

# Олимпиада «Физтех» по физике, с

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/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  $M = 2m$ . Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом  $\mu$ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

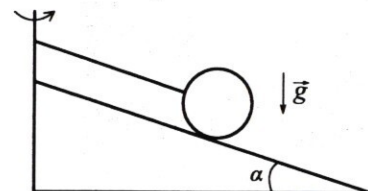
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) 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  $\alpha$  к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной  $L$ , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.

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

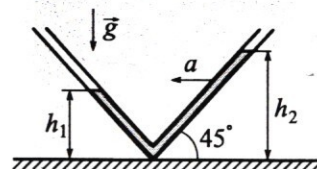


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением  $a = 4$  м/с<sup>2</sup> уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте  $h_1 = 10$  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/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $27^\circ\text{C}$  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/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.

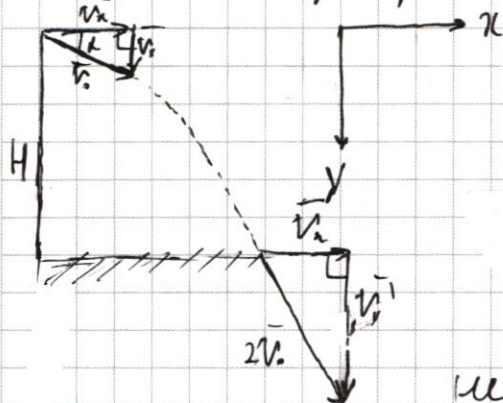




## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.

П.к. сказано, что гайка всё время приближалась к горизонтальной поверхности Земли, то я сделаю вывод, что гайку бросили вниз под  $\angle \alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рис.)



$v_x$  и  $v_y$  - проекции скорости  $v_0$  на оси  $x$  и  $y$  соответственно.

За момент до того как гайка коснется Земли, её скорости по оси  $x$  не изменится и будет равна  $v_x$ ,

проекция по оси  $y$  -  $v_y$ . ( $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ )

1) Для нач. скорости:  $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$ ,  $v_y = v_0 \cdot \sin \alpha$ .

Для конеч. скорости:  $v_y' = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2}$  (по т. Пифагора)

$$v_y' = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2 \cdot \cos^2 \alpha} = v_0 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} =$$

$$= 5 \cdot \sqrt{13} \text{ (м/с)} - \text{верт. комп. } v \text{ гайки при пад. на Землю.}$$

$$2) \bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t, \quad v_y' = v_y + gt, \quad t = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{5 \cdot \sqrt{13} - 5}{10} =$$

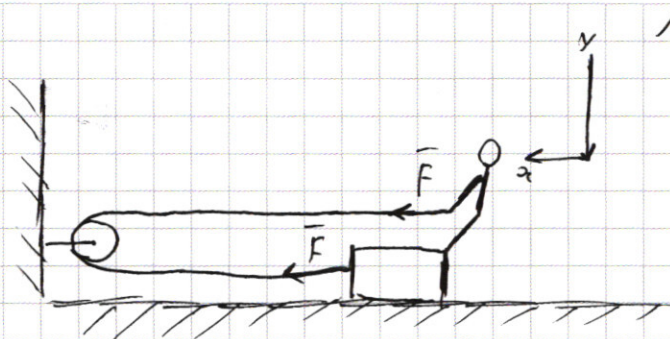
$$= \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{13} - 1) \text{ (с)} - \text{время падения.}$$

$$3) H = \frac{v_y'^2 - v_y^2}{2g} = \frac{25 \cdot 13 - 25}{20} = \frac{25}{20} \cdot 12 = 15 \text{ (м)} - \text{высота}$$

вышки.

ответ:  $\underbrace{5\sqrt{13}}_{\approx 18} \text{ м/с}; \quad \underbrace{\frac{1}{2}(\sqrt{13}-1)}_{\approx 1,3} \text{ с}; \quad 15 \text{ м.}$





№2.

