

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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.

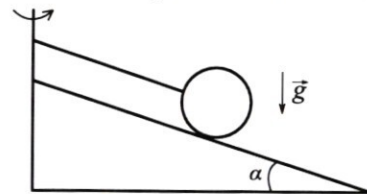
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



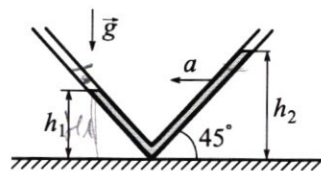
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.

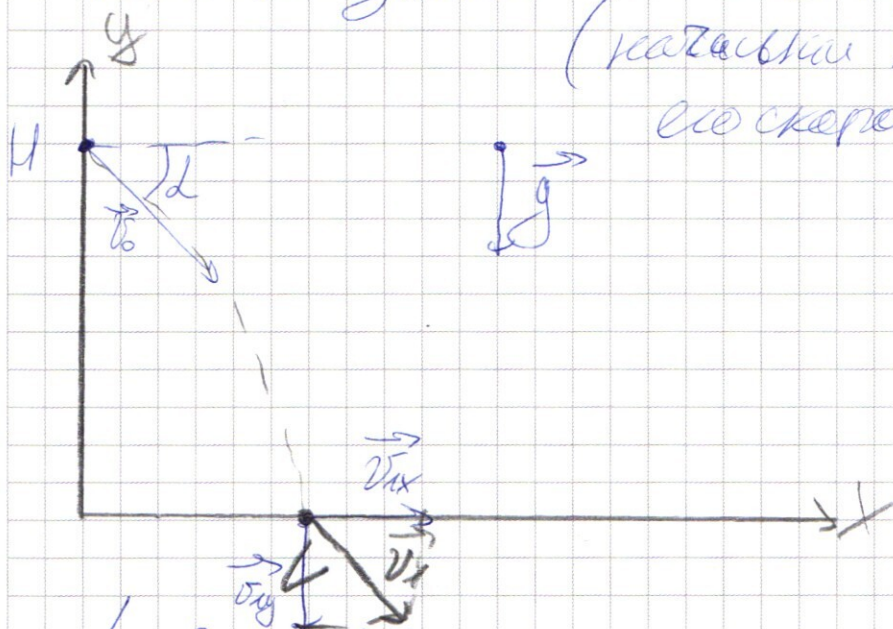
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза. Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Zagada № 1.

Камень все время правится к
пов-ти земли $\rightarrow$ сн. рисунок
(каменный праект)

все скорости ска $0 \leq v \leq v_{\text{ср}}(v_{\text{ср}})$
сорикутентна)



L- ^{вып} [↓] [↓] гериформное сечение

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \neq 0$$

$$v_y(t) = -v_0 \sin \alpha - g t$$

$$I(f) = 0 + 20 \cos d + 10$$

ср. падеж (Т. Мисапра):

$$\overline{v_x}^2 + \overline{v_y}^2 = \overline{v_1}^2 \quad \rightarrow$$

$$\frac{v_0^2}{4} + v_{xy}^2 = \frac{25}{4} v_0^2 \rightarrow v_{xy} = \sqrt{6} v_0 \approx 19,2 \text{ мкс}$$

(отрабатываем, т.к. пропуск)

Date:

$$\Delta = 60^\circ$$

$$V_0 = \text{Lück}$$

$$V_1 = 3,5 V_0$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$\Sigma q - 7$$

Т_{пад} - ? (время падения)

$$L - \frac{1}{2}$$

$$v_{ix} = v_x(t_{\text{mag}}) = \frac{v_0}{2}$$

$$V_{\text{avg}} = V_g (f_{\text{avg}}) =$$

$$= -20 \text{ fenz} - g + \text{neg}$$

$$v_{iy} = v_y(t_{\text{mag}}) = -v_0 \sin \alpha - g t_{\text{mag}} \rightarrow$$

