

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

## Вариант 10-01

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

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.

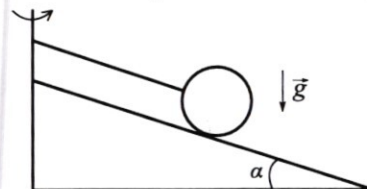
Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

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  $\mu$ .



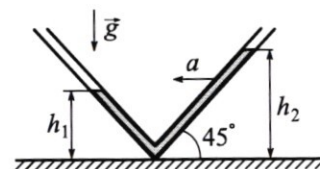
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу  $F$  ( $F > F_0$ ) к канату?

3. Однородный шар массой  $m$  и радиусом  $R$  находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом  $\alpha$  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  $\omega$  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/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $95^\circ\text{C}$  и давлении  $P = 8,5 \cdot 10^4$  Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

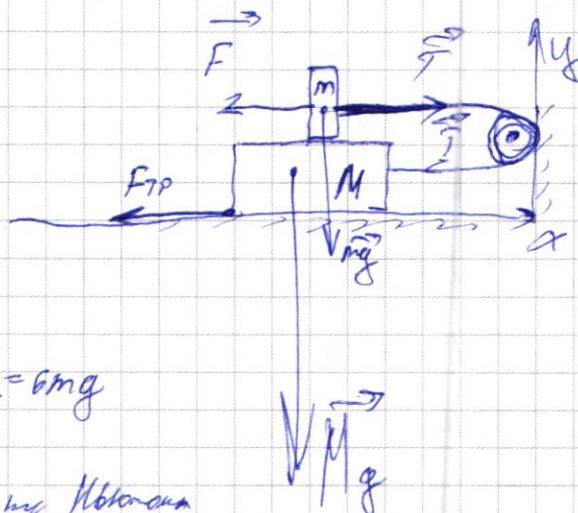
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
  - 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.
- Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②  
S,  
m,  
M=5m  
μ



1)  $P_0$  - ?

$$\vec{P}_0 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

2)  $F_0$  - ?

$$P_0 = Mg + mg = 6mg$$

3)  $V(F > F_0)$  - ?

2) ЯВ II - 3-ю Ньютона

$$\begin{cases} (i) ma = F - T \\ (ii) Ma = T - F_{тр} \end{cases}$$

$$F = F_0 \text{ - минимальная сила } \Rightarrow a = 0 \Rightarrow \begin{cases} F_0 - T = 0 \\ T - F_{тр} = 0 \\ F_{тр} = \mu N \end{cases}$$

$$|P_0| = N \Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cdot 6$$

$$\begin{cases} T = F_0 \\ T = 6\mu mg \end{cases} \Rightarrow F_0 = 6\mu mg$$

3) Допустим, что  $F > F_0$ , тогда  $a = \frac{F - 6\mu mg}{M} = \frac{F - 6\mu mg}{5m}$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$V = at = a \cdot \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2S \cdot a} = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 6\mu mg}{5m}}$$

Ответ: 1)  $6mg$

2)  $6\mu mg$

3)  $\sqrt{\frac{2S \cdot (F - 6\mu mg)}{5m}}$



3)  $m,$   
 $R,$   
 $\alpha,$   
 $L, \omega$

1)  $F_H(\omega=0)$  -  
 2)  $F_H(\omega \neq 0)$  -?

1) Запишем II закон Ньютона

для оси координат  $Ox$ , направленной  
 вверх

$$ma = T - mg \sin \alpha ; a = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$

2) Во вращающемся цилиндре ( $\omega \neq 0$ ), на  
 шар действует центробежная сила

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

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

II закон Ньютона для шара:

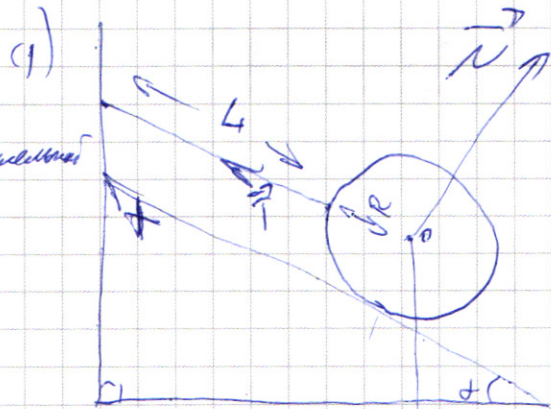
$$ma = T_2 - mg \sin \alpha - F_{цx} ; a = 0$$

$$0 = T_2 - mg \sin \alpha - \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \cdot m$$

