

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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?

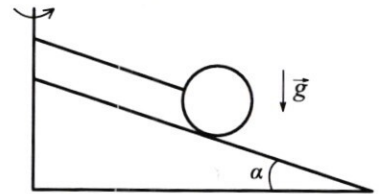
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 ($F > F_0$) 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.

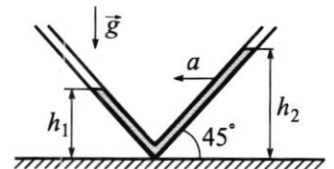


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

$$V_0 = 10$$

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

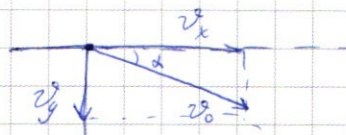
$$2v_0$$

$$v_y' - ?$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$

Решение.



$$v_x = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha; = 5 \text{ (м/с)}.$$

$$v_y'^2 = 4v_0^2 - v_x^2 = 4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha =$$

$$= 4 \cdot 100 - 100 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 400 - 75 = 325.$$

$$v_y' = \sqrt{325} = \sqrt{25 \cdot 13} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}.$$

$$h = \frac{v_y'^2 - v_y^2}{2g} = \frac{325 - 25}{2 \cdot 10} = \frac{300}{20} = 15 \text{ (м)}.$$

$$h = v_y t + \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow 5t^2 + v_y t - h = 0.$$

$$D = v_y^2 + 20h = 25 + 20 \cdot 15 = 325.$$

$$t = \frac{-5 \pm 5\sqrt{13}}{10};$$

$$t = \frac{-5 + 5\sqrt{13}}{10} = \frac{(\sqrt{13} - 1)5}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}.$$

$$\sqrt{13} \approx 3,6, \quad \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \approx 1,3 \text{ (с)}.$$

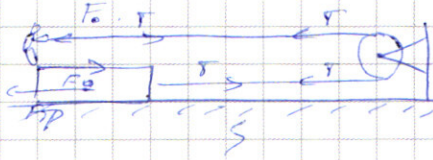
Ответ: $v_y' = 5\sqrt{13} \text{ м/с}; t \approx 1,3 \text{ с}; h = 15 \text{ м}.$

№ 2.

Дано

 S m $M = 2m$ μ $P = ?$ $F_0 = ?$ $t = ?$

Решение.



$$P = (M + m)g = 3mg.$$

$$F_{tr} = \mu N = \mu P = \mu \cdot 3mg.$$

$$F_0 = F_{tr} + F$$

$$2F_0 = 3\mu mg;$$

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

$$(m + M)a = F_x + F - F_{tr} = 2F - F_{tr}.$$

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

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

$$t^2 = \frac{2S}{a} = \frac{2S}{\frac{2F - 3\mu mg}{3m}} = \frac{6mS}{2F - 3\mu mg}.$$

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

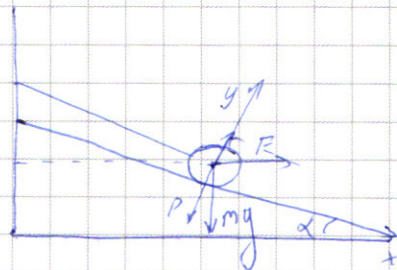
Ответ: $P = 3mg$, $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$, $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$.

№ 3.

Дано:

 $m, R, L,$ L $P_1 = ?$ $P_2 = ?$

Решение.



$$P_1 = mg \cdot \cos \alpha.$$

Если шар система вращу сум. скор. ω , то
 центр. ускорение. $a_y = \omega^2 r$, $r = L + R \cos \alpha$ или представим
 шар в виде материц. точки. Тогда
 $F = ma_y = m \cdot \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В проекции на ось OY : $F_y = F \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$.

Тогда шар будет действовать на клин с силой

$$P_2 = P_1 - F_y = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \\ = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \cdot \sin \alpha).$$

ответ $P \sin \alpha \cdot \cos \alpha$; $P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \cdot \sin \alpha)$.

№ 4.

