

بسمه تعالی

دانشگاه بوعلی سینا

دستور کار آزمایشگاه فیزیک حالت جامد

نگارش: نفیسه سادات کمالی

کارشناس آزمایشگاه فیزیک

سرفصل مطالب:

- ۱) خواص مغناطیسی مواد..... ۲
- ۲) ترموالکتریک..... ۱۰
- ۳) تعیین ضریب گرمایی در مقاومت های فلزی و مقاومت های نیمه رسانا..... ۲۳
- ۴) اثر فوتورسانایی..... ۲۹
- ۵) بررسی اثر هال..... ۳۵
- ۶) بررسی پسماند مغناطیسی در هسته ی آهنی..... ۴۴
- ۷) پدیده فرومغناطیس در مدل آهنربا..... ۴۸

دانشگاه بوعلی سینا

هدف آزمایش: بررسی خواص مغناطیسی مواد و شناسایی مواد پارامغناطیس دیا مغناطیس و فرومغناطیس از طریق مشاهده رفتار آنها در میدان مغناطیسی ناهمگن

وسایل آزمایش: میله‌های مغناطیسی ۳ عدد (پارا، دیا و فرومغناطیس) با نگهدارنده الکترومگنت ۰/۶ تسلا، منبع تغذیه 0-10A و 0-20V، نور افکن با منبع تغذیه مربوطه، عدسی F=100mm با نگهدارنده، پایه ها و گیره های مورد نیاز، سیمهای رابط.

مقدمه:

میدان مغناطیسی در مواد: فرض کنید یک جسم همگن به حجم $V (m^3)$ در میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت $H (Am/m)$ و القاء $B = \mu_0 H$ قرار داده ایم. واحد B تسلا است. جسم V مغناطیده شده و دارای گشتاور مغناطیسی M می شود نسبت گشتاور مغناطیسی به حجم جسم را مغناطیدگی J_m می نامند.

$$J_m = \frac{M}{V} \quad (1)$$

در مواد ناهمگن بهتر است مغناطیدگی را به این شکل تعریف کنیم

$$J_m = \frac{dM}{dV} \quad (2)$$

مغناطیدگی یک بردار است. در اجسام مغناطیسی همگن $\vec{J}_m$ موازی یا پادموازی با $\vec{H}$ است. واحد J_m در دستگاه SI آمپر بر متر $(\frac{Am}{m})$ است،

نسبت مغناطیدگی J_m به شدت میدان مغناطیسی H را پذیرش مغناطیسی (پذیرفتاری) χ می نامند.

$$\chi = \frac{J_m}{H} \quad (3)$$

به سادگی می توان دید که χ کمیتی بدون بعد است و داریم:

$$J_m = \chi H \quad (4)$$

صرف نظر از مرزهای خارجی جسم، میدانی که داخل جسم مغناطیده القاء می شود (B_1)، موازی یا پادموازی با میدان خارجی ای می باشد که باعث القاء گردیده است (B_0). بنابراین بردار برآیند را میتوان به شکل زیر بیان کرد:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_1 \quad (5)$$

آزمایش ها نشان می دهد که:

$$\vec{B}_1 = \mu_0 \vec{J}_m = \chi \vec{B}_0 \quad (6)$$

در نتیجه:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \chi \vec{B}_0 = \vec{B}_0(1 + \chi) = \mu \vec{B}_0$$

$\mu = (1 + \chi)$ گذردهی مغناطیسی می باشد.

خواص مغناطیسی مواد: کلیه مواد را با توجه به اندازه و علامت پذیرفتاری (χ) آنها می توان به سه گروه بزرگ دیامغناطیس ها، پارامغناطیس ها و فرومغناطیس ها طبقه بندی کرد.

برای این طبقه بندی به موارد ذیل توجه می شود:

الف) در فرومغناطیسها $|\chi|$ بسیار بزرگتر از یک است و علامت χ مثبت است.

مانند: آهن (Fe) $\chi = 1000$

نیکل (Ni) $\chi = 150$

کبالت (Co) $\chi = 240$

ب) در پارامغناطیسها $|\chi|$ بسیار کوچکتر از یک است و علامت χ مثبت است.

مانند آلومینیوم (AL) $\chi = 2/2 \times 10^{-5}$

پلاتینیوم (pt) $\chi = 26 \times 10^{-5}$

کلرید آهن (FeCl_2) $\chi = 360 \times 10^{-5}$

اکسید کلسیم (cao) $\chi = 580 \times 10^{-5}$

(ج) در دیامغناطیس‌ها $|\chi|$ بسیار کوچکتر از یک است و علامت χ منفی است.

مانند؛

بیسموت (Bi) $\chi = -18 \times 10^{-5}$

مس (cu) $\chi = -0.9 \times 10^{-5}$

ژرمانیم (Ge) $\chi = -0.8 \times 10^{-5}$

سیلیسیم (si) $\chi = -0.3 \times 10^{-5}$

پیش بینی رفتار مواد مغناطیسی در میدان خارجی:

با کمی دقت در اندازه و علامت χ برای سه دسته ماده مغناطیسی می توان پیش بینی کرد که :

(۱) مواد فرو مغناطیس در میدان خارجی، به سرعت مغناطیده شده و دو قطبی های آنها هم سو و هم جهت میدان

خارجی قرار میگیرند به عبارت دیگر در این گونه مواد B_1 هم جهت B_0 می باشد و B_1 چندین برابر قوی تر از

$$\vec{B}_1 = \chi \vec{B}_0 \quad B_0 \text{ می باشد.}$$

(۲) مواد پارامغناطیس در میدان های خارجی ای که به اندازه کافی قوی باشند مغناطیده شده و دو قطبی های آنها

هم سو و هم جهت میدان خارجی قرار می گیرند یعنی B_1 هم جهت B_0 است ولی B_1 به مراتب کوچکتر و

ضعیف تر از B_0 ، است زیرا χ عددی کوچک است. انتظار داریم چنین جسمی به نواحی قوی میدان جذب شود.

(۳) مواد دیا مغناطیس در میدان های خارجی ای که به اندازه کافی قوی باشند مغناطیده شده، دو قطبی های آنها

هم سو و مخالف جهت میدان خارجی قرار می گیرند یعنی میدان القایی در اینگونه مواد (B_1) در خلاف جهت

B_0 و به مراتب کوچکتر و ضعیف تر از آن است . انتظار داریم چنین جسمی از نواحی قوی میدان دفع شود.

نکته: دو قطبی های بسیاری از مواد مانند انواع چوب و پلاستیک، برای آنکه تحت تاثیر میدان های مغناطیسی خارجی عکس العملی نشان داده و جهت گیری نمایند، نیازمند اعمال میدان های بسیار قوی می باشند . امکان دارد ایجاد میدانهای مغناطیسی بسیار قوی از لحاظ ایمنی مشکل آفرین باشد. لذا اینگونه مواد اگر چه در طبقه بندی مغناطیسی مواد جای دارند ولی از لحاظ عملی مغناطیده کردن آنها به هیچ وجه مقرون به صرفه نیست .

روش آزمایش : سه قطعه میله مغناطیسی که در اختیار دارید را بردارید و به وسط هر یک نخی بسیار سبک و باریک به طول تقریبی ۱۵ cm ببندید تا بتوان آنها را آویزان نمود.

قطب های مخروطی الکترو مگنت را طوری نصب کنید که فاصله بین نوک های تیز آنها حدود ۱۲mm باشد تا بتوان میله های مغناطیسی را بین آنها قرار داد.

گیره ها و پایه های مربوط به آویزان نمودن نمونه ها را مطابق نظر مدرس مرتب کنید.

یک پرتوافکن و یک عدسی برای نمایش بهتر آزمایش در اختیار شما قرار می گیرد. با استفاده از آنها سعی کنید تصویر واضحی از ادوات آزمایش بر روی دیوار یا پرده نمایش ایجاد نمایید تا سایر دانشجویان نیز بتوانند مراحل آزمایش را به خوبی مشاهده کنند. میدان مغناطیسی ای که بین دوکهای الکترو مگنت ایجاد می شود یک میدان غیر یکنواخت است و شدت آن در نقاط مختلف ، متفاوت است. (شکلهای ۱ و ۲)

دانشگاه بوعلی سینا



شکل ۱- میله مغناطیسی در راستای میدان مغناطیسی خارجی واقع شده است.

مرحله (الف):

یکی از میله های مغناطیسی را بین قطب های الکترو مگنت آویزان کنید و به کمک نگهدارنده و چرخانیدن قلاب ترتیبی دهید که میله در امتداد قطب های آهنربا و بین آنها قرار گیرد و تصویر آن روی پرده یا دیوار ظاهر گردد. در مورد میله آهنی بهتر است که میله کاملاً "بین قطب ها قرار نگیرد و حدود یک سانتی متر با آنها فاصله داشته باشد. الکترو مگنت را به منبع تغذیه متصل کنید و جریانی از آن بگذرانید. هر بار قبل از تعویض میله های مغناطیسی جریان الکترو مگنت را قطع کنید و پس از تعویض میله، مجدداً به آرامی شدت جریان آن را افزایش دهید تا به مرحله ای برسید که ثبت مشاهدات منطقی امکان پذیر گردد. مشاهده خواهید کرد که :

۱) میله آلومینیوم به آهستگی حرکت کرده و ضمن اینکه در امتداد قطب ها می ماند به یکی از آنها که نزدیکتر باشد می چسبد.

۲) میله بیسموت دوران کرده و در امتداد عمود بر امتداد قطب های آهنر با قرار می گیرد و همچنین حرکاتی جهت خروج از بین قطبها به سمت بیرون از خود نشان می دهد.

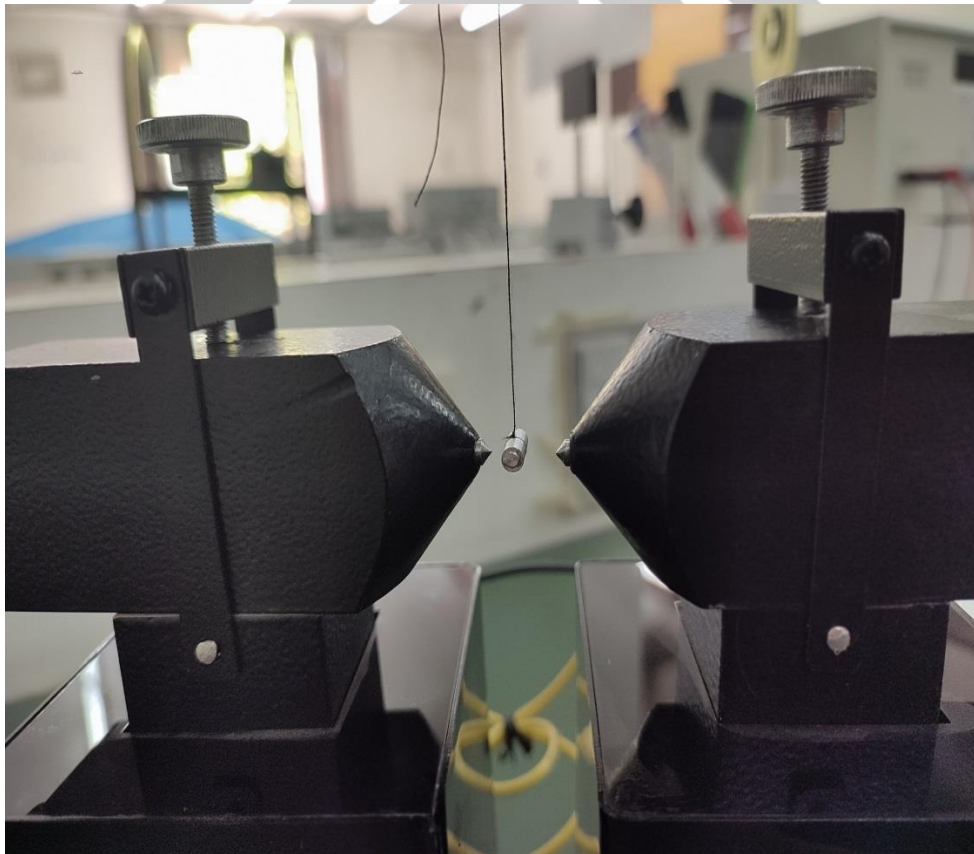
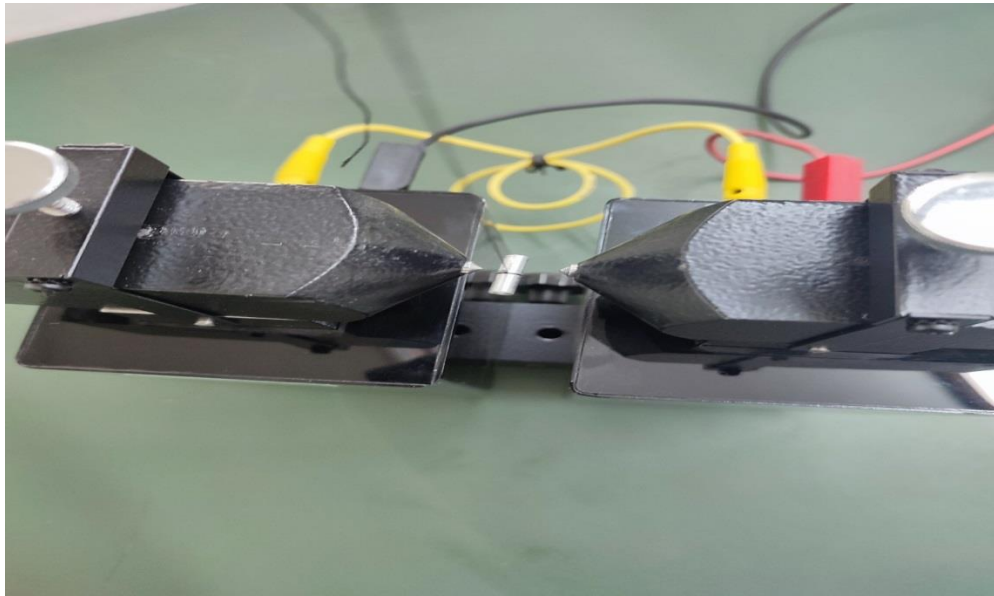
۳) میله آهنی به شدت حرکت کرده و ضمن اینکه در امتداد قطب ها می ماند ، با نیروی زیادی به یکی از قطب ها که نزدیکتر است می چسبد. جدول شماره یک را پر کنید.

نوع میله	ولتاژ منبع V	شدت جریان Am	مشاهدات عملی (به دلخواه خود ولتاژ یا شدت جریان را ثابت نگهدارید و با تغییر دادن دیگری مشاهدات عملی خود را یادداشت نمایید).
AL			
Fe			
Bi			

جدول (۱) مرحله الف- قرارگیری میله مغناطیسی در راستای میدان مغناطیسی خارجی

مرحله (ب)

جریان الکترومگنت را صفر کنید و آنرا به موازات حالت قبلی اش حدود ۳cm عقب بکشید طوری که فاصله اش با میله مغناطیسی آویخته کمی بیشتر شود. مطابق شکل ۲ میله مغناطیسی را بچرخانید به طوری که در امتداد عمود بر امتداد قطبهای الکترومگنت قرار گیرد. حال جریان الکترومگنت را بر قرار کنید. اگر میله پارامغناطیس باشد مشاهده خواهید کرد که قدری به طرف الکترومگنت حرکت نموده و حول نخ نوساناتی کم دامنه انجام خواهد داد. علت آن وجود اینرسی دورانی میله و گشتاور مغناطیسی وارد به آن ($\vec{\mu}$) است. از آنجا که $\vec{\mu}$ برای یک میله پارامغناطیس کم است، لذا نوسانات هم کم دامنه خواهد بود.



