Часть 1

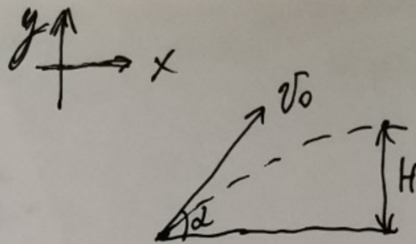
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21206103**

ID профиля: **819628**

Вариант 4

Чистовик



1.

Назовём v_{0x} проекцию v_0 на ось x, а v_{0y} – на ось y. Заметим, что $v_{0x}=v_0\cos\alpha$, $v_{0y}=v_0\sin\alpha$,

$v_{0x}^2+v_{0y}^2=v_0^2$.

При подъёме на высоту H камень потеряет всю вертик. составляющую скорости, т.е. у него останется только скорость v_{0x} по горизонтали. Запишем ЗСЭ для камня:

$$\frac{mv_0^2}{2}=\frac{mv_{0x}^2}{2}+mgH \qquad \frac{mv_{0x}^2}{2}+\frac{mv_{0y}^2}{2}=\frac{mv_{0x}^2}{2}+mgH$$

$$\frac{mv_{0y}^2}{2}=mgH \qquad \frac{v_{0y}^2}{2}=gH \qquad v_{0y}=\sqrt{2gH}$$

$$v_0=\frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha}=\frac{\sqrt{2\cdot10\cdot10}}{\frac{\sqrt{2}}{2}}=\underline{20\ м/с}$$

На камень всё время действует только вертикальная сила тяжести, и его ускорение g напр. вдоль y.

В верхней точке траектории камень движется по касательной. Если радиус кривизны траектории в этой точке равен R, то ускорение g (центростремительное при движении по окр-ти) равно $\frac{v_{0x}^2}{R}$: $g=\frac{v_{0x}^2}{R}$.

Пусть масса модели m_c.

Раз сила, действующая на модель, вдвое меньше силы тяжести – она тоже вертикальна.

21206103 (U819628 M1280267)

Чистовик

Сила тяжести на модель – $m_c g$. Значит, равнод. сила – $\frac{m_c g}{2}$. Если ускор. модели a, то по 2 з-ну Ньютона вдоль оси y $m_c a = \frac{m_c g}{2}$, $a = \frac{g}{2}$.

a – центростремительное, $a = \frac{v^2}{R}$ (R тот же, т.к траектория та же).

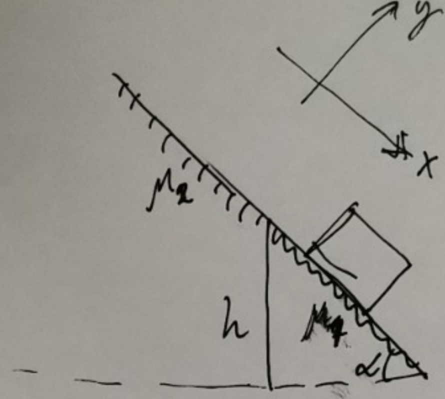
$$g = \frac{v_{0x}^2}{R} \quad \frac{g}{2} = \frac{v^2}{R} \quad \frac{v^2}{v_{0x}^2} = \frac{1}{2} \quad v = \frac{v_{0x}}{\sqrt{2}} = v_0 \cdot \frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}} =$$

$$= 20 \cdot \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\sqrt{2}} = \underline{10 \text{ м/с}}$$

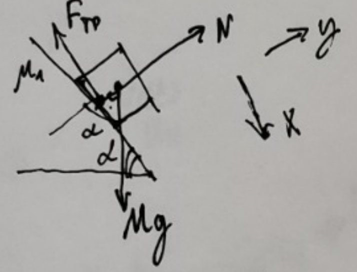
$\boxed{\text{Ответ: } v_0 = 20 \text{ м/с}; \quad v = 10 \text{ м/с}}$

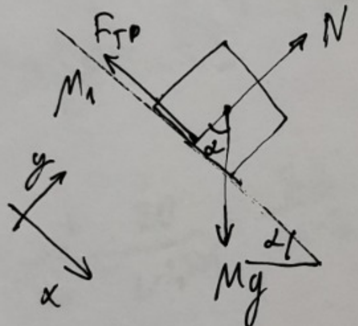
Чистовик

2.



