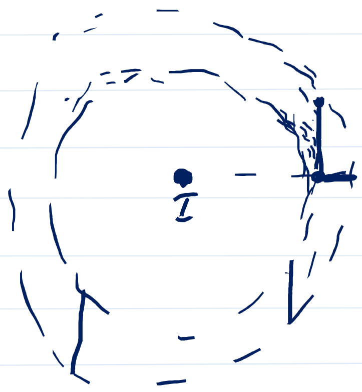
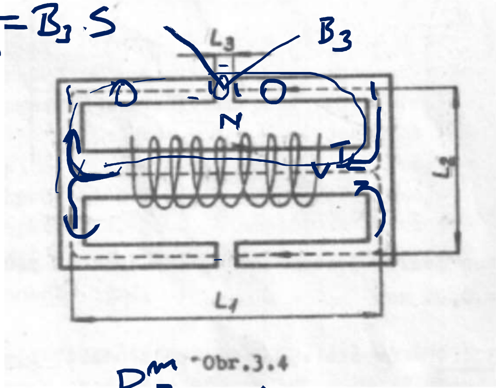
Ú 3.15: Vypočtěte magnetický tok Φ plochou čtverce o straně $a = 3$ cm umístěného vedle nekonečně dlouhého přímého drátu, jímž protéká proud $I = 15$ A. Jedna strana čtverce je rovnoběžná s drátem ve vzdálenosti 4 cm, protilehlá strana je od drátu vzdálena 5 cm.

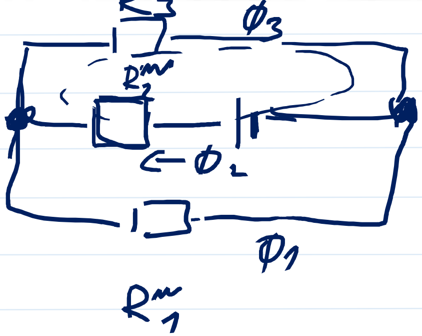


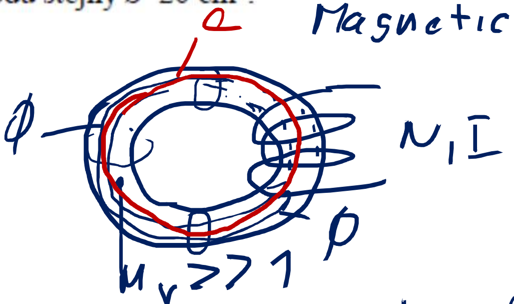
(A) 3.2.5. Kolik ampérzávitů musí mít elektromagnet (obr.3.4), aby v mezerách bylo pole B_3=0,65 T. Délky jednotlivých částí magnetického obvodu: L_1=100 cm, L_2=80 cm, L_3=4 mm. Průřez magnetického toku je ve všech částech obvodu stejný S=20 cm^2.

$\Phi_3 = B_3 S$

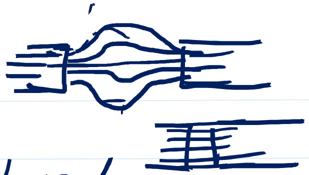


Obr.3.4





Magnetický obvody



$\Phi = konst.$

$\oint \vec{H} d\vec{l} = NI$

$\oint \mu H \frac{dl}{\mu S} S = NI$

$\oint_l \Phi \frac{dl}{\mu S} = NI$

$\Phi \underbrace{\int_l \frac{dl}{\mu S}}_{R_m} = NI \quad \varepsilon_m$

$R_m = \frac{L}{\mu S}$

$\underbrace{\Phi R_m}_{U_m} = \varepsilon_m$

$\sum_{i=1}^{N} U_m^i = \varepsilon_m = NI$

$\Phi_2 = \Phi_3 + \Phi_1 = 2\Phi_3$

$\Phi_3 = \Phi_1$

$R_2^m = \frac{L_1}{\mu S}$

$R_3^m = \frac{L_1 - L_3}{\mu S} + \frac{L_3}{\mu_0 S}$

$\Phi_2 \cdot R_2^m + \Phi_3 \cdot R_3^m = NI$

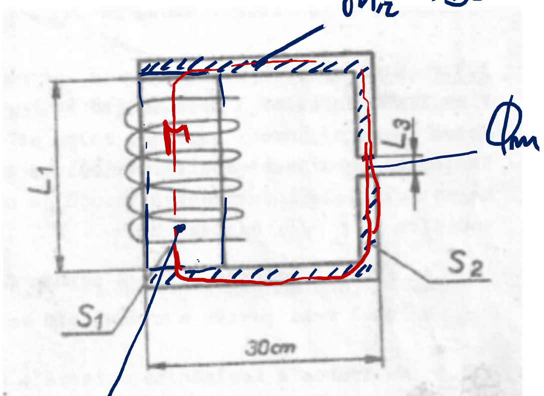
$2\Phi_3 \cdot R_2^m + \Phi_3 R_3^m = NI \qquad \Phi_3 = B_3 S$

