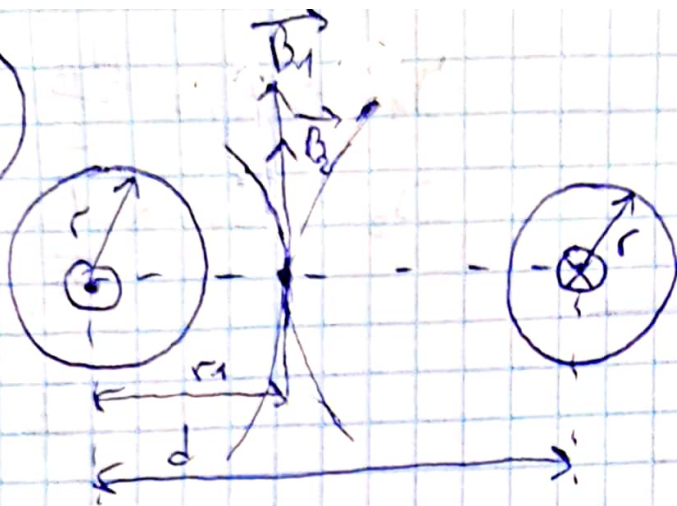


5.29



Рассмотрим точку на расстоянии r_1 от одного из проводов

Полное, создаваемое первыми проводом в этой точке

$$B_1 = \frac{2J}{cr_1}, \text{ второй } B_2 = \frac{2J}{c(d-r_1)}$$

$$B = B_1 + B_2 = \frac{2J}{c} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{d-r_1} \right)$$

Поток через элементарную длину ℓ , помножен на dr , находящуюся на расстоянии r_1 от первого провода

$$d\Phi = B dS = B \ell dr$$

По условию, учитываем поле только вне проводов.

Тогда поток через элементарную длину d , помножен на $d-2r$ между проводами

$$\Phi = \frac{2J\ell}{c} \left(\int_r^{d-r} \frac{dr_1}{r_1} + \int_r^{d-r} \frac{dr_1}{d-r_1} \right) = \frac{2J\ell}{c} \left(\ln r_1 \right) \Big|_r^{d-r}$$

$$-\ln(d-r_1) \Big|_r^{d-r} = \frac{2\pi e}{c} \left(\ln \frac{d-r}{r} + \ln \frac{d-r}{r} \right) = \frac{4\pi e}{c} \ln \left(\frac{d}{r} - 1 \right)$$

$$L_{yg} = \frac{\Phi}{e \left(\frac{\pi}{c} \right)} = 4 \ln \left(\frac{d}{r} - 1 \right) \approx 8,8$$

Ответ: $L_{yg} \approx 8,8$

7.31 По условию, суживающиеся трубы мало \Rightarrow выполняется закон сохранения магнитного потока

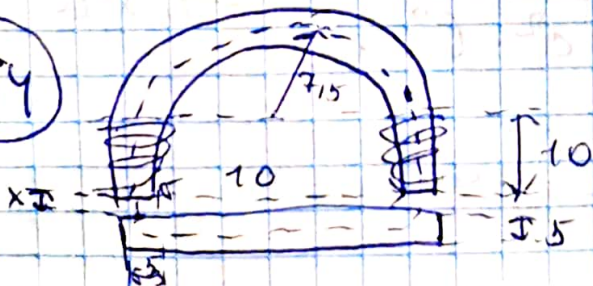
$$B_0 r^2 = B_0 R^2$$

Давление магнитного поля $p = w = \frac{B^2}{8\pi}$ неотрицательные степени

$$= \frac{B_0^2}{8\pi} \left(\frac{R}{r} \right)^4 \approx 10^{12} \frac{\text{гсм}}{\text{см}^2}$$

