

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

## Вариант 10-02

Класс 10

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

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?

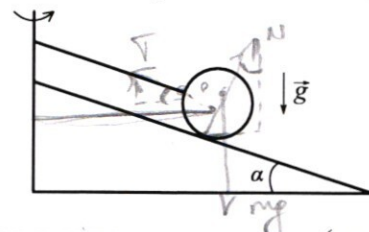
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

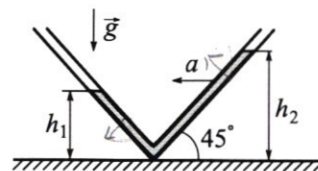


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением  $a = 4$  м/с<sup>2</sup> уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте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

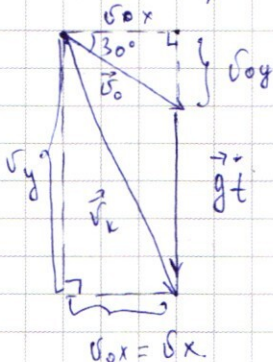
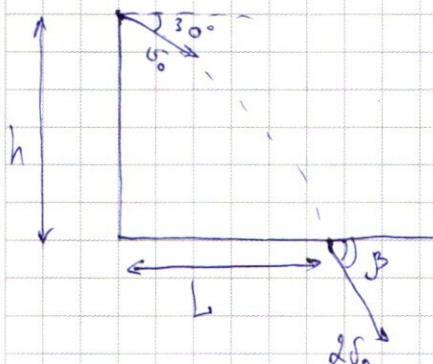
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 5,6$  раза.

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



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.1  $v_k$  - конечная скорость треугольника  
скоростей



$$|\vec{v}_k| = 2|\vec{v}_0|$$

1) Из рисунка видно, что

$$\begin{aligned} v_y &= \sqrt{v_k^2 - v_x^2} = \\ &= \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 30^\circ} = \\ &= 2v_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \\ &= \frac{5\sqrt{3}}{2} v_0 = \frac{5\sqrt{3}}{2} \cdot 5 \text{ м/с} \end{aligned}$$

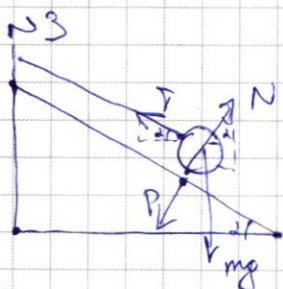
$$2) v_y = v_{0y} + gt; \quad v_y - v_{0y} = t; \quad v_{0y} = v_0 \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{5(\sqrt{3}-1)}{10} \approx \frac{5 \cdot 2,5}{10} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ (с)}$$

$$3) h = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2} = 5 \cdot 1,25 + \frac{10 \cdot 1,25^2}{2} \approx 10,06 \text{ (м)}$$

Ответ: 1)  $5\sqrt{3} \text{ м/с}$ ; 2)  $\frac{(\sqrt{3}-1)}{2} \approx 1,25 \text{ (с)}$ ; 3)  $h = \frac{5}{2}(\sqrt{3}-1) + 5 \frac{(\sqrt{3}-1)^2}{2} \approx 14,06 \text{ (м)}$

$$3) h = \frac{5}{2}(\sqrt{3}-1) + 5 \frac{(\sqrt{3}-1)^2}{2} \approx 14,06 \text{ (м)}$$



$$1) 23 \text{ Н: } \vec{mg} + \vec{N} + \vec{T} = 0$$

$$OY: N \cdot \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$$

$$OX: T \cdot \cos \alpha = N \sin \alpha; T = N \tan \alpha$$

$$N \cos \alpha + N \tan \alpha \cdot \sin \alpha = mg$$

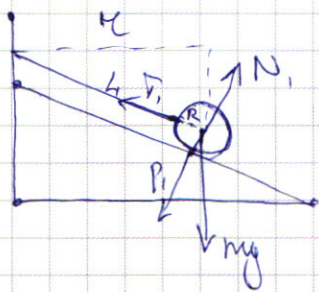
$$N = \frac{mg}{\cos \alpha + \tan \alpha \cdot \sin \alpha} = \frac{mg \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$P = mg \cos \alpha$$

