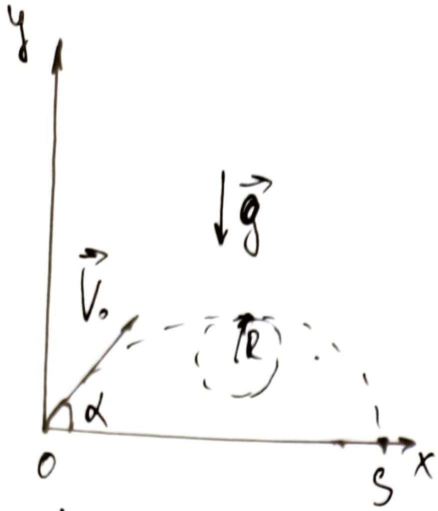
Часть 1

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

Шифр: **21205998**

ID профиля: **281556**

Вариант 3



Время движения камня до падения в 2 раза >, чем время подъёма до макс. высоты. (из симметрии движения)

$V_y(t) = V_0\sin\alpha - gt$

На макс. высоте $V_y(\tau) = 0 = V_0\sin\alpha - g\tau \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau = \frac{V_0\sin\alpha}{g} \Rightarrow T = 2\frac{V_0\sin\alpha}{g}$ время полёта

$x(t) = V_0\cos\alpha\, t \Rightarrow S = x(T) = V_0\cos\alpha\cdot 2\frac{V_0\sin\alpha}{g}$

$S = \frac{V_0^2\sin 2\alpha}{g} \Rightarrow \underline{V_0} = \sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10\frac{м}{с^2}\cdot 17м}{\frac{\sqrt{3}}{2}}} \approx \underline{14\frac{м}{с}}$

Пусть R – радиус кривизны траектории камня в высшей точке.

$V_в = \sqrt{V_y(\tau)^2 + V_x(\tau)^2} = \sqrt{0 + V_0^2\cos^2\alpha} = V_0\cos\alpha$ – скорость камня в выс. точке

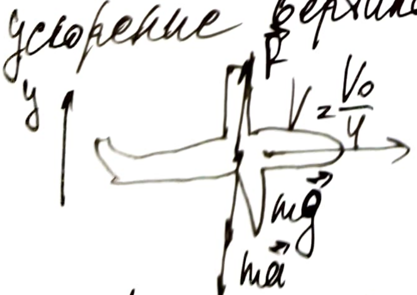
($V_x = V_0\cos\alpha = const$)

На камень весь полёт действует только одна сила – сила тяжести → его ускорение всё время g.

В верхней точке оно направленно по радиусу кривизны ⇒

$\Rightarrow g = \frac{V_в^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V_в^2}{g} = \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{g}$

Скорость самолёта в верхней точке также направлена гор-но, а его ускорение вертикально.



2-й зн. Ньютона: на ось y: $mg - F = ma$

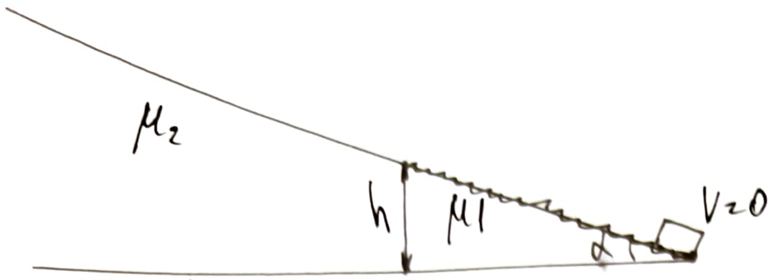
$a = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \underline{F} = m(g-a) = m\left(g - \frac{V^2}{R}\right) = m\left(g - \frac{V_0^2}{16R}\right) = m\left(g - \frac{V_0^2}{16\frac{V_0^2\cos^2\alpha}{g}}\right) = m\left(g - \frac{g}{16\cos^2\alpha}\right)$

