

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

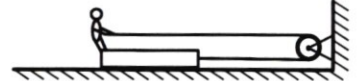
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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.

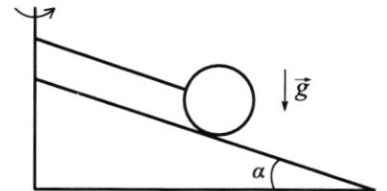
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

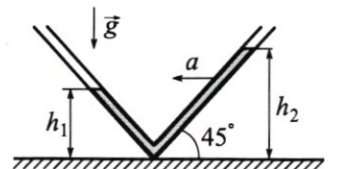
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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

Поскольку камень всё время полета приближался к поверхности Земли, то он был брошен следующими образом.

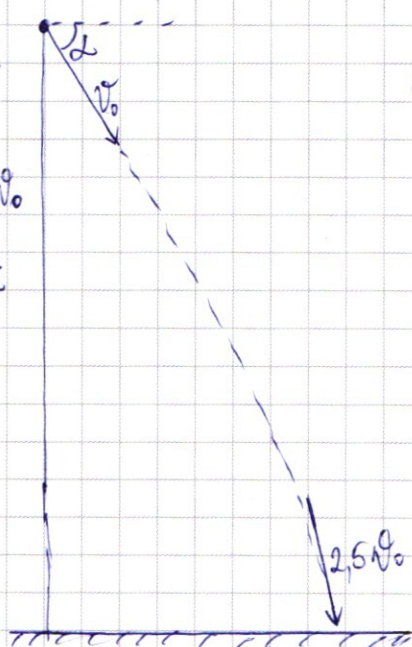
Дано:

$$v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_k = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Скорость камня в любой момент времени складывается из вертикальной (v_y) и горизонтальной (v_x) составляющих. При этом $v_x = \text{const}$ в течение всего полета.

По Теореме Пифагора

$$\begin{cases} v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 \\ (2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 = v_x^2 + v_{yk}^2 \end{cases}$$

Вертикальная составляющая скорости $v_y = v_0 \sin \alpha$

$$\begin{cases} v_0^2 = v_x^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha \\ 6,25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = v_x^2 + v_{yk}^2 \end{cases} \quad \ominus$$

$$5,25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = v_{yk}^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$v_{yk} = v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$$

$$v_{yk} = \sqrt{6} \cdot v_0 ; v_{yk} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

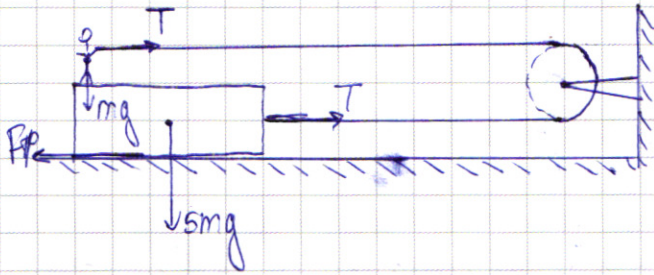
$$v_{yk} - v_y = gt$$

$$gt = v_0 \sqrt{6} - v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \sin \alpha)}{g} ; t = \frac{8 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} = 0,4 (2\sqrt{6} - \sqrt{3})$$

Горизонтальное смещение: $\Delta x = v_x t = \frac{v_0^2 (\sqrt{6} - \sin \alpha) \cdot \cos \alpha}{g}$

$$\Delta x = 1,6 (2\sqrt{6} - \sqrt{3})$$



Человек и ящик действуют на нас с силой своего суммарного веса $F = (M+m)g = 6mg$

Рассмотрим человека и ящик как единую систему, не учитывая силы взаимодействия между ними

Условие минимальной силы, при которой ящик сдвинется с места (по 2-му закону Ньютона)

$$2T > F_p$$

$$2T > 6\mu mg$$

$$T > 3\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

По закону сохранения энергии

$$A = \Delta E_k$$

$$(2T - 6\mu mg)s = \frac{mv^2}{2}$$

$$4Ts - 12\mu mgs = mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4Ts - 12\mu mgs}{m}} = 2\sqrt{\frac{Ts - 3\mu mgs}{m}}$$

