

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-01

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.

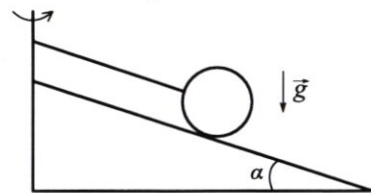
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



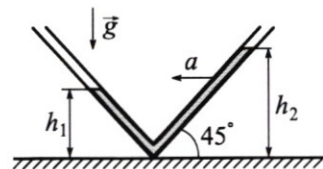
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом 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 натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, 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 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»)?

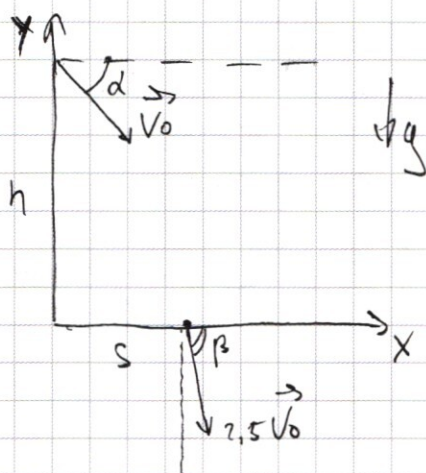
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°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/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



$$S_x = V_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$V_x = V_{0x} + a_x t$$

$$Ox: V_0 \cos \alpha = 2,5 V_0 \cos \beta$$

$$S = V_0 \cos \alpha t$$

$$Oy: 2,5 V_0 \sin \beta = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$H = V_0 \sin \alpha + \frac{g t^2}{2}$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta}$$

$$V_y = 2,5 V_0 \sin \beta = 2,5 V_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \alpha}{2,5}\right)^2} = 2,5 \cdot 8 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{25}} =$$

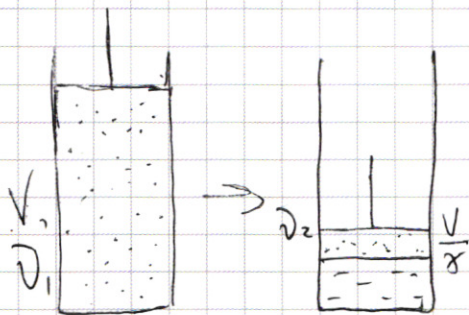
$$= 2,5 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{24}}{5} = 0,5 \cdot 8 \cdot 2 \cdot \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \left(\frac{m}{c}\right)$$

$$t = \frac{2,5 V_0 \sin \beta - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{g} (2,5 \sin \beta - \sin \alpha) = \frac{V_0}{g} \left(2,5 \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \alpha}{2,5}\right)^2} - \sin \alpha\right) =$$

$$= \frac{V_0}{g} \frac{8}{10} \left(2,5 \cdot \frac{\sqrt{24}}{5} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{8}{10} \left(\frac{2\sqrt{6}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) (c)$$

$$S = V_0 \cos \alpha t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) (m)$$

Ответ: $V_y = 8\sqrt{6} \left(\frac{m}{c}\right)$; $t = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) (c)$; $S = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) (m)$



При изотерм. сжатии
нашич. паря его давление
не изменяется

N5.

$$PV = \nu_1 RT$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m_1}{M} RT$$

$$P = \frac{g_n}{M} RT$$

$$P_n = M \frac{P}{RT}$$

$$g_n = \frac{m_1}{V}$$

$$N_1 = \frac{g_n}{g_B}$$

$$N_1 = \frac{M \frac{P}{RT}}{g_B} = \frac{MP}{RT g_B}$$

$$N_1 = \frac{0,018 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,3 \cdot 9,5 \cdot 1000} =$$

$$= \frac{0,18}{95} = \frac{18}{9500} = \frac{9}{4750} \approx 0,001$$

$$P \frac{V}{8} = \nu_2 RT$$

$$N_2 = \frac{\frac{V g_B}{V g_n}}{\frac{m_n}{g_B}} = \frac{g_B}{g_n} \cdot \frac{m_n}{m_B} = \frac{1}{N_1} \cdot \frac{m_n}{m_B}$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{\frac{1}{8}} = 8$$

$$\nu_1 = 8 \nu_2$$

$$\nu_B = \nu_1 - \nu_2 = (8-1) \nu_2$$

$$m_B = M \nu_B$$

$$m_n = M \nu_2$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_B} = \frac{m_n}{(8-1)m_B}$$

$$\frac{m_n}{m_B} = \frac{M \nu_2}{M \nu_B} = \frac{1}{8-1}$$

$$N_2 = \frac{1}{N_1} \cdot \frac{1}{8-1} = \frac{4750}{9} \cdot \frac{1}{3,4} = \frac{47500}{9 \cdot 3,4} = \frac{47500}{30,6} \approx 1552$$