P - сила, с которой шар давит

на клин;

$$|\vec{P}| = |\vec{N}|$$



$\alpha$  - радиус вращения мафа;  $\ell = (L+R) \cos \alpha$   
 $P$  - сила, с которой маф давит на землю  
 $\vec{m}\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N}$   $|\vec{P}| = |\vec{N}|$

$$O Y: T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$O X: T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$$

$$T_1 = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}; (mg - N \cos \alpha) \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$$

$$mg \cos \alpha - N \cos \alpha \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$$

$$a = \omega^2 \ell = \omega^2 \cos \alpha (L+R); \frac{m(g \cos \alpha - a \cos \alpha)}{\cos \alpha \cos \alpha + \sin \alpha} = N,$$

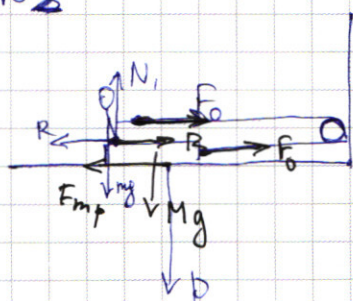
$$m \sin \alpha m (g \cos \alpha - \omega^2 \cos \alpha (L+R)) = N, \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha \sin \alpha m (g - \omega^2 \sin \alpha (L+R))} = N,$$

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

$$\text{Ответ: } 1) P_1 = N_1 = \cos \alpha m (g - \omega^2 \sin \alpha (L+R))$$

$$2) P_2 = N_2 = mg \cos \alpha.$$

№2



$$F_{mp} = N_M = (m+M)g_M$$

$$1) |\vec{P}| = N = (m+M)g - \text{сила, с которой мафа давит на пол}$$

П.к. маф и мафа взаимодействуют со стороны мафа действует только горизонтальная сила  $\Rightarrow$  на мафа действует только горизонтальная сила.

человек на мафа действует сила

$mg$ , мафа на пол  $- mg + Mg$

$$2) \text{ 2ЗН для мафа: } \vec{R} + \vec{F}_0 + \vec{F}_{mp} + \vec{F}_g + \vec{N} = 0.$$

$$O X: R + F_0 - F_{mp} = 0.$$

$$R + F_0 = (m+M)g_M.$$

$$2ЗН для человека: \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_0 + \vec{R} = 0.$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ОХ:  $R = F_0;$

$$2F_0 = (m+M)g\mu$$

$$F_0 = \frac{m+M}{2} g\mu$$

3)  $S = \frac{ax^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \quad 2\text{ЗМ: } M\vec{a} = \vec{F}_{\text{уп}} + \vec{M}_g + \vec{N} + \vec{R}_1 + \vec{F}$

ОХ:  $Ma = -(m+M)\mu g + F + R,$

2ЗМ для человека отн. к леднику:

$$0 = m\vec{y} + \vec{N}_1 + \vec{R}_1 + \vec{F}$$

ОХ:  $R_1 = F$

$$Ma = -(m+M)\mu g + 2F$$

$$a = \frac{2F - (m+M)\mu g}{M}$$

$$t = \sqrt{\frac{2SM}{2F - (m+M)\mu g}}$$

Ответ: 1)  $(m+M)g$  2)  $\frac{m+M}{2} g\mu$  3)  $\sqrt{\frac{2SM}{2F - (m+M)\mu g}}$

25

когда насыщенную пар конденсируется, его масса равна массе воды.

