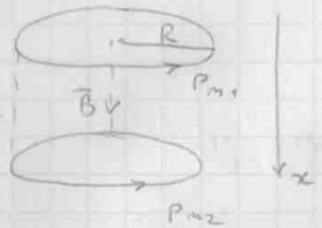
3.279



$$F_x = -p_{m_1}\frac{\partial B}{\partial x}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{p_{m2}}{(R^2+l^2)^{3/2}} + B'\ (3.$$

$B' = 0$ у центрі тільки

Оскільки $R \ll l$, то

$$B \approx \frac{\mu_0 p_{m2}}{2\pi l^3}$$

$$\frac{\partial B}{\partial l} = -\frac{3\mu_0 p_{m2}}{2\pi l^4}$$

$$F_x = \frac{3 p_{m1} p_{m2}\mu_0}{2\pi l^4}$$

3.280

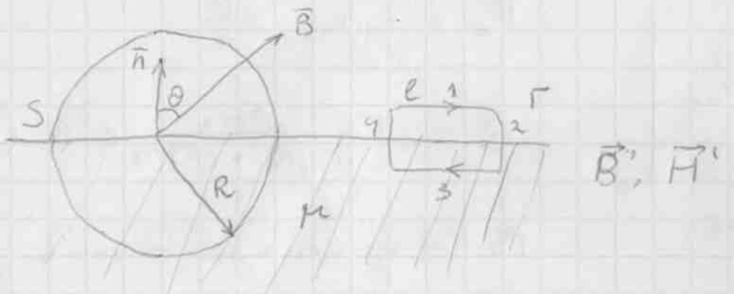
$$B_x = \frac{\mu_0 J'}{2\pi}\int\frac{\cancel{p_{m2}}\, R\,dl}{(R^2+x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 J' R^2}{2(x^2+R^2)^{3/2}}$$

Оскільки $x \gg R$, то

$$B_x \approx \frac{\mu_0 J' R^2}{2x^3}$$

$$J' \approx \frac{2B_x x^3}{\mu_0 R^2}$$

3.282



a) $\Phi = \oint_S \bar H \, d\bar S = \oint_S \left(\frac{\bar B}{\mu_0} - \bar J \right) d\bar S = -\oint_S \bar J \, d\bar S$,

оскільки $\oint_S \bar B \, d\bar S = 0$

В-р $\vec J$ відмінний від нуля тільки в нижній половині сфери.

$B'_n = B\cos\theta$, $H'_n = \frac{B}{\mu\mu_0}\cos\theta$

$H'_\tau = \frac{1}{\mu_0} B \sin\theta$, $B'_\tau = \mu B \sin\theta$

$\vec J = \frac{\bar B}{\mu_0} - \vec H$, $J_n = \frac{B\cos\theta}{\mu_0}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$, $J_\tau = \frac{\mu - 1}{\mu_0} B \sin\theta$

Тільки J_n вносить свій вклад в поверхневий інтеграл

$$\oint_S \bar J \, d\bar S = -\oint_{низ} \vec J \, d\bar S = \oint_{низ} J_n \, dS = \oint \int_0^R \frac{B\cos\theta}{\mu_0}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) 4\pi r \, dr =$$

$$= \frac{\pi R^2 B \cos\theta}{\mu_0}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$$

б) $\oint\limits_{\Gamma} \vec{B}\, d\vec{r} = (B_\tau - B_\tau')\, l$,

~~оскільки~~ $\cancel{B_\tau = B_\tau'}$ $\quad \dfrac{B_\tau}{B_\tau'} = \dfrac{\mu_1}{\mu_2} = \dfrac{1}{\mu}$

$B_\tau = B \sin\theta$,

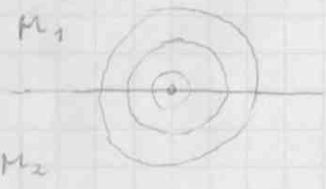
$B_\tau' = B_\tau \mu = \mu B \sin\theta$

$\oint\limits_{\Gamma} \vec{B}\, d\vec{r} = (1-\mu)\, l B \sin\theta$

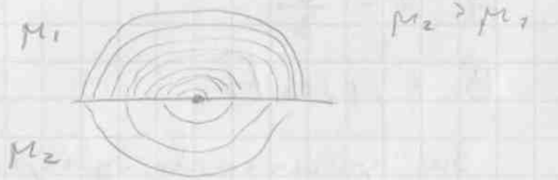
$\Big(\oint\limits_{\Gamma} \vec{B}\, d\vec{r} = \oint\limits_{1} \vec{B} d\vec{r} + \oint\limits_{2} + \oint\limits_{3} + \oint\limits_{4}$