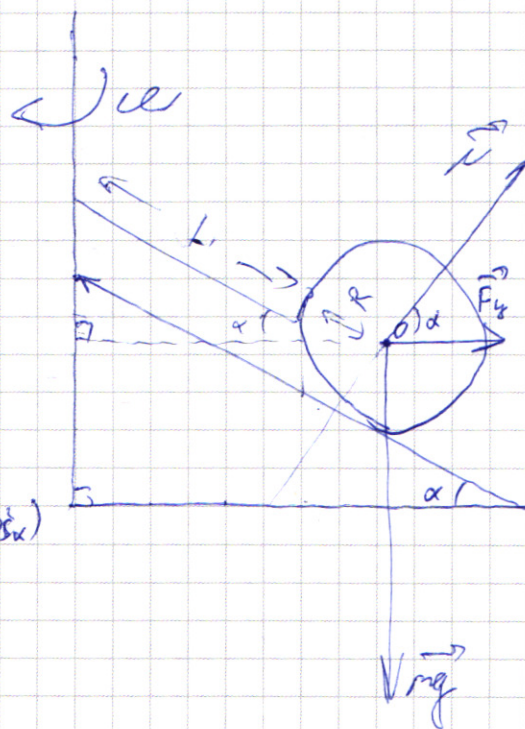
$$T_2 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$

Ответы: 1)  $T_1 = mg \sin \alpha$

2)  $T_2 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$



(2)



4)

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 17 \text{ см}$$

1)  $a$  -?

2)  $V_{\text{max}}$  -?

Обозначим за

$m_1$  - массу шара, находящуюся  
 слева от оси  $Oy$  за

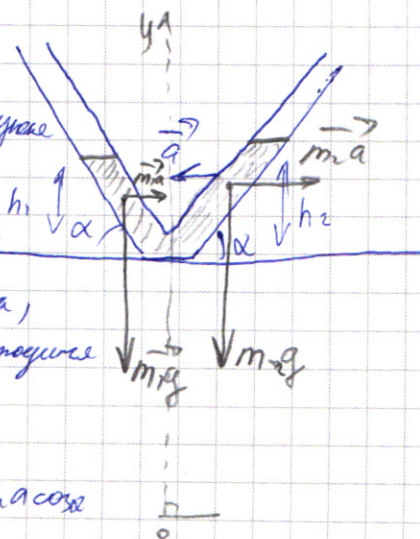
$m_2$  - массу шара, находящуюся

справа от оси  $Oy$ , тогда,

по условию система находится

в равновесии;

$$(1) m_1 g \cos \alpha + m_2 a \cos \alpha = m_2 g \cos \alpha - m_1 a \cos \alpha$$





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(1)

По формуле (1) (см. слайд №2) получаем:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{(g-a)}{(g+a)}$$

Заметим также, что оба тела имеют одинаковое сечение, а жидкости однородные, значит  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{g-a}{g+a} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{8}{12}$$

$$12g - 12a = 8g + 8a$$

$$a = \frac{1}{5}g \approx 2 \text{ м/с}^2$$

2) Запишем закон сохр.-е энергии для одной из масс тел:

$$\frac{m_1 V^2}{2} = m_1 g \Delta h \Rightarrow V = \sqrt{2g\Delta h}$$

Располагая жидкость движется по вертикальной стенке под углом  $45^\circ$  к горизонту  $V_{\text{нт}} = V \cdot \cos \alpha = \sqrt{g\Delta h}$

