0 525245 470000

52-52-45-47
(1.5)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Олимпиада Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Зотова Антона Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 мест ~~АА~~

Работа сдана 16:01

Дата

«09» февраля 2024 года

Подпись участника

52-52-45-47 (1.5)

Чистовик стр 1/14

№1 скорость камня в начале первого интервала будет v

тогда за t_1 он пролетит расстояние L

+ $L = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2}$

в конце первого ~~интервала~~ ~~времени~~ и вначале второго его

+ скорость $v_1 = v - gt_1$

и за второй интервал по условию он так же пройдёт L

$L = v_1 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$

подставим v_1

$L = (v - gt_1)t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$

получим систему из 2 уравнений:

$$\begin{cases} L = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \\ L = (v - gt_1)t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases}$$

приравняем оба уравнения и раскроем скобки

$vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} = vt_2 - gt_1t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$

~~vt_1~~ $gt_1t_2 + \frac{gt_2^2}{2} - \frac{gt_1^2}{2} = v(t_2 - t_1)$

$v = \frac{gt_1t_2 + \frac{gt_2^2}{2} - \frac{gt_1^2}{2}}{t_2 - t_1}$ ~~$= \frac{30 + 45 - 5}{2} - \frac{70}{2} = 35$ м/с~~

начало первого интервала совпадает с началом броска, ~~то~~ это значит, что начальная скорость камня равняется v

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ

20 | 18 | 19 | 20 | 20 | 97 (девяносто семь)

Ганшин Р.А.
Бровкин
Полянов О.П.

Чистовик стр 2 / 11

тогда найдём полное время полёта камня по формуле $t = \frac{2v}{g}$

$$t = \frac{2g t_1 t_2 + g t_2^2 - g t_1^2}{t_2 - t_1} : g = \frac{2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2}{t_2 - t_1} =$$

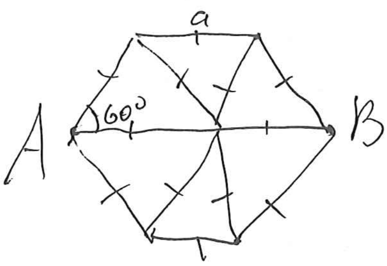
$$= \frac{6 + 9 - 1}{2} = \frac{14}{2} = 7c$$

если считать, что он летит ~~вверх~~ вверх в момент начала каждого интервала иначе, последние $1+3-7/2 = 0,5c$ второго интервала он летит вниз и задача не ~~имеет решение~~ может существовать т.к время t находится однозначно

Ответ: $7c$ { если

№2 основание призмы представляет ~~из~~ прав. шестиугл. ~~мал~~ длинна одной грани призмы $= a$

правильный шестиугольник можно разбить на 6 правильных треугольников со стороной равной стороне шестиугольника в нашем случае это a.



прямой AB можно разделить шестиугольник на 2 равные трапеции.
их большее основание имеет длину $2a$
меньшее a.

высота трапеций будет $a \cdot \sin 60°$

тогда по формуле площади трапеции площадь ~~к~~ каждой из двух полученных трапеций

$$S_0 = \frac{(2a+a)}{2} \cdot a \sin 60° = 1{,}5 a^2 \sin 60°$$

площадь шестиугольника найдем как площадь 2 трапеций из которых он состоит

$$2S_0 = 3a^2 \sin 60°$$

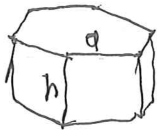
выразим P_1 через эту площадь

$$P_1 = \frac{mg}{3a^2 \sin 60°}$$

52-52-45-47
(1.5)

Чистовик стр 3/14

Высоту ~~трапеции~~ призмы назовем h, тогда площадь грани призмы будет $a \cdot h$



и тогда давление оказываемое призмой лежащей на грани будет:

$$P_2 = \frac{mg}{ah}$$

объем призмы V выразим как площад основания призмы ~~н~~ умножить на высоту:

$$V = 3a^2 \sin 60^\circ \cdot h$$

плотность призмы ρ - это масса делить на объем

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{3a^2 h \sin 60^\circ}$$

решим полученную систему уравнений:

$$\begin{cases} P_1 = \dfrac{mg}{3a^2 \sin 60^\circ} & (1) \\ P_2 = \dfrac{mg}{ah} & (2) \\ \rho = \dfrac{m}{3a^2 h \sin 60^\circ} & (3) \end{cases}$$

