0 311509 370007

31-15-09-37
(155.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 02

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников РобоФест
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Закирова Владислава Артуровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

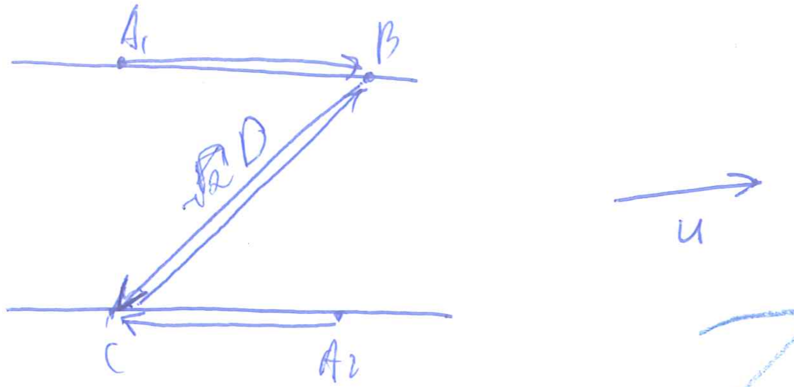
выход в туалет
14:23 – 14:24

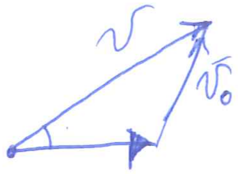
Дата

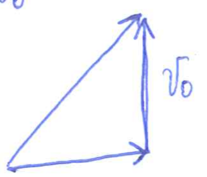
«12» апреля 2025 года

Подпись участника

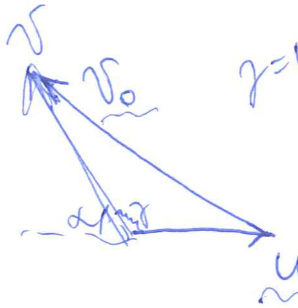
Черновик







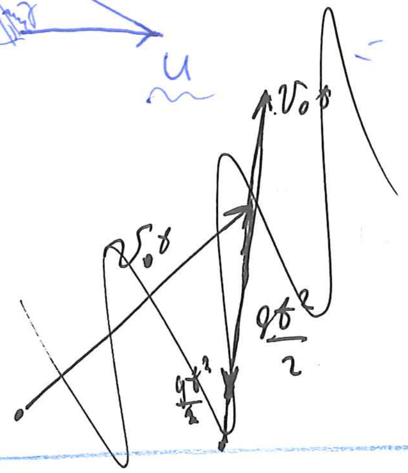
$\cos(180^\circ - \alpha) = -\sqrt{2}$



$\gamma = 135^\circ$

$\upsilon_0^2 = \upsilon^2 + u^2 - 2\cos\gamma\, \upsilon u =$

$= \upsilon^2 + u^2 + \sqrt{2}\, \upsilon u$



31-15-09-37 (155.2)

N	1	2	3	4	Σ
В	10	5	10	7	72
З	10	15	2	13	

(семьдесят два)

Чистовик

1.1) Дано:

$\upsilon_0 = 10$ м/с

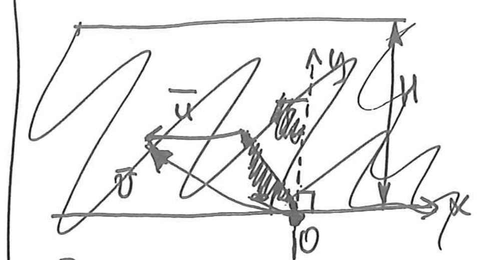
$H = 120$ м

$\alpha = 45^\circ$

$u = 2$ м/с

t - ?

Решение:



1. $\bar{\upsilon} = \bar{\upsilon_0} + \bar{u}$ - скорость катера отн. Земли.