$$V_{\text{нт}} \approx 0,2 V_0 \approx 0,6 \text{ м/с}$$

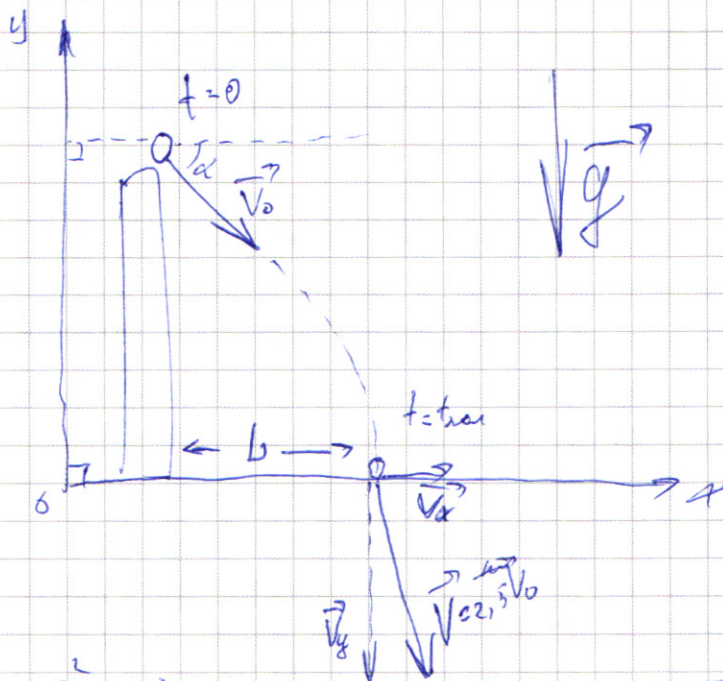
Ответ: 1)  $a = \frac{g}{5} \approx 2 \text{ м/с}^2$

$$2) V_{\text{нт}} = \sqrt{g\Delta h} = \sqrt{g(h_2 - h_1)} \approx 0,6 \text{ м/с}$$



1)  $V_0 = 8 \text{ м/с}$   
 $\alpha = 60^\circ$   
 $V_x = 2,5 V_0$

$V_y = ?$   
 $t_{\text{max}} = ?$   
 $L = ?$



1)  $(2,5 V_0)^2 = V_y^2 + V_x^2 \Rightarrow V_y = \sqrt{V_0^2 (2,5^2 - \cos^2 \alpha)}$   
 $V_x = V_0 \cos \alpha$   
 $V_y = V_0 \sqrt{5,5} \approx 19,2 \text{ м/с}$

2)  $|V_y| = V_{0y} + gt \Rightarrow (2,5)^2 V_0^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2 V_0 \sin \alpha gt + g^2 t^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$   
 $V_{0y} = V_0 \sin \alpha$   
 $g^2 t^2 + 2 V_0 \sin \alpha gt + V_0^2 (1 - (2,5)^2) = 0$   
 $gt = -2 V_0 \sin \alpha + 2 V_0 \sqrt{5}$   
 $t = \frac{V_0}{g} \cdot (\sqrt{5} - \sin \alpha) \approx 1,2 \text{ с}$

3)  $L = V_0 x \cdot t = V_0 \cos \alpha \cdot t \approx 4,8 \text{ м}$

Ответ: 1)  $V_0 \cdot \sqrt{5,5} \approx 19,2 \text{ м/с}$

2)  $\frac{V_0}{g} \cdot (\sqrt{5} - \sin \alpha) \approx 1,2 \text{ с}$

3)  $\frac{V_0^2 \cos \alpha}{g} \cdot (\sqrt{5} - \sin \alpha) \approx 4,8 \text{ м}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤  $P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $\eta = 100\%$  1) Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для начального состояния:

$$\rho = 12 / \text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$t = 95^\circ \text{C} \Rightarrow T = 368 \text{ K}$$

состояние:

$$PV = \nu RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} \frac{RT}{M}$$

$$\rho = \rho \frac{RT}{M} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT} \quad \text{исходная плотность пара}$$

$$\rho = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \approx 487 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$\rho \approx 487 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$\eta = \frac{487 \cdot 10^{-3}}{10^3} = 487 \cdot 10^{-6}$$

