

**Региональный этап всероссийской олимпиады
школьников по физике в 2015/2016 учебном году**

Мурманская область

Шифр участника: Ф1113

Класс: 11

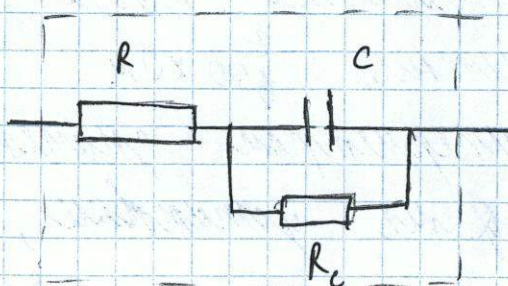
Количество баллов: 54

Результат участия: победитель

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
153031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от "____" ____ 20__ г.
на исх. № _____ от "____" ____ 20__ г.

Частовик
№1 исследуется конденсатор
сему серого ящика
можно представить
следующим образом:



Где конденсатор идеальный.
Когда мы подключаем ~~батарею~~
амметр батарея в нем начнет
зарядить конденсатор.

В начальный момент времени ток
по R_c не идет (конденсатор не заряжен,
его можно заменить в этот момент
перемычкой)

Получаем нашим значение сопротивления
в начале и будет нашим сопротивлением R

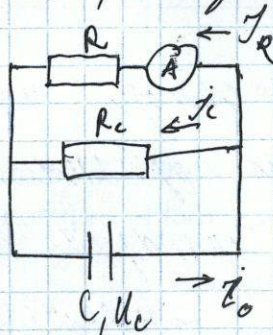
№1
13
Самов

Делим пару полученных замеров:

$R: 58; 60; 61; 60; 62$

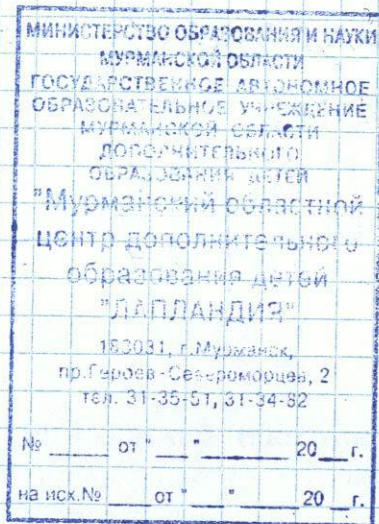
$$\langle R \rangle = \frac{301}{5} \approx 60 \text{ кОм} \pm 5\% = 60 \text{ кОм} \pm 3 \text{ (кОм)}$$

Будем заряжать ~~батарею~~ конденсатор до момента, когда омметр покажет значение ~~200~~ ²⁰⁰ кОм. Затем измерим амперметром значение силы тока ~~схемы~~ ^{схемы} уставки, получимся такая:



Мы знаем R и измерили I_R ,
а значит по закону Ома найдём
 $U_c = R \cdot I_R$

Мы знаем $R_{\text{экв}}$ - эквивалентное сопр.
резисторов (~~200~~ ²⁰⁰ кОм) и U_c



хотим найти

Ф1113

$$I_0 = \frac{U_c}{R_{экв}}$$

знаем I_0 ; I_R по
правилу Кирхгофа:

$$I_0 = I_R + I_c$$

$$I_c = I_0 - I_R$$

знаем U_c и I_c $R_c = \frac{U_c}{I_c}$

$$\begin{array}{c} R \\ j_R \end{array} \Rightarrow U_c \quad \begin{array}{c} R_{экв} \\ I_0 \end{array} \Rightarrow I_c \quad \begin{array}{c} I_R \\ U_c \end{array} \Rightarrow R_c$$

