

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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?

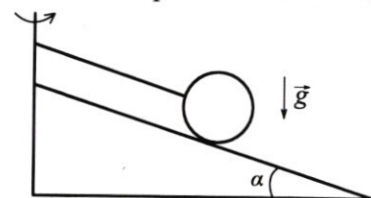
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

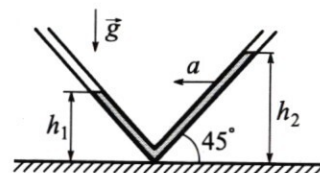


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

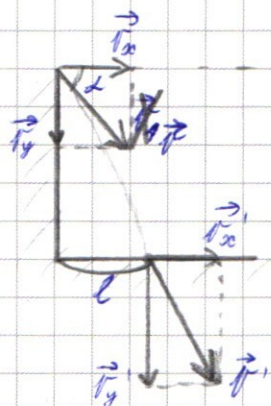
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Камень все время приближался к Земле, значит он был брошен вниз:



$$v_x = v \cos \alpha = v_0 \cdot \cos 60^\circ = \frac{v_0}{2}$$

$$\begin{aligned} v_y'^2 + v_x'^2 &= v'^2 \Rightarrow v_y' = \sqrt{v'^2 - v_x'^2} = \\ &= \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{6,25 v_0^2 - 0,25 v_0^2} = v_0 \sqrt{6} \approx \\ &\approx v_0 \cdot 2,45 = 8 \cdot 2,45 = 4 \cdot 4,9 = 19,6 \text{ (м/с)} \end{aligned}$$

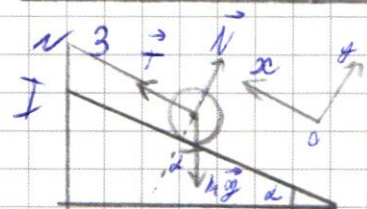
$$t = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \sin 60^\circ}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} \approx$$

$$\approx \frac{v_0 (2,45 - \frac{1,73}{2})}{g} = \frac{v_0 (2,45 - 0,865)}{g} = \frac{v_0 (1,585)}{g} =$$

$$= \frac{8}{10} (1,585) = \frac{4}{10} (3,17) = \frac{12,68}{10} = 1,268 \text{ (с)}$$

$$l = v_x \cdot t = \frac{v_0}{2} \cdot \cancel{v_0} \cdot t = \frac{8}{2} \cdot 1,268 = 4 \cdot 1,268 = 5,072 \text{ (м)}$$

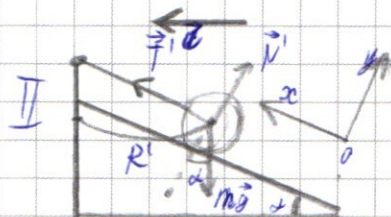
Ответ: $v_y' = 19,6 \text{ м/с}$, $t = 1,27 \text{ с}$, $l = 5,07 \text{ м}$



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

$$Ox: T - mg \sin \alpha = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$



$$II: \vec{T}' + \vec{N}' + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$Ox: T' + 0 - mg \sin \alpha = m a \cos \alpha$$

$$T' = m a \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

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

$$\text{Ответ: } T = mg\sin\alpha, \quad T' = m(\omega^2(L+R)\cos^2\alpha + g\sin\alpha)$$

~ 5

Пар насыщеный, значит в процессе сжатия его плотность и давление постоянны.

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

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

$$\frac{p\mu}{RT} = \frac{m}{V} = \rho_n \Rightarrow \rho_n = \frac{p\mu}{RT} \Rightarrow \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{p\mu}{p_0 RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$= \frac{17 \cdot 90}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 368} = \frac{17 \cdot 9}{831 \cdot 368} \approx 5,66 \cdot 10^{-4}$$

Общая масса воды в цилиндре постоянна. Пусть V_n - объем пара к моменту, когда объем пара уменьшился в $\gamma = 4,7$ раза:

$$\gamma V_n \rho_n = V_n \rho_n + \rho_0 V_0$$

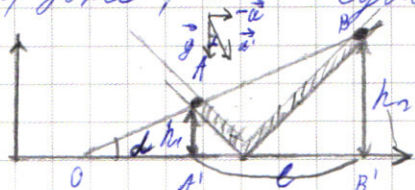
$$V_n \rho_n (\gamma - 1) = \rho_0 V_0$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho_n (\gamma - 1)} = \frac{1}{5,66 \cdot 10^{-4} \cdot 3,7} = \frac{10^7}{20000} \approx 540,5 \quad 477,5$$

$$\text{Ответ: } \frac{\rho_n}{\rho_0} = 5 \cdot 10^{-4}, \quad \frac{V_n}{V_0} = 540,5$$