2)  $P_0 V = \nu RT$

$$(1) \rho V_0 = m_0 \frac{RT}{M}$$

$$(2) \rho \frac{V_0}{j} = m_0 \frac{RT}{M} \downarrow \Rightarrow$$

$$\frac{m_0}{M} = \frac{m_0}{m_{\text{пара}}} \Rightarrow \text{масса воды} =$$

$$= m_0 = m_0 - m_{\text{пара}} = m_{\text{пара}} (j - 1)$$

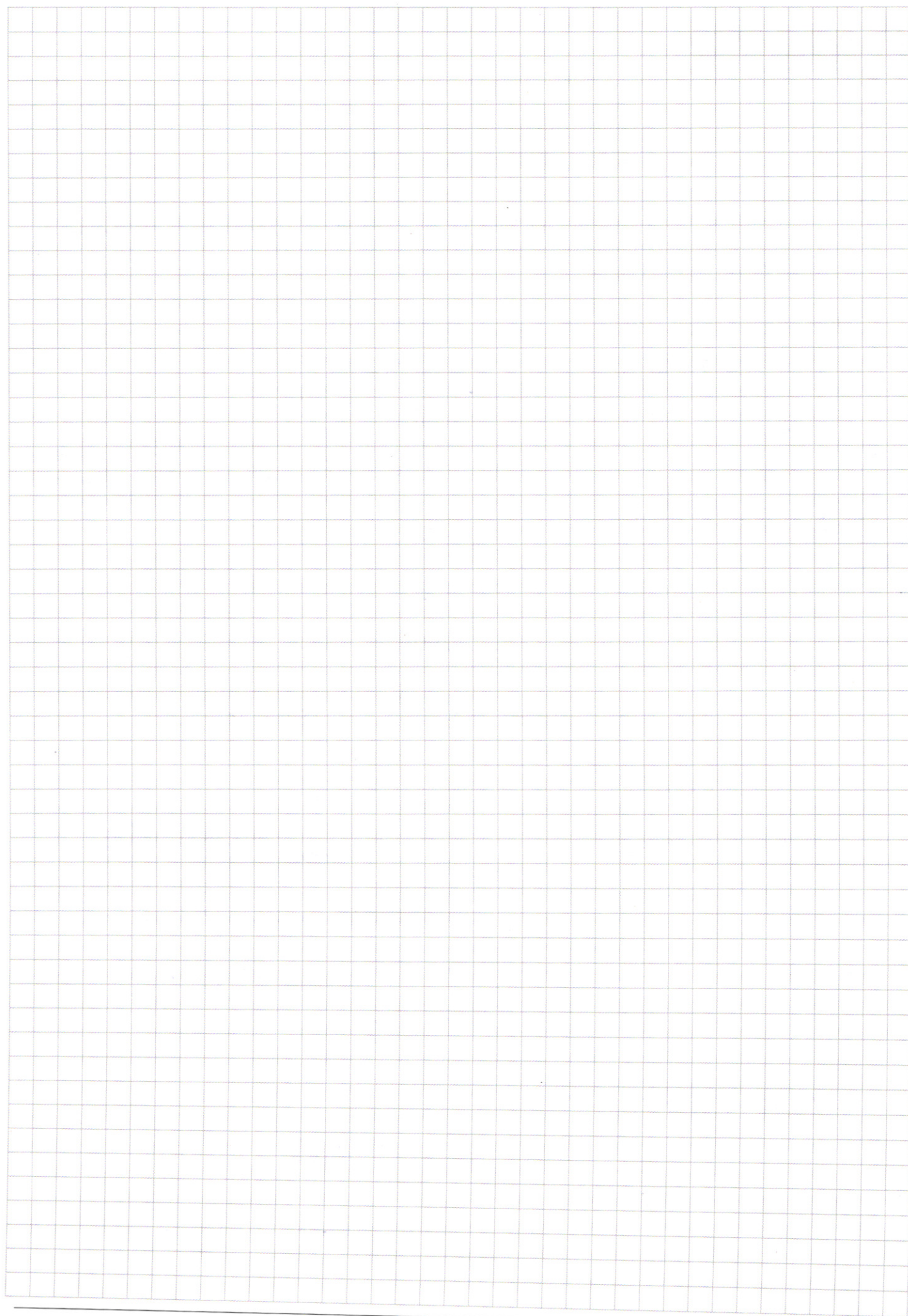
$$\begin{cases} V_{\text{пара}} = \rho_{\text{пара}} \cdot m_{\text{пара}} \\ V_{\text{вод}} = \rho_{\text{вод}} \cdot m_{\text{вод}} \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} = j \cdot \frac{1}{(j-1)}$$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} \approx 72,5 \cdot 10^{-6}$$

