آزمایش ۵

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

بررسی تجربی نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و پارامترهای موثر بر آن

تئوری آزمایش

اگر سیمی به طول L حامل جریان i در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ قرار گیرد، نیروی $\vec{F}$ طبق رابطه زیر بر آن وارد می‌شود.

$$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}$$

$\vec{L}$ برداری است که بزرگی آن طول سیم، راستای آن راستای سیم و جهت آن همان جهت جریان است. نیرو با ضرب خارجی دو بردار $\vec{L}$ و $\vec{B}$ متناسب است که می‌توان جهت نیرو را با توجه به جهت آنها نسبت به هم و اندازه نیرو را نیز از رابطه زیر به‌دست آورد.

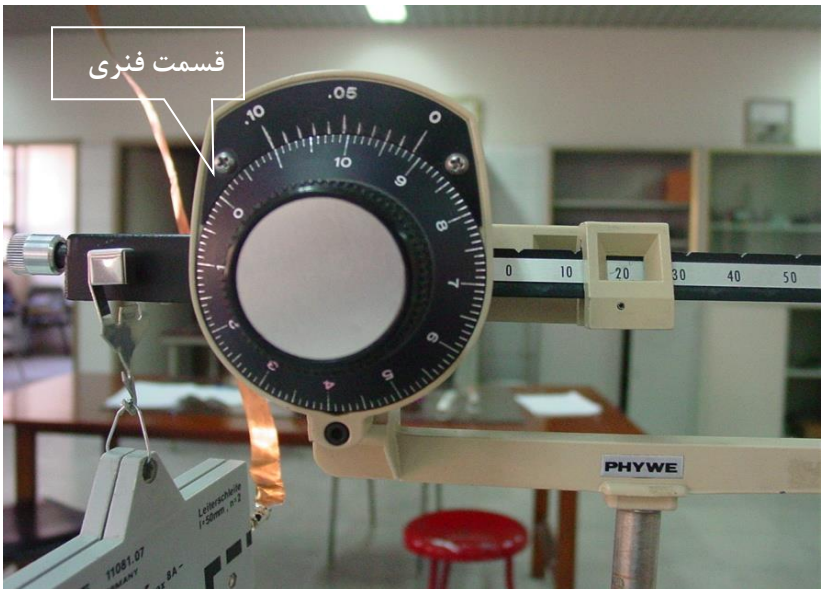
$$F = iLB\sin\theta$$

وسایل آزمایش

منبع تغذیه DC (ماکزیمم ۲ آمپر)، هسته آهنی U شکل، سیم‌پیچ (دو عدد)، منبع جریان، ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم، حلقه‌های سیم به طول های متفاوت ، سیم نواری بدون روکش، گیره، میله و پایه ، سیم رابط (3 عدد) .

راهنمای کار با ترازو

ترازو شامل دو قسمت، بازوی اهرمی با دقت ۱۰ گرم و قسمت فنری با دقت ۰/۰۱گرم است. هنگام استفاده از ترازو حلقه جریان را مطابق شکل ۱ از قلاب آن آویزان کرده و سپس تغییرات وزن را اندازه‌گیری نمایید. تغییرات وزن حلقه با اعمال و بدون اعمال میدان مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین اندازه‌گیری خطای صفر ضرورتی ندارد. در شکل ۱ ترازو در وضعیت تعادل، جرم حلقهٔ آویزان شده را ۲۹/۱۲ = ۰/۰۲ + ۹/۱ + ۲۰ گرم نمایش می‌دهد.