Ответ: $10^{12} \frac{\text{гсм}}{\text{см}^2}$

7.64



$$R = 7,5 \text{ см} \quad \mu = 200 \quad N = 200$$

$$I = 2 \text{ А}$$

x - величина возмущающего зазора между магнитными

и ядро, $l = 7,5 + 20 + 15 + 5 = 47,5$ см
 та с ядром
 Циркулярная $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{B}{\mu} l + 2 B x = \frac{4\pi}{c} N I$

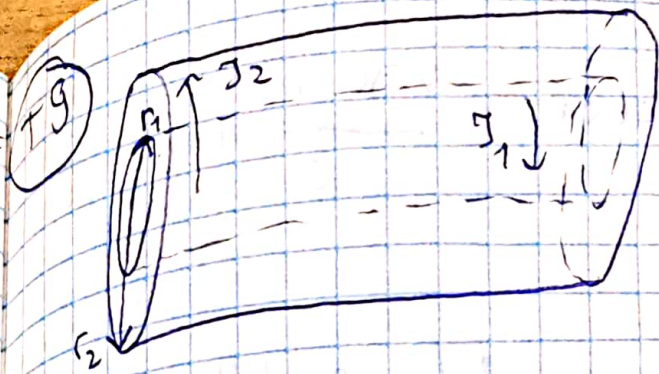
$B = \frac{\left(\frac{4\pi}{c} N I\right)}{\frac{l}{\mu} + 2x} = \frac{A}{\frac{l}{\mu} + 2x}$ — обозначение для удобства

Энергия магнитного поля $W_M = \frac{B^2}{8\pi\mu} S l + \frac{B^2}{8\pi} S 2x =$
 $= \frac{A^2 S}{\left(\frac{l}{\mu} + 2x\right)^2 8\pi} = \frac{A^2 S}{\left(\frac{l}{\mu} + 2x\right) 8\pi}$

Потребляемая сила $F = \frac{\partial W_M}{\partial x} = \frac{A^2 \cdot S \cdot 2}{8\pi \left(\frac{l}{\mu} + 2x\right)^2} =$
 $= \frac{18 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot S}{c^2 \cdot 8\pi \left(\frac{l}{\mu} + 2x\right)^2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-2} N^2 S}{c^2 \left(\frac{l}{\mu} + 2x\right)^2}$

при $x \rightarrow 0$ получаем $F = \frac{4\pi \cdot 10^{-2} N^2 \mu^2 S}{c^2 \cdot l^2} = 4,9 \cdot 10^6$ гсм

Ответ: $\frac{4\pi \cdot 10^{-2} N^2 \mu^2 S}{c^2 l^2} \approx 4,9 \cdot 10^6$ гсм



Максимальное поле энергии
соединения

$$B_2 = \frac{4\pi}{c} n J_2$$

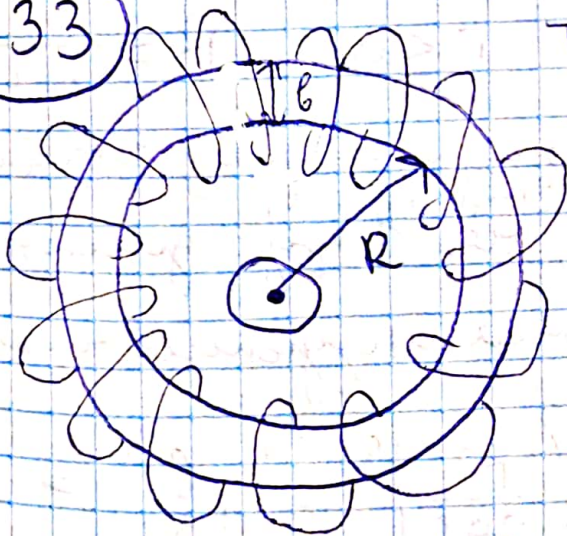
Максимальное поле внутри конденсатора

$$B_{12} = \frac{4\pi}{c} n (J_2 - J_1)$$

$$P = P_2 - P_{12} = \frac{B_2^2}{8\pi} - \frac{B_{12}^2}{8\pi} = \frac{2\pi n^2}{c^2} (2J_1 J_2 - J_1^2)$$