~~$$I_c = \frac{U_c}{R_c}$$~~

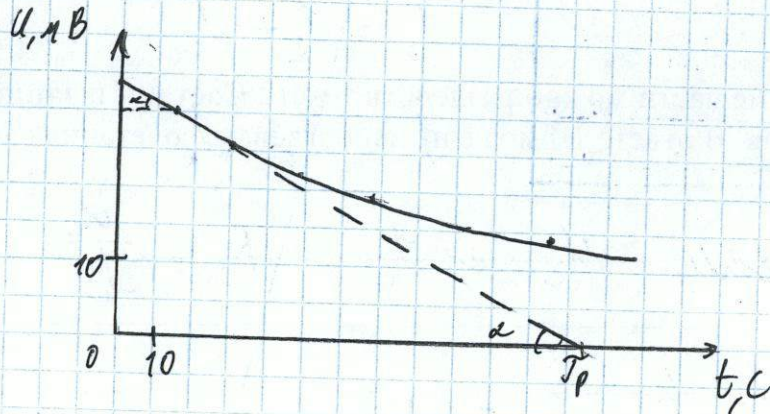
$$R_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{R I_R}{I_0 - I_R} = \frac{R I_R}{\frac{U_c}{R_{экв}} - I_R} =$$

$$= \frac{R I_R}{I_R \cdot \frac{R}{R_{экв}} - I_R} = \frac{85,7}{75} \text{ кОм} * \pm 5\% = 85,7 \pm 4,3 \text{ кОм}$$

* Измеряем $I_R = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ А}$; $\frac{R}{R_{экв}} < 1 \Rightarrow$ ошиблись напр. тока на R_c

Измерили зависимость напряжения от
 (загр. до сост. 200 Ом)
 на графике $\sqrt{}$ от времени

$U, \text{мВ}$	34	30	26	22	18	14
$t, \text{с}$	0	15	30	48	66	114



T_p - время релаксации разряда конденс.

$$T_p = \frac{U(0)}{t_{gr}} = \frac{U(0)}{\frac{U(0) - U(15)}{15}} = 127,5 \text{ с} \pm 16\% = 127,5 \pm 19,10$$

Поток идет только через R_c , поэтому
 время релаксации:

$$T_p = R_c C$$

$$C = \frac{T_p}{R_c}$$

$$C = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ф} \pm 20\% = (1,5 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ ф}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
 МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
 ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
 "МУРМАНСКИЙ ОБЛАСТНОЙ
 ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
 "ЛАПЛАНДИЯ"
 183001, г. Мурманск,
 пр. Героев-Севастоморцев, 2
 тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от "____" _____ 20__ г.
 на исх. № _____ от "____" _____ 20__ г.

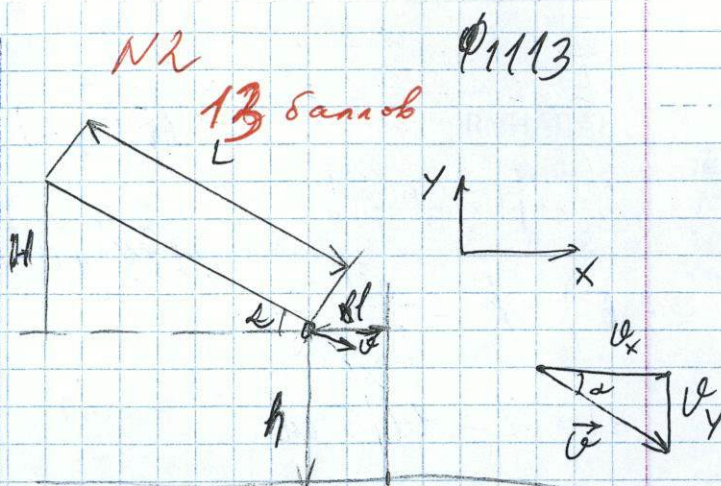
Максимальная емкость, ϕ
 которого можно зарядить

конденсатор: 486 кОм (по ком. ток
 все идет)

$$\begin{aligned}
 R_c &= R_{\max} - R = \\
 &= 426 \text{ кОм} \pm 5\% = \\
 &= 426 \pm 21 \text{ кОм}
 \end{aligned}$$

$$C_{\text{н}} = 27 \cdot 10^{-4} \text{ ф}$$

Ф1193



Действуем по инструкции:

- 2) Составим таблицу зависимости
 l от H ($h = 17 \text{ м}$)

