Часть 1

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

Шифр: **21206246**

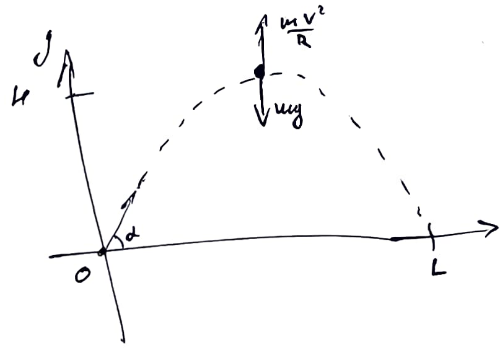
ID профиля: **116296**

Вариант 4

№1

Дано:
$\alpha = 45^\circ$;
$H = 10\,м$;
$F_{р/g} = \frac{1}{2} F_T$;

V_0; V;



Решение:

1) $\begin{cases} x(t) = V_0 t \cos\alpha \\ y(t) = V_0 t \sin\alpha - \frac{gt^2}{2} = H \\ V_y(t) = V_0 \sin\alpha - gt = 0 \end{cases}$

$V_0 \sin\alpha = gt$

$t = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

$$V_0 \cdot \frac{V_0 \sin^2\alpha}{g} - \frac{g \cdot V_0^2 \sin^2\alpha}{2g^2} = H$$

$$H = \frac{V_0^2(2\sin^2\alpha - \sin^2\alpha)}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = 20\,(м/с)$$

2) В неИСО
$\begin{cases} F_T - F_{ц.б.} = F_{р/g}, \\ F_{р/g} = \frac{1}{2} F_T; \end{cases} \Rightarrow F_{ц.б} = \frac{1}{2} F_T$

$$\frac{mV^2}{R_{кр}} = \frac{1}{2} mg \Rightarrow a_н = \frac{V^2}{R_{кр}} = \frac{1}{2} g \Rightarrow V = \sqrt{\frac{gR_{кр}}{2}}$$

3.) В случае с полётом в верхней точке: $g = a_н = \frac{V_x^2}{R_{кр}}$

$$R_{кр} = \frac{V_x^2}{g}, \quad V_x = V_0 \cos\alpha$$

$$R_{кр} = \frac{V_0^2 \cos^2\alpha}{g} = \frac{\frac{2gH}{\sin^2\alpha} \cdot \cos^2\alpha}{g} = 2H \operatorname{ctg}^2\alpha$$

4) $$V = \sqrt{\frac{g \cdot 2H \operatorname{ctg}^2\alpha}{2}} = \sqrt{gH \operatorname{ctg}^2\alpha} = \sqrt{gH} \operatorname{ctg}\alpha = 10\,м/с$$

Ответ: $V_0 = 20\,(м/с)$;
$V = 10\,(м/с)$;

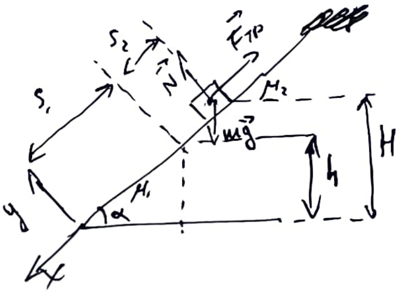
№ 2 чистовик лист 2 из 3

Дано:
$\cos\alpha = \frac{24}{25}$;
$h = 1{,}4$ м;
$\mu_1 = 0{,}5$;
$\mu_2 = 0{,}06$;
$V_к = 0$;

V_{max} - ?; S - ?

$\alpha = \arccos\left(\frac{24}{25}\right)$

Решение:



0) 2 З.Н. на оси Oxy

$$\begin{cases} N = mg\cos\alpha \\ ma_x = mg\sin\alpha - F_{тр} \end{cases}$$

$F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

З.С.Э. $\begin{cases} mgH = A_{тр1} + A_{тр2} = \mu_1 mg\cos\alpha \cdot S_1 + \mu_2 mg\cos\alpha\, S_2 \\ H > h \ (!) \end{cases}$

$\sin\alpha = \frac{h}{S_1} \Rightarrow S_1 = \frac{h}{\sin\alpha}$; $S_2 = \frac{H}{\sin\alpha} - S_1 = \frac{H}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{H-h}{\sin\alpha}$

1) $H = \mu_1\cos\alpha \cdot \frac{h}{\sin\alpha} + \mu_2\cos\alpha \cdot \frac{H-h}{\sin\alpha} =$

