آشکارسازی میدان مغناطیسی زمین با قانون القای فارادی

محمدرضا خوش‌بین‌خوش‌نظر- کارشناس فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

در کتاب علوم زمین سال چهارم دبیرستان مطالبی در مورد میدان مغناطیسی زمین بیان شده است.

در مقاله‌ای دیگر در شماره‌ی ۷۱ به تشریح منشأ میدان مغناطیسی پرداخته شد، در این مقاله به چگونگی آشکارسازی آن به کمک وسایلی ساده می‌پردازیم.

میدان مغناطیسی زمین بسیار ضعیف است (چیزی در حدود $6/5 \times 10^{-5}$ T) و شاید برای بسیاری ازدانش‌آموزان عجیب باشد که با در اختیار داشتن وسایلی ساده می‌توانند به حضور این میدان مغناطیسی ضعیف در اطراف خود پی ببرند. این مقاله مبتنی بر سازوکارهای بسیار ساده‌ای است که سال‌ها پیش از خواندن یک مقاله آموختم [۱] و تنها دانشی که از فیزیک می‌طلبد، قانون القای فارادی است که دانش‌آموزان در سال سوم دبیرستان با آن آشنا می‌شوند. طبق این قانون، اگر شار مغناطیسی عبوری از سطح یک مسیر بستهٔ رسانا تغییر کند، جریانی القایی در رسانا ایجاد می‌شود که جهت این جریان، طبق قانون لنز، به‌گونه‌ای است که با تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند.

اکنون بر مبنای همین قانون، آزمایش ساده‌ای را امتحان می‌کنیم. مهم‌ترین ابزار مورد نیاز، یک سیم مسی به طول حدوداً ۲۰ m و با سطح مقطع $1mm^2$ یا کمی بزرگ‌تر است که با پوششی پلاستیکی پوشیده شده است. چنین سیمی مقاومتی به حد کافی پایین دارد و می‌تواند جریان القای عبوری را بروز دهد. همین‌طور به یک میلی‌آمپرمتر ac با بُرد تا 1mA و یک پایهٔ آزمایشگاهی سنگین نیاز داریم.

پایه را در انتهای اتاق آزمایشگاه قرار دهید و سیم را از وسط به دور آن گره بزنید. البته می‌توانید نگران پایه هم نباشید. دستهٔ در اتاق یا قلابی که روی دیوار تعبیه شده است نیز می‌تواند همین کار را انجام دهد و می‌توانید سیم را از وسط در آنجا گره بزنید. حتی اگر در فضای باز آزمایش را انجام می‌دهید، می‌توانید از یک تیر فرورفته در زمین یا حتی یک درخت به‌عنوان پایه استفاده کنید. تنها نکته در مورد آزمایش در فضای باز آن است که اگر آزمایش را در چنین فضایی انجام می‌دهید باید مطمئن باشید که هیچ چشمهٔ مصنوعی میدان مغناطیسی، از قبیل خطوط انتقال برق یا ایستگاه‌های برق در آن حوالی نباشد، چراکه شما می‌خواهید دقیقاً میدان مغناطیسی زمین را وارسی کنید که بسیار ضعیف است و در غیر این صورت در حال وارسی میدان‌های مغناطیسی دیگری به‌جز میدان مغناطیسی زمین خواهید بود.

پس از آن‌که سیم را گره زدید، گیره‌های میلی‌آمپرمتر را به دو انتهای سیم وصل کنید. اکنون در حالی که نیمی از سیم را بدون حرکت روی زمین رها کرده‌ایم، نیمهٔ دیگر آن را از روی زمین بلند می‌کنیم و آن را به‌صورت افقی نگه می‌داریم. تا وقتی که هر دو بخش سیم بدون حرکت باشند، هیچ شار مغناطیسی در این مدار بسته تغییر نمی‌کند و بنابراین میلی‌آمپرمتر هیچ جریانی را نشان نخواهد داد. ولی با حرکت بخشی از سیم که در دستمان قرار دارد، طبق قانون القای فارادی، جریانی در سیم القا خواهد شد. به این منظور، نخست سیم را در صفحهٔ افقی طوری حرکت دهید که یک موج ایستاده با دامنه‌ای حدود چند ده سانتی‌متر ایجاد شود. بسامد تکان دادن هم باید در حدود ۱ تا ۲ هرتز باشد. بنابراین خواهید دید میلی‌آمپرمتر تکان خواهد خورد. پس همین آزمایش را در صفحه‌ای عمودی تکرار کنید. باز هم میلی‌آمپرمتر عددی را نشان خواهد داد. در آزمایش اول، سیم مؤلفهٔ عمودی میدان مغناطیسی زمین را قطع می‌کند، در حالی که در آزمایش دوم جریان القایی بر اثر قطع مؤلفهٔ افقی میدان مغناطیسی زمین به‌وجود می‌آید. با تغییر زاویهٔ جهت حرکت بخش متحرک سیم با صفحهٔ نصف‌النّهار مغناطیسی، می‌توان تأثیر پارامترهای دامنه و بسامد تکان دادن روی شدت جریان القا شده را بررسی کرد.

جالب است که اگر هر دو قسمت سیم را به‌طور مشابه حرکت دهیم، میلی‌آمپرمتر عددی را نشان نخواهد داد، زیرا مجموع نیروهای محرکهٔ الکتریکی القایی در آن‌ها برابر صفر خواهد شد.

اگر شار مغناطیسی عبوری از سطح یک مسیر بستهٔ رسانا تغییر کند، جریانی القایی در رسانا ایجاد می‌شود که جهت این جریان، طبق قانون لنز، به‌گونه‌ای است که با تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند

منبع

1. The Physics Teacher, February 1999, The study of Earth's Induction law.