из (1) найдём a

$$3a^2 \sin 60^\circ = \frac{mg}{P_1}$$

$$a^2 = \frac{mg}{3P_1 \sin 60^\circ}$$

$$a = \sqrt{\frac{mg}{3P_1 \sin 60^\circ}}$$

~~из (2) выразим h.~~

Чистовик стр 4/14

из (2) выразим h через a и подставим

$$ah = \frac{mg}{p_2}$$

$$h = \frac{mg}{ap_2} = \frac{mg}{\sqrt{\frac{mg}{3p_1 \sin 60^\circ}} \cdot p_2} = \frac{mg\sqrt{3p_1 \sin 60^\circ}}{\sqrt{mg} \cdot p_2} =$$

$$= \frac{\sqrt{3mg p_1 \sin 60^\circ}}{p_2}$$

поделим (1) на (3)

$$\frac{p_1}{\rho} = \cancel{g} \cdot \frac{mg}{\cancel{3a^2 \sin 60^\circ}} \cdot \frac{\cancel{3a^2} h \cancel{\sin 60^\circ}}{\cancel{m}} = gh$$

$$\rho = \frac{p_1}{gh}$$

подставим h

$$\rho = \frac{p_1 \cdot p_2}{g\sqrt{3mg p_1 \sin 60^\circ}} = \frac{6\sqrt{3} \cdot 10^3 \cdot 4080}{10\sqrt{3 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 6\sqrt{3} \cdot 10^8 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}}}$$

$$= \frac{6\sqrt{3} \cdot 10^3 \cdot 4080}{10\sqrt{36 \cdot 10^4}} = \frac{\cancel{6}\sqrt{3} \cdot \cancel{10^3} \cdot 4080}{\cancel{6} \cdot \cancel{10^3}} =$$

$$= 4080\sqrt{3} \text{ кг/м}^3$$

18,8

Ответ: $4080\sqrt{3}$ кг/м^3

№3 из того, что $t_в > t_к > t_ф > t_1$ можно сделать вывод, что ложка фарфор и заварка получали ~~эн~~ тепло, а вода отдавала ~~зан~~ найдем $Q_{отд}$ и $Q_{пол}$ отданное тепло и полученное соответственно.

52-52-45-47 (1.5)

Чистовик стр 5/14

$Q_{отд} = c_в m_в (t_в - t_к)$

$Q_{получ} = c_ф m_ф (t_к - t_ф) + c_в m_з (t_к - t_1) + c_с m_с (t_к - t_1)$

так как теплообмена с окружающей средой не было по условию

$Q_{отд} = Q_{получ}$

$c_в m_в (t_в - t_к) = c_ф m_ф (t_к - t_ф) + c_в m_з (t_к - t_1) + c_с m_с (t_к - t_1)$

$c_ф m_ф (t_к - t_ф) = c_в m_в (t_в - t_к) - c_в m_з (t_к - t_1) - c_с m_с (t_к - t_1)$

$\cancel{c_ф = c_в m_в (t_в}$

$$m_ф = \frac{c_в m_в (t_в - t_к) - c_в m_з (t_к - t_1) - c_с m_с (t_к - t_1)}{c_ф (t_к - t_ф)} =$$

$$= \frac{4200 \cdot 0{,}25 \cdot 20 - 4200 \cdot 0{,}05 \cdot 60 - 250 \cdot 0{,}08 \cdot 600}{800 \cdot 45} =$$

