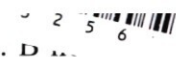


Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту.  ень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

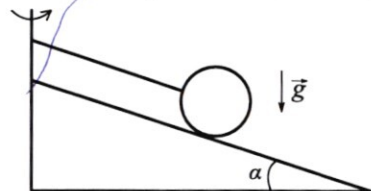
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



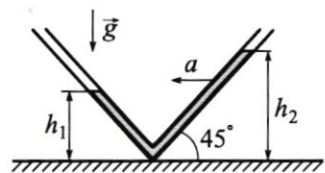
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.



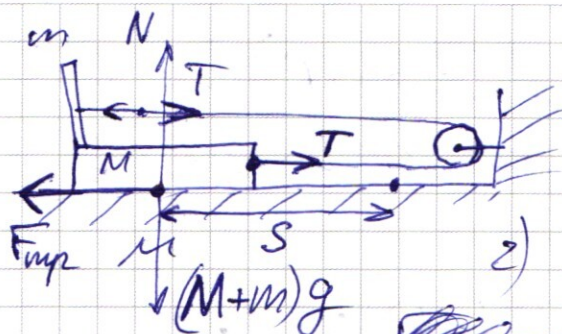
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



$$1) N = (M+m)g = 6mg$$

$$2) F_{\text{тр}} = \mu N = 6\mu mg$$

F_0 - мин. сила, с кот. человеку нужно тянуть на-
мот. $F_0 = T$ (T - сила натяжения нити)

На всю систему по горизонтали действуют
2 силы; $2T$ вправо и $F_{\text{тр}}$ влево.

$$2T = F_{\text{тр}}$$

$$2T = 6\mu mg \quad F_0 = T = 3\mu mg$$

$$3) (M+m)a = F - F_{\text{тр}} \quad (a - \text{уск. ящика с человеком})$$

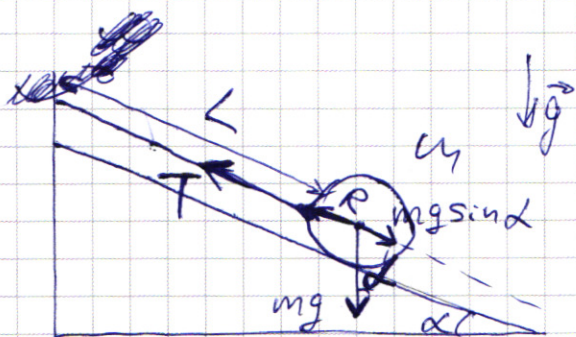
$$a = \frac{F - 6\mu mg}{5m} = \frac{0.6mg}{5m} = 0.12g$$

$$\frac{v^2}{2a} = S \quad v = \sqrt{2aS} = \sqrt{\left(\frac{F}{3m} - 2\mu g\right)S}$$

скор., кот. достигнет ящик.

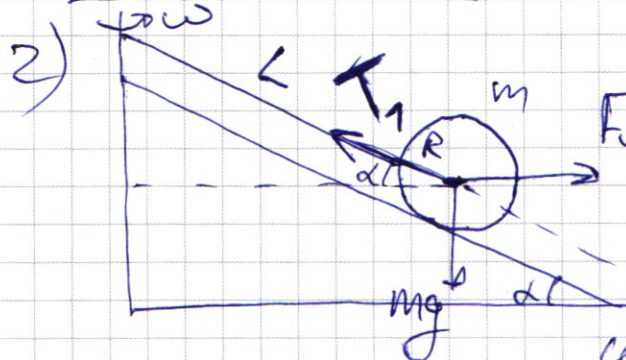
~~Ответ: $6mg$; $3\mu mg$; $\sqrt{\frac{F}{3m} - 2\mu g}$~~