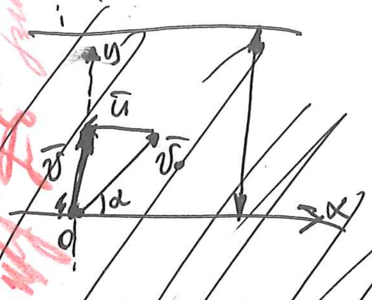
2. $H = \upsilon_y \cdot t$ $Oy \perp$ берегу

~~т.к. $\bar{u} \perp Oy$ =>~~

~~$\upsilon_y = \upsilon_{0y} = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha$~~ $\sin\alpha$

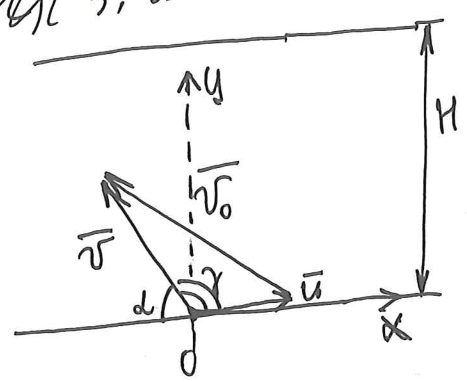
~~3. $t = \frac{H}{\upsilon_y} = \frac{H}{\upsilon_0 \cdot \sin\alpha} = \frac{120 \cdot \sqrt{2}}{10} \approx 17$ с~~

~~$Oy \perp$ берегу~~



~~Ответ: $t = 17$ с.~~

1.2) 3. $\bar{u}$ - ск-ть течения $\bar{\upsilon_0}$ - собств. ск-ть кат.



$\gamma = 180^\circ - \alpha$ $\cos\gamma = \cos(180^\circ - \alpha) = -\cos\alpha$

по теор. косинусов:

$\upsilon_0^2 = u^2 + \upsilon^2 - 2\cos\gamma\, \upsilon u$

$\upsilon^2 + 2\cos\alpha\, \upsilon u + (u^2 - \upsilon_0^2) = 0$

Подставим значение в СИ:

$\upsilon^2 + \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \upsilon - 96 = 0$

$D = 8 + 96 \cdot 4 = 392$ $\sqrt{D} = 19{,}8$

$\upsilon_1 = \frac{-2\sqrt{2} + 19{,}8}{2} = 8{,}49$ м/с

$\upsilon_2 = \frac{-2\sqrt{2} - 19{,}8}{2}$ - не соотв. усл. $\upsilon > 0$

$\Rightarrow \upsilon = 8{,}49$ м/с

u. $v_y = v \cdot \sin\alpha = 6$ м/с Чистовик

$t = \frac{H}{v_y} = 20$ с.

Ответ: $t = 20$ с.

1.2) Дано:

$v = 12$ км/ч

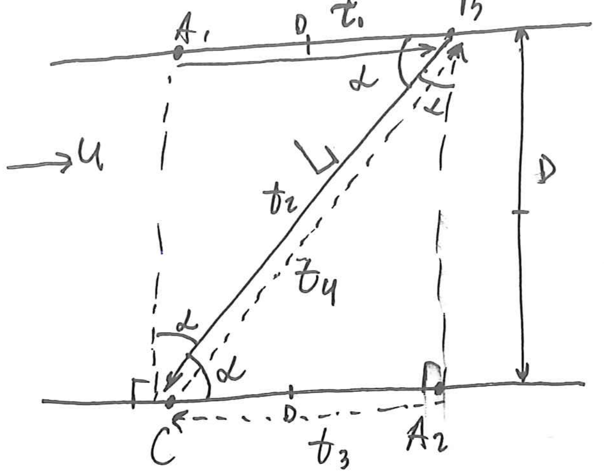
$v_1 = 3v$

$v_2 = \frac{v}{3}$

$T_1 = T_2$

u – ?

Решение:



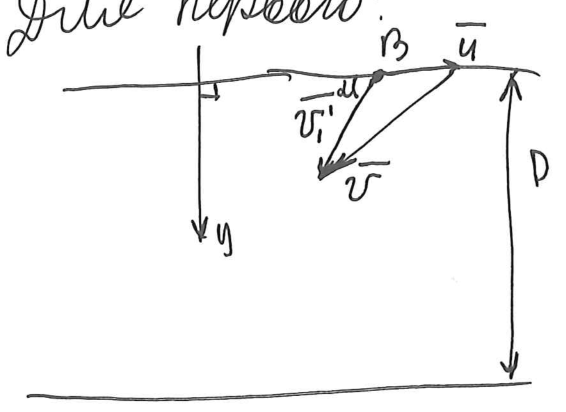
1. $T_1 = t_1 + t_2$
$T_2 = t_3 + t_4$ } – общ. вр. движ. спортсменов

2. $t_1 = \frac{A_1B}{v_1} = \frac{D}{3v}$

Т.к. $\triangle A_2BC$ равнобедр. и прямоуг. =>

$\angle BCA_2 = \angle CBA_2 = \alpha = 45°$ $\frac{90°}{2} = 45°$, ~~остальн~~

Для первого:



$\vec{v_1'} = \vec{u} + \vec{v}$.