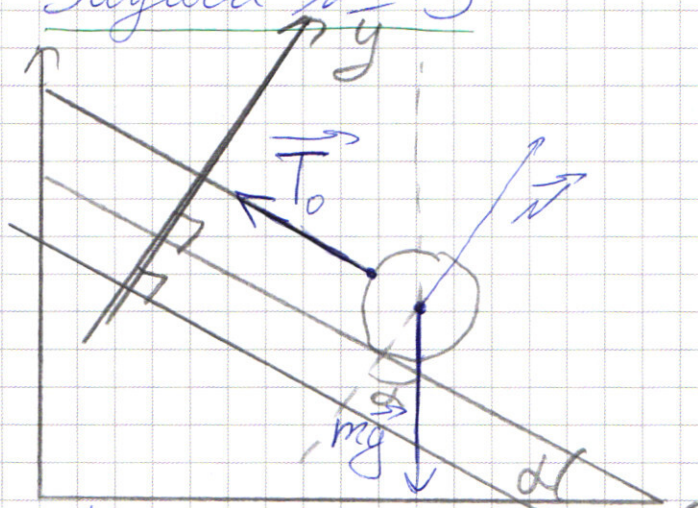
$$-v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - g t_{\text{mag}} = -\sqrt{6} v_0 \Leftrightarrow [t_{\text{mag}}] = \frac{m}{c} \cdot \frac{c^2}{m} = c$$

$$t_{\text{mag}} = \frac{\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) v_0}{g} \approx 1,28 c$$

$$L = x(t_{\text{mag}}) = v_0 \cos \alpha t_{\text{mag}} = 8 \text{ м} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,28 c = 5,12 \text{ м}$$

Ответ: $v_{iy} = 19,2 \text{ м/с}$; $t_{\text{mag}} = 1,28 c$; $L = 5,12 \text{ м}$.

Задача № 3



Дано:

m, R

L, α

m, g

$T_0 - ?$ (найти)

$T_1 - ?$ (ω)

(Нормальная реакция опоры перпенд. пов-ти)

Ox паралл. пов-ти колеса

Oy перпенд. пов-ти колеса

Изн. $\vec{m}\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}_0 = m\vec{a}$ (все вправо $\rightarrow a=0$)

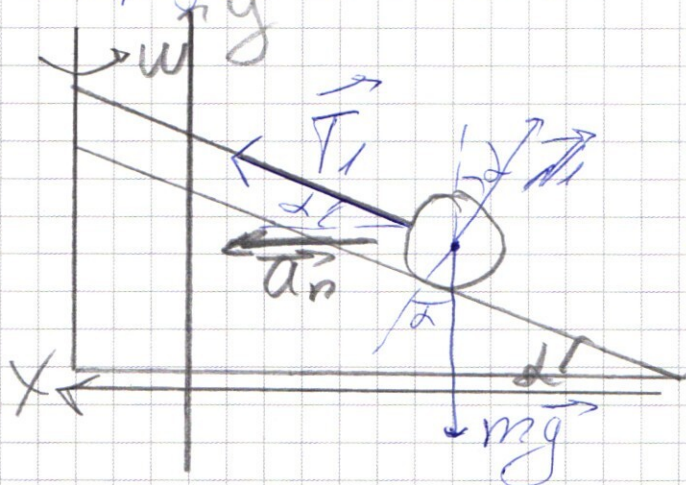
$$Ox: T_0 - mg \sin \alpha = 0 \Leftrightarrow$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

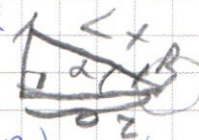
Продолжение:



шар не отрывается $\rightarrow$
 $\Rightarrow$ есть реакция
откры
 $\vec{a}_n$ к оси вращения

z - расстояние до оси
вращения

$$z = (l + R) \cdot \cos \alpha$$



дв-е по окр $\Rightarrow a_n = \omega^2 z = \omega^2 (l + R) \cos \alpha$

OY перпенд к в-та Земли.

OX паралл к в-та Земли.

II зк. Ньютона
(ср. ранее)

OY: $T_1 \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha - mg = 0 \quad | \cdot \sin \alpha$

