

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

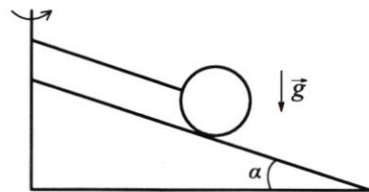
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

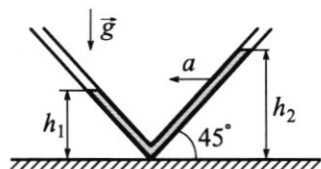
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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)

Т.к. мы не учитываем сопротивление воздуха, то по горизонтальной составляющей (Ox) ускорения нет. Соответственно из этого можно сделать вывод, что $v_{x1} = v_{x2} = v_0 \cdot \cos \alpha$

$$2,5 v_0 = \sqrt{v_{x2}^2 + v_{y2}^2}$$

$$6,25 v_0^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_{y2}^2$$

$$v_{y2} = v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha}$$

$$v_{y2} = \sqrt{6} \cdot v_0$$

$$v_{y2} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Другой рисунок:
Т.к. по условию камень все время приближался к земле, то рис под цифрой (1) не подходит; под (2) подходит.

Теперь найдем время полета:
Запишем изменение скорости по Oy:

$$v_0 \sin \alpha + g t = v_{y2}$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha + v_{y2}}{g}$$

$$t = \frac{v_0 (-\sin \alpha + \sqrt{6})}{g}$$

$$t = \frac{8(-\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6})}{10} = \frac{-2\sqrt{3} + 4\sqrt{6}}{5} \text{ с}$$

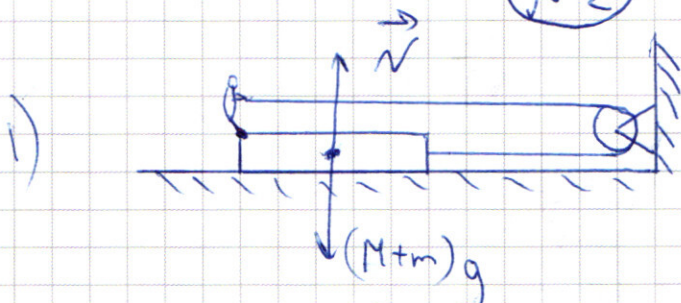
Найдем горизонтальное смещение:

$$L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = \frac{8\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\sqrt{3}(-1+2\sqrt{2})}{5} =$$

$$= \frac{24}{5} (-1+2\sqrt{2}) \text{ м.}$$

Ответ: 1) $8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $\frac{2\sqrt{3}(-1+2\sqrt{2})}{5}$ с 3) $\frac{24}{5}(-1+2\sqrt{2}) \text{ м.}$

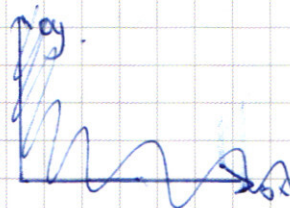
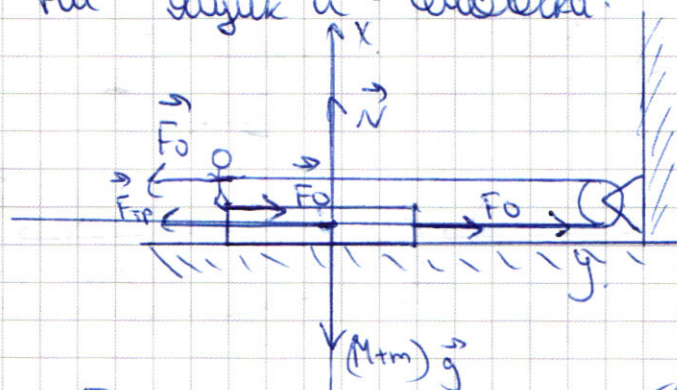
($\sqrt{2}$)



Т.к. человек и ящик при движении превращаются в единую систему, то их можно рассматривать как одно тело с массой $M+m$

тогда сила давления на пол при движении равна $(M+m)g$, т.е. $6mg$.

Теперь изобразим все силы действующие на ящик и человека:



Т.к. на человека действует сила F_0 вправо, а он находится в равновесии, то из этого можно сделать вывод, что на него действует вторая сила вправо $0x$, данная сила приложена к ящику.