$$\text{Ответ: } \frac{2\pi n^2}{c^2} (2J_1 J_2 - J_1^2)$$

5.33



\square - ток через провод

Расстояние между (1-20
внутренними и внешними
токами от провода

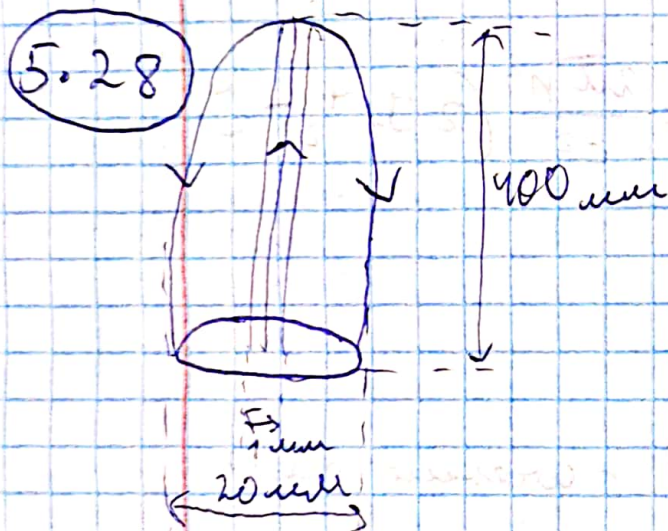
Поток через нее $\Psi = \frac{2J}{cr} a \cdot dr$

Поток через все мелкие промежутки $= \frac{2JNa}{cr} dr$

$$\Rightarrow \text{поток через трубу} = \int_R^{R+b} \frac{2\gamma}{cr} N a dr = \frac{2\gamma a W}{c} \ln\left(1 + \frac{b}{R}\right)$$

$$\Rightarrow \text{коэфф. сцепл. взаимодружия} M = 2a N \ln\left(1 + \frac{b}{R}\right)$$

Ответ: $2a N \ln\left(1 + \frac{b}{R}\right)$



b - радиус трубки
 a - радиус проволоки
 Минимальное поле внутри
 трубки на расстоянии r
 от центра проволоки ($r > a$)

$$B = \frac{2\gamma}{cr}$$

для $r \leq a$ $B = \frac{2\gamma r}{ca^2}$

(токи по трубки текут в одну сторону, поэтому создаваемые ими поля компенсируются друг другом)
 В соответствии с рис. 5.29, на 1-ую группу
 проволоки и трубки присоединяется индуктивный контур

$$L_{\text{ог}} = 2 \left(\int_0^a \frac{r dr}{a^2} + \int_a^b \frac{dr}{r} \right) = 2 \left(\frac{r^2}{2a^2} \Big|_0^a + \ln \frac{b}{a} \right) =$$

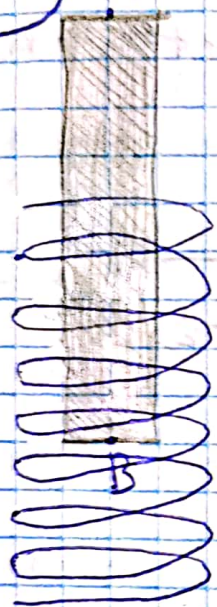
$$= 1 + 2 \ln \frac{b}{a}$$

ℓ - длина провода. Индуктивность =

$$L = \ell \left(1 + 2 \ln \frac{\ell}{a} \right) \approx 280 \text{ мкГн}$$

Ответ: 280 мкГн

7.58



$$B_A = 0$$

$$B_B = B$$

На торце стержня внутри соленоида давление магнитного поля является как-то образом