شکل ۲- میله مغناطیسی عمود بر راستای میدان مغناطیسی خارجی واقع شده است.

اکنون دو نوع میله دیگر را نیز به همین ترتیب آزمایش کنید و مشاهدات خود را در جدول ۲ بنویسید در هر مرحله علت حرکات انتقالی و دورانی را شرح دهید

نوع میله	ولتاژ منبع V	شدت جریان Am	مشاهدات عملی (به دلخواه خود ولتاژ یا شدت جریان را ثابت نگهدارید و با تغییر دادن دیگری مشاهدات عملی خود را یادداشت نمایید.)
AL			
Fe			
Bi			

جدول (۲) مرحله ب- قرارگیری میله مغناطیسی بصورت عمود بر میدان مغناطیسی خارجی

پرسش ها :

۱. با توجه به شکل الکترومگنت به کار رفته در این آزمایش قویترین شدت میدان مغناطیسی در کدام ناحیه بین قطب های آن برقرار است؟ چرا؟ آیا این موضوع را میتوانید با توجه به رفتار میله های مغناطیسی حدس بزنید؟

۲. چرا در مرحله الف آزمایش محل استقرار میله آهنی کمی دورتر از محلی است که برای استقرار دو نوع میله دیگر انتخاب می کنیم؟

۳. در مرحله الف آزمایش علت تفاوت بین ولتاژ اعمالی به الکترومگنت برای میله آهنی و دو میله دیگر را بیان کنید. این پارامتر معرف چه چیز می باشد؟

۴. رابطه ریاضی گشتاور مغناطیسی ($\vec{\mu}$) و نیروی گشتاور ($\vec{\tau}$) برای میله های مغناطیسی در آزمایش مرحله ب چیست و به چه چیزهایی بستگی دارد؟ آیا می توان این رابطه را برای حالت هایی که میله زاویه ای غیر از ۹۰ درجه با خطوط میدان دارد نیز به کار برد؟

هدف آزمایش :

(الف) مطالعه ترموکوپل با عقربه مغناطیسی

(ب) مطالعه مگنت ترمو الکتریک

(ج) اثر سبک در ترموکوپل ها

(د) مدرج کردن ترموکوپل آماده

(هـ) اثر پلتیر

وسایل آزمایش :

سیم نازک جهت ساخت ترموکوپل از جنس های مس و کنستانتان و کرم نیکل

ترموکوپل های آماده نوع M,T,K -ترموکوپل با عقربه مغناطیسی - مگنت ترموالکتریک- چراغ گاز -دما سنج الکلی ۲ عدد - جک آزمایشگاهی - هیتر برقی - بشر شیشه ای نشکن ۲ عدد - منبع تغذیه DC 15V/5A - میکروولتметр با دقت 20 mv -سیم ها و پایه ها و گیره های مربوطه

الف :مطالعه ترموکوپل با عقربه مغناطیسی

مقدمه :

اختلاف پتانسیل در اتصال دو فلز : فلزات تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد دارند به طوری که مقدار متوسط آن در حدود 10^{28} الکترون آزاد در متر مکعب است. البته مقدار دقیق این عدد در فلزات مختلف متفاوت است. تفاوت انرژی الکترون هایی که بیشترین انرژی را در فلزات دارند (سطح فرمی) با سطح صفر انرژی (حالت آزاد) را تابع کار گویند. وقتی دو فلز با تابع کار متفاوت با یکدیگر در تماس الکتریکی قرار می گیرند چون سطوح فرمی هم سطح می شوند در اتصال اختلاف پتانسیلی معادل اختلاف تابع کار ایجاد می شود که پتانسیل اتصال نام دارد. این مقدار در حد میکرو ولت است و به جنس فلز و دمای اتصال بستگی دارد. می توان از این موضوع جهت ساخت یک ابزار بنام ترموکوپل استفاده کرد.

فرض کنید دو قطعه رسانای ۱ و ۲ از دو نوع ماده مختلف در دو انتهای B,A به یکدیگر متصل شده اند. در نقاط اتصال این دو نوع فلز به علت تفاوتی که تابع کارشان با هم دارد پتانسیل اتصال برقرار است. حال چنانچه این دو انتها در دو دمای متفاوت T_1 و T_2 قرار بگیرند در اثر اختلاف دما یک جریان الکتریکی در حلقه ی بسته این دو فلز برقرار می شود. به این ابزار ترموکوپل می گوییم (شکل ۱). چنانچه یک عقربه مغناطیسی در نزدیکی این ابزار باشد مشاهده خواهیم کرد که میدان مغناطیسی ناشی از عبور جریان باعث می شود عقربه مغناطیسی جهت گیری نماید. (شکل ۲)



شکل (۱) تعریف ترموکوپل

روش آزمایش: یک ترموکوپل با عقربه مغناطیسی بردارید. به وسیله ی یک ابزار حرارتی مانند فندک یا چراغ گاز اتصال مس - کنستانتان را در یک سمت گرم کنید (شکل ۲). مشاهده می کنید که داغ شدن اتصال مذکور باعث چرخش عقربه مغناطیسی میشود. جهت چرخش ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟ اکنون ابزار حرارتی را به سمت دیگر اتصال نزدیک کنید تا آنرا گرم نمایید. کمی صبر کنید. آیا جهت چرخش عقربه مغناطیسی هم عوض می شود؟ چرا؟

دانشگاه بوعلی سینا



شکل (۲) مطالعه ترموکوپل با عقربه مغناطیسی

(ب) مطالعه مگنت ترموالکتریک

مقدمه :

در نظر بگیرید که یک ترموکوپل مس - کنستانتان در اختیار دارید. مثل هر ترموکوپل دیگری وجود اختلاف دما در دو سمت ترموکوپل باعث ایجاد جریان الکتریکی می شود. چنانچه حول این مدار جریان ، پوششی از جنس آهن یا فولاد موجود باشد، میدان مغناطیسی ناشی از عبور جریان پوشش آهنی یا فولادی را تبدیل به آهنربای موقت می کند.

روش آزمایش: وزنه مگنت ترموالکتریک را روی جک آزمایشگاهی قرار دهید. ترموکوپل مس - کنستانتان مخصوص آن را درون شیارهای مگنت قرار داده و قرص حلقه دار قطب دوم آهن ربا را روی آن بگذارید و ضمن اینکه قطب مذکور را روی قطب اول می فشارید به صورت دورانی حرکت دهید تا فاصله هوایی بین دو قطب تا حد ممکن کاهش یابد. جک آزمایشگاهی را بالا ببرید بطوریکه ارتفاع آن به حدی برسد که شعله چراغ گاز بتواند انتهای افقی ترموکوپل را در بر گیرد

و بشر را مملو از یخ و آب سرد کرده و مطابق شکل ۳ طوری قرار دهید که قسمت اعظم انتهای قائم ترموکوپل داخل آب قرار گیرد.

چراغ گاز را روشن کنید و شعله آن را به انتهای افقی ترموکوپل بگیرید و صبر کنید تا گرمای آن به خوبی به ترموکوپل منتقل شود. پس از حدود ۱۰ دقیقه حلقه فوقانی را به آهستگی بالا بکشید. ملاحظه خواهید کرد که دو قسمت مگنت به یکدیگر چسبیده اند و در اثر عبور جریان شدید حدود ۱۰۰ آمپر از حلقه ی جریان ترموکوپل، بخش میانی وزنه آهنربا شده و قرص آهنی را جذب نموده و نگه می دارد. اگر چه اختلاف پتانسیل دو سر ترموکوپل اندک است (حدود ۱۵ mv) اما به علت ناچیز بودن مقاومت ترموکوپل، شدت جریان زیادی در آن ایجاد می گردد.



شکل (۳) مطالعه مگنت ترموالکتریک

مقدمه:

مطالعات انجام شده در حیطه ترموالکتریک تاکنون منجر به کشف ۶ اثر مختلف در این حوزه شده که برخی از آنها کاربردهای وسیعی پیدا کرده اند. از آن جمله می توان به اثر سبیک و اثر پلیر اشاره کرد که از پرکاربردترین ها در علم ترموالکتریک هستند.

اثر سبیک (seebeck effect): در سال ۱۸۲۲ میلادی، سبیک (T. J. Seebeck) دریافت که در مدارى که شامل دو قطعه رسانای ۱ و ۲ از دو ماده مختلف باشد که در دو انتهای A, B به یکدیگر متصل شده و این دو انتها در دو دمای متفاوت T_1 و T_2 قرار گرفته باشند، نیروی محرکه V_T ایجاد می گردد.

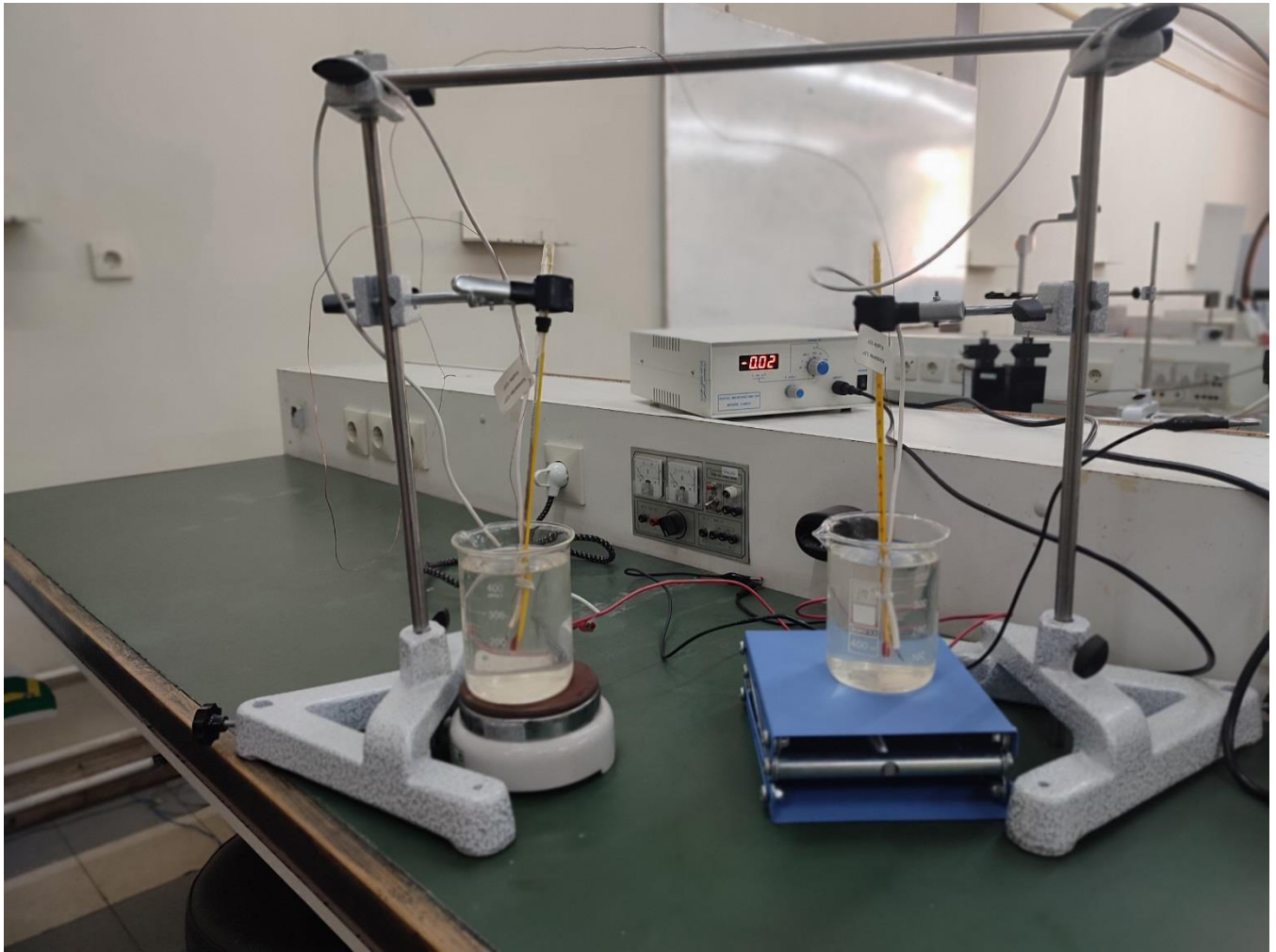
V_T نیروی محرکه گرمایی نامیده می شود. در فواصل محدود دمایی، V_T با اختلاف دمای بین نقاط A, B متناسب است.

$$V_T = \alpha(T_2 - T_1) \quad (1)$$

α ضریب (شیب) ویژه توان ترموالکتریکی نامیده می شود که به جنس رساناها و دما بستگی دارد. چنانچه اختلاف دما برحسب درجه کلوین بیان شده و اختلاف پتانسیل برحسب میکرو ولت باشد، ضریب رابطه را ضریب سبیک می نامند. جدول (۲) ضریب سبیک را برای چند نوع رسانا و نیمرسانا و چند نوع ترموکوپل نشان داده است.

برای نیروی محرکه گرمایی V_T سه منشاء شناسایی شده است این سه منشاء عبارتند از جریان جهت دار حامل های بار رسانا در اثر وجود گرادیان دما، تغییر مکان تراز فرمی و کشش الکترون ها توسط فونونها.

دانشگاه بوعلی سینا



شکل (۴) بررسی اثر سیبک در ترموکوپل

روش آزمایش

- دو بشر شیشه ای نشکن بردارید و در هر دو به میزان مساوی آب با دمای یکسان بریزید و دمای آنها را یادداشت کنید.
- یک قطعه سیم کنستانتان به طول تقریبی ۰,۵ متر انتخاب و دو قطعه مساوی سیم مسی به دو انتهای آن متصل نمایید و دو اتصال مربوطه را به طور مشابه در آب داخل بشرها وارد کنید.
- دما سنج الکلی ای را روی هر کدام از اتصالات به روش مناسبی ثابت کنید طوری که سر دماسنج ها هم داخل آب بشرها قرار گیرد (برای سهولت کار مجموعه وسایل را با کمک مدرس خود روی پایه ها و گیره های مناسب ثابت کنید. گیره های حلقه دار را جهت امنیت بیشتر برای نگهداری بشرها بکار گیرید).

دو سر آزاد سیم های مسی را به وسیله ی دو کابل سر سوسماری به میکرو ولتметр متصل کنید. میکروولتметр را روشن کنید و گستره دقت آنرا در محدوده 20Mv قرار دهید. از آنجا که اختلاف دما صفر است، میکروولتметр هم نباید عبور جریان نشان دهد، بلکه باید عدد صفر را نشان دهد. اگر این چنین نبود با پیچ تنظیم صفر، آنرا صفر کنید. ($T_1=T_2$, $V=0$)

- زیر یکی از بشرها جک آزمایشگاهی قرار دهید و زیر بشر دیگر هیتر برقی قرار دهید. جک را تا ارتفاع هیتر بالا بیاورید به طوریکه همسطح باشند.
- هیتر را روشن کنید و اجازه دهید آب داخل را تا حدود ۵۰-۶۰ درجه سانتی گراد گرم کند. هیتر را خاموش کنید و از زیر بشر بردارید با یک وسیله مناسب آب داخل بشر را هم بزنید تا حرارت به طور یکنواخت پخش شود اکنون دمای آب را قرائت کنید (T_1) دمای بشر دیگر را هم بخوانید (T_2)
- عددی را که میکرو ولتметр نشان می دهد یادداشت کنید. (V)
- هر چند ثانیه یکبار T_1 و V و T_2 را قرائت کنید و در جدول ۱ یادداشت کنید. (مجموعاً ۶ بار)

	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_1(\text{k})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$T_2(\text{k})$	$V(\mu\text{V})$	$\alpha(\mu\text{V}/\text{K})$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

جدول (۱) بررسی اثر سبیک در ترموکوپل

- آزمایش فوق را برای ترموکوپل مس - کرم نیکل نیز تکرار کنید و جدول متناظر برای آنرا نیز پر کنید.