Т.к. у нас неподвижный блок, то со стороны каната на ящик тоже действует F_0

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

II 3-й закон Ньютона для шайбы и человека:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_0 + \vec{F}_0 + (M+m)\vec{g} = 0$$

$$\begin{cases} 2F_0 = F_{\text{тр}} \\ N = (M+m)g \end{cases}$$

$$F_0 = \frac{\mu(M+m)g}{2} = \frac{6 \mu mg}{2} = 3 \mu mg$$

при $F > F_0$ возникнет ускорение, в таком случае:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_0 + \vec{F}_0 + (M+m)\vec{g} = (M+m)\vec{a}$$

$$\begin{cases} (M+m)a = 2F_0 - F_{\text{тр}} \\ N = (M+m)g \end{cases} \quad (-)$$

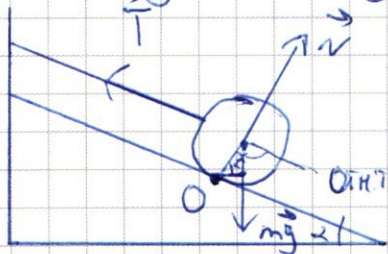
$$(\Rightarrow) \quad \Rightarrow \quad 6m \frac{v^2}{2s} = 2F - \mu(M+m)g$$

$$\frac{6m}{2s} v^2 = 2F - 6 \mu mg$$

$$v^2 = \frac{2Fs}{3m} - 2\mu gs$$

$$v = \sqrt{\frac{2Fs}{3m} - 2\mu gs}$$

Ответ: 1) $6mg$ 2) $3\mu mg$ 3) $\sqrt{\frac{2Fs}{3m} - 2\mu gs}$



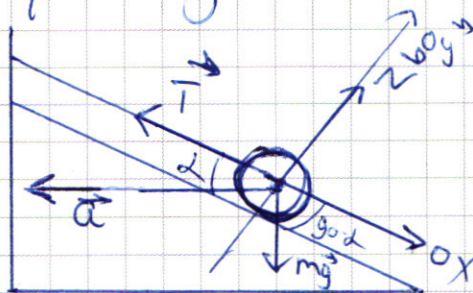
Запишем правило моментов
относительно центра масс шайбы
покажем

$$\Sigma M_0 = T \cdot R - mg \cdot R \cdot \sin \alpha + N \cdot 0 = 0$$

Отсюда

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

Для второго случая:



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

Возьмем проекцию на Ox:

$$T - mg \sin \alpha = m a \cos \alpha$$

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

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

Ответ: 1) $mg \cdot \sin \alpha$ 2) $m (\omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha + g \cdot \sin \alpha)$
NS.

1) Запишем з-н Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu}{V} RT$$

$$p = \frac{m}{V} \frac{R}{M} T$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{m}{V} \frac{R}{M} T$$

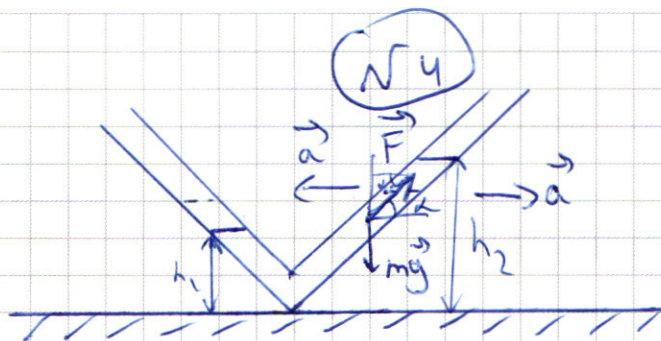
$$\rho = \frac{m}{V} \frac{R}{M} T$$

Найдём плотность воздуха при:

$$\rho_1 = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{1530}{3058,08} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_2 (\text{воздух}) = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} \approx \frac{0,5}{1000} \approx 0,0005$$

