الکترومغناطیس ۱

نیم‌سال اول ۱۴۰۲-۱۴۰۳

مدرس: دکتر شانت باغرام

دانشکده فیزیک

تمرین سری پنجم

نام و نام‌خانوادگی: شماره دانشجویی:

پرسش ۱

امتیازی

آزمایشی ارائه کنید که نشان دهد مغناطش آهنربای قطعه‌ای فلزی به دلیل حلقه‌های جریان (دوقطبی‌های آمپری) است و نه به دلیل تک‌قطبی‌های جدا از هم (دوقطبی‌های گیلبرت)!

پرسش ۲

در ناحیه‌ای از فضا ماده‌ای داریم که به طور دائمی مغناطیسی شده و پس میدانی در کل فضا ایجاد می‌کند. فرض کنید این ماده تنها بخشی محدود از فضا است و کل فضا را در بر نمی‌گیرد. پس واضح است که میدان در بی‌نهایت 0 است. نشان دهید:

$$\int_{\mathbb{R}^3} \vec{B}.\vec{H} d\tau = 0$$

توجه کنید که انتگرال روی کل فضا گرفته شده.

(راهنمایی: در مورد $\vec{\nabla} \times \vec{H}$ چه می‌توان گفت؟ سعی کنید با باز کردن میدان بر حسب پتانسیل برداری و استفاده از اتحادهای حساب برداری، به عبارتی برسید که بتوان روی آن قضیه دیورژانس را استفاده کرد.)

پرسش ۳

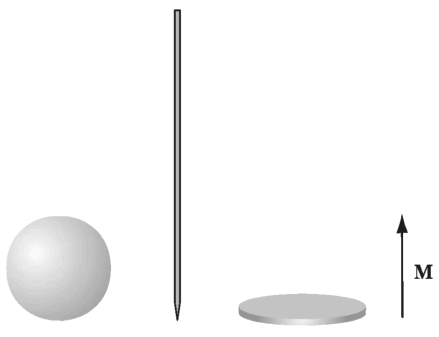
فرض کنید میدان داخل یک قطعه مغناطیسی بزرگ برابر $\vec{B}_0$ باشد به طوری که $\vec{H}_0 = (1/\mu_0)\vec{B}_0 - \vec{M}$

آ) اگر یک کاواک کروی کوچک از داخل استوانه خارج کنیم، میدان در مرکز این کاواک برحسب $\vec{B}_0$ و $\vec{M}$ چقدر می‌شود. همچنین $\vec{H}$ را در مرکز کاواک برحسب $\vec{H}_0$ و $\vec{M}$ پیدا کنید.

ب) همان مسئله را برای کاواکی سوزنی شکل و موازی با $\vec{M}$ حل کنید.

پ) مسئله را برای کاواکی به شکل یک قرص نازک و عمود بر $\vec{M}$ حل کنید.

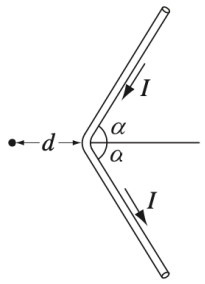
در هر سه مورد کاواک‌ها را به اندازه کافی کوچک بگیرید به طوری که $\vec{M}$ ، $\vec{B}$ و $\vec{H}_0$ الزاما ثابت بمانند.



(a) Sphere (b) Needle (c) Wafer

پرسش ۴

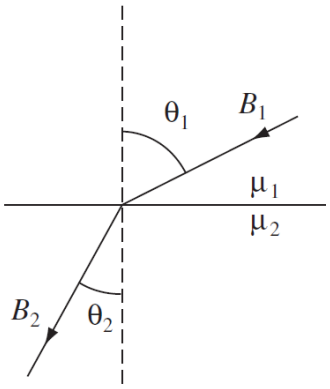
بیو و ساوار رابطه خود را توسط یک سیم حامل جریان که به صورت شکل زیر خم شده‌است بدست آوردند. $B(\vec{r})$ را در صفحه سیم در فاصله d از قسمت خم شده در راستای محور تقارن بدست آورید.



پرسش ۵

در مرز بین دو مادهٔ مغناطیسی خطی، همانطور که در شکل نشان داده شده خطوط میدان مغناطیسی «خمیده» و شکسته می‌شوند؛ درست مثل نور. با فرض اینکه هیچ جریان آزادی در مرز این دو ماده وجود ندارد، نشان دهید:

$$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$



پرسش ۶

امتیازی

با شروع از عبارت دیفرانسیلی

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} d\vec{l'} \times \frac{\vec{r} - \vec{r'}}{|\vec{r} - \vec{r'}|^3}$$

برای میدان مغناطیسی در نقطهٔ P با مختصات $\vec{r}$ تولید شده توسط جریان دیفرانسیلی $Id\vec{\lambda'}$ در $\vec{r'}$ ، نشان دهید برای یک حلقهٔ بسته جریان (نه لزوماً دایره‌ای) حامل جریان I میدان مغناطیسی در نقطهٔ P عبارت است از

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \vec{\nabla}\Omega$$

که در آن Ω زاویهٔ فضایی‌ای است که رأس آن نقطهٔ P است و حلقهٔ جریان را می‌پوشاند. قرارداد می‌کنیم که Ω منفی است اگر که با قاعده دست راست داده می‌شود و جهت بردار مساحت رویه محصور به حلقه جریان را می‌دهد، به سمت P اشاره کند و مثبت است اگر $\hat{n}$ به سمت ناحیه‌ای از فضا اشاره کند که P در آن قرار دارد. توجه کنید که Ω در پتانسیل اسکالر مغناطیسی به فرم $\Phi_M = -\frac{\mu_0 I \Omega}{4\pi}$ ظاهر می‌شود.