Ответ: 1)  $\rho_{\text{пара}} \approx 487 \cdot 10^{-6} = \frac{PM}{RT \cdot j}$

2)  $72,5 \cdot 10^{-6} = \frac{PM}{RT \cdot j} \cdot \frac{1}{(j-1)}$





☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



3)  $m, R,$   
 $\alpha,$   
 $L,$

1)  $F_H - ?$

2)  $\text{vel } F_H - ?$

33

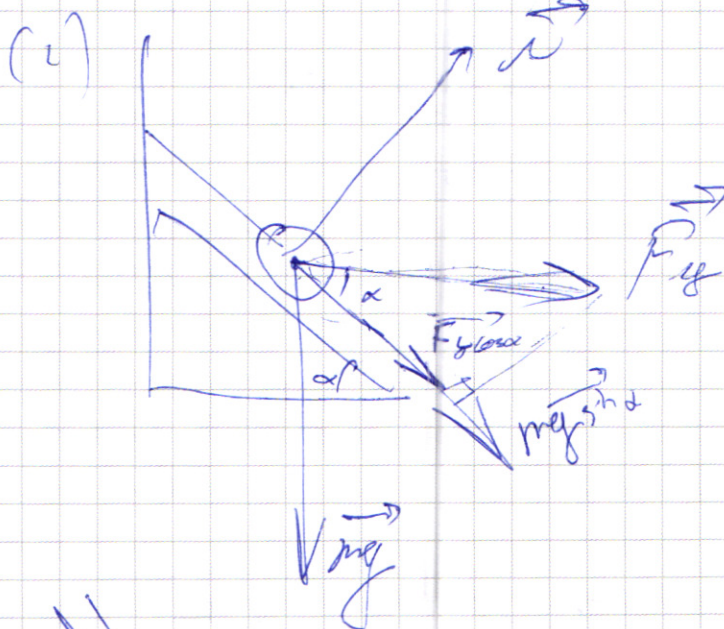
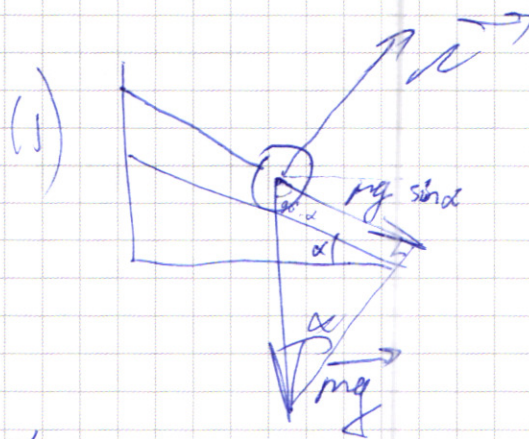
$$F_{H0} = mg \sin \alpha$$

$$F_{H2} = mg \sin \alpha + F_y \cos \alpha$$

$$F_y = \omega^2 R' \cdot m$$

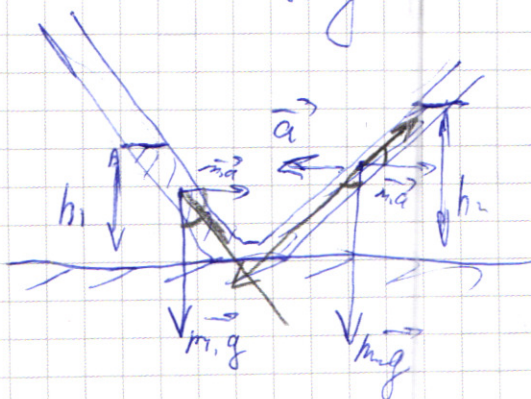
$$R' = (L+R) \cos \alpha$$

$$F_{H2} = mg \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$



4)  $h_1 = 8 \text{ cm}$   
 $h_2 = 12 \text{ cm}$   
 $\alpha = 45^\circ$   
 $a = ?$

