

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

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.

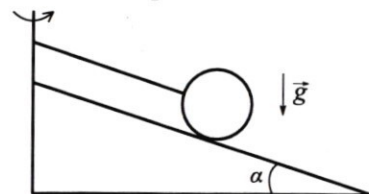
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

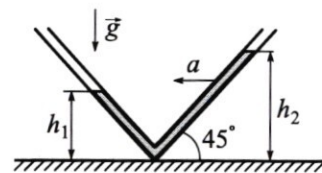
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

$$V_{гор.0} = V_0 \cdot \cos(60^\circ) = 4 \text{ м/с}$$

$$V_{верт.0} = V_0 \cdot \sin(60^\circ) = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$V_{гор} = \text{const}$ при полёте

$$V_{кон} = 2.5 V_0 = \sqrt{V_{гор.1}^2 + V_{верт.1}^2}$$

$$20^2 = V_{гор.0}^2 + V_{верт.1}^2 \Rightarrow V_{верт.1}^2 = 24 \cdot 10 = 8^2 \cdot 5$$

$$V_{верт.1} = 8\sqrt{5} \text{ м/с} \approx 17.3 \text{ м/с}$$

Она направлена вниз т.к. камень упал и
летел он с выш. и $V_{верт.0}$ направлена
вниз т.к. камень по условию всё
время был в движении

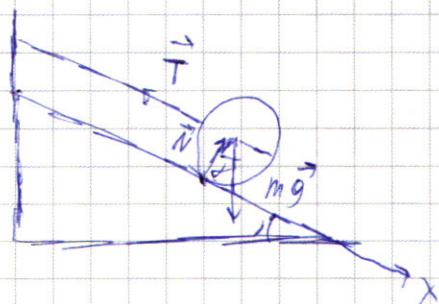
$$V_{верт.1} - V_{верт.2} = g \cdot t \Rightarrow t = \frac{4\sqrt{2}(2\sqrt{3}-1)}{10} \approx 1.04 \text{ с}$$

А значит он за это время

$$\text{по вертикали } t \cdot V_{гор} = t \cdot V_{гор.0} = \\ = 4 \cdot t = \frac{16\sqrt{2}(2\sqrt{3}-1)}{10} = \frac{8\sqrt{2}(2\sqrt{3}-1)}{5} \approx 4.2 \text{ м}$$

№3

a)



Пл. к. шар показывает
то продолжим ось
гравитационных сил
на ось x равны

$T_x = |T| - T$ н.к. нм. направлена ось
, а $(mg)_x = mg \cdot (\cos(90^\circ - \alpha) = mg \cdot \sin \alpha)$

Поэтому $T = mg \cdot \sin \alpha$

б) Шерстяк всё время находится и
на шарике гравитация центробеж-
ная сила она равна $m \omega^2 \xi$, где
 $\xi = (L + R) \cdot \cos \alpha$ н.к. шарик не
отрывался от куска.

И она направлена перпендикуляр-
но оси вращения, то есть
перпендикулярно направлению
мг. Запишем равенство
проекции на ось x

$$mg \cdot \sin \alpha + F_{\text{цент}} \cos \alpha = T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{T = m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 (R + L \cdot \cos^2 \alpha))}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

1) Для пара в катушке можно считать процесс
малым затопом из-за малой массы.
Менделеев $P \cdot V = \frac{m}{\mu} R \cdot T = 1$

$$\Rightarrow P_m = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} \text{ н.к. процесс изотермический,}$$

$$\text{но } T = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K} \text{ и } P = 10^5 \text{ Па} = P_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$$

температура постоянна и пар всегда
насыщен н.к. он изначално насыщенный
и отсюда получим, тогда

$$\frac{P_m}{P_B} = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot P_B} \approx 0,0023$$

2) Пусть изначално было $q, \Rightarrow V$ объемов
пара, потом их стало V , значит

3,7 V испарилось, тогда

$$V_B = \frac{3,7 \cdot V \cdot P_m}{P_B} \text{ н.к. мощность}$$

постоянна, а $V_m = V \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{V_m}{V_B} = \frac{V}{3,7 \cdot V \cdot P_m / P_B} = \frac{P_B}{P_m \cdot 3,7} \approx 124$$

№ 2

- 1) Заметим, что масса вертикальная
и горизонтальные вертикальные силы
гравитационные на мускул то сила
нагрузки человека, его сила тяжести
и сила реакции опоры со стороны,
которая, равная силе в которой на неё
давит та система, тогда

$$N = mg + Mg = 5mg$$

- 2) Рассчитаем ~~на~~ хор. силы
гравитационные на человека то сила мая-
pendulum и $F_{10.4}$ со стороны
буксы и т.д. он равен, так