Ответ: $6mg$; $3\mu mg$; $\sqrt{\left(\frac{F}{3m} - 2\mu g\right)S}$



~ 3

1) $T = mg \sin \alpha$ - сила натяжения, если система покоится



$$F_{\text{ц}} = \omega^2 (L \cos \alpha + R) m$$

~~центробежная сила~~

~~$T \cos \alpha$~~

$$F_{\text{ц}} = \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot m$$

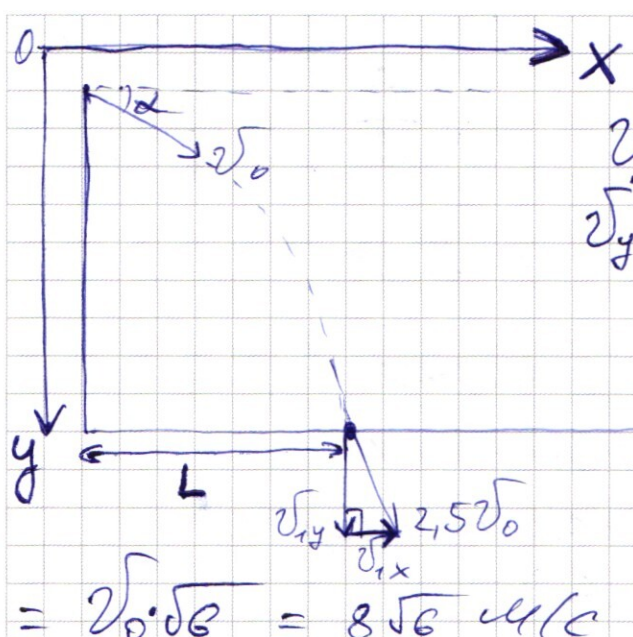
— центробежная сила

$$T_1 \cos \alpha = \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot m$$

$$T_1 = \omega^2 (L + R) m$$

Ответ: $mg \sin \alpha$; $\omega^2 (L + R) m$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

Дано:
 $v_0 = 8 \text{ м/с}$;
 $\alpha = 60^\circ$;
 $g = 10 \text{ м/с}^2$;
 $2,5 v_0$

$v_{1y} = ?$, $t = ?$, $L = ?$

1) $v_{1y}^2 + v_{1x}^2 = (2,5 v_0)^2$
 $v_{1y} = \sqrt{2,5^2 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \left(\frac{1}{2}\right)^2}$
 $= v_0 \cdot 0,6 = 8 \cdot 0,6 \text{ м/с} = 4,8 \text{ м/с}$

2) t_1 - время полёта камня
 $v_{1y} = v_0 \sin \alpha + g t_1$
 $t_1 = \frac{v_{1y} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{4,8 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{4,8 - 6,928}{10} = -0,2128 \text{ с}$
 $= \frac{8}{10} \cdot \sqrt{3} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{4}{5} \cdot 1,732 \cdot 0,91 = 1,245 \text{ с}$

3) $L = v_0 \cos \alpha t_1 = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,245 \approx 5 \text{ м}$

Ответ: $4,8 \text{ м/с}$; $1,245 \text{ с}$, 5 м



$$1) P V_0 = \nu R T_0 \quad (1)$$

$$V_0 \quad P = \frac{m}{\mu V_0} R T_0 = \frac{R T_0}{\mu} \quad (\mu - \text{мольная масса пара})$$

$$\mu = \frac{m P}{R T_0}$$

$$\frac{\mu}{\mu} = \frac{m P}{R T_0 \mu} =$$

$$= \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{18 \cdot 8,5}{8,3 \cdot 368} \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2) Т.к. пар насыщенный, давление в процессе сжатия не изменится.

$\Delta \nu$ - кол-во сконденсировавшейся воды.

$$P \frac{V_0}{\delta} = (\nu - \Delta \nu) R T_0 \quad (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)}: \frac{1}{\delta} = \frac{\nu - \Delta \nu}{\nu}$$

$$\Delta \nu = \nu - \frac{\nu}{\delta} = \nu \frac{\delta - 1}{\delta}$$

$$V_0 = \frac{\Delta \nu \mu}{\delta} = \frac{\nu \mu (\delta - 1)}{\delta} - \text{объем воды}$$

$$V_n = \frac{V_0}{\delta} = \frac{\nu R T_0}{P \delta} - \text{объем пара}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{R T_0 \delta}{P \mu (\delta - 1)} = \frac{8,3 \cdot 368 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} (4,7 - 1)}$$

$$= 10^2 \cdot \frac{8,3 \cdot 368}{8,5 \cdot 18 \cdot 3,7} \approx 10^2 \cdot 0,55 = 55$$

Ответ: $5 \cdot 10^{-4}$; 55

Дано:

$$T_0 = 95^\circ \text{C} = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\delta = 4,7$$

$$\rho = 12 \text{ г/см}^3$$

$$\mu = 182 \text{ г/моль}$$

$$\frac{\mu}{\mu} = ? \quad \frac{V_n}{V_0} = ?$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Треугольник в Δ треугольнике. В ней $\vec{g}_{\text{эф}} = \vec{g} - \vec{a}$