Отвеч: $N_1 \approx 0,001$; $N_2 = 1552$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S = \frac{V_{\max}^2}{2a}$$

$$a = \frac{a_0}{2}$$

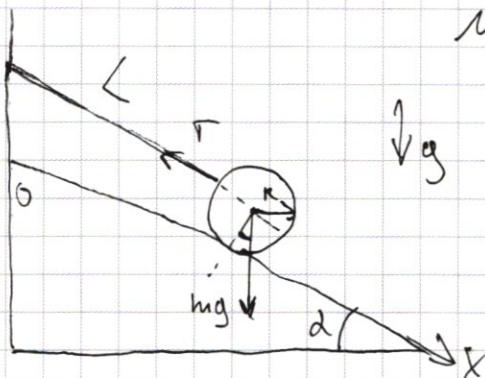
$$S = \frac{V_{\max}^2}{a_0}$$

$$S = \frac{l_1 - l_2}{2} = \frac{h_1 - h_2}{\sin 2}$$

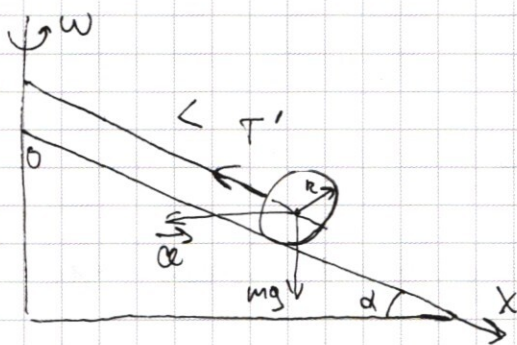
$$V_{\max} = \sqrt{\frac{h_2 - h_1}{\sin 2} \cdot g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} \cdot \sin 2} = \sqrt{g \frac{(h_2 - h_1)^2}{2h_1 + h_2}} = \sqrt{10 \frac{8}{20}} = \sqrt{4} = 2 \left(\frac{m}{c} \right)$$

Ответ: $a = 2 \frac{m}{c^2}$, $V_{\max} = 2 \frac{m}{c}$

№3.



Уч. равновесие: $T = mg \sin \alpha$
ок:



II з. Ньютона:

ок: $mg \sin \alpha - T' = -ma \cos \alpha$

$$a = \omega^2 r$$

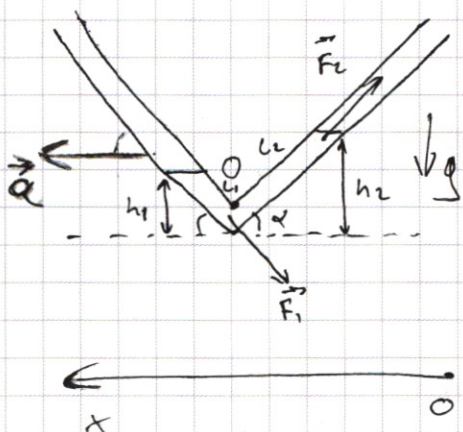
$$r = (L + r) \cos \alpha$$

mg

$$T' = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + r) \cos^2 \alpha$$

Ответ: $T = mg \sin \alpha$, $T' = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + r) \cos^2 \alpha)$

нч.



Перейдем в СО трубки:

разобьем трубку на 2 участка:

на 1-ый действ. сила инерции $\vec{F}_1$

на 2-ой $\vec{F}_2$

Отн. трубки жидкость покоится $\Rightarrow$

запишем $\Rightarrow$ давления обоих участков

в с. О одинаковы.

