

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

## Вариант 10-01

Класс 10

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/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?

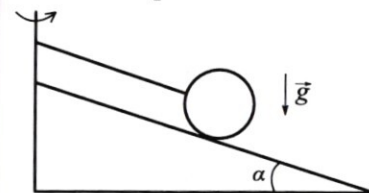
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

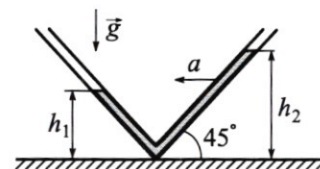


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах  $h_1 = 8$  см и  $h_2 = 12$  см.

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.

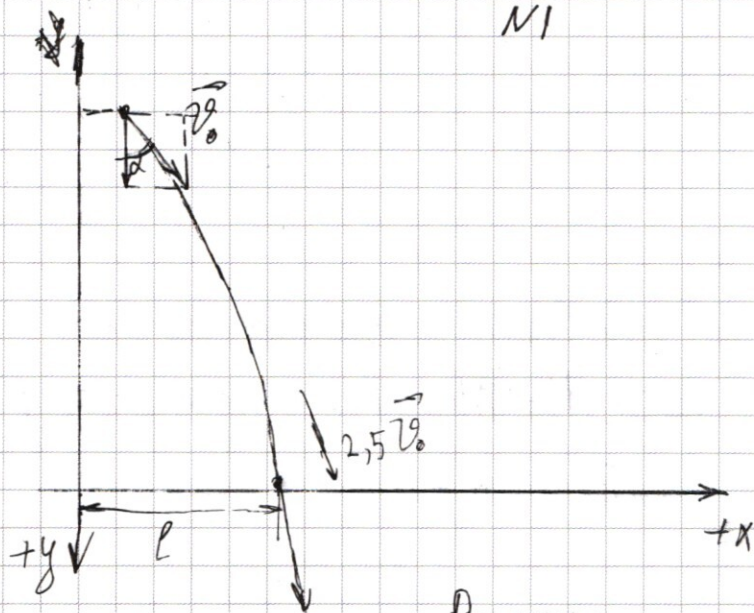
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.

Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Дано:  $v_0 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$v_x = 2,5 v_0$

1)  $v_{ky} - ?$

2)  $t - ?$

3)  $l - ?$

Решение.  
в начальной точке

1) по  $Ox$

$$v_{0x} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$v_{0x} = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

по  $Oy$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \cos 60^\circ$$

$$v_{0y} = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Т.к. при движении  $v_{0x}$  не изменяется, то (по т. Пифагора)

$$v_{ky} = \sqrt{v_x^2 - v_{0x}^2} = \sqrt{400 - 48} = \sqrt{352} = 4\sqrt{22} \approx 4 \cdot 4,7 = 18,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) v_{ky} = v_{0y} + g t \Rightarrow t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g} \Rightarrow t = \frac{18,8 - 4}{10} = 1,48 \text{ с.}$$

$$3) \text{Т.к. } v_{0x} \text{ не изменяется, то } l = v_{0x} \cdot t = 4\sqrt{3} \cdot 1,48 \approx 4 \cdot 1,7 \cdot 1,48 = 10,064 \text{ м} \approx 10,1 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_{ky} = 18,8 \text{ м/с}$ ; 2)  $t = 1,48 \text{ с}$ ; 3)  $l = 10,1 \text{ м}$ .