OX: $T_1 \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = m a_n \quad | \cdot \cos \alpha$

$$T_1 \sin^2 \alpha + N \sin \alpha \cos \alpha - mg \sin \alpha = 0$$

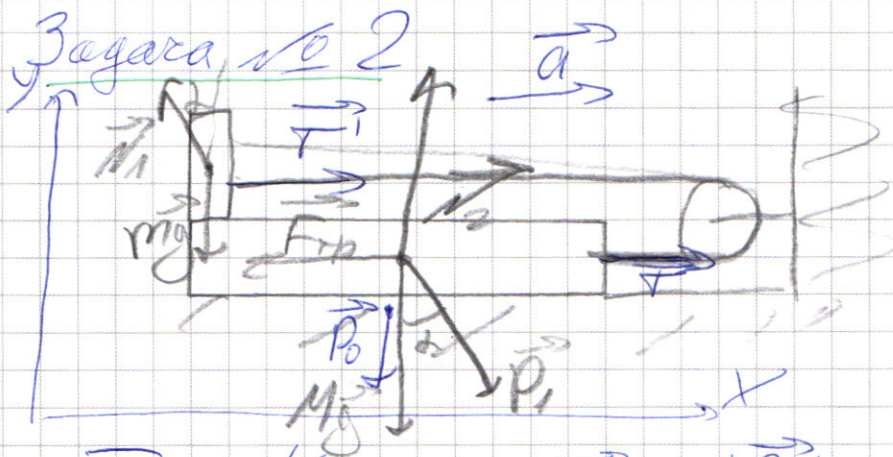
$$T_1 \cos^2 \alpha - N \sin \alpha \cos \alpha = m a_n \cdot \cos \alpha$$

$$T_1 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) - mg \sin \alpha = m a_n \cos \alpha \Rightarrow$$

$$T_1 = m \cdot \frac{g \sin \alpha + (l + R) \cos^2 \alpha \cdot \omega^2}{1}$$

Ответ: $T_0 = mg \sin \alpha$;

$$T_1 = m (g \sin \alpha + \omega^2 (l + R) \cos^2 \alpha).$$



Дано:
 S, g
 $m, M = 5m$
 μ
 $F_{min}?$; $v_{max}?$; $P_0?$

III зм. Ньютона: $|\vec{P}_1| = |\vec{P}_2|$; $\vec{P}_1 = -\vec{P}_2$
 см. угол 2 (внимательно)

• пусть α будет равен какому-то

Нужно найти $\Rightarrow$ $\vec{T} = |\vec{T}|$

ОУ: $m \cdot \cos \alpha = mg(a=0)$ II зм. Ньютона:
 $0Y: Mg + P_1 \cos \alpha = \mu$ $m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F} = m\vec{a}$
 $P_1 = \mu$ $\vec{T} + \vec{Mg} + \vec{P}_1 + \vec{F}_{sp} + \vec{N}_2 = M\vec{a}$

$\Rightarrow \mu_2 = (m + M)g = 6mg = P_0$ (III зм. Ньютона)

III зм. Ньютона $\Rightarrow |\vec{T}| = |\vec{F}_{spring}|$

ОХ: $T - m \cdot \sin \alpha = ma$ (1) нужно $a=0$

ОХ: $T + m \cdot \sin \alpha - F_{sp} = Ma$ (2)

$\Rightarrow 2T - F_{sp} = 0 \Rightarrow 2T = \mu \cdot 6mg \Rightarrow$
 $F_{sp} = \mu \mu$

$\Rightarrow T = 3\mu mg = F_{min}$ (III зм. Ньютона)

$\text{If } F > F_0$, тогда скорости (1) и (2) $\Rightarrow$

$\Rightarrow 2T_1 - F_{sp} = (m + M)a_1 \Rightarrow$
 $T_1 = F$
 $a_1 = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F}{3m} - \mu g$
 III зм. Ньютона

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2 (продолжение)

$$V_{\max} = t_{\text{кем}} \cdot a_1$$

$$S = \frac{a_1 \cdot t_{\text{кем}}^2}{2} \Leftrightarrow 2a_1 S = (a_1 \cdot t_{\text{кем}})^2 \Leftrightarrow$$

$$V_{\max} = \sqrt{a_1 \cdot 2S} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

Ответ: $P_0 = 6 \text{ мкг}$; $F_{\min} = 3 \text{ мкг}$;
 $V_{\max} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}.$

Задача №5

Дано:

$$t_1 = 95^\circ \text{C}$$

$$= 368 \text{ K}$$

$$p_1 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$p_0 = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