Semiconductors	Seebeck Coefficient
	$\mu\text{V/K}$
Se	900
Te	500
Si	440
Ge	300
n-type Bi_2Te_3	-230
p-type $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$	300
p-type Sb_2Te_3	185
PbTe	-180
$\text{Pb}_{0.3}\text{Ge}_{30}\text{Se}_{58}$	1670
$\text{Pb}_{0.6}\text{Ge}_{36}\text{Se}_{58}$	1410
$\text{Pb}_{0.9}\text{Ge}_{33}\text{Se}_{58}$	-1360
$\text{Pb}_{1.3}\text{Ge}_{29}\text{Se}_{58}$	-1710
$\text{Pb}_{1.5}\text{Ge}_{37}\text{Se}_{58}$	-1990
SnSb_4Te_7	25
SnBi_4Te_7	120
$\text{SnBi}_3\text{Sb}_1\text{Te}_7$	151
$\text{SnBi}_{2.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_7$	110
$\text{SnBi}_2\text{Sb}_2\text{Te}_7$	90
PbBi_4Te_7	-53

Type	Couples	Seebeck Coefficient
		$\mu\text{V/K}$
E	Chromel-Constantan	60
J	Iron-Constantan	51
T	Copper-Constantan	40
K	Chromel-Alumel	40
N	Nicrosil-Nisil	38
S	Pt (10% Rh)-Pt	11
B	Pt (30% Rh)-Pt (6% Rh)	8
R	Pt (13% Rh)-Pt	12

جدول (۲) نمونه ی تعدادی ضریب سیبک

(د) مدرج کردن ترموکوپل آماده

مقدمه

برای این کار نیز از تئوری اثر سیبک استفاده می شود، فقط باید توجه شود که جهت مدرج کردن یک ترموکوپل ، حتماً باید دمای اولیه صفر درجه باشد و میکروولتметр در آن دما، ولتاژ صفر را نشان دهد.

روش آزمایش :

(۱) یک بشر پر از آب بردارید و آنرا روی هیتر برقی قرار دهید اما هیتر را روشن نکنید. دما سنج را توسط نخ محکمی طوری آویزان کنید که درون آن و تقریباً در وسط بشر قرار گیرد و با کف بشر تماس نداشته باشد.

(۲) یکی از ترموکوپل های آماده مثلاً نوع K را بردارید و فیش BNC آن را به میکروولتметр وصل کنید.

۳) مقداری یخ به آب داخل بشر اضافه کنید و صبر کنید تا دما به صفر درجه سلسیوس برسد. در این لحظه میکرو ولتمتر را روشن کنید و دقت آنرا در گستره 20mV قرار دهید.

۴) چنانچه میکرو ولتمتر عدد صفر را نشان نمیدهد، آن را تنظیم کنید. $T=0$, $V=0$

۵) آب داخل بشر را به طور مداوم به آرامی هم بزنید.

۶) اکنون یخ های اضافی را بردارید و هیتر را روشن کنید تا آب گرم شود حرارت هیتر را روی حداقل بگذارید تا بتوانید دما را کنترل کنید.

۷) همچنان به هم زدن آب ادامه دهید.

۸) هیتر را بردارید و در حالی که باز هم آب را هم می زنید پس از ثابت شدن دما، میزان دما و ولتاژ را قرائت کنید و در جدول یادداشت کنید.

۹) مجدداً هیتر را زیر بشر برگردانید و بگذارید دما کمی بالاتر رود سپس مراحل ۷ و ۸ را تکرار کنید. این کار را آنقدر ادامه دهید تا حداقل ۵ سطر از جدول پر شود. (افزایش دما را تا بالاترین دمای در دسترس یعنی دمای جوش آب ادامه دهید.)

۱۰) برای رسیدن به دماهای بالاتر می توان به جای آب از روغن اتومبیل یا روغن سیلیسکون استفاده کرد.

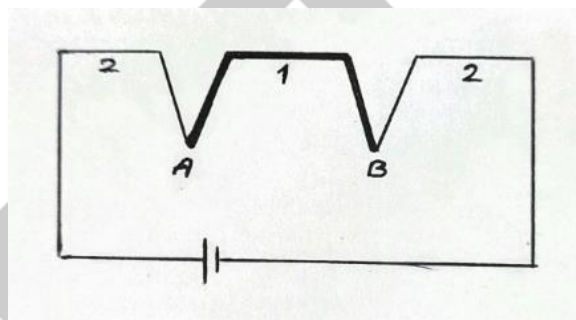
	$T(^{\circ}C)$	$V(mV)$	α
1			
2			
3			
4			
5			

جدول (۳) مدرج کردن ترموکوپل آماده

هـ) اثر پلتیر :

مقدمه:

فرض کنید شدت جریان I از مداری متشکل از دو ماده ناهمسان ۱ و ۲ مطابق شکل ۴ می گذرد گرمای ژول ایجاد شده در محل های اتصال A, B از رابطه زیر به دست می آید.



شکل (۴) اثر پلتیر

$$Q = RI^2 t \quad (۲)$$

که در آن R مقاومت محل اتصال و t زمان عبور جریان است. این گرمایی است که در محل اتصال ماده های مورد نظر تولید می شود و گرمای ژول نامیده میشود. گرمای ژول در هر نقطه از مدار با توجه به مقاومت همان قسمت به وجود می آید و قابل محاسبه است.

در عین حال در نقاط اتصال مواد مختلف علاوه بر گرمای ژول، گرمای دیگری نیز ایجاد و یا جذب می گردد که به ترتیب موجب گرم شدن و یا سرد شدن نقطه اتصال می شود. این پدیده اولین بار در سال ۱۸۳۴ میلادی توسط J.C.A.Peltier کشف گردید و به اثر پلتیر معروف است.

گرمای اضافی آزاد و یا جذب شده در محل اتصال گرمای پلتیر Q_p نامیده می شود.

آزمایش ها نشان می دهد که Q_p متناسب با شدت جریان و مدت زمان عبور آن است.

$$Q_p = \pi I t \quad (۳)$$

ضریب تناسب π ضریب پلتیر نامیده میشود که مقدار آن بستگی به جنس مواد و دما دارد .

رابطه مستقیمی بین آثار پلتیر و سیبک وجود دارد. اختلاف دما در مداری که شامل رساناهای متفاوت باشد ایجاد شدت جریان می کند و عبور شدت جریان از چنین مداری اختلاف دما به وجود می آورد. عامل ارتباطی این امر انرژی است. تامسون (لرد کلوین) که مولف نظریه ترمودینامیک اثر ترموالکتریک است، نشان داد که

$$\alpha = \frac{\pi}{t} \quad (4)$$

اثر پلتیر را می توان در محل اتصال دو فلز ناهمسان، یک فلز و یک نیم رسانا، و حتی محل اتصال دو نیم رسانا نیز مشاهده کرد. از جمله کاربردهای آن به کارگیری نیم رساناهای p-n در دمنده های سرما و گرما و نیز ساخت یخچالهای داخل ماشین است.

روش آزمایش:

۱. از ترموکوپل دست ساز مس - کنستانتان که در مرحله ج بکار بردید استفاده کنید.
۲. دو اتصال مس - کنستانتان را مانند مرحله ج در دو بشر یا کالریمتر حاوی آب (با حجم و دمای اولیه مساوی) قرار دهید. دو عدد دما سنج را روی این اتصالات فیکس کنید. دقت کنید دما سنج ها و اتصالات به طور مشابه در آب قرار گیرند.
۳. دو سر آزاد سیم های مس را توسط کابل سر سوسماری به منبع تغذیه متصل کنید. به یک کرنومتر نیاز دارید.
۴. شرایط محیطی هر دو دما سنج یکسان است. اگر دماسنج ها سالم بوده و دارای کالیبراسیون یکسان باشند، باید مادامی که جریانی از مدار عبور نمی کند ($I=0$) دمای دما سنج ها (T_1, T_2) یکسان باشد.
۵. منبع تغذیه را روشن نموده و شدت جریان مناسبی در حدود 1.5A از مدار عبور دهید. آب داخل کالریمترها را به طور مداوم و به آهستگی بهم بزنید. کرنومتر را همزمان منبع تغذیه روشن کنید.
۶. پس از مدتی دماهای T_1 و T_2 را یادداشت کنید. I را یادداشت کنید. آیا اثر پلتیر قابل مشاهده است؟ زمان t را ثبت کنید.
۷. جدول شماره ۴ را پر کنید.

	I(A)	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T = T_2 - T_1 $	t(s)
1	0			0	0
2					

جدول (۴) بررسی اثر پلتیر

۸. مشاهدات خود را یادداشت کنید.

پرسش ها:

۱. در آزمایش الف چنانچه عقربه مغناطیسی در جهت باد ساعتگرد حرکت کند حدس بزنید کدام سمت ترموکوپل (راست یا چپ) حرارت بیشتری دریافت کرده بوده است؟ جریان الکتریکی در چه جهتی برقرار است؟ علت را توضیح دهید.

۲. چنانچه در آزمایش ب سطح مقطع قطعه مسی را به شدت کاهش دهیم ولی همچنان همان انرژی حرارتی قبل را برای بالا بردن دمای آن به کار بریم، ولتاژ، شدت جریان، شدت میدان مغناطیسی و نحوه چسبندگی اجزاء مگنت به یکدیگر چگونه تغییر می کنند؟ شرح دهید.

۳. در آزمایش ج (اثر سیبک) پس از آن که سر هر دو اتصال مس - کنستانتان را به همراه دما سنج داخل آب بشرها قرار دادید یکی از بشرها را پائین بکشید تا اتصال مربوطه و دما سنج آن از آب بیرون بیاید. مشاهده خواهید کرد که میکرو ولتمتر عبور جریانی را نشان می دهد. علت را توضیح دهید.

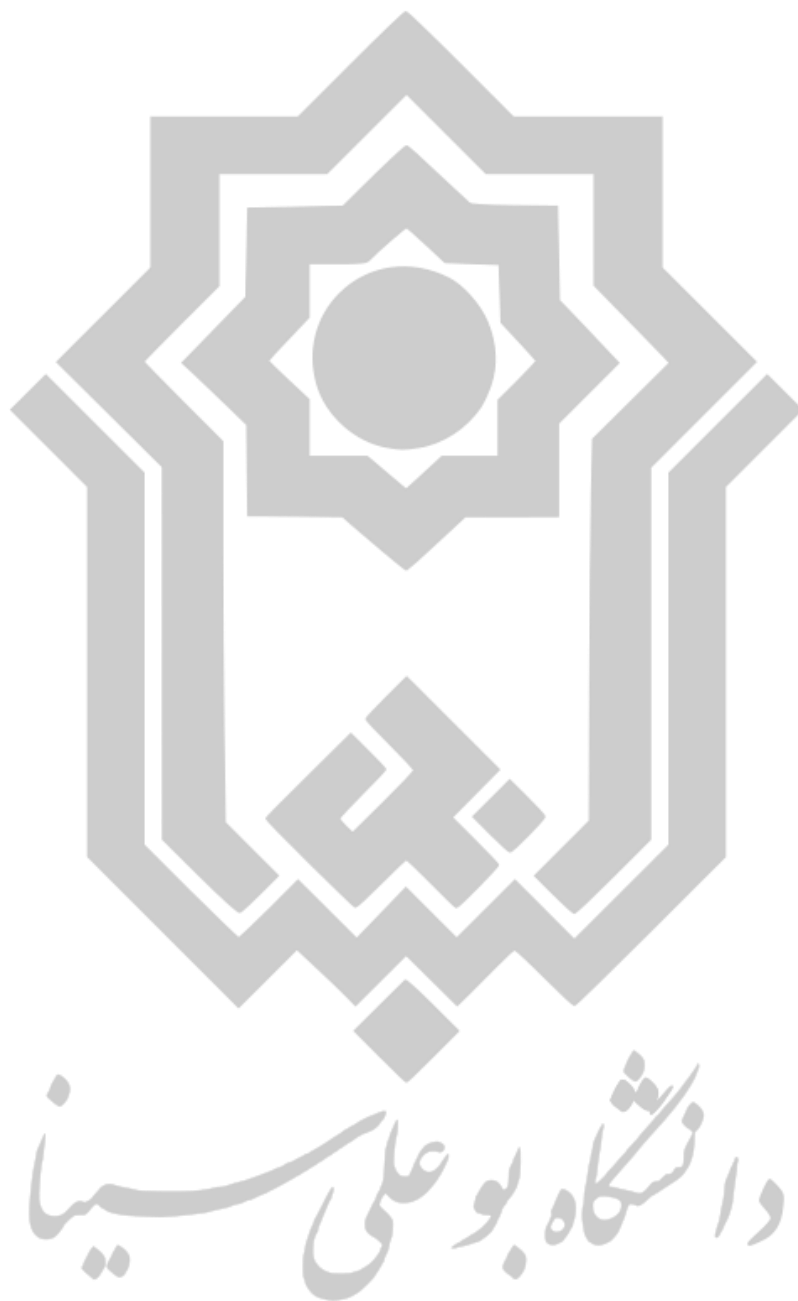
۴. در آزمایش ج نمودار V بر حسب $(T_2 - T_1)$ را در کاغذ میلیمتری رسم کنید. α را از روی نمودار محاسبه کنید.

۵. نمودار V بر حسب T را برای هر نوع ترموکوپلی که در مرحله د بکار برده اید، رسم کنید.

۶. α ترموکوپل آماده را محاسبه کنید. آیا دقیق است؟

۷. بزرگ یا کوچک بودن کمیت α برای یک ترموکوپل نشان دهنده چه خاصیتی است؟

۸. در آزمایش هد (اثر پلتیر) آیا تنها دمای یکی از دما سنج ها افزایش می یابد یا هر دو افزایش می یابد و یا اینکه یکی افزایش و دیگری کاهش می یابد؟



آزمایش شماره ۳: تعیین ضریب گرمایی در مقاومتهای فلزی و مقاومتهای نیمه رسانا

هدف آزمایش:

(الف) اندازه گیری مقاومت فلزی به صورت تابعی از دما و تعیین ضریب گرمایی آن

(ب) اندازه گیری مقاومت نیمه هادی به صورت تابعی از دما و تعیین ضریب گرمایی آن

وسایل آزمایش:

مقاومت فلزی نوبل - مقاومت نیمه رسانا - پل تار - باتری و محفظه - گالوانومتر - مقاومت معلوم $1K\Omega$ & 100Ω --

کوره الکتریکی - دماسنج دیجیتالی - کلید قطع و وصل - سیم رابط

مقدمه: مقاومت الکتریکی در فلزات تابعی از دما است برای هر نوع فلز می توان یک رابطه خطی بین مقاومت آن و دما

نوشت که لااقل در محدوده وسیعی از دما معتبر باشد.

$$R(\Theta) = R(o)(1 + \alpha\Theta) \quad (1)$$

$R(o)$ مقاومت فلز در دمای صفر درجه سلسیوس - Θ دما بر حسب درجه سلسیوس و $R(\Theta)$ مقدار مقاومت در دمای

Θ است. α ضریب گرمایی مقاومت آن فلز نامیده می شود.