Дано:

$S$

$m$

$M = 5m$

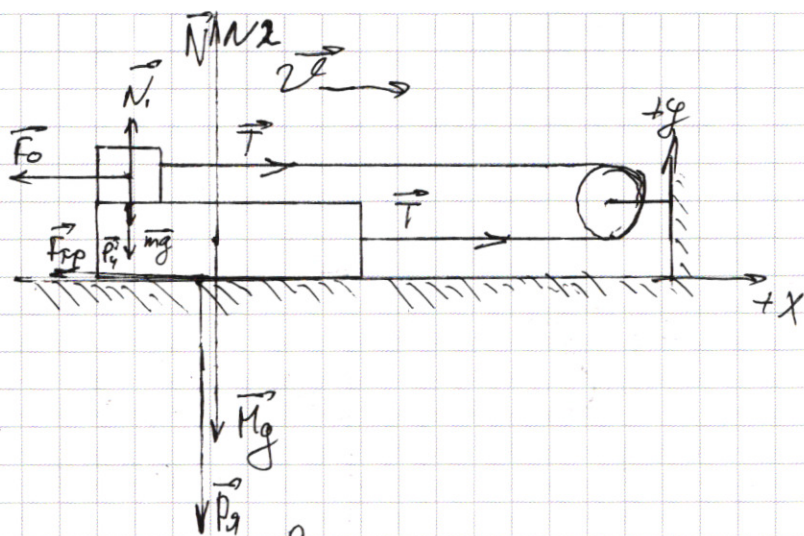
$F > F_0$

$\mu$

1)  $P_x$  - ?

2)  $F_0$  - ?

3)  $v_k$  - ?



Решение.

1) Т.к. про силу трения между человеком и ящиком ничего не сказано, то  $P_1 = mg \Rightarrow P_2 = Mg + P_1 = 5mg + mg = 6mg$   
по 2 закону Ньютона:

$$2) F_0 + \mu N = 2T$$

$$F_0 = 2T - 6\mu mg$$

Т.к. по  $Ox$  на человека действуют силы  $F_0$  и  $T \Rightarrow F_0 = T \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_0 = 2F_0 - 6\mu mg$$