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

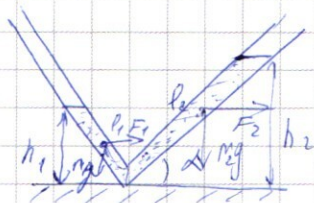
$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$h_2 = ?$$

$$v = ?$$

Решение.



$$\cos \alpha = \sin \alpha.$$

$$\sin \alpha \cdot l_2 = h_2 \quad l_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha}.$$

$$v_2 = l_2 \cdot \omega; \quad m_2 = v_2 \cdot \rho.$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot \omega \cdot \rho}{\frac{h_2}{\sin \alpha} \cdot \omega \cdot \rho} = \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

Условие равнов.

$$m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha = m_2 g \cos \alpha - m_2 a \cos \alpha.$$

$$m_1 \cos \alpha (g + a) = m_2 \cos \alpha (g - a).$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g - a}{g + a} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8} \Rightarrow m_2 = \frac{8}{3} m_1.$$

$$\text{из (1): } h_2 = \frac{h_1 m_2}{m_1} = \frac{8 m_1 h_1}{3 m_1} = \frac{80}{3} = 26 \frac{2}{3} \text{ (см)}.$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{10 + 26 \frac{2}{3}}{2} = \frac{30 + 80}{2} = \frac{110}{2} = \frac{55}{1}.$$

$$\Delta h = \frac{55}{3} - \frac{30}{3} = h_{\text{ср}} - h_1 = \frac{25}{3} \text{ (см)} \quad \Delta l = \Delta h \cdot \cos \alpha.$$

близко

$$h_1 = \frac{1}{10} \text{ (м)}; \quad h_2 = \frac{80}{3 \cdot 100} = \frac{4}{3 \cdot 5} = \frac{4}{15} \text{ (м)}$$

$$h_1 + h_2 = \frac{110}{3 \cdot 100} = \frac{11}{30} \text{ (м)}; \quad m_1 m_1 + m_2 = \frac{11}{3} m_1, \quad m_2 = \frac{8}{3} m_1$$

По закону сохр. энергии

$$m_2 g \frac{h_2}{2} + m_1 g \frac{h_1}{2} = 2 \cdot m_{\text{ср}} g \frac{h_1 + h_2}{4} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{8}{3} \cdot \frac{4}{30} m_1 + \frac{1}{2} m_1 = \frac{11}{3 \cdot 30 \cdot 4} m_1 + \frac{11}{3} \frac{v^2}{2} m_1$$

$$\frac{32}{9} m_1 + \frac{1}{2} m_1 = \frac{121}{36} m_1 + \frac{11 v^2}{6} m_1$$

$$\frac{128 + 18}{36} = \frac{121}{36} + \frac{66 v^2}{36}$$

$$146 = 121 + 66 v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{25}{66} \Rightarrow v = \frac{5}{\sqrt{66}} \text{ (м/с)}$$

$$\text{Ответ: } h_2 = 26 \frac{2}{3} \text{ см}, \quad v = \frac{5}{\sqrt{66}} \text{ м/с}$$

№5

Дано:

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$T = 300 \text{ K}$$

$$1) \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{б}}} = ?$$

$$2) \chi = 5,6$$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{б}}} = ?$$

$$M = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$p = 1000 \text{ кг/м}^3$$

Решение

$$pV = \frac{mRT}{M} \Rightarrow p = \frac{pRT}{M} \Rightarrow p_{\text{н}} = \frac{pM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 1882}{277 \cdot 1300} = \frac{71 \cdot 2}{2770} = \frac{71}{2770}$$

$$\frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{б}}} = \frac{\frac{71}{2770}}{1000} = \frac{71}{2770000}$$

$$V_1 = \frac{pRT}{p} = \frac{m_1 RT}{M p}$$

m_1 — масса пара

$$V_2 = \frac{p_2 RT}{p} = \frac{m_2 RT}{M p}$$

после прогрева

$$\frac{V_1}{V_2} = 5,6 = \frac{m_1}{m_2}$$

m_2 — масса воды

$$m_2 + m_1 = 5,6 m_1 \quad m_2 = 4,6 m_1$$

$$V_{\text{н}} = \frac{m_1}{p_{\text{н}}}$$

$$V_{\text{б}} = \frac{m_2}{p_{\text{б}}}$$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{б}}} = \frac{m_1 p_{\text{б}}}{p_{\text{н}} m_2} = \frac{m_1 p_{\text{б}}}{p_{\text{н}} \cdot 4,6 m_1} = \frac{1000}{\frac{71 \cdot 4,6}{2770}} = \frac{2770000}{71 \cdot 4,6} \approx 811,8$$