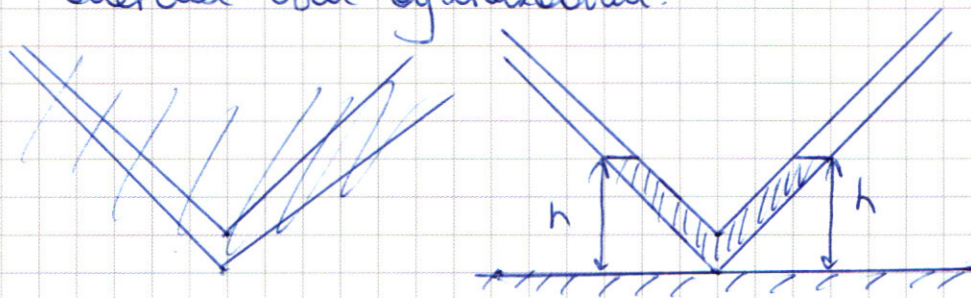


- 1) Трубка ~~двигается~~ ^{двигается} с ускорением a влево, значит ~~вода~~ ^{масса} в трубке будет с ускорением a двигаться вправо. Пусть вдоль трубки действует сила F , тогда найдем ускорение

$$\begin{cases} F \cdot \cos \alpha = ma \\ F \cdot \sin \alpha = mg \end{cases}$$

$$a = \frac{F \cdot \sin \alpha}{F \cdot \cos \alpha} = g$$

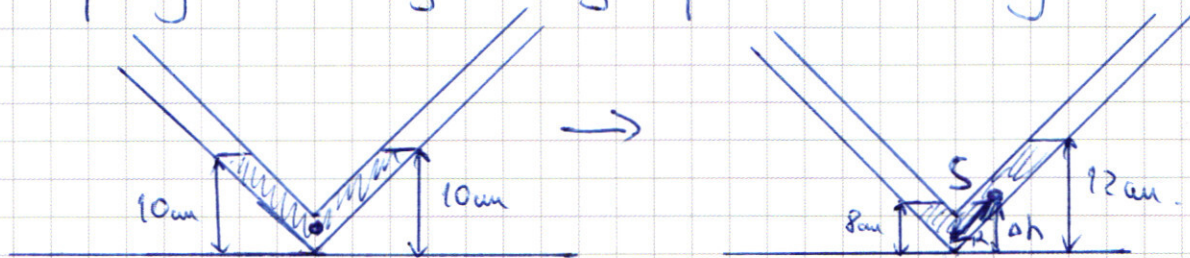
- 2) До равноускоренного движения уровень масла в коленах был одинаковым:



Т.к. кол-во жидкости не изменилось, то

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} = 10 \text{ см}$$

Проведем смещение центра масс жидкости.



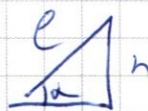
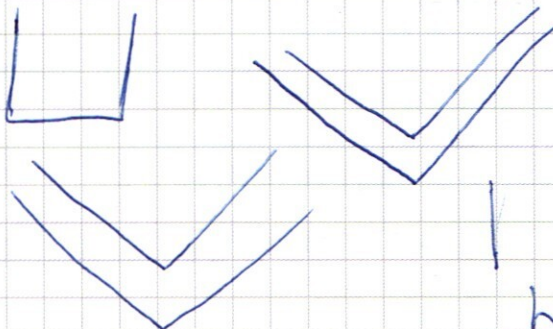
Т.к. левый край опустился на 2 см, и правый поднялся 2 см можно сделать

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\frac{p_1}{p_2}$$

$$0,001$$



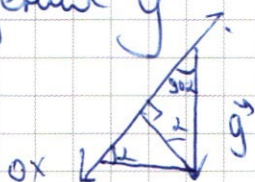
$$\frac{h}{e} = \sin \alpha$$

$$e = \frac{h}{\sin \alpha}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Вывод, что центр масс системы поднимется на Δh см.
В момент, когда ускорение a пропадет, жидкость
будет двигаться вниз, пока центр масс не придет
в первоначальную точку. Т.е. S который пройдет
жидкость будет равен $S = \frac{\Delta h}{\sin \alpha} = 2\sqrt{2}$ см.
Жидкость будет двигаться ~~из~~ с ускорением своб.
падения g . Возьмем проекцию на ось трубки.



