

آزمایش شماره ۱۲

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین

هدف

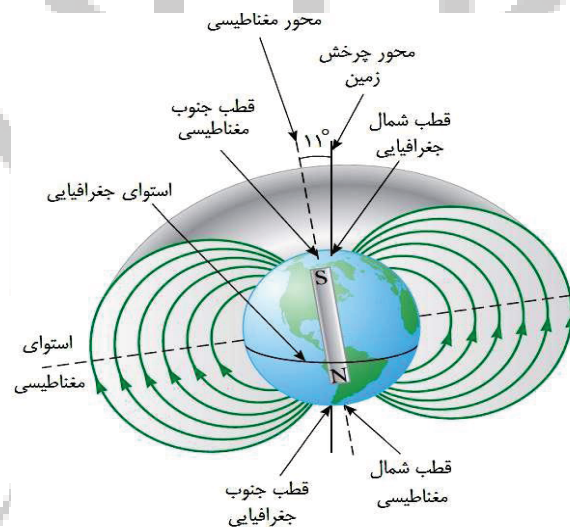
- اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین با استفاده از میدان حاصل از یک سیم‌پیچ دایره‌ای حامل جریان الکتریکی

وسایل مورد نیاز

دستگاه گالوانومتر تانژانت، منبع تغذیه DC، رئوستا، آمپر متر، قطب‌نما و سیم‌های رابط.

زمینه نظری آزمایش

پیشنهاد اینکه زمین آهنربای بزرگی است که قطب و استوای مغناطیسی دارد، نخستین بار از طرف سرویلیام گیلبرت عنوان شد. شکل ۱ طرح ایده آلی از خطوط B وابسته به میدان مغناطیسی زمین را نشان می‌دهد در تقریب اول، می‌توان این میدان را با فرض وجود یک آهنربای میله‌ای قوی در مرکز زمین نمایش داد. توجه کنید که محور مغناطیسی زمین و محور دوران آن بر هم منطبق نیستند و با هم زاویه‌ای در حدود ۱۵ درجه می‌سازند.



شکل (۱): نمایش محور دو قطبی مغناطیسی زمین با محور چرخشی.

قطب مغناطیسی در نیمکره شمالی در کانادای شمالگان قرار دارد. توجه کنید که آن نقطه قطب مغناطیسی جنوب است زیرا خطوط B در این نقطه همدیگر را قطع می‌کنند. قطب مغناطیسی شمال در نیمکره جنوبی در جنوبگان قرار دارد و خطوط B از آن خارج می‌شود. واضح است که هیچ آهنربای میله‌ای در مرکز زمین دفن نشده است. خاصیت مغناطیسی زمین باید به این واقعیت‌ها مربوط باشد که هسته مرکزی زمین به شعاع ۵۵٪ شعاع کل زمین از آهن مذاب با حرکت دورانی تشکیل شده است.

شدت میدان اصلی زمین در سطح آن در حدود ۰/۵ گاوس است. این مقدار در مقایسه با میدان‌های مغناطیسی ناشی از منابع مصنوعی در صنایع چندان بزرگ نیست. به هر حال برای برخی مقاصد (مثلاً ژئوفیزیکی) لازم است که مقدار آن را با دقتی در مکان خاصی بدانیم.

یکی از روش‌های اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین، اندازه‌گیری برآیند میدان زمین با میدان حاصل از یک سیم‌پیچ حامل جریان می‌باشد. هرگاه از حلقه دایره‌ای شکل شامل n دور سیم، شدت جریان I عبور کند، میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، مطابق رابطه (۱) به‌وجود خواهد آمد.

