Часть 1

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

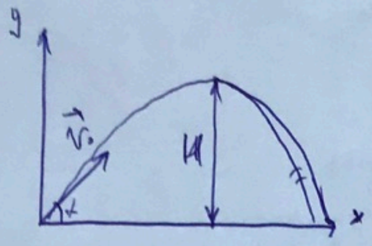
Шифр: **21206069**

ID профиля: **343216**

Вариант 4

Чистовик

Задача 1



Запишем уравнение для скорости:

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

спроецируем на OY:

$v = v_0 \sin\alpha - gt$

В верхней точке $v = 0$ $\Rightarrow$ $v_0 \sin\alpha - gt = 0$

$$t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}.$$

Запишем уравнение движения камня:

$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$, спроецируем на OY:

$h = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}$

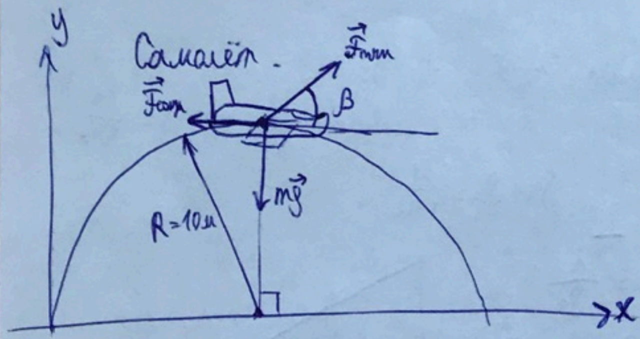
для $h = H$: $H = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}$, $t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$

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

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{g}^{|2} - \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g},$$

отсюда $v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 10м}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 2\frac{\sqrt{200}}{\sqrt{2}}\frac{м}{с} =$

$= 2 \cdot \sqrt{100}\,\frac{м}{с} = 20\frac{м}{с}.$



На него действуют 3 силы: $\vec{F}_{сопр}$, $\vec{F}_{тяги}$ и $m\vec{g}$.

$\vec{a}_{сам} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_ц$, $\vec{a}_\tau = \vec{0}$, т.к. по условию модуль скорости постоянен.

Заметим, что в высшей точке самолёт движется по кривой траектории с радиусом закругления $H = 10м$.

$\Rightarrow$ $\vec{F}_{сопр} + \vec{F}_{тяги} + m\vec{g} = m\vec{a}_ц$, $\cancel{a_ц = v}$ $a_ц = \frac{v^2}{R}$.

P.S. a_τ скомпенсирована по оси касательной $\parallel OX$ $\Rightarrow$ $F_{сопр} = F_{тяги} \cos\beta$.

По усл. $|\vec{F}_{равнод.}| = \frac{1}{2}|m\vec{g}|$, $\vec{F}_{равнод.} = \vec{F}_{сопр} + \vec{F}_{тяги} + m\vec{g}$

$\Rightarrow$ $F_{равнод.} = ma_ц$

$\frac{1}{2}mg = \frac{mv^2}{R}$ $|:m$

$\frac{g}{2} = \frac{v^2}{R}$ $\Rightarrow$ $v = \sqrt{\frac{gR}{2}} = \sqrt{\frac{10\frac{м}{с^2} \cdot 10м}{2}} = \sqrt{50}\,\frac{м}{с} = 5\sqrt{2}\,\frac{м}{с}.$

Ответ: 1) $20\frac{м}{с}$; 2) $5\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$.

21206069 (U343216 M1283576)

чистовик

Задача 2

$\cos\alpha = \frac{24}{25} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{7}{25}$, $\mu_1 = 0{,}5$, $\mu_2 = 0{,}06$.

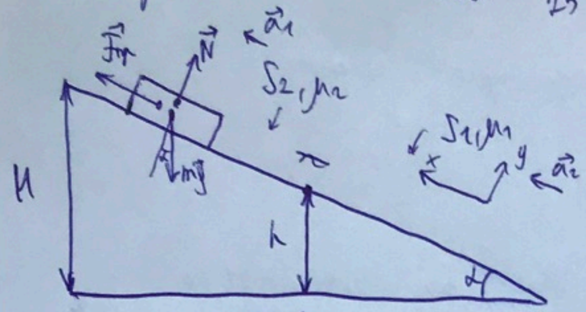


рис. 1

$\vec F_{тр} + \vec N + m\vec g = m\vec a$

OX: $F_{тр} - mg\,\cancel{\cos\alpha}\,\sin\alpha = ma$

OY: $N - mg\cos\alpha = 0$

Д.у.: $F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

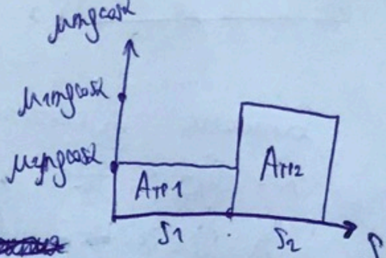


рис.2

Заметим, что т.к. размеры коробки не даны, то считаем, что коробка мгновенно прошла точку ~~...~~ изменения μ (рис. 2).

Коробка остановилась.

По ЗСЭ: ~~$mgH + A_{тр1}$ ... $mgH + A_{тр1} + A_{тр2} = 0$~~

$mgH = -(A_{тр1} + A_{тр2})$

$mgH = -(-\mu_2 mg\cos\alpha S_2 - \mu_1 mg\cos\alpha S_1) \quad |:mg$

$H = \mu_2\cos\alpha S_2 + \mu_1\cos\alpha S_1$

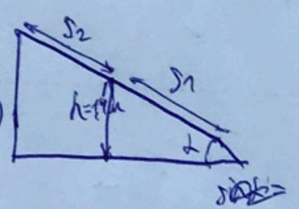
$H = \cos\alpha(\mu_1 S_1 + \mu_2 S_2)$. (1) Заметим, что $S_1 + S_2 = S$.

$\sin\alpha = \frac{H}{S} \Rightarrow S = \frac{H}{\sin\alpha}$

$S_1 + S_2 = \frac{H}{\sin\alpha}$.