$$F_0 = 6\mu mg$$

3) По 2 закону Ньютона

$$m_{\text{яч}} = F - 2T + 6\mu mg; \text{ подставим } 2T.$$

$$m_{\text{яч}} = F - 6\mu mg$$

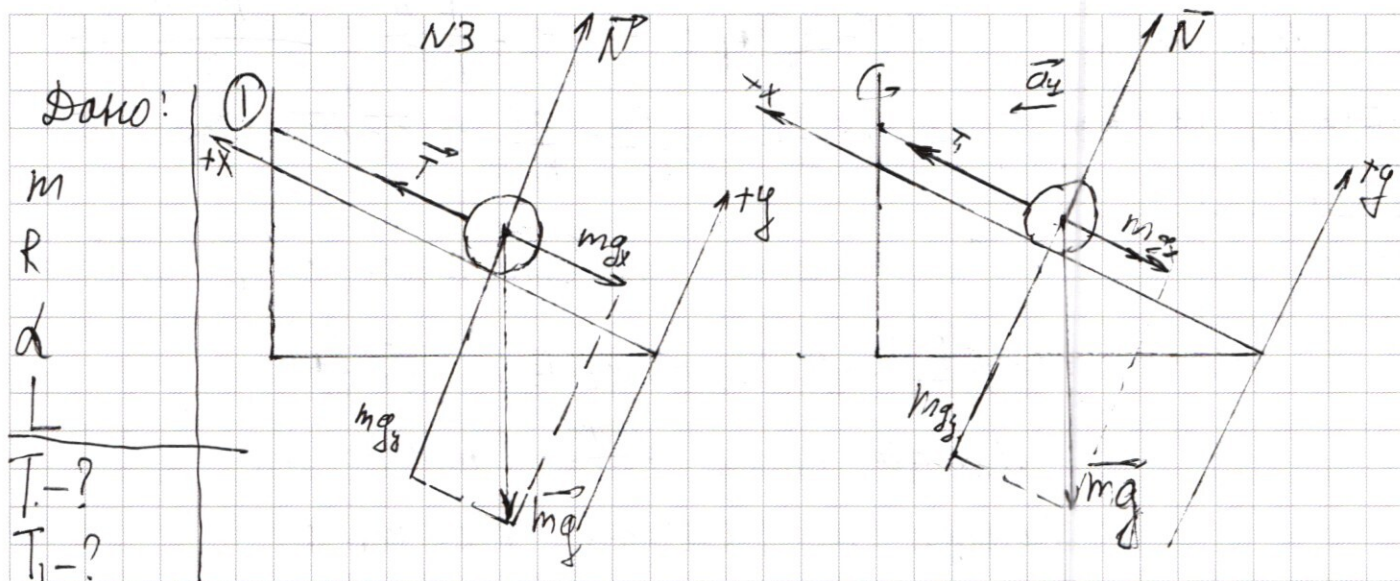
$$a = \frac{F - 6\mu mg}{m}$$

уравнение для равноускоренного движения ( $v_0 = 0$ )

$$2aS = v_k^2 - v_0^2 \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2(F - 6\mu mg) \cdot S}{m}}$$

$$\text{Ответ: } 1) P_2 = 6mg; 2) F_0 = 6\mu mg; 3) v_k = \sqrt{\frac{2(F - 6\mu mg) \cdot S}{m}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

$m$   
 $R$   
 $\alpha$   
 $L$   
 $T_1 - ?$   
 $T_2 - ?$

① по ОХ

$$mg_x = mg \cdot \sin \alpha$$

т.к. система покоится, то  $T = mg_x = mg \cdot \sin \alpha$

② по 2 Закоу Ньютона

по ОХ

$$ma_{gx} = T_1 - mg_x$$

$$a_y = l \cdot \omega^2$$

$$a_{gx} = a_y \cdot \cos \alpha$$

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

$$\left. \begin{array}{l} a_y = l \cdot \omega^2 \\ a_{gx} = a_y \cdot \cos \alpha \end{array} \right\} a_{gx} = l \omega^2 \cdot \cos \alpha = (L + R) \omega^2 \cdot \cos^2 \alpha \Rightarrow$$

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

Ответ: 1)  $T = mg \cdot \sin \alpha$  ; 2)  $T_1 = m \omega^2 (R + L) \cdot \cos^2 \alpha + mg \cdot \sin \alpha$ .

N5

|                                         |                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Дано:                                   | СИ                                              |
| $t = 35^\circ\text{C}$                  | $368^\circ\text{K}$                             |
| $P = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$         |                                                 |
| $\rho_g = 12/\text{см}^3$               | $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$             |
| $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ | $18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ |
| $\gamma = 4,7$                          |                                                 |
| $\frac{\rho_n}{\rho_g} - ?$             |                                                 |
| $\frac{V_n}{V_g} - ?$                   |                                                 |

Решение

по 3. Клапейрона-Менделеева

$$P, V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$P, V_1 = \frac{\rho_g V_1}{\mu} RT \Rightarrow \rho_n = \frac{P, \mu}{RT} = \frac{2,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \frac{\rho_n}{\rho_g} = \frac{0,5}{1000} = \frac{1}{2000} = 0,5 \cdot 10^{-4}$$

Т.к. состояние изотермическое, то  $P_1 V_1 = P_2 V_2$ 

$$\Rightarrow \frac{P_1 V_1}{4,7} = P_2 V_2 \Rightarrow P_1 = \frac{P_2}{4,7} \quad V_2 = \frac{V_1}{4,7}$$

Найдём массу пара в начале  $m_1$  и в конце  $m_2$ , тогда  $m_g = m_1 - m_2$ 

$$m_1 = \rho_n \cdot V_n$$

$$m_2 = \frac{\rho_n V_2}{4,7}$$

$$\text{тогда } m_g = \rho_n \cdot V_n = \frac{\rho_n \cdot V_1}{4,7} \Rightarrow \rho_g V_g = V_n \left( \rho_n - \frac{\rho_n}{4,7} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_g} = \frac{\rho_g}{\rho_n \left( 1 - \frac{1}{4,7} \right)} \Rightarrow \frac{V_n}{V_g} = \frac{\rho_g}{4,7 \rho_n \cdot \frac{3,7}{4,7}} = \frac{\rho_g}{3,7 \rho_n} = \frac{1000}{3,7 \cdot 0,5} = \frac{2000}{3,7} \approx$$