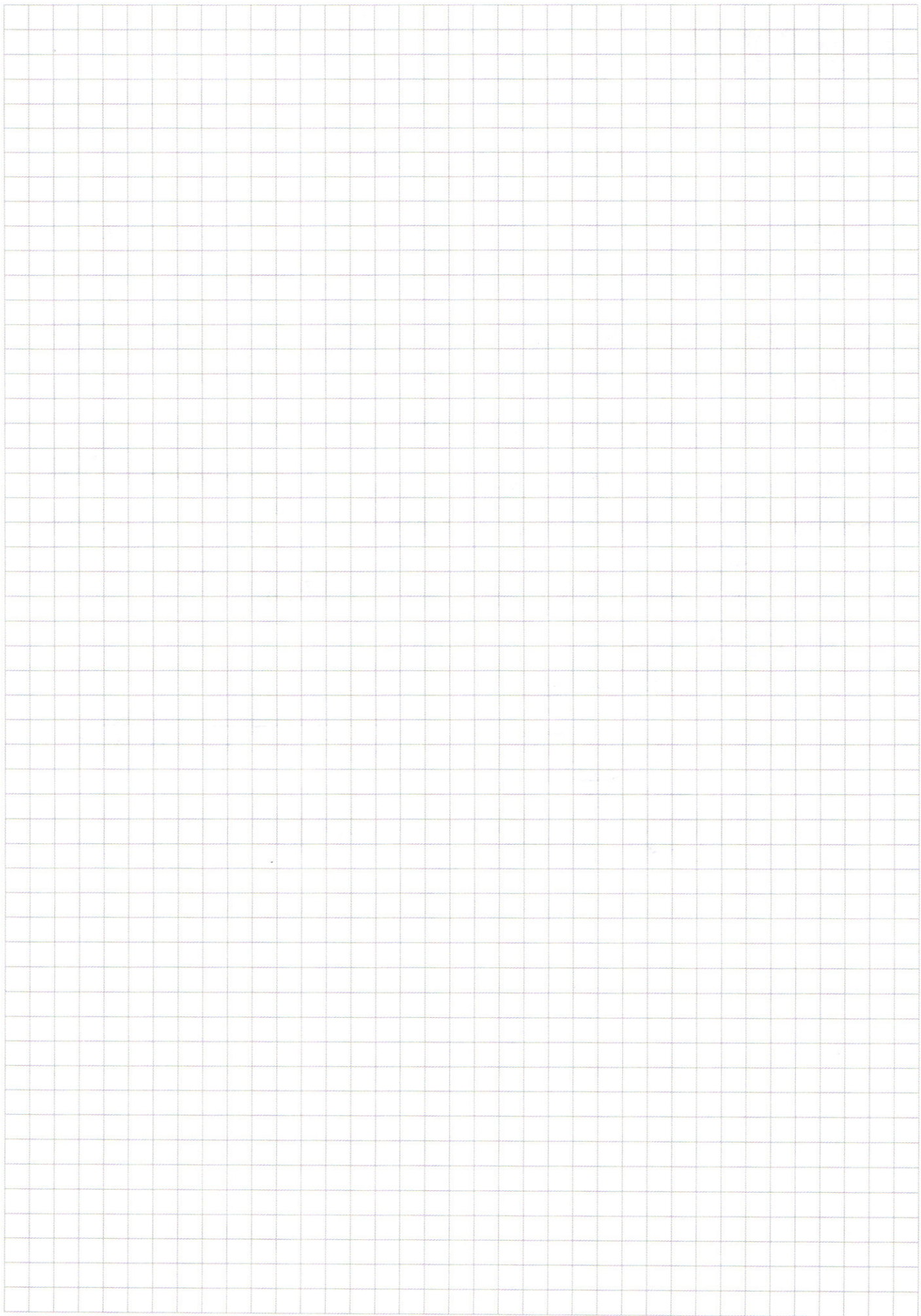
$$g_x = g \cdot \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} g$$

$$\frac{v^2}{2S} = g_x$$

$$v = \sqrt{2Sg_x} = \sqrt{2 \cdot 2\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} g} = 2\sqrt{g} =$$

$$= 2\sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $2\sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$.



