

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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? $(m+M)g\mu$

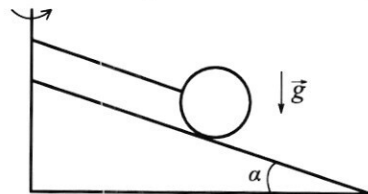
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

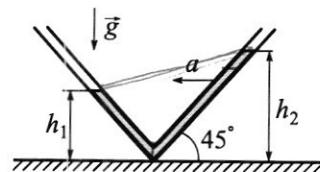


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

~~Решение~~

Дано:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_1 = 2,5 V_0$$

$$V_{y1} = ?$$

$$t = ?$$

$$l = ?$$

Решение

Помени всегда приближался к горизонтальной
поверхности $\Rightarrow$ скорости направлена вниз

303

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2,5V_0)^2}{2}$$

$$h = \frac{V_0^2 5,25}{2g}$$

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

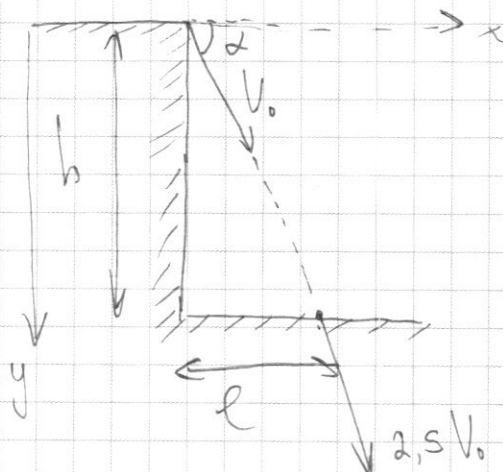
$$\frac{V_0^2 5,25}{2g} = \frac{V_0 \sqrt{3}}{2} t + \frac{gt^2}{2}$$

$$gt^2 + V_0 t \sqrt{3} - V_0^2 5,25 = 0$$

$$t = \frac{-\sqrt{3} V_0 g \pm 2\sqrt{6} V_0 g}{2g^2} = \frac{V_0 (\sqrt{3} - 2\sqrt{6})}{g} < 0 \text{ постр. корень}$$

$$t = \frac{V_0 (\sqrt{3} + 2\sqrt{6})}{g}$$

$$t = \frac{V_0}{g} (\sqrt{3} + \sqrt{24}) = \frac{8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} (1,73 + 4,9) = 5,28 \text{ с}$$



$$\sqrt{3} < \sqrt{24} = 2\sqrt{6}$$

$$V_{y0} + gt = V_{y1}$$

$$V_{y1} = V_0 \sin \alpha + gt = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \text{ м/с}^2 \cdot 5,28 \text{ с} = 6,8 \text{ м/с} + 52,8 \text{ м/с} = 59,6 \text{ м/с}$$

x:

$$l = V_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 5,28 \text{ с} = 21,12 \text{ м}$$

№3

Дано

m, R, α, l

w

$T_n - ?$

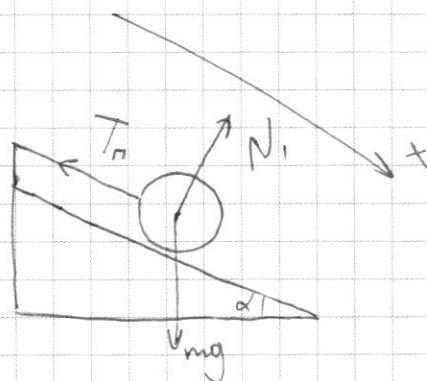
$T_g - ?$

1) По нормали

Запишем 3-й закон Ньютона на ось x:

$$-T_n + mg \sin \alpha = 0$$

$$T_n = mg \sin \alpha$$



2) По тангенс

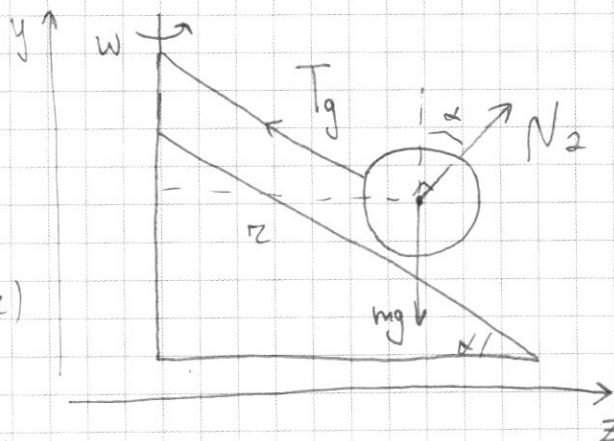
Запишем уравнение по оси радиуса r:

$$r = (l + R) \cos \alpha \quad a = w^2 r$$

$$a = w^2 \cos \alpha (l + R)$$

Запишем 3-й закон Ньютона на ось y:

$$-mg + T_g \sin \alpha + N_2 \cos \alpha = 0 \quad | \cdot \sin \alpha$$



Запишем 3-й закон Ньютона на ось y

$$-ma = -T_g \cos \alpha + N_2 \sin \alpha \quad | \cdot \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(№3)

$$0 = -mg + T_g \sin^2 \alpha + N_2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$-m \omega^2 \cos^2 \alpha (R+L) = -T_g \cos^2 \alpha + N_2 \sin \alpha \cos \alpha$$

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

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

(№2)

m, M, S, μ, F

$N_0 = ?$
 $F_0 = ?$

Рассмотрим

систему "тележка + груз"

тогда не надо учитывать

силы взаимодействия тележки и груза

и по оси x не надо учитывать

$$N_0 = (M+m)g$$

$$F_{\text{тр}} = \mu g (M+m)$$

и по 3-й

$$(m+M)a = 2F - F_{\text{тр}}$$

$F - \text{min}$

$$0 = 2F_0 - \mu g (M+m)$$

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

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

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

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

$$V = \sqrt{2a} = \sqrt{2S \left(2 \frac{F}{m+M} - \mu g \right)}$$

(N4)

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ м}$$

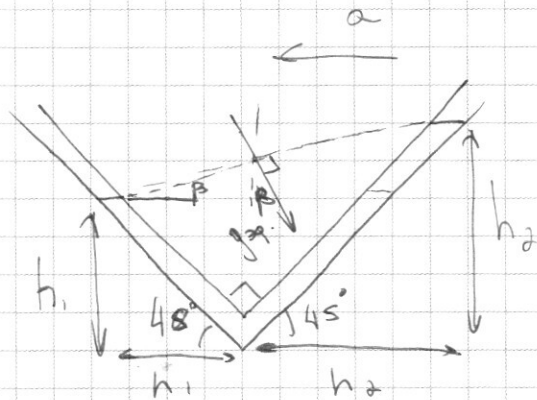
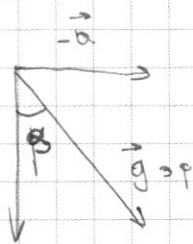
$$h_2 = 12 \text{ м}$$

$a = ?$

$V = ?$

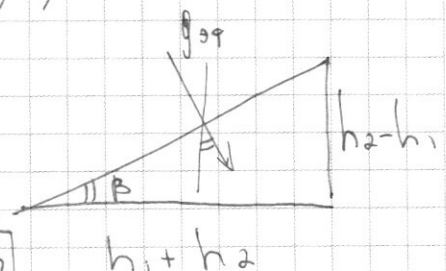
Решение

$$\vec{g} - \vec{a} = \vec{g}_{\text{эф}}$$



при движении с постоянным ускорением жидкость устанавливается на перпендикулярно $\vec{g}_{\text{эф}}$