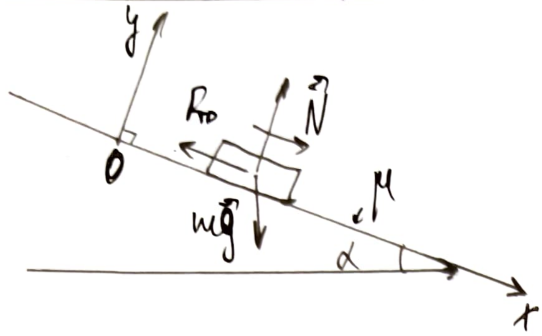
$= mg\left(1 - \frac{1}{16\cdot\frac{1}{4}}\right) = mg\left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4}mg = \frac{3}{4}\cdot 1кг\cdot 10\frac{м}{с^2} = \underline{7{,}5 Н}$

Чистовик

№ 2

$T = ?\ h = ?\ g = 10\ \frac{м}{с^2}$





Рассмотрим скатывание $(V \neq 0)$ $\Rightarrow F_{тр} = \mu N$ коробки по пл-ти с углом α и коэф. трения μ.

Ось x – вниз вдоль пл-ти

Ось y – вверх $\perp$ пл-ти

2-й з-н. Ньютона в проекции на оси x и y:

Oy: $N = mg\cos\alpha$ (движение без отрыва $\Rightarrow$ ускор. вдоль пл-ти)

Ox: $mg\sin\alpha - \mu N = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma_x \rightarrow a_x = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

если $a_x > 0$, то коробка разгоняется, если $a_x < 0$, то коробка тормозит

$a_x < 0$ при $\sin\alpha - \mu\cos\alpha < 0 \rightarrow \mu > \operatorname{tg}\alpha$

Для нашей пл-ти $\operatorname{tg}\alpha \approx 0{,}58 \Rightarrow \mu_1 > \operatorname{tg}\alpha$, $\mu_2 < \operatorname{tg}\alpha \rightarrow$

$\rightarrow$ на высотах $> h$ – разгон, на высотах $< h$ – торможение.

Ускорение при торможении (по модулю) $a_т = g(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)$

$S_т = \frac{h}{\sin\alpha}$ – путь при торможении.

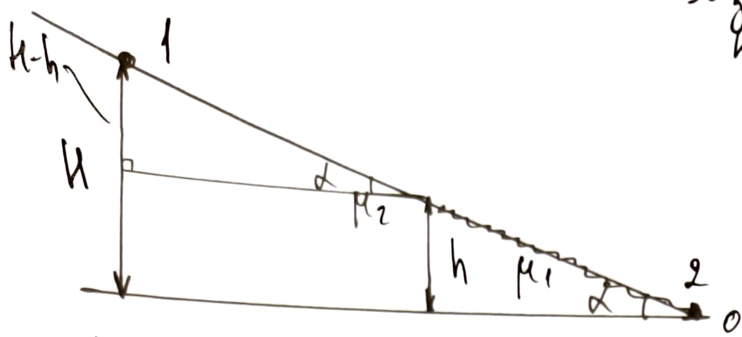
Т.к. в конце $V = 0$, то, воспользовавшись обрат. движения, получаем:

$$S_т = \frac{1}{2}a_т \cdot T^2 \rightarrow T = \sqrt{\frac{2S_т}{a_т}} = \sqrt{\frac{2h}{\sin\alpha \cdot g(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)}}$$

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin\alpha(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2м}{10\ \frac{м}{с^2}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2}\left(0{,}8\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right)}} = 3{,}15 \cdot 0{,}63с =$$

$= \underline{2с}$

Чистовик



Возьмём 0 пот. энергии у основания пл-ти.