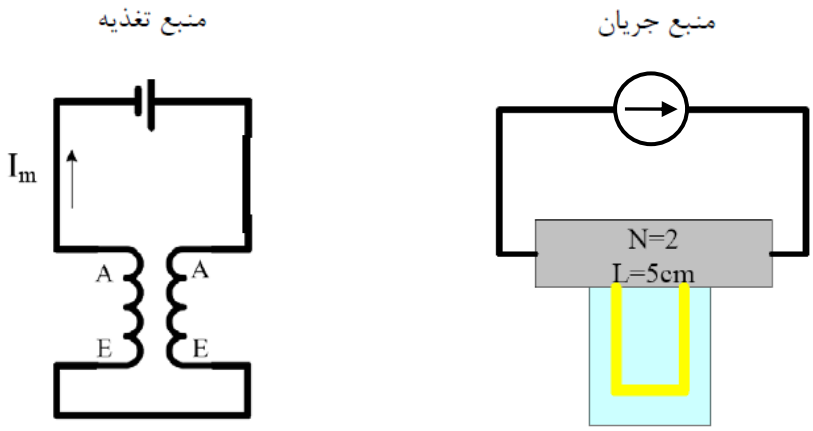
شکل ۱

مدار های آزمایش

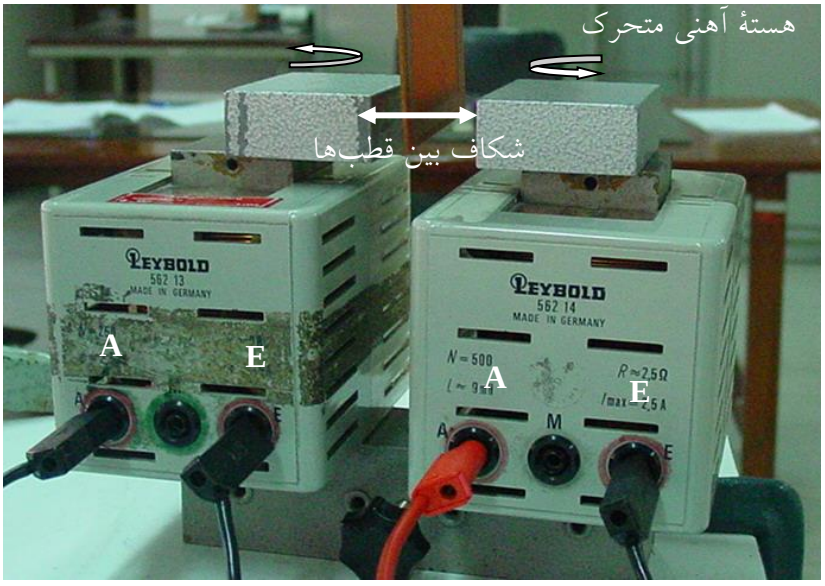
دو مدار مجزا برای انجام آزمایش بسته می‌شود :

- مدار برای ایجاد جریان در حلقه سیم: منبع جریان را به اتصالات بالای پایه که سیم‌های سبک و نواری از آن آویزان هستند وصل کنید (فاصله بین دو سیم نواری باید تا حد ممکن زیاد باشد و فقط کمی شکم دهند) سپس سیم‌های نواری را به حلقه‌سیم وصل کرده و از قلاب ترازو آویزان کنید. لازم به ذکر است که مشخصات هر حلقه مشابه شکل روی آن نوشته شده است (شکل ۲ الف).

۶) مدار برای ایجاد میدان مغناطیسی: با استفاده از هسته آهنی U شکل، سیم‌پیچ‌ها و منبع تغذیه DC، می‌توان میدان مغناطیسی یکنواخت در شکاف بین قطب‌ها ایجاد کرد. این مدار مطابق شکل ۲ب بسته می‌شود. چرا؟



شکل ۲: الف ب: روش بستن اتصالات به سیم‌پیچ‌ها.



شکل ۳: هستهٔ آهنی متحرک که با چرخاندن آنها می‌توان فاصلهٔ بین قطب‌ها را تغییر داد. A و E محل اتصالات نشان داده شده در مدار شکل ۲ب است.

روش آزمایش

بستگی نیروی F به زاویه بین سیم حامل جریان i و میدان مغناطیسی B

- شکاف بین قطب‌ها را حدود ۴ سانتی‌متر قرار دهید (شکل ۳) و جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها (I_m) را روی صفر تنظیم کنید.
- حلقه سیم (L=۲/۵ cm) را در میدان مغناطیسی طوری قرار دهید که ضلع افقی آن هم‌راستا با میدان مغناطیسی باشد.
- قبل از اعمال میدان، ترازو را در حالت تعادل تنظیم کنید.
- جریان در حلقه سیم را افزایش دهید (ماکزیمم ۴ آمپر)، **همیشه جهت جریان را طوری تنظیم کنید که نیروی وارد بر حلقه به سمت زمین باشد،** آیا عقربه ترازو جابجا می‌شود؟
- جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها (I_m) را افزایش دهید (ماکزیمم ۲ آمپر)، آیا عقربه ترازو جابجا می‌شود؟
- با چرخاندن هسته U شکل حول محور قائم، مشاهدات خود را یادداشت کنید.

