

Часть 1

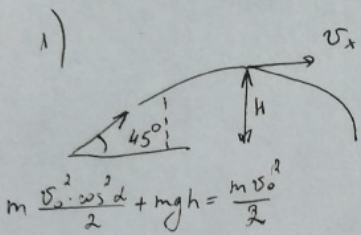
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21205847**

ID профиля: **850439**

Вариант 4

ЧЕРНОВИК



$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t$$

$$v_y = 0$$

$$v_0 \sin \alpha = g t \cos \alpha$$

$$t \cos \alpha = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

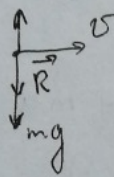
$$v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m}}{1}} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos 45^\circ = \frac{20 \cdot \sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$m v_0^2 + 4mgh = 2m v_x^2 \quad g = \frac{v_x^2}{R}$$

$$4gh = v_0^2$$

$$v_0 = 2\sqrt{gh}$$



$$R = \frac{v_x^2}{g} = \frac{100 \cdot 2}{10} = 20 \text{ m}$$

$$a_{\text{cent}} = \frac{v^2}{R}$$

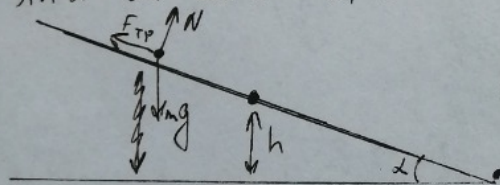
$$a_{\text{cent}} = \frac{g}{2}$$

$$\frac{g}{2} = \frac{v^2}{R} \quad v^2 = \frac{gR}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{gR}{2}} = \sqrt{\frac{10 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}}{2}} = 10 \text{ m/s}$$

- 2

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 0,28$$



$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{TP} = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$mgh + \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = F_{TP} \cdot \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$mgh + m \frac{v_{\text{max}}^2}{2} = \mu m g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$2gh + v_{\text{max}}^2 = 2\mu g h \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$v_{\text{max}}^2 = 2gh \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \mu - 1 \right)$$

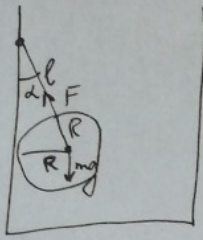
$$v_{\text{max}} = \sqrt{2gh \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \mu - 1 \right)} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1,4 \text{ m} \cdot \left(\frac{0,96}{0,28} \cdot 0,5 - 1 \right)} =$$

$$= 4,47 \text{ m/s}$$

$$S_f = \frac{v_{\text{max}}^2}{2g} = \frac{2gh \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \mu - 1 \right)}{2g} = h \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \mu - 1 \right) = 1 \text{ m}$$

$$S = S_i + \frac{h}{\sin \alpha} = 1 \text{ m} + \frac{1,4}{0,28} = 6 \text{ m}$$

ЧЕРНОБУК

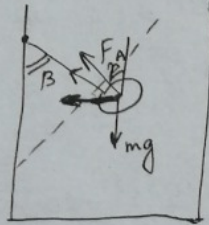


$$\sin \alpha = \frac{R}{L+R} = \frac{1}{2}$$

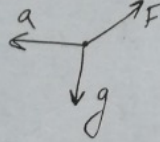
$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$mg = F \cdot \cos \alpha$$

$$F = \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{5,2 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 45 \text{ H}$$



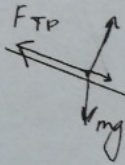
$$mg = T \cdot \cos \beta + gV \cdot \cos \gamma$$



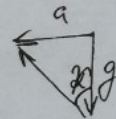
$$mg \cdot \sin \alpha = \mu_a mg \cdot \cos \alpha + ma$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu_a \cdot \cos \alpha)$$

$$1,73205$$



$$1,4 \cdot \frac{0,15 \cdot \frac{0,71}{0,28} - 1}{0,28 - 0,06 \cdot 0,96} \approx 4,5 \text{ m}$$



$$\tan \gamma = \frac{a}{g}$$

$$a_{gc} = \omega^2 R$$

$$T = \frac{2\pi R}{\omega}$$

$$ma = T \cdot \sin \alpha + gV \cdot \sin \alpha$$

$$mg = T \cdot \cos \alpha + gV \cdot \cos \alpha$$

$$\sin \gamma = \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$

$$F_{ApX} = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g$$

$$mg \cdot \tan \gamma = T \cdot \sin \alpha + gV \cdot \sin \alpha \quad gV \sqrt{a^2 + g^2} / \sin \gamma = gVa$$