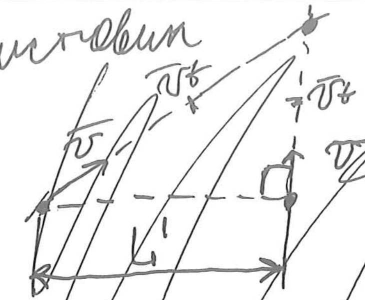
Теор. кос.:

$v^2 = u^2 + v_1'^2 + 2\cos\alpha\, v_1' \cdot u$

$u^2 + 2\cos\alpha\, v_1' \cdot u + (v_1'^2 - v^2) = 0$ (1)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

~~Чистовик~~



~~Гипотенуза прямоуг. △-ка равна катету => противоречие => такого угла не существует.~~

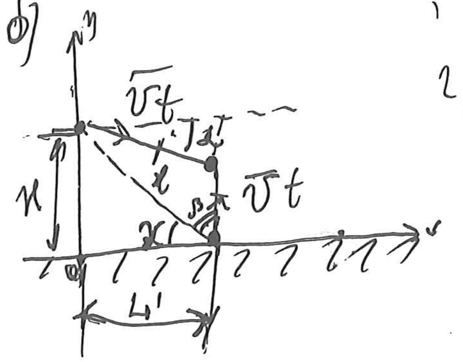
~~Если допустим вариант перехвата снаряда на его спуске, то:~~

~~$H = \frac{v_0^2}{g}$ $t = \frac{v_0}{g}$ – время подъема~~

1. $l = \sqrt{L'^2 + H^2}$

2. $\cos\beta = \cos(90° - \alpha) = \sin\alpha = \frac{H}{l}$

б)



3. $v^2t^2 = v^2t^2 + l^2 - 2\cos\beta\, vtl$

$vt = \frac{l}{2\cos\beta} = \frac{l^2}{2H} = \frac{L'^2 + H^2}{2H}$

$\sin\alpha_2 = \frac{H - vt}{vt} = \frac{H}{vt} - 1 = \frac{2H^2}{L'^2 + H^2} - 1 =$

$= \frac{H^2 - L'^2}{L'^2 + H^2} = 0{,}5 \Rightarrow \alpha_2 = 30°$ – вниз к горизонту

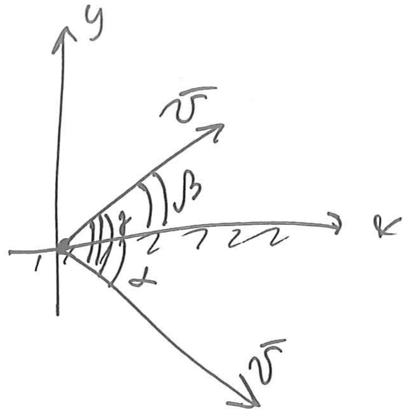
Ответ: а) под углом $\alpha_1 = 30°$ вверх к горизонту.

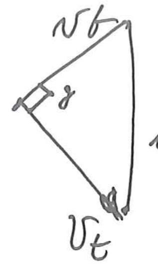
б) под углом $\alpha_2 = 30°$ вниз к горизонту.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

2 случай:

Чистовик



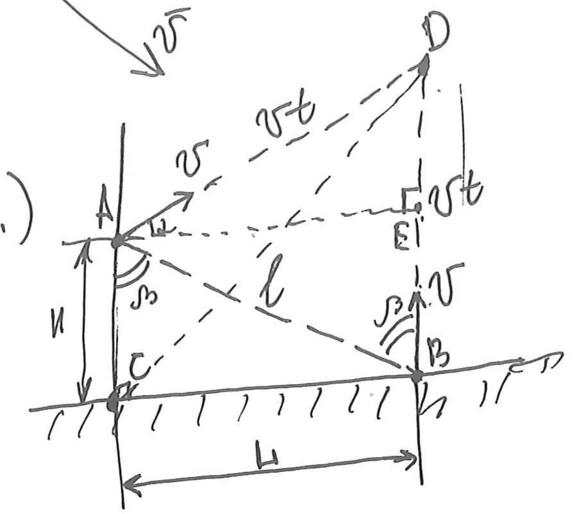


$\gamma = \alpha + \beta = 90^\circ$

По теор. пифагора:

$l = \sqrt{2}\, vt$

N4.2.)