Запишем ЗСЭ для коробки:

$W_1 + A = W_2$

A — работа сил трения

$W_1 = W_{к1} + W_{р1} = 0 + mgH = mgH$

нач. скорость $= 0$

$W_2 = W_{к2} + W_{р2} = 0 + 0 = 0$

остановка у осн $\Rightarrow v = 0$; 0 пот. эн

$A = A_р + A_т$

$A_р$ — работа силы трения на уч. разгона

$A_т$ — работа силы трения на уч. торможения

$F_{тр.р} = \mu_2 mg\cos\alpha$, $S_р = \frac{H-h}{\sin\alpha}$ $\Rightarrow$ $A_р = -F_{тр.р}\cdot S_р = -\frac{\mu_2 mg(H-h)}{tg\,\alpha}$

"$-$": сила против перемещения

$F_{тр.т} = \mu_1 mg\cos\alpha$, $S_т = \frac{h}{\sin\alpha}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow A_т = -F_{тр.т}\cdot S_т = -\frac{\mu_1 mgh}{tg\,\alpha}$

Получаем: $mgH - \frac{\mu_2 mg(H-h)}{tg\,\alpha} - \frac{\mu_1 mgh}{tg\,\alpha} = 0$ $\Rightarrow$

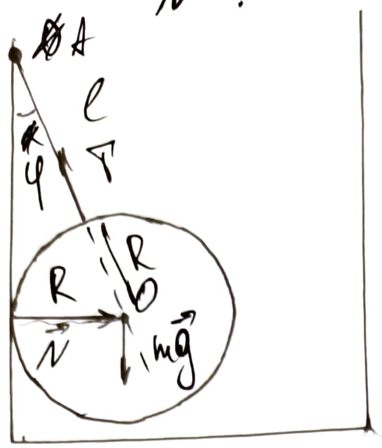
$\Rightarrow mgH - \frac{\mu_2 mgH}{tg\,\alpha} = \frac{(\mu_1-\mu_2)mgh}{tg\,\alpha} \;\Big|\cdot\frac{1}{mg}$

$H\left(1 - \frac{\mu_2}{tg\,\alpha}\right) = \frac{(\mu_1-\mu_2)h}{tg\,\alpha} \rightarrow H = h\cdot\frac{\mu_1-\mu_2}{tg\,\alpha\cdot\left(1-\frac{\mu_2}{tg\,\alpha}\right)} = h\frac{\mu_1-\mu_2}{tg\,\alpha-\mu_2}$

$H = 2м\cdot\frac{0{,}81-0{,}11}{\frac{1}{\sqrt{3}}-0{,}11} = \underline{3м}$

Чистовик

$N = ?$



Т.к. шар в равновесии, то сумма моментов сил отн. любой точки и сумма сил $= 0$.

$\vec{N}$ – проходит через центр шара, т.к. $\vec{N} \perp$ касательной вт. кас. → идёт по радиусу

$m\vec{g}$ – проходит через центр шара (из симметрии однородности шара)

$\vec{T}$ – направлена по нити.

Рассмотрим моменты сил отн. т. O: $M_{mg} = 0$, $M_N = 0$, но $M_{mg} + M_N + M_T = 0 \rightarrow M_T = 0 \Rightarrow \vec{T}$ тоже проходит через ц. шара.

Пусть нить образует угол φ с вертикалью, тогда $tg\varphi = \frac{R}{\ell + R} = \frac{1}{4} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi} \Rightarrow \frac{1}{16}\cos^2\varphi = 1 - \cos^2\varphi \Rightarrow \frac{17}{16}\cos^2\varphi = 1 \Rightarrow \cos\varphi = \frac{4}{\sqrt{17}}$

Запишем прав. моментов отн оси A ($\perp$ на-ти рис.):

$M_{TA} = 0$, $M_{NA} = N \cdot (\ell + R)\cos\varphi$, $M_{mgA} = -mg \cdot R \rightarrow$