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

$$= 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\frac{p_1}{p_0} = ?$$

$$\frac{V_1}{V_0} = ? (\gamma)$$

$$p_1 = \frac{\rho_1}{\mu} R T_1 \rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_0} = \frac{p_1 \mu}{R T_1 \cdot p_0} =$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ K} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} =$$

$$= \frac{135}{101936}$$

1-е состояние: до сжатия

$$p_1 V_0 = \frac{m_0}{\mu} R T_1$$

2-е состояние: после сжатия

$$p_1 \frac{V_0}{\gamma} = \frac{m_1}{\mu} R T_1$$

$$\Rightarrow \frac{m_0}{m_1} = \gamma \rightarrow$$

$$\rightarrow m_1 = \frac{m_0}{\gamma} - \text{масса мас. пара после сжатия.}$$

Задача №5 (предложение)

Знают массу воды после сжатия:

$$m_0 = m_0 - m_1 = m_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

Знают объём:

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{m_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{\rho_0}$$

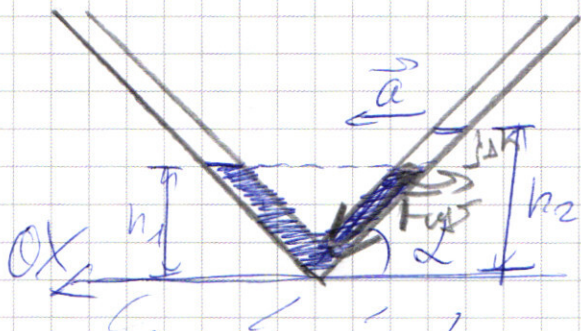
$$V_1 = \frac{m_0 \cdot \frac{1}{\gamma}}{\rho_1}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{m_0 \cdot \frac{1}{\gamma}}{\rho_1} \cdot \frac{\rho_0}{m_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\rho_0}{\rho_1} \cdot \frac{\gamma}{\gamma - 1} =$$

$$= \frac{101936 \cdot 10}{1581 \cdot 37} = \frac{1019360}{58497}$$

Ответ: $\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{1581}{101936}$; $\frac{V_1}{V_0} = \frac{1019360}{58497}$.

Задача №4.



Дано:	Сл:
$\alpha = 45^\circ$	
$h_1 = 8 \text{ см}$	$= 0,08 \text{ м}$
$h_2 = 12 \text{ см}$	$= 0,12 \text{ м}$
$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	

Дано: 2 стенки под углом α - ?; h_1 - ?
высотой h_1 (см. рас; закрашено)

Атмосферное давление скомпенсировано
(2 стенки),
давление создаёт избыточный столбик
массы в правой камере.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 4 (предложение)

Также можно посчитать как

$$P_{изд} = \rho g h = \rho g (h_2 - h_1)$$

Значит силу давления рассчитать как:

$$F_{изд} = \rho g (h_2 - h_1) \cdot S$$

Направлена она перпендикулярно площади сечения.

Значит для нашего тела II закон Ньютона:

$$M\vec{a} = F_{изд} + M\vec{g} + \vec{T}$$

$M\vec{g}$ и $\vec{T}$ ~~заменяются~~ компенсируют друг-друга, так как направлены.

$$Ox: F_{изд} \cdot \cos \alpha = M \cdot a$$

$$M = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot 2h_1$$

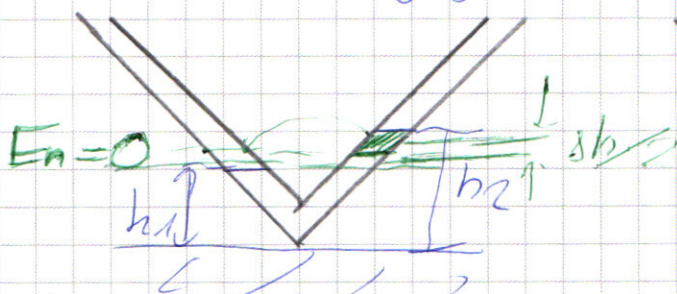
$$\Rightarrow a = \frac{\rho g (h_2 - h_1) S \cdot \cos \alpha}{\rho S \frac{2h_1}{\cos \alpha}} = \frac{g \cdot \tan \alpha \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}{2 \cdot \tan \alpha} = \frac{g}{8} = 1,25 \frac{м}{с^2}$$

Изю, что пока в правом колене есть избыток масла, скорость увеличивается. Но когда избыток перейдет в левое колено, скорость упадет. ~~Значит~~

Задача №4 (продолжение)

Значит, скорость максимальна при одинаковых углах входа и выхода.