ضریب گرمایی α در مورد فلزات فلزات نجیب مانند طلا و پلاتین عددی ثابت است و در مورد اغلب رساناها بستگی

اندکی به دما دارد اما در مورد مواد نیم رسانا بستگی بسیار شدیدی به دما دارد. مواد نیم رسانا می توانند از نوع

(Negative thermal coefficient) NTC وابستگی منفی دمایی و یا از نوع (Positive thermal coefficient) PTC

وابستگی مثبت دمایی باشند.

در مورد NTC مقدار مقاومت با افزایش دما کاهش می یابد و ضریب گرمایی α اعداد منفی را شامل می شود. اما در مواد

PTC مقدار مقاومت با افزایش دما افزایش می یابد و ضریب گرمایی α شامل اعداد مثبت می گردد.

هر یک از انواع این مقاومت ها در صنعت کاربرد مخصوص به خود را دارا می باشند.

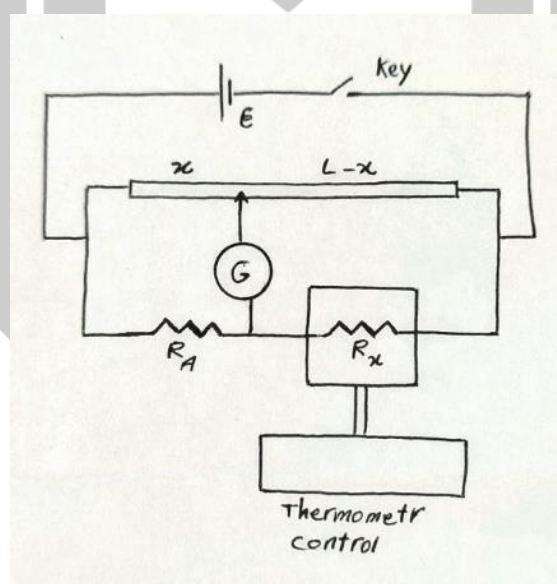
روش آزمایش:

در این آزمایش قصد داریم منحنی تغییرات مقاومت برای یک مقاومت فلزی نجیب و یک مقاومت نیم رسانا بر حسب دما را رسم نموده و ضمن مشاهده وابستگی α به دما در هر یک و اندازه گیری α در دماهای مختلف برای آنها، تفاوت های این دو نوع مقاومت را ملاحظه نمائیم.

برای اندازه گیری مقدار مقاومت، از روش پل تار استفاده می کنیم

در مدار پل تار (شکل ۱) هر گاه پل در حالت تعادل باشد، گالوانومتر G عبور هیچ جریانی را نشان نمی دهد ($I_G = 0$). در نتیجه می توان نوشت:

$$\text{If } I_G = 0 \Rightarrow R_B X = R_A(L-X) \text{ , } R_A = R_B \frac{X}{L-X} \quad (1)$$



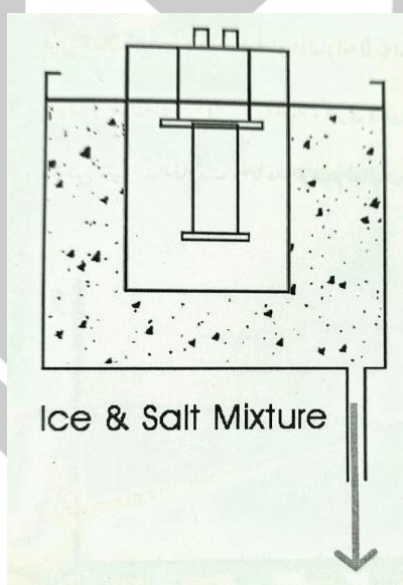
شکل (۱) مدار پل تار

در رابطه (۱)، L طول کلی رئوستا با مقاومت تاری است. R_A و R_B مقاومت هایی هستند که می توان هر کدام را بر حسب دیگری و X و L محاسبه کرد. در شکل یک G گالوانومتر و E منبع تغذیه DC است. درستی رابطه (۱) به راحتی از طریق قوانین KVL, KCL قابل اثبات است.

جهت ایجاد دماهای متفاوت از کوره الکتریکی برای بالا بردن دما استفاده می کنیم. این آزمایش را در دماهای کمتر از دمای اتاق (تا حدود 50°C -) هم با همین وسایل می توان انجام داد که جهت کاهش دما می بایست از روش های تبرید مانند روش ازت مایع و یا روش مخلوط نمک و یخ استفاده کرد.

(برای تبرید با ازت مایع به این روش عمل می کنیم که ابتدا مقداری ازت مایع داخل کالریمتر یا فلاسک می ریزیم و مجموعه ی مقاومت و حسگر دما را بالای آن می آویزیم. سپس با دور یا نزدیک کردن این مجموعه به سطح ازت مایع، دمای مجموعه را تغییر می دهیم تا مقدار مقاومت تغییر کند. حسگر دمایی بطور همزمان دما را برای ما اندازه می گیرد تا در محاسبات استفاده کنیم.

در روش تبرید با مخلوط یخ و نمک، ابتدا درون یک ظرف مناسب که در کف آن سوراخی برای خروج مایعات دارد، مقداری یخ خورده شده و نمک می ریزیم و درون آن یک استوانه ی فلزی که مجموعه ی مقاومت را در درونش گذاشته ایم و از بدنه عایق کرده ایم، قرار می دهیم. با اندازه گیری دما و سایر محاسبات مربوطه مقادیر مقاومت را حساب می کنیم. شکل (۲)



شکل (۲) تبرید با یخ و نمک

اکنون مراحل ذیل را به ترتیب انجام دهید :

(الف) اندازه گیری مقاومت فلزی به صورت تابعی از دما و تعیین ضریب گرمایی آن :

۱. مدار پل تار را مطابق شکل ۱ ببندید.
۲. مقاومت فلزی نوبل را (نام مقاومت است) درون کوره الکتریکی جای دهید. کوره از طریق منبع تغذیه کوره، یک سیستم کنترل دما شامل دیمر و ترموستات هم دارد. لذا با تنظیم سیستم دیمر و ترموستات می توان ترتیبی اتخاذ کرد تا پس از آنکه کوره به دمای مورد نظر ما رسید، جریان برقش قطع شود و دمای آن بالاتر از حد مذکور نرود. بنابراین لازم است ترموکوپل متصل به سیستم کنترل دما را داخل کوره قرار دهیم.
۳. سر BNC سیم حسگر دما (ترموکوپل) را به سیستم کنترل دما متصل کنید. سر دیگر آنرا از حفره پشت کوره داخل کوره بفرستید. مطمئن شوید که دقیقاً در وسط کوره و نزدیک به جای مقاومت قرار گرفته باشد.
۴. دکمه set را در روی ترموستات فشار دهید تا چراغ sv روشن شود. با پیچاندن دکمه تنظیم دما، آن را روی حدی که مدرس تعیین میکند (حدود 250°C) قرار دهید. حال دکمه set را مجدداً فشار دهید تا چراغ pv روشن شود. این نهایت دمایی است که کوره به آن خواهد رسید. در این حالت دما سنج دیجیتال دمای داخل کوره را نشان می دهد.
۵. صبر کنید دمای کوره به نزدیکی حد نهایی خود برسد. کوره را خاموش کنید. زیرا روند کاهش دما در کوره ی خاموش، کندتر از روند افزایش دما در کوره ی روشن است. بنابراین اندازه گیری مقادیر مورد نیاز در حالتی که دما کاهش می یابد سهلتر خواهد بود.
۶. در یک دمای قابل خواندن کلید را برای لحظه ای وصل کنید. چنانچه گالوانومتر عبور جریانی را نشان می دهد، لغزنده پل را جابه جا کنید تا جریان گالوانومتر صفر شود. کلید را قطع کنید.
۷. طول کلی تار (L) را یادداشت کنید.
۸. طول های X و L-X را اندازه بگیرید و در جدول شماره (۱) یادداشت کنید (جدول ۱- الف)
۹. صبر کنید تا دما باز هم افت کند. با گام های ۵ یا ۱۰ درجه سلسیوس مراحل ۶ تا ۸ را تکرار کنید و آنقدر ادامه دهید تا جدول پر شود.

ردیف	$R_A(\Omega)$	$\Theta(^{\circ}\text{C})$	$X(\text{cm})$	$L-X(\text{cm})$	$R_X = R \frac{L-X}{X}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

جدول (۱) الف و ب

برای مقاومت فلزی $R_A = 100 \Omega$ است و برای مقاومت نوبل $R_A = 1000 \Omega$ است.

ب) اندازه گیری مقاومت یک نیمه هادی در دمای اتاق و بالاتر:

- مقاومت فلزی نوبل را از کوره خارج کنید مراقب باشید مقاومت بسیار داغ شده است !
- به جای آن مجموعه مقاومت نیمه هادی را قرار دهید و حسگر دما را از حفره پشت ، کوره داخل بخش مرکزی مجموعه مقاومت قرار دهید.
- چون کوره از قبل گرم شده است پیچ دیمر را صفر کنید و در حالیکه دمای کوره کاهش می یابد آزمایش را به روش قبلی انجام دهید مراحل ۱ تا ۹ را مجدداً تکرار کنید.
- جدول یک را بار دیگر عیناً رسم کنید و آنرا با مطالب این بخش پر کنید. (جدول ۱- ب)

پرسش‌ها:

۱. چند مورد از کاربردهای مقاومتهای نیم رسانای PTC و NTC در صنایع را نام ببرید. آیا می توان از آنها برای کنترل دما استفاده کرد؟
 ۲. نمودار R بر حسب θ را برای مقاومت فلزی بخش الف با استفاده از مقادیر جدول ۱- الف در کاغذ میلیمتری رسم کنید. آیا نمودار خطی است؟
 ۳. شیب خط نمودار مذکور $\alpha R(0)$ است. عرض از مبدا در این نمودار معرف چه کمیتی است؟ α را مشخص کنید.
 ۴. آیا α برای مقاومت فلزی مورد آزمایش عدد ثابتی است؟
 ۵. نمودار R بر حسب θ را برای مقاومت نیمه های و با استفاده از مقادیر جدول ۱- ب در کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- جهت یاد آوری روش پل تار رجوع کنید به دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ دانشگاه بوعلی سینا - آزمایش پل تار

دانشگاه بوعلی سینا

هدف آزمایش:

✓ اندازه گیری شدت نور جریان I_{ph} (photo current) بر حسب تابعی از ولتاژ U در روشنایی ثابت $\emptyset$

✓ اندازه گیری شدت نور جریان I_{ph} بر حسب تابعی از روشنایی $\emptyset$ در ولتاژ ثابت U

وسایل آزمایش:

مقاومت نوری (فوتورزیستور) شکاف متغیر، میزچه اپتیکی (۲ عدد)، توری پراش پلاریزور و آنالیزور مدرج (۲ عدد)، نور افکن و منبع تغذیه مربوطه، عدسی با فاصله کانونی $F=100\text{mm}$ ، منشور 60° درجه، میکرو آمپر متر، منبع تغذیه ۲۰۰ ولت DC، ولت سنج، پایه ها و گیره های مناسب، سیم رابط به تعداد مورد نیاز

مقدمه:

در تقسیم بندی مقاومت ها به دسته های مختلف، دسته ای از مقاومتها وجود دارند که مقدار مقاومتشان وابسته به میزان و فرکانس نوری است که بر آنها می تابد. این مقاومتها از جنس نیمه هادی ها ساخته می شوند و وابسته به تابش نور هستند. (photo conductive cells)

مقاومت های نوری کاربردهای فراوان در زندگی شهری دارند که از جمله آنها می توان به کلید های سحر گاهی (روشن کردن چراغ های خیابان ها در عصر و خاموش کردن چراغ ها در سحرگاه) و سایر انواع نور سنج ها اشاره نمود. مواد نیمه هادی به کار رفته در ساخت مقاومت های نوری معمولاً "ترکیبات کادمیم و به ویژه کادمیم سولفاید cds می باشد.

از لحاظ میکروسکوپی نور رسانشی عبارت است از افزایش رسانش الکتریکی σ در یک جسم جامد در اثر جذب نور.

در مقاومت های نوری زمانی که مقاومت تحت تابش نور قرار می گیرد انرژی جذب شده در جسم جامد (مقاومت) موجب افزایش انرژی الکترون های فعال در لایه ظرفیت شده و در نتیجه الکترون ها به باند هدایت انتقال می یابند. در نهایت تعداد حامل های بار در شبکه بلور افزایش می یابد و در نتیجه رسانش الکتریکی σ تغییر می کند.

آزمایش ها نشان داده است که:

$$I_{ph} = \frac{A}{d} \Delta \sigma U \quad (1)$$

A مقطع موثر مسیر جریان

D فاصله بین الکترونها

σ رسانش الکتریکی

U ولتاژ اعمالی

I_{ph} شدت نور جریان

در این آزمایش قصد داریم با ایجاد تغییر در ولتاژ و نیز ایجاد تغییر در شدت روشنایی روابط مقبولی بین I_{ph} و U و θ (شدت روشنایی) به دست آوریم.

یک مقاومت نوری cds را در نظر بگیرید که در معرض نور یک لامپ واقع شده است. روشنایی θ در محل قرارگیری مقاومت مذکور با استفاده از دو عدد قطبشگر (پلاریزور و آنالیزور) که در مسیر نور و پشت سر هم قرار میگیرند، تغییر داده می شود.

طبق قانون مالوس، هر گاه بین صفحه قطبش قطبشگرها نسبت به یکدیگر زاویه θ وجود داشته باشد شدت روشنایی از رابطه زیر به دست می آید:

$$\theta = \theta_0 D \cos^2 \theta \quad (2)$$

θ_0 روشنایی بدون وجود قطبشگرها

D ضریب عبور دهی وقتی که محور قطبشگرها موازی هستند

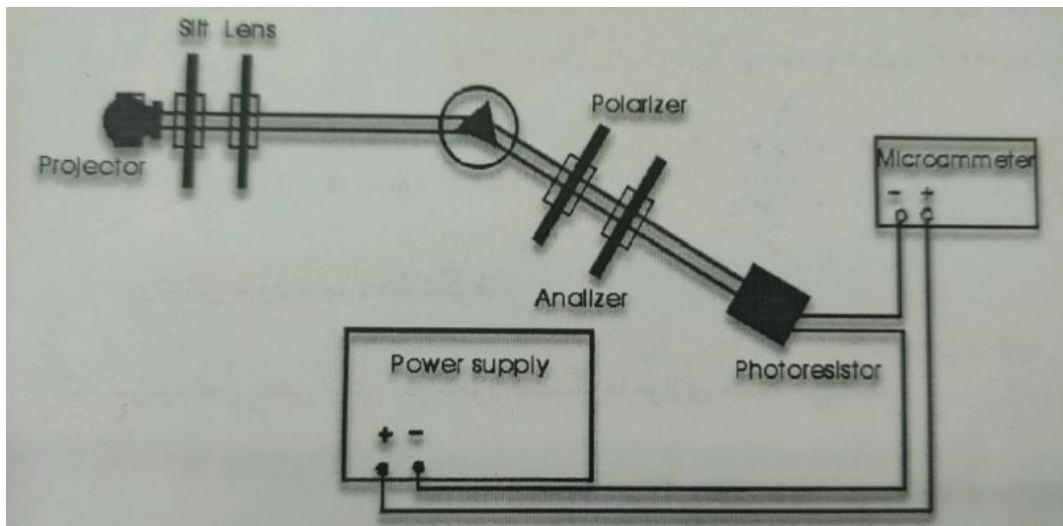
θ زاویه بین دو قطبشگر

در نتیجه چنانچه زاویه بین توری های پلاریزور و آنالیزور (قطبشگرها) را نسبت به یکدیگر تغییر دهیم شدت نور تابیده به مقاومت نوری را می توانیم تغییر دهیم.

