اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین

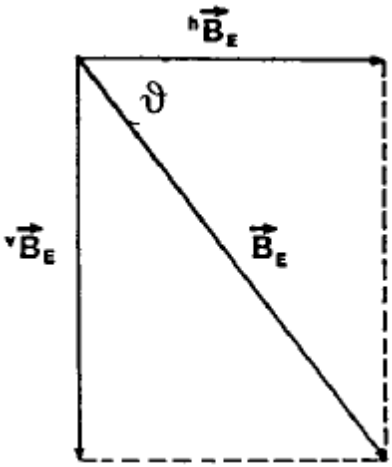
میدان مغناطیسی یکی از مفاهیمی است که در برنامه فیزیک دوره متوسطه به طور نسبتا مفصلی به آن پرداخته می شود. آشنایی با مفهوم میدان مغناطیسی با ارایه خطهای میدان اغاز می شود و با معرفی روابط مربوط به نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت کامل می شود . یک تعریف کمی بر این اساس در اغلب متنهای درسی استاندارد ارایه شده است. با این حال تقریبا همه شواهد و آزمایش های متن کتاب درسی دوره متوسطه کاملا کیفی هستند و دانش اموز هیچگاه با یک اندازه گیری کمی میدان روبرو نمی شود. به نظر می رسد دشواری اندازه گیری کمی میدان مغناطیسی و عدم دسترسی به ابزار دقیق

شکل ۱

برای انجام این کار در ازمایشگاههای فیزیک دبیرستانی مانع پرداختن به اندازه گیری های کمی میدان مغناطیسی باشد.

بزرگی میدان های مغناطیسی نوعی در ازمایشگاه بسیار کوچک و از مرتبه ی میلی تسلا است. از طرف دیگر تولید یک میدان یکنواخت در فضای نسبتا گسترده با استفاده از آهنربا ها و پیچه های معمول در ازمایشگاه مدرسه کار اسانی نیست. همه اینها اندازه گیری کمی میدان مغناطیسی را دشوار می کند.در اینجا روشی ساده و عملی را برای برای اندازه گیری دقیق میدان مغناطیسی زمین ارایه می کنیم.

روش ما مبتنی بر خاصیت برداری میدان مغناطیسی است. میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه دارای یک مولفه افقی B_h و یک مولفه عمودی B_v است. اگر یک قطبنما در صفحه افقی قرار گیرد امتداد B_h را نشان می دهد.اگر قطبنما در امتداد شمال جنوب ودر صفحه ی عمودی قرار گیرد؛ زاویه ی بین امتداد قرار گرفتن عقربه قطبنما و راستای افقی را زاویه میل مغناطیسی می نامیم (ϑ). اندازه ی این زاویه به مختصات جغرافیایی مکان آزمایش بستگی دارد. با تعیین هردو مولفه افقی و عمودی میدان بزرگی میدان مغناطیسی به آسانی محاسبه خواهد شد: (شکل ۲)



شکل ۲

$$B = \sqrt{{B_h}^2 + {B_v}^2} \qquad (1)$$

وسایل لازم برای انجام آزمایش عبارتست از: ۱- پیچه مسطح با تعداد دورهای مشخص(با قطر ۲۵ تا ۳۰ سانتی متر) ۲-عقربه مغناطیسی مدرج (میل سنج مغناطیسی) ۳-منبع تغذیه آزمایشگاهی ٤-رئوستا ٥-آمپر سنج جریان مستقیم .

اندازه گیری مولفه افقی میدان :

مدار آزمایش را مشابه شکل ۱ می بندیم.(در این مرحله از یک پیچه استفاده می کنیم و عقربه مغناطیسی در مرکز پیچه قرار می گیرد) وقتی جریان در مدار قطع است عقربه در امتداد شمال-جنوب قرار می گیرد(زاویه ی صفر). پیچه را طوری قرار می دهیم که محور آن عمود بر راستای عقربه باشد. جریان را در مدار بر قرار می کنیم و به کمک رئوستا جریان را طوری تنظیم می کنیم که عقربه مغناطیسی با راستای شمال زاویه ی ۴۵ درجه بسازد. در این حالت خاص بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه با مولفه افقی میدان مغناطیسی زمین برابر است. بزرگی میدان در مرکز پیچه به آسانی از رابطه

$$\mathrm{B}_h = \frac{\mu_0 NI}{2R} \qquad (2)$$

محاسبه می شود. μ_0 تراوایی مغناطیسی خلا ، N تعداد دورهای پیچه ، I جریان در پیچه و R شعاع پیچه است.

محاسبه مولفه عمودی میدان :

برای محاسبه مولفه ی عمودی میدان مغناطیسی زمین کافی است زاویه ی میل مغناطیسی را در محل آزمایشگاه تعیین کنیم. عقربه مغناطیسی را در امتداد شمال-جنوب و در صفحه ی عمودی قرار می دهیم و

زاویه بین راستای عقربه و افق را اندازه می گیریم(ϑ). با توجه به شکل (۱) مولفه عمودی میدان به اسانی از رابطه ی :

$$B_v = B_h \times \tan(\vartheta)$$

محاسبه می شود.

پس از تعیین هر دو مولفه افقی و عمودی میدان مغناطیسی ، بزرگی میدان بر آیند به آسانی از رابطه ی $B = \sqrt{{B_h}^2 + {B_v}^2}$ به دست می آید.

روش دقیقتر اندازه گیری:

رابطه (۲) میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه مسطح تعیین می کند. از آنجا که میدان در مرکز پیچه یکنواخت نیست، استفاده از این رابطه خطای قابل توجهی را در محاسبات تولید می کند. برای رسیدن به نتایج بهتر می توانیم از پیچه ی هلمهولتز که میدان یکنواخت را در ناحیه ی بزرگی از فضا تولید می کند استفاده کنیم. پیچه ی هلمهولتز از دو پیچه ی مسطح ساخته می شود که فاصله ی بین مرکزهای آنها با شعاع آنها برابر است (شکل ۱). بزرگی میدان نسبتا یکنواخت در قسمت میانی این پیچه از رابطه ی[i]

$$B = \frac{\mu_0 NI}{R}\frac{8}{5^{\frac{3}{2}}} \qquad (۳)$$

به دست می آید. با استفاده از این رابطه نتایج بسیار بهتری به دست می آید.

نتایج یک محاسبه نوعی در مکانی با زاویه ی میل مغناطیسی $\vartheta = 67.5^0$ با استفاده از پیچه هلمهولتز به صورت $B_v = 46.3\ mT\ , B = 50.2\ mT$ است که با مقادیر مرجع توافق بسیار خوبی دارد.

---

[*] رجوع کنید به "مبانی نظریه ی الکترومغناطیس، میلفورد،ریتس،کریستی، ویرایش سوم،مرکز نشر دانشگاهی،ص ۲۱۴