

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.

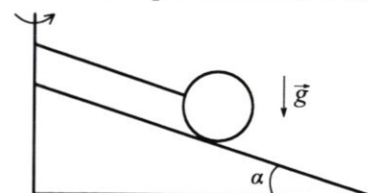
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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 ($F \geq F_0$) 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.

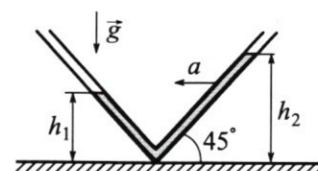
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

Задача I.

$$V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

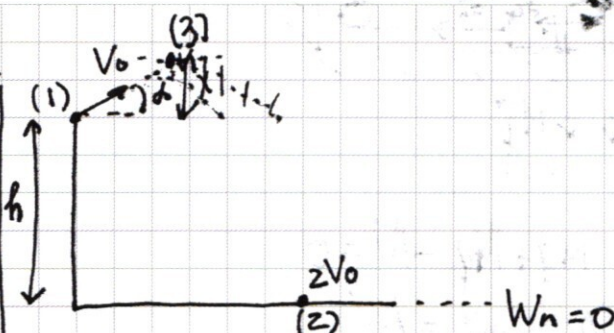
$$\alpha = 30^\circ$$

$$2V_0; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1) V_{yk}

2) $t_{\text{полета}}$

3) h



ЗС $\Rightarrow$ глос (1) и (2)

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m(2V_0)^2}{2} \Rightarrow$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g}$$

t_{13} - время подъема из (1) в (3)

$$V_0 \sin \alpha - g t_{13} = 0 \Rightarrow t_{13} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

x - высота подъема за t_{13} : $x = V_0 \sin \alpha \frac{V_0 \sin \alpha}{g} - g \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

t_{32} - время падения из (3) в (2):

$$g \frac{t_{32}^2}{2} = x + h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} + h$$

$$t_{32} = \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}} = \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}}$$

$$V_{yk} = g t_{32} = g \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}} = \sqrt{2gh + V_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$t_{\text{полета}} = t_{13} + t_{32} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}}$$

$$h = \frac{3 \cdot (10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{300 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 15 \text{ м}$$

$$V_{yk} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 15 \text{ м} + (10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot (\frac{1}{2})^2} = \sqrt{325 (\frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_{\text{полета}} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} + \sqrt{\frac{2 \cdot 15 \text{ м} + \frac{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot \frac{1}{4}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} \approx 2,3 \text{ с}$$

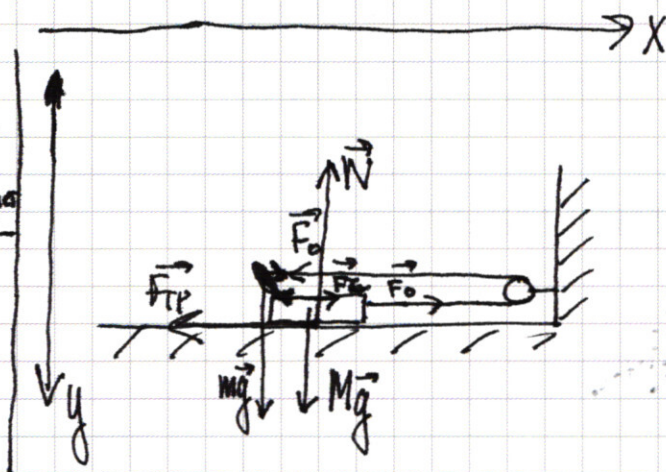
Ответ: 1) $V_{yk} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $t_{\text{полета}} \approx 2,3 \text{ с}$ 3) $h = 15 \text{ м}$

Задача 2.