$$T \neq g$$

$$ma = T \cdot \sin \alpha + gVa \quad T = \frac{mg - gV}{\cos \alpha}$$

$$a(m - gV) = T \cdot \sin \alpha$$

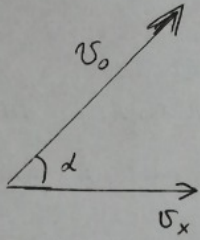
$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$a = \frac{T \cdot \sin \alpha}{m - gV} = \frac{(m - gV) g \cdot \sin \alpha}{m - gV} = g \cdot \sin \alpha \quad \frac{\sqrt{3}}{2} : \frac{1}{2} = \sqrt{3}$$

$$g \cdot \sin \alpha = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 R = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2} = g \cdot \sin \alpha$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{g \cdot \sin \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{g \cdot \sin \alpha}}$$

~ 1



Горизонтальная проекция скорости камня постоянна, т.к. для него $F_{сопр} = 0$.

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$$

Запишем ЗСЭ для камня в максимальной точке подъёма, учитывая, что вертикальная скорость равна нулю.

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{m v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{2}$$

Отсюда $v_0^2 = 4gh \Rightarrow v_0 = 2\sqrt{gh} = 20 \text{ м/с}$

Радиус кривизны в высшей точке траектории равен $R = \frac{v_x^2}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{g} = 20 \text{ м}$

Для самолёта $\vec{R} = m\vec{a} = \frac{mg}{2}$. $a = \frac{g}{2}$

Скорость самолёта в высшей точке горизонтальна, радиус кривизны траектории равен R .

$$\frac{g}{2} = \frac{v^2}{R}$$

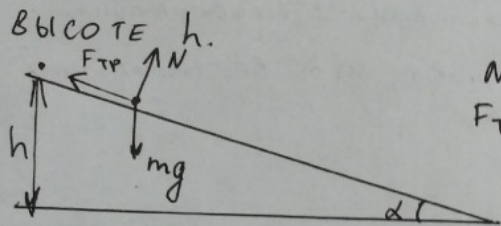
$$v = \sqrt{\frac{gR}{2}} = 10 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 20 м/с; 2) 10 м/с

~ 2

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 0,28$$

КОРОБКА УСКОРЯЛАСЬ ВЫШЕ ВЫСОТЫ h И ЗАМЕДЛЯЛАСЬ НИЖЕ ВЫСОТЫ h . ЗНАЧИТ, НАИБОЛЬШУЮ СКОРОСТЬ ОНА ДОСТИГЛА НА ВЫСОТЕ h .



$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu_1 mg \cdot \cos \alpha$$

КОРОБКА ОСТАНОВИЛАСЬ У ОСНОВАНИЯ.

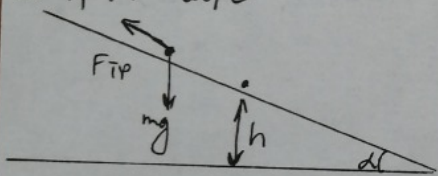
ЗАПИШЕМ ЗСЭ: $mgh + \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = F_{\text{тр}} \cdot \frac{h}{\sin \alpha}$

$$gh + \frac{v_{\text{max}}^2}{2} = \mu_1 gh \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$v_{\text{max}}^2 = 2gh \left(\mu_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - 1 \right)$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2gh \left(\mu_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - 1 \right)} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,4 \text{ м} \cdot \left(0,5 \cdot \frac{0,96}{0,28} - 1 \right)} = \sqrt{20} \text{ м/с} =$$

$$\approx 4,47 \text{ м/с}$$



II ЗАКОН НЬЮТОНА НА ВЫСОТЕ $H > h$:

$$mg \cdot \sin \alpha = \mu_2 mg \cdot \cos \alpha + ma$$

$$a = g (\sin \alpha - \mu_2 \cdot \cos \alpha)$$

Путь НА ВЫСОТЕ $H > h$ найдем по безвременной формуле.