№5

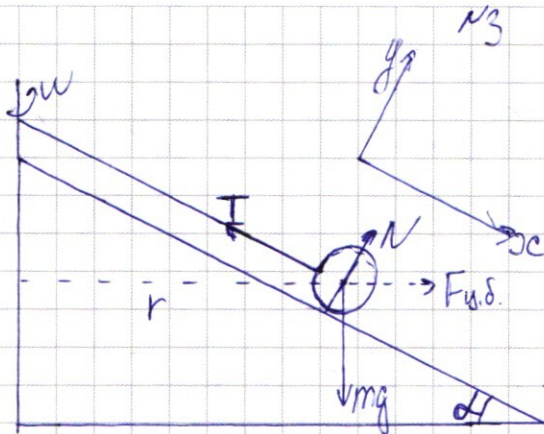
$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

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

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

$$\rho_n = \frac{p\mu}{RT} \quad ; \quad \rho_n = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} \quad ; \quad \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{8,5 \cdot 0,18}{8,31 \cdot 368}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



П.к. по условию цилиндр не скользит, сила трения отсутствует
по II закону Ньютона в проекции на

$$\begin{cases} OX: -T + mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow T = mg \sin \alpha - \text{без вращения} \\ OY: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

$\Sigma M = 0$ всегда, т.к. при перемещении векторов сил
вдоль линии их действия они сходятся в одной точке

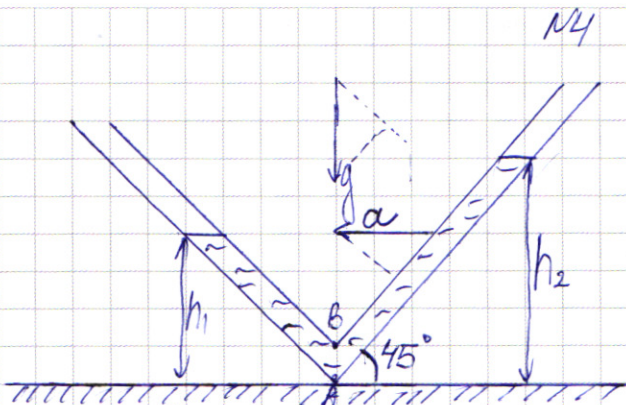
При вращении добавляется центробежная сила, направлен-
ная от оси вращения, перпендикулярно ей

Тогда по OX: $-T + mg \sin \alpha + F_{ц.б.} \cos \alpha = 0$

по OY: $N + F_{ц.б.} \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0$

$$F_{ц.б.} = a_{ц.б.} m = \omega^2 r m = \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot m$$

$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha - \text{при вращении}$$



Рассмотрим силы, действующие на сечение АВ
 П.к. ~~в~~ жидкость находится в равновесии, по II закону Ньютона
 $F_n = F_n$

$$m_1 g \cos 45^\circ + m_1 a \cos 45^\circ = m_2 g \cos 45^\circ - m_2 a \cos 45^\circ$$

Будем считать трубку достаточно тонкой по сравнению
 с высотой столба жидкости, тогда:

$$\rho h_1 (g+a) = \rho h_2 (g-a)$$

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

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

При установившемся ускорении в трубках установится
 разность водос $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$

При ускоренном движении: $m_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} m = 0,4m$

$$m_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} m = 0,6m$$

По закону сохранения энергии. П.к. ~~ускоренности~~ ~~жидкости~~ ~~находящаяся~~
 на равной высоте, берем пополам от всех водос

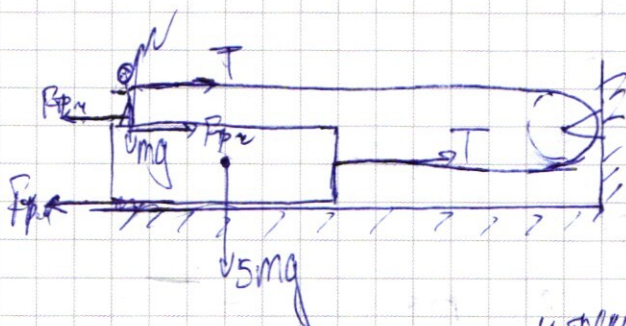
$$0,4mg \frac{h_1}{2} + 0,6mg \frac{h_2}{2} = \frac{1}{2}mg \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = 0,4gh_1 + 0,6gh_2 - 0,5gh_1 - 0,5gh_2$$

$$v^2 = 0,1gh_2 - 0,1gh_1$$

$$v = \sqrt{0,1g(h_2 - h_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. массой каната ^{и трения в нем} можно пренебречь, то она не влияет. Какая
была одинакова