Найдём ускорение коробки массы M вдоль оси X на нижнем уч. (μ_1)





II з-н Ньютона

$Ma_н = Mg\sin\alpha - F_{тр} = Mg\sin\alpha - \mu N$

x) $\cancel{Mg\sin\alpha = F_{тр} = \mu N}$

(коробка скользит, трение макс.)

y) $0 = Mg\cos\alpha - N \quad N = Mg\cos\alpha$

$Ma_н = Mg\sin\alpha - \mu Mg\cos\alpha$

$a_н = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

Пусть участок пройден за время $t_н$. Скорость уп. до 0, поэтому $v_п = -a_н t$ ($v_п$ – скорость коробки на стыке участков). Длина участка $S_н = \frac{h}{\sin\alpha}$.

$$-\frac{a_н t^2}{2} = S_н = \frac{h}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{h}{\frac{7}{25}} \qquad t = \sqrt{\frac{50h}{-7a_н}} = -\frac{v_п}{a_н}$$

$$v_п = \sqrt{\frac{50(-a_н)h}{7}} = \sqrt{\frac{-50g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha)h}{7}} \approx \sqrt{20} \approx 4{,}47 \text{ м/с}$$

Для каждого уч-ка $a_i = g(\sin\alpha - \mu_i\cos\alpha)$. Для верхнего

$a_в = 10\left(\frac{7}{25} - 0{,}06\cdot\frac{24}{25}\right) \approx 2{,}224$ м/с^2 > 0, для нижнего

$a_н = 10\left(\frac{7}{25} - 0{,}5\cdot\frac{24}{25}\right) = 10\left(\frac{7-12}{25}\right) = 10\cdot -0{,}2 = -2$ м/с^2 < 0.

Чистовик

Это значит, что на верхнем участке скорость коробки увеличивалась, а на нижнем стала уменьшаться, то есть

$v_{max} = v_п = \sqrt{20} \approx 4{,}47$ м/с.

$v_{max} = a_в t_в = -a_н t_н$. $t_в = \frac{v_{max}}{a_в}$, $t_н = -\frac{v_{max}}{a_н}$.

$$S = \cancel{\frac{a_в t_в^2}{2} + \frac{a_н t_н^2}{2}} = \frac{a_в t_в^2}{2} + v_м t_н + \frac{a_н t_н^2}{2} = \frac{a_в t_в^2}{2} + \cancel{v_м t_н} + \frac{a_н t_н^2}{2} -$$

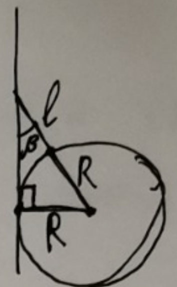
$$- a_н t_н^2 = \frac{a_в t_в^2}{2} - \frac{a_н t_н^2}{2} = \frac{v_{max}^2}{2a_в} - \frac{v_{max}^2}{2a_н} = \frac{20}{2 \cdot 2{,}224} - \frac{20}{2 \cdot -2} =$$

$$= \frac{10}{2{,}224} + \frac{10}{2} \approx 9{,}5 \text{ м}$$

$\boxed{\text{Ответ: } v_{max} = 4{,}47 \text{ м/с}; \quad S = 9{,}5 \text{ м}}$

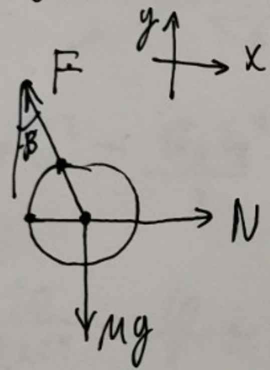
Чистовик

3. Заметим, что шар касается стенки и в этой точке радиус ей перпендикулярен.



Стенка гладкая, и нить является продолжением радиуса. По рисунку видно, что если нить расп. под углом β к вертикали, то $\sin\beta = \frac{R}{l+R} = \frac{1}{2}$.

Расставим силы на шар.