$S; m; M=2m;$

$\mu; F_{\text{всех трений}}$

- 1) P
- 2) F_0
- 3) t



$$\sum F_y: mg + Mg - N = 0$$

$$g(m+2m) = N$$

$$1: |\vec{N}| = |\vec{P}| : P = 3mg.$$

Для человека: $F_{\Sigma x} = 0$: $\sum F_x: -F_{\text{тр}} + F_0 = 0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = F_0. (1)$

Для ящика: $\sum F_x: F_0 + F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}} = 0$ (усл. максим. силы: $a \rightarrow 0$)

$$(1) \rightarrow : 2F_0 = F_{\text{тр}}$$

$F_{\text{тр}}$ - скользж.: $F_{\text{тр}} = N\mu = P\mu = 3mg\mu.$

$$2: F_0 = \frac{3mg\mu}{2}$$

3: Если тянет с силой F : $F = F_{\text{тр}}$ - аналогично: на рисунке F_0 помещается на F .

$$\sum F_x: 2F - F_{\text{тр}} = 3ma_x$$

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

$F_{\text{тр}}$ - скользж.: $F_{\text{тр}} = 3mg\mu$

$$V_0 = 0: S = a_x \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a_x}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3mg\mu}}$$

Ответ:

$$1) P = 3mg$$

$$2) F_0 = \frac{3mg\mu}{2}$$

$$3) t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3mg\mu}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

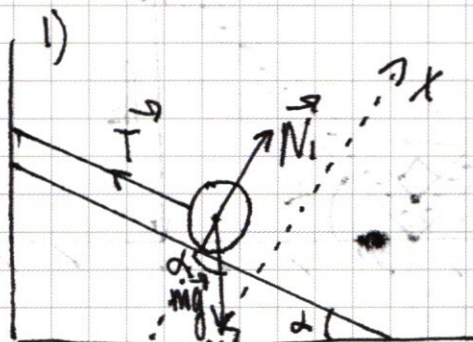
Задача 3.

$m; R; \alpha;$

$L; g$

1) P_1

2) P_2

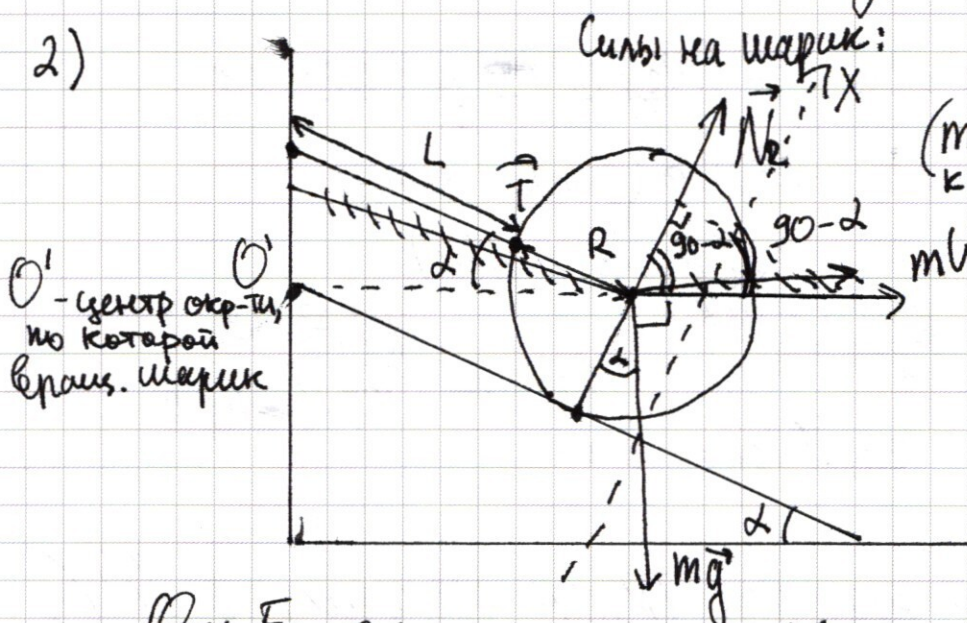


$$\therefore O_x: F_{\Sigma x} = 0:$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$|N_1| = |P_1| : P_1 = mg \cos \alpha$$

2)



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

к центру окр-ти! т.к. центр масс — точка приложения квазисил инерции

$$O_x: F_{\Sigma x} = 0:$$

$$-mg \cos \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \cos (90-\alpha) + N_2 = 0$$

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

$$|N_2| = |P_2|:$$

$$P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

Ответ:

$$P_1 = mg \cos \alpha$$

$$P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

Задача 4.