Для человека + блок:

$$x: 2F - F_{\text{тр}} = ma.$$

$$y: N = 3mg.$$

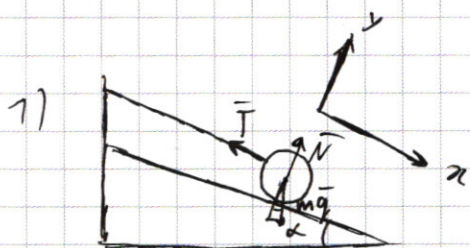
гравитация м.к. верёвка тянёт  
и человека и блок, эти 2 силы

складываются. 1)  $N = 3mg$

$$2) a = 0, 2F_0 = F_{\text{тр}}, 2F_0 = \mu 3mg, F_0 = \frac{3}{2}\mu mg.$$

$$3) a = \frac{2F - 3\mu mg}{m}, a = \frac{s}{t^2}, t = \sqrt{\frac{s \cdot m}{2F - 3\mu mg}}.$$

Ответ: 1)  $3mg$  2)  $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$  3)  $t = \sqrt{\frac{s \cdot m}{2F - 3\mu mg}}$



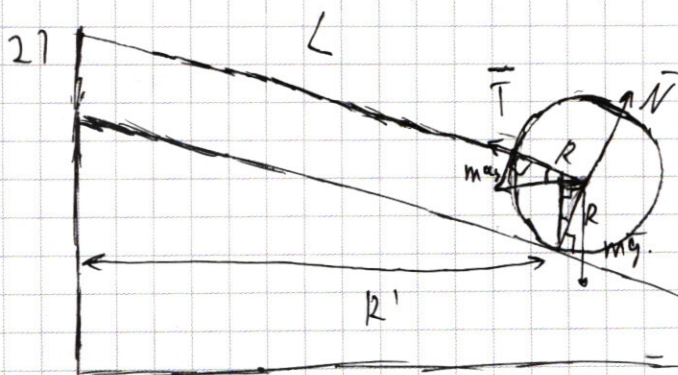
№3.

Для ось x (парал. пов. клина):

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

Для ось y (перпен. пов. клина):

$$N = mg \cdot \cos \alpha - \text{ответ.}$$



$$\text{Для ось } x: T - mg \cdot \sin \alpha = ma \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Для ось } y: mg \cdot \cos \alpha - N = ma_y \cdot \sin \alpha$$

(ось перпендикулярна плоскости к 1)

$$N = m(g \cdot \cos \alpha - a_y \cdot \sin \alpha)$$

$$a_y = \omega^2 \cdot R', R' = L \cdot \cos \alpha - R \cdot \sin \alpha.$$

$$N = m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 \cdot \sin \alpha (L \cdot \cos \alpha - R \cdot \sin \alpha)) - \text{ответ.}$$

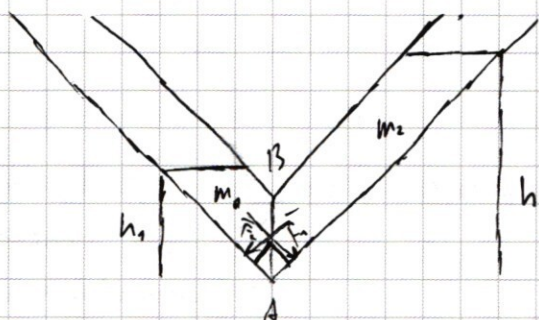
Ответ: 1)  $N = mg \cdot \cos \alpha$  2)  $N = m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 \cdot \sin \alpha (L \cdot \cos \alpha - R \cdot \sin \alpha))$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

1)



Представим будто вода  
это 2 отдельных тела  
 $m_1$  - вода в первой трубке,  
 $m_2$  - вода во второй трубке.