روش آزمایش:

(۱) اندازه گیری I_{ph} بر حسب تابعی از ولتاژ U در روشنایی ثابت $\emptyset$

- ✓ چیدمان میز آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. منشور 60° درجه را برای تجزیه طیف نور سفید به رنگهای بنفش و آبی و زرد و سبز و ... بکار می گیریم. چیدمان میز را چک کنید و چنانچه ایرادی وجود دارد آن را بر طرف کنید.
- ✓ محیط کار خود را تا حد ممکن تاریک کنید، به گونه ای که تنها نور غالب ناشی از نور افکن باشد.
- ✓ نورافکن را به منبع تغذیه متصل نموده و روشن کنید تا نور آن پس از عبور از شکاف متغیر به منشور بتابد و طیف نور سفید با رنگهای قابل تشخیص تشکیل گردد.
- ✓ میزچه اپتیکی دوم را حول گیره مدرج آنقدر بچرخانید تا طیف مزبور بر روی مقاومت نوری بیافتد.
- ✓ عدسی را روی میزچه اپتیکی جابه جا کنید تا تصویر واضحی از طیف تشکیل شده بر روی مقاومت نوری ظاهر شود.
- ✓ بهتر است یک تکه کاغذ سفید روی قسمت جلویی محفظه مقاومت نوری به نحوی بچسبانید که دیدن طیف نور را راحت تر کند.
- ✓ . زوایای محورهای پلاریزور و آنالیزور را صفر کنید.
- ✓ با تنظیم میزچه اپتیکی، یکی از طول موج ها (رنگ های) نور - مثلاً نور سبز - را بر روی شکاف واقع در دهانه محفظه فوتورزیستور بتابانید.
- ✓ ولتاژ منبع تغذیه متصل به فوتورزیستور را روی $20V$ تنظیم نمائید. میکرو آمپر متر را روشن کنید. شدت جریان I_{ph} را قرائت کرده و در جدول شماره یک یادداشت کنید .



شکل (۱) چیدمان میزچه های اپتیکی

ولتاژ منبع تغذیه متصل به فوتورزیستور را به صورت پله های ۲ ولتی کاهش دهید تا به ۰ برسد. در هر مرحله I_{ph} را در ردیف مربوطه در جدول ۱ یادداشت کنید. در این مدت زاویه بین قطبشگرهای نور را تغییر ندهید.

$I_{ph}(\mu A)$						$I_{ph}(\mu A)$					
ردیف	$U(v)$	$\theta = 0$	$\theta = 30$	$\theta = 45$	$\theta = 60$	ردیف	$U(v)$	$\theta = 0$	$\theta = 30$	$\theta = 45$	$\theta = 60$
1	20					7	8				
2	18					8	6				
3	16					9	4				
4	14					10	2				
5	12					11	0				
6	10										

جدول (۱) اندازه گیری I_{ph} بر حسب تابعی از ولتاژ U در روشنایی ثابت $\emptyset$

✓ اندازه گیری فوق را برای حالاتی که زاویه بین محورهای توری پلاریزور و آنالیزور، ۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰ درجه باشد تکرار نماید و جدول ۱ را برای هر حالت به طور جداگانه پر کنید. کلیه اعداد و جدول ها را در گزارش کار خود مرقوم نمائید.

(2) اندازه گیری I_{ph} بر حسب تابعی از روشنای ϕ در ولتاژ ثابت U

با توجه به رابطه (۲) می توان نتیجه گرفت که چنانچه از اولین توری قطبش شدت روشنایی ϕ هر عبور کند هرگاه زاویه بین این دو توری و توری دوم θ باشد، شدت نور پس از عبور از توری دوم به $\phi \cos^2 \theta$ کاهش می یابد .

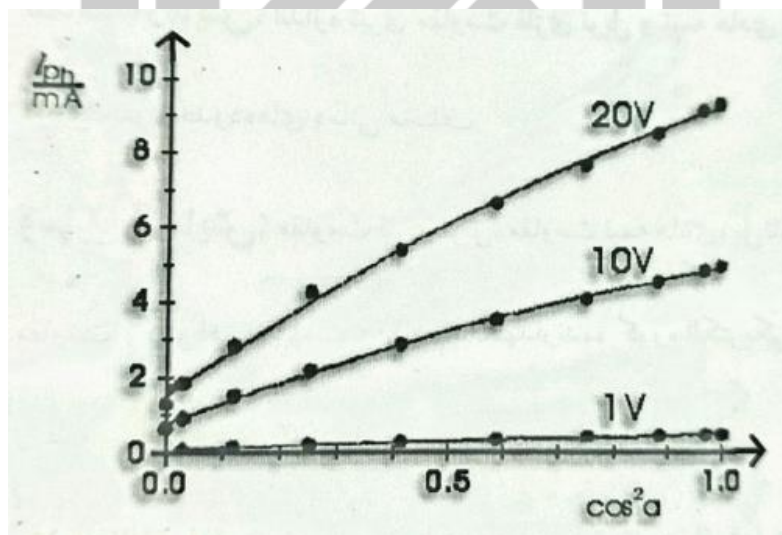
- محدوده طول موج دیگری - مثلا نور قرمز - را انتخاب کنید تا روی شکاف محفظه فوتورزیستور بتابد.
- ولتاژ منبع متصل به فوتورزیستور را روی مقدار دلخواهی - مثلا ۱ ولت - قرار دهید و دیگر آن را تغییر ندهید.
- زاویه θ بین پلاریزور و آنالیزور را به ترتیب روی ۰ و ۳۰ و ۴۵ و ۶۰ درجه قرار دهید و در هر مرحله شدت جریان میکرو آمپر متر را یادداشت کنید. جدول شماره ۲ را پر کنید. اگر زاویه ی مذکور را روی ۹۰ درجه قرار دهید چه اتفاقی می افتد؟

ردیف	θ	$I_{ph}(\mu A)$				
		U(v)=1	U(v)=5	U(v)=10	U(v)=15	U(v)=20
۱	0					
۲	30					
۳	45					
۴	60					

جدول (2) اندازه گیری I_{ph} بر حسب تابعی از روشنای ϕ در ولتاژ ثابت U

- ولتاژ منبع را تغییر داده و جدولهای مشابه جدول ۲ را برای ولتاژهای ۵۷، ۱۰۷، ۱۵۷، ۲۰۷ تکرار نموده و مقادیر به دست آمده را یادداشت کنید.

۱. همه منحنی های تغییرات I_{ph} بر حسب U را در روشنایی ثابت را برای مقاومت نوری خود با استفاده از جداول به دست آمده در بخش (۱) در یک دستگاه مختصات ترسیم نمائید.
۲. در منحنی های فوق آیا نسبت $\frac{I_{ph}}{U}$ در هر یک از منحنیها عدد ثابتی است؟ این عدد در منحنی های متفاوت با یکدیگر متفاوت است؟ تغییر $\frac{I_{ph}}{U}$ بر حسب θ صعودی است یا نزولی؟ چه نتیجه ای می گیرید؟
۳. همه منحنی های تغییرات I_{pn} بر حسب $\cos^2 \theta$ در ولتاژ ثابت را برای مقاومت نوری خود با استفاده از جداول به دست آمده در بخش (۲) در یک دستگاه مختصات ترسیم نمائید.
۴. آیا تمام منحنی ها خطی هستند؟ شیب این منحنی ها نشان دهنده چه کمیتی است؟ شیب مذکور با افزایش θ کاهش می یابد یا افزایش؟
۵. با مقایسه نتایج بخش (۱) و (۲) توضیح دهید که مقاومت مورد آزمایش شما در معرض کدام طیف نور، شدت جریان کمتر و در معرض کدام طیف نور، شدت جریان بیشتری را از خود عبور می دهد؟



منحنی شماره (۱) نمونه ی روش رسم منحنی برای پرسش شماره ۳

هدف آزمایش :

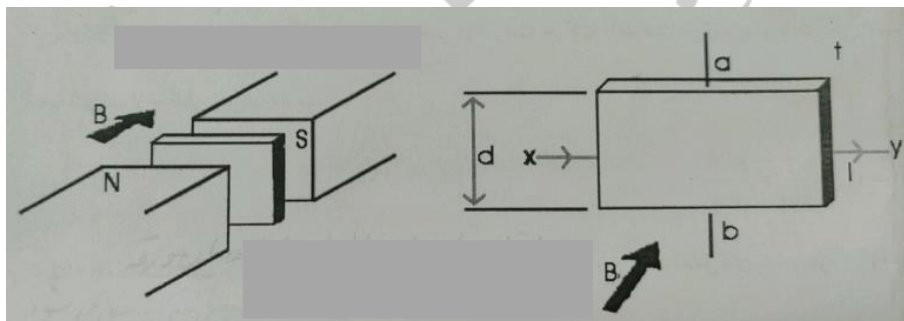
بررسی اثر هال - تعیین نوع حامل های بار الکتریکی یکی در دو نوع رسانا - محاسبه چگالی حجمی الکترون های آزاد در رساناهای مورد آزمایش

وسایل آزمایش :

آهنربای الکتریکی (الکترومگنت) 0.6 T - برد هال مس - برد هال نقره - منبع تغذیه 20V, 10A
منبع تغذیه 10V, 20A - میکرو ولت متر - سیم های رابط - سیم BNC

مقدمه :

فرض کنید مکعب مستطیلی به طول L و عرض d و ضخامت t از نوعی فلز - مثلاً "مس یا نقره" - برش داده ایم. قطعه مذکور را در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می دهیم، به گونه ای که جهت میدان بر صفحه ی (طول $\times$ عرض) قطعه ی مذکور عمود باشد و نیز یک جریان الکتریکی در راستای طول قطعه از آن عبور می دهیم. در این حالت یک ولتاژ دیگر به نام ولتاژ «هال» در این قطعه ایجاد می شود که در راستای عرض قطعه (یعنی d) اعمال می گردد. به همین علت به آن «جریان عرضی» گفته می شود. (شکل ۱)



شکل (۱) اثر هال

با تعیین جهت این ولتاژ می توان نوع حامل های بار الکتریکی در فلز مورد آزمایش را تشخیص داد. همچنین اندازه گیری مقدار ولتاژ هال چگالی حامل های بار آزاد الکتریکی را مشخص می کند.

به شکل (۱) نگاه کنید. قطعه رسانا طوری در میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار گرفته که خطوط میدان بر سطح رسانا عمود است. اگر شدت جریان I در امتداد طول رسانا عبور داده شود، به هر یک از بارهای الکتریکی حامل جریان نیرویی برابر با F وارد خواهد شد.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (۱)$$

q بار الکتریکی و v سرعت آن است.

چنانچه در شکل (۱)، جریان I از سمت چپ به راست جاری شده باشد و نوع بارها مثبت باشد، طبق رابطه (۱) و با توجه به جهت B که به سمت داخل صفحه می باشد، بارهای الکتریکی تحت نیروی F در جهت پایین به بالا در راستای عرضی ورقه جابه جا خواهند شد، در این صورت پتانسیل نقطه a بیشتر از پتانسیل نقطه b خواهد بود.

چنانچه در شکل (۱)، نوع حامل های بار منفی باشد بارهای الکتریکی در اثر نیروی F در جهت معکوس حرکت کرده و پتانسیل نقطه b بیش از نقطه a خواهد شد.

در اثر متراکم شدن بارهای الکتریکی همنام در یک سمت از عرض ورقه، نیروی دافعه بین آنها افزایش می یابد و یک میدان الکتریکی ناشی از تجمع بارها ایجاد می گردد. این میدان هم به نوبه ی خود بر بارهای الکتریکی نیرو وارد می کند.

$$\vec{F} = \vec{E} q \quad (۲)$$

حرکت بارها و تجمع آنها روی وجوه بالایی و پایینی ورقه، آنقدر ادامه می یابد تا نیروی حاصل از میدان مغناطیسی و نیروی حاصل از میدان الکتریکی، یکدیگر را خنثی کنند.

$$qvB = Eq \quad (۳)$$

$$E = vB \quad (۴)$$

چنانچه پهنا (عرض) ورقه را با d نمایش دهیم وجود میدان E باعث ایجاد اختلاف پتانسیلی معادل V_H می شود که به ولتاژ هال معروف است.

$$V_H = Ed = vBd \quad (5)$$

V سرعت سوق یا سرعت حرکت بارهای الکتریکی است با استفاده از تعریف چگالی جریان داریم

$$V_H = v_d = \frac{j}{nq} = \frac{I/A}{nq} \quad (6)$$

$A = td$ مساحت مقطع ورقه و n تعداد حامل های بار جریان الکتریکی در واحد حجم یا همان چگانی بار می باشد با جایگزاری در رابطه ۴ و ۵ داریم

$$V_H = \frac{IB}{nqtd} d = \frac{IB}{nqt} \quad (7)$$

بطوریکه از رابطه ۷ پیداست در صورت ثابت نگه داشتن I ، V_H با B (شدت میدان مغناطیسی) یک رابطه خطی دارد که ضریب خط $\frac{I}{nqt}$ است. چنانچه شدت میدان مغناطیسی B را ثابت نگه داریم V_H با I یک رابطه خطی با ضریب $\frac{B}{nqt}$ خواهد داشت.

مقدار $\frac{1}{nq}$ را ضریب هال می نامند و با R_H نمایش می دهند :

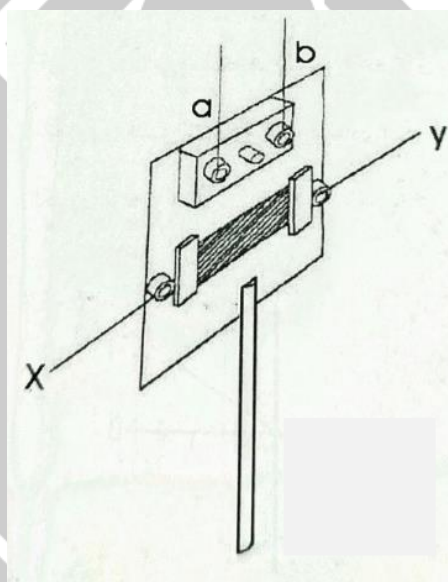
$$R_H = \frac{1}{nq} \quad (8)$$

$$V_H = R_H \frac{BI}{t} \quad (9) \text{ در نتیجه می توان نوشت:}$$

آزمایش نشان داده که ضریب زاویه خط فوق در فلزاتی مانند مس منفی است. (اثر هال عادی) و در مورد رساناهایی مانند روی مثبت است (اثر هال غیر عادی). اولی بخاطر وجود الکترونهای آزاد و دومی به خاطر کمبود الکترون آزاد در رسانا می باشد.