$F_1 + F_2 = 0$  - равновесие  
 на косинусе и синусе, тогда



$$\begin{cases} F_1 = m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha \Rightarrow m_1 \cos \alpha (a+g) = m_2 \cos \alpha (g-a) \\ F_2 = m_2 g \cos \alpha - m_2 a \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow \frac{a+g}{g-a} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{12}{8}$$

$$8a + 8g = 12g - 12a$$

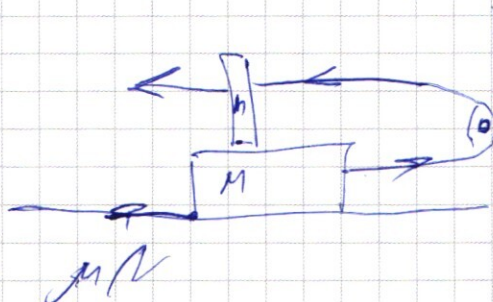
$$20a = 4g$$

$$a = \frac{1}{5}g = 2 \text{ m/s}^2$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)  $S$   
 $m$   
 $M = 5m$



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

2)  $\begin{cases} F_m - T = 0 \\ T - MN = 0 \\ N = (m+M)g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = F_m \\ T = m(M+m)g \end{cases} \Rightarrow F_m = \mu mg \cdot 6$

3)  $S = \boxed{a = \frac{F - 6mg}{5m}}$

$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 5m}{F - 6mg}}$

$V = at = \frac{F - 6mg}{5m} \cdot \sqrt{\frac{10Sm}{F - 6mg}} = \sqrt{\frac{m^2 \cdot 2S}{m}} = \sqrt{2m \cdot 2S} =$

$= \sqrt{\frac{(F - 6mg) 2S}{5m}}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

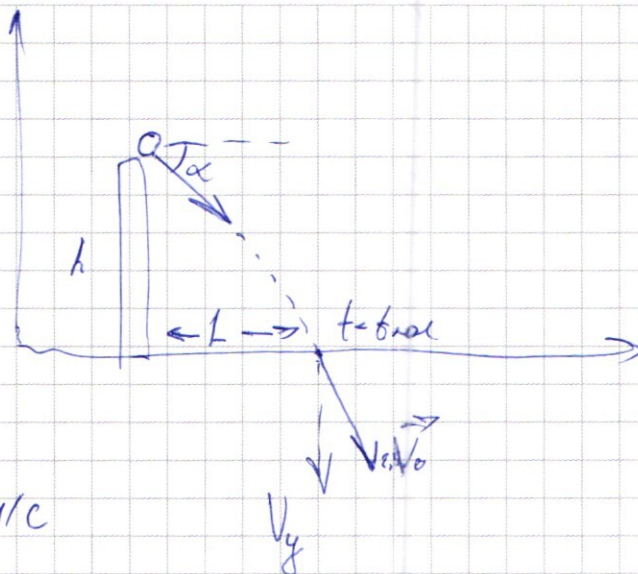
$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$V_k = 2,5 V_0 = 20 \text{ м/с}$$

1)  $V_y$  - ?

2)  $t_{\text{пол}} - ?$

3)  $L - ?$



$$V_{0y} = V_0 \cos \alpha = 4 \text{ м/с}$$

$$V_{0x} = V_k \cos \alpha = V_0 \sin \alpha$$

$$V_k = 2,5 V_0 = \sqrt{V_{0y}^2 + V_{0x}^2} = \sqrt{(V_{0y} + gt)^2 + (V_0 \sin \alpha)^2}$$

$$2(2,5 V_0)^2 = (V_0 \cos \alpha - gt)^2 + (V_0 \sin \alpha)^2$$

$$\begin{cases} 400 = 16 - 80t + 100t^2 + 48 \\ 20t = 9(100 - 16) \\ t = \frac{84}{5} \text{ с} \end{cases}$$

$$2,5 V_0^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$V_0 \cos \alpha - gt = \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \sin \alpha)^2}$$

$$gt = V_0 \cos \alpha - \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \sin \alpha)^2}$$