$H\,tg\alpha = \mu_1 h + \mu_2(H-h)$

$H\,tg\alpha = \mu_1 h + \mu_2 H - \mu_2 h$

$H(tg\alpha - \mu_2) = h(\mu_1 - \mu_2)$

$H = h \cdot \frac{\mu_1 - \mu_2}{tg\alpha - \mu_2} \approx 2{,}66$ (м);

$S = S_1 + S_2 = \frac{h + H - h}{\sin\alpha} = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{h(\mu_1 - \mu_2)}{\sin\alpha(tg\alpha - \mu_2)} \approx 9{,}5$ (м);

Проверка $\left(S_1 > \frac{h}{\sin\alpha}\right)$ верно, т.е. $H > h$

2) ~~Пусть рассмотрим положение на высоте x~~ наибольшая ($\exists\, x > h$)

$mgH = \frac{mV^2}{2} + \mu_2 mg\cos\alpha \cdot \left(\frac{H}{\sin\alpha} - \frac{x}{\sin\alpha}\right)$

$V^2 = 2gH - \mu_2 g\,\cancel{ctg\alpha \cdot (H-x)}$

$V = \sqrt{2gH - \mu_2 g\,ctg\alpha \cdot (H-x)}$

$\cancel{V' = \mu_2 g\,ctg\alpha \cdot \sqrt{2gH - \mu_2 g\,ctg\alpha \cdot (H-x)}}$

$a_{x1} = g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha) = -2$ (м/с)

$a_{x2} = g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) = 2{,}224$ (м/с)

Тогда очевидно, что торможение начнется на высоте h и значит там V_{max}

$mgh + \frac{mV_{max}^2}{2} = \mu_1 mg\cos\alpha \cdot \frac{h}{\sin\alpha}$

$V_{max} = \sqrt{2gh(\mu_1\,ctg\alpha - 1)} \approx 4{,}5$ (м/с)

Ответ: $S \approx 9{,}5$ (м); $V_{max} \approx 4{,}5$ (м/с);

№3

Дано:

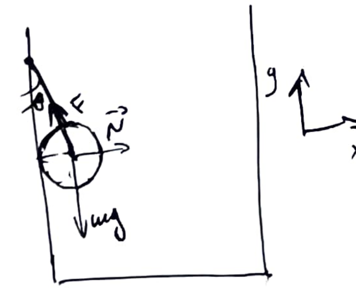
$R = 8$ см;
$l = 8$ см;
$m = 5{,}2$ кг;
$\alpha = 60^\circ$;
$\rho = 1000$ (кг/м³);

F; T - ?

Решение:

1) $\sin\beta = \frac{R}{l+R}$; 2 ЗН. на верт. ось:

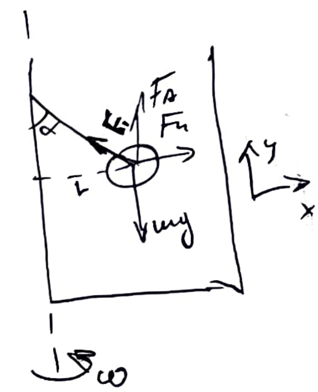
$$mg = F\cos\beta$$



$$F = \frac{mg}{\cos\beta} = \frac{mg}{\sqrt{1-\left(\frac{R}{l+R}\right)^2}} =$$

$$= \frac{mg(l+R)}{\sqrt{l^2+2lR+R^2-R^2}} = \frac{mg(l+R)}{\sqrt{l(l+2R)}} \approx 60\ (\text{Н})$$

2) 2 З.Н. в неИСО



$$\begin{cases} Ox: & F_ц = F_1 \sin\alpha \\ Oy: & F_A + F_1\cos\alpha = mg \end{cases}$$

$$F_ц = m\omega^2 L = m\omega^2(R+l)\sin\alpha$$

$$F_A = \rho V g = \rho g\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$$

$$F_1 = \frac{F_ц}{\sin\alpha} = m\omega^2(R+l)$$

$$\frac{4}{3}\rho g\pi R^3 + m\omega^2(R+l)\cos\alpha = mg$$

$$\omega^2 = \frac{mg - \frac{4}{3}\rho g\pi R^3}{m(R+l)\cos\alpha} = \frac{g(m-\frac{4}{3}\rho\pi R^3)}{m(R+l)\cos\alpha}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g(m-\frac{4}{3}\rho\pi R^3)}{m(R+l)\cos\alpha}}} \approx 47{,}29\ (\text{с});$$

Ответ: $F \approx 60$ Н;
$T \approx 47{,}29$ с;

Часть 2

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

Шифр: **21206246**

ID профиля: **116296**

Вариант 4

№4 Чистовик лист 1 из 3

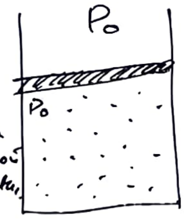
Дано:

$m = 10$ г;
$t_0 = 20°C$;
$P_0 = 1\cdot 10^5$ Па;
$Q = 33$ кДж;

Q_1, V - ?