нет размерностей

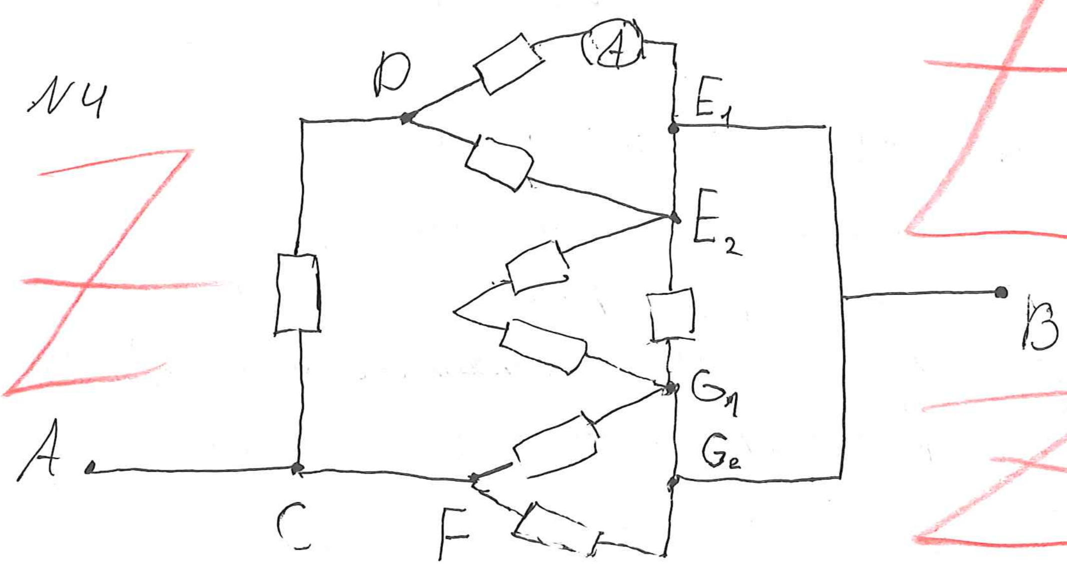
$$= \frac{\cancel{840}\,210 - 126 - \cancel{12}\,12}{360} = \frac{\cancel{172}}{\cancel{360}}\ \frac{72}{360} = \frac{2}{10} = 0{,}2\,кг =$$

$= 200 г$

19 баллов

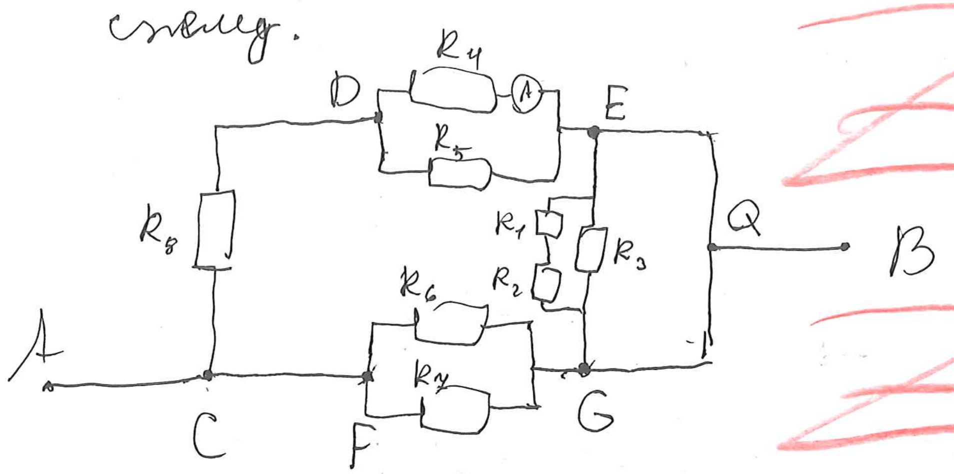
Ответ: ~~200 г~~ ~~200 г~~ 200 г

№4



Чистовик стр 6 / 14

точки E_1 и E_2, а точки G_1 и G_2 соединены перемычкой (проводом без сопротивления), поэтому мы можем исключить перемычку из схемы, а точки E_1 и E_2, G_1 и G_2 совместить в одной точке и назвать их E и G соответственно. Нарисуем ~~И~~ получившуюся схему.



