

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/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?

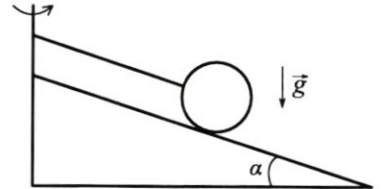
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

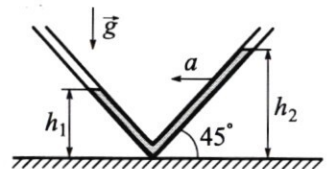


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

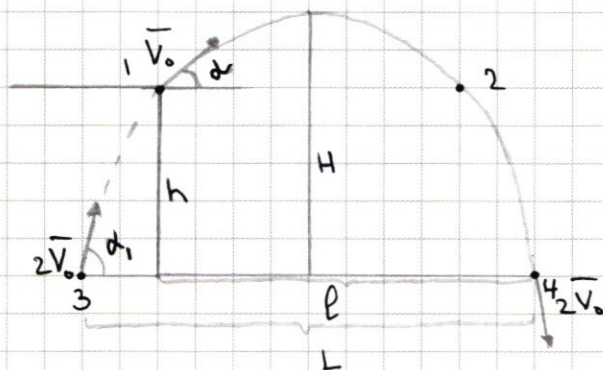
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

1.



Чтобы гайка вылетела от земли, а не от
внешней ~~часть~~ ^{части}, чтобы траектория была такой же
и конечная скорость такая же, надо, чтобы
она вылетела со скоростью $2V_0$ под тем же углом
 α_1 .

1) $V_x = \text{const}$, т.к. $a_x = 0$

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

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y^2 = (16 - 3) V_0^2$$

$$V_y = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0$$

$$V_y = \frac{\sqrt{13}}{2} \cdot 10 \text{ м/с} = (5\sqrt{13}) \text{ м/с}$$

Ответ: ~~$(5\sqrt{13}) \text{ м/с}$~~ или $17,5 \text{ м/с}$ (~~интерпретация~~)

2) $t_{14} = \frac{t_{34} - t_{12}}{2} + t_{12}$

$$y = y_0 + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt}{2} = v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_{34} = \frac{2 \cdot 2 V_0 \sin \alpha_1}{g}$$

$$t_{12} = \frac{2 \cdot V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$V_y = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = \sin \alpha_1 V_0$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{\sqrt{13}}{2}$$

$$t_{14} = \frac{t_{34} + t_{12}}{2} = \frac{2 V_0 \frac{\sqrt{13}}{2} + V_0 \cdot \frac{1}{2}}{g} = \frac{2 \cdot 10 \text{ М/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{2}}{10 \text{ М/с}^2} +$$

$$+ \frac{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \text{М/с}}{10 \text{ М/с}^2} = \sqrt{13} \text{ с} + 0,5 \text{ с} \approx 4,2 \text{ с}$$

Ответ: 4,2 с

3)

$$h_{13} = h_{34} - h_{12}$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$H = \frac{v_0 \sin \alpha t}{2} - \frac{g t^2}{2}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h_{34} = \frac{4 V_0^2 \sin^2 \alpha_1}{2g} = \frac{13 V_0^2}{2g} = \frac{13 \cdot (10 \text{ М/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ М/с}^2} = 65 \text{ М}$$

$$h_{12} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2}{8g} = \frac{(10 \text{ М/с})^2}{8 \cdot 10 \text{ М/с}^2} = \frac{5}{4} \text{ М}$$

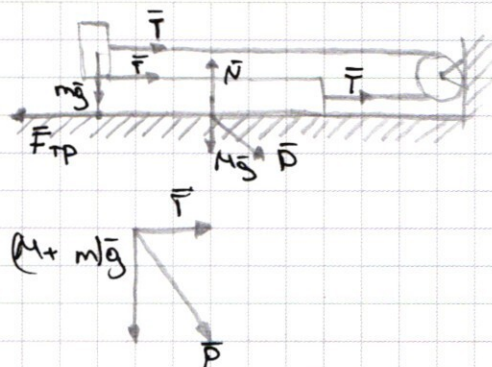
$$h_{13} = 65 \text{ М} - \frac{5}{4} \text{ М} = 63,75 \text{ М}$$

Ответ: 63,75 М

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.