$H, \text{м}$	20,0	27,0	23,0	31,0	34,0	35,5
$l, \text{м}$	16,6 16,6	15,3	16,3	14,1	11,0	9

3)
$$\begin{cases} l = v_x \cdot t \\ -h = +v_y t - \frac{gt^2}{2} \\ v_y = v_x \cdot \tan \alpha \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{l}{v_x} \\ -h = \frac{v_x \tan \alpha \cdot l}{v_x} - \frac{gt^2}{2} \\ v_y = v_x \cdot \tan \alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{gl^2}{2v_x^2} = h - l \cdot \tan \alpha$$

$$v_x^2 = \frac{gl^2}{2(h - l \tan \alpha)}$$

$$E_x = \frac{mv_x^2}{2} = \frac{mg l^2}{4(h-l \tan \alpha)}$$

$$4) \Delta \Pi = mgH$$

$$5, 6) k = \frac{\Delta \Pi}{E_x} = \frac{4H(h-l \tan \alpha)}{l^2}$$

$$7) L = 44,5 \text{ cm}$$

$$y = k \cos^2 \alpha$$

$$x = H$$

$$y(x) = \frac{4x(h-l \tan \alpha)}{l^2} = \cos^2 \alpha =$$

$$= 4x \frac{(h-l \tan \alpha)}{l^2} \cdot \frac{1}{(1+\tan^2 \alpha)} =$$

$$= 4x \frac{h-l \tan \alpha}{l^2(1+\tan^2 \alpha)}$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

~~x/29,0~~

Ф1113

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82
№ _____ от " _____ " 20 ____ г.
на исх. № _____ от " _____ " 20 ____ г.

X	20,0	24,0	23,0	31,0	34,0	35,5
b/L	0,503	0,763	0,604	0,941	1,184	1,323
I	14,516,6	15,3	16,3	14,1	11,0	9,0
Y	2,00	1,55	1,82	1,06	1,86	3,246

$$y \neq ax + b$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от " _____ " _____ 20__ г.
на исх. № _____ от " _____ " _____ 20__ г.

Ф1113

N2

$$M_{\text{я}}, R_{\text{я}}, \rho_{\text{т}}(r), \frac{m_{\text{т}}}{M_{\text{я}}} - ?$$

$$R_{\text{я}} = 4 \text{ кПк} =$$

$$= 4 \cdot 3,08 \cdot 10^{19} \text{ м}$$

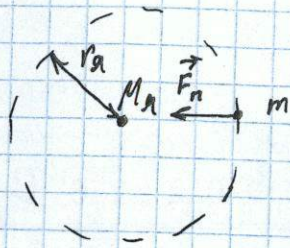
$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$$

$$\sigma = 240 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

1) Рассмотри звезды
на орбите $R_{\text{я}}$ от ядра
Поскольку темн. материя
расположена вне ядра

на данные звезды она не влияет.

Центр масс ядра находится в его
центре. Заменим ядро матер. точкой
с массой $M_{\text{я}}$



на звезду массой M на орбите
будет действовать сила притяжения
со стороны ядра равная

$$F_n = \gamma \frac{Mm}{r_n^2}$$

по II закону Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_n$$

$$ma = F_n = \gamma \frac{Mm}{r_n^2}$$

$$M = \frac{a \cdot r_n^2}{\gamma} \quad (1)$$

для ~~равномерного~~ движения по окружности
справедливо: $a = \frac{v^2}{r_n}$

подставим в (1)

$$M = \frac{v^2 \cdot r_n}{\gamma}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев - Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.
на исх. № _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

$$M_H = \frac{57600 \cdot 10^6 \cdot \sqrt[4]{3,08 \cdot 10^{19}}}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx$$