$$t = \frac{V_0 \cos \alpha - \sqrt{(2,5 V_0)^2 - (V_0 \sin \alpha)^2}}{g}$$

$$t = \frac{48 - \sqrt{400 - 16}}{10}$$

$$t = \frac{48 - 16}{10} = \frac{32}{10} = 3,2 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 425 \\ 25 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 924 \\ 24 \\ \hline 98 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$



$$(2,5 V_0)^2 = (V_0 \cos \alpha - gt)^2 + (V_0 \sin \alpha)^2$$

$$(2,5 V_0)^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha - 2 V_0 \cos \alpha gt + g^2 t^2 + V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$g^2 t^2 - 2 V_0 \cos \alpha gt + V_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha - (2,5)^2) = 0$$

$$gt = a$$

$$a = \frac{2 V_0 \cos \alpha + \sqrt{4 V_0^2 + 4 V_0^2 - 5,75}}{2} \Rightarrow$$

$$a = gt$$

$$\Rightarrow t = \frac{2 V_0 \cos \alpha + 2 V_0 \cdot 2,5}{2g} = \frac{4 V_0 (2,5 + \cos \alpha)}{g} = \frac{3,8}{10}$$

$$(2,5 V_0)^2 = V_y^2 + (V_0 \sin \alpha)^2$$

$$V_y^2 = V_0^2 ((2,5)^2 - \sin^2 \alpha)$$

$$V_y = V_0 \cdot \sqrt{6,25 - 0,75}$$

$$V_y = 8 \sqrt{5,5}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{2,5} \\ 1,5 \\ \hline + 1,25 \\ \hline 6,0 \\ \hline 6,75 \end{array}$$

$$4 V_0 (2,5)$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv^2}{2} + \cancel{\frac{mv^2}{2}} = mgh$$

$$v^2 = \cancel{2}gh$$

$$v_x = v \cos \alpha = \sqrt{gh} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{gh} \cdot \sqrt{0,04 \cdot 10} = 0,2 \sqrt{10} \text{ м/с}$$

5)  $P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$   
 $t = 95^\circ \text{C}$

$$1) \frac{P_n}{P_B} = ?$$

$$PV = \nu RT$$

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

$$\alpha = 100\% \Rightarrow P_0 = P$$

$$\frac{P_n}{P_B} = \frac{\frac{P_n M_n}{RT}}{\frac{P_B M_B}{RT}}$$

$$P_0(100^\circ \text{C}) = 10^5 \text{ Па}$$

$$10^5 = P_1 \cdot \frac{R \cdot 373}{18}$$

$$8,5 \cdot 10^4 = P_2 \cdot \frac{R \cdot 368}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{10}{8,5} = \frac{P_1 \cdot 373}{P_2 \cdot 368}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{368 \cdot 10}{373 \cdot 8,5}$$



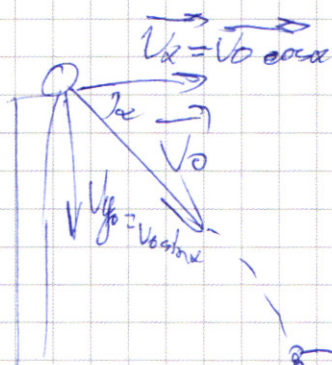
$$\frac{V_n}{V_0} = ?$$

$$\gamma = 4,7 = \frac{V_0}{V_1}$$

$$\rho = 1000 \text{ m/m}^3$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}^2$$

4



$$2,5 V_0 = \sqrt{V_y^2 + V_x^2}$$

$$(2,5 V_0)^2 = V_y^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$V_y^2 = V_0^2 (6,25 - \cos^2 \alpha)$$

$$V_y = V_0 \cdot \sqrt{5,5} \text{ m/s}$$

$$2,5 V_0^2 = (V_{0y} + gt)^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$V_0^2 \cdot (2,5)^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2 V_0^2 \sin \alpha gt + g^2 t^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$g^2 t^2 + 2 V_0 \sin \alpha gt + V_0 (1 - (2,5)^2) = 0$$