$c = 4180 \frac{Дж}{кг\cdot К}$;
$r = 2{,}26\cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$;
$c_p = 2200 \frac{Дж}{кг\cdot К}$;
$M = 18$ г/моль;

Решение:



1) $cm(100° - t_0) = Q_1 = 3344$ (Дж)

$r m_п = Q - Q_1 = Q - cm(100 - t_0)$

$m_п = \frac{Q - cm(100 - t_0)}{r}$ } $m_п$ – макс. масса воды, превращенной в пар при остатке теплоты.

$V = V_В + V_п$; $V_В = \rho_В \cdot (m - m_п)$;

$V_В = 0$, т.к. $m_п \approx 0{,}013$ (кг) $> m$, т.е. теплоты больше, и вся вода испарится, далее работаем с m, но уже пара.

$m_п = m = 10$ (г);

2.) Изобарно расширяется пар.

$Q = cm(100° - t_0) + rm + \underbrace{(\Delta U + A)}_{= c_p m \Delta T}$

$\Delta T = \frac{Q - cm(100° - t_0) - rm}{m c_p} = \frac{\frac{Q}{m} - c(100° - t_0) - r}{c_p}$

М-К: $P_0 V = \frac{m}{M} RT \Rightarrow V = \frac{mRT}{P_0 M} = \frac{mR(t_0 + \Delta t)}{P_0 M} =$

$= \frac{mR}{P_0 M}\left(t_0 + \frac{\frac{Q}{m} - c(100° - t_0) - r}{c_p}\right) \approx 0{,}028$ (м^3)

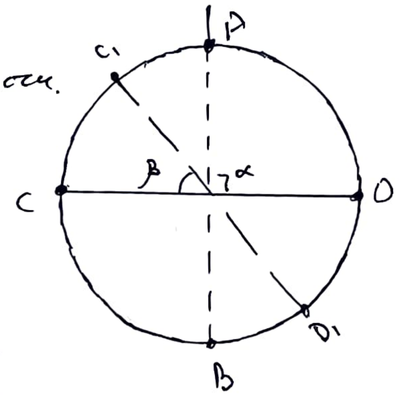
Ответ: $Q_1 = 3344$ (Дж)
$V = 0{,}028$ (м^3);

№5

Дано:
$R = 72$ Ом;
$U = 24$ В;
$\alpha = 90°$;
$I_2 = 0{,}5$ А;

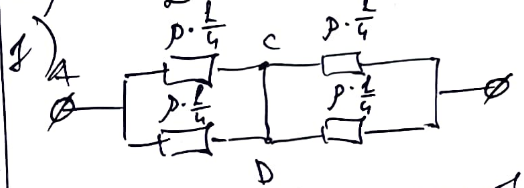
$P;\ \beta;\ P_2$

Решение:



Пусть $\rho = \frac{R}{L}$, где L – длина окружности.

1)

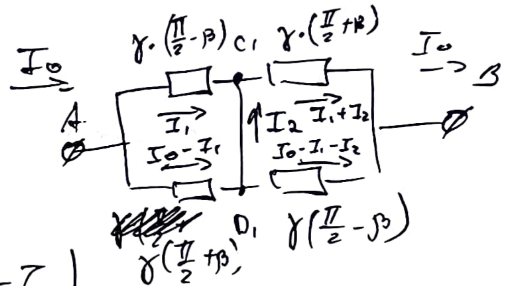


мостик сбалансирован, тогда

$$R_{экв} = \frac{\rho\cdot\frac{L}{4}\cdot 2}{2} = \frac{\rho L}{4} = \frac{R}{4}$$

$$P = \frac{U^2}{R_{экв}} = \frac{4U^2}{R} = 32\ (Вт)$$

2.) Пусть $\gamma = \frac{R}{2\pi}$ (γ – сопротивление дуги опред. угла в радианах)