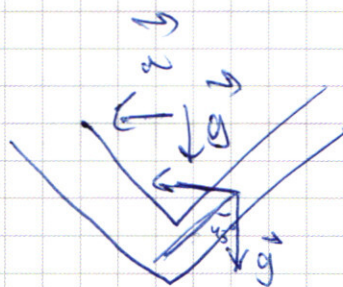
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



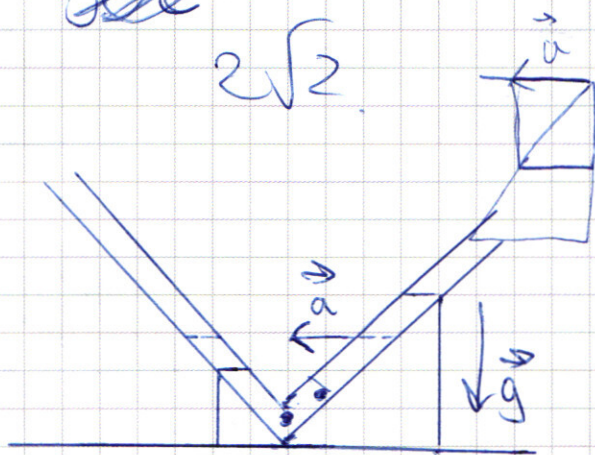
4052. ~~2√2~~
~~2√2~~

2√2



$$x = \sqrt{a^2 + g^2}$$

$$m_1 x_1 + m_2 x_2$$



$$\frac{h_2}{c} = \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1/\sqrt{2}}$$

$$c = \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{12}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{24}{\sqrt{2}} = 12\sqrt{2}$$

$$\frac{\sigma^2}{2s} = a$$

$$p = \frac{p}{nRT}$$

$$p = \frac{p_m}{RT}$$



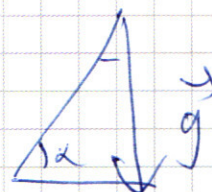
$$\frac{4.7p}{\dots}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$s = g \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{c}{g}$$

$$\frac{g}{c} = \sin$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{p}{\rho}$
 $pv = \rho RT$
 $pv = \frac{m}{M} \rho RT$
 $p = \frac{\rho}{M} RT$
 $\rho = \frac{Mp}{RT}$

$ma = F$

$pgh_1 = pgh_2$
 $18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 = 8,31 \cdot 368$
 $p = \frac{pRT}{M}$
 $p_{BoA} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368}$
 $= 10^6 \cdot \frac{3058}{18}$
 $= 17 \cdot 10^7$
 $\frac{17 \cdot 10^7}{8,5 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^3$

$g \cdot \sin \alpha$
 $g \cdot \sin \alpha = \frac{v^2}{2s} = a$
 $v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 2s} = 2\sqrt{g}$

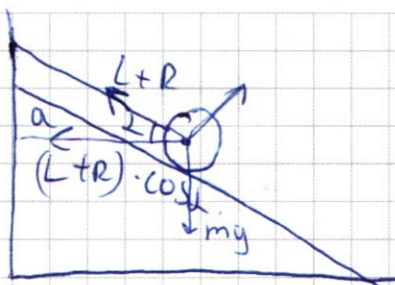
$\frac{p}{\rho}$
 $pv = \rho RT$
 $pv = \frac{m}{M} \rho RT$
 $p = \frac{\rho}{M} RT$
 $\rho = \frac{Mp}{RT}$

$ma = F$

$pgh_1 = pgh_2$
 $18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 = 8,31 \cdot 368$
 $p = \frac{pRT}{M}$
 $p_{BoA} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368}$
 $= 10^6 \cdot \frac{3058}{18}$
 $= 17 \cdot 10^7$
 $\frac{17 \cdot 10^7}{8,5 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^3$

$g \cdot \sin \alpha$
 $g \cdot \sin \alpha = \frac{v^2}{2s} = a$
 $v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 2s} = 2\sqrt{g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$pV = nRT$$

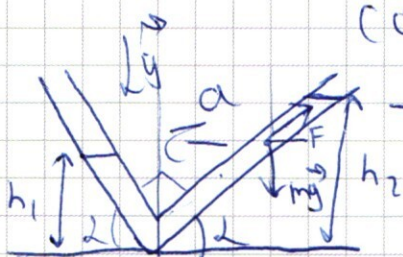
$$PV = \frac{m}{M} R$$

$$P'V = nRT \quad (1)$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$(L+R) \cdot 10 \text{ Sd} = \overline{mg \cdot \cos \alpha} = \frac{41109}{2944} = 3058,08$$

$$\cos \alpha ((L+R)\omega^2 + mg)$$



PVg

~~$$mg = F \cdot \sin \alpha$$~~

$$pV = \gamma R T$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\sum R_i T_i}{M}$$

