

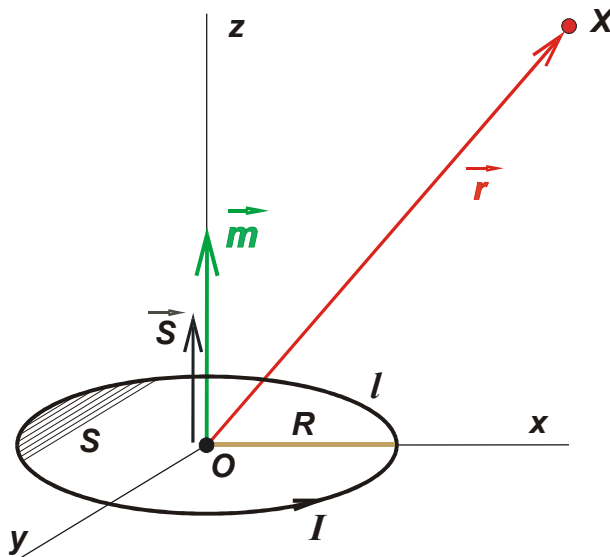
Magnetický dipól

Znalost vektorového potenciálu nám tedy přináší další metodu výpočtu magnetického pole a celkem tak máme už tři možnosti jeho stanovení pro zadané (stacionární) proudy – a to pomocí :

- Biotova Savartova zákona
- Ampérova zákona
- vektorového potenciálu

Vypočítejte sami na cvičení magnetická pole některých jednoduchých konfigurací proudů (přímý vodič, závit, cívka).

V následujících řádcích si ukážeme, jak lze pomocí vektorového potenciálu popsat magnetické pole jednoho (kruhového) závitu poloměru R protékaného stacionárním proudem I (tzv. „proudová smyčka“). Geometricky tvoří tento závit (obecně to nemusí být kružnice) **uzavřenou** křivku l , která tedy vždy obepíná nějakou **ohraňenou** plochu S . Pro jednodušší výpočet magnetického pole v místě X je na obrázku tato plocha položena do roviny xy .



Můžeme předeslat, že za níže uvedených rozměrových podmínek se pro tuto proudovou smyčku používá název magnetický dipól.

Stejně jako elektrický dipól má totiž i dipól magnetický obrovský praktický význam pro popis „vnitřku“ hmotných těles : základní částice struktury všech látek - **atom** – je vždy také magnetickým dipólem (protože každý elektron „obíhající“ jádro tvoří vlastně dokonalou proudovou smyčku – viz příští kapitola)

Uvážíme-li nepatrné rozměry těchto dipólů (jako atomy, řádu 10^{-10} m) a že jejich magnetické pole pak působí v celém objemu tělesa (i třeba „mikroskopického“, o rozměrech řádu mikrometrů, tj. 10^{-6} m), pak je nám jasné, že se účinky magnetického dipólu vyšetřují většinou jen ve vzdálenosti od dipólu, která je nesrovnatelně větší než rozměry dipólu, tj. předpokládáme :

$$R \rightarrow 0$$

$$r \gg R$$

Podle možnosti vypočítejte sami na cvičení , že magnetické pole v místě X lze za výše uvedených podmínek popsat vektorovým potenciálem

$$\vec{A} = \vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{\vec{m} \times \vec{r}}{r^3}$$

potenciál magnetického dipólu

kde se definuje :

$$\vec{m} = I \cdot \vec{S}$$

magnetický dipólový moment

Tato veličina velmi dobře popisuje „magnetické“ působení dipólu, neboť v daném místě \vec{r} je velikost potenciálu pole vždy úměrná velikosti dipólového momentu.:

$$A \approx m$$

Pozn.: Známe-li potenciál, lze pak snadno vypočítat také magnetickou indukci podle standardního vztahu :

$$\vec{B} = \text{rot } \vec{A}$$

Matematický tvar vektorového potenciálu byl prvním důvodem pro zavedení názvu *magnetický dipól* - je totiž „dosti podobný“ vztahu pro potenciál elektrického dipólu :

$$\varphi = \varphi(\vec{r}) = \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^3}$$

(Jde samozřejmě o zcela jiné matematické úkony, ale jestliže „pomineme“ , že na rozdíl od elektrického pole je potenciál magnetického pole vektor, pak se oba výrazy liší „jenom“ druhem součinu mezi dvěma vektory)

Matematické podobnosti obou dipólů tím ovšem nekončí. Jestliže magnetický dipól umístíme do vnějšího magnetického pole , pak lze ukázat, že na dipól bude působit síla podle vzorce :

$$\vec{F} = \vec{m} \cdot \text{grad } \vec{B}$$

síla působící na magnetický dipól (ve vnějším poli)

Tento vztah je ovšem už matematicky formálně shodný s rovnicí pro sílu na elektrický dipól (viz kapitola „Zobecnění Coulombova zákona“) :

$$\vec{F} = \vec{p} \cdot \text{grad } \vec{E}$$

A dále - na magnetický dipól působí ve vnějším poli také silový moment :

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

silový moment působící na magnetický dipól

Tento vztah je také matematicky shodný se vzorcem pro elektrický dipól :

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$$

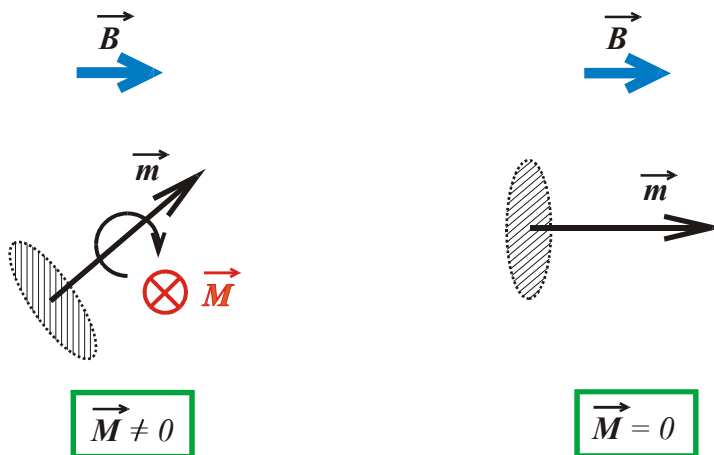
Pozn.: Oba dipóly mají také formálně shodné vztahy pro energii ve vnějším poli :

$$W_{mg} = - \vec{m} \cdot \vec{B}$$

$$W_{el} = - \vec{p} \cdot \vec{E}$$

Stejně jako u elektrického dipólu je také zde vidět, že i když síla na dipól může být někdy nulová - pro homogenní pole (tj. $\vec{B} = konst.$), které má nulový gradient, moment síly je ale vždy různý od nuly, pokud je i pole nenulové (a dipólový moment není náhodou rovnoběžný s vektorem indukce, pak je vektorový součin těchto vektorů nulový).

Tento silový moment se pak snaží uvést dipól (atom, molekula) do rotačního pohybu. Dipól je ovšem ve struktuře látky vázán určitými silami, které neumožní stálý rotační pohyb, ale pouze malé (jednorázové) pootočení dipólu (úměrné zřejmě momentu síly a tím i síle pole), maximálně do směru rovnoběžného s polem ($\vec{m} \parallel \vec{B}$), kdy silový moment zcela vymizí.



Existující dipóly v látce, kterou vložíme do vnějšího magnetického pole, se tedy všechny natáčejí do směru tohoto pole (jeho mg.indukce), a to tím více, čím je pole silnější (nastává „orientace dipólů“ – je to tzv. orientační magnetizace – viz následující kapitolu “Magnetické pole v látce”).