

Klasická elektrodynamika – domácí úloha č. 2

Silové působení permanentního magnetu

Permanentní magnety přitahují některé předměty. Zkoumejte teoreticky tento jev v případě, kdy permanentní magnet má tvar velmi nízkého válce a snaží se přitáhnout magneticky měkkou ocelovou kuličku. Magnet je vyroben z materiálu s konstantní magnetizací, osa válce a kuličky jsou společné a souhlasí se směrem tíhového pole i směrem magnetizace.

1) V limitě $\mu_r = \infty$ zkoumejte, jaký dipólový magnetický moment má ocelová kulička vložená do homogenního magnetického pole. Symetrie úlohy umožňuje nalézt přesné řešení, protože uvnitř kuličky je pole homogenní a vně je kombinace původního homogenního pole a pole dipólového.

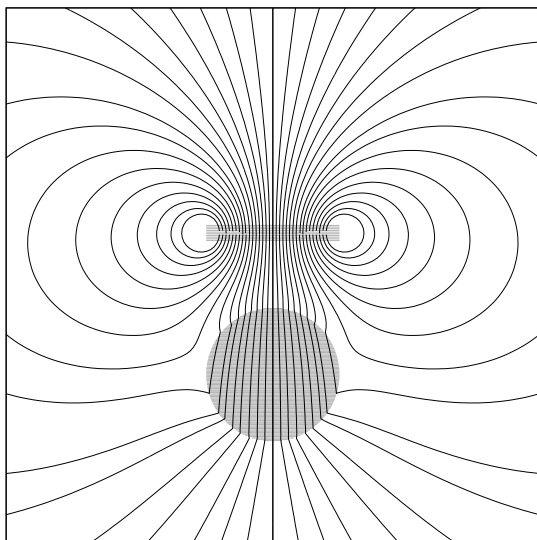
2) Zjistěte, jaké pole vytváří permanentní magnet v místě středu kuličky, pokud tam kulička není. Rada: Protože Ampérův zákon pro magnetické materiály říká, že $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \nabla \times \vec{M}$, a pro homogenně zmagnetizovaná tělesa je nenulová jen “plošná” rotace magnetizace na povrchu tohoto tělesa, lze pole permanentního magnetu přiblížit polem vhodné kruhové smyčky.

3) Za předpokladu, že kulička je dost malá, určete, jaký dipólový moment podle bodu 1) získá kulička vložením do pole permanentního magnetu dle konfigurace na Obr. 2.

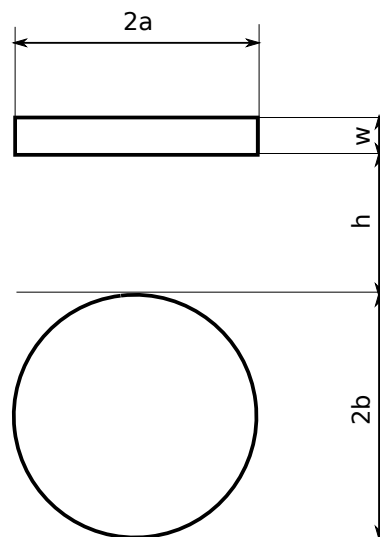
4) Spočítejte, jakou silou na takto zmagnetizovanou kuličku permanentní magnet působí.

5) Měřením pro $w = 2$ mm, $2a = 13$ mm, $2b = 13.7$ mm bylo zjištěno, že pro $h = 6.9$ mm je ocelová kulička přitahována stejnou silou, jaká je její tíha. Jaká hodnota magnetizace $B_r = \mu_0 M$ materiálu permanentního magnetu z tohoto měření vyplývá? Hustota oceli bývá $\rho = 7850$ kg m⁻³.

Vaše řešení odevzdejte cvičícímu nebo jej v emailu pošlete na adresu ledvinka@utf.mff.cuni.cz.



Obr. 1. Magnetické pole magnetu a ocelové kuličky.



Obr. 2. Rozměry a vzdálenosti.