измерим разницу потенциалов между E и G. Если идти по контуру EQG:

$$\varphi_E - \varphi_G = I_{EQ} \cdot R_{EQ} + I_{QG} \cdot R_{QG}$$

где I_{EQ} ~~и~~ I_{QG}, а R_{EQ} и R_{QG} сопротивление проводов и по условию $R_{EQ} = R_{QG} = 0$

отсюда:

$$\varphi_E - \varphi_G = I_{EQ} \cdot 0 + I_{QG} \cdot 0 = 0$$

назовем суммарное сопротивление резисторов R_1, R_2 и R_3 R_{EG} причем ~~поэтому~~ мы ~~не~~ точно знаем, что R_{EG} ~~между~~ $\neq 0$ и т.к. R_1, R_2, R_3 не равны 0

запишем разницу потенциалов по контуру EG

~~$\varphi_E = I_{EG}$~~: $\varphi_E - \varphi_G = I_{EG} \cdot R_{EG}$

Чистовик стр ~~8~~ 7 / 14

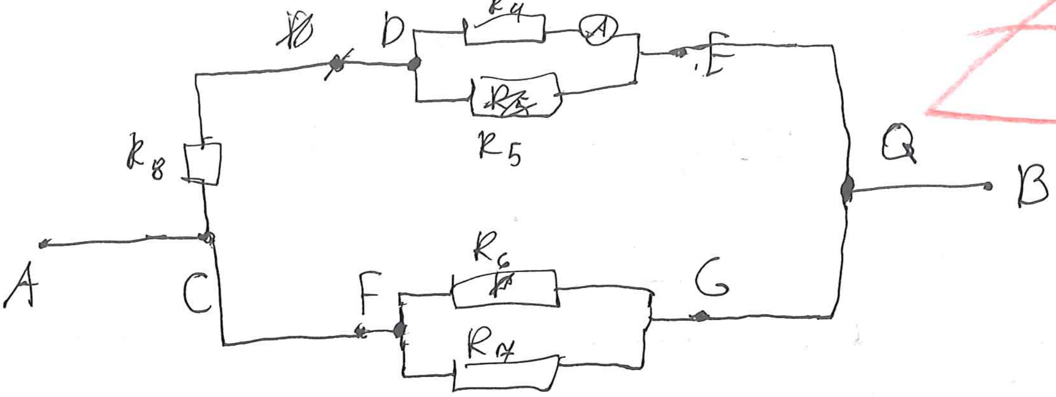
откуда $I_{EG} \cdot R_{EG} = 0$

т.к $R_{EG} = 0$

$I_{EG} = 0$

Это значит, что через резисторы R_1, R_2, R_3 ток не пойдёт, мы можем исключить их из цепи

тогда схема примет такой вид:



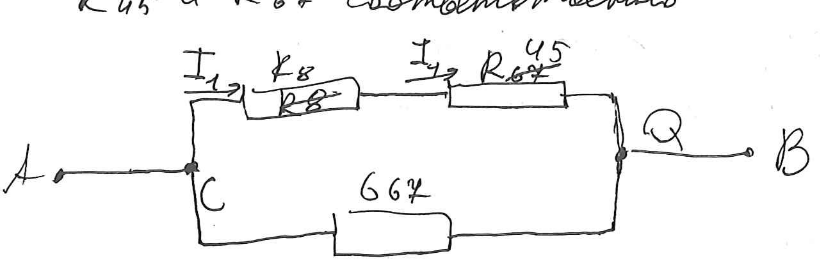
~~точки~~ обозначать точки ~~C, D~~ D, E, F, G ~~в дальнейшем~~ нету смысла, поэтому больше не будем их отмечать.

заменим R_4 и R_5, а также R_6 и R_7 одним сопротивлением так как соединение параллельно

$$R_{45} = \frac{R^2}{R+R} = \frac{R}{2}$$ +

$R_{67} = \frac{R}{2}$ (аналогично с R_{45})

перерисуем схему заменив R_4 и R_5, R_6 и R_7 на R_{45} и R_{67} соответственно



нарисуем ток I_1 т.к R_8 и R_{45} соединены последовательно через них обоих пройдёт +

