Часть 1

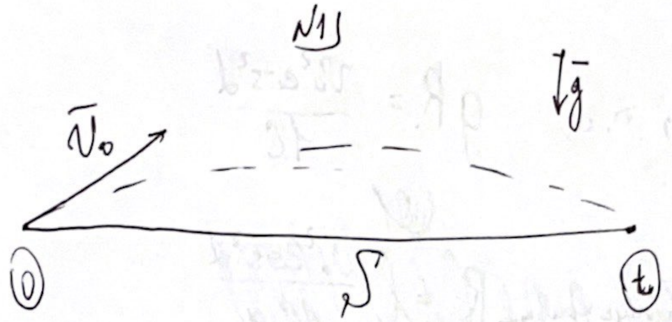
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21206324**

ID профиля: **800721**

Вариант 3

№1



$S = 17$ м, $g = 10\ \frac{м}{с^2}$

$\alpha = 60°$

Решение:

$O_x:\ V_0 \cos\alpha\, t = S$

$O_y:\ V_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = 0,\ t \neq 0$

$$\begin{cases} V_0 = \dfrac{S}{\cos\alpha\, t} \\ 2V_0 \sin\alpha = gt \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \dfrac{2V_0 \sin\alpha}{g} \\ \underline{V_0 = \dfrac{S}{\cos\alpha\, t} = \dfrac{S \cdot g}{2V_0 \sin\alpha \cos\alpha}} \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

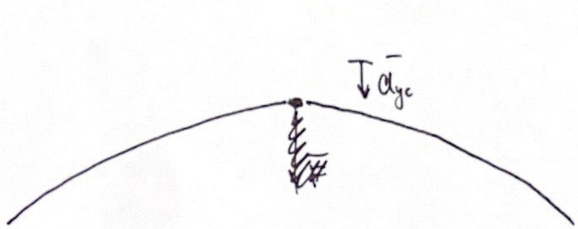
$$V_0^2 = \frac{gS}{2\sin\alpha\cos\alpha}$$

$$\Downarrow$$

1) $V_0 = \sqrt{\dfrac{gS}{2\sin\alpha\cos\alpha}}$

$V_0 = \sqrt{\dfrac{10 \cdot 17}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 10 \cdot 17}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\dfrac{340}{\sqrt{3}}} \approx 14\ \frac{м}{с}$

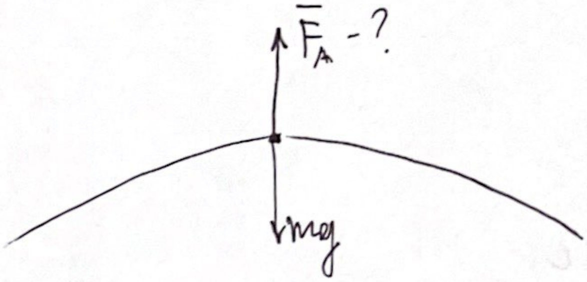
2)



$a_{цс} = \dfrac{v^2}{R}$, где $a_{цс}$ (в верхн. точке действ. только ускорение g, поэтому $g = \dfrac{v^2}{R}$

где $v = \frac{v_0}{4}\cos\alpha$, т.о. $gR = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{16}$

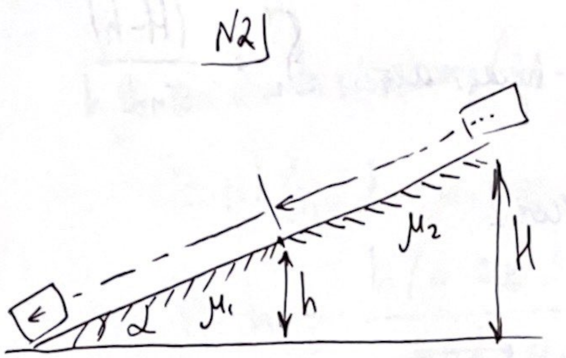
~~радиус кривизны $R = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{16g}$~~



