

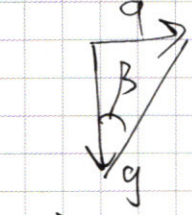
$$8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2}$$



$$\beta = \arctan \left(\frac{12}{30h} \right)$$

$$\tan \beta = \frac{2}{5\sqrt{2}}$$

$$\begin{array}{r} 8551 \\ 291 \\ \hline 8551 \\ + 15 \\ \hline 8566 \end{array}$$



$$a = 10 \cdot \frac{2}{5\sqrt{2}} = \frac{4\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}$$

$$\frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$