$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$



$$a = g \tan \beta = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 = 2 \text{ м/с}^2$$

Глубина движения периодически - ИСО

не вылетит. Значит это будет происходить

"колебательное" движение т.к. после прохождения равновесия

$\left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)$ движение будет такое же как и

до начала в обратном порядке

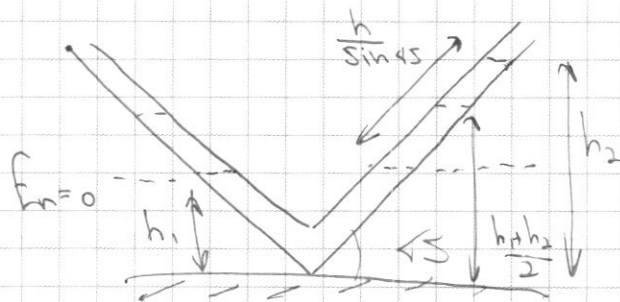
(можно перейти в СО
путем
сдвига
пути)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

В какой же h_2 — высоте воды?

$$E_{n1} = E_{n2} + E_{kin}$$



$$m_{e1} (h_2 - h_1) g = m_{e2} \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) g + \frac{m_{e0} V^2}{2}$$

$$\sqrt{2} \rho g (h_2 - h_1)^2 = \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) \sqrt{2} \rho g (h_2 - h_1) + \frac{(h_1 + h_2) \sqrt{2} \rho g V^2}{2}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g (h_2 - h_1) \left(h_2 - h_1 - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}{h_1 + h_2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 g (h_2 - h_1)}{(h_1 + h_2)} \left(\frac{h_2 - 3h_1}{2} \right)}$$

$$2m_{e1} = 2 \cdot \frac{(h_2 - h_1) \sqrt{2} \rho g S}{2}$$

$$m_{e0} = (h_1 + h_2) \sqrt{2} \rho g S$$

$$V = \frac{2g}{h_1 + h_2}$$

$$2m_{e1} \frac{(h_2 - h_1)}{2} g = 2m_{e1} \frac{(h_2 - h_1)}{4} g + \frac{m_{e0} V^2}{2}$$

$$V = \sqrt{\frac{2g (h_2 - h_1)^2}{h_1 + h_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 4^2}{20}} = \frac{4 \text{ м/с}}{0.4 \text{ м/с}} = 10 \text{ м/с}$$

№5

Дано:

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 95^\circ \text{C}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\rho_0 = 12 / \text{м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

Решение

$$T = 95^\circ \text{C} =$$

$$pV = \frac{m_{\text{п1}}}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho_{\text{п}}}{\mu} RT$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{p\mu}{RT}$$

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = \frac{p\mu}{RT\rho_0} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{8,31 \cdot \text{Дж/К} \cdot \text{моль} \cdot 368 \text{ К} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3} = 0,47$$

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = ?$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_0} = ?$$

По формуле пар Гипп показывает, что происходит изотермический процесс сжатия газа, так как температура не изменяется.

$$p \frac{V}{\gamma} = \frac{m_{\text{п2}}}{\mu} RT$$

$$m_0 = m_{\text{п1}} - m_{\text{п2}} = \frac{pV\mu}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{pV\mu}{\rho_0 RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \quad \frac{1}{0,47}$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_0} = \frac{V \rho_0 RT \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)}{\gamma p V \mu} = \frac{\rho_0 RT}{p \mu} \frac{1}{\gamma-1} =$$

$$= 0,1 \cdot \frac{100}{47} \cdot \frac{1}{3,7} = 0,57$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on graph paper:

Diagram 1: A right-angled triangle with angle 60°. The vertical side is labeled y . The hypotenuse is labeled h . The horizontal side is labeled $h \cos 60^\circ$.

Diagram 2: A right-angled triangle with angle 60°. The vertical side is labeled y . The hypotenuse is labeled h . The horizontal side is labeled $h \cos 60^\circ$.