II з-н Ньютона:

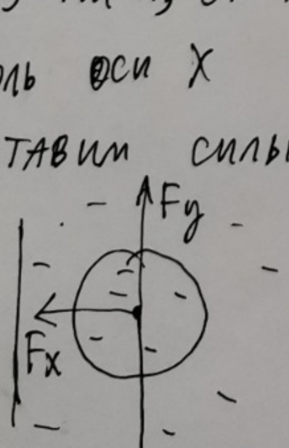
y) $0 = F\cos\beta - Mg$ $\quad F = \frac{Mg}{\cos\beta} =$

$= \frac{Mg}{\sqrt{1-\sin^2\beta}} = \frac{2Mg}{\sqrt{3}} = \frac{2\cdot 5{,}2\cdot 10}{\sqrt{3}} \approx \underline{60\ Н}$

При вращении сосуда с водой на шар действует какая-то сила со стороны воды.

Если заменим шар на воду такого же объёма и формы без нити, эта масса будет иметь центрострем. ускор. $a_ц$ вдоль оси X и не иметь ускор. вдоль y.

Расставим силы: на саму воду действует только сила тяжести (кроме F_x и F_y со стор. другой воды)



II з-н Ньютона:

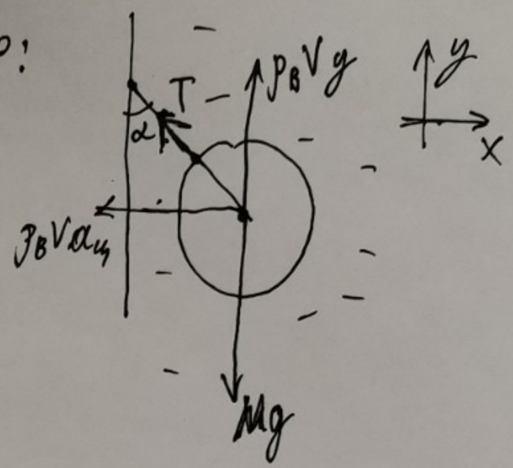
y) $F_y = \rho_в V g$

x) $F_x = \rho_в V a_ц$

Теперь мы знаем, как вода будет действовать на шар.

Чистовик

Можно расставить силы на шар:



У шара нет ускор. по вертикали и ускор. $a_ц$ по горизонтали.

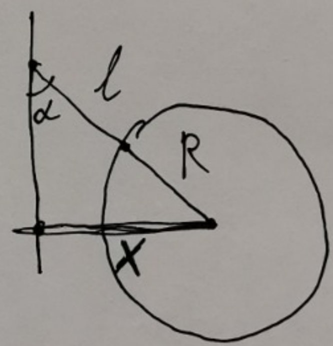
II з-н Ньютона:

y) $T\cos\alpha + \rho_в V g = Mg$

$$T = \frac{M-\rho_в V}{\cos\alpha}\, g$$

x) $Ma_ц = \rho_в V a_ц + T\sin\alpha$ $\qquad a_ц(M-\rho_в V) = \frac{M-\rho_в V}{\cos\alpha}\sin\alpha\, g$

$$a_ц = g\, tg\,\alpha$$



$$a_ц = \omega^2 x$$

$$x = (l+R)\sin\alpha$$

$$g\, tg\,\alpha = \omega^2 (l+R)\sin\alpha$$

$$\frac{g}{\cos\alpha} = \omega^2(l+R) \qquad \omega = \sqrt{\frac{g}{(l+R)\cos\alpha}} \qquad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{(l+R)\cos\alpha}{g}} \approx$$

$$\approx 2\cdot 3{,}1415\cdot\sqrt{\frac{0{,}16\cdot\frac{1}{2}}{10}} \approx \underline{0{,}56\ с}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } F = 60\ Н;\ T = 0{,}56\ с}$$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21206103**

ID профиля: **819628**

Вариант 4

Чистовик

4. До начала испарения вода нагрелась до температуры парообразования $T_{100} = 100°C = 373\,K$

На это ушло $Q_1 = mc\Delta T = mc(T_{100} - T_0) = 0{,}01 \cdot 4180 \cdot (100-20) =$

$= 0{,}01 \cdot 4180 \cdot 80 \approx \underline{3344\ Дж}$.