$T = F_{10.4}$, тогда человек ускорен
на буксу силой $F_{10.4}$. тогда на буксу
гравитационная сила, тогда $F_{10.4} = N \mu =$



$$= T + F_{10.4} = 2T$$

$$5mg\mu = 2T \Rightarrow T = 3mg\mu$$

- 3) $F > F_0$, то тогда у буксы ускорение
 $m \cdot a = 2F - 0mg\mu \Rightarrow a = \frac{2F - 3mg\mu}{5m}$

и эту разогнать пройдем расстояние
 S , а тогда $\frac{a \cdot t^2}{2} = S$ м. движение равноускорен-
ное и $a \cdot t = v$ по формуле кинематики:

$$\Rightarrow v^2 / 2a = S \Rightarrow v = \sqrt{2aS}$$

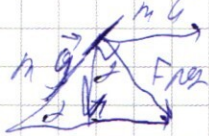
$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot S \cdot (2F - 3mg\mu) / 5m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

1) Замечая, что можно рассматривать
непрочно трубку, а как бы пыльный
сосуд с водой. В нем вода отражается
на такой же угол от зер. плоскости.
Выводим ее и переходим
в его систему отсчета. Знаем
теперь результирующую F_{19x} и F_{19y} .

должна быть направлена перпенди-
кулярно поверхности воды,
тогда $\tan(1) = \frac{m_4}{m_9} = \frac{a}{g}$.



В нашей системе

$$\tan(2) = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} - \text{сверху}$$

перепада высот, а снизу из условия

$$h_1 + h_2 = h_1 - h_1 \text{ т.д. } h_1 - h_1 + h_2 = h_2$$

т.е. угол в трубке равен и углу
между ней и плоскостью по 45°

$$\Rightarrow \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 - h_1} = \frac{a}{20} \Rightarrow a = \frac{10 \cdot g}{20} = 2 \text{ м/с}$$

2) заметим, что у нас как бы
 пропадет масса, а вместе с ней какая-то
 запасенная пот. энергия, которую
 и перейдем в кинетическую
 энергию. Как же заметим,
 что скорость у всей воды будет
 одинакова и она направлена

$$\text{В } E_k = \Delta E_{\text{пот}}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \Delta E_{\text{пот}}$$

$$\text{Потому } E_{\text{пот.0}} = \frac{h_1}{2} \cdot h_1 \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot g +$$

$$+ \frac{h_2}{2} \cdot h_2 \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot g \quad \text{т.к. находим } \frac{h}{2} -$$

находим центр масс воды в
 каждой из половин трубки, а где

пот. энергии можно найти иначе, что
 бы масса была.

$$E_{\text{пот.1}} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \left| \frac{h_1 + h_2}{2} \right|^2 \quad \text{т.к. вода}$$

просто будет находиться в трубке. Из

положения левой h_1 и правой h_2 . Если

в левой h_1 , а в правой h_2 . То тогда масса

у нас макс. скорость в середине

амплитуды т.е. это когда уровни равны.

$$\Rightarrow \frac{m v^2}{2} = \frac{g}{2} \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{(h_2 - h_1)^2}{2} = \frac{g}{4} \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \cdot (h_1 - h_2)^2$$

$$m = (h_1 - h_2) \sqrt{2} \cdot S \cdot \rho \Rightarrow$$

$$v^2 (h_1 - h_2) = g (h_1 - h_2)^2 / 2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(h_1 - h_2)^2 \cdot g}{2 (h_1 - h_2)}} = 2 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.5
1.1

$$pV = \frac{m}{\mu} R \cdot T$$

$$p = \frac{p_m}{\mu} R \cdot T$$

$$\frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = p_m$$

p_m - известно

2.1 дано 3.7 V

1.1 дано 3.7 V

3.7 V - конденсировано

$$\frac{3.7 V \cdot p_m}{p_a} = V_b \Rightarrow k = \frac{3.7 \cdot p_m}{p_a} \frac{p_a}{3.7 p_a}$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot \frac{18}{1000}}{8,31 \cdot 95 \cdot 1000} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{831 \cdot 95 \cdot 10^4} = \frac{17,9}{831 \cdot 95}$$