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R} \quad (1)$$

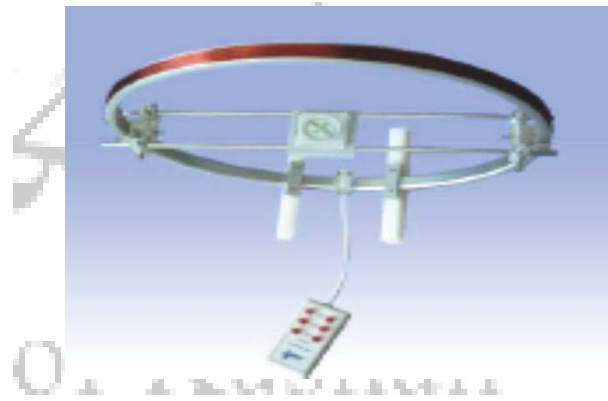
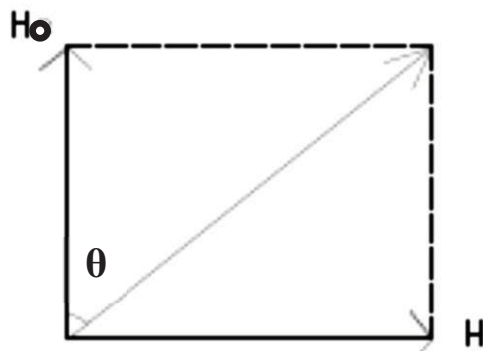
در سیستم M.K.S شعاع متوسط حلقه R بر حسب متر و $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ بر حسب وبر بر متر مربع به‌کار می‌رود. معمولاً شدت میدان مغناطیسی در سیستم C.G.S به‌صورت رابطه (۲) به‌کار می‌رود.

$$H = \frac{2\pi N I}{10R} \quad (2)$$

در این سیستم R بر حسب سانتی‌متر و H بر حسب گوس می‌باشد. جهت H نیز طبق قاعده دست راست تعیین می‌شود بدین ترتیب که اگر جریان در جهت چهار انگشت خم شده دست راست باشد، جهت میدان در امتداد انگشت باز شصت خواهد بود.

یکی از راه‌هایی که می‌توان اندازه و امتداد میدان یک حلقه را تعیین کرد، به‌کاربردن گالوانومتر تانژانت است. این وسیله حلقه دایره‌ای شکلی است که تعدادی سیم‌پیچ دایره‌ای با دورهای مختلف روی آن تعبیه شده است و در مرکز این حلقه که هنگام آزمایش سطح آن‌ها کاملاً به‌طور قائم قرار می‌گیرد یک میزچه همراه با عقربه مغناطیسی به‌طور افقی مطابق شکل ۲ قرار گرفته است.

از آنجا که میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه قابل تجزیه به دو مؤلفه افقی و قائم می‌باشد عقربه مغناطیسی تحت تأثیر میدان افقی قرار می‌گیرد. در مورد گالوانومتر تانژانت در صورتی که از سیم‌پیچ جریانی عبور کند عقربه مغناطیسی تحت تأثیر دو میدان قرار گرفته و بدیهی است که در امتداد برآیند آن دو میدان می‌ایستد.



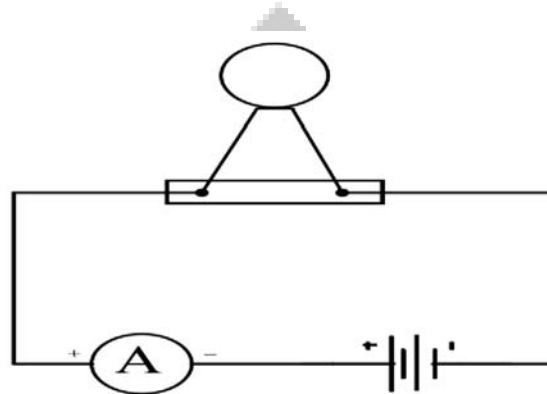
شکل (۲): دستگاه گالوانومتر تانژانت و نحوه عمود نمودن میدان مغناطیسی حلقه بر میدان زمین.