Начальная скорость: Конечная:



Видно, что зайчик теряет энергию.

За счёт этого уменьшается скорость всего масса.

$$E_{n1} = m g \frac{sh}{2} = \rho \cdot \frac{sh}{2 \cos \alpha} \cdot g \cdot \frac{sh}{2}$$

$$E_{n2} = 0$$

$$E_{k1} = 0$$

$$E_{k2} = \rho \frac{h_1 + h_2}{\cos \alpha} \cdot \frac{v_{\max}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta E_n = \Delta E_k$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{g \cdot sh^2}{2(h_1 + h_2)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot 0,04^2 \text{ м}^2}{2 \cdot 0,8 \text{ м}}} = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $a = 1,25 \frac{м}{с^2}$

$v_{\max} = 0,2 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solution for a physics problem involving projectile motion.

Initial conditions and parameters:

- Initial velocity: $v_0 = 25 \text{ m/s}$
- Angle: $\alpha = 30^\circ$
- Gravity: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Velocity components:

$$v_x(t) = v_0 \cos \alpha = \frac{25\sqrt{3}}{2}$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \alpha - gt = \frac{25}{2} - 10t$$

Time of flight:

$$t_0 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{25 \cdot \frac{1}{2}}{10} = 1.25 \text{ s}$$

Horizontal distance:

$$L = v_x(t_0) \cdot t_0 = \frac{25\sqrt{3}}{2} \cdot 1.25 = 15.625\sqrt{3} \approx 27.1 \text{ m}$$

Maximum height:

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{25^2 \cdot \frac{1}{4}}{2 \cdot 10} = 7.8125 \text{ m}$$

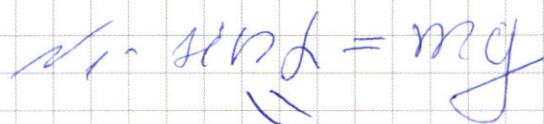
Final velocity magnitude:

$$v(t_0) = \sqrt{v_x^2(t_0) + v_y^2(t_0)} = \sqrt{\left(\frac{25\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(\frac{25}{2}\right)^2} = 25 \text{ m/s}$$

Angle of velocity at t_0 :

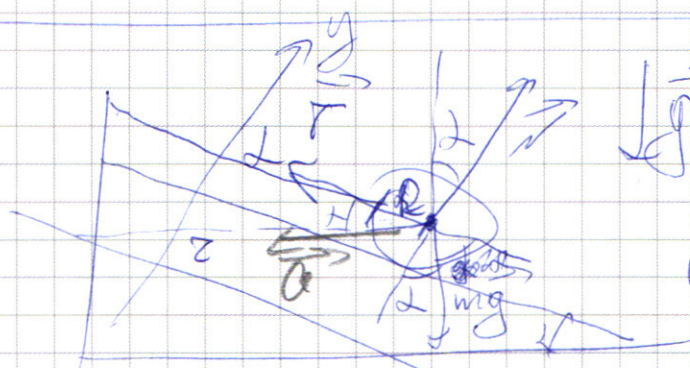
$$\tan \beta = \frac{v_y(t_0)}{v_x(t_0)} = \frac{25/2}{25\sqrt{3}/2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

Diagram: A sketch of the projectile's parabolic trajectory. The horizontal axis is labeled x and the vertical axis is labeled y . The initial velocity vector v_0 is shown at an angle $\alpha = 30^\circ$ to the horizontal. The final velocity vector $v(t_0)$ is shown at an angle $\beta = 30^\circ$ to the horizontal. The horizontal distance is L and the maximum height is H .



$$F_{\text{edry}} = \underline{\underline{F_2}} = P_1 \cdot \sin \alpha + m g = \underline{\underline{6 \text{ mg}}}$$

$\frac{8960}{5} = 1792$



$\vec{J} @ X: T_0 = \text{neg. sing}$
 $Q/V: n = \text{neg. case}$

Q1: $v = \text{mg} \cdot \cos \alpha$

$$\perp \quad \mathbb{Z} = (\mathbb{Z} + R) @ \mathbb{Z}$$

$$\sin \theta - \cos \theta = \tan \theta$$

$$a_n = \omega^2 a$$

$$m_1 = \frac{mg \cos^2 L + m \cdot \omega^2 (L+R) \cos L}{\sin L}$$

[illegible]