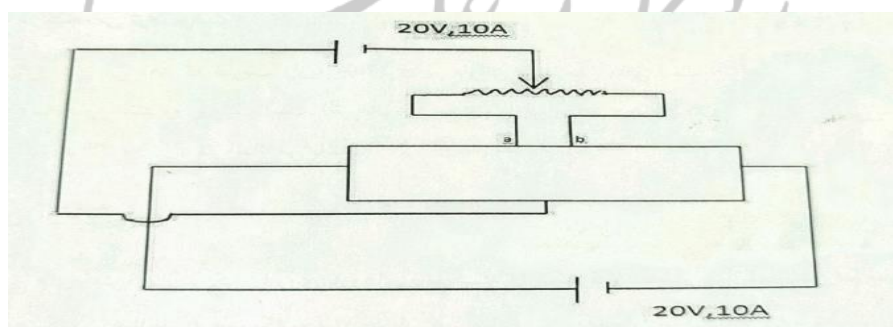
روش آزمایش :

سیم پیچ های آهنربای الکتریکی را روی بازوهای قائم هسته U شکل قرار دهید و آنها را با سیم رابط بطور سری به یکدیگر ببندید به طوریکه جهت جریان در آنها عکس یکدیگر شده و قطبین مغناطیسی آنها مخالف یکدیگر گردد. یکی از بردهای هال (مس یا نقره) را انتخاب کرده و پایه آنرا در جای خود در قسمت کف هسته U شکل محکم کنید، بطوریکه صفحه برد (تابلو) عمود بر امتداد میدان قرار گیرد. دو قطعه هسته مستطیلی را روی هسته U شکل قرار داده و توسط دو گیره مربوطه چنان محکم کنید که در دو طرف تابلو قرار گرفته و فاصله آنها از یکدیگر 7mm باشد در این حالت هسته ها از طرفین بر تابلو مماس می شوند. (شکل ۲)



شکل (۲) برد هال

بقیه اتصالات مدار را مطابق شکل (۳) ببندید.



شکل (۳) چیدمان مدار هال

الف) رسم منحنی اختلاف پتانسیل V_H بر حسب شدت جریان I

۱- ابتدا در حالی که هر دو منبع تغذیه مدار خاموش هستند میکرو ولتметр را روشن کنید و آن را در رنج $200 \mu V$ قرار دهید. از آنجایی که هیچ شدت جریانی وجود ندارد میکرو ولتметр باید عدد صفر را نشان دهد. چنانچه عدد دیگری را مشاهده کردید با استفاده از پیچ Z.ADJ (تنظیم صفر) آن را صفر کنید.

۲- منبع تغذیه ی $10V, 20A$ را که به برد هال متصل است روشن کرده و ولتاژی حدود $0.8V$ و شدت جریانی در حدود 7 یا 8 آمپر را تنظیم کنید. جریان عرضی در حدود $300 \mu V$ تا $350 \mu V$ را در ولتметр مشاهده خواهید کرد. این شدت جریان در اثر لحیم کاری های روی برد هال به وجود آمده و گرچه بسیار ناچیز است، می تواند باعث ایجاد خطا در محاسبات شود. توجه کنید که هنوز میدان مغناطیسی اعمال نشده است، پس باید این شدت جریان ناخواسته را هم حذف کرد. برای این کار از مدار پتانسیومتری که در بالای برد هال نصب است استفاده کنید و با چرخاندن پیچ آن جریان مذکور را صفر کنید.

۳- کلید روشن و خاموش منبع متصل به برد که جریانی حدود 8 آمپر را در برد برقرار کرده، خاموش و روشن کنید. میکرو ولتметр باید در حالت قطع یا وصل بودن منبع مذکور، همچنان صفر را نشان دهد. چنانچه عددی غیر از این دیده شد تنظیمات مراحل ۱ تا ۳ را مجدداً و با دقت بیشتر اعمال کنید تا به نتیجه مطلوب برسید.

۴- اکنون ولوم شدت جریان منبع تغذیه برد هال را بچرخانید تا شدت جریان آن صفر شود.

۵- همان منبع تغذیه را خاموش کنید.

۶- منبع تغذیه سیم پیچ ها (الکترومگنت) را روشن کنید. شدت جریان آن را حدود $5A$ و ولتاژ آن را حدود $7V$ قرار دهید.

۷- با استفاده از منحنی شماره (۱) که به پیوست دستور کار است شدت میدان مغناطیسی مربوط به جریان مذکور را بیابید و یادداشت کنید.

۸- ملاحظه خواهید کرد که چنانچه جریان متصل به الکترومگنت ها را قطع و وصل کنیم تنها در لحظه قطع و وصل عدد میکروولتметр تغییراتی خواهد کرد که این تغییرات ناشی از وجود جریانی القایی به سبب قطع و وصل جریان الکترومگنت و تغییر شدت میدان مغناطیسی است.

۹ - منبع تغذیه الکترومگنت را مجدداً روشن کنید ولتاژ و شدت جریان آن روی 5A-7V ثابت بماند.

۱۰- منبع تغذیه برد هال را نیز روشن کنید. صرفاً با تغییر ولوم شدت جریان جریانی به اندازه 1A از ورقه هال عبور دهید عددی را که میکرو ولتметр نشان می دهد یادداشت کنید.

۱۱- ولوم ولتاژ منبع تقریباً تا کمی مانده به آخر باز باشد.

۱۲- شدت جریان برد هال را روی 3A, 2A, تا 8A بگذارید و عدد میکرو ولتметр را بخوانید و در جدول (۱) یادداشت کنید.

$I(A)$ شدت جریان برد هال است. - $I_M(A)$ شدت جریان الکترومگنت است.

$B(Mt)$ شدت میدان مغناطیسی در الکترومگنت بر حسب میلی تسلا است که باید از روی منحنی مربوطه بر حسب I_m استخراج نمائید.

$V_H(\mu V)$ ولتاژ هال بر حسب میکروولت است.

	$I(A)$	$I_M(A)$	$B(mt)$	$V_H(\mu V)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

جدول (۱) مس و نقره

- ✓ پس از اتمام این مرحله و خاموش کردن کلیه ی وسایل برد هال را عوض کنید.
- ✓ مراحل قسمت الف را برای برد جدید هم انجام دهید. بار دیگر جدولی مانند جدول (۱) رسم کنید و آنرا برای این نوع برد پر کنید.

(ب) رسم منحنی اختلاف پتانسیل هال V_H بر حسب شدت میدان مغناطیسی B

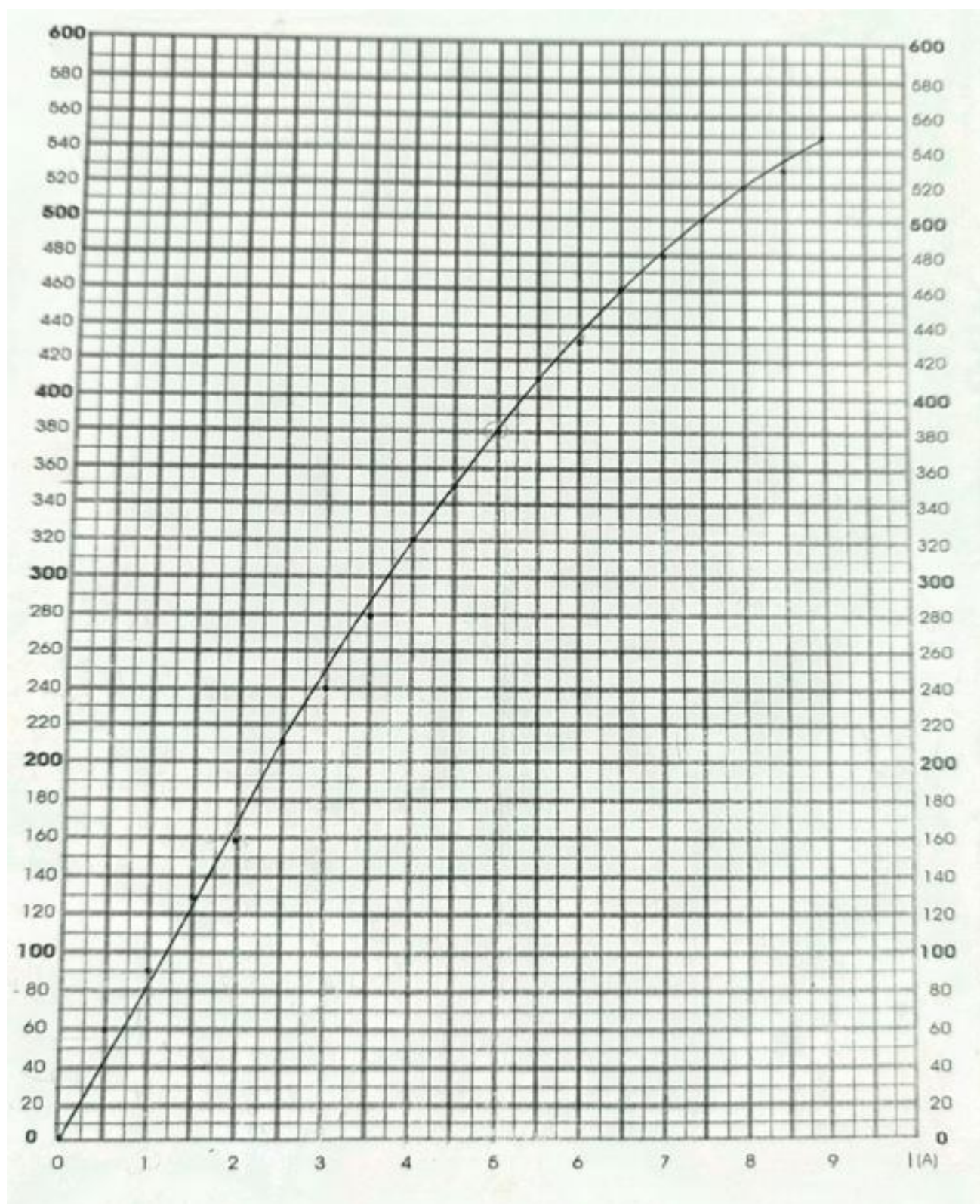
- (۱) شدت جریان عبوری از برد هال را روی عدد ثابتی مثلاً $4A$ قرار دهید.
- (۲) ولوم شدت جریان در الکترومگنت را بچرخانید تا صفر شود. سپس آن را روی $1A$ قرار دهید و عدد میکرومتر را در جدول (۲) یادداشت کنید. مقدار این شدت جریان را به $2A$ و $3A$ و ..الی آخر افزایش دهید و جدول ۲ را کامل کنید.
- (۳) برد هال را عوض کنید و همین کار را برای برد دیگر هال تکرار کنید و مجدداً جدول (۲) را برای آن برد پر کنید.

	$I_M(A)$	$B(Mt)$	$V_H(\mu V)$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

جدول (۲) برای مس و نقره

توجه: منحنی شماره (۱) که به پیوست می باشد، منحنی مربوط به الکترومگنت اثر هال ، شدت القاء مغناطیسی در محل قرار گرفتن ورقه هادی جریان است، در حالتی که فاصله قطبین الکترومگنت از هم ۷ میلی متر باشد.

۱. منحنی های V بر حسب a را با استفاده از مقادیر جدولهای (۱) مس و نقره برای هر دو برد مس و نقره رسم کنید. (۲ نمودار)
۲. از مقایسه نمودارهای پرسش (۱) با یکدیگر چه نتایجی حاصل میشود؟ آنها را بیان نمائید آیا نمودارها خطی هستند؟
۳. ضرایب زاویه (شیب) هر دو نمودار را محاسبه کنید.
۴. ضخامت ورقه نقره $30\mu m$ است مقدار RH را برای نقره حساب کنید.
۵. با استفاده از رابطه $RH = \frac{1}{ne}$ که در آن e بار الکتریکی حاملهای بار (الکترونها) برابر با $1/6 \times 10^{-9} C$ میباشد چگالی حاملهای بار در نقره را محاسبه کنید.
۶. ضخامت ورقه مس $20\mu m$ است RH را برای مس محاسبه کنید.
۷. متحنی های VH بر حسب B را با استفاده از مقادیر جدولهای (۲) مس و نقره برای هر دو برد مس و نقره رسم کنید. (۲ نمودار)
۸. ضرایب زاریه (شیب) هر دو نمودار را پیدا کنید.
۹. با علم به اینکه ضخامت ورقه نقره $30\mu m$ و ضخامت ورقه مس $20\mu m$ است ضرایب هال مسی و نقره را مجدداً بیایید آیا مقادیر ضرایب هال با مقادیر محاسبه شده برای آنها در پرسشهای قبلی یکان است؟ چرا؟
۱۰. چگالی حاملهای بار برای مس و نقره را مجدداً با استفاده از مقادیر جدولهای ۲ محاسبه کنید
۱۱. با مقایسه اطلاعات به دست آمده در کل آزمایش نوع حاملهای بار مس و نقره را مشخص کنید.



منحنی (۱) شدت B بر حسب I برای الکترومگنت آزمایش اثر هال

آزمایش شماره ۶: بررسی پسماند مغناطیسی در هسته آهنی

هدف: آزمایش مشاهده و بررسی پسماند مغناطیسی در هسته آهنی یک ترانسفورمر و رسم منحنی پسماند آن

وسایل آزمایش ترانسفورمر با هسته آهنی، تقویت کننده ۸۰ وات AC/DC، اینترفیس اسیلوسکوپ،

رایانه، سیم های رابط

مقدمه

ترانسفورمر یا ترانسفورماتور وسیله ای است که انرژی الکتریکی را بین دو یا چند سیم پیچ و از طریق القای الکترومغناطیسی منتقل می کند. یک جریان متناوب یا متغییر در سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور موجب تولید میدان مغناطیسی متغییر می شود. تغییرات میدان مغناطیسی باعث القای جریان الکتریکی در سیم پیچ ثانویه می شود. قانون القای فاراده در سال ۱۸۳۱ این اثر را توصیف کرد. ترانسفورماتورها برای انتقال، توزیع و بهره برداری از جریان الکتریکی متناوب مورد استفاده قرار می گیرند. اندازه آنها می تواند بین ترانسفورماتورهای کوچکتر از یک سانتیمتر مکعب تا واحدهای اتصال شبکه برق که صدها تن وزن دارند متغییر باشد.

با عبور شدت جریان I از یک سیم پیچ که دارای n_1 دور سیم به طول کلی L است شدت میدان مغناطیسی H در اطراف آن تولید می شود.

(۱)

$$H = I \frac{n_1}{L}$$

دانشگاه بوعلی سینا

القای مغناطیسی مربوطه عبارتست از:

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

(۲)

μ_0 ضریب گذردهی مغناطیسی خلاء و μ_r ضریب گذردهی نسبی مغناطیسی ماده ای است که درون سیم پیچ قرار گرفته است. به ماده ای که داخل سیم پیچ قرار داده میشود هسته سیم پیچ گفته می شود. وجود هسته که معمولاً از جنس

فرو مغناطیس است باعث تقویت میدان مغناطیسی القایی می شود. لذا میتوان فهمید که μ_r همواره عددی بزرگتر از یک است. مقدار μ_r علاوه بر آنکه به جنس ماده بستگی دارد به شدت میدان مغناطیسی اعمال شده (H) و نیز به گذشته مغناطیسی آن ماده بستگی دارد. هر چه ماده مدت زمان بیشتری را در معرض میدان مغناطیسی بوده باشد، قطبیدگی آن بیشتر می شود تا به حد اشباع برسد و خود تبدیل به یک ماده کاملاً "قطبیده شود. اگر القاء مغناطیسی B به صورت تابعی صعودی و نزولی از شدت میدان H اندازه گیری شود این وابستگی ها آشکار می گردند. منحنی B بر حسب H را منحنی پسماند می نامند. منحنی پسماند نشان می دهد که به علت وابستگی μ_r به گذشته ماده، B تابع خطی از H نیست.