$\sin\alpha = \frac{h}{S_1}$

$\Rightarrow S_1 = \frac{h}{\sin\alpha}$ (2)



$\Rightarrow \frac{h}{\sin\alpha} + S_2 = \frac{H}{\sin\alpha} \Rightarrow S_2 = \frac{H}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\alpha}$ (3)

(2) и (3) в (1):

$\cos\alpha\left(\mu_1\cdot\frac{h}{\sin\alpha} + \mu_2\left(\frac{H}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\alpha}\right)\right) = \cancel{\cos\alpha}\,H$

$\frac{\cos\alpha\,\mu_1 h}{\sin\alpha} + \frac{\mu_2\cos\alpha(H-h)}{\sin\alpha} = H \quad |\cdot\sin\alpha$

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

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

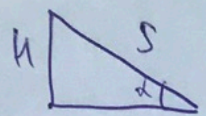
$H(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha) = \mu_1\cos\alpha\, h - \mu_2\cos\alpha\, h$

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

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

21206069 (U343216 M1283576)

Чистовик



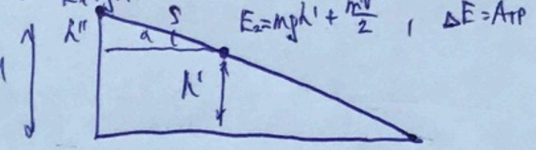
$$\sin\alpha = \frac{H}{S} \Rightarrow S = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$\Rightarrow S = \frac{h\cos\alpha\,(\mu_1-\mu_2)}{\sin\alpha\,(\sin\alpha-\mu_2\cos\alpha)} = \frac{1{,}4\cdot\frac{24}{25}\cdot 0{,}44}{\frac{7}{25}\left(\frac{7}{25}-0{,}06\cdot\frac{24}{25}\right)}\text{ м} =$$

$$= \frac{0{,}59136}{0{,}28\cdot 0{,}2224}\text{ м} = \frac{0{,}59136}{0{,}062272}\text{ м} = 9{,}4964\text{ м} \approx 9{,}5\text{ м}.$$

В любой момент времени справедливо равенство

$$\boxed{mgH + A_{тр} = \frac{mv^2}{2} + mgh'}$$



Рассмотрим это на участке с $\mu_2 = 0{,}06$, когда коробка проехала S:

$$mgH - \mu_2 mg\cos\alpha\, S = \frac{mv^2}{2} + mgh', \text{ где } h' = H - h'',\ h'' = \sin\alpha\, S$$

$$\Rightarrow h' = H - \sin\alpha\, S$$

Умножим на $\frac{2}{m}$

$$2gH - 2\mu_2 g\cos\alpha\, S = v^2 + 2g(H - \sin\alpha\, S)$$

$$\cancel{2gH} - 2\mu_2 g\cos\alpha\, S = v^2 + \cancel{2gH} - 2g\sin\alpha\, S$$

$$v^2 = 2g\sin\alpha\, S - 2g\cos\alpha\, S\mu_2$$

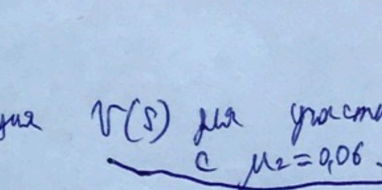
$$v^2 = 2gS(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)$$

$$v = \sqrt{S}\cdot\sqrt{2g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)}$$ – функция $v(S)$ для участка с $\mu_2 = 0{,}06$.

Очевидно, что v_{max} будет именно на участке с $\mu_2 = 0{,}06$, т.к. при переходе через $h = 1{,}4$ м коэф. трения μ возрастает в несколько раз, ~~[illegible]~~ к тому же по ЗСЭ работа сил трения всё больше забирает энергию у системы.

v_{max} будет при $\sqrt{S}$ максимальным, т.к. $\sqrt{2g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)} = const$.

$\Rightarrow$ v_{max} будет при $\sqrt{S}$ максимальным, т.е. v_{max} будет в точке $\sqrt{S}$ максимален при S максимальном, на высоте $h = 1{,}4$ м.



$$h''' = H - h,\quad \sin\alpha = \frac{h'''}{S} \Rightarrow S = \frac{h'''}{\sin\alpha} =$$

$$= \frac{H-h}{\sin\alpha} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{H-h}{\sin\alpha}}\cdot\sqrt{2g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)} =$$

$$= \sqrt{\frac{8{,}1}{\frac{7}{25}}}\cdot\sqrt{20\left(\frac{7}{25} - 0{,}06\cdot\frac{24}{25}\right)}\ \frac{м}{с} = 5{,}378528\cdot 2{,}109\ \frac{м}{с} \approx 11{,}343\ \frac{м}{с}.$$

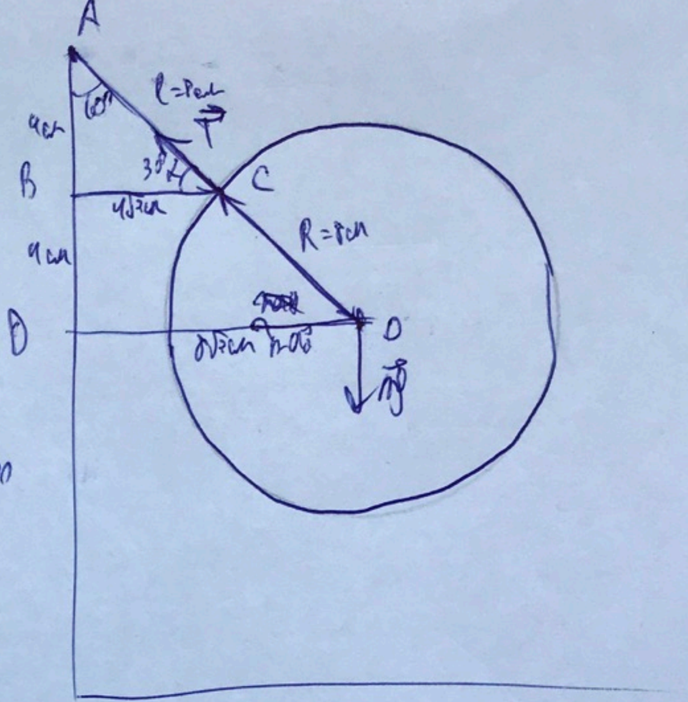
Ответ: ~~1) 9,5 м, 2~~ 1) $\approx 11{,}343\ \frac{м}{с}$,
2) $\approx 9{,}5$ м.