Ф1113

$$\approx 2,66 \cdot 10^{40} \text{ кг} \quad 1,06 \cdot 10^{40} \text{ кг}$$

2) средняя плотность
сферы

$$\rho_H = \frac{M_H}{V_H}$$

$$V_H = \frac{4}{3} \pi R_H^3$$

$$\pi = 3,1416$$

$$\rho_H = \frac{3 M_H}{4 \pi R_H^3}$$

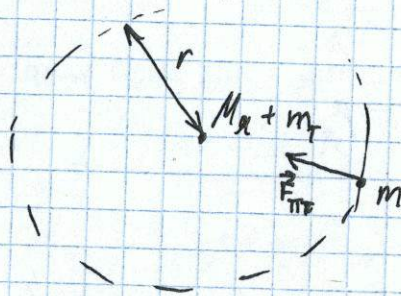
$$\rho_H = \frac{7,98 \cdot 10^{40}}{12,5664} = \frac{3,18 \cdot 10^{41}}{12,5664 \cdot 64 \cdot 29,2181 \cdot 10^{+59}} \approx$$

$$\approx 1,35 \cdot 10^{-22} \text{ кг/м}^3$$

3) При рассматривании орбит с радиусом
больше r_H появляется гравитационное
взаимодействие с темной материей,
находящейся внутри сферы с радиусом
орбиты

~~По II з. Н.~~

Планиру материю также можно
заменить материальной точкой
(она совпадает с центром масс
сфера)



$F_{пр}$ - результирующая сила ^{сил} притяжения
сфер и м.м.м. мат.
~~По II з. Н.~~

$$m a = \gamma \frac{(M_A + m_T) m}{r^2}$$

$$m_T = \frac{a r^2}{\gamma} - M_A$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$m_T = \frac{v^2 \cdot r}{\gamma} - M_A$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от "____" _____ 20__ г.
на исх. № _____ от "____" _____ 20__ г.

Ф113

$$m_T = \rho_T(r) \cdot V(r)$$

$$V(r) = \frac{4}{3} \pi r^3 - \frac{4}{3} \pi r_a^3 = \frac{4}{3} \pi (r^3 - r_a^3)$$

$$m_T = \rho_T(r) \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\rho_T(r) = \frac{\frac{\omega^2 \cdot r}{r} - M_g}{\frac{4}{3} \pi r^3} =$$

$$= \frac{3 \omega^2}{4 \pi r^2} - \frac{3 M_g}{4 \pi r^3}$$

$$m_T = \frac{4}{3} \pi (r^3 - r_a^3) \cdot \rho_T(r)$$

$$\rho_T(r) = \frac{\frac{\omega^2 \cdot r}{r} - M_g}{\frac{4}{3} \pi (r^3 - r_a^3)} = \frac{3 \omega^2 r}{4 \pi (r^3 - r_a^3)} - \frac{3 M_g}{4 \pi (r^3 - r_a^3)}$$

$$4) \quad m_T = \int_{r_a}^{15r_a} \rho_T(r) \cdot V(r) = \int_{r_a}^{15r_a} \left(\frac{\omega^2 \cdot r}{r} - M_g \right) =$$

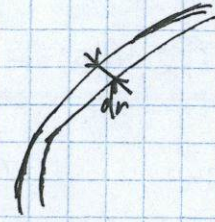
$$= \frac{\omega^2}{r} \int_{r_a}^{15r_a} r = \omega$$

Рассмотрим слой толщиной dr в
близости центра с малой толщиной
 dr

масса этого слоя:

$$dm = \rho(r) \cdot V_{el}$$

плотность можно считать
постоянной в.р. $dr \ll r$



$$V_{el} = V(r+dr) - V(r) =$$

$$= \frac{4}{3} \pi ((r+dr)^3 - r_a^3) - \frac{4}{3} \pi (r^3 - r_a^3) =$$

$$= \frac{4}{3} \pi (3r^2 dr + 3r \cdot dr^2 + dr^3)$$

$$dm = \frac{\frac{G^2 \cdot r}{r} - M_a}{\frac{4}{3} \pi (r^3 - r_a^3)} \cdot \frac{4}{3} \pi (3r^2 dr + 3r dr^2 + dr^3)$$

$$= \frac{\frac{G^2 \cdot r}{r} - M_a}{r^3 - r_a^3} \cdot (3r^2 dr + 3r dr^2 + dr^3) \quad (dr \ll r)$$

$$= \frac{\frac{G^2 \cdot r}{r} - M_a}{r^3 - r_a^3} \cdot 3r^2 \cdot dr$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
 МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
 ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
 "Мурманский областной
 центр дополнительного
 образования детей
 "ЛАПЛАНДИЯ"
 183031, г. Мурманск,
 пр. Героев-Северных, 2
 тел. 31-35-51, 31-34-82

