

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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?

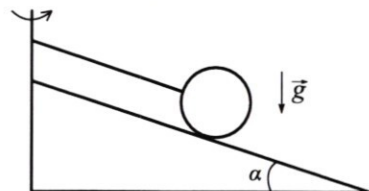
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 F_0 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.

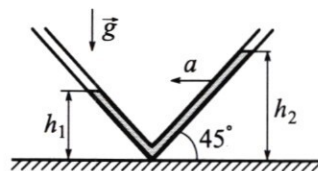


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

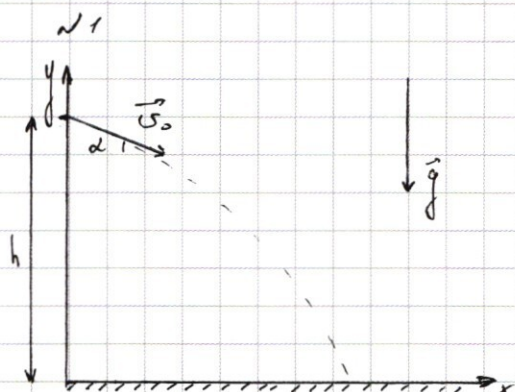


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



$$v_0 = 10 \frac{m}{c}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

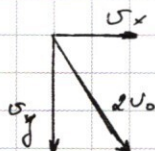
$$\sqrt{13} \approx 3,6$$

① Вертикальная составляющая скорости при падении (v_y)

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

Ускорение g вертикально $\Rightarrow v_x = \text{const}$
 $v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$,
 тогда:



по Т Пифагора:

$$4v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2$$

$$v_y^2 = v_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)$$

$$v_y = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}; v_y = 10 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} =$$

$$= 10 \sqrt{\frac{16-3}{4}} = 10 \frac{\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} =$$

$$= 5 \cdot 3,6 = 18 \frac{m}{c}$$

② Время полёта (t)

$$v_y = v_{0y} + gt \Rightarrow gt = v_y - v_{0y} \quad (\text{до точки падения})$$

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g}; t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$$

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

$$t = \frac{10}{10} \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{3,6 - 1}{2} = \frac{2,6}{2} = 1,3$$

③ Изначальная высота (h)

ЗЦЗ:

$$E_1 = E_2$$

$$mgh + \frac{mv_y^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2};$$

$$gh = \frac{4v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$$

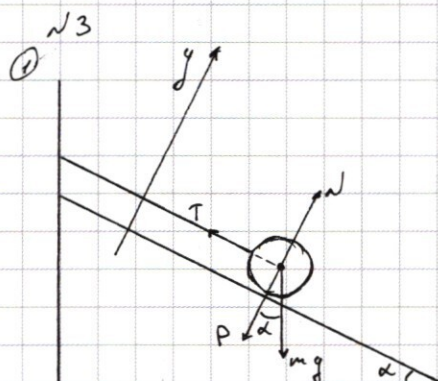
$$gh = \frac{3v_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3v_0^2}{2g}$$

$$; h = \frac{3 \cdot 10^4}{2 \cdot 10} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м}$$

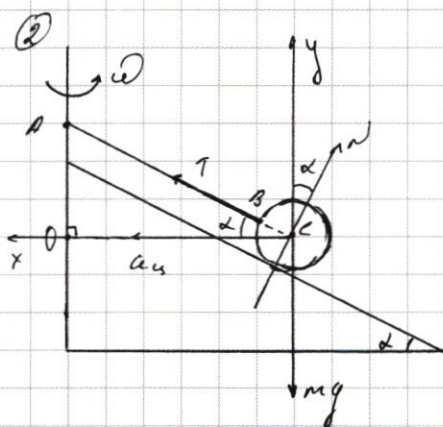
Ответ: 1. $v_y = 18 \text{ м/с}$
 2. $t = 1,3 \text{ с}$
 3. $h = 15 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$(Oy): N = mg \cos \alpha$$