$$p = \frac{pM}{RT}$$

$$p = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{0,31}$$

$$= \frac{1530}{3080} \approx 0,5$$

$$F \cos \alpha = ma$$

$$mg \cos 2 = ma$$

$$g \cdot \text{ctyl} = a.$$

$$\begin{array}{r} 95 \\ + 27 \\ \hline 127 \\ + 95 \\ \hline 222 \end{array}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{f_1}{f_2}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 85 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ + 850 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 202 \\ 5368 \\ \times 837 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 1104 \\ 2994 \\ \hline 205708 \\ 8518 \\ \hline 831358 \end{array}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$pV = \gamma RT$$

$$\frac{p}{p_{\text{max}}} = 100\%$$

$$0,5p$$

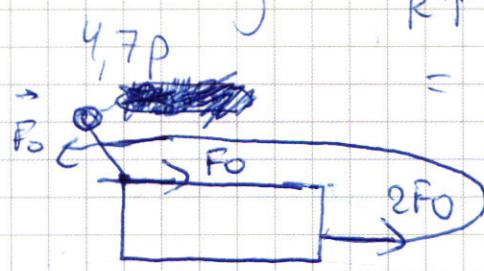
$$\rho =$$

$$\rho = \frac{\mu p}{RT}$$

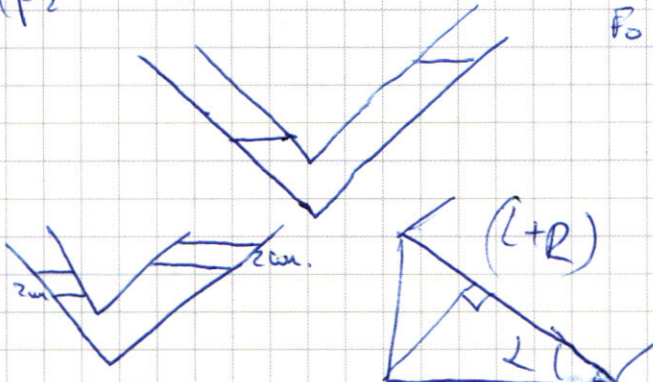
$$= \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 85 \cdot 10^4}{831 \cdot 368}$$

$$= \frac{85 \cdot 18}{831 \cdot 368}$$

$$p_1 + p_2 =$$



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



$$V_{\pi} = V_B$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{L+R} \quad V_{\pi} + V_B = \frac{V_{\pi}}{4,7} + \frac{V_B}{4,7} \cdot x$$

$$x = (\cos \alpha)(L+R)$$

$$\cos^2 \alpha (L+R)$$

$$\frac{4,7 - 3,7}{4,7} V_{\pi} = V_B (x-1)$$

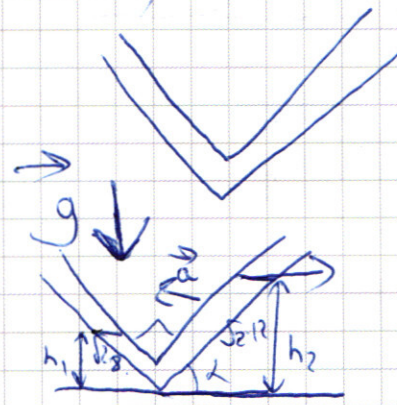
$$\frac{p}{p_{\text{max}}} = \frac{p}{p_{\text{max}}}$$