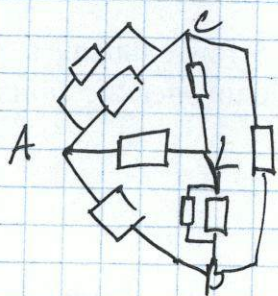
№ _____ от "____" _____ 20__ г.
 на иск. № _____ от "____" _____ 20__ г.

$$m_T = \int_{r_0}^{15r_0} dm = \int_{r_0}^{15r_0} \left(\frac{\rho^2 \cdot r}{-r_0^3 + r^3} - \mu_0 \right) \cdot 3r^2 \cdot dr$$

Ф1113

№3

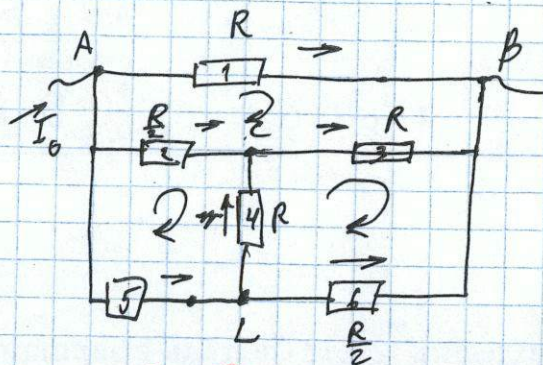
Заметим, что точки с одинаковыми
 буквами соединены перемычками,
 и значит их можно считать в
 один узел ($A' = A; B' = B \dots$)
 Попробуем упростить схему



Точки A и C ; B и L
 соединены 2-мя паралл.
 резисторами, заменим
 их на эквивалентный

$$R_{экв} = \frac{R}{2} \quad \left(\text{при наличии параллельного соединения рез. } R_{экв} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

и еще упростила схему



Восстанавливая правила Киргородца:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_0 = I_1 + I_2 + I_5 \\ I_3 = I_2 + I_4 \\ I_5 = I_4 + I_6 \end{array} \right. \quad \leftarrow$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_0 = I_1 + I_2 + I_5 \\ I_3 = I_2 + I_4 \\ I_5 = I_4 + I_6 \\ I_1 = I_3 + \frac{I_2}{2} \\ I_3 + I_4 = \frac{2I_6}{2} \\ \frac{I}{22} = I_4 + I_5 \end{array} \right.$$

Делая систему напряжений: /Ф13

$$\begin{cases} I_1 = \frac{5}{12} I_0 \\ I_2 = \frac{1}{3} I_0 \\ I_3 = \frac{1}{4} I_0 \\ I_4 = -\frac{1}{12} I_0 \\ I_5 = \frac{1}{4} I_0 \\ I_6 = \frac{1}{3} I_0 \end{cases}$$

— ошиблись
в напр. тока

$$U_{AB} = I_1 \cdot R = \frac{5}{12} I_0 R$$

$$R_{экв} = \frac{U_{AB}}{I_0} = \frac{5}{12} R$$

1) общее сопр. $\frac{5}{12} R$

2) Макс. сила тока протекает
через рез. I_1 ($A'B'$) $I_0 = 1,2 A$

$$I_1 = \frac{5}{12} I_0 = 0,5 A$$

или протекает через рез. 4 ($C'E'$)

$$I_4 = \frac{1}{12} I_0 = 0,1 A$$

3) $I_{AA'} = I_0 - I_1$ или $I_{AA'} = I_2 + I_5$ (по правилу
Кирхгофа)
 $I_0 = I_{AA'}$

$$I_{AA'} = \frac{7}{12} I_0 = 0,7 A$$

№5

В начальный момент времени
напряжение на конденсаторе:

$$U_0 = \frac{Q_0}{C_0}$$

После замыкания ключа в цепи
возникает мгновенный ток:

$I_{\text{мгн}}$

Чтобы показания вольтметра
не изменились

При этом в катушке еще не
появилась ЭДС самоиндукции и
ток будет зависеть только от
сопротивления R

$$I_{\text{мгн}} = \frac{U_0}{R} = \frac{Q_0}{RC_0}$$

Далее, что

N4

Ф11193

Найдём изменение
внутр. энергии на
участке 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\nu R \Delta T_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1$$

Пусть $p_2 - p_1 = 2\Delta p$, а $V_3 - V_1 = 2\Delta V$

Тогда $A = \frac{1}{2} \cdot 2\Delta p \cdot 2\Delta V = 2\Delta p \Delta V$

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$p_2 = p_1 + \Delta p$$

$$\nu R \Delta T_{12} = (p_1 + \Delta p)(V_1 + \Delta V) - p_1 V_1 =$$

$$= p_1 \Delta V + V_1 \Delta p + \Delta p \Delta V$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_1 \Delta V + V_1 \Delta p + \Delta p \Delta V)$$

Теперь найдём ΔU на участке 3-4 n-крат-
степ.
свободы

$$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} (p_4 V_4 - p_3 V_3)$$

$$p_4 = p_1 - \Delta p \quad p_3 = p_1$$

$$V_4 = V_1 + \Delta V \quad V_3 = V_1 + 2\Delta V$$

$$\nu R \Delta T_{34} = (p_1 - \Delta p)(V_1 + \Delta V) - p_1(V_1 + 2\Delta V) =$$

$$= -p_1 \Delta V - \Delta p V_1 - \Delta p \Delta V = -\nu R \Delta T_{12}$$

Тогда

$$\Delta U_{34} = -\Delta U_{12}$$

Заметим $A_{12} - A_{34} = S_{124} = \frac{A}{2}$

$$Q_{12} - |Q_{34}| = A_{12} + \Delta U_{12} - |A_{34} + \Delta U_{34}| = \left(\text{так как } A_{34} = A_{14} \right)$$
$$= A_{12} + \Delta U_{12} - \left| A_{12} - \frac{A}{2} - \Delta U_{12} \right|$$

N5

В начальный момент напряжение на конденсаторе:

$$U_0 = \frac{Q_0}{C_0}$$

После замыкания ключа в цепи возникает ^{инд.} ток:

$$I_{\text{ин}} = \frac{U_0}{R}$$

Теперь, чтобы напряжение не изменилось на катушке, в ней не должен возникнуть индукционный ток. То есть сила тока не должна изменяться. Но это возможно только при постоянном напряжении на конденсаторе

$$U = \frac{Q}{C} = U_0 = \frac{Q_0}{C_0} \quad (1)$$

Ф1113

Но ~~по~~ ~~на~~ ~~переменном~~ ~~времени~~ ~~и~~ ~~конденсатор~~
разряжается, и заряд на нем
равен:

$$Q = Q_0 - \Delta Q = Q_0 - I_{\text{мгн}} \Delta t$$

Подставляем в (1)

$$\frac{Q_0 - I_{\text{мгн}} \Delta t}{C} = \frac{Q_0}{C_0}$$

$$C = \frac{C_0 (Q_0 - I_{\text{мгн}} \Delta t)}{Q_0} = C_0 - \frac{I_{\text{мгн}}}{Q_0} \Delta t =$$

$$= C_0 - \frac{U_0}{Q_0 R} \Delta t =$$

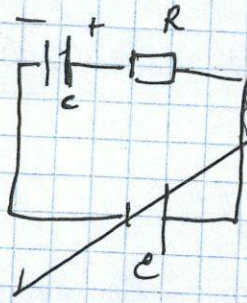
N5

В нач. момент напряжение на
конд.:

$$U_0 = \frac{Q_0}{C_0}$$

После замыкания в катушке
возникнет ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -U_0$
Поскольку напряжение на катушке
не меняется ~~се~~ ~~нельзя~~ ~~замыкать~~
справедливо выражение:

источник ЭДС $\mathcal{E} = U_0$



$$U_0 = \frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

$$\Delta I = \frac{U_0 \Delta t}{L}$$

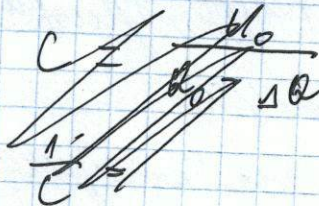
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{U_0 \Delta t}{L}$$

$$\Delta Q = \frac{U_0}{L} \cdot \Delta t^2$$

ΔQ - заряд увеличенный
с конденсатора

Напряжение на конденсаторе
постоянно и равно U_0

$$U_0 = \frac{Q}{C} = \frac{(Q_0 - \Delta Q)}{C}$$



$$C = \frac{Q_0 - \Delta Q}{U_0} =$$

$$= C_0 - \frac{\Delta Q}{U_0} = C_0 - \frac{1}{L} \Delta t^2$$

Ф1113

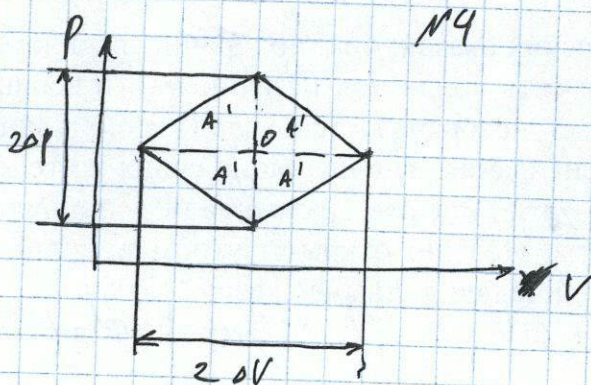
$$1) C(t) = C_0 - \frac{1}{L} t^2$$

2) В начале энергии на конденсаторе равна $W_{эл} = \frac{Q_0^2}{2C_0}$

Эта энергия пошла на выделение теплоты на резисторе и работу внешних сил

$$W_{эл} = A + W_R$$

$$A = W_{эл} - W_R = \frac{Q_0^2}{2C_0} - \frac{Q_0^2}{3C_0} = \frac{Q_0^2}{6C_0}$$



$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

Обозначим площадь поршней
на κ -е разбиваемая полн, как
 A' . очевидно $A' = \frac{1}{4} A$

$$A_{12} = A_{11} + \frac{3}{4} A' = A_{11} + \frac{1}{4} A \quad \text{где } A_{11} - \text{площадь поршней под поршнями}$$

$$\nu R \Delta T_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1 =$$

$$= (p_1 + \Delta p)(V_1 + \Delta V) - p_1 V_1 \quad (\text{см рисунок})$$

$$\nu R \Delta T_{12} = \Delta p V_1 + \Delta V p_1 + \Delta p \Delta V$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad n - \text{вал-во ст. св. ст.}$$

$$Q_{34} = A_{34} + \Delta U_{34}$$

$< 0 \text{ м.р. } \downarrow$

$$Q_{34} = -(A_{11} - A') + \Delta U_{34} = \frac{1}{4} A - A_{11} + \Delta U_{34}$$

$$\Delta U_{34} \quad \nu R \Delta T_{34} = p_4 V_4 - p_3 V_3 =$$

$$= (p_1 - \Delta p)(V_1 + \Delta V) - p_1(V_1 + 2\Delta V) \quad (\text{см рис})$$

$$\nu R \Delta T_{34} = -p_1 \Delta V - \Delta p V_1 - \Delta p \Delta V = -\nu R \Delta T_{12} \quad \text{Физ$$

$$\Delta U_{34} = \frac{n}{2} \nu R \Delta T_{34} = -\Delta U_{12}$$

В процессе 3-4

$$V \downarrow \Rightarrow A < 0$$

$T \downarrow$ (это верно если процесс изотермический)