3

21206069 (U343216 M1283576)

Чистовик

Задача 3



$\angle ACB = 90° - \angle BAC = 30°$

$\Rightarrow AB = 4$см

$BC = \sqrt{AC^2 - AB^2} = 4\sqrt{3}$см

$\angle AOD = 30° \Rightarrow AD = \frac{1}{2}(AC + CO) =$

$= 8$см

$\Rightarrow BD = AB = 4$см

$\Rightarrow BC$ – ср. линия в $\triangle ADO$

$\Rightarrow DO = 2BC = 8\sqrt{3}$см

$\Rightarrow R_{вращ} = DO = 8\sqrt{3}$см

$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a_ц}$

Спроецируем на ось $\vec{OD}$:

$\frac{mv^2}{2} = \cos\alpha\, T$

Спроецируем на ось AD:

$mg - T\sin\alpha = 0$

$\Rightarrow T = \frac{mg}{\sin\alpha} = \frac{5{,}2 \cdot 10}{\frac{1}{2}} = 5{,}2 \cdot 20 =$
$= 104Н$

Ответ: $T_{натяж} = 104Н$.

4

21206069 (U343216 M1283576)

Черновик

$\alpha = 45°$, $H = 10$ м

v

$v = v_0 \sin\alpha - gt$

$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

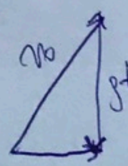
$\frac{v\sqrt{2}}{2} = gt$

$t = \frac{v_0\sqrt{2}}{2g}$

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

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

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



12,58.

$\frac{v_0^2 \sin\alpha (2 - \sin\alpha)}{2g} = H$

$v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin\alpha(2 - \sin\alpha)}} = \frac{200}{\frac{\sqrt{2}}{2}\left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)} = \sqrt{\frac{200}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{4-\sqrt{2}}{2}}} =$

$\frac{м}{с^2} \cdot м$

$= \sqrt{\frac{200}{4\sqrt{2}-2}} =$

$\sqrt{\frac{200}{\frac{2\sqrt{2}-1}{2}}} =$

$\sqrt{\frac{400}{2\sqrt{2}-1}}$

~~$v_0 \cos\alpha$~~

$v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

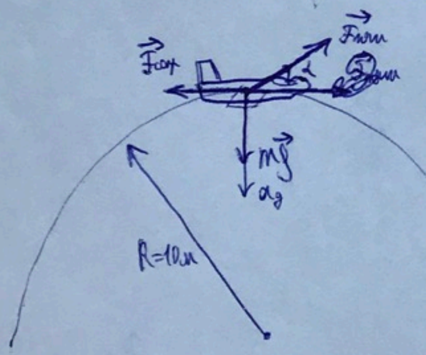
$t\left(v_0 - \frac{gt}{2}\right) = 0$

$v_0 = \frac{gt}{2}$ $\quad t = \frac{2v_0}{g}$

$14{,}79\ \frac{м}{с}$

1,828427124

$l = v_0 \cos\alpha \cdot \frac{2v_0}{g} = \frac{2v_0^2 \cos\alpha}{g}$



$\vec{F}_{сопр} + m\vec{g} + \vec{F}_{подъём} = \vec{0}$

Fравнод. в этот момент направлена по касательной

~~$F_{подъём} + mg = mg$~~

V, m, N.

$\frac{кг \cdot м}{с^2}$ $\frac{м}{с}$ $\frac{м}{с}$

$-F_{сопр} + \cos\beta F_{подъём} = 0$

$F_{подъём} \# V$

$N = FV$

$\boxed{F_{подъём} \cos\beta = F_{сопр} \quad a_y = 0}$

~~$\vec{F}_{сопр} + \vec{F}_{подъём} + m\vec{g} = m\vec{a}_y$~~

~~$-\sin\beta F_{подъём} + mg = m\frac{v^2}{R}$~~

$ma_y = \frac{1}{2}mg$

$mg = 2ma_y$

$F_{равнодействующая} = \frac{1}{2}mg$

$\frac{mv^2}{R} = \frac{mg}{2} \quad | : m$

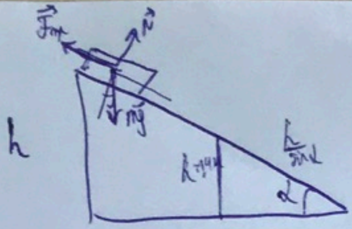
$\frac{v^2}{R} = \frac{g}{2}$

$v = \sqrt{\frac{gR}{2}}$

1

21206069 (U343216 M1283576)

$\cos\alpha = \frac{24}{25}$ Черновик

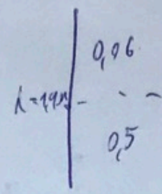


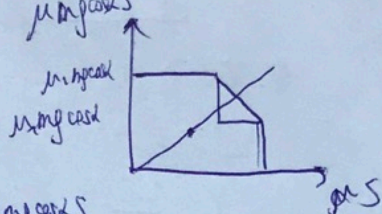
$mg\sin\alpha - F_{тр} = ma$

$N - mg\cos\alpha = 0$

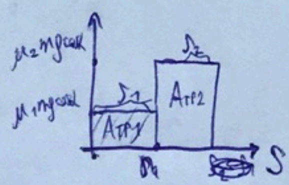
$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

$\sin\alpha = \frac{h}{l}$





$A_{тр} = \mu mg\cos\alpha S$



$mgh = A_{тр1} + A_{тр2}$

$mgh = \mu_1 mg\cos\alpha S_1 + \mu_2 mg\cos\alpha S_2 \quad |:mg$

$h = \mu_1\cos\alpha S_1 + \mu_2\cos\alpha S_2$

$h = \cos\alpha(\mu_1 S_1 + \mu_2 S_2)$

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

$H = \cos\alpha(\mu_1 S_2 + \frac{H\mu_1}{\sin\alpha} - \mu_2 S_2)$

$H = \frac{H\mu_2\cos\alpha}{\sin\alpha} - S_2(\mu_2 - \mu_1)\cos\alpha$

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

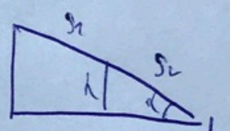
$H\sin\alpha = H\mu_2\cos\alpha - h\cos\alpha(\mu_2 - \mu_1)$

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

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

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

$$\boxed{S_1 + S_2 = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{h\cos\alpha(\mu_2 - \mu_1)}{\sin\alpha(\mu_2\cos\alpha - \sin\alpha)}}$$



$\sin\alpha = \frac{h}{S_2}$

$S_2 = \frac{h}{\sin\alpha}$

$\sin\alpha = \frac{7}{25}$

$mgh = \frac{mv^2}{2} + A_{тр} + mgh_2$

$mgh = \frac{mv^2}{2} + \mu mg\cos\alpha S$

$v(S)$

$2mgh = mv^2 + 2\mu mg\cos\alpha S \quad |:m$

$2gh = v^2 + 2\mu g\cos\alpha S$

$v^2 = 2g(h - \mu\cos\alpha S)$

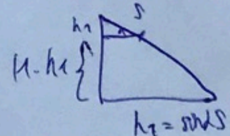
$v = \sqrt{2g(H - \mu\cos\alpha S)}$

$v(S)$

$2mgH = mv^2 + 2\mu mg\cos\alpha S + mg\frac{H - }{\sin\alpha S} \quad |:m$

$2gH = v^2 + 2\mu g\cos\alpha S + g\sin\alpha S$

$v = at$



(2)