Узнаем, хватит ли теплоты, чтобы испарить всю воду.

На это уйдёт дополнительно $Q_2 = mL = 0{,}01 \cdot 2{,}26 \cdot 10^6 \approx 22600$ Дж.

$Q_1 + Q_2 < Q \Rightarrow$ хватит. На нагревание пара останется

$Q_3 = Q - Q_1 - Q_2$. Если он нагреется до температуры T_K, то

$mc_p(T_K - T_{100}) = Q_3 = Q - Q_1 - Q_2 \qquad T_K = T_{100} + \dfrac{Q - Q_1 - Q_2}{mc_p}$

Давление газа всегда равно p_0 (поршень легкий). Вся вода испарилась, под поршнем идеальный газ. Его кол-во $\nu = \dfrac{m}{M_B} =$

$= \dfrac{10}{18} \approx 0{,}556$ моль. Можно записать уравн. конечного состояния:

$$p_0 V = \frac{m}{M_B} R T_K = \frac{R}{M_B}\left(T_{100} m + \frac{Q - Q_1 - Q_2}{c_p}\right) \quad V = \frac{R}{p_0 M_B}\left(T_{100} m + \frac{Q - Q_1 - Q_2}{c_p}\right) \approx$$

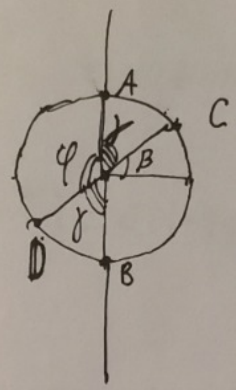
$$\approx \frac{8{,}31}{10^5 \cdot 0{,}018}\left(373 \cdot 0{,}01 + \frac{33000 - 3344 - 22600}{2200}\right) \approx 0{,}00462\,(3{,}73 + 3{,}21) \approx$$

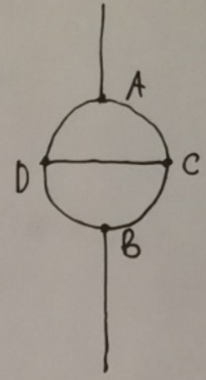
$\approx 0{,}032\ м^3 = \underline{32\ л}$

$$\boxed{\text{Ответ: } Q_1 = 3344 \text{ Дж}; \quad V = 32 \text{ л}}$$

Чистовик

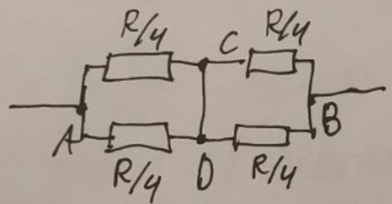
5. Пусть концы перемычки – точки C и D.





В п. 1) дуги CA, AD, BD и BC равны. Все четыре вместе имеют сопр. R, значит, каждая имеет $R/4$.

Схему можно перерисовать, заменив дуги с сопротивл. $R/4$ на такие же резисторы:



Между C и D перемычка, эти 2 точки можно рассматривать как одну. Схема сост. из двух посл. частей, сопр. каждой – $\frac{R/4 \cdot R/4}{R/4 + R/4} = \frac{R^2 \cdot 2}{R \cdot 16} = \frac{R}{8}$, $R_{об} = \frac{R}{8} + \frac{R}{8} = \frac{R}{4}$.

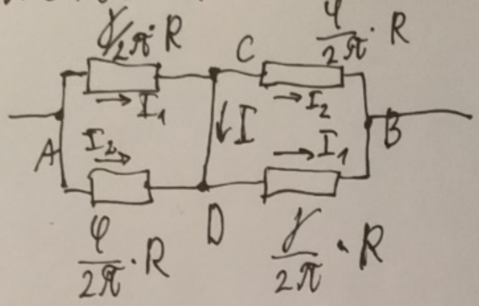
$$P = \frac{U^2}{R_{об}} = \frac{4U^2}{R} = \underline{32 \text{ Вт}}.$$

Возьмём угол β в радианах. Пусть угол $\gamma = \frac{\pi}{2} - \beta$, угол $\varphi = \pi - \gamma$. Для любого угла: сопр. дуги, ограниченной углом 2π (всё кольцо) равно R, сопр. дуги, огран. углом γ – $\frac{\gamma}{2\pi} \cdot R$.

