

Cvičení z Klasické elektrodynamiky – stacionární a pole

Ampérův zákon

- Nalezněte magnetické pole v koaxiálním vedení, kde ve vnitřním válcovém vodiči o poloměru a protéká rovnoměrně rozložená objemová proudová hustota odpovídající celkovému proudu I a na plášti válce s poloměrem $b > a$ teče rovnoměrně rozložený plošný proud $-I$.

Vektorový potenciál

- Nalezněte vektorový potenciál pro magnetické pole z minulé úlohy.
- Nalezněte vektorový potenciál pro homogenní magnetické pole a) $B = B_0 \vec{e}_z$, b) $B = B_0 \vec{n}$, kde \vec{n} je jednotkový směrový vektor. Spočítejte magnetický tok jako $\int B \cdot d\vec{S}$ a jako $\oint A \cdot d\vec{l}$.

Dipól

- Procvičte si manipulaci s ∇ spočítáním polí elektrického a magnetického dipólu z příslušných potenciálů.

Biot-Savart-Laplace

- Nalezněte \vec{B} kruhovč smyčky. Není čas dokončit integraci až do podoby eliptických integrálů, takže je dobré aspoň nalézt pole na ose, a pokud to čas dovolí pak i to, že v první aproximaci je daleko pole dipólové. Ukázat, že hodnota magnetického dipólového momentu vyjde jakou součin plochy a proudu.

Superpozice polí

- Magnetické pole placatého nekonečně dlouhého vodiče s homogenním proudem spočít jako superpozici polí přímkových vodičů. Nezapomenout na diskuzi nespojitosti magnetického pole v ploše vodiče.

Indukčnost

- Uvažujte (časem uvidíme, že kvůli skin efektu), že v koaxiálním vedení (poloměry a, b) teče na obou vodičích rovnoměrně rozložená plošná proudová hustota odpovídající celkovému proudu I a $-I$. Nalezněte indukčnost úseku takového vedení. Ověřte, že indukčnost spočtená z magnetického toku resp. z energie magnetického pole souhlasí.

Ampérův zákon pro vektorový potenciál

- Podle úlohy z Kvasnicovy učebnici (str. 362) nalezněte magnetické pole rotující nabitě koule. Diskutujte pro potenciál \vec{A} vlastnosti vnitřního a vnějšího řešení a také jejich navazování jak pro rovnoměrně nabitou kouli tak i sféru. Ukažte / zdůraňte, že $\Delta(f\vec{e}_\phi) \neq (\Delta f)\vec{e}_\phi$.

Magnetická pole v materiálu

- Nalezněte pole \vec{B} a \vec{H} jaká budí permanentní magnet ve tvaru koule vyrobený z dokonale magneticky tvrdého materiálu s konstantní magnetizací \vec{M} rovnoběžnou s osou z . Jde o stejné pole, jako výše, ale tentokrát jej hledejte jako navázání homogenního pole uvnitř a dipólového venku se zaměřením na podmínky na rozhraní. Ukažte, že všude na povrchu koule lze opravdu splnit podmínky $\text{Div } \vec{B} = 0$, $\text{Rot } \vec{H} = 0$. Ukažte, že tyto podmínky dají dipólový moment koule rovný součinu objemu koule a magnetizace a že uvnitř je $\vec{H} = -\vec{M}/3$ a $\vec{B} = +2\vec{M}/3$.

Magnetické síly

- Nalezněte sílu, jíž na sebe působí čtvercová smyčka o straně a a přímý nekonečně dlouhý vodič ležící v rovině syčky, protékají-li jimi proudy I a I' orientované dle obrázku.

1. Sílu spočítejte z Lorentzovy síly na nosiče náboje ve čtvercové smyčce.
2. Sílu určete na základě přiblížení $a \ll b$, kdy lze čtvercovou smyčku považovat za dipól.

Elektromagnetická indukce

- Spočítejte jak velký proud I' se indukuje uvnitř čtvercové smyčky, mění-li se proud je-li proud I v závislosti na čase. Předpokládejte, že odpor kruhové smyčky je zanedbatelný, tedy že relaxační doba je mnohem delší, než (například) period proudu I . Vlastní indukčnost čtvercové smyčky $L = f\mu_0 a$, kde f je faktor, řekněme 3, závislý na tloušťce drátu smyčky atp.