$$90 + 63 = 153$$

$$\begin{array}{r} 831 \cdot 0 \\ 95 \\ \hline 4155 \\ 5579 \\ \hline 59945 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153,000 \\ 130000 \\ \hline 230000 \\ 110000 \\ \hline 200000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 09945 \\ \hline 90023 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 09945 \overline{) 153} \\ 512 \\ \hline 074 \\ 705 \\ \hline 1195 \\ 1071 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 732 \\ 153 \\ \hline 1079 \\ 457,1 \overline{) 37} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 20 \\ 4 \\ \hline 370 \\ 87,1 \\ 74 \\ \hline 13,1 \end{array}$$

$$g / \frac{h_1}{2} \cdot h_1 \sqrt{2} \cdot S \cdot p_A \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{h_2}{2} \cdot h_2 \sqrt{2} \cdot S \cdot p_A = \frac{g \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot p_A}{2} (h_1^2 + h_2^2)$$

$$\left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \cdot 2 = \frac{h_1^2 + h_2^2 + 2h_1h_2}{2} \cdot \frac{g}{2} \sqrt{2} \cdot S \cdot p_A$$

$$\frac{4 \cdot 4 \cdot 10}{2 \cdot 20} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10}{40} = 4 = 2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

$$V_{\text{гор}} = V_0 \cdot (\cos 100^\circ) = \frac{V_0}{2} = 4$$

$$V_{\text{вер}} = V_0 \cdot \sin 100^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 = 4\sqrt{3}$$

$$4^2 + V_{\text{вер}}^2 = 2V^2$$

$$V_{\text{вер}}^2 = 24 - 16 = 8 \Rightarrow 2\sqrt{2}$$

$$V_{\text{вер}} = 2\sqrt{2}$$

$$t_y = 4\sqrt{3} + 2\sqrt{2} = \sqrt{3}(4 + 2\sqrt{2}) = 4\sqrt{3}(1 + \sqrt{2})$$

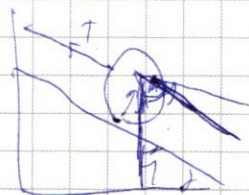
$$t = \frac{4\sqrt{3}(1 + \sqrt{2})}{g}$$

$$l = t \cdot 4 =$$

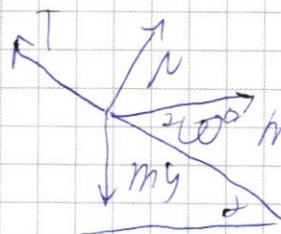
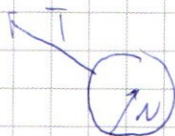
$$\frac{16\sqrt{3}(1 + \sqrt{2})}{g}$$

$$17,3 - 0,9 = 16,4$$

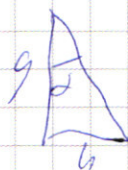
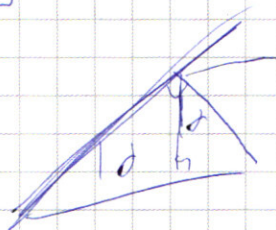
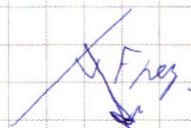
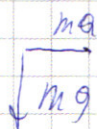
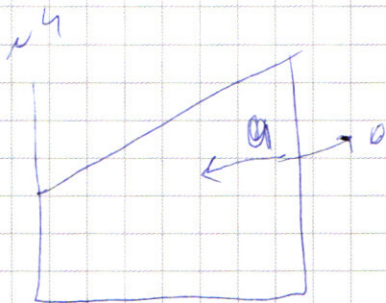
№ 2



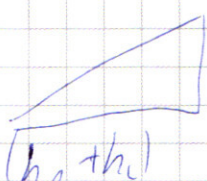
$$T = mg \cdot \sin \alpha \text{ при } \alpha = 0$$



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



$$|g_{\text{ид}}| = \frac{g}{5}$$



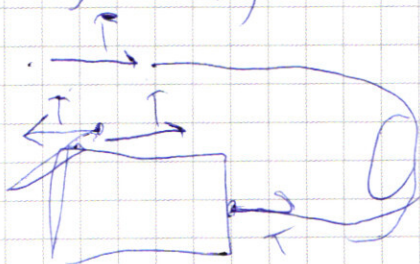
$$\frac{g}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

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

1.2

$$1) N = k \cdot m_1 \cdot g = 6mg$$

2)



$$2T = N \cdot \mu$$

$$T = 3mg \mu$$

$$3F - 6mg \mu = 5ma$$

$$2(F - 3mg \mu) = 5ma$$

$$\frac{at^2}{2} = s$$

$$at = v$$

$$\frac{v^2}{a \cdot 2} = s$$

$$v^2 = 5 \cdot a \cdot 2$$

$$v = \sqrt{25 \cdot 2(F - 3mg \mu) / m}$$