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} \quad l_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

$$\rho g h_1 + \rho a \cos \alpha l_1 = \rho g h_2 - \rho a \cos \alpha l_2$$

$$\cos \alpha = 1$$

$$\rho (h_2 - h_1) = a (l_1 + l_2)$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{l_1 + l_2} = g \frac{12 - 8}{12 + 8} = \frac{4}{20} g = 0.2 g = 2 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

~~Если внешнее ускорение направлено вправо, то в нашей СО на~~
~~лице будет действовать только инерционная сила.~~

И 3 Ньютона для всей массы.

$$0x: \rho g - \rho g h_1 S + \rho g h_2 S = a_0 (l_1 + l_2) S \cdot \rho$$

$$g(h_2 - h_1) = a_0 (l_1 + l_2)$$

$$a_0 = g \frac{h_2 - h_1}{\frac{l_1}{\sin \alpha} + \frac{l_2}{\sin \alpha}} = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} \cdot \sin \alpha$$

Из формулы видно, что

когда $h_2 = h_1$, то ускорение

равно 0

при $h_2 > h_1$, $a > 0$

при $h_2 < h_1$, $a < 0$

Значит скорость макс. при $h_2 = h_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.

$$P = mg + Mg + F_0'$$

$$P = 5mg + F_0' = 6mg(\mu + 1)$$

$$F_0' = \mu(Mg + mg)$$

$$N = (mg + Mg)$$

$$F_{TP} = \mu N$$

$$F_0 = \frac{F_0'}{2}$$

$$F_0 = \frac{P}{2} = 3mg(\mu + 1)$$

~~F2~~

N2.

ИЗ. ИСХОДКИ.

$$P = 5mg = Mg$$

$$F_0 = \frac{F_{TP}}{2} = 2,5 \mu mg$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu 5mg$$

$$N = P \text{ (ИЗ. ИСХОДКИ)}$$

$$S = \frac{V^2}{2a} \quad 6ma = 2F - F_{TP}$$

$$6ma = 2F - 5\mu mg$$

$$a = \frac{F}{3m} - \frac{5}{6} \mu g$$

$$S = \frac{V^2}{2 \cdot \left(\frac{F}{3m} - \frac{5}{6} \mu g \right)}$$

$$V = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \frac{5}{6} \mu g \right)}$$

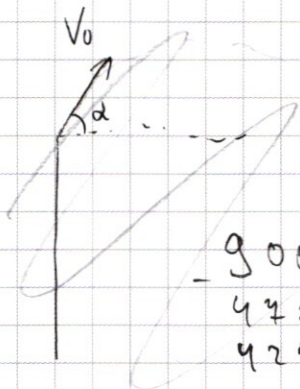
Ответ: $P = 5 \text{ mg}$; ~~$P_0 = 1,5 \text{ mg}$~~ $F_0 = 2,5 \text{ mg}$

$$V = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \frac{5}{6} \mu g \right)}$$

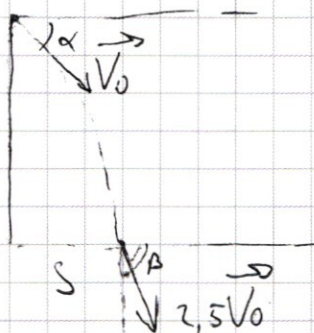
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1.

9.37 =



$$\begin{array}{r|l} 9000 & 4450 \text{ h} \\ 4450 & \hline 4250 & 0,0010 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} \downarrow g \\ 6 \\ \times 37 \\ 9 \\ \hline 333 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 44500 & 333 \\ 333 & \hline 1420 & 142 \\ -1332 & \\ \hline 880 \end{array}$$

$$h = V_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$S = V_0 \cos \alpha t$$

$$V_0 \cos \alpha = 2,5 V_0 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5} = \frac{\frac{1}{2}}{2,5} = \frac{1}{5}$$

$$V_0 \sin \alpha - V_0 \sin \beta = V_0 \cos \alpha + V_0 \sin \alpha + gt$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} =$$



$$p_n = \frac{m_n}{V_n} \quad N = \frac{p_n}{p_b} =$$

$$pV = \nu RT$$

$$p_1 \frac{V}{\gamma} = \nu_2 RT$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{\frac{1}{\gamma}} = \gamma$$