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

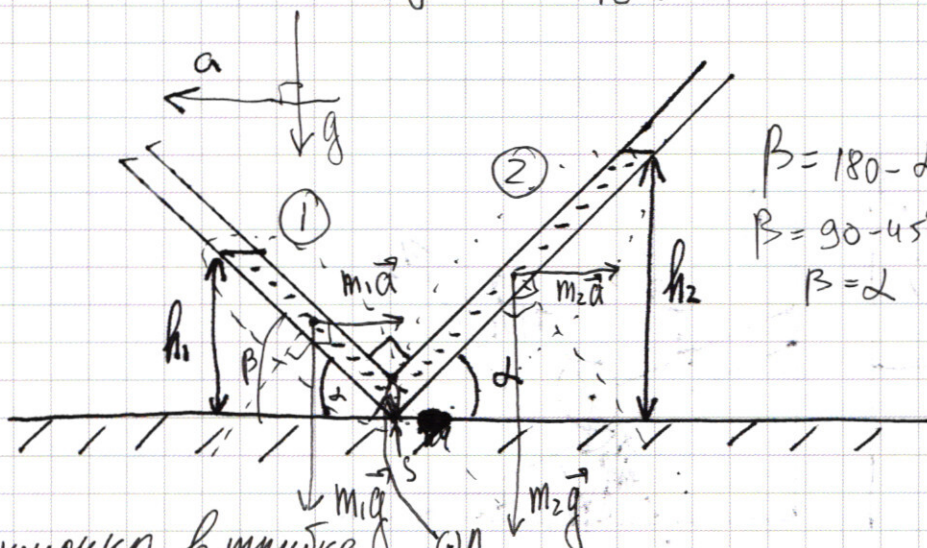
гравит. кет

$$1) h_2$$

$$2) \text{ } \cancel{V}$$

$$V = ? : a = 0$$

Расставить силы, действующие на трубку. (ил. 0)



$$\beta = 180 - \alpha - 90^\circ$$

$$\beta = 90 - 45 = 45^\circ$$

$$\beta = \alpha$$

Выделю 2 кусочка в трубке.

Когда уровень h_2 установится в (1) А также будет ^{справки равен.} равновесие, значит давления скомпенсированы на нормаль к площадке S . ($P = \frac{F_\perp}{S}$)

$$\cos \alpha \left(\frac{m_1 g \sin \alpha + m_1 a \cos \alpha}{S} \right) = \left(\frac{m_2 g \sin \alpha - m_2 a \cos \alpha}{S} \right) \cos \alpha$$

$$\frac{h_1}{\sin \alpha} \rho (g \sin \alpha + a \cos \alpha) = \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho (g \sin \alpha - a \cos \alpha)$$

$$h_1 (g \sin \alpha + a \cos \alpha) = h_2 (g \sin \alpha - a \cos \alpha)$$

$$h_2 = h_1 \frac{g \sin \alpha + a \cos \alpha}{g \sin \alpha - a \cos \alpha}$$

$$h_2 = 10 \text{ см} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$1) h_2 = 10 \text{ см} \cdot \frac{14 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 23,3(3) \text{ см} = \frac{70}{3} \text{ см}$$

2) При отсутствии ускорения трубка находится в ИСО, ~~и из-за симметрии~~ ~~и т.д.~~ уровни в каждой колее будут одинаковы. Тогда в (1) А: $mg \sin \beta = mg \sin \alpha$
 $\alpha = \beta$; острые)

Значит система будет в равновесии в ИСО. Поэтому жидкость будет покоиться; ~~и т.д.~~ относительно трубки; $V = 0$.