Дано:

$H = 390$ м $L = 675,5$ м

$L' = 225,5$ м

~~α_1, β~~ — ?

$\alpha_1 \alpha_2$

Решение:

а) 1. $l = \sqrt{L^2 + H^2}$ $\cos\beta = \frac{H}{l}$

2. $v^2t^2 = l^2 + v^2t^2 - 2\cos\beta\, vtl = l^2 - 2Hvt$ — Теор. кос-ов.

$vt = \frac{l^2}{2H} = \frac{L^2 + H^2}{2H}$

3. $\sin\alpha_1 = \frac{vt - H}{vt} = 1 - \frac{H}{vt} = 1 - \frac{2H^2}{L^2 + H^2} = \frac{L^2 + H^2 - 2H^2}{L^2 + H^2} = \frac{L^2 - H^2}{L^2 + H^2} = 0,5 \Rightarrow \alpha_1 = 30^\circ$ — вверх к горизонту

31-15-09-37 (155.2)

$L = \sqrt{2D^2} = \sqrt{2}\, D$

Чистовик

$t_2 = \frac{L}{v_1'}$ $T_1 = \frac{D}{3v} + \frac{\sqrt{2}\, D}{v_1'}$

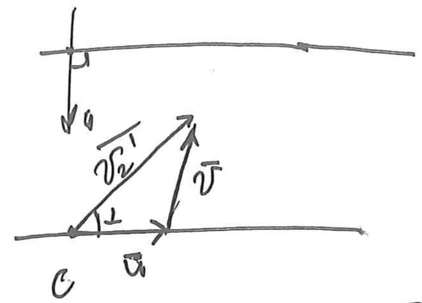
3. Для второго:

$t_3 = \frac{D \cdot 3}{v}$

$\vec{v_2'} = \vec{v} + \vec{u}$

Теор. косинусов:

$v^2 = v_2'^2 + u^2 - 2\cos\alpha \cdot u \cdot v_2'$ (2)



$t_4 = \frac{L}{v_2'} = \frac{\sqrt{2}\, D}{v_2'}$

$T_2 = \frac{3D}{v} + \frac{\sqrt{2}\, D}{v_2'}$

4. $\frac{1}{3}\frac{D}{v} + \frac{\sqrt{2}\, D}{v_1'} = 3\frac{D}{v} + \frac{\sqrt{2}\, D}{v_2'}$

$\frac{1}{v_1'} - \frac{1}{v_2'} = \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{v}$

При решении кв. уравнения не исп. значение $v_1' = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}$, т.к. отриц. знач. противоречия усл. $v \geq 0$

5. Из (1):

$v_1'^2 + 2\cos\alpha \cdot u \cdot v_1' + u^2 - v^2 = 0$

$D = 4\cos^2\alpha \cdot u^2 + 4(v^2 - u^2) =$

$= 2u^2 + 4(v^2 - u^2)$

$$v_1' = \frac{-2\cos\alpha\cdot u + \sqrt{2u^2+4(v^2-u^2)}}{2}$$ чистовик

Из (2): $v_2'^2 + \cancel{u^2} - 2\cos\alpha\, u\cdot v_2' + \left(\frac{u^2}{\cancel{2}} - v^2\right) = 0$

$D = 4\cos^2\alpha\cdot u^2 + 4(v^2-u^2)$

$$v_2' = \frac{2\cos\alpha\cdot u + \sqrt{2u^2+4(v^2-u^2)}}{2}$$

6. $$\frac{2}{-2\cos\alpha\cdot u+\sqrt{2u^2+4(v^2-u^2)}} - \frac{2}{2\cos\alpha\, u+\sqrt{2u^2+4(v^2-u^2)}} = \frac{8}{3v}$$

$$\frac{2\cos\alpha\, u + 2\cos\alpha\, u}{2u^2+4(v^2-u^2)-4\cos^2\alpha\, u^2} = \frac{8\cancel{v}}{3v}$$

$$\frac{\cancel{4}\sqrt{2}\cdot u}{\cancel{2u^2}-4u^2-\cancel{2u^2}+4v^2} = \frac{\cancel{8}\,4}{3v}$$