$$V_n = \frac{V_1}{4,7} \approx 545$$

$$\text{Ответ: } \frac{\rho_n}{\rho_g} \approx 0,5 \cdot 10^{-4}; 2) \frac{V_n}{V_g} = 545$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1 = 0,5 V_1$$

$$m_2 = \frac{0,5}{47} V_1$$

$$m_6 = 0,5 V_1 - \frac{0,5 V_1}{42}$$

$$P_6 \cdot V_6 = 0,5 V_1 \left(1 - \frac{1}{42}\right)$$

$$T_6 = \frac{0,5 V_1 \cdot 37}{1000 \cdot 42}$$

$$\frac{V_1}{V_6} = \frac{P_6}{0,5 \cdot \frac{37}{42}}$$

$$\frac{V_1}{V_6} = \frac{2000 \cdot 42}{37} = 2545,45 \approx 2545$$

$$\begin{array}{r} 352 \overline{) 2} \\ \underline{704} \\ 156 \\ \underline{1176} \\ 168 \\ \underline{1344} \\ 188 \end{array}$$

$$4 \cdot 8 \cdot 11$$

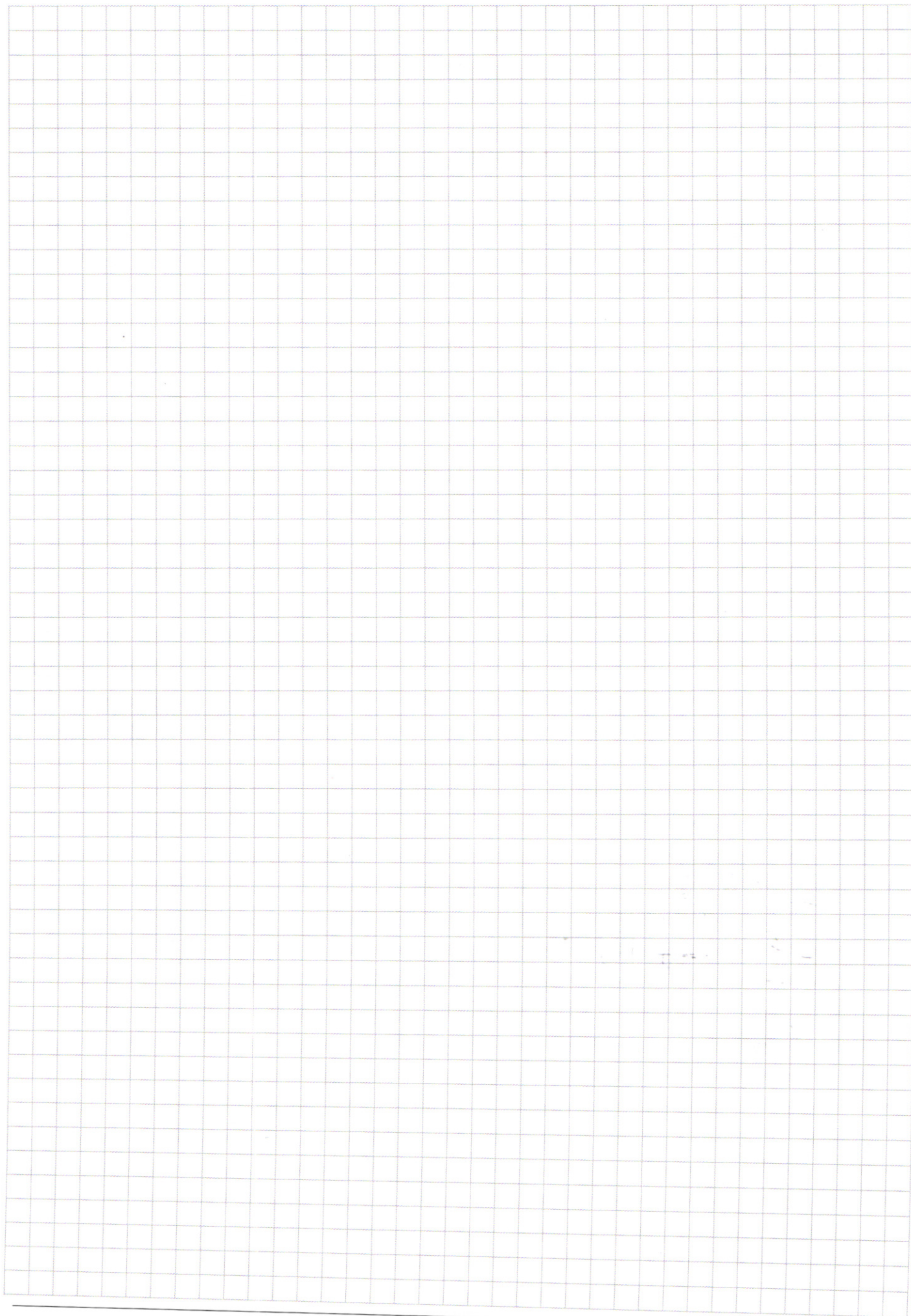
$$\begin{array}{r} 2 \\ 4 \\ 47 \\ \times 42 \\ \hline 329 \\ + 188 \\ \hline 2109 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 47 \\ \times 2 \\ \hline 94 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 254 \\ 40 \\ \hline 9160 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 94000 \overline{) 37} \\ \underline{28} \\ 200 \\ \underline{185} \\ 150 \\ \underline{148} \\ 2 \end{array}$$