В момент в верхней точке

$$ma_{цс} = mg - F_A$$

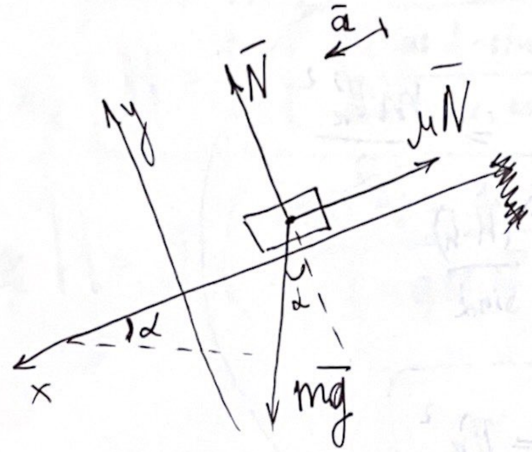
№2



$\alpha = 30°$

$h = 2 м$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$



Поск. коробка останавливается у основания, она движется, поэтому по з-ну Амонтона-Кулона $F_{тр} = \mu N$. Поскольку вначале у коробки нулевая скорость, а затем в конце также нулевая, коробка сначала разгоняется а затем тормозит (на участке с μ_2 - разгон, μ_1 - торможение).

2ЗН в проекциях:

μ_2:

$$O_x:\ ma_2 = mg\sin\alpha - \mu_1 N \Rightarrow ma_2 = mg\sin\alpha - \mu_2 mg\cos\alpha$$

$$O_y:\ N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{a_{2_x} = g\sin\alpha - \mu_2 g\cos\alpha}$$

Аналогично для a_1 в проекции на O_x (понятно, что $a_{1x} < 0$):

$$\boxed{a_{1_x} = g\sin\alpha - \mu_1 g\cos\alpha} \quad (|a_1| = \mu_1 g\cos\alpha - g\sin\alpha)$$

На участке торможения: $\frac{|a_1|T^2}{2} = S = \frac{h}{\sin\alpha} \Rightarrow T^2 = \frac{2h}{a_1\sin\alpha}$

1) $T = \sqrt{\frac{2h}{a_1\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2h}{g\sin\alpha(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)}} = \sqrt{\frac{2\cdot 2}{10\cdot\frac{1}{2}(0{,}81\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2})}} \approx \sqrt{4} = 2$ (с)

На участке разгона он проезжает $S_2 = \dfrac{(H-h)}{\sin\alpha}$

с ускорением $a_2 = g\sin\alpha - \mu_2 g\cos\alpha$

$$S_2 = \frac{v_к^2 - v_0^2}{2a_2} = \frac{v_к^2}{2a_2}$$

$$ЗСЭ^{\text{для участ. } \mu_2}: \ mg(H-h) - \underbrace{F_{тр}}_{\mu_2 mg\cos\alpha} \underbrace{S_2}_{\frac{(H-h)}{\sin\alpha}} = \frac{mv_к^2}{2}$$

$$\boxed{2g(H-h) - 2\mu_2 g\cos\alpha \frac{(H-h)}{\sin\alpha} = v_к^2}$$

~~Получаем уравнение:~~

$$\cancel{\frac{(H-h)}{\sin\alpha} = \frac{2g(H-h) - 2\mu_2 g\cos\alpha \frac{(H-h)}{\sin\alpha}}{2(g\sin\alpha - \mu_2 g\cos\alpha)}}$$

Найдём $v_к$, равное $v_{нач}$ для ~~второго~~ первого (μ_1) участка:

$$S_1 = \frac{v_0^2 - v_{нач}^2}{2a_{1x}} = \frac{-v_{нач}^2}{2a_{1x}} = \frac{v_к^2}{2a_1}$$

$$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{v_к^2}{2a_1} \Rightarrow v_к^2 = \frac{2a_1 h}{\sin\alpha} = \frac{2(\mu_1 g\cos\alpha - g\sin\alpha)h}{\sin\alpha}$$