$16v^2 - 16u^2 = 3\sqrt{2}\,vu$

$16u^2 + 3\sqrt{2}\,vu - 16v^2 = 0$

$D = 18v^2 + \cancel{1024}\,1024v^2$

$\sqrt{D} = \sqrt{1042}\,v = 387{,}36$ км/ч

$$u = \frac{-3\sqrt{2}\,v + \sqrt{D}}{32} = \cancel{9{,}7 \text{ км/ч}}\quad 10{,}5 \text{ км/ч}$$

Ответ: ~~u = 9,7 км/ч~~ $u = 10{,}5$ км/ч.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

УТБ при нагреве от t_2 до t_3: чистовик

$$cm(t_3-t_2) = \cancel{k}\,2\left(t_{кн} - \frac{t_2+t_3}{2}\right)\cdot T_2 \quad (3)$$

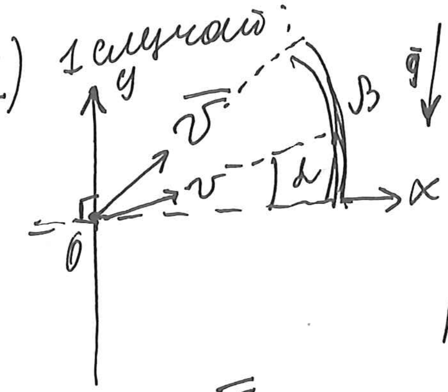
$$\frac{(1)}{(3)}: \frac{\lambda m_л}{cm(t_3-t_2)} = \frac{(t_{кн}-t_0)\,T}{\left(t_{кн}-\frac{t_2+t_3}{2}\right)T_2}$$

$$T_2 = \frac{\cancel{2}\cdot 19\, c(t_3-t_2)\cdot(t_{кн}-t_0)}{9\lambda\left(t_{кн}-\frac{t_2+t_3}{2}\right)}\cdot T =$$

$$= \frac{19\cdot 4{,}2\cdot \cancel{2}\,2\cdot 100}{9\cdot 336\cdot 11}\cdot 3600 = 1727{,}3\text{ с}.$$

Ответ: $t = 63°C$, $T_1 = 191{,}9$ с, $T_2 = 1727{,}3$ с.

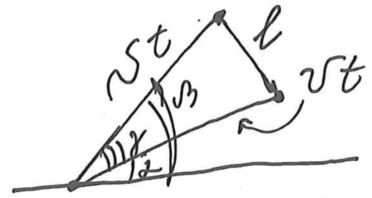
N4.1) 1 случай:



$\alpha = 15°$ $\beta = 75°$ $t = 0{,}5$ с

$l - ?$

Перейдём в СО, падающую с ускорением $\vec g$, тогда шарики двигаются прямолинейно: за время t:



v - нач. ск-ть шаров

$\gamma = \beta - \alpha = 60°$

$l = \sqrt{v^2t^2 + v^2t^2 - 2\cos\gamma\cdot v^2t^2}$ – по теор. кос-ов

$l = v\cdot t\,\cancel{\ }\sqrt{2-1} = vt.$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

2. По закону Ньютона-Рихмана: Чистовик

$$P_\phi = \alpha(t_{вн} - t_{внутр})$$

3. $m_{л} = m_л + m_{вв} = \ldots = 1{,}9 m_в = \left(\frac{10}{9}+1\right) m_л = \frac{19}{9} m_л$

$m_л = \rho_л V_л \quad m_в = \rho_в V_в \quad V_л = V_в$

$$\frac{m_л}{0{,}9\rho_в} = \frac{m_в}{\rho_в}$$

$$m_л = 0{,}9 m_в = \frac{9}{19} m$$

~~Вода~~ УТБ при плавлении льда:

$$\lambda m_л = P_0 \cdot T = \alpha(t_{вн} - t_0)\cdot T \quad (1)$$

УТБ при нагреве до t_1:

$$t_{внутр} = \frac{t_{внутр(нач)} + t_{внутр(кон)}}{2}$$

$$cm(t_1 - t_0) = \alpha\left(t_{вн} - \frac{t_1}{2}\right)\cdot T_1 \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{\lambda m_л}{cmt_1} = \frac{(t_{вн}-t_0)\cdot T}{\left(t_{вн} - \frac{t_1}{2}\right)T_1}$$

$$\frac{9\lambda}{19ct_1} = \frac{T}{T_1}\cdot\frac{t_{вн}-t_0}{t_{вн}-\frac{t_1}{2}}$$

