

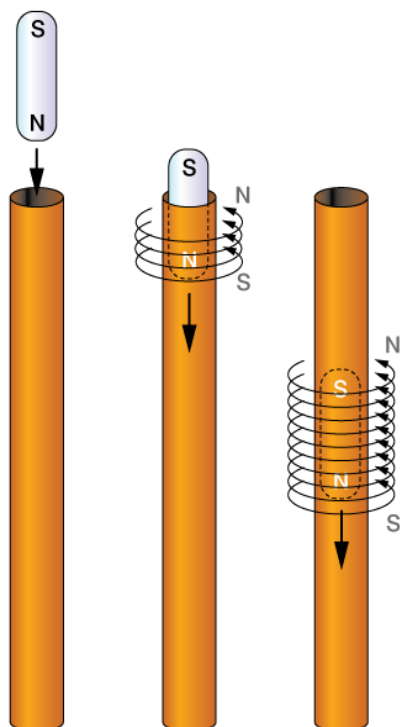
جریانهای گردابی

وسایل آزمایش:

یک عدد لوله مسی، سه عدد آهنربای بزرگ، یک عدد آهنربای متوسط، یک عدد آهنربای کوچک، زمان سنج (کرونومتر)، دو عدد پایه پلاستیکی، دو عدد بست کمربندی، کارتن مستطیل شکل، ورقه نازک فلزی

مقدمه :

اگر بر اثر حرکت یک رسانا در میدان مغناطیسی خارجی، یا حرکت منبع ایجاد میدان مغناطیسی نسبت به رسانا، شار گذرنده از بخشی از آن رسانا تغییر کند، در آن بخش نیروی محرکه (EMF) القا می‌شود که منجر به تولید جریان الکتریکی القایی در آن می‌شود. یک رسانای واقعی در عمل آرمانی نیست و مقاومت الکتریکی اندکی دارد که با ضریب رسانندگی رسانا نسبت عکس دارد. گاهی نیروی محرکه الکتریکی القایی در یک رسانای حجیم باعث پدید آمدن جریان‌های گردابی می‌شود. بنا به قانون لنز، میدان مغناطیسی این جریان‌ها با تغییرات شار مغناطیسی اولیه مخالفت می‌کند. در این آزمایش می‌خواهیم اثر جریان‌های گردابی بر حرکت یک قطعه آهنربای کوچک در داخل یک لوله مسی را بررسی کنیم.



شکل ۱) رها کردن آهنربا در لوله

مطابق شکل ۱، آهنربای کوچکی را از بالای یک لوله قائم مسی به نحوی رها می‌کنیم که بتوان از برخورد آن با دیواره‌های داخلی لوله صرف نظر کرد. تغییرات شار مغناطیسی در یک برش افقی فرضی از لوله باعث ایجاد جریان الکتریکی گردابی می‌شود چون این جریان بر اثر حرکت آهنربا به سمت پایین ایجاد شده است، بنا به قانون لنز، میدان مغناطیسی جریان القایی طوری است که به آهنربا نیرویی متناسب با سرعت و در خلاف جهت حرکت آن وارد می‌کند. بنابر این می‌توانیم این نیرو را با رابطه $\vec{f}_b = -k\vec{v}$ توصیف کنیم که در آن $\vec{v}$ سرعت آهنربا و k ضریب اتلاف ناشی از مقاومت الکتریکی رساناست. این ضریب به شکل هندسی آهنربا و لوله و قدرت آهنربا نیز بستگی دارد. در این آزمایش از مقاومت هوا می‌توان چشم پوشید.

آزمایش

شما ۵ عدد آهنربا در اختیار دارید که از جرم‌های مختلف تشکیل شده‌اند. می‌توانید با استفاده از ترکیب آنها جرم‌های دیگری را نیز به وجود آورید. در ابتدای آزمایش به کمک وسایل داده شده، لوله را به صورت عمودی نگه دارید. برای این کار می‌توانید با استفاده از بست کمربندی، لوله را مطابق شکل ۲ به پایه‌های پلاستیکی متصل کنید.



شکل ۲) نحوه اتصال لوله مسی به پایه‌های پلاستیکی

شکل و مقادیر جرم آهنرباهایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند در شکل ۳ نوشته شده است. جرم‌ها را بدون خطا در نظر بگیرید.



شکل ۳) شکل و جرم آهنرباها

توجه: از وارد کردن ضربه به آهنرباها بپرهیزید. به همین دلیل توصیه می‌شود از کارتن مقوایی زیر پایه استفاده شود تا جلوی ضربات هر چند کوچک نیز گرفته شود. همچنین می‌توانید ورقه فلزی را در زیر گوشه ای از کارتن قرار دهید تا آهنرباها در موقعیت مناسب و دور از لوله مسی قرار گیرند.

معادله حرکت آهنربای در حال پایین آمدن از درون لوله را می‌توان به صورت زیر نوشت که در آن a شتاب آهنربا و $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$ شتاب گرانش زمین است.

$$ma = mg - kv$$

هر چند در ابتدای حرکت، آهنربا شتاب متغیری دارد، اما می‌توان دید که بسیار سریع به سرعت ثابت حدی می‌رسد و از آن پس شتاب آن صفر می‌شود. با تقریب خوبی می‌توان فرض کرد در کل مسیر، آهنربا با سرعت ثابت حدی حرکت می‌کند.

الف) زمان پایین آمدن آهنرباها در لوله را بر حسب جرم‌های مختلف اندازه گرفته و مقادیر به دست آمده را در جدول پاسخ‌نامه وارد کنید. هر اندازه‌گیری را سه مرتبه انجام دهید و در انتها از آن‌ها میانگین بگیرید.

ب) طول میله را 500 mm در نظر بگیرید و بر اساس زمان‌های میانگین بدست آمده در بخش قبل، سرعت ثابت حدی هر آهنربا را حساب کنید و در ستون و سطر مربوط به آن وارد کنید.

ج) نمودار سرعت بر حسب جرم آهنرباها را بر روی کاغذ میلیمتری داده شده رسم کنید و یک منحنی مناسب از نقاط بگذرانید. مقادیر جرم را بر روی محور بزرگتر و مقادیر سرعت را بر روی محور کوچکتر در نظر بگیرید. بر روی محور جرم هر سانتیمتر نمودار را معادل 0.4 g و بر روی محور سرعت هر سانتیمتر را معادل $10 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$ بگیرید. همچنین مبدا نمودار را روی هر دو محور صفر در نظر بگیرید.

د) مقدار k را برای هر جرم بدست آورید. سپس بر روی نمودار مانند قسمت قبل مقادیر جرم آهنربا را بر روی محور بزرگتر و مقادیر k را بر روی محور کوچکتر در نظر بگیرید و یک منحنی از نقاط بگذرانید. بر روی محور k هر سانتیمتر را معادل $0.05 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ در نظر بگیرید. همچنین مبدا نمودار را صفر در نظر بگیرید.