21206069 (U343216 M1283576)

$2gH = v^2 + 2\mu g\cos\alpha S + g\sin\alpha S$ Черновик

$v^2 = 2gH - 2\mu g\cos\alpha S - g\sin\alpha S$

$v = \sqrt{g(2H - 2\mu\cos\alpha S - \sin\alpha S)} = \sqrt{g}\cdot\sqrt{2H - S(2\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}$

$v_{макс}$ при $\sqrt{2H - S(2\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}$ максимально

$S(2\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$ – минимально

$2mgH = mv^2 + 2\mu mg\cos\alpha S + mg(H - \sin\alpha S)$ $|:m$

$2gH = v^2 + 2\mu g\cos\alpha S + gH - g\sin\alpha S$

$v^2 = 2gH - 2\mu g\cos\alpha S - gH + g\sin\alpha S$

$v = \sqrt{g(2H - 2\mu\cos\alpha S - H + \sin\alpha S)} = \sqrt{g}\sqrt{H - S(2\mu\cos\alpha - \sin\alpha)}$

$\cancel{\boxed{mgH = \frac{mv^2}{2} + A_{тр} + mg(H - h_1)}}$

$\boxed{mgH + \overset{<0}{A_{тр}} = \frac{mv^2}{2} + mg(H - h_1)}$

$2mgH = mv^2 + 2\mu mg\cos\alpha S + 2mg(H - \sin\alpha S)$ $|:m$

$2gH = v^2 + 2\mu g\cos\alpha S + 2g(H - \sin\alpha S)$

$v^2 + 2\mu g\cos\alpha S - 2g\sin\alpha S = 0$

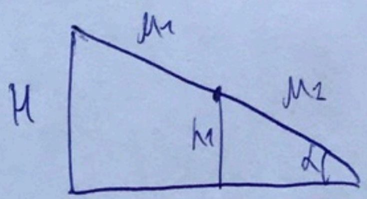
$v^2 = 2g\sin\alpha S - 2\mu g\cos\alpha S$

$v^2 = 2gS(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$v = \sqrt{S}\cdot\sqrt{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$

$v = k\sqrt{S}$

$v_{макс}$ при $S_{макс}$.



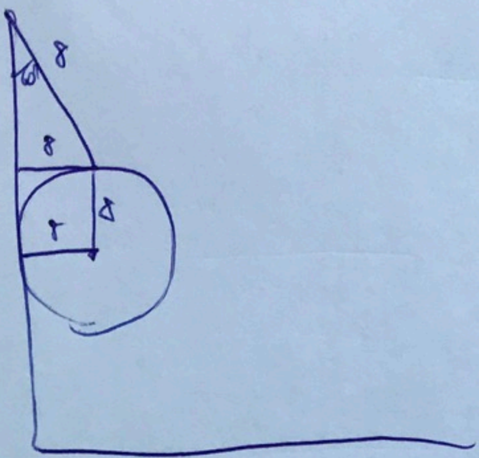
$\frac{7}{25} - \frac{12}{25}$

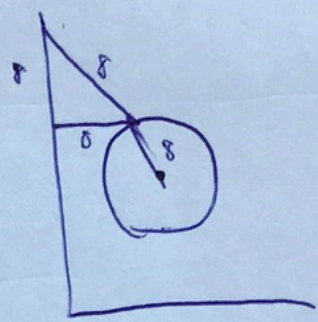
)

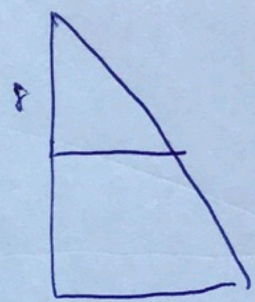
3

21206069 (U343216 M1283576)

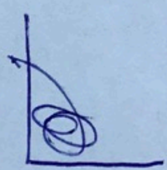
Черновик

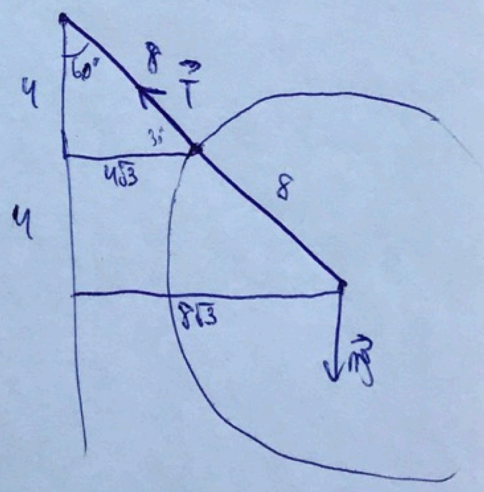






64 - 16
48 = 16·





4

Часть 2

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

Шифр: **21206069**

ID профиля: **343216**

Вариант 4

Чистовик

Задача 5. $R = 72$ Ом, $U = 24$ В.

1)

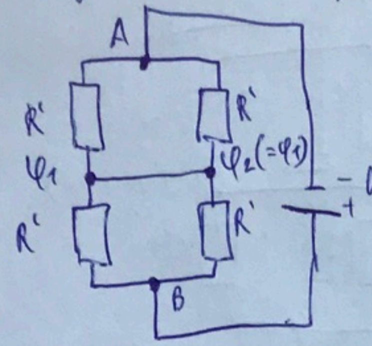
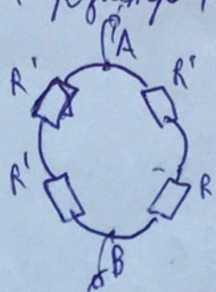


рис. 1

Т.к. проволока однородная, то мы можем представить окружность в виде 4 резисторов, соед. идеальными проводами:



Причём $R' = \frac{R}{4} = \frac{72 \text{ Ом}}{4} = 18$ Ом.

На рисунке 1 цепь симметрична относительно точек A и B ⇒ ток через перемычку течь не будет + данная мостиковая схема сбалансирована: $R' \cdot R' = R' \cdot R'$.