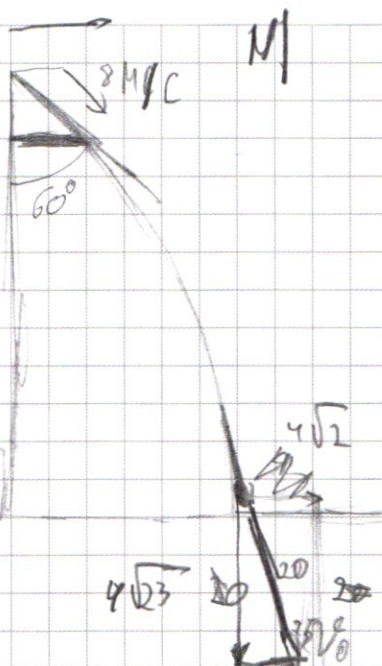
$$\begin{array}{r} 3 \sqrt{352} \\ 3 \sqrt{2} \end{array}$$



☒ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № \_\_\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) 

$8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2}$

$8 \cdot 2.5 = 20$

$\sqrt{400 - 32} = \sqrt{368} = 4\sqrt{23}$

$400 - 48 = 352$

$4\sqrt{23} = 4 \cdot 4.8 = 19.2$

$2) 2gS = 16 \cdot 23 = 368$

$2gS =$

$2) t = 1.52 \text{ c.}$

$3) L = 4\sqrt{2} \cdot 1.52 = 4 \cdot 1.4 \cdot 1.52$

$t = \frac{4\sqrt{23} - 4}{10} = \frac{4(4.8 - 1)}{10} = \frac{4 \cdot 3.8}{10} = 1.52 \text{ c.}$