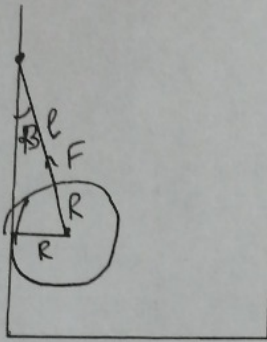
$$S_2 = \frac{v_{\text{max}}^2}{2a} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2g(\sin \alpha - \mu_2 \cdot \cos \alpha)} = \frac{2gh \left(\mu_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - 1 \right)}{2g(\sin \alpha - \mu_2 \cdot \cos \alpha)} =$$

$$= h \frac{\mu_1 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - 1}{\sin \alpha - \mu_2 \cdot \cos \alpha} = 1,4 \text{ м} \cdot \frac{0,5 \cdot \frac{0,96}{0,28} - 1}{0,28 - 0,06 \cdot 0,96} \approx 4,5 \text{ м}$$

$$S = S_2 + \frac{h}{\sin \alpha} = 4,5 \text{ м} + \frac{1,4 \text{ м}}{0,28} = 9,5 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 1) 4,47 м/с ; 2) 9,5 м

№ 3



Пусть нить составляет с вертикалью угол β .

$$\sin \alpha = \frac{R}{l+R} = \frac{1}{2}$$

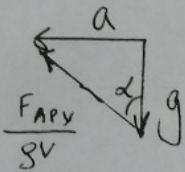
$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

II закон Ньютона в проекции на вертикальную ось:

$$mg = F \cdot \cos \beta$$

$$F = \frac{mg}{\cos \beta} = \frac{5,2 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2}{\sqrt{3}} = 60 \text{ Н}$$

Пусть $F_{\text{арх}}$ составляет с вертикалью угол γ .



$$\sin \alpha = \frac{gV}{g} ; \cos \gamma = \frac{gV}{F_{\text{арх}}} \quad (1)$$

II закон Ньютона в проекциях на оси:

$$\begin{cases} ma = T \cdot \sin \alpha + F_{\text{арх}} \cdot \sin \gamma \\ mg = T \cdot \cos \alpha + F_{\text{арх}} \cdot \cos \gamma \end{cases}$$

Преобразуем, учитывая уравнения (1)

$$\begin{cases} ma = T \cdot \sin \alpha + gV \\ mg = T \cdot \cos \alpha + gV \Rightarrow T = \frac{mg - gV}{\cos \alpha} \end{cases}$$

$$a(m - gV) = T \cdot \sin \alpha$$

$$a = \frac{T \cdot \sin \alpha}{m - gV} = \frac{g(m - gV) \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha \cdot (m - gV)} = g \cdot \tan \alpha$$

$$a = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2 R = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2} = g \cdot \tan \alpha$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{g \cdot \tan \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{g \cdot \tan \alpha}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,000512 \text{ м}^3}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,73205}} \approx 0,034 \text{ с}$$

Ответ: 1) 60 Н; 2) 0,034 с

Часть 2

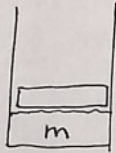
Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205847**

ID профиля: **850439**

Вариант 4

ЧЕРНОВИК



$$Q_1 = cm\Delta t_1 = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 0,01 \cdot 80 = 3344 \text{ Дж}$$

$$Q - Q_1 = 29656 \text{ Дж}$$

$$\frac{Q - Q_1}{\lambda} \approx m$$

$$Q_2 = \frac{1}{4} Rm = 2,26 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 2,26 \cdot 10^4 = 22600 \text{ Дж}$$

$$Q_3 = Q - (Q_1 + Q_2) = 7056 \text{ Дж}$$

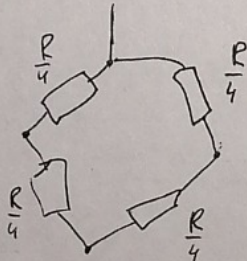
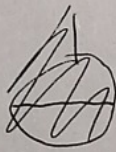
$$\Delta t_3 = \frac{Q_3}{c_p \cdot m} = \frac{7056 \text{ Дж}}{2200 \cdot 0,01} = 320 \text{ К}$$

~~$$pV = \frac{m}{M} RT$$~~

$$T = 273 \text{ К} + t_0 + 100 \text{ К} + \Delta t_3 = 713 \text{ К}$$

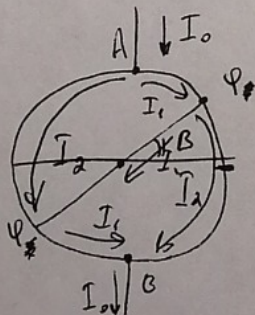
$$V = \frac{mRT}{MP}$$

$$= \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 713 \text{ К}}{0,018 \text{ м/моль} \cdot 1 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,033 \text{ м}^3$$