оскільки $\oint\limits_{2} = -\oint\limits_{4}$, то вони зникають$\Big)$

3.286



Поле $\vec{B}$



Поле $\vec{H}$

По теоремі про цирк. в-ра $\vec{H}$

$\oint\limits_{L} \vec{H}\, d\vec{l} = \Sigma I_i$

$H_1 \pi r + H_2 \pi r = I$

На границі розділу $B_{1n} = B_{2n}$, або

$$\mu_1 H_1 = \mu_2 H_2$$

$$H_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} H_1$$

$$\pi r \left(H_1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} H_1\right) = I$$

$$H_1 = \frac{I}{\pi r\left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2}\right)} = \frac{I\mu_2}{\pi r(\mu_1 + \mu_2)}$$

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}, \quad B = B_1 = B_2.$$

$$B(r) = \mu_1\mu_0 H_1 = \frac{I\mu_0\mu_1\mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)\pi r}$$

3.288

$$\vec{H}' = -\frac{\vec{J}}{3}$$

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$$

За принципом суперпозиції

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

$$B = B_0 + B'$$

$$B' = H'\mu\mu_0 = -\frac{J\mu\mu_0}{3}$$

$$J = (\mu - 1)H = \frac{(\mu - 1)B}{\mu\mu_0}$$

$$B = B_0 - \frac{\mu - 1}{3}B \Rightarrow B = \frac{3B_0\mu}{2 + \mu}$$

або

3.288

$$\vec{H}' = -\frac{\vec{J}}{3}$$

Оскільки $\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{J} = \vec{H}$, то

$$\vec{B}' = (\vec{H}_{вн} + \vec{J})\mu_0 = \frac{2}{3}\mu_0 \vec{J}$$

По принципу суперпозиції

$$\vec{B}_{вн} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

$$\vec{B}_{вн} = \vec{B}_0 + \frac{2}{3}\mu_0 \vec{J}, \quad \vec{H}_{вн} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0} - \frac{\vec{J}}{3}$$

$$\vec{B}_{вн} + 2\mu_0 \vec{H}_{вн} = 3\vec{B}_0$$

Також,

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$$

Тому,

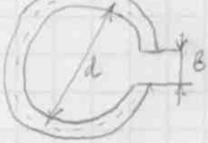
$$\cancel{H = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0} =}$$

$$\mu\mu_0 \vec{H}_{вн} + 2\mu_0 \vec{H}_{вн} = 3\vec{B}_0$$

$$\vec{H}_{вн} = \frac{3\vec{B}_0}{\mu_0(\mu + 2)}$$

$$\vec{B}_{вн} = \frac{3\mu\vec{B}_0}{\mu + 2}$$

3.290



За теоремою про циркуляцію в-ра $\vec{H}$

$$\oint_L \vec{H}\, d\vec{l} = \Sigma I_i$$

$$\Sigma I_i = 0$$

$$H(\pi d - b) + H_0 b = 0,$$

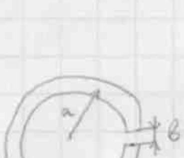
де H і H_0 — модулі в-ра $\vec{H}$ у магнетику і в прорізі