Чистовик стр 8 / 14

~~то~~

ток I_1

запишем разность потенциалов между A и B если идти по верхнему контуру (через R_8 и R_{45})

$$\varphi_A - \varphi_B = \cancel{U_0} = R_8 I_1 + R_{45} I_1$$

и так же по условию $\varphi_A - \varphi_B = U_0$

$$U_0 = R_8 I_1 + R_{45} I_1$$

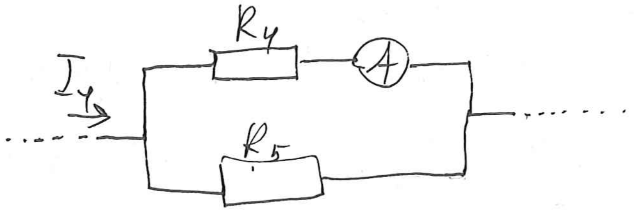
заменим R_8 и R_{45} на известные значения

$$U_0 = R I_1 + 0{,}5 R I_{\cancel{2}1} = 1{,}5 R I_1$$

$$I_1 = \frac{U_0}{1{,}5R}$$

итак мы выяснили, что через ~~все~~ R_{45} ~~пот~~ пройдет ток $I_1 = \frac{U_0}{1{,}5R}$. Заменим R_{45} обратно на R_4 и R_5 +

и рассмотрим только этот участок цепи



I_1 разделится в отношении $\frac{R_4}{R_5} = \frac{R}{R} = 1:1$

значит через R_4 пройдёт ток $I_1 : 2$

тогда амперметр покажет:

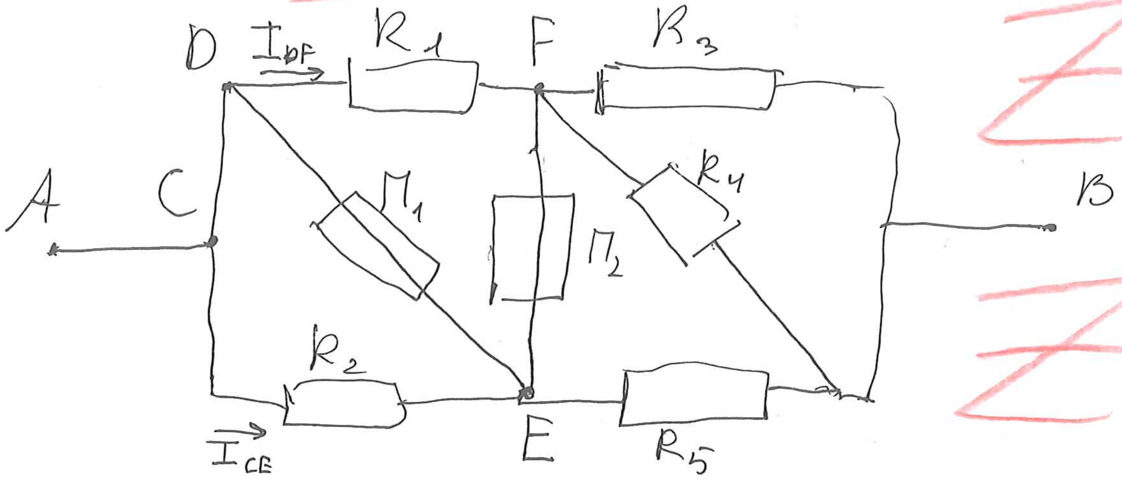
$$I_A = \frac{I_1}{2} = \frac{U_0}{3R} = \frac{6^2}{75 \cdot 125} = \frac{2}{125} = 0{,}\cancel{16}\ \cancel{81} = +$$

$$= \frac{16}{1000} A = 16 мA$$

Ответ: 16 мA +

Чистовик стр 9 / 14

№ 5



рассмотрим схему, ~~когда~~ в начальный момент когда

~~$U=0$~~; ($U = a.0.$) $R_{П_1} = R_{П_2} = 0$ где $R_{П_1}$ и $R_{П_2}$ сопротив. предохран.