Эти тела разделены линией AB. Одно тело давит на  
другое, они находятся в равновесии.  $F_1 = F_2$ .

$$F_1 = (m_1 g + m_1 a) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}, F_2 = (m_2 g - m_2 a) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g-a}{g+a}, m_1 = h_1 \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho_0, m_2 = h_2 \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho_0$$

$$\frac{h_1 \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho_0}{h_2 \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho_0} = \frac{g-a}{g+a}, \frac{h_1}{h_2} = \frac{6}{14} = \frac{3}{7}, h_2 = \frac{h_1 \cdot 7}{3} = \frac{70}{3} \text{ (см)}$$

2) Конца трубки касаются ежиком с постоянной скоростью,  
вода в правой трубке касается давит на воду в левой трубке:

$$\frac{g}{\sqrt{2}} (m_2 - m_1) = (m_1 + m_2) a, a = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}, \text{ так как}$$

со временем меняются и  $m_1, m_2$ :  $m_1 = \rho_0 \cdot S \cdot (h_1 \sqrt{2} + at)$

$$m_2 = \rho_0 \cdot S \cdot (h_2 \sqrt{2} - at)$$

$$a = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2} h_2 - \sqrt{2} h_1 - 2at}{\sqrt{2} h_2 + \sqrt{2} h_1} = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} - \frac{g \cdot 2at}{2(h_2 + h_1)}$$

$$a \left( 1 + \frac{g}{h_2 + h_1} \right) = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$a \left( \frac{h_2 + h_1 + g}{h_2 + h_1} \right) = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$a (h_1 + h_2 + g) = \frac{g}{\sqrt{2}} (h_2 - h_1), a = \frac{g (h_2 - h_1)}{\sqrt{2} (h_1 + h_2 + g)} \text{ (см. продолжение на стр. 5)}$$



NS.

1)  $p_1 \cdot V_1 = \nu_1 \cdot RT$ ,  $\nu_1 = \frac{m_1}{M}$  - по закону Менделеева-Кло-

$p = \frac{m}{V}$ ,  $V_1 = \frac{\nu_1 RT}{p_1} = \frac{m_1 RT}{p_1 M}$  нейрона газа пар  
 $p_n = \frac{m_1}{V_1} = \frac{m_1 \cdot p_1 M}{m_1 RT} = \frac{p_1 M}{RT}$ ,  $p_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,14 \cdot 300} \approx 0,03$  насосе.  
(кг/м<sup>3</sup>)

$\frac{p_n}{p_0} = \frac{0,03}{1000} = 3 \cdot 10^{-5}$  - ответ.

2)  $p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} \cdot RT$

$p_1 V_2 = \frac{m_2}{M} \cdot RT$  - после стеснения,  $V_2 = \frac{V_1}{5,6}$ ,  $p_1$  то же м.к.  
вода конденсируется,  
пар остаётся насыщенным.

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

$V_n$  оставш. пар -  $\frac{V_1}{5,6}$ ,  $V_6$  оставш. воды:  $\frac{(m_1 - m_2)}{p_0}$ ,  $m_1 = \frac{p_1 V_1 M}{RT}$

$m_1 - m_2 = m_1 - \frac{m_1}{5,6} = m_1 \left(1 - \frac{1}{5,6}\right) = m_1 \cdot \frac{4,6}{5,6}$

$\frac{V_n}{V_6} = \frac{\frac{V_1}{5,6} \cdot p_0}{\frac{4,6}{5,6} m_1} = \frac{V_1 \cdot p_0 RT}{4,6 \cdot p_1 V_1 M} = \frac{p_0 RT}{4,6 \cdot p_1 M}$

$\frac{V_n}{V_6} = \frac{1000 \cdot 8,14 \cdot 300}{4,6 \cdot 3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \approx \frac{10^5}{12}$  - ответ.