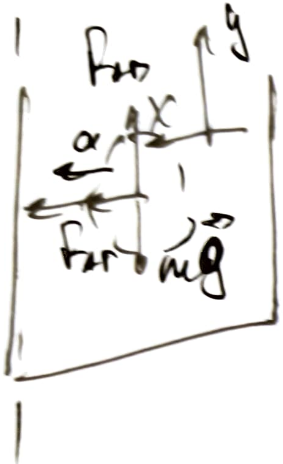
$\rightarrow N(\ell+R)\cos\varphi = mgR \rightarrow \underline{N} = \frac{mgR}{(\ell+R)\cos\varphi} = \frac{0{,}8кг \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 5}{20 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}}} = \frac{8Н \cdot \sqrt{17}}{16} =$

$= \underline{2{,}1 Н}$

Чистовик

стр. 6

Вывод силы Архимеда:



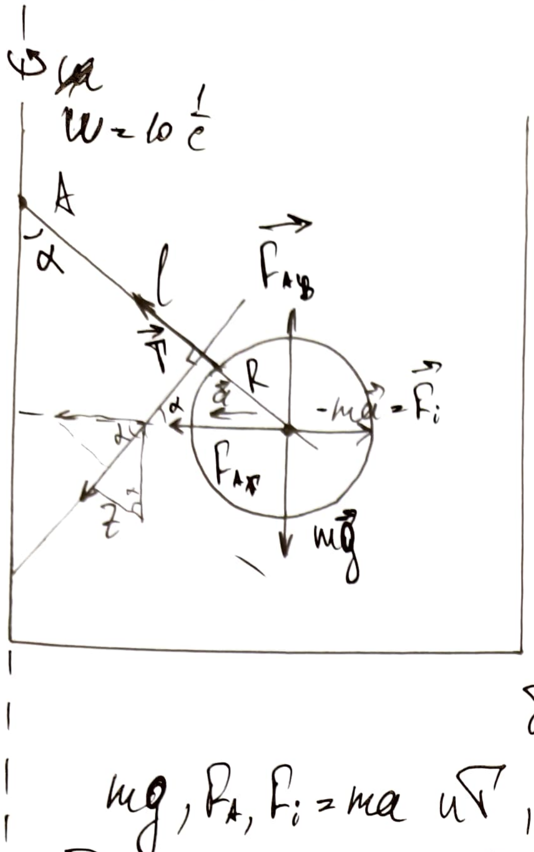
Рассмотрим шар воды того же объёма, что и наш шар. ~~Он каход~~ Он не движется по верт.

2-й з-н Ньютона на Oy и Ox:

$$F_{Аг} = m_0 a = \rho V a$$

$$F_{Ав} - m_0 g = 0 \Rightarrow F_{Ав} = m_0 g = \rho V g$$

Чистовик



$V = \frac{4}{3}\pi R^3$ - объём шара

Разложим силу архимеда на вертикальную (F_{AB}) и горизонтальную (F_{Ar}) составляющие.

$F_{AB} = \rho V g$

$F_{Ar} = \rho V a$, $a = \omega^2 (l+R) \cdot \sin\alpha$.

(Если перейти в неИСО, в которой шарик покоится, то ~~на~~ на него будут действовать силы:

mg, F_A, $F_i = ma$ и T, первые 3 проходят через центр $\to$ $\to$ чтобы сумма моментов от. центра шара была $= 0$, сила T должна проходить через центр)

~~Проведём ось z $\perp$ нити, запишем 2-й з-н Ньютона на ось z:~~

~~$ma\cos\alpha = F_{Ar}\cdot\cos\alpha + mg\sin\alpha - F_{AB}\cdot\sin\alpha$~~

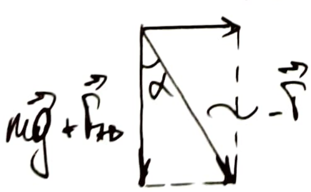
~~Перейдём в СО, где шар покоится. Сила инерции $F_i = ma = m\omega^2(l+R)\sin\alpha$~~

~~Ур-ие моментов отн. оси A (как в прошлый раз)~~

не зачёркнуто

Т.к шар в равновесии, то $\sum$ сил $= \vec{0}$ $\to$

$\to$ $\vec{F}_{Ar} + \vec{F}_{AB} + m\vec{g} + \vec{F}_i = -\vec{T}$ – направлено вдоль нити