Ответ: 1) $h_2 = \frac{70}{3} \text{ см}$ 2) $V = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

Дано

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t_0 = 100\%$$

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

$$t = \text{const}$$

$$1) \frac{\rho_n}{\rho_b}$$

$$2) \gamma = 5,6 \text{ раз}$$

$$\rho = \rho_b = 1 \text{ см}^3$$

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

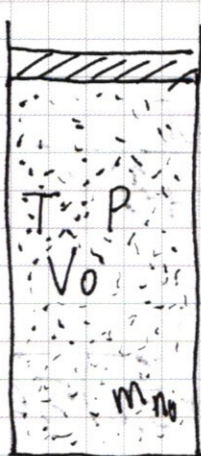


рис. 1.

$$T = t + 273,15 \text{ K} = 300,15 \text{ K}$$

1) При уменьшении объёма при $T = \text{const}$ пар останется насыщенным, т.е.

$$\frac{\rho_n}{\rho_b} \cdot 100\% = 100\% = \varphi_0 \Rightarrow \boxed{\frac{\rho_n}{\rho_b} = 1}$$

$$2) \boxed{PV = \nu RT}$$

m_{n0} - масса пара изначально

рис. 1.: $PV_0 = \frac{m_{n0}}{\mu_n} RT$ (т.к. $\rho_n = \rho_b$, то $\mu_n = \mu_b$.)

$$\mu_b PV_0 = m_{n0} RT$$

рис. 2.: $PV_k = \frac{m_{nk}}{\mu_b} RT$ (P и μ также остались равны т.к. φ тоже) (из п. 1.)

$$PV_0 = \gamma \frac{m_{nk}}{\mu_b} RT$$

$$m_b = m_{n0} - m_{nk}$$

$$m_b = \frac{PV_0 \mu_b}{RT} - \frac{PV_k \mu_b}{\gamma RT}$$

$$\frac{m_{nk}}{m_{n0} - m_{nk}} = \frac{\mu_b PV_0}{\gamma RT} \cdot \frac{RT}{PV_0 \mu_b} = \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$m_b = \frac{PV_0 \mu_b}{RT} \cdot \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \quad V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{\frac{PV_0 \mu_b}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{\rho_b} = \frac{PV_0 \mu_b (1 - \frac{1}{\gamma})}{\rho_b RT}$$

(Продолжение задачи на след. странице)

$$V_0 = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$V_K = \frac{V_0}{\gamma} \Rightarrow V_K \gamma = V_0$$

$$\frac{V_0}{V_K} = \frac{P_{\text{жб}} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{\rho \beta R T}$$

$$\frac{V_0}{V_K \gamma} = \frac{P_{\text{жб}} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{\rho \beta R T} \Rightarrow \frac{V_K}{V_0} = \frac{\rho \beta R T}{P_{\text{жб}} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \gamma}$$

$$\frac{V_K}{V_0} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300,15 \text{ К}}{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \left(1 + \frac{1}{5,6}\right) \cdot 5,6}$$

$$\frac{V_K}{V_0} \approx \cancel{5999} \approx 5811$$

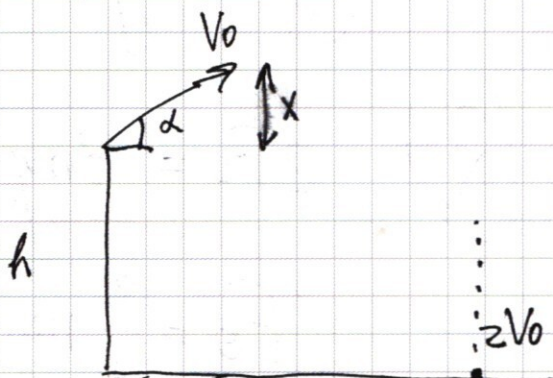
Ответ:

$$1) \quad \frac{P_n}{P_0} = 1$$

$$2) \quad \frac{V_K}{V_0} \approx \cancel{5999} \approx 5811$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2V_0)^2}{2} \quad (\Rightarrow) \quad \frac{V_0^2}{2} + gh = \frac{4V_0^2}{2} \Rightarrow V_0^2 + 2gh = 4V_0^2$$

$$t_n = \text{time of flight} \quad V_0 \sin \alpha - gt_n = 0$$

$$t_n = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$x + h = \frac{g t_n^2}{2} \quad \frac{V_0 \sin \alpha \cdot \frac{V_0 \sin \alpha}{g}}{2} - \frac{g \left(\frac{V_0 \sin \alpha}{g} \right)^2}{2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = x$$

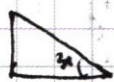
$$x + h = \frac{g t_n^2}{2}$$

$$2 \left(h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \right) = g t_n^2$$

$$t_n = \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}}$$

$$v_y = g t_n = g \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}} = \sqrt{g^2 \left(\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g} \right)} = \sqrt{2gh + V_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$t_{\text{полета}} = t_n + t_x = \sqrt{\frac{2h + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}}{g}} + \frac{V_0 \sin \alpha}{g} =$$



$$300 + 100 \cdot \frac{1}{4} = 325$$

$$\begin{array}{r} \times 18,6 \\ 18,6 \\ \hline 1116 \\ 1288 \\ 186 \\ \hline 325,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 18,5 \\ 18,5 \\ \hline 925 \\ 1280 \\ 185 \\ \hline 325,25 \end{array}$$

$$2mgh + mV_0^2 = m \cdot 4V_0^2$$

$$2gh = 3V_0^2$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g}$$

$$2gh = 3V_0^2$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g}$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 16 \\ \hline 96 \\ 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 124 \\ 18 \\ \hline 304 \end{array}$$

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

$$= \frac{1}{2} + 1,8 = 1,8 + \frac{0,5}{2,3}$$

$$\approx \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{30,25}{10}} = \frac{1}{2} + \sqrt{3,025}$$

$$\sqrt{\frac{30 + \frac{1}{4}}{10}}$$

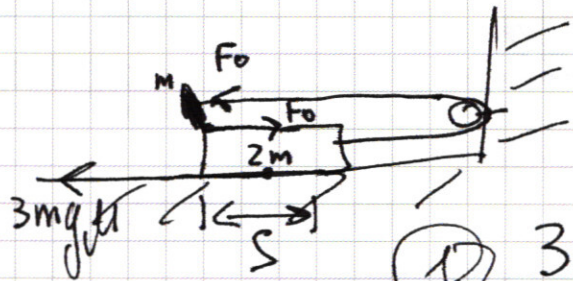
$$\frac{1}{2} +$$

$$\begin{array}{r} 1,42 \\ \times 1,42 \\ \hline 568 \\ 142 \\ \hline 20164 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 124 \\ 18 \\ \hline 3,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,63 \\ \times 1,63 \\ \hline 489 \\ 978 \\ 163 \\ \hline 26569 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273,15 \\ + 27 \\ \hline 300,15 \end{array}$$