$\vec{g}_{\text{эф}} \perp BC$ (эффективное ускорение перпендикулярно течению воды)

$\tan \beta = \frac{AB}{AC} = \frac{\sqrt{2} h_1}{\sqrt{2} h_2} = \frac{h_1}{h_2}$ (м.а. $\alpha = 45^\circ$)

Угол между векторами $\vec{g}_{\text{эф}}$ и $\vec{g}$ будет равен $\beta + 45^\circ$ ($\angle DEF = \alpha$, $\angle DFE = 90^\circ + \beta$) $\Rightarrow \angle EDF = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$

Тогда $\frac{a}{g} = \tan(\beta + 45^\circ)$

$a = g \tan(\beta + 45^\circ) = g \sin$

Угол между векторами $\vec{g}_{\text{эф}}$ и $\vec{g}$ будет равен $45^\circ - \beta$ ($\angle DEF = \alpha$, $\angle DFE = 90^\circ + \beta$) $\Rightarrow \angle EDF = 90^\circ - \alpha - \beta = 45^\circ - \beta$

Тогда $\frac{a}{g} = \tan(45^\circ - \beta)$

$a = g \tan(45^\circ - \beta) = g \frac{\sin(45^\circ - \beta)}{\cos(45^\circ - \beta)} = g \frac{\sin 45^\circ \cos \beta - \cos 45^\circ \sin \beta}{\cos 45^\circ \cos \beta + \sin 45^\circ \sin \beta} = g \frac{\frac{h_2}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}} - \frac{h_1}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}}{\frac{h_2}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}} + \frac{h_1}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}} = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} =$

$\sin \beta = \frac{\sqrt{2} h_1}{\sqrt{2} \sqrt{h_1^2 + h_2^2}}$

$\cos \beta = \frac{\sqrt{2} h_2}{\sqrt{2} \sqrt{h_1^2 + h_2^2}}$

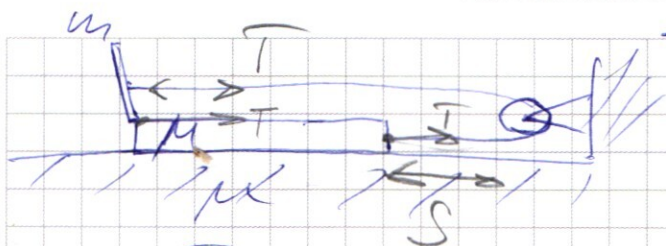
$= \frac{12 - 8}{12 + 8} \cdot 10 =$

$$= \frac{40}{5} = 2 \text{ м/с}$$

Когда трубка остановится, на неё будет действовать ускорение a влево. Скорость v будет максимальной, когда a станет равно 0.

Ответ: 2 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N = (m + M)g = 6 \text{ мкг}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = 6 \text{ мкг}$$

$$F = 6 \text{ мкг}$$

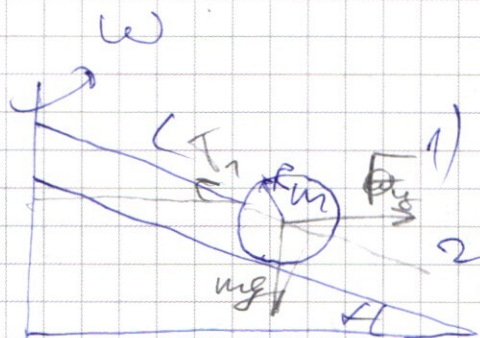
$$T = 3 \text{ мкг}$$

$$ma = F - F_{\text{тр}} = F - 6 \text{ мкг}$$

$$a = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$\frac{v_0^2}{2a} = S$$