$$1) \rho_n = \frac{m}{V} = \frac{\Delta M}{V} = \frac{\Delta M}{V}; \rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$pV = \Delta nRT; \frac{\Delta}{V} = \frac{p}{RT}; \frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{\Delta M}{V \cdot \rho_B} = \frac{pM}{RT\rho_B} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{355 \cdot 18}{850 \cdot 300 \cdot 1000} =$$

$$= 1,56 \cdot 10^{-5}$$

$$2) \left\{ \begin{array}{l} pV = \Delta nRT \\ p_2 V_2 = \Delta n RT \end{array} \right. \quad \Delta' = \Delta - \Delta_1, \quad \Delta_1 - \text{масса воды в паре}$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_2} = \frac{\Delta}{\Delta - \Delta_1} \quad \rho_B = \frac{\Delta_1 M}{V_B}$$

$$V_{\text{пара}} = \frac{V}{5,6} \quad V_B = V - \frac{V}{5,6}$$

$$\Delta = \frac{pV}{RT} \quad \Delta_1 = \frac{\rho_B V_B}{M}$$

$$\frac{5,6 p}{p_2} = \frac{\frac{pV}{RT}}{\frac{pV}{RT} - \frac{\rho_B V_B}{M}}$$

$$\frac{5,6}{p_2} = \frac{\frac{pV \cdot M}{RT} \cdot \rho_B \cdot V \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)}{M}$$

$$\frac{5,6}{p_2} = \frac{pM - RT \rho_B \cdot \frac{4,6}{5,6}}{M}; \quad p_2 = \frac{5,6(pM - RT \rho_B \cdot \frac{23}{28})}{M}$$

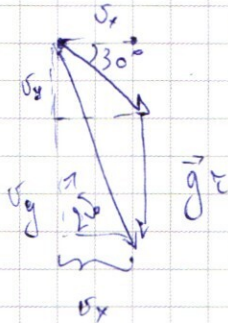
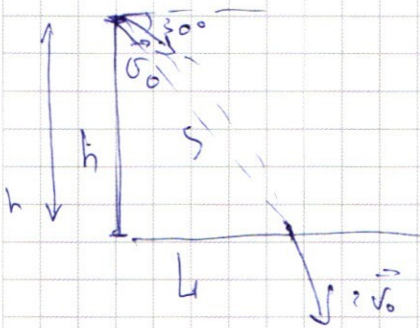
$$p_2 = \frac{5,6 \left( 3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} - 8,31 \cdot 300 \cdot 1000 \cdot \frac{23}{28} \right)}{18 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{\frac{V}{5,6}}{V - \frac{V}{5,6}} = \frac{\frac{1}{5,6}}{\frac{4,6}{5,6}} = \frac{1}{4,6} \approx \frac{10}{46} \cdot \frac{1}{4,5} = \frac{10}{45} = \frac{2}{9} \approx 0,25$$

Ответ: 1)  $56 \cdot 10^{-5}$  2) 0,25

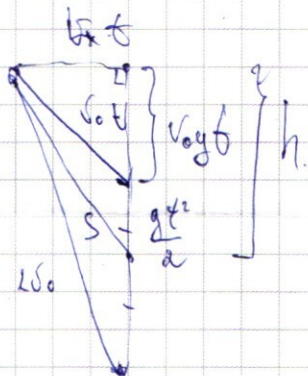
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



$$a) v_y = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_x)^2} = \sqrt{(2 \cdot 10)^2 - (10 \cdot \sin 30^\circ)^2} = 10\sqrt{4 - \frac{1}{4}} = \frac{10\sqrt{15}}{2}$$

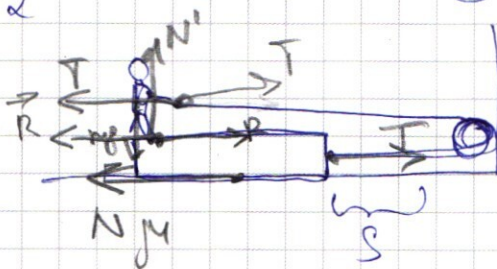
$$b) g t = v_y - v_{y0} = \frac{5\sqrt{15}}{2} - \frac{10\sqrt{15}}{2} = \frac{5\sqrt{15}}{2} - 5\sqrt{15}$$



$$3) v_y = v_{y0} + g t$$

$$S = v_{y0} t + \frac{g t^2}{2} = v_0 \cdot \sin 30^\circ \cdot t + \frac{g t^2}{2}$$