$$\text{Ответ: } \frac{71}{2770000} \quad 811,8$$

$$V_1 = \frac{pRT}{p} \quad V_2 = \frac{p_2 RT}{p}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{pRT}{p}}{\frac{p_2 RT}{p}} = \frac{p}{p_2} = 5,6 = \frac{m}{m_1} = 5,6$$

$$\frac{m_1 + m_2}{m_1} = 5,6$$

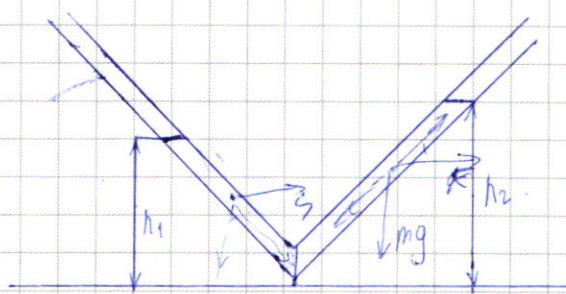
$$m_1 + m_2 = 5,6 m_1$$

$$m_2 = 4,6 m_1$$

$$V_2 = \frac{p_2 RT}{p} = \frac{m_2 RT}{m_1 p} = \frac{m_2}{m_1} \frac{p}{p_2}$$

$$V_2 = \frac{m_2}{p_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2 \cdot m_2}{p \cdot m_1} = \frac{p_2 \cdot 4,6 m_1}{p \cdot m_1}$$



$$F = p \cdot s = p g h \sin \alpha =$$

$$p = \frac{F}{s}$$

$$F = m p \cdot \sin \alpha =$$

$$= m g \cdot \cos \alpha$$

$$m p \sin \alpha = m g \cos \alpha$$

$$h_1 / \sin \alpha \cdot s p = m_1$$

$$h_2 / \sin \beta \cdot s p = m_2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2} \quad h_2 = \frac{m_1 h_1}{m_2}$$

$$26 \frac{1}{3} + 10$$

$$36 \frac{2}{3}$$

$$\frac{110}{3} : 2$$

$$\frac{55}{3} \text{ (cm)}$$

$$m_2 g \cos \alpha - m_2 a \cos \alpha = m_1 g \cos \beta + m_1 a \sin \beta$$

$$m_2 (g \cos \alpha - a \cos \alpha) = m_1 (g \cos \beta + a \sin \beta)$$

$$m_2 = \frac{m_1 (g \cos \beta + a \sin \beta)}{g \cos \alpha - a \cos \alpha} = \frac{m_1 \cdot 168}{1 \cdot 3} = \frac{8}{3} m_1$$

$$h_2 = \frac{8 h_1 m_1}{3 m_2} = \frac{80}{3} = 26 \frac{2}{3} \text{ (cm)}$$

$$\frac{80}{3} \cdot \frac{3}{26} = \frac{80}{26} = \frac{40}{13}$$

$$\frac{11}{3} m_1 a = \frac{8}{3} m_1 g \cos \alpha - m_1 g \cos \beta$$

$$\frac{11}{3} m_1 a = \frac{5}{3} m_1 g \cos \alpha$$

$$a = \left(\frac{5}{11} g \cos \alpha \right)$$

$$\frac{55}{3} - 1 \cdot \frac{30}{3} = \left(\frac{25}{3} \right) \cdot \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