$R'' = R' + R' = 18 \text{ Ом} \cdot 2 = 36$ Ом ⇒ $R_{экв} = \frac{R''}{2} = 18$ Ом. $\left(\frac{1}{R_{экв}} = \frac{1}{36 \text{ Ом}} + \frac{1}{36 \text{ Ом}}\right)$

$I = \frac{U}{R_{экв}} = \frac{24 \text{ В}}{18 \text{ Ом}} = \frac{4}{3}$ А. Заметим, что токи на каждом резисторе равны в силу симметрии и одинаковых сопротивлений $\left(\frac{I'}{I''} = \frac{R''}{R'''} = 1 \Rightarrow I' = I''\right)$

⇒ ток на каждой ветке равен $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \frac{I}{2} = \frac{2}{3}$ А.

$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 4P_1 = 4I_1^2 R_1 = 4I_1^2 R' = 4 \cdot \frac{4 \text{ А}^2}{9} \cdot 18 \text{ Ом} = 32$ Вт.

2) Пусть перемычка повернута на угол β относ. диаметра CD:

Пусть перемычка имеет концы M и N.

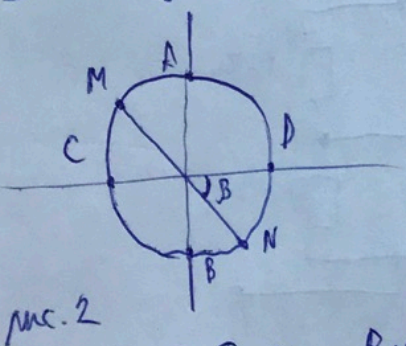


рис. 2

Составим пропорцию: $\frac{90°}{R'} = \frac{\beta°}{r}$, т.к. $R_{AC} = R_{BC} = R_{AD} = R_{BD} = R' = 18$ Ом

Тогда $R_{ND} = r = R' \cdot \frac{\beta°}{90°}$.

Пусть $\frac{\beta°}{90°} = x$. ⇒ $R_{ND} = R_{MC} = R'x$

Тогда $R_{AN} = R_{AD} + R_{ND} = R' + R'x = R'(x+1) = R_{MB}$. (1)

$R_{BN} = R_{AM} = R_{BD} - R_{ND} = R' - R'x = R'(1-x)$. (2)

Преобразуем рис. 2 в рис. 3:

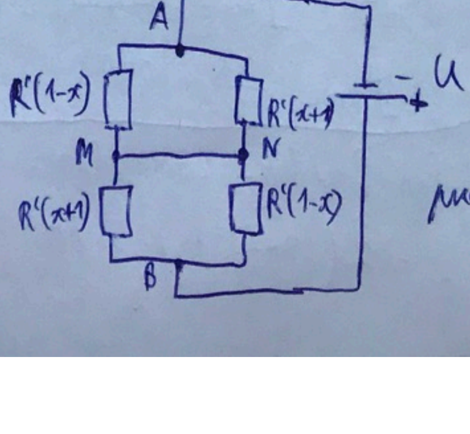


рис. 3

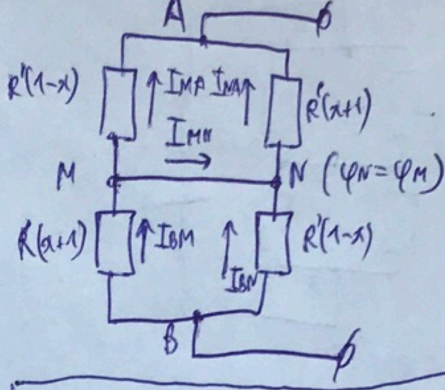
21206069 (U343216 M1283577)

Чистовик

Заметим, что $\varphi_M = \varphi_N$.

Метод узловых потенциалов:

Пусть $\varphi_A = 0$, тогда $\varphi_B = U$.



$$\begin{cases} \dfrac{U-\varphi_M}{R'(x+1)} = \dfrac{\varphi_M}{R'(1-x)} + I_{MN} \\ \dfrac{U-\varphi_M}{R'(1-x)} + I_{MN} = \dfrac{\varphi_M}{R'(x+1)} \end{cases}$$

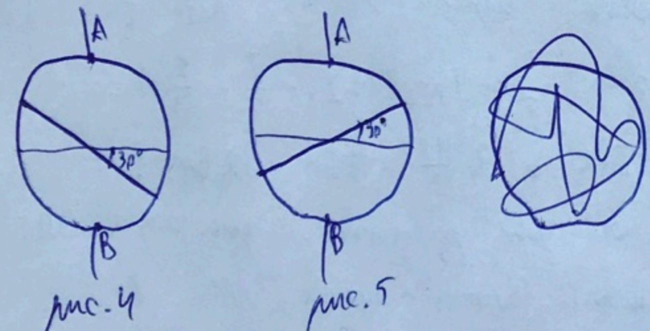
$\boxed{\text{(см. рис. 4 на странице 4) (крупный рисунок).}}$

$U = 24\,В$, $R' = 18\,Ом$, $I_{MN} = \frac{1}{2}\,А$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dfrac{24-\varphi_M}{18(x+1)} = \dfrac{\varphi_M}{18(1-x)} + \dfrac{1}{2} \\ \dfrac{24-\varphi_M}{18(1-x)} + \dfrac{1}{2} = \dfrac{\varphi_M}{18(x+1)} \end{cases}.$$

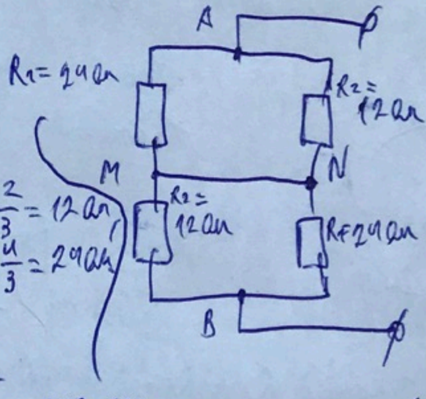
Решая эту систему находим $\varphi_M = 12\,В$, $x = -\frac{1}{3}$.

$\frac{\beta^\circ}{90^\circ} = -\frac{1}{3} \Rightarrow \beta = -30^\circ$ Значит перемычку повернули на 30°.



— цепи симметричны $\Rightarrow$ рис. 4 и рис. 5 одинаковы

Преобразуем рис. 5 в рис. 6:



Из (1) и (2) $\Rightarrow$ $R_{AN} = R_{MB} = 18\,Ом \cdot \frac{2}{3} = 12\,Ом$

$R_{AM} = R_{BN} = 18\,Ом \cdot \frac{4}{3} = 24\,Ом$

$\varphi_M = \varphi_N = 12\,В$ по ранее решен.