Тогда $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{F_i - F_{Ar}}{mg - F_{AB}} = \dfrac{(m-\rho V)a}{(m-\rho V)g} = \dfrac{\omega^2(l+R)}{g}\cdot\sin\alpha$

$\to$ $\dfrac{1}{\cos\alpha} = \dfrac{\omega^2(l+R)}{g}$ $\to$ $\cos\alpha = \dfrac{g}{\omega^2(l+R)}$

$\cos\alpha = \dfrac{10\ \frac{м}{c^2}}{100\frac{1}{c^2}\cdot 0{,}2м} = \dfrac{1}{2}$ $\Rightarrow$ $\underline{\alpha = 60^\circ}$

Чистовик

Часть 2

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

Шифр: **21205998**

ID профиля: **281556**

Вариант 3

стр. 1

№4

$m = 5,5 г = 5,5 \cdot 10^{-3} кг$, $t_0 = 0°C$, $S = 500 см^2 = 500 \cdot 10^{-4} м^2$

$p_0 = 1,0 \cdot 10^5 Па$, $c = 4180 \frac{Дж}{кг \cdot K}$, $r = 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$, $C_p = 2200 \frac{Дж}{кг \cdot K}$

$Q_2 = 17430 Дж$

$Q_1 = ?$ $H = ?$

Т.к. поршень лёгкий, то давление над ним равно давлению под ним $= p_0 \Rightarrow$ вода закипит при $t_k = 100°C$.

Для этого к воде надо подвести $Q_1 = cm(t_k - t_0)$

$Q_1 = 4,18 \cdot 10^3 \frac{Дж}{кг \cdot K} \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} кг \cdot 100 K = \underline{2299 Дж \approx 2,3 кДж}$

Чтобы испарить всю воду нужно подвести к ней $Q_п = rm =$
$= 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} кг = 12,43 \cdot 10^3 Дж = 12430 Дж < Q_2$

$\Rightarrow$ вся вода испарится и под поршнем останется только водяной пар. После испарения всей воды к содержимому сосуда подводят ещё $\Delta Q = Q_2 - Q_п = 5000 Дж$

1-й з-н термодинамики: $\Delta Q = \Delta U_п + A_п$ — работа пара

$A_п = p_0 S \cdot H$ (давление пара $= p_0$, т.к. поршень лёгкий)

$\Delta U_п = \frac{i}{2} \nu R(T - T_k)$, $i = 6$ (молекула 3-атомная H_2O) - степень свободы

$\Delta U_п = 3\nu R(T - T_k)$, T - конеч. температура, $T_k = 373 K$

$C_p = C_v + R\nu = \left(\frac{i}{2}R + R\right)\nu = \frac{i+2}{2}\nu R = \frac{8}{2}\nu R = 4\nu R \Rightarrow \nu = \frac{C_p}{4R}$

теплоёмкость при пост. объёме

$\Delta U_п = 3\Delta(pV) = 3p_0 \Delta V$ (т.к. $p = p_0 = const$) — измен. объёма пара

$\Delta V = HS$

$A_п = p_0 \Delta V$

т.к. $p = p_0 = const$

$\Rightarrow \Delta U_п = 3A_п \Rightarrow \Delta Q = 3A_п + A_п = 4A_п$

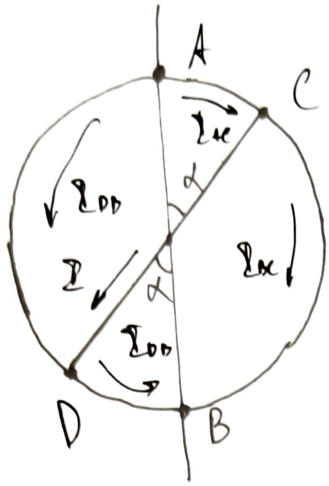
$\Delta Q = 4p_0 S H \Rightarrow H = \frac{\Delta Q}{4p_0 S} = \frac{5000 Дж}{4 \cdot 1 \cdot 10^5 Па \cdot 500 \cdot 10^{-4} м^2} = \frac{10 м}{4 \cdot 10} = \underline{0,25 м = 25 см}$