по III з-ну Ньютона $N = P$
 $P = mg \cos \alpha$



$$\begin{aligned} AB &= L \\ BC &= R \end{aligned} \Rightarrow AC = L + R$$

OC - радиус вращения

$$r = OC = (R + L) \cos \alpha, \text{ тогда}$$

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 r = \omega^2 (R + L) \cos \alpha$$

$$(Oy): mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (1)$$

$$(Ox): ma_{\text{ц}} = T \cos \alpha - N \sin \alpha \quad (2)$$

$$\text{Из (1): } T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

подставим это во второе уравне:

$$ma_{\text{ц}} = (mg - N \cos \alpha) \cot \alpha - N \sin \alpha$$

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

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

$$m \omega^2 (R + L) \cos \alpha - mg \cot \alpha = - \left(N \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$mg \cot \alpha - m \omega^2 (R + L) \cos \alpha = N \frac{1}{\sin \alpha}$$

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

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

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

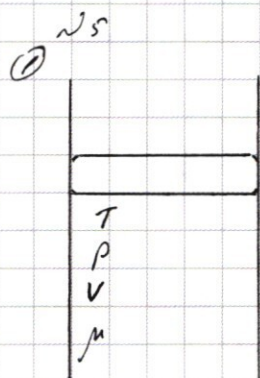
по 2-му закону Ньютона $P = N$

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

Ответ: 1 $P = mg \cos \alpha$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$T = \text{const}$ (т.к. процесс изотермический) $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow$
Пар всегда остаётся насыщенным

$\Rightarrow \rho_n = \text{const}$ (т.к. ρ_n при T определено)

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

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

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

$$\alpha = \frac{\rho_n}{\rho} - ?$$

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

$$P = \frac{m}{\mu V} RT \Rightarrow P = \frac{\rho_n}{\mu} RT$$

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

$$\alpha = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu P}{RT \rho} ; \alpha = \frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = 0,002$$

$$= 2 \cdot 10^{-3}$$

② $\beta = 5,6$ $\beta = \frac{V_n}{V_0} - ?$

$$T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const}$$

$$PV = P_2 V_2, V = 5,6 V_2$$

$$P \cdot 5,6 V_2 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = 5,6 P$$

Пар всегда насыщенным $\Rightarrow P = \text{const}$
(т.к. ρ_n при T определено, $\alpha T = \text{const}$)

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \text{ (изначально)}$$

$$P_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT \text{ (в данный момент)}$$

$$V = 5,6 V_2$$

Изменение массы - масса воды

$$\frac{V}{V_2} = \frac{m}{m_2} \Rightarrow \frac{m}{m_2} = 5,6 ; m = 5,6 m_2$$

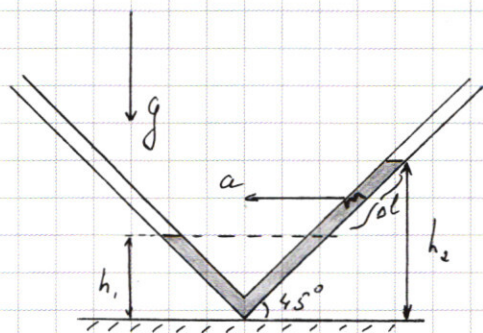
$$V_n = \frac{m_2}{\rho_n}$$

$$V_0 = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{4,6 m_2}{\rho}$$

$$\beta = \frac{m_2}{\rho_n} \cdot \frac{\rho}{4,6 m_2} = \frac{RT \rho}{\mu P \cdot 4,6} ; \rho = \frac{1000}{2 \cdot 4,6} = \frac{10000}{9,2} = 19$$

Ответ: 1. $\alpha = 2 \cdot 10^{-3}$ 2. $\beta = 19$

№4



$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_1 = 0,25 \text{ м}$$

① Масло находится в равновесии
Часть под линией пунктира
уравновешивает саму себя
тогда:

$Ma = mg$, где M - масса всей воды
на чертеже

$$M = \frac{h_1 \cos \alpha}{\rho} \rho g + \frac{h_2 \cos \alpha}{\rho} \rho g$$

$$m = \frac{\cos \alpha (h_2 - h_1)}{\Delta l} \rho g$$

$$a (h_1 \cos \alpha \rho g + h_2 \cos \alpha \rho g) = \cos \alpha (h_2 - h_1) \rho g g$$

$$a (h_1 + h_2) = g (h_2 - h_1)$$

$$a h_1 + a h_2 = g h_2 - g h_1$$

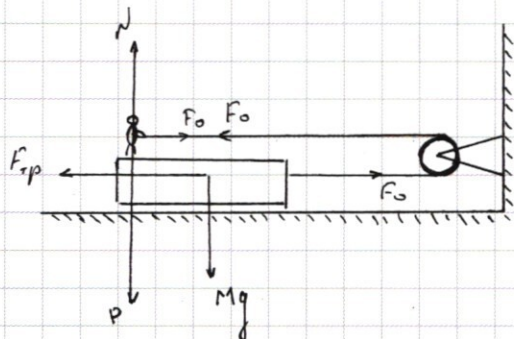
$$h_2 (g - a) = h_1 (a + g)$$

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

$$h_2 = 0,1 \frac{4 + 10}{10 - 4} = 0,23 \text{ м}$$

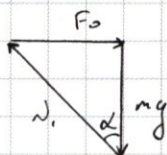
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

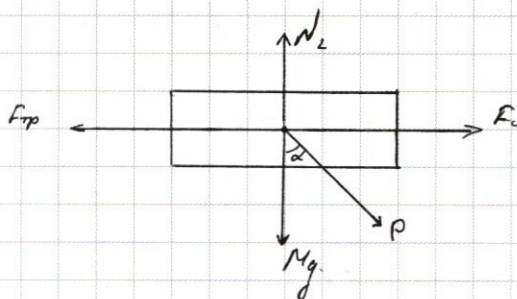


$$\begin{aligned} m \\ M = 2m \\ \mu \end{aligned}$$

человек:



лишук:



$$\begin{cases} mg = N_1 \cos \alpha \\ F_0 = N_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$F_0 = mg / \cos \alpha \cdot \sin \alpha$ По III закону Ньютона $P = N_1$

$$F_0 = mg \tan \alpha$$

$$\begin{cases} F_0 + P \sin \alpha = F_{тр} \\ N_2 = P \cos \alpha + Mg \end{cases}$$

$$mg \tan \alpha + mg / \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \mu mg + \mu Mg$$

$$2 mg \tan \alpha = \mu mg + \mu 2mg$$

$$2 \tan \alpha = \mu 3$$

$$\tan \alpha = \mu \frac{3}{2}$$

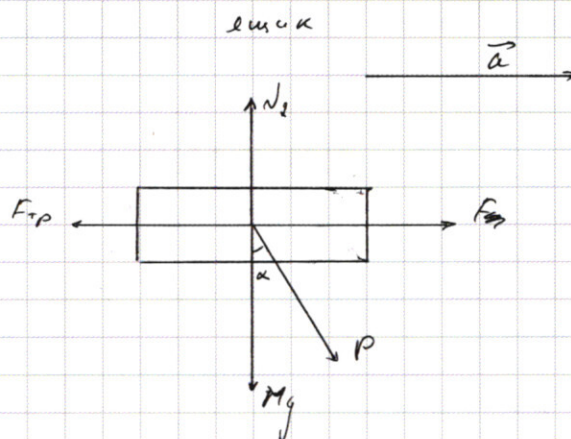
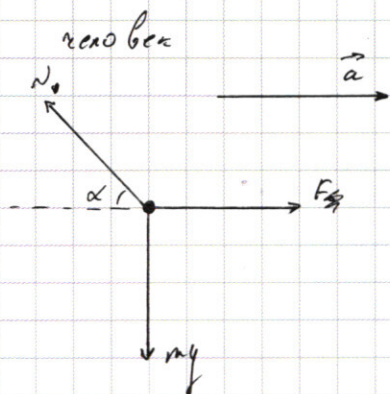
$$N_2 = N_1 \cos \alpha + 2mg = 3mg$$

$$F_0 = mg \cdot \frac{3}{2} = \frac{3mg}{2}$$

① $N_2 = 3mg$

② $F_0 = \frac{3mg}{2}$

③



$$\begin{cases} N_1 \cos \alpha - F = ma \\ N_1 \sin \alpha = mg \end{cases}$$

$\tan \alpha = \mu \frac{3}{2}$, тогда

$N_1 = mg / \sin \alpha$

$mg \tan \alpha - F = ma$

$\frac{3}{2} \mu mg - F = ma$, откуда:

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

$a = \text{const}$

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

$= 2 \frac{\sqrt{sm}}{\sqrt{3\mu mg - 2F}}$

Ответ:

1 $N_2 = 3mg$

2 $F_0 = 3\mu mg / 2$

3 $t = 2 \sqrt{\frac{sm}{3\mu mg - 2F}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 350 \\ 350 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ 122500 \end{array}$$

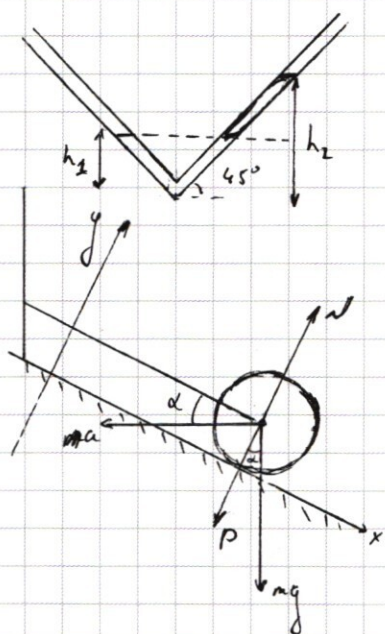
$$\begin{array}{r} \times 3,6 \\ 3,6 \\ \hline 216 \\ 108 \\ 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,6 \\ 3,6 \\ \hline 18,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1296 \mid 831 \\ 1082 \quad 20020 \\ \hline 13400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 2 \\ \hline 1662 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 243 \quad 300k \\ \times 2 \\ \hline 486 \end{array}$$



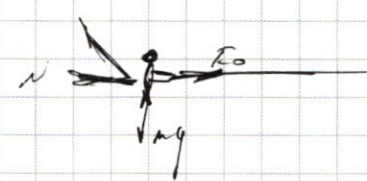
Δh возникает из-за ускорения

$$\frac{56}{10} = \frac{28}{5}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \quad 192 \\ \times 2 \quad 108,6 \\ \hline 20000 \quad 19200 \\ 236 \quad 19 \quad 20 \quad 18 \quad 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 92 \\ \times 6 \\ \hline 552 \end{array}$$

$$N = mg \cos \alpha$$



$$Ma = mg$$

$$(h_1 + h_2) \sin \alpha = (h_2 - h_1) \sin \beta$$

$$(h_1 + h_2) a = (h_2 - h_1) g$$

$$h_1 a + h_2 a = h_2 g - h_1 g$$

$$h_1 (a + g) = h_2 (g - a)$$

$$h = h_1 \frac{a + g}{g - a} = 10 \frac{4 + 10}{10 - 4} = 10 \frac{14}{6} = 23,3$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 3,55 \\ \hline 18 \\ 2840 \\ 355 \\ \hline 0,75390 \end{array}$$

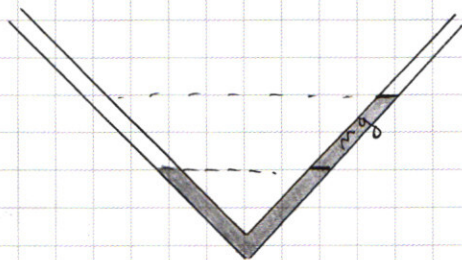
$$5,39 \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{array}{r} 5,39 \mid 3 \\ 3 \quad 1,396 \\ \hline 23 \\ -21 \\ 29 \\ -23 \\ 6 \end{array}$$

$$1,736 \cdot 10^{-2}$$

№ 4

(2)



Два жёлука происходят из-за
силы энергии

Движение начинается по
энергии

$$F_0 = Ma = mg$$