$\Rightarrow I_{MA} = \frac{24В - 12В}{24\,Ом} = 0{,}5\,А$, $I_{NA} = \frac{24В - 12В}{12\,Ом} = 1\,А$, $I_{BM} = \frac{12В}{12\,Ом} = 1\,А$,

$I_{BN} = \frac{12В}{24\,Ом} = 0{,}5\,А$. и $I_{MN} = 0{,}5\,А$.

$\boxed{\text{Сумма втекающих токов равна сумме вытекающих}}$

3) $P = P_{MA} + P_{NA} + P_{MB} + P_{BN} = 2P_{MA} + 2P_{NA} = 2(P_{MA} + P_{NA}) = 2(I'^2 R_1 + I''^2 R_2) = 2\left(\frac{1А^2}{4} \cdot 24\,Ом + 1А^2 \cdot 12\,Ом\right) =$

$= 2(6\,Вт + 12\,Вт) = 36\,Вт$.

$\boxed{\text{Ответ: 1) 32 Вт, 2) 30°, 3) 36 Вт}}$

2

21206069 (U343216 M1283577)

Чистовик

Задача 4. $m = 10г = 0{,}01кг$, $t_0 = 20°C$, $P_0 = 1{,}0 \cdot 10^5 Па$,

$Q = 33кДж$.

Перейдём в градусную меру Кельвина: $T_0 = t_0 = (20+273)K = 293K$.

Заметим тот факт, что тепло подаётся медленно и равномерно, поэтому в любой момент времени система находится в состоянии покоя $\Rightarrow$ поршень (не имеющий массы) будет находиться в состоянии покоя. Пар давит на поршень с силой $F_{пара}$ $\Rightarrow$ $P_{пара} = \frac{F_{пара}}{S}$. $\vec{F}_{пара} + \vec{F}_{поршня} = \vec{0}$

Как уже было сказано, $F_{поршня} = F_{пара}$ $\Rightarrow$ $P_{АТМ} = \frac{F_{поршня}}{S} = \frac{F_{пара}}{S} = P_{пара}$.

$\Rightarrow$ В любой момент времени $P_{пара} = P_{АТМ}$.

Процесс состоит из 3-х этапов: Q_1 – нагревание воды до 373K (100°C),

Q_2 – кипячение воды $\boxed{вода \rightarrow пар}$

Q_3 – нагревание пара до T_2 – конец процесса.

Также заметим, что вода начнёт испаряться только когда температура будет 373K (100°C), т.к. при обычном испарении молекулам просто некуда вылетать: поршень постоянно накрывает воду (при $T \leq 373K$) и объём сосуда равен объёму воды.

1) Поэтому $Q_1 = cm\Delta T_1 = cm(T_{кип} - T_0) = 4180 \frac{Дж}{кг \cdot K} \cdot (373K - 293K) \cdot 0{,}01кг =$

$= 4180 \frac{Дж}{кг \cdot K} \cdot 0{,}01кг \cdot 80K = 3344 Дж$.

2) $Q_2 = rm = 2{,}26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 0{,}01кг = 2{,}26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 10^{-2}кг = 22600 Дж$.

Масса пара равна массе воды по закону сохранения массы.

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q$ $\Rightarrow$ $Q_3 = Q - (Q_1 + Q_2) = (33000 - (3344 + 22600)) Дж = 7056 Дж$.

Q_3 идёт на нагревание пара на $\Delta T_2 = T_2 - T_{кип}$ $\Rightarrow$ $T_2 = \Delta T_2 + T_{кип}$.

$Q_3 = c_p m \Delta T_2$ $\Rightarrow$ $\Delta T_2 = \frac{Q_3}{c_p m} = \frac{7056 Дж}{2200 \frac{Дж}{кг \cdot K} \cdot 0{,}01кг} = 320{,}7K$.

$\Rightarrow$ $T_2 = 320{,}7K + 373K = 693{,}7K$.

Как уже было сказано, $P_{пара} = P_{АТМ}$.

Чистовик

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона:

$P_{пара} V = \frac{m}{M_{пара}} R T_2$. $\quad M_{пара} = M(H_2O) = 2\frac{г}{моль} + 16\frac{г}{моль} = 18\frac{г}{моль} = 0{,}018\frac{кг}{моль}$

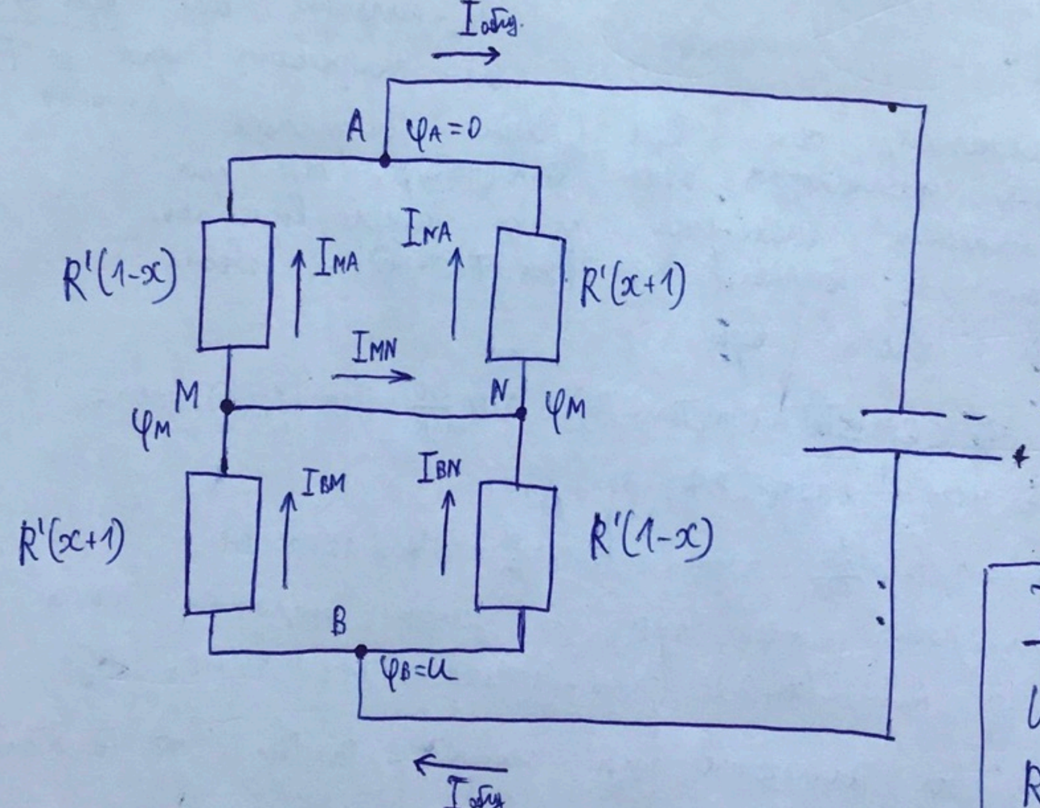
или $\quad P_{пара} V = \nu_{пара} R T_2$

$$\nu_{пара} = \frac{m}{M_{пара}} = \frac{0{,}01 кг}{0{,}018 \frac{кг}{моль}} = \frac{5}{9} моль$$