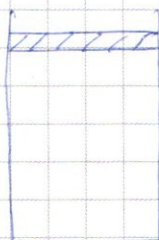
$$T = 300 \text{ K.}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$\mu = 2018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Решение



$$PV = \nu RT$$

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

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300}$$

$$\approx \frac{355}{18}$$

$$2860$$

$$\frac{355}{6390}$$

$$\rho = \frac{6390}{249300} = \frac{639}{24930} =$$

$$= \frac{213}{8310} = \frac{71}{277} =$$

$$\begin{array}{r} 2770 \overline{) 249300} \\ \underline{249300} \\ 0 \end{array}$$

$$m_1 g h_1 + m_2 g h_2 = (m_1 + m_2) g h_{\text{ср}} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$1 + \frac{80^2}{3^2} = \frac{11}{3} \cdot 10 \cdot \frac{55}{3}$$

$$\frac{6400}{9} = \frac{11^2 \cdot 50}{9}$$

$$\begin{array}{r} \times 121 \\ 50 \\ \hline 6050 \end{array}$$

$$\frac{6400 - 6050}{83} = \frac{11 v^2}{82}$$

$$PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

$$P = \frac{mRT}{MV} = \frac{\rho RT}{M}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 1862}{8,31 \cdot 300} =$$

$$\frac{38}{277}$$

$$\begin{array}{r} 2770 \overline{) 24930} \\ \underline{24930} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2770 \overline{) 24930} \\ \underline{24930} \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{PV}{5,6} = \nu RT$$

$$\nu = \frac{PV}{RT}$$

$$V = m \cdot \rho$$

$$P = \text{const.} \quad T = \text{const.}$$

$$\rho = \frac{71}{2770} \approx \frac{1}{39}$$

$$\rho_0 = 1000$$

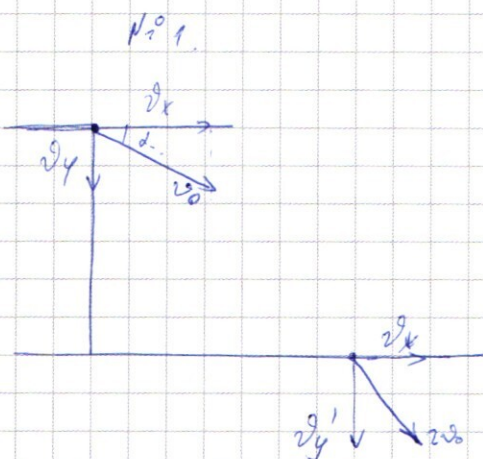
$$PV = \nu RT$$

$$\nu_1 + \nu_2 = \nu$$

$$V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{m}{\rho_0} = \frac{m}{\rho}$$

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0} = \frac{m}{\rho}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_x = v_0 \cos t. - \text{const.}$$

$$v_y = v_0 \sin t.$$

$$v_y'^2 + v_x^2 = 2v_0^2.$$

$$v_y' = \sqrt{2v_0^2 - v_x^2}.$$

$$v_y'^2 = 4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 t = 400 - 100 \cdot \frac{3}{4}.$$

$$\frac{1600 - 300}{4} = \frac{1300}{4}.$$

$$h = -\frac{v_y^2 - v_y'^2}{2g}.$$

$$h = -\frac{v_0^2 \sin^2 t - 4v_0^2 + v_0^2 \cos^2 t}{2g}.$$

$$h = -\frac{v_0^2 (\sin^2 t + \cos^2 t) - 4v_0^2}{2g} =$$

$$= \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{300}{20} = 15 \text{ (м)}.$$

$$h = v_y t + \frac{gt^2}{2}.$$

$$5t^2 + v_y t - h = 0.$$

$$D = v_y^2 + 5h = 325 + 5 \cdot 15 = 400.$$

$$t = \frac{-v_y \pm 20}{5}.$$

$$\frac{-5\sqrt{13} \pm 20}{5} = \frac{5(4 \pm \sqrt{13})}{5} = 4 \pm \sqrt{13}.$$

$$t = 2.$$

$$\begin{array}{r} 1300 \overline{) 4} \\ 12 \\ \underline{10} \\ 8 \\ \underline{20} \\ 20 \\ \underline{0} \end{array}$$