در حقیقت هر گاه یک ماده فرو مغناطیس را در معرض میدان مغناطیسی قرار دهیم دو قطبی های آن ماده در جهت میدان چرخش می یابند. وقتی میدان را قطع کنیم بیشتر دو قطبی ها به جهت کاتوره ای ابتدایی خود باز می گردند، ولی تعدادی از آنها همچنان در جهت میدانی که قبلاً اعمال شده بود می مانند. در این حالت میگوئیم جسم تا حدودی قطبیده شده و خاصیت آهنربایی یافته است. به عبارت دیگر قطع شدن میدان باعث از بین رفتن تمام اثر آن در ماده نمیشود. این پدیده را پسماند مغناطیسی می نامند. چنانچه شدت میدان و مدت اثر آن به اندازه کافی باشد جسم واقع شده در آن به حد اشباع مغناطیسی می رسد و پس از خروج از میدان تمام دو قطبیهایش در حالت جهت گیری کرده میمانند و جسم به یک آهنربای دائم تبدیل میشود. روش ساخت آهنربای دائم همین است.

روش آزمایش

در این آزمایش از هسته آهنی یک ترانسفورماتور به عنوان ماده فرو مغناطیس استفاده می شود.

- مدار را با راهنمایی مدرس ببندید.
- از سیگنال ژنراتور یک موج سینوسی با فرکانس $F = 2 \times 10\text{HZ}$ بگیرید. دکمه Dc off set را روی off قرار دهید. چنانچه موج تولید شده انحرافی از صفر داشته باشد، میتوان با دکمه و ولوم Dc off set آنرا بر طرف کرد.

- در خروجی سیگنال ژنراتور یک اتصال T قرار دارد. یک موج را با کابل BNC مستقیماً" به کانال CH2 اسیلوسکوپ بدهید. یک کابل BNC دیگر از همین اتصال T بگیرید و آن را به ورودی تقویت کننده DC / AC بدهید. خروجی تقویت کننده را به سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور متصل کنید و سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور را به ورودی کانال CH1 اسیلوسکوپ وصل نمایید.

- سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور ۱۰۰۰ دور دارد و سیم پیچ ثانویه بین ۲ تا ۱۲ دور قابل تغییر است. از ۸ دور استفاده کنید.

- در صفحه تنظیمات اسیلوسکوپ (اینترفیس اسیلوسکوپ) فرکانس (10Hz) و حالت انتگرال گیری (Integral) را انتخاب نمایید
- صفحه نمایش اسیلوسکوپ یک رایانه یا لپ تاپ است که برنامه مخصوص Hantek روی آن نصب شده باشد. کابل های ارتباط اسیلوسکوپ به رایانه را متصل کنید و تنظیمات ذیل را اجرا کنید

Time / div: 20.00S

CH1:V:1.00V&×1

CH2:V:1.00V&×1

Trigger Edg : +

منحنی ای که در صفحه نمایش رایانه ملاحظه می کنید پسماند مغناطیسی ای است که در هسته ترانسفورماتور باقی مانده است.

دانشگاه بوعلی سینا

در این منحنی x-y محور xها به ولتاژی که جریان I را تولید کرده اختصاص دارد، لذا شدت میدان H که با I متناسب است با مقادیر X سنجیده میشود. رابطه شماره (1)

القاء مغناطیسی B را با انتگرال گیری از نیروی محرکه القاء شده در سیم پیچ ثانویه $\varepsilon(t)$ به دست می آوریم، لذا اگر مساحت مقطع هسته آهنی A و تعداد دورهای سیم پیچ ثانویه n_2 باشد داریم:

$$\varepsilon(t) = -n_2 \frac{d\phi}{dt} = -n_2 \frac{dB}{dt} \quad (3)$$

ϕ شار میدان مغناطیسی است.

پس از انتگرال گیری داریم :

$$\int_0^t \varepsilon(t) dt = -n_2 A (B_t - B_0)$$

این انتگرال گیری توسط مدار داخل اینترفیس اسیلوسکوپ انجام میشود و نتیجه به محور Y داده می شود. در این آزمایش ورودی CH1 برای محور X ها و ورودی CH2 قابل انتگرال گیری برای محور Y اختصاص می یابد. دقت کنید که برای دستیابی به منحنی مناسبی از پسماند، اشباع شدن القاء مغناطیسی در هسته کارساز خواهد بود لذا خروجی تقویت کننده را تا حد امکان تقویت کنید. البته مراقب باشید که شکل سینوسی تابع جریان تخریب نشود در این حالت نمودار پسماند به بیشترین وضوح خود میرسد.

پرسش ها

- ۱) منحنی پسماند حاصل از آزمایش را ضمیمه گزارش کار خود نمائید.
- ۲) ضخیم یا نازک بودن منحنی پسماند معرف چه خصوصیتی در هسته آهنی است؟
- ۳) آیا پدیده پسماند و اشباع مغناطیسی در مواد دیا مغناطیس یا پارامغناطیس نیز رخ میدهد؟ توضیح دهید
- ۴) آیا جسمی که به اشباع مغناطیسی رسیده باشد می تواند به حالت اولیه خود برگردد؟ به چه روشهایی؟

هدف آزمایش:

۱. مشاهده نواحی مغناطیسی در مدل‌های فرو مغناطیسی - چگونگی تغییرات نواحی در معرض میدان

مغناطیسی یکنواخت - مشاهده حالت اشباع مغناطیسی

۲. خنثی کردن اثر میدان مغناطیسی زمین در ناحیه بین پیچه های هلمهولتز

۳. بررسی پسماند مغناطیسی در ماده فرو مغناطیس در رسم منحنی پسماند

وسایل آزمایش: سیم پیچهای هلمهولتز - اورهد - مدل‌های آهنربا (مکعبی و شش گوشه) (تیغه)

عقربه مغناطیسی - مولد موج HZ از 2MHZ- تقویت کننده 80W AC/DC با گالوانو متر - سیم پیچ ۵۰۰ دور - بوبین

تخت ۱۲۰ دور (۲ عدد) - منبع تغذیه DC 0-5A , 0-15V - اسیلوسکوپ - لپ تاب یا PC جهت اتصال به

اسیلوسکوپ برای رسم نمودار پسماند - تقویت کننده اندازه گیری - سیم رابط - سیم رابط دو سر BNC و یک سر

BNC به تعداد لازم

مراحل آزمایش

الف) مشاهده نواحی مغناطیسی

مقدمه :

یک قطعه فلز از جنس فرو مغناطیس مانند آهن در نظر بگیرید. از دید میکروسکوپی این قطعه شامل تعداد زیادی ذره اتم یا مولکول است که همگی در یک ساختار کریستالی و با نظم خاصی کنار یکدیگر قرار گرفته اند. به طور مثال این ساختار میتواند مکعبی یا هگزاگونال یا ... باشد. به هر یک از این ذرات یک دو قطبی مغناطیسی نسبت می دهیم. به چند دو قطبی مجاور هم که همگی در یک جهت خاص قطبیده شده باشند یک ناحیه مغناطیسی گفته می شود.

در حالت عادی که ماده مغناطیده نشده و خاصیت آهنربایی ندارد چندین ناحیه مغناطیسی قابل تفکیک از یکدیگر در ماده وجود دارد، اما همانطور که انتظار داریم قطبش این نواحی یکدیگر را خنثی میکند، بطوریکه برآیند کلی آن صفر است.

هرگاه قطعه مذکور را در معرض میدان مغناطیسی خارجی قرار دهیم دو قطبها در جهت میدان چرخش پیدا می کنند اما به محض خروج قطعه از میدان نواحی دو قطبی ها مجدداً حالتی کاتوره ای به خود می گیرند. چنانچه شدت میدان و مدت اثر آن بر قطعه به اندازه کافی باشد تمام دو قطبی ها هم جهت میدان خواهند شد. در این حالت حتی پس از خروج قطعه از میدان مغناطیسی جهت گیری برخی از دو قطبها تغییر نکرده و برآیند آنها صفر نخواهد شد، بلکه قطعه مغناطش دائم پیدا کرده و اصطلاحاً "آهنربای دائم" می شود.

روش آزمایش :

۱. قسمت H_E در سیم پیچ هلمهولتز را به وسیله دو سیم به منبع تغذیه 15V, 5A متصل کنید. فعلاً "منبع را روشن نکنید.

۲. چراغ اورهد را در قسمت داخلی دستگاه هلمهولتز قرار دهید.

۳. دو نمونه مدل ماده فرو مغناطیس مکعبی و شش گوشه در اختیار دارید، به دلخواه یکی از آنها را روی چراغ اورهد قرار دهید و چراغ را روشن کنید و نواحی مغناطیسی مختلف را روی آن مشاهده کنید. پرده نمایش را در فاصله مناسبی از چراغ اورهد قرار دهید. چنانچه تمامی فلش های دو قطبی در یک جهت قرار گرفته اند نمونه را برداشته و چندین بار تکان دهید و مجدداً روی چراغ اورهد بگذارید تا نواحی قابل رویت شوند. سعی کنید تصویر واضحی از نمونه بر روی پرده نمایش به دست آید.

۴. اکنون منبع تغذیه را روشن کرده و جریان کمی از سیم پیچ هلمهولتز عبور دهید. ملاحظه خواهید کرد که عقربه ها کم و بیش دوران کرده و وضعیت جدیدی از نظم موضعی و بی نظمی کلی ایجاد می شود، اما در مجموع عقربه ها جهت دار هستند یعنی قطعه خاصیت آهنربایی پیدا کرده است.

۵. جریان را قطع کنید عقربه ها به حالت اولیه بر می گردند.

۶. جریان را مجدداً "برقرار کرده و کمی افزایش دهید. ملاحظه خواهید کرد که تعداد بیشتری از عقربه ها هم جهت میدان خواهند شد. پس از قطع جریان هم نظم کلی بیشتری بر مجموعه حاکم خواهد بود. این به آن معنی است که جسم فرو مغناطیس خاصیت آهنربایی پیدا کرده است.

۷. اگر شدت جریان را باز هم افزایش دهید (تا حدود ۴ آمپر) همه عقربه های مایل هم جهت میدان خواهند شد و عقربه دیگری باقی نمی ماند که با پیوستن به دیگران میدان را تقویت کند. این حالت وضعیت اشباع مغناطیسی ماده را نشان می دهد. (جهت جلوگیری از تخریب وسایل، افزایش شدت جریان را فقط زیر نظر مدرس انجام دهید) کلیه مشاهدات خود در این قسمت را در گزارش کار خود مکتوب کنید.

۸. اکنون مراحل فوق را برای مدل دیگر تکرار کنید و مشاهدات خود را مکتوب نمایید.

ب) خنثی کردن میدان مغناطیسی زمین

مقدمه

برای آن که میزان خطا را به حداقل برسانیم سعی می کنیم اثر میدان مغناطیسی زمین را در محدوده کوچکی بین پیچه های هلمهولتز صفر کرده و یا به حداقل برسانیم. برای این کار مراحل زیر را انجام دهید. ابتدا چراغ آورده را از داخل دستگاه هلمهولتز خارج کنید ، زیرا بدنه آن آهن دارد و خود باعث ایجاد خطا می شود. سینی دستگاه را به جای آورده روی دستگاه سوار کنید .

روش آزمایش

- ✓ تیغه مغناطیسی بزرگ را که بر پایه ای سوار است روی سینی دستگاه هلمهولتز قرار دهید. منبع تغذیه متصل به H_E خاموش باشد. تیغه در جهت شمال - جنوب مغناطیسی زمین قرار می گیرد .
- ✓ مجموعه دستگاه هلمهولتز را روی میز آزمایشگاه طوری بچرخانید که امتداد تیغه مغناطیسی به سطح سیم پیچهای هلمهولتز عمود گردد .
- ✓ منبع تغذیه 5A , 15V را که به مدار H_E متصل است جهت خنثی کردن میدان مغناطیسی زمین در فضای بین سیم پیچها به کار می بریم. نامگذاری سیم پیچها با H و H_E تنها برای سهولت به یادسپاری انجام شده و در

اساس هیچ تفاوتی بین دو سیم پیچ دستگاه وجود ندارد. یکی از آنها جهت سیم خنثی کردن میدان زمین و دیگری جهت اعمال میدان خارجی بکار خواهند رفت.

✓ منبع تغذیه متصل به H_E را روشن کنید و جریان آن را از صفر به آرامی افزایش دهید ولتاژ حدود 0.8 V باشد. جهت و شدت جریان به گونه ای باشد که کاهش میدان برآیند در فضای مزبور حاصل گردد.

کاهش میدان برآیند را می توان از سرگردان شدن تیغه مغناطیسی حدس زد، چنانچه میدان برآیند با تغییر شدت جریان پیچه، کم نشده و افزایش می یابد جهت میدان را با استفاده از کلید H_E معکوس کنید. شدت جریان مطلوب چقدر است؟ مقدار آنرا یادداشت کنید.

ج) بررسی پسماند مغناطیسی و رسم منحنی پسماند

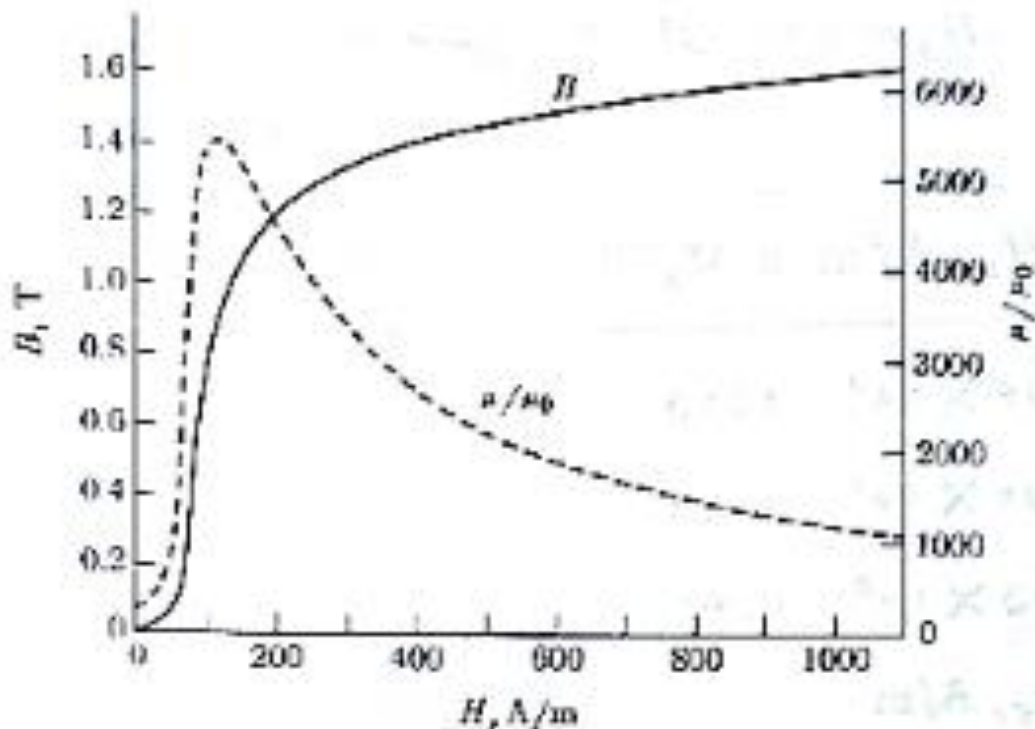
مقدمه :

تقسیمات مغناطیسی مواد و مختصری از خواص هر دسته را در آزمایش خواص مغناطیسی مواد توضیح داده ایم. فرض کنید یک جسم فرو مغناطیس مانند قطعه ای از آهن را در معرض میدان مغناطیسی ثابتی با شدت H قرار می دهیم. در اثر اعمال میدان، جسم فرو مغناطیس دچار القاء مغناطیسی B می شود. می دانیم :

$$B = \mu H \quad (1)$$

لاضرب گذر دهی مغناطیسی نامیده می شود. به یاد دارید که تفاوت عمده مواد فرو مغناطیس با سایر مواد در این است که فرو مغناطیسها می توانند مغناطش دائم داشته باشند و همچنین آنکه عموماً "وجود یک ماده فرو مغناطیس در محدوده میدان مغناطیسی تاثیر زیادی در تقویت میدان دارد مواد فرو مغناطیس خطی نیستند بدین معنی که H برای یک ماده فرو مغناطیس عدد ثابتی نیست و تغییرات بر حسب تغییرات H خارجی گاه بسیار بزرگ است.