1)



$$P = \sqrt{(m+M)^2 g^2 + T^2}$$

$$F_{\text{тр}} = 2T$$

$$2T = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(m+M)g$$

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

$$P = (m+M)g \sqrt{1 + \frac{\mu^2}{2^2}}$$

$$P = \frac{(m+M)g}{2} \sqrt{4 + \mu^2}$$

Ответ: $\frac{(m+M)g}{2} \sqrt{4 + \mu^2} = \frac{3}{2} mg \sqrt{4 + \mu^2}$

2)

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

Ответ: $\frac{\mu(m+M)g}{2} = \frac{3}{2} \mu gm$

3)

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

$$a = \frac{2S}{t^2}$$

$$S = \frac{a t^2}{2}$$

$$2F + 3\mu mg = \frac{3 \cdot 2Sm}{t^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F + 3\mu mg}}$$

Ответ: $\sqrt{\frac{6Sm}{2F + 3\mu mg}}$

Примерание: $T = F_0$

3.

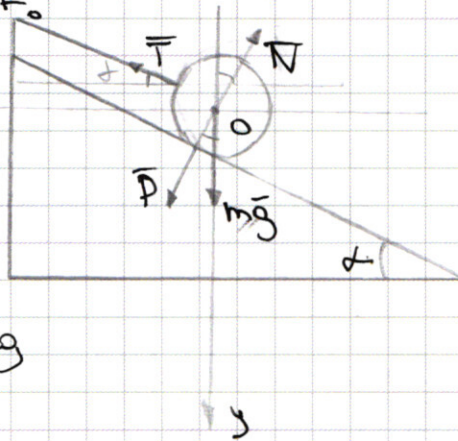
1)

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

$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

$$O_y: T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$O_x: T \cos \alpha = N \sin \alpha$$



$$\begin{cases} T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \\ T \cos \alpha = N \sin \alpha \end{cases}$$

$$T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$\begin{cases} T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} \end{cases}$$

$$(mg - N \cos \alpha) \cos \alpha = N \sin^2 \alpha$$

$$mg \cos \alpha = N = P$$

$$\text{Ответ: } mg \cos \alpha$$

2) Если разбить шар

на много маленьких

кусочков и для

каждого из них рас-

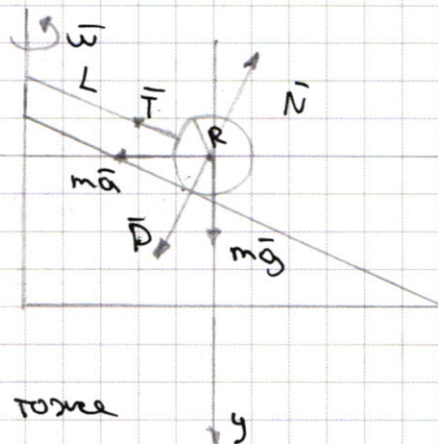
считать 2-ой закон

Ньютона, то окажется тоже

самое, если бы шар был материальной точкой.

Поэтому в задаче будем считать шар материаль-

ной точкой.



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

$$O_x: T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma$$

$$O_y: N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$$

$$\begin{cases} T \cos \alpha - N \sin \alpha = ma \\ N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \end{cases}$$