$L = 5.6 \cdot 1.52 = 8.512 \text{ m} \approx 8.5 \text{ m}$

$v_k = v_0 + gt$

$gt = v_k - v_0$

$t = \frac{v_k - v_0}{g}$

$\sqrt{23} \approx 4.8$

$\sqrt{2} \approx 1.4$

$20000/37$

$185$

$150$

$148$

$200$

$185$

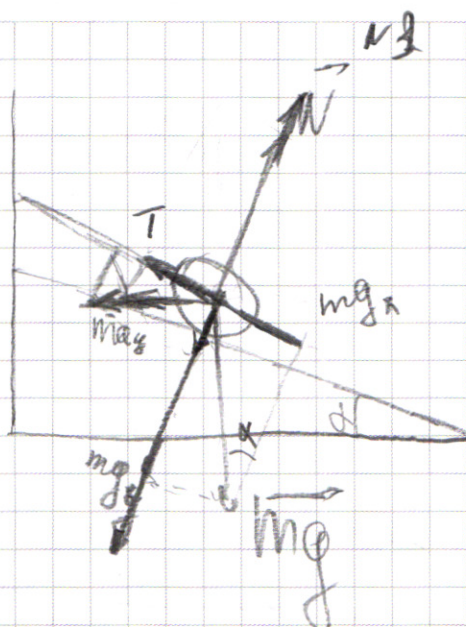
$152$

$56$

$912$

$80$

$8512$



no  $O_x$   $mg_x = mg \cdot \sin \alpha$   
 T.k. uctena porouta,  $T_y$   
 $T = mg_x = mg \cdot \sin \alpha$

no  $\perp$   $3M$ .

$a_s = \omega R$

~~$ma_y = \cos \alpha \cdot T$~~

~~$ma_y \cdot \cos \alpha + T = mg \cdot \sin \alpha$~~

~~$T = ma_y \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$~~

~~$T = m\omega^2 L \cos^2 \alpha$~~

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

~~$ma_{yx} = T - mg_x$~~

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

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

$$\begin{array}{r} 10000 \\ 181 \overline{) 15098} \\ \underline{328} \\ 15098 \\ \underline{27154} \\ 23844 \end{array}$$

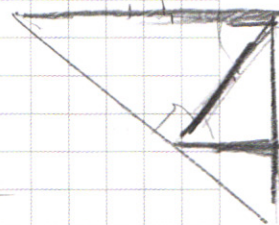
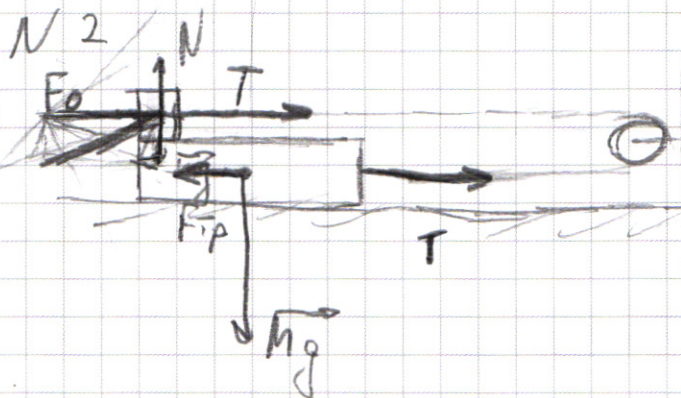
$$\begin{array}{r} 10000 \\ 181 \overline{) 15098} \\ \underline{328} \\ 15098 \\ \underline{27154} \\ 23844 \end{array}$$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

~~$PV = DRT$~~

~~$\rho = \frac{1}{3} m \cdot m_0 \bar{v}$~~

$F_0 = F_0$  - минимальная сила, необходимая для движения



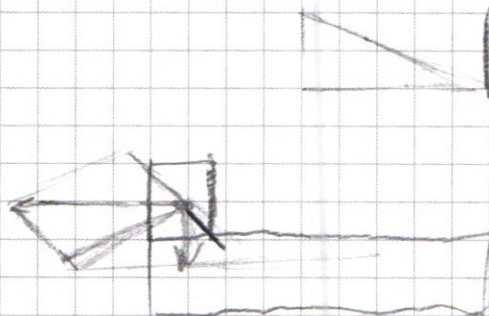
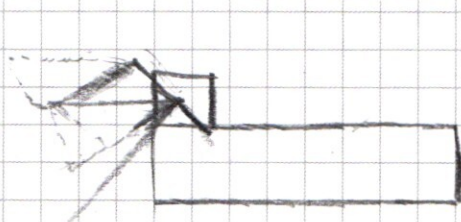
$F_0 = \mu N$