$$\textcircled{1} 3mg.$$

$$\textcircled{2}$$

$$2F_0 = 3mg$$

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

$$\textcircled{3}$$

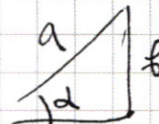
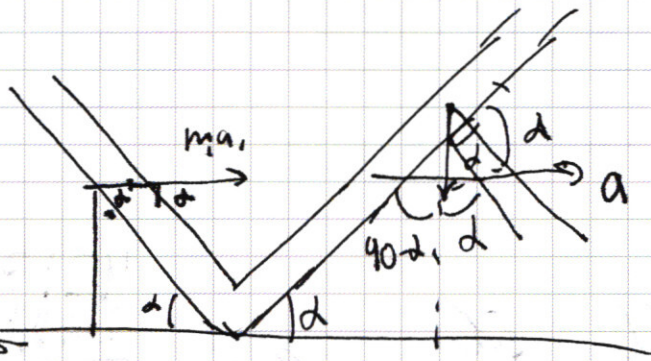
$$a = \frac{\frac{3}{2} mg}{\frac{3mg}{2}} = g$$

$$\frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2}$$

$$\textcircled{5}$$

4.



$$\frac{b}{a} = \sin \alpha$$

$$a = \frac{b}{\sin \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ 1,8 \\ \hline 1,8 \end{array}$$

$$\Delta F = \frac{(h_2 - h_1) \rho g \sin \alpha}{\sin \alpha} = (h_2 - h_1) \rho g$$

$$\begin{array}{r} 18,59 \\ \times 18,59 \\ \hline 18,59 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,25 \\ \hline 3,25 \end{array}$$

$$= \cancel{h_1} \cancel{h_2} \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho g a \cos \alpha + \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho g a \cos \alpha =$$

$$\begin{array}{r} 32,5 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$= \frac{(h_1 + h_2)}{\sin \alpha} \rho g a \cos \alpha$$

$$(h_2 - h_1) g = \frac{(h_1 + h_2)}{\sin \alpha} a \cos \alpha$$

$$h_2 g \sin \alpha - h_1 g \sin \alpha = h_1 a \cos \alpha + h_2 a \cos \alpha$$

$$h_2 (g \sin \alpha - a \cos \alpha) = h_1 (a \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{a \cos \alpha + g \sin \alpha}{g \sin \alpha - a \cos \alpha}$$

$$h_1 g \sin \alpha$$

$$g \sin \alpha = a \cos \alpha$$

$$a = g \tan \alpha$$

$$10 \cdot \frac{2,7}{2,3} =$$

$$23,1$$

$$\frac{70}{3} =$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ 6 \\ \hline 10 \\ 10 \end{array}$$

30015 4217
79519 7,005
20000

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

29 > 1 >
7,005 · 831 = 5811

Задача 1.