Найдём V: $\quad V = \frac{\nu_{пара} R T_2}{P_{пара}} = \frac{\nu_{пара} R T_2}{P_{АТМ}} = \frac{\frac{5}{9} моль \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 693{,}7 К}{1{,}0 \cdot 10^5 Па} =$

$= 0{,}032 м^3$.

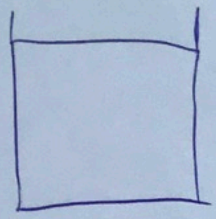
Ответ: 1) 3344 Дж, 2) $0{,}032 м^3$.



$$\boxed{\begin{aligned} I_{MN} &= 0{,}5 A, \\ U &= 24 В, \\ R' &= 18 Ом. \end{aligned}}$$

Рисунок 4 к задаче ~~4~~ 5.

Черновик



$m = 10\,г$, $t_0 = 20°C$

$p_0 = 1{,}1 0^5\,Па$

$Q_1\ c m \Delta t = 4980 \cdot 0{,}01 \cdot 80 = 3344\ Дж$ — довести до $100°C$

$Q_2 = Lm = 2{,}26 \cdot 10^6 \quad 22600\ Дж$

$= 25\,944\ Дж$ — на испарение и перегревание

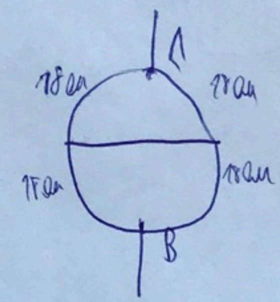
$Q_3 = Q_1 - (Q_1 + Q_2) = 7056\ Дж$

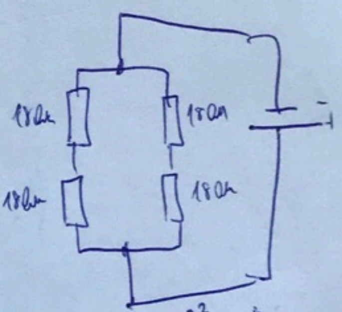
$Q_3 = c_{пара} m_{пара} \Delta T = \quad \Delta t = \dfrac{Q_3}{c_{пара} m}$

$p = \dfrac{m_г}{V_{из}}$

$\varphi = \dfrac{p_A}{p_{нас\ при}\ T}$

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





$R_{экв} = \dfrac{R^2}{2R} = \dfrac{R}{2} = 18\ Ом$

$\dfrac{1}{36}$ ... $\dfrac{1}{18}$

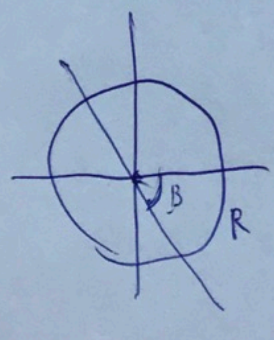
$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{24\,В}{18\,Ом} = \cancel{\dfrac{4}{3}}$

$= \dfrac{4}{3} A$

$\Rightarrow I_1 = I_2 = \dfrac{2}{3} A$

1) $P = 4P_1 = 4 I^2 R = 4 \cdot \dfrac{4}{9} \cdot 18 = 16 \cdot 2 = 32\ Вт.$

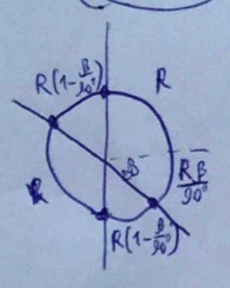
2)



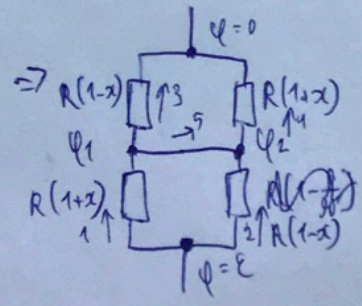
$\dfrac{90°}{R} = \dfrac{\beta°}{Rr} \quad = r = \dfrac{R\beta'}{90°} = R \cdot \dfrac{\beta°}{90}$, $\beta = 30°$

$\Rightarrow r = \dfrac{R}{3}$

$R = 18\ Ом$



$\Rightarrow$



$\dfrac{\beta}{90°} = x$

①

21206069 (U343216 M1283577)

Черновик

$$\frac{\mathcal{E}-\varphi_1}{R(1+x)} = \frac{\varphi_1}{R(1-x)} + I$$

$$I + \frac{\mathcal{E}-\varphi_2}{R(1-x)} = \frac{\varphi_2}{R(1+x)}$$

$$\begin{cases} \frac{\mathcal{E}-\varphi_1}{R(1+x)} = \frac{\varphi_1}{R(1-x)} + I \\ \frac{\varphi_1}{R(1+x)} = \frac{\mathcal{E}-\varphi_1}{R(1-x)} + I \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{24-\varphi_1}{18(1+x)} = \frac{\varphi_1}{18(1-x)} + \frac{1}{2} \\ \frac{\varphi_1}{18(1+x)} = \frac{24-\varphi_1}{18(1-x)} + \frac{1}{2} \end{cases} \Big| \cdot 18$$

$$\cancel{\frac{432-18\varphi_1}{x+1} =}$$

$$\frac{12}{18\cdot 3} = \frac{4}{18} \quad \frac{2}{9} = \frac{1}{2} - \frac{12}{18} \quad \frac{1}{2}$$

$$\begin{cases} \frac{24-\varphi_1}{x+1} = \frac{\varphi_1}{1-x} + 9 \\ \frac{\varphi_1}{x+1} = \frac{24-\varphi_1}{1-x} + 9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{24-\varphi_1}{x+1} = \frac{\varphi_1+9-9x}{1-x} \\ \frac{\varphi_1}{x+1} = \frac{24-\varphi_1+9-9x}{1-x} \end{cases}$$