$$H_0 = \frac{B}{\mu\mu_0} = \frac{B}{\mu_0}, \text{ оск. } \mu = 1$$

$B = B_0$ — відсутність розсіювання

Отже, $H \approx -\dfrac{Bb}{\pi d \mu_0}$

3.291



$$\oint_L \vec{H}\, d\vec{l} = \Sigma I_i$$

$$\Sigma I_i = 0$$

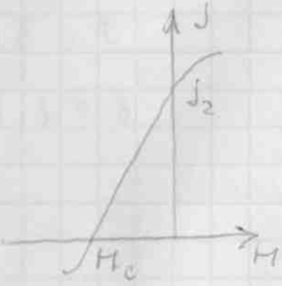
$$H(2\pi a - b) + H_0 b = 0,$$

де H — у магнетику, H_0 — у зазорі

Відсутність розсіювання поля на краях зазору означає, що $B = B_0$

$$H(2\pi a - b) + \frac{B_0}{\mu_0} b = 0$$

$$B_0 = -\frac{2\pi a - b}{b}\mu_0 H \qquad (1)$$



$$J(H) = \frac{J_2}{H_c} H + J_2$$

$$B = (J + H)\mu_0 = \left(\frac{J_2}{H_c} H + J_2 + H\right)\mu_0$$

Оскільки $B = B_0$, то

$$-\frac{2\pi a - b}{b}\mu_0 H = \left(\frac{J_2}{H_c} H + J_2 + H\right)\mu_0$$

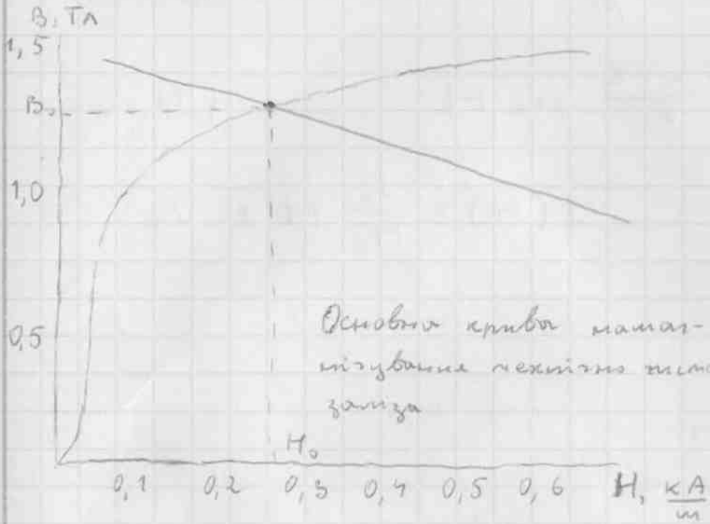
$$H = -\frac{J_2}{\frac{2\pi a - b}{b} + \frac{J_2}{H_c} + 1} \qquad (2)$$

Підставляємо (2) в (1) і отримаємо індукцію магн. поля в зазорі:

$$B_0 = \frac{2\pi a - b}{b}\mu_0 \frac{J_2}{\frac{2\pi a - b}{b} + \frac{J_2}{H_c} + 1} =$$

$$= \frac{\mu_0 J_2}{1 + \underset{\to 2\pi a H_c}{\frac{J_2 b}{(2\pi a - b)H_c}} + \underset{\to 0}{\frac{b}{2\pi a - b}}} \approx \frac{\mu_0 J_2}{1 + \frac{J_2 b}{2\pi a H_c}}$$

5.294



$d = 0,5$ м

$N = 800$

$I = 3$ A

$b = 2 \cdot 10^{-3}$ м

Потік не розсіюється, а значить магн. індукція в зазорі дорівнює індукції в осердечнику. За т. про циркуляцію

$$\frac{B}{\mu_0} b + H(\pi d - b) = NI$$

$$B(H) \approx \frac{\mu_0 N I}{b} - H \frac{\pi d \mu_0}{b}$$

$$B(H) = 1,51 - 0,986 H \quad (кА/м) \qquad (*)$$

Точка перетину даної кривої і знайденого р-ня (*) і дасть шукані величини:

$B_0 = 1.25$ Тл, $H_0 = 260 \frac{A}{м}$

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 H} = 3,826 \cdot 10^3$$

3.296

$$B = B_0 e^{-ax^2}$$

1) Нехай $\bar{B}$ направлений вверх.

Вісь x також вверх.

$$F_x = p_m \frac{\partial B}{\partial x}$$

$$p_m = JV = \chi HV$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -2aB_0 x e^{-ax^2}$$

$$F_x = -2aB_0^2 \chi V \frac{x e^{-2ax^2}}{\mu\mu_0} \qquad (1)$$

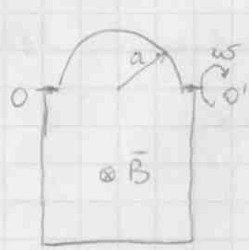
$$\frac{\partial F_x}{\partial x} = \frac{2aB_0^2\chi V}{\mu\mu_0}\left(-e^{-2ax^2} + 4ax^2 e^{-2ax^2}\right) = 0$$

$$-1 + 4ax^2 = 0 \Rightarrow x_m = \frac{1}{\sqrt{4a}} \qquad (2)$$

2) (2) в (1) $\Rightarrow$

$$\chi = \frac{\mu_0 F_m}{B_0^2 V}\sqrt{\frac{e}{a}}.$$

3.299



$$\varepsilon_i = \frac{d\Phi}{dt}$$

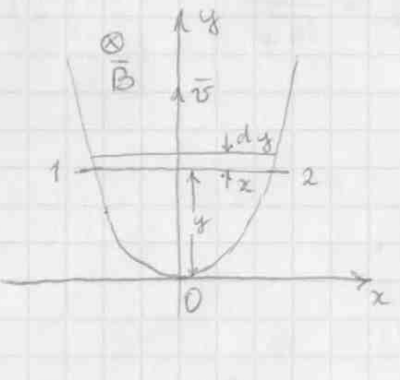
При обертанні магнітний потік Φ, що пронизує рамку в момент часу t, змінюється за законом $\Phi = B\,S\cos\omega t = \frac{\pi a^2}{2} B\cos\omega t$

Тому

$$\varepsilon_i = \frac{\pi a^2}{2} B\,\omega \sin\omega t.$$

3.300

a)



$\cancel{y = x^2}$

$y = kx^2$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$d\Phi = B\,dS$, де $dS = 2x\,dy$

$x = \sqrt{\frac{y}{k}}$, $dS = 2\sqrt{\frac{y}{k}}\,dy$