$V_0 = 10 \frac{м}{с}$

$\alpha = 30^\circ$

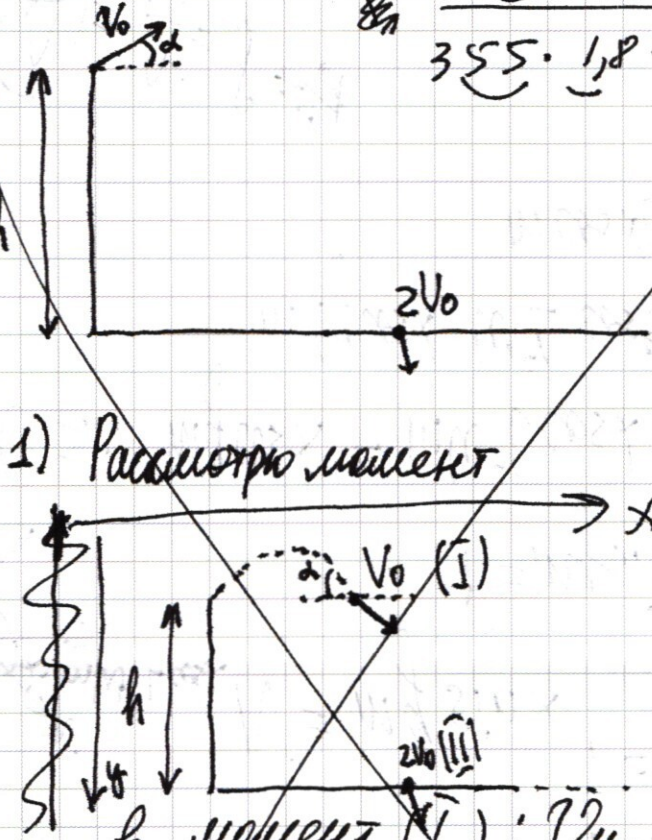
$2V_0$

1) V_{yk}

2) $t_{полета}$

3) h

$\times \begin{array}{r} 6,6 \\ 1,8 \\ \hline 528 \\ 66 \\ \hline 11,88 \end{array}$



1) Рассмотрим момент

в момент (I): $V_{yI} = V_0 \sin \alpha$ (V_y)

по обратимости движения. по 3.С.Э.

по обратимости движения.

Запишем 3.С.Э для моментов (I) и (II)

$mgh + \frac{m(V_0 \sin \alpha)^2}{2} + \frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{2} = \frac{mV_{yk}^2}{2} + \frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{2}$

(по 0x: скорость $V_0 \cos \alpha$)

$\begin{array}{r} 8310 \cdot 30015 \\ \hline 11174 \end{array}$

$\begin{array}{r} 30015 \cdot 11174 \\ \hline 23348 \end{array}$

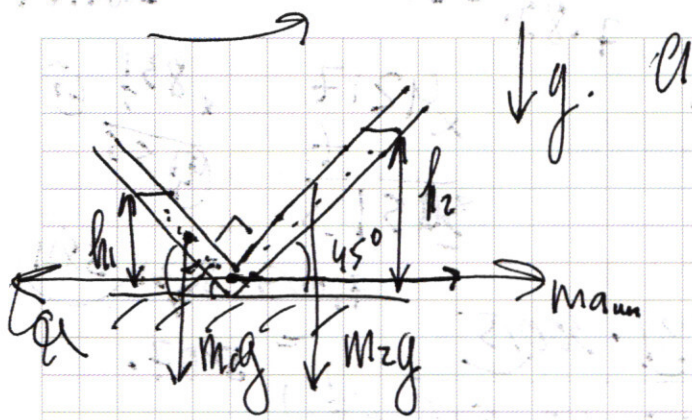
$\begin{array}{r} 30000 \cdot 30015 \\ \hline 2,5 \\ \hline 150075 \\ 60030 \\ \hline 330375 \end{array}$

☒ черновик

(Поставьте галочку в нужном поле)

☐ чистовик

(Нумеровать только чистовики)



$$P = \frac{F}{S}$$

$$\frac{m_1 g \cos \alpha}{S} + (m_1 + m_2) a$$

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

$$N = (x \cos \alpha - w_2 \cos \alpha) m$$

$$N = (g \cos \alpha - w_2 \cos \alpha) m$$

$$N = x \cos \alpha - m w_2 \cos \alpha = N$$

$$\mu = \frac{F}{N}$$

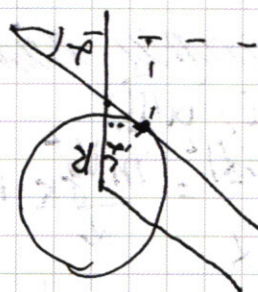
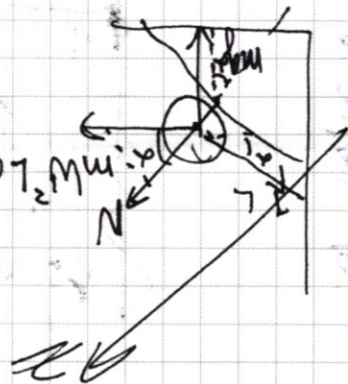
$$L = R$$

$$F = mg \sin \alpha$$

... к центру ...

$$N = mg \sin \alpha$$

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



$$0 = 3M : 0$$

$$P = ?$$

$$m, R, d, L$$

3)