Equations and calculations:

$$h + 5,28 =$$

$$h, 8 = 20 + 2,$$

$$h, 8$$

$$3,8$$

$$1,92$$

$$230h$$

$$y:$$

$$y: \sqrt{5,25}$$

$$h = \frac{y^2}{2g}$$

$$4 \cdot 1,7 =$$

$$= 4 + 2,8 =$$

$$= 6,8$$

$$6,25$$

$$6,6 \cdot 8$$

$$h = V_0 \sin 60^\circ t + \frac{gt^2}{2}$$

$$g^2 t^2 + V_0 g \sqrt{3} - V_0^2 5,25$$

$$3V_0^2 g^2 + 4 \cdot 5,25 V_0 g^2 =$$

$$\sqrt{3}$$

$$\left(\frac{5}{2}\right)^2 = \frac{25}{4} = \frac{21}{4}$$

$$\sqrt{3}$$

$$1,72$$

$$1,72$$

$$344$$

$$1204$$

$$344$$

$$84$$

$$1,7$$

$$1,7$$

$$1,7$$

$$119$$

$$1,7$$

$$3,89$$

$$6,6$$

$$8$$

$$52,8$$

$$303$$

$$\frac{m g^2}{2} + m g h = \frac{m (2,5 g^2)}{2}$$

$$\sqrt{2h} =$$

$$4,7$$

$$329$$

$$188$$

$$22,09$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$4,9$$

$$4,9$$

$$171$$

$$1,71$$

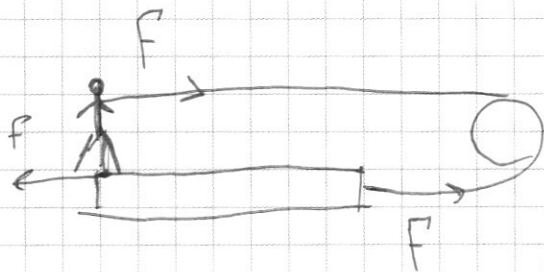
$$196$$

$$1712401$$

$$1194$$

$$171$$

$$29241$$



$$\frac{h}{20} = \frac{1}{5}$$

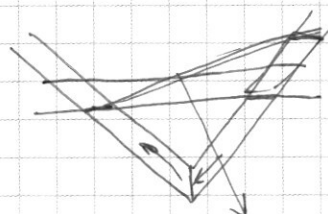
$$P \frac{V}{Y} = \frac{m_{H_2} R T}{M}$$

$$47 \cdot 3,7$$

$$\sqrt{2} S (h_2 - h_1) g = \sqrt{2} S (h_2$$

$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 174} \\ 890 \\ \hline 1300 \end{array}$$

56



$$\begin{array}{r} 831. \\ 368 \end{array}$$

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

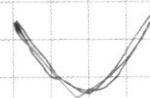
$$m \cdot 0,04$$

3

$$\begin{array}{r} 47 \\ 37 \\ 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1740 \\ 890 \\ 174 \\ 18 \\ 85 \\ 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14200 \overline{) 304832} \\ 12192 \\ \hline 20080 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 124 \\ 20 \overline{) 1420} \end{array}$$

$$16032$$

$$273 + 95 = 368$$

$$(40+7)(30+7) 20 0,04 47$$

$$\begin{array}{r} 0,2 \\ 100 \overline{) 329} \\ 1341 \\ \hline 1739 \end{array}$$

$$\frac{8,5 \cdot 18 \times 10}{8,31 \cdot 368} =$$

$$85 \cdot 18$$

5

$$368$$

$$831$$

$$368$$

$$1004$$

$$2944$$

$$3042,08$$

$$273$$

$$1739$$

$$\frac{100}{174} =$$

$$\frac{85 \cdot 18 \times 20 \cdot 100}{8,31 \cdot 368}$$

$$368$$



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)