Тензилок не составляет благодаря силе трения
 $F_{rx} = T$, с. такое же силой и толкает вверх

$$F_{ry} = 6\mu mg$$

$$2T = 6\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

$$T = F$$

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

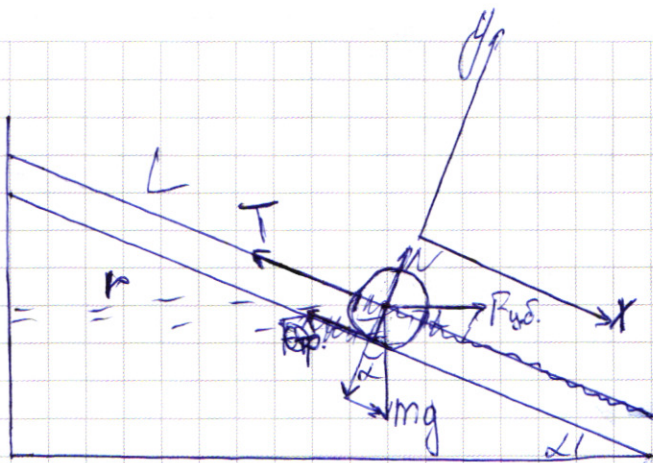
$$a = \frac{2F - 6\mu mg}{5m}$$

по 3СЭ

$$(2T - 6\mu mg)S = \frac{mv^2}{2}$$

$$4TS - 12\mu mgS = mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4TS - 12\mu mgS}{m}} = 2\sqrt{\frac{TS - 3\mu mgS}{m}}$$



По Ox : $-T + mg \sin \alpha - F_{\mu\delta} = 0$

По Oy : $N - mg \cos \alpha = 0$

Моменты От ~~точки~~ точки опор $mg R \sin \alpha = T \cdot R$

По Ox : $-T + mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow T_1 = +mg \sin \alpha$

По Oy : $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

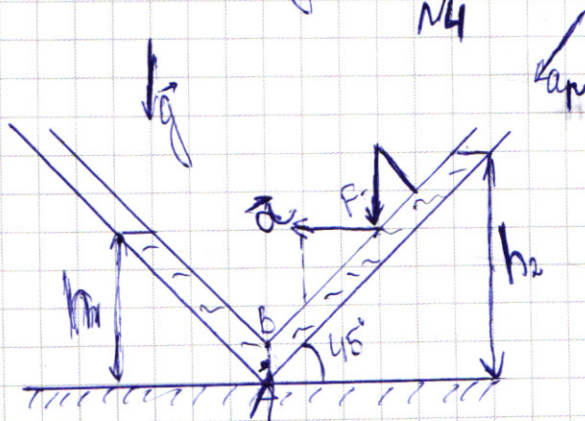
При вращении появляется центробежная сила

По Ox : $-T + mg \sin \alpha + F_{\mu\delta} \cos \alpha = 0$

По Oy : $N + F_{\mu\delta} \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0$