$NI = B_3 S (2R_2^m + R_3^m)$

(A) 3.2.6. Soustava pozůstává z válečku – permanentního magnetu (S_1=100 cm^2, L_1=20 cm) a dvou pólových nástavců zhotovených z magneticky měkkého železa (S_2=20 cm^2). Vzduchová mezera má délku L_3=1 cm (obr.3.5). Proudem ve vinutí se váleček zmagnetoval do bodu P_0 (obr.3.6). Určete intenzitu magnetického pole v mezeře po vypnutí proudu. Permeabilitu pólových nástavců považujte za nekonečnou, rozptyl magnetického toku v mezeře zanedbejte.

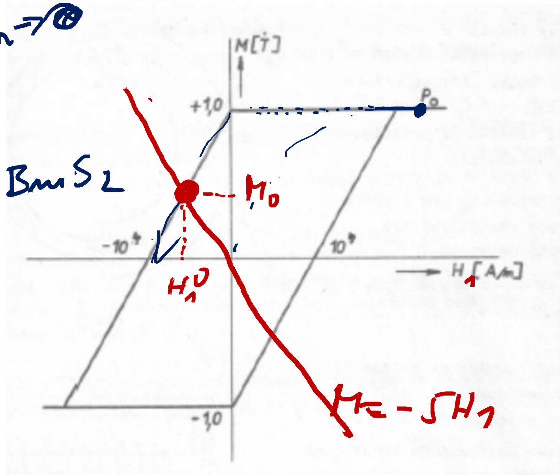
$\mu_2 \to \infty - R_m \to 0$

$\Phi_m = B_m S_2$



Obr.3.5

$\Phi_1 = B_1 S_1$



Obr.3.6

$$R_m = \frac{L}{\mu S}$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{5}$$

$$\cancel{\frac{B_1}{B_m} = 5}$$

$$B_1 = \mu_0 (H_1 + M)$$

$$B_m = \mu_0 H_m$$

$$\Phi_1 = \Phi_m \Rightarrow \frac{B_1}{B_m} = \frac{1}{5} \quad B_1 = \frac{1}{5} B_m$$

Z.A.Z $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I = 0$

$$H_1 L_1 + H_m L_3 = 0$$

$$H_1 = -H_m \frac{L_3}{L_1} \quad \Big\| \quad (\mu_0 H_1 + \mu_0 M) = \frac{1}{5} \mu_0 H_m$$

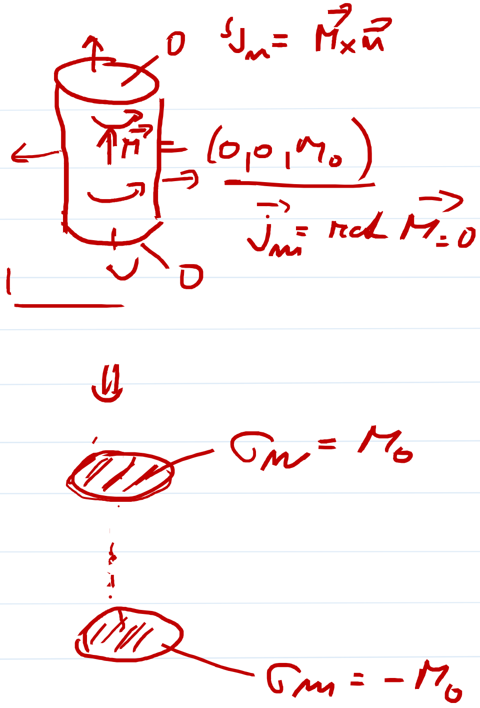
$$(\mu_0 H_1 + \mu_0 M) = \frac{1}{5} \mu_0 \left(-H_1 \frac{L_1}{L_3}\right)$$

$$\mu_0 H_1 + \frac{1}{5} \frac{L_1}{L_3} \mu_0 H_1 + \mu_0 M = 0$$

$$M = -\underbrace{\left(1 + \frac{L_1}{5 L_3}\right)}_{=5} \cdot H_1 = -5 H_1$$

Z.A.Z $\Rightarrow$ $\boxed{M = -5H_1}$

(A) 3.2.7. Nalezněte ***B***, ***H*** uvnitř homogenně zmagnetovaného disku, je-li vektor ***M*** kolmý k rovině disku (zanedbejte efekty na okrajích). DÚ