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$$

$$a = \omega^2 r = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

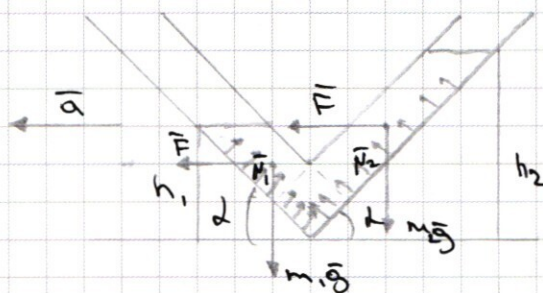
$$\left\{ \begin{array}{l} T = \frac{m\omega^2(L+R)\cos\alpha + N\sin\alpha}{\cos\alpha} \\ N\cos^2\alpha + m\omega^2(L+R)\cos\alpha\sin\alpha + N\sin^2\alpha = mg\cos\alpha \end{array} \right.$$

$$N = \frac{mg\cos\alpha - m\omega^2\sin^2\alpha}{\sin^2\alpha}$$

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

Ответ: $mg\cos\alpha(g - \omega^2\sin\alpha(L+R))$

4.



1)

$$\vec{F} + \vec{N}_1 + m_1\vec{g} = m_1\vec{a}$$

$$\vec{F} + \vec{N}_2 + m_2\vec{g} = m_2\vec{a}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F - \sum N_1 \cos\alpha = m_1 a \\ \sum N_1 \sin\alpha = m_1 g \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F + \sum N_2 \cos\alpha = m_2 a \\ \sum N_2 \sin\alpha = m_2 g \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F - \frac{m_1 g}{\sin\alpha} \cos\alpha = m_1 a \\ F + \frac{m_2 g}{\sin\alpha} \cos\alpha = m_2 a \end{array} \right.$$

$$m_1 a + \frac{m_1 g}{\sin\alpha} \cos\alpha = \frac{m_2 g}{\sin\alpha} \cos\alpha = m_2 a$$

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

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

$$h_2 \approx 20 \text{ cm}$$

Орbeit: wcm

2)

$$\cancel{\Delta E_{\text{pot}}} = E_k$$

$$\frac{m_2 g h_2}{2} = - \frac{m_1 g h_1}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$h_2^2 g - h_1^2 g = (h_1 + h_2) v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{h_2^2 g - h_1^2 g}{h_1 + h_2}}$$

$$v = \sqrt{g(h_2 - h_1)}$$

$$v \approx \frac{1}{3} \text{ m/s}$$

Орbeit: $\frac{1}{3} \text{ m/s}$

$$t = \frac{h_2 - h_1}{v} = 0,15 \text{ s}$$

Орbeit: $0,15 \text{ s} ; \frac{1}{3} \text{ m/s}$

5. 1)

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

$$\rho = \frac{Mp}{RT}$$

$$\frac{\rho_{\text{H}}}{\rho_{\text{O}}} = \frac{17,75}{831 \cdot 10^3}$$

Орbeit: $\frac{17,75}{831 \cdot 10^3}$

2)

$$pV_0 = \frac{m_0}{M} RT$$

$$p \frac{V_0}{5,6} = \frac{m_1}{M} RT$$

$$\Delta m = m_0 - m_1 = \frac{MpV_0}{RT} \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)$$

$$V_0 = \frac{\Delta m}{\rho_0}$$

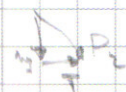
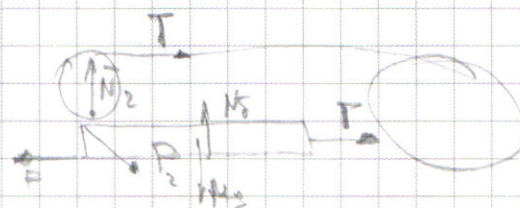
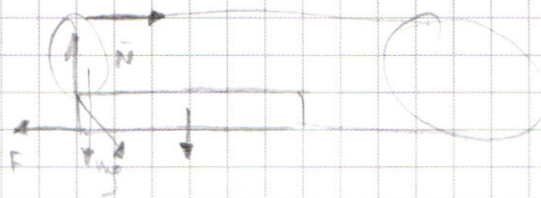
$$V_{\text{H}} = \frac{V_0}{5,6}$$

$$\frac{V_{\text{H}}}{V_0} = \frac{\frac{1}{5,6} \cdot \rho_0}{\frac{Mp}{RT} \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)} \approx 10^4$$