$$Q_{34} < 0$$

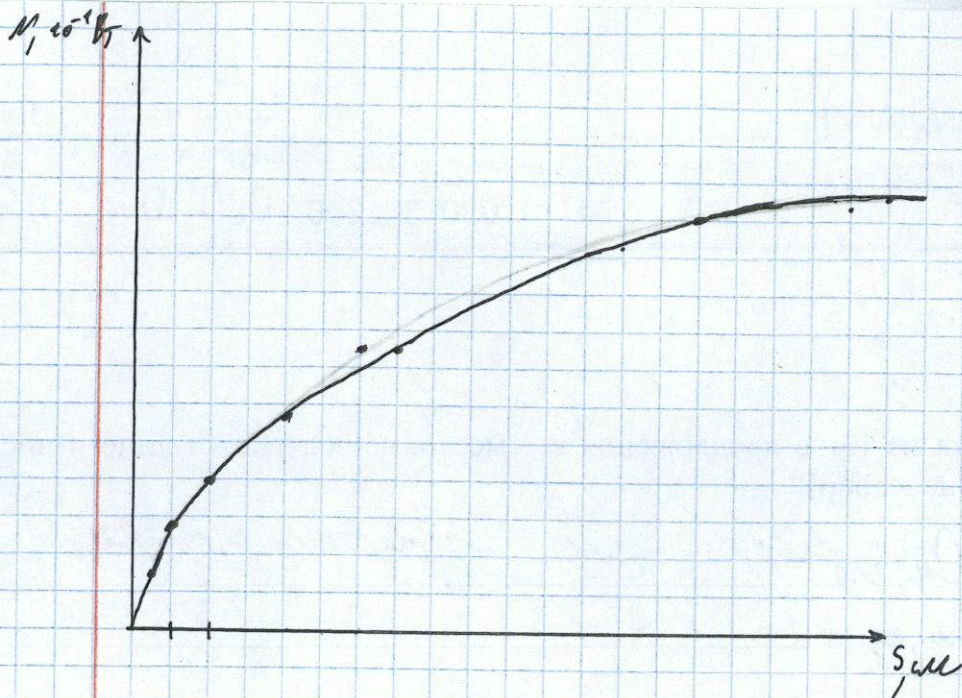
$$Q_{12} - |Q_{34}| = Q_{12} + Q_{34} =$$

$$= A_{\pi} + \frac{1}{4} A + \Delta U_{12} + \frac{1}{4} A - A_{\pi} - \Delta U_{12} =$$

$$= \frac{A}{2}$$

№1

Построим график зависимости N от S



Видим, что зависимость следующая:

$$N = k \sqrt{S}$$

N, BT	0,28	0,40	0,52	0,75	1,02	1,10	1,23	1,26	1,5
S, cm	1,0	2,0	4,0	7,0	13,0	15,0	18,0	20,0	30,0
$\sqrt{S}$	1,0	1,4	2,0	2,6	3,6	3,9	4,4	4,5	5,5
$k = \frac{N}{\sqrt{S}}$	0,28	0,29	0,26	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27

$$k_{\text{cp}} = 0,28$$

1) В координатах орд $N(\sqrt{S})$

2) $N(S_0)$ $S_0 = 10 \text{ cm}$

$$N(S_0) = k \sqrt{S_0} \approx 0,89 \text{ BT}$$

01113

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{F \cdot at^2}{t} = \frac{F \cdot at}{2}$$

до II-й половины движения

$$F = ma$$

$$ma^2 = N$$

$$a^2 = \frac{N}{m} = \frac{N}{2}$$

$$a = \sqrt{\frac{N}{2}}$$

$$F = ma = m \sqrt{\frac{N}{2}} = \sqrt{2N}$$

$$3) N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$s = \frac{Ft^2}{2m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2ms}{F}}$$

$$N = \frac{F \cdot s}{\sqrt{\frac{2ms}{F}}} = \sqrt{\frac{F^3 s}{2m}}$$

$$F^3 = \frac{2mN^2}{s}$$

$$F = \sqrt[3]{\frac{2mN^2}{s}} = \sqrt[3]{\frac{4N^2}{s}} = \sqrt[3]{4k^2}$$

$$k = 0,28 \frac{\text{BT}}{\sqrt{\text{A}}} = 2,8 \frac{\text{BT}}{\sqrt{\text{A}}}$$

$$\Rightarrow F \approx 3,15 \text{ H}$$