рассмотрим разность потенциалов между точками D и F сначала по контуру DEF

$$\varphi_D - \varphi_F = I_{DE} \cdot R_{П_1} + I_{EF} \cdot R_{П_2}$$

где I_{DE} и I_{EF} какие-то неизвестные токи проходящие через $П_1$ и $П_2$ соответственно

т. к. $R_{П_1} = R_{П_2} = 0$

$$\varphi_D - \varphi_F = I_{DE} \cdot 0 + I_{EF} \cdot 0 = 0$$

рассмотрим ту же разность по контуру DF

$$\varphi_D - \varphi_F = I_{DF} \cdot R_1$$

$$0 = I_{DF} \cdot R_1$$

где I_{DF} – ток через R_1

т. к. $R_1 \neq 0$ по условию, $I_{DF} = 0$

значит через R_1 ток не пойдёт, можем исключить R_1 из цепи.

аналогично рассмотрим разницу потенциалов ~~через~~ между точками C и E

Чистовик стр. 10/14

~~$\varphi_C - \varphi_E = I$~~ для начало по контуру CDE

$\varphi_C - \varphi_E = I_{CD}\cdot R_{CD} + I_{DE}\cdot R_{П_1}$

где I_{CD} и R_{CD} ток и сопротивлений соответственно через провод CD, а I_{DE} и $R_{П_1}$ ток и сопротивление на предохранителе соответственно

Сопротивление R_{CD} примем равным 0 и $R_{П_1} = 0$ тогда

$\varphi_C - \varphi_E = I_{CD}\cdot 0 + I_{DE}\cdot 0 = 0$

теперь найдём $\varphi_C - \varphi_E$ по контуру CE

$\varphi_C - \varphi_E = I_{CE}\cdot R_2$

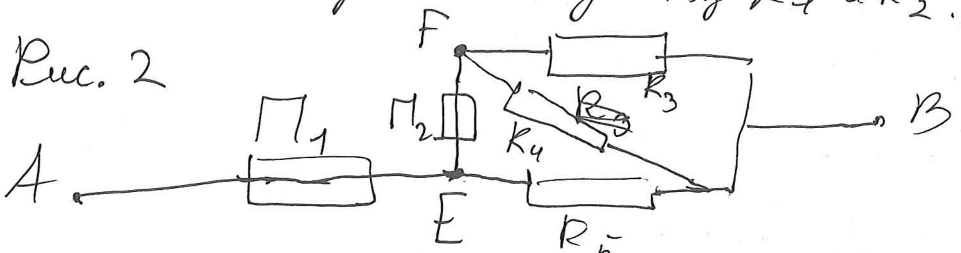
$0 = I_{CE}\cdot R_2$

где I_{CE} ток через резистор R_2

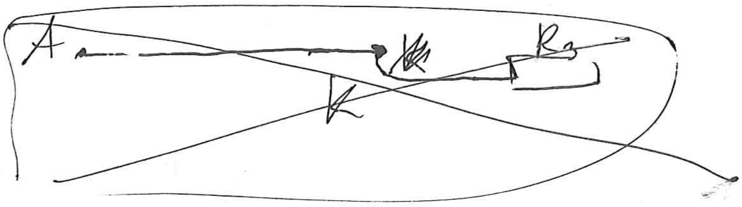
т.к $R_2 \neq 0$ по условию, $I_{CE} = 0$, это значит через R_2 ток не пойдёт исключим R_2 из цепи.

нарисуем схему без R_1 и R_2:

Рис. 2

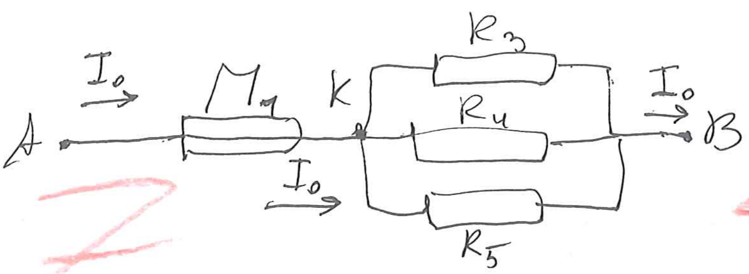


т.к точки E и F соединены перемычкой мы можем удалить перемычки и совместить точки F и E в точке K