$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{4U^2}{R} = \frac{4 \cdot 576}{72} = 32 \text{ Вт}$$

$$\frac{U - \varphi}{R_2} = \frac{\varphi}{R_2} \quad U = 24 \text{ ?}$$



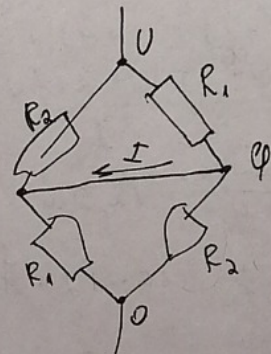
$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_2 + I$$

$$I_0 = 2I_2 + I$$

~~WAV~~

$$l_{\text{eff}} = 2\pi r$$



$$R = 2(R_1 + R_2)$$

~~$$\frac{R}{4} = R_1 + R_2$$~~

$$\frac{l}{4} = l_1 + r\beta$$

~~$$\frac{l}{4} = l_1 + l \frac{\beta}{2\pi}$$~~

~~$$\frac{l}{4} + \frac{\beta}{2\pi} = \frac{l}{2} - I$$~~

$$\frac{R}{4} = R_1 + R \frac{\beta}{2\pi} \quad \frac{IR}{2} + U = \frac{I_1 R}{2} + IR_1$$

$$\frac{\varphi}{R_1} = \frac{\varphi}{R_2} + I$$

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 = U$$

$$R_2 = \frac{R}{2} - R_1$$

~~$$I_1 R_1 + I_2 R_2 = U$$~~

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - IR_2 = U \Rightarrow U = I_1 R_1 + I_2 \frac{R}{2} - I R_1 - \frac{IR}{2} + I R_1$$

$$\frac{R}{4} = R_1 + R \frac{B}{2\pi} \quad \text{ЧЕРХОБУК}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{R}{2}$$

~~$$R_2 = \frac{R}{2} - R_1$$~~

~~$$R_2 \text{ и } R_1 = \frac{R}{2} - R_1$$~~
$$U = 2\varphi$$

~~$$\frac{U}{R_1} = \frac{U}{R_2} + I$$~~
$$R_2 = \frac{R}{2} - R_1$$

$$\frac{U}{2R_1} = \frac{U}{2R_2} + I$$

$$\frac{U}{2R_1} = \frac{U}{R - 2R_1} + I \quad / \cdot 2RR_1 - 4R_1^2$$

$$UR - 2UR_1 = 2UR_1 + 2IRR_1 - 4IR_1^2$$

$$4IR_1^2 - R_1(4U + 2IR) + UR = 0$$

~~$$4IR_1^2 - 2R_1(2U + IR) + UR = 0$$~~

$$D = 16U^2 + 16UIR + 4I^2R^2 - 16UIR = 4(4U^2 + I^2R^2)$$

$$R_1 = \frac{4U + 2IR \pm \sqrt{4U^2 + I^2R^2}}{8I} = \frac{168 \pm 120}{4} = 72$$

$$R_1 = \frac{168 - 120}{4} = 12 \text{ Ом}$$

~~$$\frac{R}{4} = 12 + \frac{36}{\pi}$$~~
$$18 = 12 + \frac{36}{\pi}$$

$$6 = \frac{36}{\pi}$$

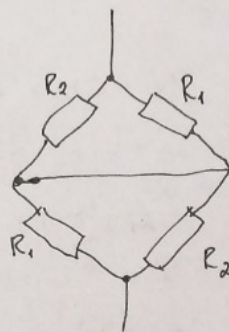
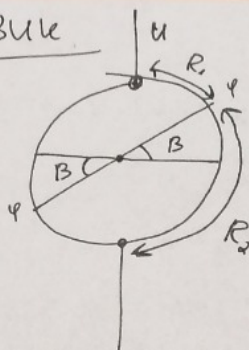
$$1 = \frac{6}{\pi}$$

$$B = \frac{\pi}{6} \text{ рад}$$

$$R_2 = 24 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{одн}} = \frac{2R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 24}{36} = 16 \text{ Ом}$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_{\text{одн}}} = \frac{576}{16} = 36 \text{ Вт}$$



$$2U^2 = 576$$

$$I^2 R = 1296$$

№ 4

$$Q_1 = c m (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}} \cdot 0,01 \text{ м} \cdot 80 \text{ К} = 3344 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = r m = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,01 \text{ м} = 22600 \text{ Дж}$$

$Q > Q_1 + Q_2 \Rightarrow$ ИДЁТ НАГРЕВ ВОДЯНОГО ПАРА.