№ 2



$$2) R + T - N_M = 0$$

$$T = R$$

$$2T = (m + M) \mu$$

$$T = \frac{m + M}{2} \mu$$

$$2F - (m + M) \mu = Ma$$

$$2) S = \frac{a t^2}{2} \quad \sqrt{\frac{2S}{a}} = t$$

$$\sqrt{\frac{2SM}{2F - (m + M) \mu}} = t$$

N3

(L); (d) (m) (Rwapa)

1)  $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$   
 OY:  $N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$

OX:  $T \cos \alpha = N \sin \alpha$   $T = N \tan \alpha$

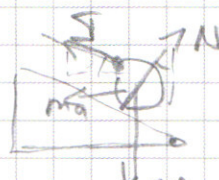
$N \cos \alpha + N \tan \alpha \cdot \sin \alpha = mg$

$N = \frac{mg}{\cos \alpha + \tan \alpha \cdot \sin \alpha}$

$R = L \cdot \cos \alpha$

2)  $a = \omega^2 R$

$\vec{T}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g} = m\vec{a}$



OY:  $T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha = mg$   $T_1 = \frac{mg - N_1 \cos \alpha}{\sin \alpha}$

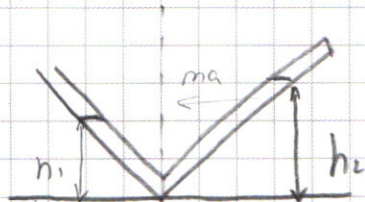
OX:  $T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha = ma$

$(mg - N_1 \cos \alpha) \cot \alpha - N_1 \sin \alpha = ma$

$mg \cot \alpha - N_1 \cos \alpha \cot \alpha - N_1 \sin \alpha = ma$

$m(g \cot \alpha - \omega^2 (L \cdot \cos \alpha)) = N_1 (\cos \alpha \cot \alpha + \sin \alpha)$

N4



$m\vec{a} = pS$

$m_1 a = p_1 S_1$

$m_2 a = p_2 S_2$

$p_1 = \frac{p_{1 \max}}{2} = \frac{h_1 \rho g}{2}$

$p_2 = \frac{p_{2 \max}}{2} = \frac{h_2 \rho g}{2}$

$S_2 = \frac{S_1}{h_1} \cdot h_2$

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

$\frac{m_1 a}{m_2 a} = \frac{p_1 S_1}{p_2 S_2}$   
 $\frac{m_1 \cdot h_1}{m_2 \cdot h_2} = \frac{h_1 \rho g S_1}{h_2 \rho g S_2}$   
 $h_2 = h_1$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho = \frac{m_n}{V_n} = \frac{\rho_0 V_0}{V_n}$$

$$pV = \nu RT$$

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

$$\rho_0 = \frac{\rho_1 M}{V_1}$$

$$\frac{3.55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^3}{300 \cdot 8.31} \quad (2)$$

$$\frac{P_1}{T_1 R} = \frac{V}{V_1} =$$

$$\frac{5.6 P_1}{P_2} = \frac{V}{V - V_1}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = (\nu - \nu_1) R T_1 =$$

$$ma = F$$

$$mg = pS$$

$$\frac{41}{60.8} \approx \frac{8.75}{60} = \frac{1.75}{12}$$

$$\frac{4}{8} = 0.5$$

$$ma = p_1 S \cos 45^\circ \quad S_2 = \frac{S_1}{h_1} h_2$$

$$m_1 a = \frac{h_1 \rho g S_1 \cos 45^\circ}{2}$$

$$m_2 a = \frac{h_2 \rho g S_2 \cos 45^\circ}{2}$$

$$\rho g h_2 - p_1 S \cos 45^\circ = \rho g h_1 + p_2 S_2 \cos 45^\circ$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = p_1 S \cos 45^\circ + p_2 S_2 \cos 45^\circ$$

$$\frac{\rho g (h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ} = \frac{h_1 \rho g}{2} S_1 + \frac{h_2 \rho g}{2} S_1 \frac{h_2}{h_1}$$

$$\frac{2}{\cos 45^\circ} (h_2 - h_1) = S_1 \left( \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1} \right)$$

$$m_1 a + m_2 a =$$

$$56.25 \frac{4}{14.06}$$

$$5.3 + 2.52$$

$$15-$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)