Кирхгоф:

$$\gamma\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)I_1 = \gamma\left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)(I_0 - I_1)$$

$$\gamma\left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)(I_1 + I_2) = \gamma\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)(I_0 - I_1 - I_2)$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{экв}}$$

$$R_{экв} = 2\cdot\left(\frac{1}{\gamma(\frac{\pi}{2}-\beta)} + \frac{1}{\gamma(\frac{\pi}{2}+\beta)}\right)^{-1} = \frac{2\gamma\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)}{\pi}$$

$$\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)I_1 = \left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)I_0 - \left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)I_1$$

$$\left(\left(\frac{\pi}{2}\cancel{-\beta}\right) + \left(\frac{\pi}{2}\cancel{+\beta}\right)\right)I_1 = \left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)I_0$$

$$\pi I_1 = \left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)I_0$$

$$I_1 = \left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)I_0$$

$$\left(\frac{\pi}{2}+\beta\right)\left(\left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)I_0 + I_2\right) = \left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)\left(I_0 - \left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)I_0 - I_2\right)$$

$$\left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)\left(\left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)I_0 + I_2\right) = \left(\frac{1}{2}-\frac{\beta}{\pi}\right)\left(\left(\frac{1}{2}-\frac{\beta}{\pi}\right)I_0 - I_2\right)$$

$$\left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)^2 I_0 + \left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)I_2 = \left(\frac{1}{2}-\frac{\beta}{\pi}\right)^2 I_0 - \left(\frac{1}{2}-\frac{\beta}{\pi}\right)I_2$$

$$I_2\left(\cancel{\frac{1}{2}} + \cancel{\frac{\beta}{\pi}} + \cancel{\frac{1}{2}} - \cancel{\frac{\beta}{\pi}}\right) = I_0\left(\left(\frac{1}{2}-\frac{\beta}{\pi}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}+\frac{\beta}{\pi}\right)^2\right)$$

$$I_2 = I_0\left(\left(\cancel{\frac{1}{2}} - \cancel{\frac{\beta}{\pi}} + \cancel{\frac{1}{2}} + \cancel{\frac{\beta}{\pi}}\right)\left(\cancel{\frac{1}{2}} - \frac{\beta}{\pi} - \cancel{\frac{1}{2}} - \frac{\beta}{\pi}\right)\right)$$

$$I_2 = I_0\cdot\frac{-2\beta}{\pi}; \qquad |I_2| = \frac{2\beta}{\pi}|I_0|$$

$$I_2 = \frac{U\cdot\cancel{\pi}}{\cancel{2}\gamma\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)}\cdot\frac{\cancel{2}\cdot\beta}{\cancel{\pi}} = \frac{U\cdot\beta}{\gamma\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)} = \frac{2U\beta\pi}{R\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)}$$

продолжение на листе 3

№3 (продолжение) чистовик лист 3из3

$$I_2 = \frac{2u\beta\pi}{R\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)}$$

$$I_2 R\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right) = 2u\beta\pi$$

$$\frac{I_2 R\pi^2}{4} - I_2 R\beta^2 = 2u\beta\pi$$

$$I_2 R\cdot\beta^2 + 2u\pi\cdot\beta - \frac{I_2 R\pi^2}{4} = 0$$

$$D = 4u^2\pi^2 + I_2^2R^2\pi^2 = \pi^2(4u^2 + I_2^2R^2)$$

$$\beta = \frac{-2u\pi \pm \pi\sqrt{4u^2+I_2^2R^2}}{2I_2R} = \pi\left(\frac{-2u \pm\sqrt{4u^2+I_2^2R^2}}{2I_2R}\right)$$

$$\beta \in \left\{\frac{1}{6}\pi;\ -1{,}5\pi\right\}$$

$$\beta = \frac{1}{6}\pi;$$

3) $$P_2 = \frac{u^2}{R_{экв}} = \frac{u^2\cdot\pi}{2\gamma\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)} = \frac{u^2\pi\cdot 2\pi}{2R\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)} =$$

$$= \frac{u^2\pi^2}{R\left(\frac{\pi^2}{4}-\beta^2\right)} = \frac{u^2}{R\left(\frac{1}{4}-\left(\frac{\beta}{\pi}\right)^2\right)} =$$

$$= \frac{u^2}{R\left(\frac{1}{4}-\left(\frac{-2u+\sqrt{4u^2+I_2^2R^2}}{2I_2R}\right)^2\right)} = 36\ (Вт);$$

Ответ: $P = 32$ Вт;
$P_2 = 36$ Вт;
$\beta = \frac{1}{6}\pi$;