بستگی نیروی F به طول سیم L

- شکاف بین قطب‌ها را حدود یک سانتی‌متر قرار دهید و جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها (I_m) را روی صفر تنظیم کنید.
- حلقه سیم را در میدان مغناطیسی طوری قرار دهید که ضلع افقی آن عمود بر راستای میدان مغناطیسی باشد.
- جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها را ماکزیمم (I_m=۲A) کنید.
- قبل از برقراری جریان در حلقه سیم، ترازو را در حالت تعادل تنظیم کنید.
- ماکزیمم جریان (i=۴A) را در حلقه سیم برقرار کنید.
- بعد از عبور جریان از حلقه سیم به علت نیروی وارده به حلقه، دیگر حلقه سیم در وضعیت تعادل نخواهد بود، دوباره حالت تعادل را برقرار کرده و اختلاف نیرو را در دو حالت بدست آورید.
- نتایج آزمایش را در جدول ۱ ثبت کنید.
- آزمایش را با حلقه‌های دیگر با طول‌های مختلف تکرار کنید.

- منحنی نمایش تغییرات F بر حسب L رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط و جریان i ، میدان مغناطیسی B را محاسبه کنید.

جدول ۱

I_m = ۲A	
i = ۴A	
L (cm)	F (mN)
۱/۲۵	
۲/۵	
۵	
۱۰	

بستگی نیروی F به جریان i

- شکاف قطب‌ها را حدود یک سانتی‌متر قرار دهید و I_m جریان سیم‌پیچ‌ها را روی صفر تنظیم کنید.
- حلقه سیم (L=۱۰cm) را در میدان مغناطیسی طوری قرار دهید که ضلع افقی آن عمود بر راستای میدان مغناطیسی باشد.
- جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها را ماکزیمم (I_m=۲A) کنید.
- قبل از برقراری جریان در حلقه سیم، ترازو را در حالت تعادل تنظیم کنید.
- جریان در حلقه سیم (i) را به تدریج افزایش دهید.
- با استفاده از ترازو، نیروی وارد بر حلقه سیم را تعیین کنید.
- نتایج آزمایش را در جدول ۲ ثبت کنید.
- آزمایش را با جریان‌های دیگر i تکرار کنید.
- منحنی نمایش تغییرات F بر حسب i را رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط و طول L ، میدان مغناطیسی B را محاسبه کنید.

جدول ۲

I_m = ۲A	
L = ۱۰cm	
i (A)	F (mN)
۱	
۲	
۳	
۴	

بستگی نیروی F به I_m

- شکاف بین قطب‌ها را حدود یک سانتی‌متر قرار دهید و جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها (I_m) را روی صفر تنظیم کنید.
- حلقه سیم (L=۱۰cm) را در میدان مغناطیسی طوری قرار دهید که ضلع افقی آن عمود بر راستای میدان مغناطیسی باشد.
- ماکزیمم جریان (i=۴A) را در حلقه سیم برقرار کنید.
- قبل از اعمال میدان، ترازو را در حالت تعادل تنظیم کنید.
- جریان در سیم‌پیچ‌ها (I_m) را به تدریج افزایش دهید.
- با استفاده از ترازو نیروی وارد بر حلقه سیم را تعیین کنید.
- نتایج آزمایش را در جدول ۳ ثبت کنید.
- آزمایش را با جریان‌های دیگر (I_m) تکرار کنید.
- منحنی نمایش تغییرات F بر حسب I_m را برای L و i ثابت رسم کنید.
- آیا با استفاده از منحنی نمایش تغییرات F بر حسب I_m می‌توان نتیجه‌ای در باره تغییرات F بر حسب B گرفت؟

جدول ۳

i = ۴A	
L = ۱۰cm	
I_m (A)	F (mN)
۰/۵	
۱	
۱/۵	
۲	

پرسش‌ها

۱-چرا در این آزمایش، از سیم‌های مسی بدون روکش و قابل انعطاف برای اتصال منبع جریان به حلقه سیم استفاده شده است؟

۲- چرا باید جهت نیروی مغناطیسی، به طرف پایین باشد تا نتایج آزمایش قابل قبول‌تر باشد؟

۳-چرا سیم‌های مسی بدون روکش و قابل انعطاف باید اندکی شکم داشته باشند و نباید حالت کشیده داشته باشند؟ اگر زیادی شل و یا زیادی کشیده باشند چه اتفاقی می‌افتد.