Чистовик стр. 11/14

получится такая схема



найдем общее сопротивление в цепи

зная, что R_3, R_4, R_5 включены параллельно

$$\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

$R_{общ} = R/3$

запишем зависимость тока от напряжения

$$I_0 = \cancel{R_{общ}} \frac{U}{R_{общ}} = \frac{3U}{R}$$

подставим $U = at_1$

$$I_0 = \frac{3at_1}{R}$$

зная, что весь ток вышедший из точки A пройдёт через $П_1$ поймём, что предохранители перегорят, когда I_0 сравняется с $I_П$

узнаем, когда это будет

$$I_П = \frac{3at_1}{R}$$

$$t_1 = \frac{I_П R}{3a} = \frac{1\cdot 12}{3\cdot 1} = 4 \text{ мин}$$

~~если вернутся к рис. 2, то там в точке E ток разделяется~~

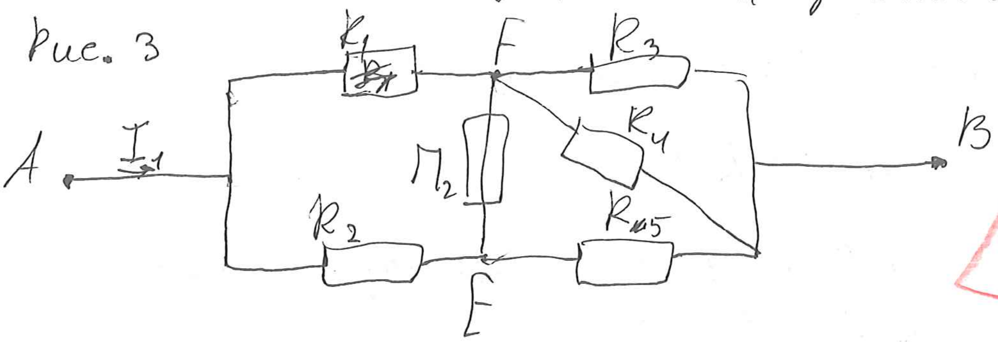
теперь рассмотрим схему, когда $П_1$ перегорел

52-52-45-47 (1.5)

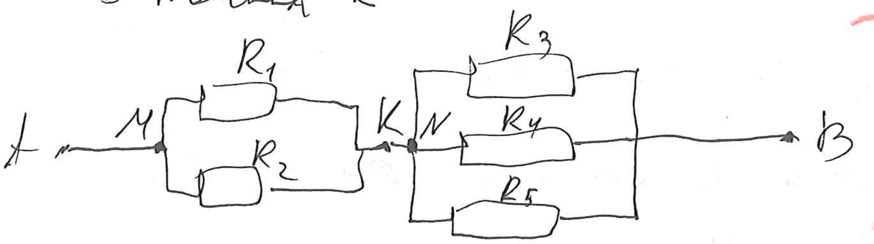
Чистовик стр. 12/14

В ~~этом~~ случае $R_{П_1}$ будет бесконечно ~~ов~~ большим и через $П_1$ ток не пойдёт, сразу ~~выхо~~ уберём $П_1$ из схемы

Рис. 3



для начала ~~найдем токи~~ выразим токи через все резисторы через I_1 для этого опять совместим точки F и E соединённые перемычкой в точкой K



попав в точку M ток разделится в отношении

$R_1 / R_2 = R/R = 1/1$

~~выходит~~ тогда $I_{R_1} = I_{R_2}$

и $I_{R_1} + I_{R_2} = I_1$

отсюда $I_{R_1} = I_{R_2} = I_1 : 2$

в точке K соберется весь ток, а затем в точке N разделится в отношении

$R_3 / R_4 / R_5 = R/R/R = 1/1/1$

тогда $I_{R_3} = I_{R_4} = I_{R_5}$

$I_{R_3} + I_{R_4} + I_{R_5} = I_1$

~~отсюда~~ отсюда:

$I_{R_3} = I_{R_4} = I_{R_5} = I_1 : 3$

Чистовик стр. 13/14

~~перерисуем Рис~~ также найдём суммарное сопротивление R_{12} (резисторов R_1 и R_2) и R_{345} (резисторов R_3, R_4, R_5)

т.к R_1 и R_2 соединены паралельно

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$R_{12} = \cancel{0{,}5R}\ R/2$$