Ответ: 1)  $3 \cdot 10^{-5}$  2)  $\frac{10^5}{12}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

Рассчитается это скорость микрометра в трубе непостоянна, как видно из графика, когда мы можем пренебречь ускорением.

$$a \approx \frac{95 \cdot 10^{-3}}{33,3 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot t}$$

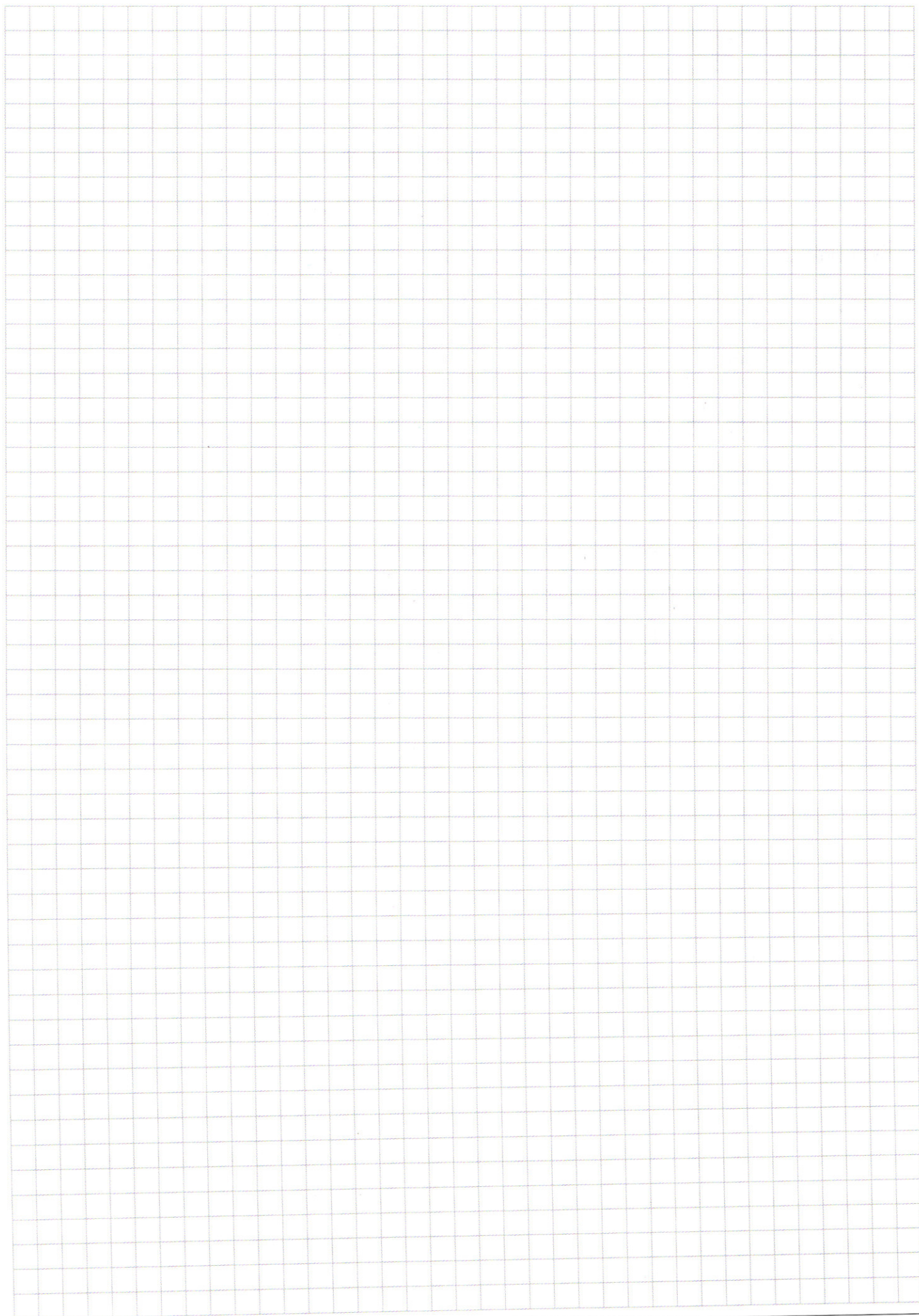
и считать, что  $a$  можно пренебречь если  $a \leq 1 \cdot 10^{-3}$

