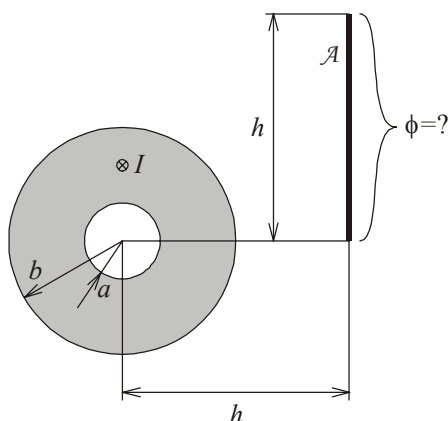
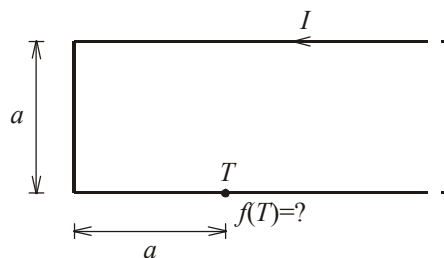


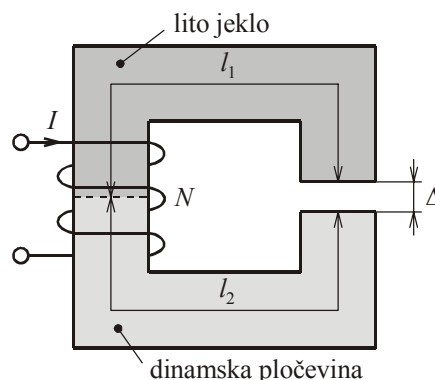
OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)
prvi kolokvij, 15. april 2004

1. Skozi tanko in dolgo pravokotno lomljeno žico teče tok $I = 20$ A. Določite velikost magnetne sile na enoto dolžine žice v točki T ! ($a = 5$ cm)

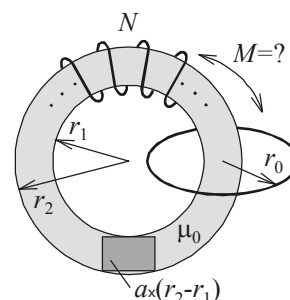


2. Skozi raven dolg bakren vodnik cevastega preseka ($a = 1$ cm, $b = 2$ cm) teče tok $I = 100$ A. Določite magnetni pretok skozi pravokotno ploskev \mathcal{A} , ki je vzporedna z vodnikom in ima višino $h = 5$ cm ter dolžino $l = 150$ m!

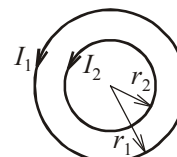
3. Kombinirano jedro iz litega jekla in dinamske pločevine ima zračno režo širine $\Delta = 1$ mm. Srednja dolžina magnetne poti v litem jeklu je enaka kot v dinamski pločevini: $l_1 = l_2 = 5$ cm. Na jedru je navitje z $N = 1000$ ovoji. S kolikšnim tokom I moramo magnetiti jedro, da bo gostota magnetnega pretoka v zračni reži enaka $B_0 = 1,3$ T? Stresanje polja v reži zanemarimo. (Magnetilna krivulja je na hrbtni strani lista.)



4. Gosto, enakomerno navito toroidno navitje pravokotnega preseka z $N = 1000$ ovoji ima notranji polmer $r_1 = 10$ mm, zunanji $r_2 = 16$ mm in širino $a = 10$ mm. Jedro navitja je paramagnetno ($\mu_r = 1$). Krožni prstan polmera $r_0 = 10$ mm objema toroidno navitje. Določite medsebojno induktivnost M med prstanom in navitjem!



5. Dve koncentrični krožni tokovni zanki polmerov r_1 in r_2 vodita toka $I_1 = 2$ A in $I_2 = -1$ A. Lastni induktivnosti zank sta $L_1 = 3\mu\text{H}$ in $L_2 = 2\mu\text{H}$, medsebojna pa $M = 1\mu\text{H}$. Določite magnetno energijo, akumulirano v magnetnem polju obeh zank!