$$pV = \gamma RT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

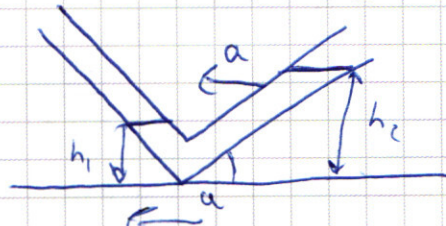
$$p = \frac{p}{M} RT$$

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$



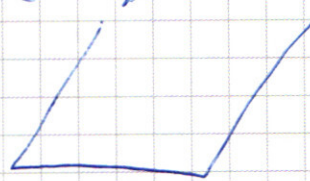
$$\frac{85}{18}$$

$$(h_2 - h)$$



$$1052$$

$$2\sqrt{2}$$



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

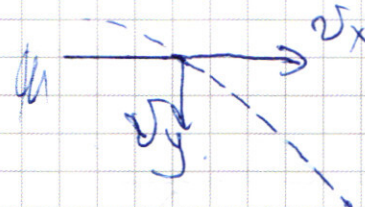
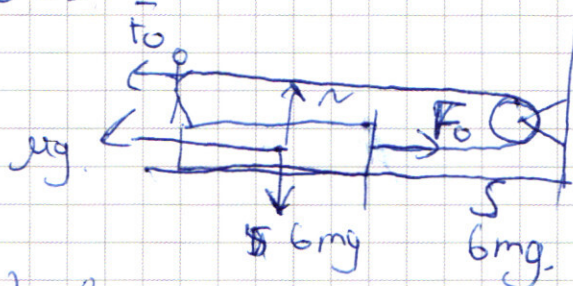
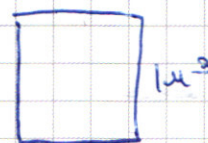


$$l = \frac{x}{\cos \alpha}$$

$$\frac{\frac{8\sqrt{3}}{2} - 8\sqrt{6}}{10} = \frac{8\sqrt{3} - 16\sqrt{6}}{20} = \frac{2\sqrt{3} - 4\sqrt{6}}{5}$$

$$\frac{x}{l} = \cos \alpha$$

$$N_0 \cos \alpha$$



0,018

$$F_0 = \mu mg$$

$$F_0 - \mu mg = \mu$$

$$F_0 = \mu mg + ma$$

$$\rho = \frac{p}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10}{8,31 \cdot 368}$$

$$F - \mu mg = ma$$

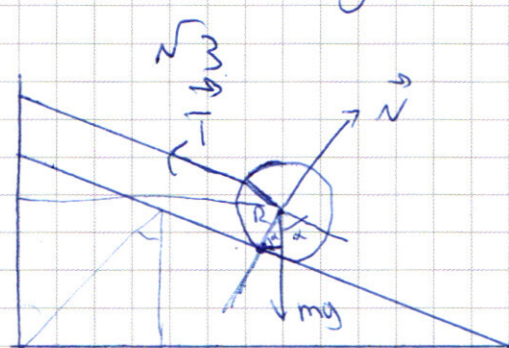
$$\begin{array}{r} 4 \\ 85 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ 850 \\ \hline 1530 \\ \times 526 \\ \hline 3168 \\ \times 831 \\ \hline 3168 \\ 1104 \\ \hline 2944 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$= \frac{8518}{831 \cdot 368} = \frac{1530}{3058,08} \approx 0,5 \frac{m^2}{m^3}$$

$$v = \sqrt{\frac{2Fs - 12\mu mgs}{6m}} = \sqrt{\frac{Fs - 6\mu mgs}{3m}}$$

$$1000 \frac{m^2}{m^3}$$

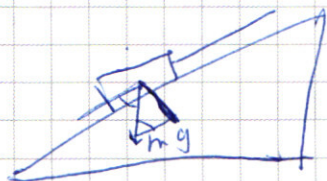
$$\frac{0,5}{10000} = \frac{5}{100000}$$



$$T \cdot R =$$

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

$$T = mg \cdot \cos \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram 1: Projectile launched at angle α with initial velocity v_0 . The vertical displacement is 25 .

$$v_0 \sin \alpha + g t = v_y$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha - v_y}{g}$$

Diagram 2: Velocity vector v at angle 60° to the horizontal. The vertical component is $g t$.

$$v_0 \sin \alpha - g t =$$

Diagram 3: Velocity vector v at angle α to the horizontal. The vertical component is v_y .

$$v_0 \cos \alpha$$

Diagram 4: Velocity vector v at angle α to the horizontal. The vertical component is v_y .

$$2,5 v_0 = \sqrt{v_y^2 + v_x^2}$$

$$6,25 v_0^2 = v_y^2 + v_x^2$$

$$\sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_y =$$

$$v_0 \sqrt{6,25 - 0,25} \quad \sqrt{6} \cdot v_0 = v_y$$

$$8\sqrt{6} = v_y$$

Diagram 5: Velocity vector v at angle α to the horizontal. The vertical component is v_y .

$$v_y + g t = v_{y2}$$

$$t = \frac{v_{y2} - v_y}{g}$$

Diagram 6: Velocity vector v at angle α to the horizontal. The vertical component is v_y .

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

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha - v_y}{g}$$

Diagram 7: Velocity vector v at angle α to the horizontal. The vertical component is v_y .

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

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha - v_y}{g}$$