$$v_0 = \sqrt{2aS} = \sqrt{\left(\frac{F}{m} - \mu g\right)S}$$



$$1) T = mg \sin \alpha$$

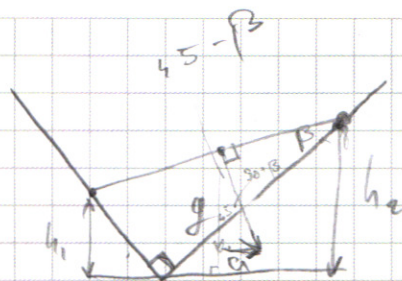
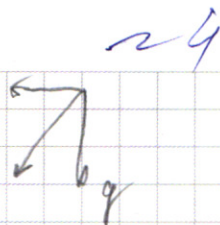
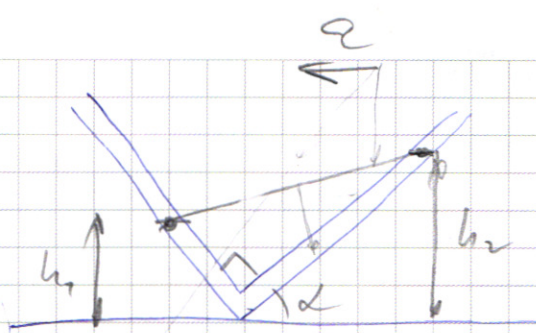
$$2) F_y = \omega (L \cos \alpha)^2$$

$$T_1 \cos \alpha = \omega L^2 \cos^2 \alpha$$

$$T_1 \cos \alpha = \omega (L + \frac{r}{2})^2 \cos^2 \alpha$$

$$T_1 \sin \alpha = mg$$

$$\begin{array}{r} 1,71 \\ \times 1,41 \\ \hline 777 \\ 684 \\ 171 \\ \hline 2,4111 \end{array}$$



64
744
208

$$\frac{52h_1}{52h_2} = \tan \beta = \frac{8}{12} = \frac{2}{3} \quad \sin \beta = \frac{2}{\sqrt{2^2 + 3^2}} = \frac{2}{\sqrt{13}}$$

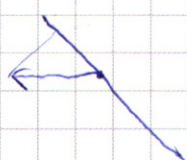
$$\frac{a}{g} = \tan(45^\circ - \beta) \quad a = g \tan(45^\circ - \beta)$$

$$\cos \beta = \frac{h_2}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}}$$

$$\tan(\alpha - \beta) = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta}{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta} = \frac{\cos \beta - \sin \alpha}{\cos \beta + \sin \alpha}$$

$$= \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = g \frac{12 - 8}{12 + 8} = g \frac{4}{20} = \frac{g}{5}$$



$$a_1 = a \cos \alpha$$

$$\frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 \cdot 8,5}{8,3 \cdot 368 \cdot 1 \cdot 10^3} = \frac{18 \cdot 8,5}{83 \cdot 368} \cdot 10^{-2} =$$

$$= \frac{18 \cdot 8,5}{83 \cdot 368} = \frac{153}{30544} = 0,00499$$

$$\begin{array}{r} 765 \overline{) 83} \\ 747 \quad \overline{) 83} \\ 180 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 204 \overline{) 32} \\ 185 \quad \overline{) 32} \\ 119 \quad \overline{) 32} \\ 185 \quad \overline{) 32} \\ 50 \quad \overline{) 32} \\ 37 \quad \overline{) 32} \\ 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 85 \\ \hline 170 \end{array}$$

$$\frac{9,22}{184} = \frac{922}{184} \cdot 10^{-4} = \frac{506}{92} \cdot 10^{-4} = 5,5 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{array}{r} 922 \overline{) 184} \\ 920 \quad \overline{) 184} \\ 20 \end{array}$$

$$\frac{8,3 \cdot 368 \cdot 1000}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7} = 10^2 \cdot \frac{8,3 \cdot 368}{8,5 \cdot 18 \cdot 3,7} = \frac{83 \cdot 184}{85 \cdot 9 \cdot 3,7} = \frac{153}{30544} = 0,00499$$

$$\begin{array}{r} 184 \overline{) 32} \\ 368 \quad \overline{) 32} \\ 40 \quad \overline{) 32} \\ 36 \quad \overline{) 32} \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 830 \overline{) 85} \\ 265 \quad \overline{) 85} \\ 650 \quad \overline{) 85} \\ 595 \quad \overline{) 85} \\ 550 \quad \overline{) 85} \\ 510 \quad \overline{) 85} \\ 400 \end{array}$$

$$0,98 \cdot 204 = 20,0$$

$$0,7 \cdot 70 = 49$$

$$\begin{array}{r} 244 \overline{) 32} \\ 222 \quad \overline{) 32} \\ 220 \quad \overline{) 32} \\ 185 \quad \overline{) 32} \\ 350 \quad \overline{) 32} \\ 333 \quad \overline{) 32} \\ 170 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_1 = 2.5v_0$, $v_{1y} = ?$, $t = ?$, $L = ?$
 $v_y = v_0 \cos \alpha$
 $v_x = v_0 \sin \alpha + gt$
 $x = v_0 \cos \alpha t = L$
 $y = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = H$