Magnetostatika

z A.2. $\Rightarrow \oint_l \vec H \, d\vec l = 0$

$\Rightarrow \vec H = -\nabla \varphi_m$

podobnost el. a mag. polí

$\Rightarrow \sigma_m(\vec r) = M(\vec r)\cdot \vec n$. $\varrho_m = 0$

$\varrho_m(\vec r) = -\operatorname{div} \vec M$

$$\vec H = \frac{1}{4\pi}\int_S \frac{\sigma_m}{R}\, d\vec S + \int_V \frac{\varrho_m}{R}\, dV$$

určete pole na ose disku H a $B = \mu_0(H+M)$

(A) 3.3.3. Na trubce z izolačního materiálu o poloměru D je navinuta cívka o N závitech. Tato cívka, která spolu s odporem R k ní připojeným tvoří uzavřený obvod, je umístěna v homogenním magnetickém poli indukce B. Osa cívky je rovnoběžná s vektorem magnetické indukce. Spočítejte

(a) proudový impuls (náboj) $\int\limits_0^\infty i(t)dt$,

(b) napěťový impuls $\int\limits_0^\infty u(t)dt$,

který proteče obvodem při otočení cívky o 180° kolem osy kolmé k vektoru magnetické indukce.

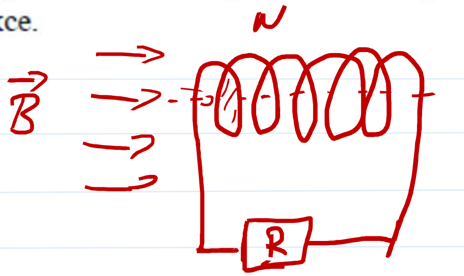
$2\pi f = \omega$

$\frac{2\pi}{T} = \omega$

$\omega t = \pi$

$t = \frac{\pi}{\omega}$

R – odpor cívky + zbytek obvodu



ω 0 → 180°

impuls $Q = \int\limits_0^\infty i\,dt = \int\limits_0^\infty N \frac{d}{dt}\left(B\pi D^2 \cos\omega t\right) dt$

$\mathcal{E}_m = -N\frac{d\phi}{dt}$ — $\phi(t) = \Phi_0 \cdot \cos\varphi(t) = B\pi D^2 \cdot \cos\omega t$

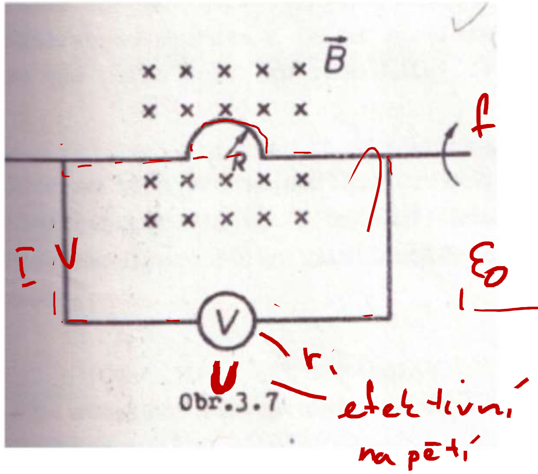
$i(t) = \frac{|\mathcal{E}_m(t)|}{R}$

$= NB\pi D^2 \int\limits_0^\infty (-\omega)\sin\omega t\; dt = -\omega NB\pi D^2 \int\limits_0^{\frac{\pi}{\omega}} \sin(\omega t)\, dt =$

$= -\omega\pi NBD^2\left[-\frac{\cos\omega t}{\omega}\right]_0^{\pi/\omega} = \cancel{\omega}\pi NBD^2\left[-2\right]$

$|Q| = 2\pi N \underbrace{BD^2}_{\Phi_0}$

(A) 3.3.5. Pevný drát ve tvaru půlkruhu o poloměru R se otáčí s frekvencí f v homogenním magnetickém poli podle obr.3.7. Jaká je indukce pole, jestliže voltmetr s vnitřním odporem r_i (zbytek obvodu má zanedbatelný odpor) ukazuje napětí U. Jaká je amplituda indukovaného proudu? Pole vytvořené proudem je zanedbatelné.



Obr.3.7

$$\frac{d\phi}{dt}$$

$$\Phi(t) = \underbrace{\Phi_{\square}}_{=\text{konst}} + \underbrace{\Phi_{\circ}} = \Phi_{\square} + \Phi_0 \cos\omega t, \qquad \Phi_0 = \frac{\pi R^2}{2} B$$

$$= \Phi_{\square} + \frac{\pi R^2 B}{2} \cos\omega t$$

$$\varepsilon_m = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\varepsilon_0 \to \sqrt{2}\,U$$

$$\varepsilon_m(t) = -\frac{\pi R^2 B}{2}(-\sin\omega t)\cdot\omega =$$

$$= \underbrace{\frac{\omega \pi R^2 B}{2}}_{\varepsilon_0 = \sqrt{2}U} \sin\omega t$$

$$i(t) = \frac{\varepsilon(t)}{r_i}$$

$$B = \frac{\sqrt{2}\,U \cdot 2}{\underbrace{\omega}_{2\pi f} \pi R^2}$$