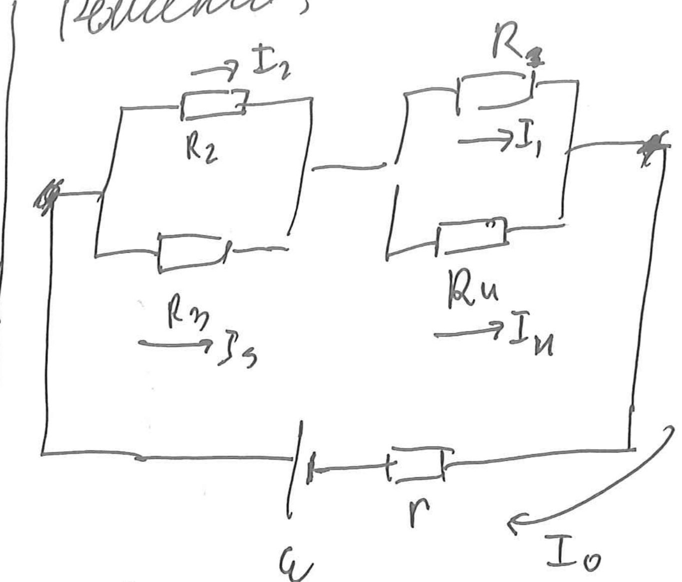
$$T_1 = T\cdot\frac{19ct_1(t_{вн}-t_0)}{9\left(t_{вн}-\frac{t_1}{2}\right)\lambda} = 3600\cdot\frac{19\cdot4{,}2\cdot2\cdot100}{9\cdot99\cdot336} = 191{,}9 \text{ с.}$$

31-15-09-37 (155.2)

№3.1) Дано:
$R_1 = 1$ мОм
$R_2 = 2$ мОм
$\mathcal{E} = 5$ В
$r = 1$ кОм
$R_3 = 3$ мОм
$R_и = 100$ Ом

I_1, I_2, I_3 — ?

Решение: чистовик



1. $R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = \frac{6}{5} = 1{,}2$ мОм

$R_{14} = \frac{R_1R_и}{(R_1+R_и)} = \ldots$, $R_1 + R_и \approx R_и$

$= \frac{100000\cdot1}{100001} = 1$ мОм

пренебрежимо малы по сравнению с r.

$R_0 = 1{,}2 + 1 + 1000 = 1002{,}2$ мОм $\quad R_0 \approx r \left(\frac{2{,}2}{1000} = 0{,}22\%\right)$

$\mathcal{E} = I_0\cdot R_0 \quad$ ~~$I_0 = 4{,}99$ А ≈ 5 А~~ $\quad I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r} = 5$ А

2. $I_2R_2 = I_3R_3$, $(I_2+I_3) = I_0$ $\Rightarrow$ $\boxed{I_2 = (3{,}00\pm0{,}05)\text{ А},\ I_3 = (2{,}00\pm0{,}05)\text{ А}}$

Аналогично:

$I_иR_и = I_1R_1$, $(I_и + I_1) = I_0$ $\Rightarrow$ $\boxed{I_1 = I_0\cdot\frac{R_и}{R_и+R_1} = (5{,}00\pm0{,}05)\text{ А}}$

$R_и \gg R_а \Rightarrow R_и$ — погрешн. нет

Ответ: ~~$I_2 = (3{,}00\pm0{,}05)$ А~~, $I_2 = 3$ А, $I_3 = 2$ А, $I_1 = 5$ А.