~ 4

Возьмем систему отсчета, связанную с пружиной. Пусть AB - отрезок, соединяющий поверхности воды в трубке, $\vec{a}'$ - суммарное ускорение. $\vec{a}' = \vec{g} - \vec{a}$, $\vec{a}' \perp AB \Rightarrow \begin{cases} g = a' \cos\alpha \\ a = a' \sin\alpha \end{cases} \Rightarrow a = g \cdot \tan\alpha$

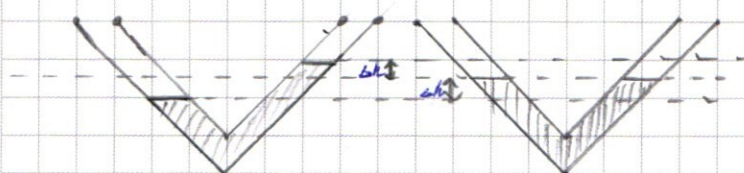


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$l = h_1 + h_2$$

$$\begin{aligned} \text{tg} \frac{h_1}{OA'} &= \frac{h_2}{OB'} \Rightarrow \frac{h_2 - h_1}{A'B'} = \frac{h_2 - h_1}{l} = \text{tg} \alpha \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \\ &= 10 \cdot \frac{0,12 - 0,08}{0,12 + 0,08} = 10 \cdot \frac{4}{20} = 2 (\text{m/c}^2) \end{aligned}$$

Заметим, что максимальная скорость будет в момент, когда уровни жидкости сравняются.



$$\begin{aligned} \Delta E_k &= m' g \left(\Delta h + \frac{\Delta h}{2} \right) + \\ &+ m' g \left(\frac{\Delta h}{2} \right) = - m' g \Delta h \end{aligned}$$

$$\Delta E_k = \frac{m_0 v^2}{2} - 0$$

$$\frac{m'}{m_0} = \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} = \frac{\frac{h_2 - h_1}{2}}{h_1 + h_2} \Rightarrow m' = \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} m_0$$

$$\Delta E_k + \Delta E_k = 0$$

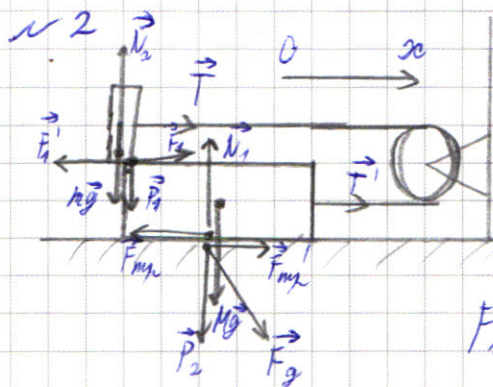
$$\frac{m_0 v^2}{2} - m' g \Delta h = 0$$

$$\frac{m_0 v^2}{2} - \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} m_0 g \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} = 0$$

$$v^2 - \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)} g = 0$$

$$\begin{aligned} v &= (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = (0,12 - 0,08) \sqrt{\frac{10}{2 \cdot (0,12 + 0,08)}} = 0,04 \sqrt{\frac{100}{4}} = \\ &= 0,04 \cdot \frac{10}{2} = 0,2 (\text{m/c}) \end{aligned}$$

Ответ: $\alpha = 2 \text{ m/c}^2$, $v = 0,2 \text{ m/c}$



Человек упирается в
 шкив, значит он действует
 на него с силой F_1 , а шкив
 действует на человека с силой
 F_1' , $F_1' = F_1$

~~$$F_g = \sqrt{F_{\text{fr}}^2 + P_2^2} = \sqrt{(\mu N_1)^2 + N_1^2} = N_1 \sqrt{1 + \mu^2} =$$~~

$$= (P_1 + Mg) \sqrt{1 + \mu^2} = (N_2 + Mg) \sqrt{1 + \mu^2} = (m + M)g \sqrt{1 + \mu^2} =$$

$$= (m + 5m)g \sqrt{1 + \mu^2} = 6mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

I $a = 0$ Человек:

$$Ox: T - F_1' = 0 \Rightarrow F_0 = F_1'$$

Шкив:

$$Ox: T' - F_{\text{fr}} + F_1 = 0$$

$$F_0 - \mu N_1 + F_0 = 0$$

$$F_0 = \frac{\mu (m + M)g}{2} = 3\mu mg$$

II $a \neq 0$

$$T = F$$

Человек:

$$Ox: T - F_1' = ma \Rightarrow F_1' = F_1 = T - ma$$

Шкив:

$$Ox: T' - F_{\text{fr}} + F_1 = Ma$$

$$2T - F_{\text{fr}} = (M + m)a$$

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

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

τ - время движения:

$$S = \frac{a\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v = a\tau = a \cdot \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