магнитного поля является как-то образом

$$p_{\text{вн}} = \frac{B^2}{8\pi\mu}$$

внутри стержня

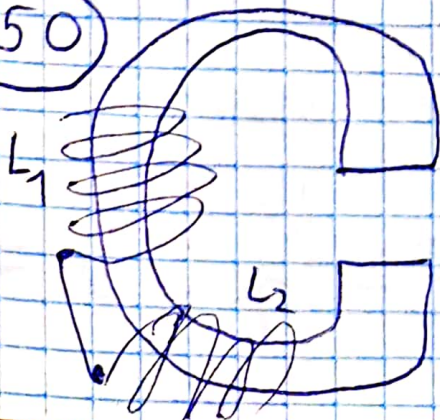
$$p_{\text{сн}} = \frac{B^2}{8\pi}$$

снаружи

$$\Rightarrow \text{сила} F = S(p_{\text{сн}} - p_{\text{вн}}) = S B^2 \frac{\mu - 1}{8\pi\mu}$$

Ответ: $S B^2 \frac{\mu - 1}{8\pi\mu}$

6.50



Ток через катушки

$$L_1 = 0,152 \text{ Гн}$$

$$L_2 = 0,385 \text{ Гн}$$

$$L = 0,945 \text{ Гн}$$

Поток через первую катушку

$$\Phi_1 = \frac{1}{2} (L_1 I + M I)$$

M - коэф. взаимной индукции катушек

аналогично $\Phi_2 = \frac{1}{c} (L_2 \mathcal{I} + M \mathcal{I})$

одуний ток $\Phi = \frac{1}{c} L \mathcal{I} = \frac{1}{c} (L_1 + 2M + L_2) \mathcal{I}$

\Rightarrow результирующая индуктивность $L = L_1 + L_2 + 2M$

n_i - число витков i -й катушки, $n_1 + n_2 = n$

$L_1 \sim n_1^2, L_2 \sim n_2^2, L \sim n^2$

$n^2 = n_1^2 + 2n_1 n_2 + n_2^2$

$L = L_1 + 2M + L_2$

$\Rightarrow M = \sqrt{L_1 L_2}$

L_0, M_0 - теоретические значения результирующей индуктивности и коэф. взаимной индукции катушек; L, M - реальные

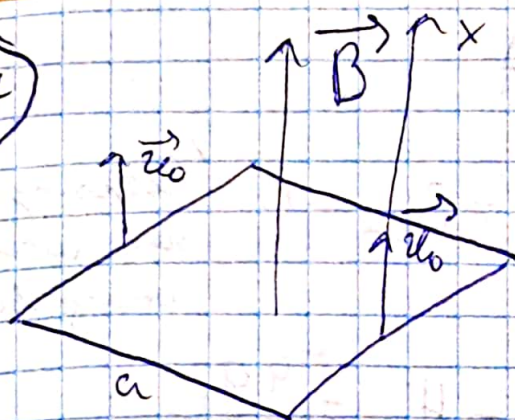
$M_0 = \sqrt{L_1 L_2} = 0,242 \Gamma\text{H}$

$L_0 = L_1 + L_2 + 2M_0 = 1,021 \Gamma\text{H}$

$M = \frac{1}{2} (L - L_1 - L_2) = 0,204 \Gamma\text{H}$

$\frac{\Delta \Phi}{\Phi_0} = \frac{M_0 - M}{M_0} = 16\%$

8.47



$$\frac{dB}{dx} = k$$

Поток через рамку меняется \Rightarrow возникает ЭД С
индукции, по рамке течет ток

$$\mathcal{E} = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{a^2}{c} \frac{dB}{dt} = -\frac{a^2}{c} \frac{dB}{dx} v = -\frac{a^2}{c} k v$$

Из-за потер кинетической энергии происходит выделение
теплоты

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v^2}{2} = \int_0^t \frac{\mathcal{E}^2}{R} dt$$

\Downarrow дифференцируем по времени

$$-m v \frac{dv}{dt} = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{a^4 k^2 v^2}{c^2 R}$$

$$\frac{dv}{v} = -a^4 k^2 \frac{dt}{c^2 R m}$$

$$v = v_0 \exp\left(-\frac{a^4 k^2 t}{c^2 R m}\right)$$