Получаем уравнение:

$$\frac{2(\mu_1 g\cos\alpha - g\sin\alpha)h}{\sin\alpha} = 2g(H-h) - 2\mu_2 g\cos\alpha \frac{(H-h)}{\sin\alpha} = v_к^2$$

$$\frac{(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)h}{\sin\alpha} = (H-h) - \mu_2\cos\alpha \frac{H-h}{\sin\alpha}$$

$$h\mu_1\cos\alpha - h\sin\alpha = (H-h)\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha\,(H-h)$$

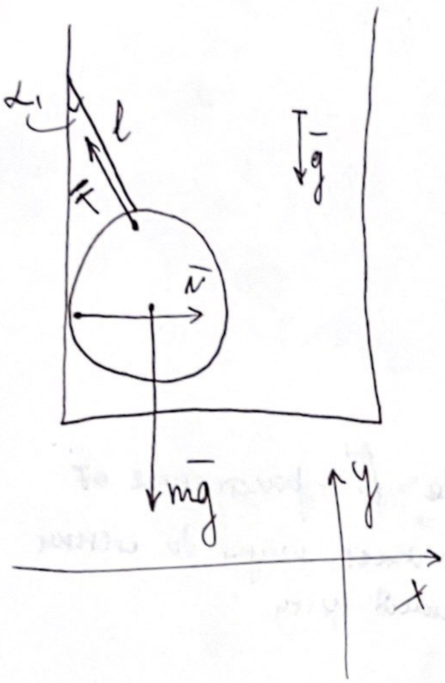
$$(H-h)(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) = h(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)$$

$$H-h = \frac{h(\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha)}{\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha}$$

2) $$\boxed{H = h\left(\frac{\mu_1\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha} + 1\right)}$$

$$H = 2\left(\frac{0{,}81\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2} - 0{,}11\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} + 1\right) \approx 2\left(\frac{0{,}403}{0{,}809} + 1\right) \approx 3 \text{ (м)}$$

N3



$R = 5$ см
$l = 15$ см
$m = 0{,}8$ кг

1) 2ЗН в проекциях:

$$O_x:\ N - T\sin\alpha_1 = 0$$

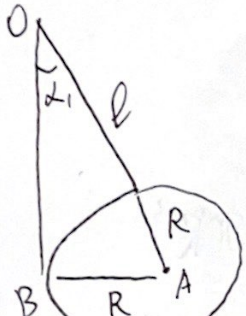
$$O_y:\ T\cos\alpha_1 - mg = 0$$

$$\Downarrow$$

$$T = \frac{mg}{\cos\alpha_1}$$

$$N = T\sin\alpha = \frac{mg}{\cos\alpha_1}\sin\alpha_1 = mg\,\mathrm{tg}\,\alpha_1$$

Найдём угол α:



$$OB = \sqrt{(l+R)^2 - R^2} = \sqrt{l^2 + 2lR + R^2 - R^2} = \sqrt{l^2 + 2lR}$$

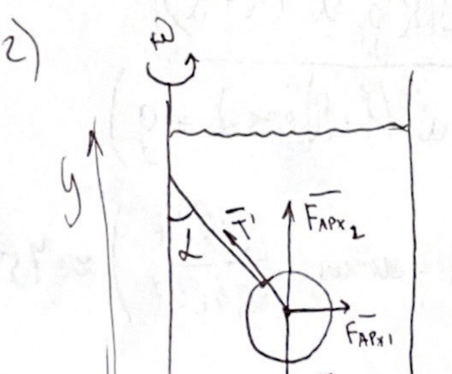
$$\mathrm{tg}\,\alpha_1 = \frac{AB}{OB} = \frac{R}{\sqrt{l^2 + 2lR}}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{N = mg\frac{R}{\sqrt{l^2 + 2lR}}}\qquad N = 0{,}8\cdot 10\cdot\frac{5}{\sqrt{15^2 + 2\cdot 15\cdot 5}} = \frac{40}{\sqrt{375}} \approx$$

$$\approx 2{,}07\ \text{Н}$$

2)



$\omega = 10$ рад/с

Заметим, что на воду действует центростремительное ускорение, направленное к ~~[illegible]~~ стенке крепления нити, тогда на шар будет действовать сила Архимеда (1), которая направлена как показано на рисунке.