т.к R_3, R_4, R_5 соедененны паралельно

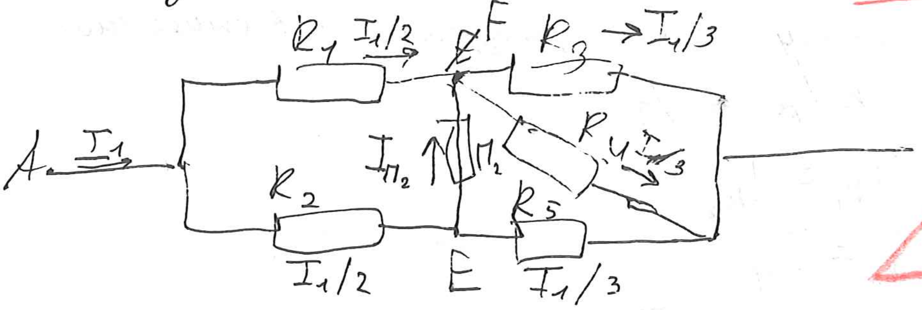
$$\frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{3R}$$

$$R_{345} = R/3$$

т.к суммарные сопротивления „соединены последовательно"

$$R_{общ} = R_{12} + R_{345} = R/2 + R/3 = \frac{5}{6}R$$

~~вер~~ вернёмся к Рис. 3 ~~и~~ и расставим неизвестные токи



в точке ~~E~~ F входящий ток должен быть равен выходящему:

$$I_1/2 + I_{П_2} = I_1/3 + I_1/3$$

$$I_{П_2} = I_1/3 + I_1/3 - I_1/2 = \frac{4}{6}I_1 - \frac{3}{6}I_1 = I_1/6$$

запишем зависимость I_1 от U

$$I_1 = \frac{U}{R_{общ}}$$

Чистовик стр. 14 / 14

теперь отсюда зависимость $I_{П_2}$ от U

$$I_{П_2} = \frac{U}{6 \cdot R_{общ}}$$

подставим $U = at_2$

$$I_{П_2} = \frac{at_2}{6R_{общ}} = \frac{4at_2}{5R}$$

найдем, когда $I_{П_2} = I_П$

$$I_П = \frac{at_2}{5R}$$

$$t_2 = \frac{5RI_П}{4 \cdot a} = \frac{5 \cdot 12 \cdot 1}{4 \cdot 1} = \frac{60}{4} \text{ мин}$$

Ответ: ~~4 мин~~ $П_1$ сгорит через 4 мин

$П_2$ сгорит через ~~60~~ 15 мин

Черновик

$$\frac{m}{3a^2h\sin 60^\circ} =$$

$$= \frac{\cancel{m}\,3P_1\,\cancel{\sin 60^\circ}}{3h\,\cancel{\sin 60}\,\cancel{mg}} = \frac{P_1}{hg}$$

$$P_1 \quad \frac{mg}{3a^2\sin\alpha}$$

$$P_2 = \frac{mg}{\cancel{g}\,ah}$$

$$\frac{\cancel{m}\ \cancel{10^6}}{мм^3}$$

$$P_2 = \frac{mg}{ah}$$

$$\cancel{h = P}$$

$$h = \cancel{P_2}\ \frac{mg}{P_2 a}$$

$$a = \frac{mg}{P_2 h} \qquad a = \frac{1}{60}\ м$$

$$W = \frac{\cancel{10\cdot 60}\ 60}{40\cancel{80}} = \frac{30}{204} = \frac{10}{64}$$

$$\frac{10}{64}\cdot 3$$

$$3\cdot\frac{1^2}{60^2}\cdot\sin 60 \cdot \frac{10}{64}$$

3600

$$a^{\cancel{2}} = \sqrt{\frac{\cancel{P}\ mg}{3P_1\sin 60^\circ}}$$

$$h = \frac{mg}{\sqrt{\frac{mg}{3P_1\sin 60^\circ}}\ P_2}$$

$$\rho = \frac{P_1}{gh} \qquad \rho = \frac{P_1\,P_2\sqrt{\frac{mg}{3P_1\sin 60^\circ}}}{g\sqrt{mg}\ 3P_1\sin 60^\circ}$$

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