Чистовик

стр 2

№5

$R = 24$ Ом, $U = 6$ В, $\alpha = 30°$ $\left(=\frac{\pi}{6}\right)$, $P = ?$ $I = \frac{2}{3}$ А, $n = ?$ $P_2 = ?$



Сумма ~~их~~ сопротивлений участков кольца $= R$, т.к. это просто сумма ~~из~~ послед. сопротивлений частей проволоки

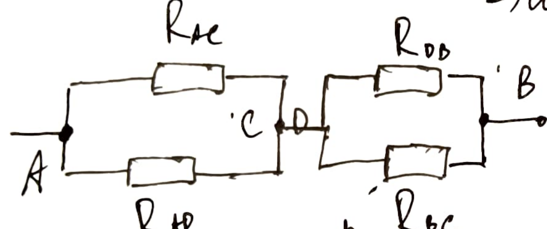
$$R_{AC} + R_{CB} + R_{DB} + R_{AD} = R$$

$$\rightarrow R_{AC} = R_{DB} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot R = \frac{R}{12} \quad (\overset{\frown}{AC} = \overset{\frown}{DB})$$

т.к. дуги равны

$$\rightarrow R_{AD} = R_{CB} = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} \cdot R = \frac{\frac{5}{6}}{2} R = \frac{5}{12} R \quad (\overset{\frown}{AD} = \overset{\frown}{CB})$$

Перерисуем экв. схему: т.к. сопр. перемычки мало, то $\varphi_C = \varphi_D \rightarrow$ ⇒ их можно объединить в одну точку



Пусть для удобства $R_{AC} = R_{DB} = r = 2$ Ом

$R_{AD} = R_{CB} = 5r$

— комбинация послед. и паралл. соединений

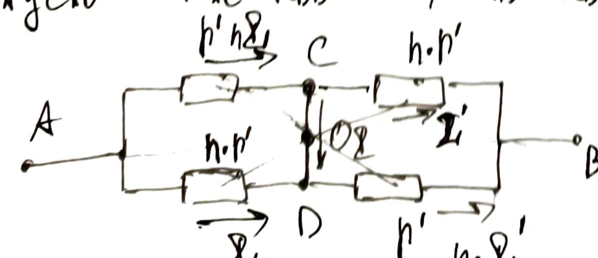
$$R_{AB} = \frac{r \cdot 5r}{r + 5r} + \frac{r \cdot 5r}{r + 5r} = \frac{2r \cdot 5r}{r + 5r} = \frac{10r^2}{6r} = \frac{5}{3} r$$

$$P = \frac{U^2}{R_{AB}} = \frac{3U^2}{5r} = \frac{3 \cdot 36\,В^2}{5 \cdot 2\,Ом} = \boxed{10{,}8\ Вт}$$

~~5r и r соединены ∥ (R_AC ∥~~ ⇒ R_{AC} и R_{AD}, R_{CB} и R_{DB} — параллельны →

$$\rightarrow I_{AC} \cdot R_{AC} = I_{AD} \cdot R_{AD}$$

Пусть $R_{AC} = R_{DB} = r'$, $R_{AD} = R_{BC} = n \cdot r'$



~~Тогда~~ Расставим токи. Пусть через AC идёт ток $n \cdot I_1$, тогда через AD идёт I_1 (из равенства напряжений)

Чистовик

стр. 3

~~Т.к.~~ через CB идёт ток I_1', а через DB тогда $n\cdot I_1'$ (из рав-ва напряжений)

По з-ну сохр. заряда $I_1 + nI_1 = I_1' + nI_1' \Rightarrow I_1 = I_1'$ (для общего тока)