Запишем 2ЗН в проекциях:

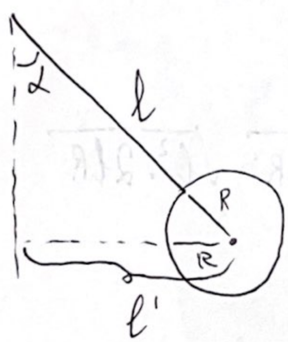
$Ox:\ F_{APX_1} - T'\sin\alpha = 0$

$Oy:\ -mg + T'\cos\alpha + F_{APX_2} = 0$

$$F_{APX_2} = \rho_в g V_п = \rho_в g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$$

$F_{APX_1} = \rho_в a_{цс} V_п = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в \cdot \omega^2 l'$, где l' – расстояние от центра масс шара до стенки крепления нити

$$\boxed{a_{цс} = \omega^2 l'}$$



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

$$\cancel{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в g = T' \sin\alpha}$$

$$\begin{cases} mg = T'\cos\alpha + \frac{4}{3}\rho_в g \pi R^3 \\ \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в \omega^2 (l+R)\sin\alpha = T'\sin\alpha \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{T' = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в \omega^2 (l+R)}$$

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

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

$$\Downarrow$$

$$\boxed{\alpha = \arccos\left(\frac{mg - \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в g}{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_в \omega^2 (l+R)}\right)}$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{8 - \frac{4}{3}\cdot 3{,}14 \cdot 0{,}05^3 \cdot 1000 \cdot 10}{\frac{4}{3}\cdot 3{,}14 \cdot 0{,}05^3 \cdot 1000 \cdot 10^2 (0{,}15 + 0{,}05)}\right) = \arccos\left(\frac{2{,}7667}{10{,}4667}\right) \approx 75^\circ$$

Часть 2

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

Шифр: **21206324**

ID профиля: **800721**

Вариант 3

№4

$m = 5{,}5\text{ г} = 5{,}5\cdot 10^{-3}\text{ кг}$

$t_0 = 0°C$

$S = 500\text{ см}^2$

$P_0 = 1{,}0\cdot 10^5\text{ Па}$

$c = 4180\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$r = 2{,}26\cdot 10^6\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$c_p = 2200\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

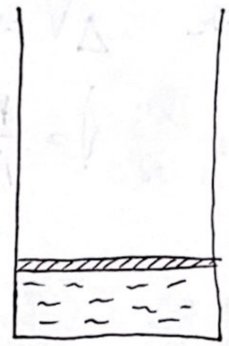
Решение:

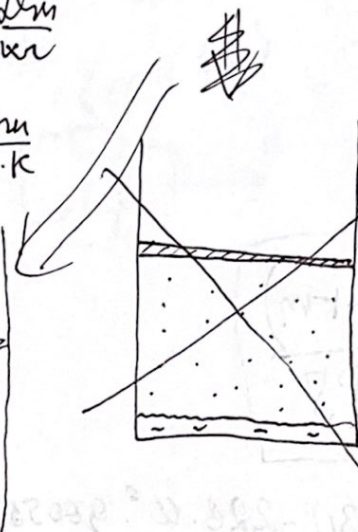
1) $Q = cm(t_к - t_0)$,

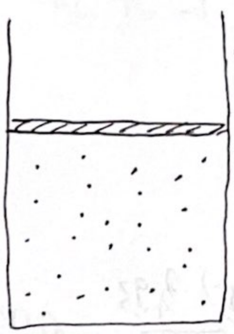
$t_к = 100°C \Rightarrow \Delta T = 100\text{ K}$

$Q = 4180\cdot 5{,}5\cdot 10^{-3}\cdot 100 =$

$= 2299\text{ Дж}$







Поскольку стенки гладкие и поршень свободно перемещается, то процесс изобарный ($P = const$).