$$10^{-3} (33,3 \cdot 10^{-3} + 10t) = 95 \cdot 10^{-3}$$

$$t \approx 9,5 \text{ (с)} - \text{ответ, } v = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{2} \cdot 9,5} \approx 10^{-3} \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1)  $\frac{70}{3} \approx 23,3$  см 2)  $9,5 \text{ (с)}, 10^{-3} \text{ м/с.}$





☐ черновик    ☒ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

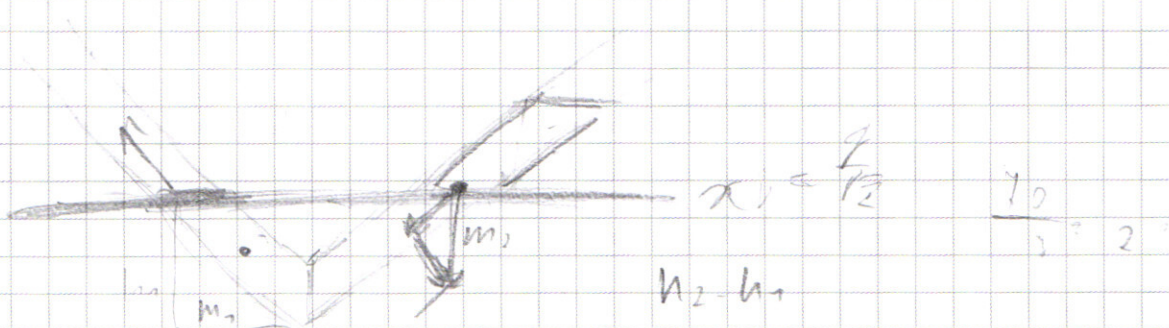
**№1)**  $v_x = v \cdot \cos \alpha$ ,  $v_y = v \cdot \sin \alpha$   
 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$   
 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2v_x$   
 $= \sqrt{2v_x^2 + v_x^2 \cos^2 \alpha} = v_x \sqrt{2 + \cos^2 \alpha}$   
 $= 10 \sqrt{2 + \frac{3}{4}} = 10 \sqrt{\frac{11}{4}} = \frac{10}{2} \sqrt{11} = 5\sqrt{11}$

$v = v_0 + at$   
 $v_0 = v_1 + g t$   
 $t = \frac{v_1 - v_0}{g}$

**№2.**  $N = 3mg$   
 $2F_0 = \mu 3mg$   
 $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$   
 $F = \frac{3 \mu mg}{m} = \frac{3}{4} g$   
 $t = \sqrt{\frac{5 \cdot m}{F - 3 \mu mg}}$

**№3.**  $m_1 g \sin \alpha - \sin \alpha m (g - \omega^2 R)$   
 $\cos \alpha = R \sin \alpha$





$$h_1 - h_2 = h_1 - h_2 \quad m_1 g + m_1 a \quad m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 (g + a) = m_2 (g - a)$$

$$\frac{h_1}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{h_1} \cdot \sqrt{2}$$

$$m_1 = S \cdot h \cdot \sqrt{2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{6}{7} = \frac{3}{2}$$

15:20

15:40

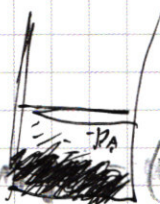
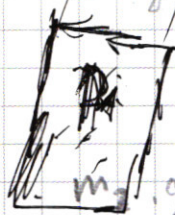
15:50