$$\nu_1 = \gamma \nu_2$$

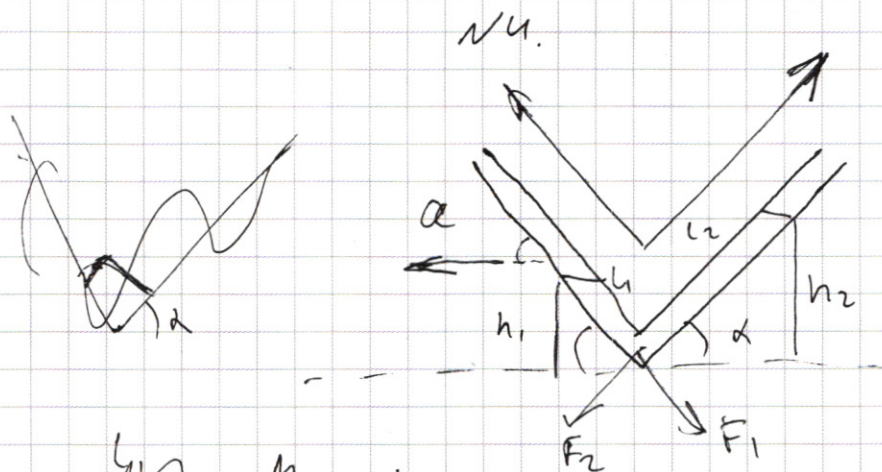
$$\nu_1 - \nu_2 = \nu_6$$

$$pV = \nu RT$$

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

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

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



$$\frac{l_1}{h_1} \approx$$

$$\frac{h_1}{l_1} = \sin \alpha$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}$$

$$l_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

$$P = \rho g h_1 + \rho a \cos \alpha l_1 = \rho g h_2 - \rho a \cos \alpha l_2$$

$$\cancel{\rho g h_1} + \cancel{\rho a h_1 \tan \alpha} = \cancel{\rho g h_2} - \cancel{\rho a h_2 \tan \alpha}$$

$$g h_1 + a h_1 \tan \alpha = g h_2 - a h_2 \tan \alpha$$

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

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

$$\rho l_2 \sin \alpha - \rho l_1 \sin \alpha = a_0 \rho (l_1 + l_2)$$

$$(l_2 - l_1) \sin \alpha = a_0 (l_1 + l_2)$$

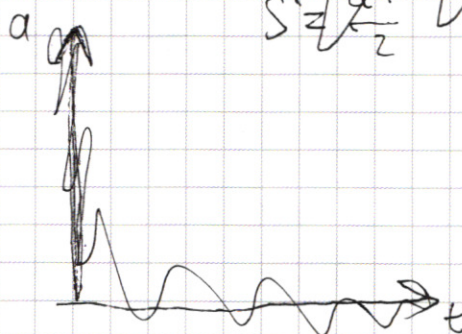
$$a_0 = \frac{(l_2 - l_1) \sin \alpha}{l_1 + l_2}$$

$$S = \frac{V_0^2}{2a}$$

$$V_x = a t$$

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

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



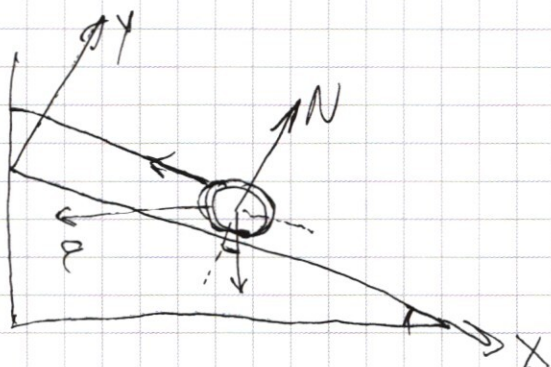
$$\sqrt{2aS} = V_{max}$$

$$a = \frac{a_0}{2}$$

$$V_{max} = \sqrt{a_0 S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$(m + m_g)$~~



$$T = mg \sin \alpha$$

$$a = \omega^2 R = \omega^2 L \cos \alpha$$

~~$R =$~~

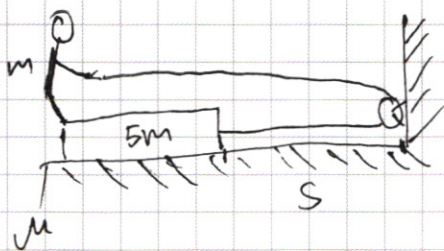
~~$\cos \alpha =$~~

$$\cos \alpha = \frac{R}{L}$$

$$mg \sin \alpha - T' = -a \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha + a \cos \alpha = mg \sin \alpha + \omega^2 L \cos \alpha$$

N2.



$$6mg(m+1) = P$$

$$F = \mu P$$

V_A

V_{max}

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

$$F - m6mg(m+1) = 6mg a$$

$$\frac{F}{6mg} - m(m+1)g = a$$

$$V = \sqrt{2S \cdot \left(\frac{F}{6m} - m(m+1)g \right)}$$