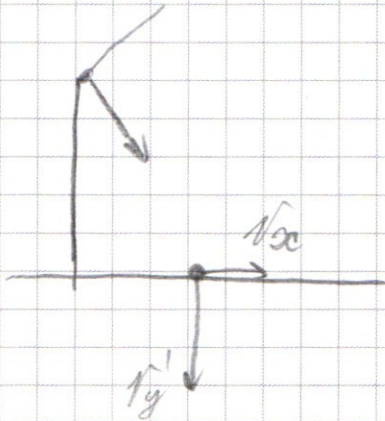
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

Ответ: $F_g = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$, $F_o = 3\mu mg$, $v = \sqrt{\frac{2S(F-3\mu mg)}{3\mu}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.1



$$v_y' = v_y + g t$$

$$\begin{array}{r} 1,44 \\ + 1,44 \\ \hline 0,96 \end{array}$$

$$12,18$$

$$\times 1,44$$

$$\begin{array}{r} 1,44 \\ \times 1,44 \\ \hline 530276 \end{array}$$

$$875$$

$$1225$$

$$175$$

$$\begin{array}{r} 3,0625 \end{array}$$

$$\times 1,43$$

$$\begin{array}{r} 1,43 \\ \times 1,43 \\ \hline 519 \end{array}$$

$$1211$$

$$143$$

$$\begin{array}{r} 29929 \end{array}$$

$$\times 2,44$$

$$\begin{array}{r} 2,44 \\ \times 2,44 \\ \hline 976 \end{array}$$

$$976$$

$$976$$

$$488$$

$$5,9536$$

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

$$a = \omega^2 R' =$$

$$ma = T \cos \alpha - N' \sin \alpha$$

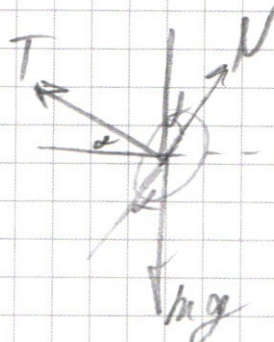
$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$mg = mg \cos^2 \alpha + T \sin \alpha$$

$$mg \sin^2 \alpha = T \sin \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha$$



$$T' \sin \alpha + N' \cos \alpha = mg$$

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

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

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

$$\rho = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{831 \cdot 368} = \frac{14 \cdot 9 \cdot 10}{8,31 \cdot 368} =$$

$$= \frac{14 \cdot 3 \cdot 10}{2,77 \cdot 368} = \frac{510}{2,77 \cdot 368} = \frac{510}{1019,36}$$

$$\frac{510}{2,77} \cdot 368$$

$$= \frac{51000}{101936}$$

$$2546$$

$$+ 2546$$

$$736$$

$$1019,36$$

$$\begin{array}{r} 510000 \overline{) 101936} \\ 509680 \overline{) 0,5000} \\ 320000 \end{array}$$

$$h_2 V_n \rho_n = V_n \rho_n + V_0 \rho_0$$

$$3,2 \rho_n V_n = 16 \rho_0$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho_n 3,2}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 37} \\ 185 \overline{) 540,540} \\ 150 \overline{) 148} \\ 200 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$$M a = T - F_1$$~~

~~$$M a = T - F_{fr} + F_1$$~~

~~$$M a = 2T - F_{fr}$$~~

$$\mu N = 2T - 2F_0$$

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

$$F_0 = \frac{\mu (m + M)g}{2} = 3 \mu m g$$

$$m a = T - F_1$$

$$M a = T + F_1 - F_{fr}$$

$$(M + m) a = 2T - F_{fr} = 2T - (\mu M)g \mu = 2T - 6 \mu m g$$

$$a = \frac{2T - 6 \mu m g}{6m} = \frac{T - 3 \mu m g}{3m}$$

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

$$v = a t = a \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2}{3} S (T - \frac{3 \mu m g}{m})}$$

773

$$\begin{array}{r} 831 \\ 368 \\ \hline 6648 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 305808 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 566 \\ \times 37 \\ \hline 3962 \\ 1698 \\ \hline 20942 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173,0000000000 \\ 1529040 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 305808 \\ 0,0005657 \end{array}$$

$$2009600$$

$$1834848$$

$$1447520$$

$$1529040$$

$$2184800$$

$$2140656$$

$$441440$$

$$\begin{array}{r} 1000000000 \\ 83768 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20942 \\ 477,50 \end{array}$$

$$162320$$

$$146594$$

$$157260$$

$$146594$$

$$106660$$

$$104710$$

$$195000$$