№3.2) Дано: $R_V > 1$ МОм

$R_A = 1$ мОм

$R_1 = 8$ Ом

$R_2 = 24$ Ом

$R_3 = 24$ Ом

$R_4 = 40$ Ом

$\mathcal{E} = 44$ В

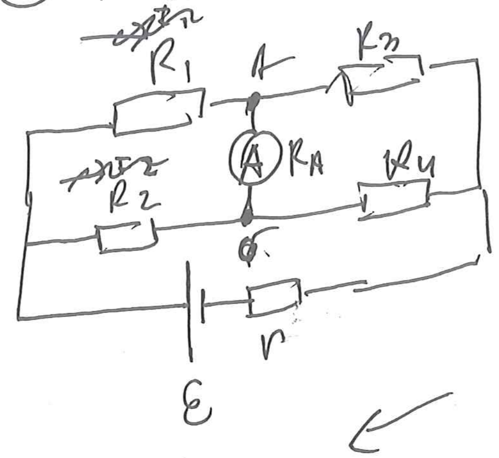
$r = 1$ Ом

$I_0 - ?$

Решение: Чистовик

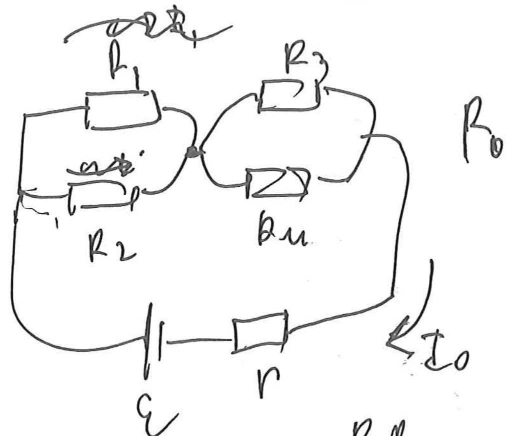
~~Вольтм~~ $R_V >> r >> R_A, R_{1,2,3,4} \Rightarrow$

(V) - разрыв цепи, идеальный.



Т.к. $R_{1,2,3,4} >> R_A \Rightarrow$ (A) - идеальн. к.з.

$\varphi_A = \varphi_Б$



$R_0 = R_{12} + R_{34} + r$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \cdot 24}{8 + 24} = \frac{24}{4} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{24 \cdot 40}{24 + 40} = \frac{3 \cdot 40}{8} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ Ом}$$

$$R_0 = 6 + 15 + 1 = 22 \text{ Ом}$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_0} = \frac{44}{22} = 2 A.$$

Ответ: $I_0 = 2$ А.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№2.1) Температурная шкала Цельсия: Чистовик

0°C — температура плавления льда при н.у.

100°C — температура кипения воды при н.у. (атм. давл.)

Для построения шкалы можно использовать сосуд постоянного сечения, наполненный жидкостью с большим температурным коэф. расширения, например ртуть. Далее погрузить наконечник сосуда, сделанный из хорошо проводящего тепло материала в воду при двух ~~его~~ состояниях (см. выше), ~~отметить~~ нанести отметки при 0°C и 100°C, разделить шкалу на равные промежутки.

№2.2) $V = 1$ л

$d_1 = 3$ мм

$S_1 = 600$ см²

$d_2 = 2$ мм

$S_2 = 680$ см²

$t_{вн} = 100°C$

$V_п = V_л$

$T = 3600$ с

$t_0 = 0°C$

$t_1 = 2°C$

$t_2 = 88°C$

$t_3 = 90°C$

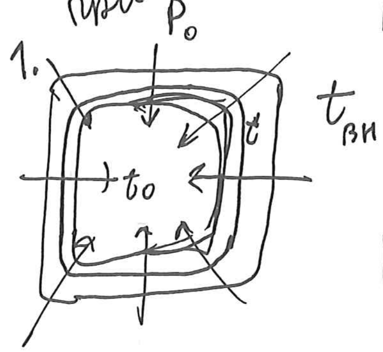
$\rho_л = 0{,}9 \rho_в$

$c = 4{,}2 \frac{кДж}{кг \cdot °C}$

$\lambda = 336 \frac{кДж}{кг}$

$t - ?$ $T_1 - ?$ $T_2 - ?$

Решение: при плавлении внутри $t_0 = const$.



P_0 — общая мощность теплопередачи по закону Фурье:

$$P_0 = \frac{k \cdot S_1 \cdot (t - t_0)}{d_1} = \frac{k \cdot S_2 (t_{вн} - t)}{d_2}$$

$$\frac{S_1}{d_1} t - \frac{S_1 t_0}{d_1} = \frac{S_2}{d_2} t_{вн} - \frac{S_2}{d_2} t$$

$$t \left(\frac{S_1}{d_1} + \frac{S_2}{d_2} \right) = \frac{S_2 t_{вн}}{d_2} + \frac{S_1 t_0}{d_1}$$

$$t = \frac{S_2 t_{вн} d_1 + S_1 t_0 d_2}{S_1 d_2 + S_2 d_1} = \frac{204000}{3240} = 63°C$$