$F_0 = F$

~~$F_0$~~   $N =$

$F_0 + \mu N = 2T$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. про <sup>силу</sup> ~~силу~~ трения между человеком и эскалотом  
ничего не говорится, то можно представить человека и эскалот  
как единый объект, т.е.

$$P_{\Sigma} = Mg + P_0 = 5mg + mg = 6mg$$

$$F_0 + \mu N = 2T$$

$$F_0 = 2T - 6\mu mg$$

$$F_0 = T$$

$$F_0 = 6\mu mg$$

по 2 3Н.

$$ma = F_0 + 2T + 1$$

$$ma = F - 2T + 6\mu mg$$

$$ma = F - 2F_0 + 6\mu mg$$

$$ma = F - 6\mu mg$$

$$a = \frac{F - 6\mu mg}{m}$$

$$2aS = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2} \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2(F - 6\mu mg)S}{m}}$$

~~P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>~~

~~P<sub>2</sub>V<sub>2</sub>~~

$$\frac{P_2 V_2}{4,7} = P_1 V_1$$

$$P_2 = \frac{8,5 \cdot 10^4}{4,7} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 4,7$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\mu} RT$$

$$P_2 = \frac{P_1 \mu}{RT}$$

$$T = 95 + 273 = 368^\circ \text{K}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ 22 \\ \times 368 \\ \hline 831 \end{array}$$

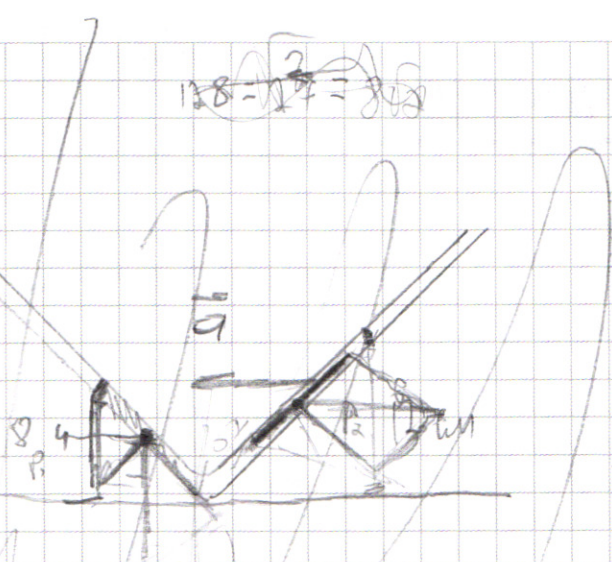
$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 368 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1104 \\ 2944 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

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

$$\frac{95}{1000} =$$

$$= 2000$$



$$m_1 = 2mg - 8mg$$
$$a = 4g$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P =$$

$$P = \frac{P_1}{\mu} RT$$

$$P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$P_1 V_1 = \frac{P_1 V_1}{\mu} RT$$

$$P_1 = \frac{P_1}{\mu} RT$$

$$P_1 = \frac{P_1 \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368}$$

$$= \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{3058,08}$$

$$= \frac{1530}{3058} = \frac{265}{1529} \approx 0,5$$

$$m_1 = 0,5 V_1$$

$$m_2 = \frac{8,5 \cdot V_1}{4,7}$$

$$m_1 - m_2 = m_3$$

$$0,5 V_1 - \frac{5}{4,7} V_1 = m_3$$

$$P_1 \mu$$

$$0,5 V_1 / \mu$$

$$500 / \mu$$