$$Q_3 = c_p m \Delta t_3 ; Q_3 = Q - Q_1 - Q_2 = 7056 \text{ Дж}$$

$$\Delta t_3 = \frac{Q_3}{c_p \cdot m} = \frac{7056 \text{ Дж}}{2,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}} \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 320,73 \text{ К}$$

T - конечная абсолютная температура

$$T = 273 \text{ К} + t_0 + \cancel{80 \text{ К}} + \Delta t_3 = 693,73 \text{ К}$$

$M = 0,018 \text{ кг/моль}$ - молярная масса водяного пара

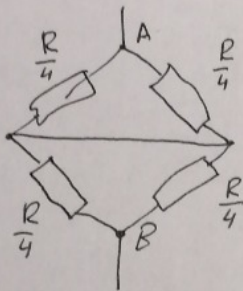
Уравнение Клапейрона - Менделеева: $pV = \nu RT$

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

$$V = \frac{m RT}{p M} = \frac{0,01 \text{ м} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}} \cdot 693,73 \text{ К}}{0,018 \text{ кг/моль} \cdot 1 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,032 \text{ м}^3$$

ОТВЕТ: $0,032 \text{ м}^3$

~ 5



Если перемычка перпендикулярна диаметру АВ, образуется сбалансированный мост, ток по перемычке не течёт.

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{4}$$

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

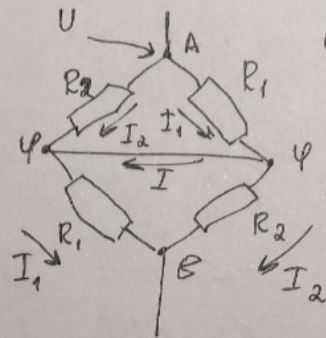
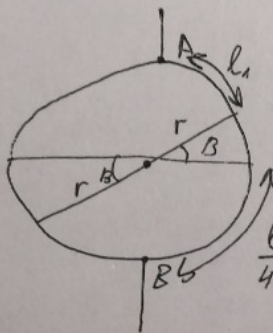


Схема токов объясняется симметрией схемы.

$$I_1 = I_2 + I \quad (1)$$

Пусть длина кольца равна l , а радиус r .

$l = 2\pi r$. l_1 - длина проводника R_1

$$\frac{l}{4} = l_1 + r\beta \implies \frac{l}{4} = l_1 + l \frac{\beta}{2\pi}$$

Сопротивление проводника пропорционально его длине, поэтому

$$\frac{R}{4} = R_1 + R \frac{\beta}{2\pi} \quad (2)$$

На концах перемычки потенциал равен ϕ , в точке А - U

Из симметрии схемы: $\frac{U-\phi}{R_1} = \frac{\phi}{R_2} \implies U = 2\phi$

Из уравнения (1):

$$\frac{\phi}{R_1} = \frac{\phi}{R_2} + I \implies \frac{U}{2R_1} = \frac{U}{2R_2} + I$$

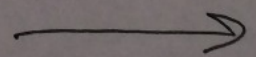
$R_1 + R_2 = \frac{R}{2}$, как части полуокружности.

$$R_2 = \frac{R}{2} - R_1$$

$\frac{U}{2R_1} = \frac{U}{R-2R_1} + I$. Преобразуем в уравнение относительно R_1 .

$$4IR_1^2 - R_1(4U + 2IR) + UR = 0$$

$$D = (4U + 2IR)^2 - 16UIR = 4(4U^2 + I^2R^2)$$



$$\left[\begin{aligned} R_1 &= \frac{4U + 2IR + \sqrt{D}}{8I} = 72 \text{ Ом} = R \text{ (невозможно)} \\ R_1 &= \frac{4U + 2IR - \sqrt{D}}{8I} = 12 \text{ Ом} \end{aligned} \right. \quad R_2 = 24 \text{ Ом}$$

Подставим R_1 в уравнение (2)

$$\frac{R}{4} = 12 + R \frac{\beta}{2\pi}$$

$$1 = \frac{6\beta}{\pi} \Rightarrow \beta = \frac{\pi}{6} \text{ рад}$$

$$R_{\text{одн}} = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 12 \text{ Ом} \cdot 24 \text{ Ом}}{36 \text{ Ом}} = 16 \text{ Ом}$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_{\text{одн}}} = \frac{576}{16} = 36 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) 32 Вт; 2) $\frac{\pi}{6}$ рад; 3) 36 Вт.