با اندازه‌گیری θ و معلوم بودن مقدار H می‌توان H_0 را با توجه به رابطه (۳) به‌دست آورد.

$$\tan \theta = \frac{H}{H_0} \quad (3)$$

نحوه انجام آزمایش

- (۱) ابتدا پایه‌های گالوانومتر را کاملاً افقی کنید و سپس قطب‌نما را در محل مربوطه (وسط حلقه) قرار دهید.
- (۲) قطب‌نما را آن قدر بچرخانید تا شاخص قطب‌نما روی صفر درجه بایستد. بدین ترتیب گالوانومتر طوری قرار گرفته است که سطح سیم‌پیچ و عقربه مغناطیسی در راستای شمال و جنوب مغناطیسی زمین باشد و میدان حاصل از سیم‌پیچ عمود بر این راستا خواهد بود.
- (۳) مدار را مطابق شکل ۳ ببندید و سعی کنید اشیاء فلزی و به‌خصوص آمپرتر را حتی المقدور در فاصله دوری از گالوانومتر قرار دهید. بهتر است بر روی زمین یا یک میز چوبی این کار را انجام دهید. همچنین تعداد دور سیم‌پیچ حلقه را ۳۰ دور انتخاب کنید.



شکل (۳): مدار اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین.

- (۴) ولتاژ منبع تغذیه را طوری تغییر دهید که عقربه قطب‌نما روی زاویه‌های مشخص شده قرار گیرد. جریان‌های مربوطه به هر زاویه را در جدول زیر یادداشت و شدت میدان مغناطیسی زمین را محاسبه کنید.

	$R = \dots \pm \dots (cm)$					$N = 30 \pm 1$
θ°						
$\tan \theta$						
$I \pm \Delta I (A)$						
$H(G) = \frac{2\pi NI}{10R}$						
$H_0(G) = \frac{H}{\tan \theta}$						
$\frac{\Delta H_0}{H_0}$						

- (۵) با استفاده از روش دیفرانسیل‌گیری از رابطه (۲) و (۳) خطای نسبی شدت میدان مغناطیسی زمین را محاسبه کنید.

$$\Delta \theta = \theta_0 \times \frac{\pi}{180} \text{ بر حسب رادیان در فرمول درج شود (} \theta_0 \text{ دقت اندازه‌گیری قطب‌نما است).}$$

$$\frac{\Delta H_0}{H_0} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{(1 + \tan^2 \theta)}{\tan \theta} \Delta \theta$$

۶) با رسم نمودار جریان بر حسب $\tan \theta$ از روی شیب نمودار یعنی $\left(\frac{10RH_0}{2\pi N}\right)$ مقدار دقیق میدان مغناطیسی زمین را محاسبه کنید.

۷) آزمایش را برای تعداد دورهای ۴۰ و ۵۰ دور تکرار کنید و در جدول یادداشت کنید. سپس با رسم نمودار مربوطه و محاسبه شیب نمودارها، نتایج هر سه دور مختلف سیم‌پیچ را با یکدیگر مقایسه کنید.

$R = \dots \pm \dots (cm)$						$N = 40 \pm 1$					
θ°											
$\tan \theta$											
$I \pm \Delta I (A)$											
$H(G) = \frac{2\pi NI}{10R}$											
$H_0(G) = \frac{H}{\tan \theta}$											
$\frac{\Delta H_0}{H_0}$											

$R = \dots \pm \dots (cm)$						$N = 50 \pm 1$					
θ°											
$\tan \theta$											
$I \pm \Delta I (A)$											
$H(G) = \frac{2\pi NI}{10R}$											
$H_0(G) = \frac{H}{\tan \theta}$											
$\frac{\Delta H_0}{H_0}$											

تکالیف

۱. فرمول خطا و مقدار خطای نسبی میدان مغناطیسی زمین $\frac{\Delta H_0}{H_0}$ را محاسبه نمایید.

۲. چرا قطب‌نما روی میز در جهت شمال و جنوب قرار نمی‌گیرد؟

۳. میدان مغناطیسی در مرکز یک حلقه را به دست آورید (از روش قانون بیو-ساوار).

۴. چگونه می‌توان خطای آزمایش را کاهش داد؟ توضیح دهید.

۵. روش‌های دیگر اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین را تحقیق کنید.

۶. منشأ میدان مغناطیسی زمین را تحقیق کنید.

۷. در مورد کمرندهای تابشی وان‌الن تحقیق کنید.