$v_{1y}^2 + v_{1x}^2 = v_1^2$
 $v_0^2 \sin^2 \alpha + 2v_0 \sin \alpha gt + g^2 t^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{25}{4} v_0^2 \quad | \cdot 4$
 $4g^2 t^2 + 8v_0 \sin \alpha gt + v_0^2 - \frac{25}{4} v_0^2 = 0$
 $4g^2 t^2 + 8v_0 \sin \alpha gt - 21v_0^2 = 0$
 $t = \frac{-4v_0 \sin \alpha g \pm \sqrt{16v_0^2 \sin^2 \alpha g^2 + 84v_0^2 g^2}}{8g^2} = \frac{-4v_0 \sin \alpha g + \sqrt{16v_0^2 \sin^2 \alpha g^2 + 84v_0^2 g^2}}{8g^2}$
 $t = \frac{-2v_0 \sin \alpha g + v_0 \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2g} = \frac{v_0 \sqrt{12 \sin^2 \alpha + 21} - \sqrt{3}}{2g}$
 $t = \frac{-v_0 \sin \alpha g + \sqrt{v_0^2 g^2 \sin^2 \alpha + \frac{21}{4} v_0^2 g^2}}{g^2} = \frac{-v_0 \sin \alpha g + v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{21}{4}}}{g} = \frac{1.71}{3.42}$
 $= v_0 \frac{-\sqrt{3} + \sqrt{24}}{2g} = \frac{v_0}{g} \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} = \frac{v_0}{g} \frac{\sqrt{3} \cdot 2\sqrt{2} - 1}{2} = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{24}{4}} \right)$
 $= \frac{2}{10} \sqrt{3} \cdot \frac{2\sqrt{2} - 1}{2} = \frac{4\sqrt{6} - \sqrt{3}}{5} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} = 2\sqrt{3} \frac{2\sqrt{2} - 1}{5} =$
 $= 3.42 \cdot \frac{2.82 - 1}{5} = 3.42 \cdot \frac{1.82}{5} = \frac{1.24}{0.97} = 1.27$
 $\sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{1.41 - 0.5}{0.97}$

$$v_y = \sqrt{v_1^2 - v_x^2} = \sqrt{\frac{25}{4} v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t = \frac{v_0 t_2}{2} \sqrt{3} \frac{2\sqrt{2}-1}{5}$$

$\frac{84}{90} - ?$
 $\frac{v_y}{v_0} - ?$


~ 5
 $\Delta V_0 = 2RT_0$
 $P = \frac{m}{\mu V_0} RT_0 = \frac{84}{\mu} \frac{RT_0}{V_0}$

~~$P = \frac{m}{\mu V_0} RT_0 = (1-\alpha) RT_0$~~
 $\frac{1}{8} = \frac{1-\alpha}{5} = 1 - \frac{\Delta J}{J} \quad \Delta J = J - \frac{J}{8} = J \left(\frac{8-1}{8} \right)$

$$V_0 = \frac{\Delta J \mu}{8} = \frac{J \mu (8-1)}{8} \quad v_y = \frac{V_0}{8} = \frac{2RT_0}{\mu}$$

$$\frac{v_y}{v_0} = \frac{RT_0}{\mu(8-1)P}$$

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

$$v_y = v_0 \sin \alpha t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{8} = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{8} = \frac{v_0}{8} \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2}$$

$$\begin{array}{r} 0,91 \\ \times 1,8 \\ \hline 7,28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,28 \\ \times 1,71 \\ \hline 7,28 \\ 5096 \\ \hline 12,4488 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,71 \\ \times 1,71 \\ \hline 1,77 \\ 684 \\ \hline 2,4771 \end{array}$$

$$\sqrt{6} = 1,71.741$$

$$\begin{array}{r} 2,418 \\ \times 8 \cdot \frac{1}{2} \\ \hline 79,28 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1,245 \\ \times 4 \\ \hline 4,980 \end{array}$$

$$v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0}{8} \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} = \frac{v_0}{8} \frac{2 \cdot 6 - 3\sqrt{2}}{4}$$