$$24-24x-\varphi_1+\cancel{\varphi_1 x} = \cancel{\varphi_1 x}+\cancel{9x}-9x^2+\varphi_1+9-\cancel{9x}$$

$$24-24x-\varphi_1 = -9x^2+\varphi_1+9$$

$$2\varphi_1 = 9x^2+15-24x \qquad (1)$$

$$\varphi_1 = \frac{9x^2+24x+15}{2}$$

$$\varphi_1-\cancel{\varphi_1 x} = 24x-\cancel{\varphi_1 x}+\cancel{9x}-9x^2+24-\varphi_1+9-\cancel{9x}$$

$$\varphi_1 = 24x-9x^2+24-\varphi_1+9$$

$$2\varphi_1 = -9x^2+24x+33 \qquad (2)$$

$$\frac{12^3}{18\cdot\varphi_1} \quad \frac{1}{6}$$

$$\frac{12}{-18\cdot 2} \quad \frac{1}{2}^{3} - \frac{1}{3}^{2} \quad \frac{3}{6}^{4}$$

$$\frac{12}{-2\cdot 18} = \frac{2}{-2\cdot 3} = -\frac{1}{3} \quad 12$$

$$\frac{1}{6} \quad \frac{\beta}{90} = -\frac{1}{3}$$

$$-30^\circ$$

$$9x^2-24x+15 = -9x^2+24x+33$$

$$18x^2$$

$$3x^2-8x+5 = -3x^2+8x+11$$

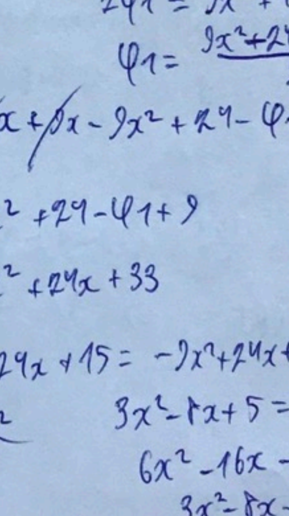
$$6x^2-16x-6=0$$

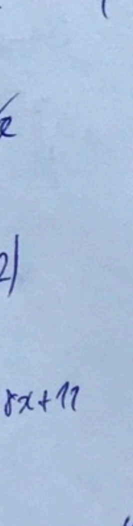
$$3x^2-8x-3=0$$

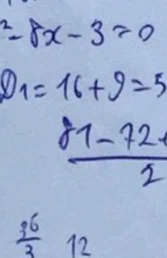
$$D_1 = 16+9=5^2, \quad x_{1,2} = \frac{4\pm 5}{3} = \left[\begin{array}{l} 3 \\ -\frac{1}{3} \end{array}\right.$$

$$\Rightarrow \quad x=3 \qquad \varphi_1 = \frac{9\cdot 9-24\cdot 3+15}{2} = \frac{81-72+15}{2} = \frac{24}{2} = 12\,B.$$

$$\cancel{x} = \frac{\beta}{90^\circ} = x \quad \beta = 270^\circ$$



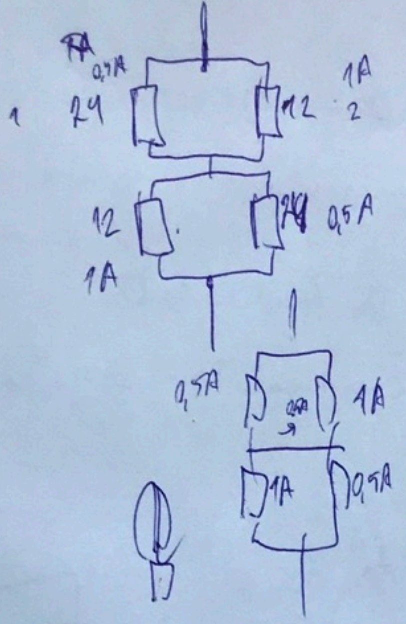




2

21206069 (U343216 M1283577)

Черновик



$$\frac{1}{24}+\frac{1}{12}^{12} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

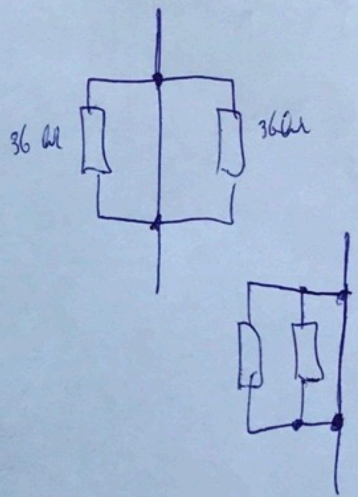
$R' = 8$ Ом

$R_{AB} = 16$ Ом

$$I = \frac{24\text{ В}}{16\text{ Ом}} = \frac{6\text{В}}{4} = \frac{3}{2}\text{ А} = 1{,}5\text{ А}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{U}{R_1}}{\frac{U}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1}$$

P_3



21206069 (U343216 M1283577)

Черновик

$T_1 \frac{m}{M}$ $\quad PV = \frac{m}{\mu} RT$

$\cancel{H_2O}$

$\cancel{\forall}$

$\cancel{\frac{50}{51}} = \frac{25}{?}$ 12,5

1) Воду нагревают до 100°C. 1 задача = 10 баллов

2) Вода переходит в пар.

3) Пар нагревается (до 420°C!)

4) Система в равновесии $\Rightarrow P_{АТМ} = P_{пара}$

$$PV = \frac{mRT}{M} \Rightarrow V = \frac{mRT}{MP}.$$

$Q_1 = c_в m_в \Delta T_1 = 3344$ Дж

$Q_2 = r m_в = 22600$ Дж

$Q_3 = Q - (Q_1 + Q_2) = 7056$ Дж – на нагревание пара

$Q_3 = c_{пара} m_{пара} \Delta T_2 = c_{пара} m_{пара} \Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_2 = \frac{Q_3}{c_{пара} m_{пара}} = 320,7\ K$.

$\Rightarrow T = T_0 + \Delta T_1 + \Delta T_2 = 20°C + 80°C + 320,7 = 420,7°C = \cancel{273} 693,7\ K$

$M = 2 \frac{г}{моль} + 16 \frac{г}{моль} = 18 \frac{г}{моль}$

$$\frac{m}{M} = \frac{10 г}{18 \frac{г}{моль}} = \frac{5}{9} \text{ моль} = \nu$$

$$PV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{5RT}{9P} = 0,032\ м^3$$

21206069 (U343216 M1283577)