Можно перерисовать схему с новыми сопротивлениями.

Чистовик

Сопр. дуг BD и BC равно AC и AD соотв.



Пусть протекает через кольцо на уч. AB общий ток I_1+I_2, причём по AC течет I_1, а по $AD - I_2$.

Участки схемы до и после перемычки соед. послед-но и они полностью одинаковы, каждый имеет сопр.

$$\frac{\frac{\gamma}{2\pi}\cdot R\cdot\frac{\varphi}{2\pi}\cdot R}{\frac{\gamma}{2\pi}\cdot R+\frac{\varphi}{2\pi}\cdot R}=\frac{R^2\cdot\frac{\gamma\varphi}{4\pi^2}}{\frac{R}{2\pi}(\gamma+\varphi)}=\frac{R\cdot\frac{\gamma\varphi}{4\pi^2}}{\frac{1}{2\pi}\cdot\pi}=2R\cdot\frac{\gamma\varphi}{4\pi^2}=\frac{R\gamma\varphi}{2\pi^2}$$

Вся схема $\frac{R\gamma\varphi}{\pi^2}$. $\quad I_1+I_2=\frac{U}{\frac{R\gamma\varphi}{\pi^2}}=\frac{U\pi^2}{R\gamma\varphi}$

Так как AC и AD соед. параллельно,

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}=\frac{\varphi}{\gamma}.\qquad I_1=I_2\cdot\frac{\varphi}{\gamma}$$

По 2 пр. Кирхгофа для т. D $\quad I_2+I=I_1$ (через BD и BC текут токи, как через AC и AD, т. к. равны напряж. и сопр.)

$$I_2+I=I_2\cdot\frac{\varphi}{\gamma}\qquad I=I_2\frac{\varphi-\gamma}{\gamma}\qquad I_2=I\frac{\gamma}{\varphi-\gamma}\qquad I_1=I\frac{\varphi}{\varphi-\gamma}$$

$$I\left(\frac{\varphi}{\varphi-\gamma}+\frac{\gamma}{\varphi-\gamma}\right)=\frac{U\pi^2}{R\gamma\varphi}\qquad\frac{I\,\pi}{\varphi-\gamma}=\frac{U\pi^2}{R\gamma\varphi}$$

Чистовик

$$\frac{I}{\varphi-\gamma}=\frac{U\pi}{R\gamma\varphi}$$

$\varphi+\gamma=\pi \qquad \varphi=\pi-\gamma$

$$\frac{I}{\pi-2\gamma}=\frac{U\pi}{R\gamma(\pi-\gamma)} \qquad IR\gamma(\pi-\gamma)=U\pi^2-2U\pi\gamma$$

$$IR\pi\gamma-IR\gamma^2=U\pi^2-2U\pi\gamma$$

$$IR\gamma^2-(2U+IR)\pi\gamma+U\pi^2=0$$

$$D=4U^2\pi^2+I^2R^2\pi^2+\cancel{4}UIR\pi^2-4UIR\pi^2=(4U^2+I^2R^2)\pi^2$$

$$\gamma=\frac{\overset{264}{(2U+IR)\pi}\pm\cancel{\pi}\overset{188,4}{\sqrt{4U^2+I^2R^2}}}{\underset{72}{2IR}}$$

$$\gamma_1\approx\frac{264-188,4}{72}=1,05 \text{ рад} \qquad \gamma_2\approx\frac{264+188,4}{72}=6,3 \text{ рад}>\frac{\pi}{2}$$

$$\beta=\frac{\pi}{2}-\gamma\approx0,52 \text{ рад}\approx\underline{30^0}$$

в таком случае общ. сопр. равно $\frac{R\gamma\varphi}{\pi^2}=\frac{72\cdot1,05\cdot(3,14-1,05)}{3,14^2}\approx16$ Ом

$$P_2=\frac{U^2}{R_{об2}}=\frac{24^2}{16}=\underline{36 \text{ Вт}}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } P=32 \text{ Вт}; \ \beta\approx30^0; \ P_2=36 \text{ Вт}}$$