$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

Rešitve so objavljene na: <http://torina.fe.uni-lj.si/oe>

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)

prvi kolokvij, 15. april 2004

Rešitve

1. Žica je sestavljena iz treh segmentov: dveh horizontalnih tokovnih polpremic in ene vertikalne tokovne daljice. Magnetno polje v točki T na spodnji polpremi določimo s superpozicijo prispevkov zgornje polpreme ter daljice:

$$B(T) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(\cos 0 - \cos \frac{3\pi}{4} \right) + \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(\cos \frac{\pi}{4} - \cos \frac{\pi}{2} \right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (1 + \sqrt{2}).$$

Magnetna sila na enoto dolžine je v tej točki:

$$f(T) = IB(T) = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a} (1 + \sqrt{2}) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20^2}{4\pi \cdot 0,05} \cdot (1 + \sqrt{2}) \text{ N/m} \approx \boxed{1,93 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}}.$$

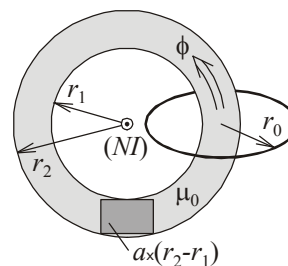
2. Raven vodnik cevastega preseka v svoji zunanosti povzroča enako magnetno polje, kot bi ga povzročala tokovna premica, ki bi sovpadala z osjo vodnika. Magnetni pretok skozi pravokotno ploskev \mathcal{A} je torej enak, kot če bi namesto vodnika v njegovi osi bila tokovna premica:

$$\phi = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{\sqrt{2}h}{h} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100 \cdot 150}{2\pi} \cdot \ln \sqrt{2} \text{ Wb} \approx \boxed{1,04 \text{ mWb}}.$$

3. Zaradi enotnega preseka jedra in zanemaritve stresanja so gostote magnetnega pretoka v vseh treh delih jedra (reži, litem jeklu in dinamski pločevini) enake: $B_0 = B_1 = B_2$. Iz teh gostot določimo jakosti magnetnega polja (za feromagnetika uporabimo magnetilni krivulji): $H_0 = B_0/\mu_0 \approx 1,03 \cdot 10^6 \text{ A/m}$, $H_1 \approx 1600 \text{ A/m}$ in $H_2 \approx 700 \text{ A/m}$.

Tok I določimo iz Amperovega zakona: $NI = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} \approx H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_0 \Delta \Rightarrow$
 $I \approx \frac{H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_0 \Delta}{N} \approx \frac{1600 \cdot 0,05 + 700 \cdot 0,05 + 1,03 \cdot 10^6 \cdot 0,001}{1000} \text{ A} \approx \boxed{1,15 \text{ A}}.$

4. Predpostavimo, da skozi toroidno navitje teče tok I . Magnetno polje tega toka je zunaj navitja nič, znotraj navitja pa enako kot polje tokovne premice s tokom NI , ki bi sovpadala z osjo toroida. Magnetni pretok ϕ , ki ga tok v toroidnem navitju povzroča skozi prstan, je torej enak pretoku znotraj navitja, ta pa je enak, kot če bi namesto navitja v njegovi osi bila tokovna premica s tokom NI .



$$\phi = \frac{\mu_0 NI a}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}. \text{ Medsebojna induktivnost je razmerje}$$

med pretokom skozi prstan in tokom v navitju:

$$M = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 Na}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 0,01}{2\pi} \cdot \ln \frac{16}{10} \text{ H} \approx \boxed{0,94 \mu\text{H}}.$$

5. Energijo magnetnega polja dveh tokovnih zank določimo z uporabo izraza za magnetno energijo linearnih sistemov:

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 + M I_1 I_2 = \left(\frac{3 \cdot 2^2}{2} + \frac{2 \cdot (-1)^2}{2} + 1 \cdot 2 \cdot (-1) \right) \mu\text{J} = \boxed{5 \mu\text{J}}.$$