$$D = 4 V_0^2 \sin^2 \alpha - 4 V_0^2 (1 - 2,5)^2$$

$$D = 4 V_0^2 (\sin^2 \alpha - 1 + 2,5^2)$$

$$D = 2 V_0^2 \sqrt{6}$$

$$gt = \frac{-2 V_0 \sin \alpha + 2 V_0 \sqrt{6}}{2}$$

$$t = V_0 \left( \sqrt{6} - \frac{\sin \alpha}{2} \right)$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \\ P = \frac{\rho R T}{M} \\ M = 18 \\ T = 368 \text{ К} \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \approx 488 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\eta = \frac{\rho}{\rho_B} \approx \frac{488}{1000} = 0,488$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\frac{m_n}{\rho_n}}{\frac{m_B}{\rho_B}} = \left\{ \begin{array}{l} PV_n = \nu R T \\ PV_B = \nu R T \end{array} \right. \Rightarrow \nu = 4,7 = \nu_1$$

$$z = \frac{m_n}{m_B} \cdot \frac{\rho_B}{\rho_n}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 = m \\ m_n &= m_1 = m_2 = \frac{m}{4,7} \approx \frac{m}{5} \\ m_B &= m_1 - m_2 = m - m = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 4870 \overline{) 677} \\ \underline{469} \phantom{00} \\ 180 \phantom{00} \\ \underline{139} \phantom{00} \\ 40 \phantom{00} \end{array}$$

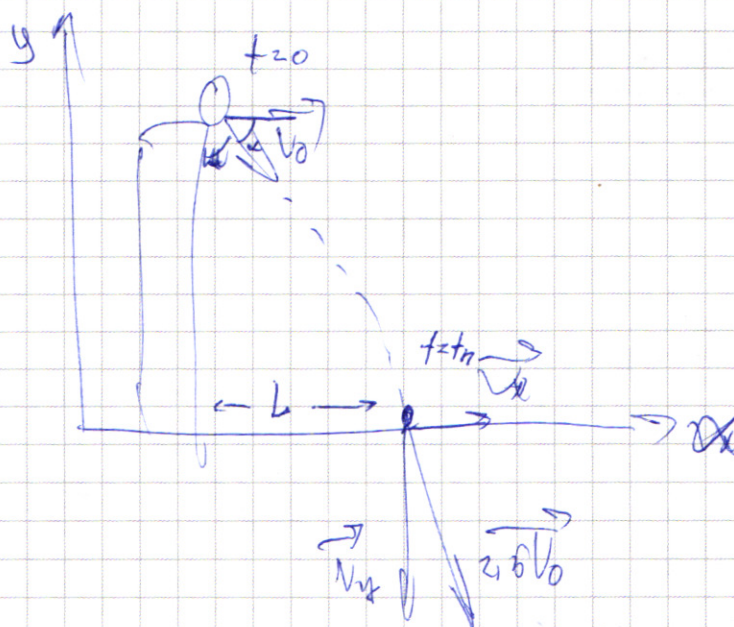


1)  $V_0 = 8 \text{ m/s}$   
 $\alpha = 80^\circ$

2)  $t_n = ?$

3)  $V_y = ?$

4)  $L = ?$



$$(2.5 V_0)^2 = V_y^2 + V_x^2$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$(2.5 V_0)^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 + 2 V_0 \sin \alpha g t + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$g^2 t^2 + 2 V_0 \sin \alpha g t + V_0^2 (1 - (2.5)^2) = 0$$

$$D = 4 V_0^2 \sin^2 \alpha - 4 V_0^2 (1 - (2.5)^2)$$

$$\sqrt{D} = 2 V_0 (5.25 + 0.75) = 2 V_0 \sqrt{6}$$

$$g t = \frac{-2 V_0 \sin \alpha + 2 V_0 \sqrt{6}}{2}$$

$$t = \frac{V_0 (\sqrt{6} - \sin \alpha)}{g}$$

$$\sqrt{6} \approx 2.45$$

$$\sin \alpha \approx 0.86$$

$$t \approx 1.5 \frac{V_0}{g} = 1.2 \text{ s}$$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot 0.5 = 4 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} 1.41 \\ \times 1.73 \\ \hline + 923 \\ + 917 \\ \hline 2.4393 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1.43 \sqrt{2} \\ 1.6 \sqrt{2} \\ \hline 2.26 \end{array}$$