$I_1 + I = n\cdot I_1 \Rightarrow (n-1)I_1 = I$ (для узла D)

$\Rightarrow I_1 = \frac{I}{n-1}$. Тогда $U = n\cdot r'\cdot\frac{I}{n-1} + r'\cdot\frac{nI}{n-1} = \frac{2Ir'}{n-1}\cdot n$

А $r'+r'+nr'+n\cdot r' = R \Rightarrow r' = \frac{R}{2(n+1)}$

~~Получаем: $U = 2I\frac{R}{2(n+1)(n-1)} = 2I\frac{R}{n^2-1} \Rightarrow n^2-1 = \frac{IR}{U} \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{IR}{U}+1} = \sqrt{\frac{\frac{2}{3}A\cdot 24\,Ом}{6\,В}+1} \approx 1,9$~~

$$U = 2I\frac{n}{n-1}\cdot\frac{R}{2(n+1)} = \frac{nIR}{n^2-1} \Rightarrow n^2U - U = nIR$$

$$n^2U - nIR - U = 0 \Rightarrow n = \frac{IR + \sqrt{(IR)^2+4U^2}}{2U}$$

$$n = \frac{\frac{2}{3}A\cdot 24\,Ом + \sqrt{\left(\frac{2}{3}A\cdot 24\,Ом\right)^2 + 4\cdot 36\,В^2}}{2\cdot 6\,В} = \frac{16+20}{12} = 3$$

~~$R_0 =$~~ $r' = \frac{R}{2(3+1)} = \frac{R}{8} = 3\,Ом$, $nr' = 9\,Ом$

Тогда $R_0 = \frac{nr'\cdot r'}{(n+1)r'} + \frac{n\cdot r'\cdot r'}{(n+1)r'} = \frac{3\cdot 9}{3+9}\cdot 2\,Ом = \frac{27\cdot 2}{12}\,Ом = 4,5\,Ом$

сопротивление цепи

$$P_2 = \frac{U^2}{R_0} = \frac{36\,В^2}{4,5\,Ом} = 8\,Вт$$

Чистовик

$1,9/n$

$$R_0 = \frac{1,9\, r\cdot r}{2,9}\cdot 2 = \frac{3,8}{2,9}\, r$$

$$2,9\, r\cdot 2 = R \Rightarrow r = \frac{R}{2\cdot 2,9} \Rightarrow R_0 = \frac{3,8}{2\cdot 2,9^2} R = \frac{1,9}{2,9^2} R = 5,4\ \text{Ом}$$

$$I'(n+1) = I_0$$

$$I_0 = \frac{6}{5,4} A = 1,1 A$$

$$\cancel{2,9} \quad I = (n-1) I_1 = \frac{n-1}{n+1} I_0$$

$$I = (n-1) I' = \frac{n-1}{n+1} I_0$$

$$I_0 = \frac{U(n+1)}{2n\cdot \frac{R}{2(n+1)}} = \frac{U}{R}\cdot\frac{(n+1)^2}{n}$$

$$\cancel{I_0 = \frac{2n\cdot r}{(n+1)} \Rightarrow I}$$

$$2(n+1) r = R \Rightarrow r = \frac{R}{2(n+1)}$$

$$I = \frac{n-1}{n+1}\cdot\frac{U}{R}\cdot\frac{(n+1)^2}{n} = \frac{n^2-1}{n}\,\frac{U}{R} \Rightarrow n^2\cdot\frac{U}{R} = nI + \frac{U}{R}$$

$$n^2\cdot\frac{1}{4} - n\cdot\frac{2}{3} - \frac{1}{4} = 0$$

$$n^2 - \frac{8}{3} n - 1 = 0 \Rightarrow n = \frac{\frac{8}{3} \pm \sqrt{\frac{64}{9} + 4}}{2} = \frac{\frac{8}{3} + \frac{10}{3}}{2} = \frac{18}{6} = 3$$

$$2 r' n I_1 = 2 r' n$$