Поскольку количество теплоты, подведённая к пару $Q = 17430$ Дж больше количества теплоты, затраченной на парообразование всей воды ($rm = 2{,}26\cdot 10^6\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\cdot 0{,}0055\text{ кг} = \underset{\wedge Q}{12430}\text{ Дж}$),

то оставшаяся теплота ($\Delta Q = Q - rm = 5000$ Дж) пошла на нагревание вод. пара:

$$\Delta Q = c_p m \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta Q}{c_p m} = \frac{Q - rm}{c_p m}.$$

Ур-ие Клапейрона-Менделеева $\boxed{\nu RT = PV}$

В нашем случае $P = Const$, поэтому

$$\underline{\nu R \Delta T = P \Delta V}$$

$$\Delta V = SH$$

$$\nu = \frac{m}{M_{H_2O}} = \frac{5{,}5\,г}{18\,\frac{г}{моль}}$$

$$\Downarrow$$

$$\nu R \Delta T = P_0 S H$$

$$\frac{\nu R (Q - rm)}{C_p m} = P_0 S H$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{H = \frac{\nu R (Q - rm)}{C_p m P_0 S}}$$

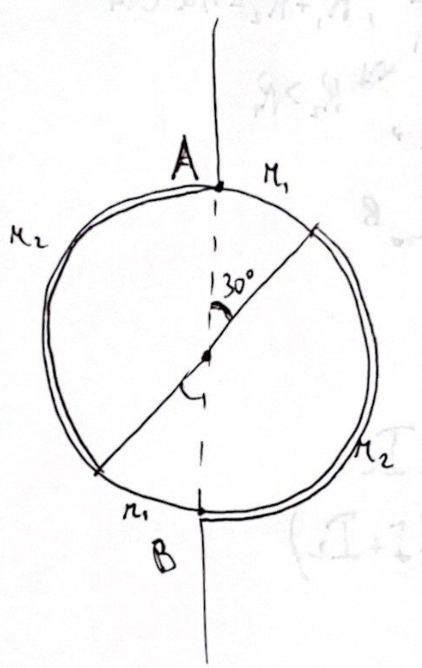
$$H \approx \frac{\frac{5{,}5}{18}(17430 - 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0055) \cdot 8{,}31}{2200 \cdot 0{,}0055 \cdot 10^5 \cdot 500 \cdot 10^{-4}} \approx 0{,}226 = 22{,}6\,см$$

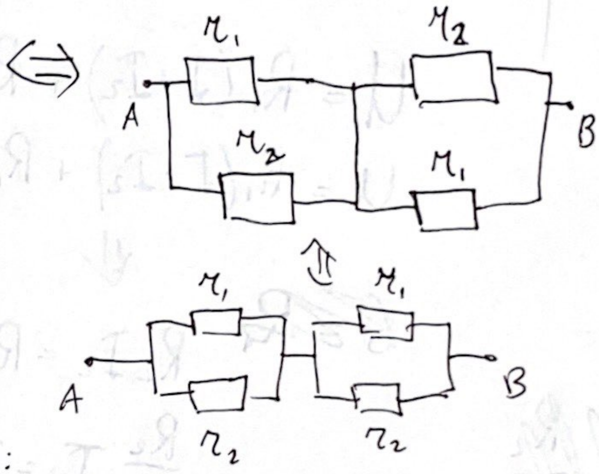
Ответ: $H \approx 22{,}6$ см.

№5

$R = 24$ Ом

$U = 6$ В





Составим пропорцию:

$360° - 24$ Ом

$30° - x$ Ом $\Rightarrow x = \dfrac{24 \cdot 30}{360} = 2$ Ом $= r_1$

$2r_1 + 2r_2 = 24$

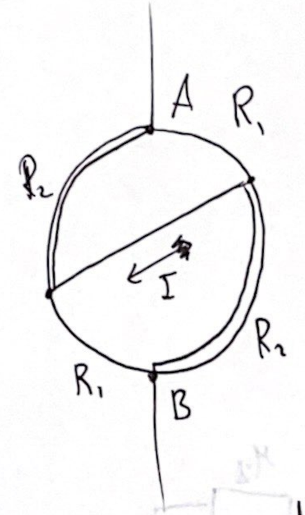
$r_1 + r_2 = 12 \Rightarrow r_2 = 10$ Ом

$P = Iu = \dfrac{u}{R} \cdot u = \dfrac{U^2}{R_{AB}}$

$R_{AB} = \dfrac{2r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \dfrac{2 \cdot 2 \cdot 10}{2 + 10} = \dfrac{40}{12}$ Ом $= \dfrac{10}{3}$ Ом.