5

$$(h_2 - h_1) \cdot S \cdot \rho \cdot g =$$

$$\frac{S \cdot h \cdot \sqrt{2}}{S \cdot h_2 \cdot \sqrt{2}} = 1$$

$$(h_2 - h_1) \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot g =$$



$$3h_2 = 7h_1$$

$$h_1 = \frac{3h_2}{7} = \frac{20}{3} \approx 6.67$$

$$(m_1 + m_2) a$$

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

$$\frac{g}{\sqrt{2}} (m_2 - m_1) = (m_1 + m_2) a$$

$$m_2 = h_2 \cdot S \cdot \sqrt{2} \cdot \rho_0 + \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho_1$$

$$a = \frac{g (m_2 - m_1)}{\sqrt{2} (m_1 + m_2)}$$

$$m_1 = \sqrt{2} S \rho_0 (h_1 + a t)$$

$$m_2 = \sqrt{2} S \rho_0 (h_2 - a t)$$

$$a = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{(h_2 - a t - h_1 - a t)}{h_2 + h_1}$$

$$a = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{(h_2 - h_1 - 2a t)}{h_2 + h_1}$$

3,55 · 10<sup>3</sup>

$$3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}$$

$$8,19 \cdot 300$$

$$2,6$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 5 \\ \hline 180 \end{array}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a = \frac{g}{\sqrt{2}} \left( - \frac{2z^+}{h_1 + h_2} \right) + \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$733 \overline{) 74,5} \\ \underline{9,0}$$

$$a \left( 1 + \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{2z^+}{h_1 + h_2} \right) = \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$\frac{14}{9}$$

$$10^{-4}$$

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

$$150 - 126 = 24$$

$$a + \frac{g}{\sqrt{2}} \frac{2 \cdot (h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} =$$

$$a = \frac{g \cdot (h_2 - h_1)}{\sqrt{2} \cdot (h_1 + h_2) + g \cdot 2z^+}$$

$$p_h = m \cdot g$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \frac{m}{M} RT$$

$$p_2 V_2 = p_1 RT$$

$$p = \frac{m}{V} = \frac{M \cdot p}{RT}$$

$$10^5 \text{ Па}$$

$$p = \frac{M}{V} = 73,3$$

$$p_1 V_1 = p_2 RT$$

$$p_2 \frac{V_2}{5,6} = p_1 RT$$

$$2,1$$

$$p_1 \cdot V_1 =$$

$$3$$

$$10 \left( \frac{10}{3} - 10 \right) \cdot 10^5$$

$$\sqrt{2} \left( \frac{10}{3} + 10 \cdot 7 \right)$$

$$10 \cdot 13,3 \cdot 95$$

$$= \frac{95}{33,3 + 10 \cdot 7}$$



$$p_1 \cdot V_1 = \frac{m}{M} \cdot RT$$

$$p_2 \cdot V_2 \cdot x = \frac{m}{M} \cdot RT$$

$$x = \frac{p_2}{p_1} = \frac{10^5}{10^5} = 10^2$$

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT$$

$$p_1 \frac{V_2}{5,6} = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\frac{46}{56} = \frac{28}{28} \cdot \frac{25}{30} = \frac{5}{6}$$

$$\frac{95 \cdot 10^{-3}}{13,30}$$

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

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

$$m_1 - m_2 = m_1 \left( 1 - \frac{1}{5,6} \right) = \left( \frac{4,6}{5,6} \right) m_1$$

$$\approx \frac{5}{6} m_1$$

$$\frac{\frac{V_1}{5,6}}{\frac{m_1 - m_2}{p_2}}$$

$$23,5$$

$$13,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{8,14}{3,55}$$

$$2,3$$

$$10^{-4}$$

$$\frac{95 \cdot 1000 \cdot 300}{2 \cdot 18}$$

$$\frac{3}{12}$$

$$10^{-3}$$

$$10^3 \cdot (33,3 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 1) = 95 \cdot 10^{-3} \cdot 500$$

$$10^4 = 95 - 33,3 \cdot 10^{-3} = 55$$

$$t = \frac{95}{10} = 0,95$$

$$0,095$$

$$55$$