Орbeit: 10^4

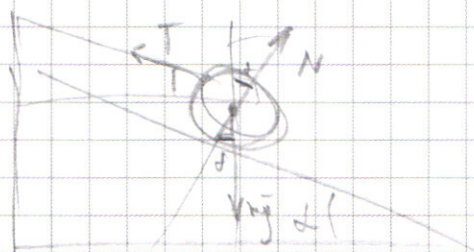
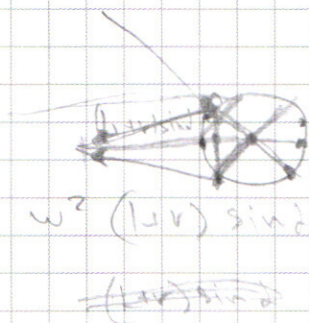
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$T - F_{TP} = 0$$

$$mg + Mg$$

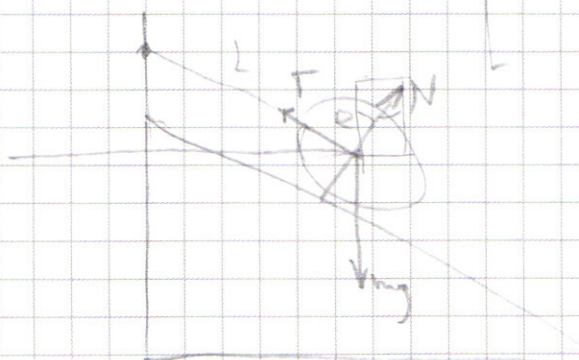


$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

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

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$$



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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h_2^2 g - h_1^2 g = \frac{(h_1 + h_2) v^2}{2}$$

$$\frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{v^2}{g}$$

$$m_2 g h_2 - m_1 g h_1 = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$m_2 g (h_2 - dh) - m_1 g (h_1 + dh) = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$m(h_1 + h_2) = N$$

$$m h_1 = m h_2 = N$$

$$2 \frac{F}{S} + p_1 = p_2$$

$$p_2 - p_1 = F$$

$$p_2 = \rho g h_2$$

$$p_1 = \rho g h_1$$

$$F = \sum N_1 \cos \alpha = m_1 a$$

$$\sum N_1 \sin \alpha = m_1 g$$

$$F - m_1 g \cos \alpha = m_1 a$$

$$F - m_1 g \sin \alpha = m_1 a$$

$$m_1 a + m_1 g \sin \alpha - m_1 g \cos \alpha = m_1 a$$

$$h_1 a + h_1 g \sin \alpha - h_1 g \cos \alpha = h_1 a$$

$$F + \sum N_2 \cos \alpha = m_2 a$$

$$\sum N_2 \sin \alpha = m_2 g$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

$$\rho = \frac{Mp}{RT}$$

$$pV_0 = \frac{m_0}{M} RT$$

$$p \frac{V_0}{5,4} = \frac{m_1}{M} RT$$

$$\Delta m = m_0 - m_1 = \frac{MpV_0}{RT} - \frac{MpV_0}{5,4RT}$$

$$= \frac{MpV_0}{RT} \left(1 - \frac{1}{5,4}\right)$$

$$V_0 = \frac{\Delta m}{\rho}$$

$$\frac{V_0}{5,4}$$

$$\frac{MpV_0}{RT\rho} \left(1 - \frac{1}{5,4}\right)$$

16,61

$$\frac{17,75}{0,31}$$

$$2,47 \cdot \frac{5,4-1}{5,4}$$

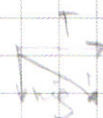
$$\frac{100000}{5,355 \cdot 4,6}$$

$$\frac{8,31 \cdot 1000}{8,31 \cdot 1000}$$

$$T - F_{\text{тр}} = 0$$

$$-M(m+M/g) + F = (m+M) \cdot \frac{25}{12}$$

$$a = \frac{25}{12}$$



$\mu =$