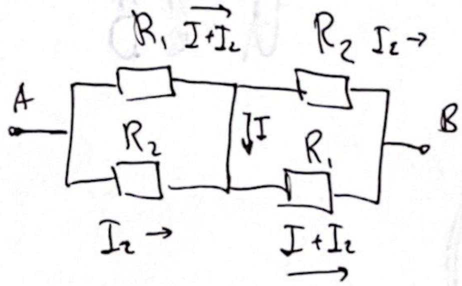
1) $P = \dfrac{6^2}{\frac{10}{3}} = \dfrac{6^2 \cdot 3}{10} = 10{,}8$ Вт

2)



$I = \frac{2}{3} A \quad 1 < n = \frac{R_2}{R_1}, \quad R_1 + R_2 = 12$ Ом

$\Rightarrow R_2 > R_1$



$$U = R_1(I + I_2) + R_2 I_2$$

$$U = R_1(I + I_2) + R_1(I + I_2)$$

$$\Downarrow$$

$\cancel{6 = R_1}$ $\quad R_2 I_2 = R_1(I + I_2)$

$\cancel{\frac{I+I_2}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}}$ $\quad \frac{R_2}{R_1} I_2 = I + I_2$

$$n I_2 = I + I_2$$

Составим и решим систему:

$$n = \frac{I + I_2}{I_2}$$

$$\begin{cases} U = 2R_1(I + I_2) \\ R_1 + R_2 = \cancel{4}\frac{R}{2} \Rightarrow R_1 = 12 - R_2 \\ R_2 I_2 = R_1(I + I_2) \end{cases} \rightarrow R_2 I_2 = (12 - R_2)(I + I_2)$$

$$R_2 I_2 = 12I + 12I_2 - R_2 I - R_2 I_2$$

$$U = 2R_2 I_2$$

$$\Downarrow$$

$$R_2 = \frac{U}{2I_2}$$

$$\frac{U}{2} = 12I + 12I_2 - \frac{UI}{2I_2} - \frac{U}{2}$$

$$U = 12I + 12I_2 - \frac{UI}{2I_2}$$

$$6 = 8 + 12I_2 - \frac{2}{I_2}$$

$$6 = 12 \cdot \frac{2}{3} + 12I_2 - \frac{6 \cdot \frac{2}{3}}{2I_2}$$

$$12I_2^2 + 2I_2 - 2 = 0$$

$$\boxed{6I_2^2 + I_2 - 1 = 0}$$

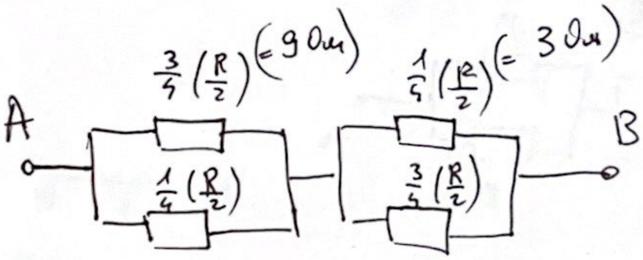
$D = 1 + 4 \cdot 6 = 25$

$I_2' = \dfrac{-1-\sqrt{25}}{12} < 0$ ✗

$I_2 = \dfrac{-1+5}{12} = \dfrac{4}{12} A$ ✓

$I_2 = \dfrac{1}{3} A \Rightarrow n = \dfrac{I + I_2}{I_2} = \dfrac{\frac{2}{3}+\frac{1}{3}}{\frac{1}{3}} = 3\left(\frac{2}{3}+\frac{1}{3}\right) = 3.$

3) $P_2 = \dfrac{U^2}{R_{AB}^{(2)}} = \dfrac{6^2}{2{,}25} = 16$ Вт



$R_{AB}^{(2)} = \dfrac{9 \cdot 3}{9+3} = 2{,}25$ Ом