$F_{\mu\delta} = W^2 (L+R) \cos \alpha \cdot m$

$T_2 = mg \sin \alpha + m W^2 (L+R) \cos^2 \alpha$

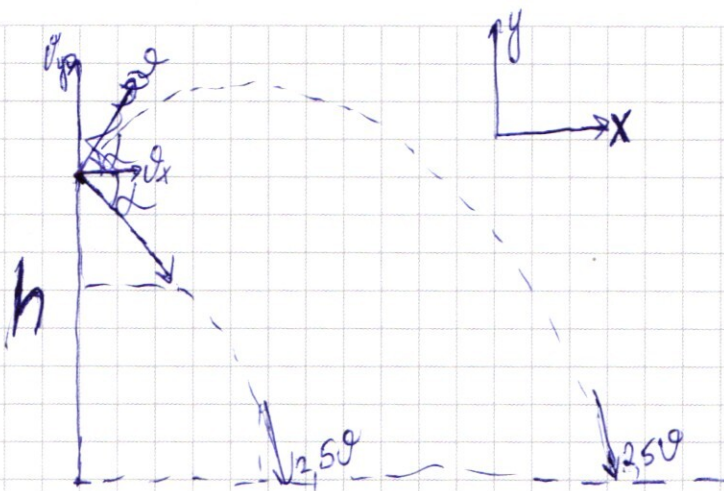


Рассмотрим силы действующие на штифт по сечению AB

S-масса сечения

S0-масса стержня

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

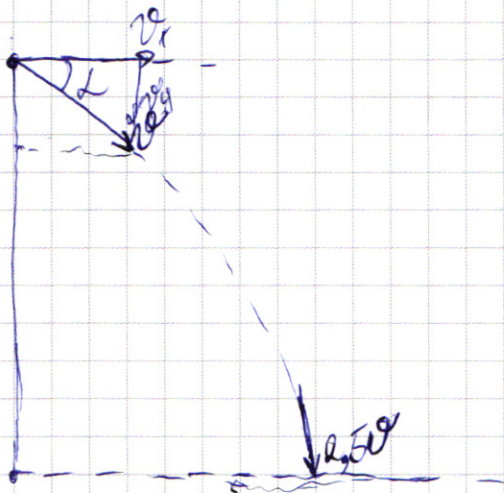


$$\begin{aligned}
 v_x &= \text{const} \\
 v_x &= v \cos \alpha \\
 \begin{cases} v^2 = v_x^2 + v_y^2 \\ 6.25 v^2 = v_x^2 + v_{yk}^2 \end{cases} \quad (1) \\
 5.25 v^2 &= v_{yk}^2 - v_y^2 \\
 v_{yk} &= \sqrt{5.25 v^2 + v^2 \sin^2 \alpha} \\
 v_{yk} &= v \sqrt{5.25 + \sin^2 \alpha} \\
 v_{yk} &= v \sqrt{5.25 + 0.75} \\
 v_{yk} &= v \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{y0} - gt &= -v \sqrt{6} \\
 v \cos \alpha - gt &= -v \sqrt{6} \\
 t &= \frac{v(\cos \alpha + \sqrt{6})}{g} \quad t = 8
 \end{aligned}$$

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

Т.к. камень все время приближался к земле



$$\frac{\Delta v}{t} = g$$

$$gt = \Delta v$$

$$gt = v_{yk} - v_{y0}$$

$$gt = v\sqrt{6} - v\sin\alpha$$

$$t = \frac{v(\sqrt{6} - \sin\alpha)}{g}$$

$$t = \frac{8 \cdot (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = 0,4(2\sqrt{6} - \sqrt{3})$$

$$v_x = v \cos\alpha = 4 \frac{m}{c}$$

гориз. смещ. $\Delta x = v_x t = \frac{v^2(\sqrt{6} - \sin\alpha)\cos\alpha}{g}; \Delta x = 1,6(2\sqrt{6} - \sqrt{3})$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1 g \cos 45^\circ + m_2 g \cos 45^\circ = m_1 g \cos 45^\circ + m_2 a \cos 45^\circ$$

Будем считать трубки достаточно тонкой

$$\rho h_1 (g+a) = \rho h_2 (g-a)$$

~~$$\rho h_1 (g+a) = \rho h_2 (g-a)$$~~

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

$$a(h_1 + h_2) = g(h_2 - h_1)$$

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

Без ускорения в трубках установится уровень $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$

При ускоренном движении в левой части $\frac{8}{20} \text{ м} = 0,4 \text{ м}$

в правой $\frac{12}{20} \text{ м} = 0,6 \text{ м}$

$$\text{ЗСЭ: } 0,4 \text{ м } g h_1 + 0,6 \text{ м } g h_2 = m g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$v^2 = 0,8 g h_1 + 1,2 g h_2 - g h_1 - g h_2$$

$$v^2 = 0,2 g h_2 - 0,2 g h_1$$

$$v = \sqrt{0,2 g (h_2 - h_1)}$$

№5

Дано:

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

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

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

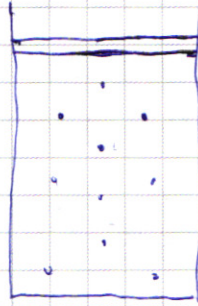
$$\mu = 10^2 \frac{\text{мол}}{\text{моль}}$$

$$\Delta V < 0$$

$$W \Rightarrow p \Delta V$$

$$pV = \nu RT$$

~~W = p \Delta V~~



$$T = 95 + 273 = 368 \text{ K}$$