$$P = 3 \text{ Мг.} \quad F_{\text{тр}} = 10 \text{ Мг}$$

$$F = 4 \text{ Мг.}$$

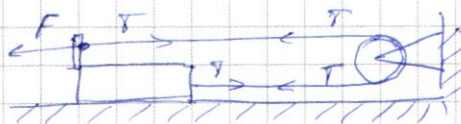
$$3 \text{ Мг} = F - F_{\text{тр}}$$

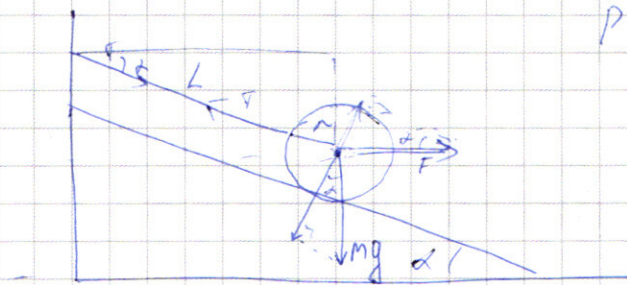
$$a = \frac{F - 3 \text{ Мг}}{3 \text{ М.}}$$

$$s = \frac{at^2}{2}.$$

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

$$t = \sqrt{\frac{65 \cdot \text{м.}}{F - 3 \text{ Мг}}}$$





$$P = mg \cdot \cos \alpha$$

$$(L+r) \cdot \cos \alpha$$

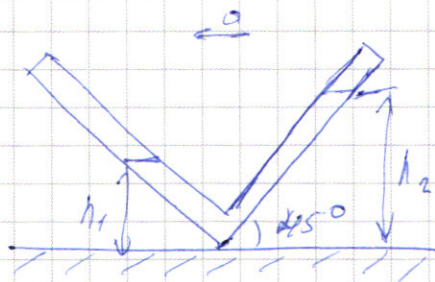
$$(L+r) / \cos \alpha$$

$$m \cdot a = \omega^2 r$$

$$a = \frac{\omega^2}{F} \cdot \frac{\omega^2 r}{r} = \omega^2 r$$

$$F = m \cdot \omega^2 (L+r) / \cos \alpha$$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{25}{3} \cos t = \frac{50^2}{11 - 8} \cdot \sqrt{?}$$

$$\sqrt{?} = \sqrt{\frac{11}{3}}$$

$$\frac{25}{3} \cos t = \frac{v_k^2}{8 \cdot \frac{5}{11} \cos t}$$

$$v_k^2 = \frac{25^2 \cdot 2}{3} \cdot \cos t$$

$$v_k = \frac{50}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\sqrt{13} = 3,62$$

$$\begin{array}{r} 66 \overline{) 400} \\ 6 \overline{) 396} \\ \hline 128 \end{array} \quad \begin{array}{r} 400 \\ 128 \end{array}$$

$$\frac{55}{600} = \frac{11}{120}$$



$$m_2 g h_2 + m_1 g h_1 = \frac{11}{3} m_1 g \frac{110}{12} + \frac{11}{2} m_1 \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{8}{6} m_1 g \frac{80}{3} + m_1 g 10$$

$$m_2 = \frac{8}{3} m_1$$

$$h_1 = 0,1 \quad h_2 = 0,268 \quad \frac{80}{3} : 100 = \frac{80}{300} = \frac{8}{30} = \frac{4}{15} \text{ (м)}$$

$$\frac{8}{3} m_1 g \cdot \frac{4}{30} + m_1 g \cdot 0,05 = \frac{11}{3} m_1 g \frac{55}{600} + \frac{11}{3} m_1 \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{16}{45} g + 0,05 g = \frac{11 \cdot 9 \cdot 11}{3 \cdot 120} + \frac{11 v^2}{3 \cdot 2}$$

$$\frac{5}{100}$$

$$146 = 121 + 66 v^2$$

$$\frac{160}{45} + \frac{10}{70} \times$$

$$\times 25 = 66 v^2$$

$$\frac{32}{9} + \frac{1}{2}$$

$$v^2 = \frac{5}{266}$$

$$\frac{64}{18} + \frac{9}{18} = \frac{73}{18} = \frac{121}{36} + \frac{11 v^2}{6}$$

$$\begin{array}{r}
 71 \\
 \times 46 \\
 \hline
 426 \\
 284 \\
 \hline
 3266
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2770000 \overline{) 379,61} \\
 \underline{26128} \\
 5720 \\
 \underline{3266} \\
 4540 \\
 \underline{3266} \\
 27400
 \end{array}$$