ابتدا نمونه ای از یک ماده فرو مغناطیس نامغناطیده را بررسی می کنیم. اگر شدت میدان مغناطیسی H که در آغاز صفر است به طور یکنواخت افزایش داده شود و تغییرات مقدار B به طور پایسته ثبت گردد منحنی حاصل از رسم $B-H$ مشابه منحنی شکل شماره ۱ خواهد بود. این منحنی را منحنی مغناطش ماده می نامند.



شکل (۱) منحنی های مغناطش و گذردهی نسبی μ/μ_0

واضح است که μ هایی که با استفاده از رابطه $\mu = B/H$ به دست می آیند همواره علامت یکسانی دارند (مثبت)، لیکن حدود تغییرات μ ها بسیار وسیع است. بیشترین مقدار ضریب گذردهی در زانوی منحنی رخ می دهد.

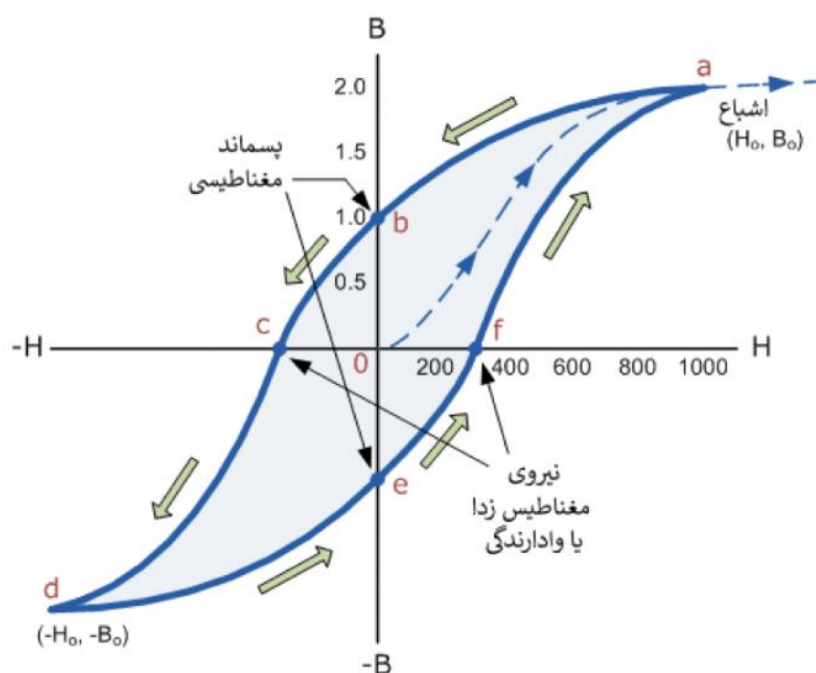
علت وجود زانو در منحنی این است که مغناطش M در ماده به مقدار بیشینه ای می رسد و برای مقادیر بسیار زیاد H ، افزایش میدان مغناطیسی تنها به علت وجود جمله $\mu_0 H$ ادامه می یابد.

$$B = \mu_0 (H+M) \quad (۲)$$

مقدار بیشینه M را مغناطش اشباع ماده می نامند.

اکنون چنانچه شدت میدان مغناطیسی H اعمالی بر همین نمونه مغناطیده را بطور یکنوا کاهش دهیم رابطه $B-H$ از روی همان منحنی شکل ۱ بر نمی گردد بلکه از روی منحنی جدید شکل ۲ حرکت می کند.

به عبارت دیگر در مواد فرو مغناطیس، مغناطش پس از برقرار شدن دیگر با حذف H از میان نمی رود. این پدیده را پسماند می گویند که به معنی جا ماندن است در حقیقت مغناطش از میدان محرک خود جا می ماند.



شکل (۲) منحنی پسماند

منحنی شکل ۲ را حلقه ی پسماند ماده (حلقه هیستریزیس) می نامند. حلقه هیستریزیس مغناطیسی در تصویر بالا، رفتار یک هسته فرومغناطیسی را به صورت رابطه B و H نشان می دهد و همانطور که در تصویر مشخص است این رفتار غیرخطی می باشد. اگر یک هسته مغناطیس نشده را در نظر داشته باشیم، مقادیر B و H مربوط به آن، صفر خواهند بود که متناظر با نقطه O روی منحنی شکل بالا می باشد. با افزایش جریان مغناطیس شونده i در جهت مثبت، شدت میدان مغناطیسی H تا مقدار مشخصی به صورت خطی با i افزایش پیدامی کند و چگالی شار مغناطیسی B نیز از نقطه O تا نقطه a افزایش یافته و به سمت اشباع می رود.

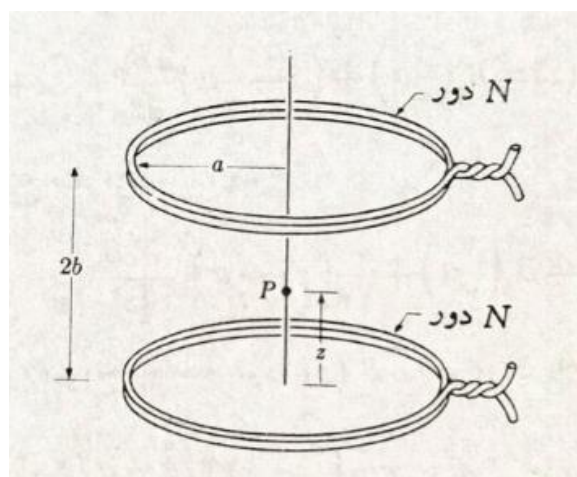
حال اگر جریان مغناطیس شونده در هسته تا صفر کاهش پیدا کند، میدان مغناطیسی اطراف هسته نیز به صفر می رسد. هرچند، شار مغناطیسی سیم پیچ، به دلیل وجود پسماند مغناطیسی موجود در هسته به صفر نمی رسد. این مورد، در منحنی از نقطه a به نقطه b نشان داده می دهد. برای کم کردن چگالی شار مغناطیسی در نقطه b و رساندن آن به صفر، باید جریان عبوری از سیم پیچ را تعویض کنیم. نیروی مغناطیس کننده که برای صفر کردن چگالی شار باقیمانده به کار می رود، نیروی مغناطیس زدا یا وادارندگی می نامند. این نیروی مغناطیس زدا، میدان مغناطیسی را معکوس می کند. این موضوع باعث می شود جهت گیری آهنرباهای مولکولی در هسته، مجدداً تصادفی شوند تا جایی که هسته غیرمغناطیسی شود. این مسئله در نقطه c نشان داده شده است. با افزایش جریان معکوس، هسته در خلاف جهت مغناطیس می شود و افزایش بیشتر این جریان مغناطیس شونده باعث می شود هسته به نقطه اشباع خود در خلاف جهت برسد که این مسئله در نقطه d روی منحنی رخ می دهد. این نقطه نسبت به نقطه a روی منحنی متقارن می باشد. اگر جریان مغناطیس کننده دوباره به صفر کاهش برسد، پسماند مغناطیسی موجود در هسته مقداری مانند قبل

اما معکوس دارد که نقطه e در منحنی است. دوباره با معکوس کردن جریان مغناطیس کننده در سیم پیچ این بار در جهت مثبت، شار مغناطیسی به صفر می‌رسد که نقطه f روی منحنی است و مانند قبل، با افزایش بیشتر جریان مغناطیس کننده در جهت مثبت، هسته به نقطه اشباع خود می‌رسد که روی منحنی با a نمایش داده شده است. بنابراین، همچنان که جریان در سیم پیچ بین مقادیر مثبت و منفی در تناوب است، مانند دوره تناوب ولتاژ (AC)، منحنی‌های $B-H$ مسیر $a-b-c-d-e-f-a$ را طی می‌کنند. این مسیر به نام حلقه هیستریزیس **Magnetic Hysteresis Loop** شناخته می‌شود. اثر پسماند مغناطیسی نشان می‌دهد که فرآیند مغناطیسی کردن یک هسته فرومغناطیس و چگالی شار مغناطیسی بستگی به این دارد که هسته فرومغناطیسی در کدام نقطه منحنی مغناطیسی شده است. بنابراین، مواد فرومغناطیس حافظه دارند می‌شوند، زیرا حتی پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی، هسته مغناطیده باقی می‌ماند. نیروی مغناطیس زدا برای غلبه بر این پسماند مغناطیسی (برای بستن حلقه هیستریزیس) به انرژی نیاز دارد. این انرژی، به صورت گرما در ماده مغناطیسی تلف می‌شود که تلفات هیستریزیس نام دارد و مقدار تلفات به مقدار نیروی مغناطیس زدای لازم برای ماده وابسته است. مواد فرو مغناطیس به دو دسته مواد مغناطیسی سخت و نرم تقسیم می‌شوند. با افزودن ماده‌ای مانند سیلیکون به آهن، فلزی با نیروی مغناطیس زدای کم ساخته می‌شود که حلقه هیستریزیس آن، باریک‌تر از آهن خالص است. مواد دارای حلقه هیستریزیس باریک، به آسانی مغناطیسی و غیر مغناطیسی شده و با نام *مواد مغناطیسی نرم* شناخته می‌شوند. ویژگی دیگر این مواد، امکان تغییر آسان جهت مغناطش در آن‌ها است. از این مواد برای کاربردهای غیردائمی یا کاربردهایی که نیاز به تغییر مداوم جهت میدان وجود دارد، استفاده می‌شود. از این ترکیب در ساخت ترانسفورماتور، ژنراتور، موتور، مبدل، آهن‌ربای الکتریکی و جرقه‌گیر و سلونوئید استفاده می‌شود، زیرا حلقه باریک به این مورد اشاره دارد که در هر تناوب جریان، تلفات کمی در فرآیند مغناطیس و شار مغناطیس اش رخ می‌دهد.

مواد سخت مغناطیس همان گونه که به سختی مغناطیسی می‌شوند، خاصیت مغناطیسی خود را هم به سختی از دست می‌دهند. همچنین، برای تغییر جهت میدان مغناطش در مواد سخت، نیاز به اعمال میدان مغناطیسی بسیار قوی وجود دارد. از این مواد به طور گسترده‌ای برای کاربردهایی استفاده می‌شود که نیاز به یک مغناطیسی دائمی وجود دارد. به عنوان مثال، مواد مغناطیسی سخت برای ساخت آهن‌رباهای دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرند که کاربرد عمده آن‌ها در ساخت بلندگوها، موتورهای الکتریکی، حسگرها و غیره است. پارامتر (نیروی پسماندزدا) در مواد مغناطیسی سخت، بیشترین مقدار را دارد. به طور کلی، هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، ماده مغناطیس سخت‌تر خواهد بود. در مواد مغناطیس سخت، حلقه هیستریزیس پهن‌تر است و به عبارتی فاصله ی نقطه ی f ، C بیشتر است.

شکل حلقه پسماند نه تنها به ماهیت ماده فرو مغناطیس بستگی دارد بلکه به مقدار بیشینه H که بر ماده اعمال می‌شود نیز بستگی دارد. با وجود این وقتی که H_{max} برای ایجاد اشباع در ماده کافی باشد، حلقه پسماند با افزایش H_{max} تغییر شکل نمی‌دهد. برای آهن نرم، حلقه ی پسماند نسبتاً "کوچک است".

نکته مهم دیگر در مورد این آزمایش دلیل استفاده از پیچه هلمهولتز است.



شکل (۳) پیچه ی هلمهولتز

این دستگاه از دو پیچه مستدیر با شعاعهای مساوی و محور مشترک تشکیل شده است که حامل جریان است. شکل ۳ فاصله میان دو صفحه پیچه ها (2b) طوری انتخاب میشود b که برابر با شعاع هر یک از پیچه ها (a) باشد. (2b=a) می توان اثبات کرد که در نقطه وسطی بین دو پیچه، یعنی نقطه p، القای مغناطیسی B مستقل از فاصله محل اندازه گیری القاء و فقط وابسته به شدت جریان I پیچه ها است. بنابراین هر گاه نیاز به یک میدان مغناطیسی یکنواخت داشته باشیم می توانیم از پیچه های هلمهولتز استفاده کنیم زیرا میدان مغناطیسی در ناحیه کوچکی در وسط فاصله بین دو پیچه تقریباً ثابت است. با تغییرات سینوسی جریان متناوب اعمالی به پیچه هلمهولتز، شدت القای B در ناحیه مذکور از رابطه $B_p = \frac{\mu_0 N I a^2}{4b^3}$ به دست می آید.

برای اثبات دقیق به کتاب مبانی نظریه الکترومغناطیس، ریتس، میلفورد، فصل ۸ مراجعه کنید.

روش آزمایش

۱. تیغه مغناطیسی و پایه آن را بردارید و مبدل ماده فرو مغناطیس را درست در وسط سینی قرار دهید. بوبینه‌های تخت ۱۲۰ دور را در دو طرف آن سوار کنید بطوریکه یک خطوط میدان یکنواخت حاصل از دستگاه هلمهولتز بر سطح بوبینه‌ها عمود باشد. بوبینه‌ها را با یکدیگر سری کنید و مجموعه آنها را از یک طرف با سیم رابط به قسمت H دستگاه هلمهولتز متصل کنید.

۲. از سمت دیگر مجموعه بوبینها را با یک سیم BNC دار به قسمت ورودی I,Q تقویت کننده اندازه گیری متصل کنید. خروجی این تقویت کننده را با سیم دو سر BNC به قسمت μA تقویت کننده AC/DC متصل کنید. بدین ترتیب اثر القاء میدان دستگاه هلمهولتز در بوبینهای، تخت به صورت جریان القایی پس از تقویت شدن در میکرو آمپرتر مشاهده خواهد شد.

۳. سکلتر تقویت کننده را در حالت 10^{-8} آمپر قرار دهید.

حذف اثر القایی حاصل از تغییرات جریان در سیم پیچهای ثانویه هلمهولتز

منبع تغذیه DC 15V 5A را که به سیم پیچهای HE متصل نموده اید تا حداکثر ولتاژ (15V) بالا ببرید. با استفاده از پیچ zero adj تقویت کننده اندازه گیری عقربه میکرو آمپرتر را در وسط ($50\mu A$) قرار دهید

- کلید مربوط به جهت جریان در سیم پیچ H_E را که روی دستگاه هلمهولتز قرار دارد به سمت چپ و راست تغییر جهت دهید. با این کار جهت جریان در سیم پیچ H_S تغییر خواهد کرد. ملاحظه خواهید کرد که عقربه ی میکرو آمپرتر به چپ و راست حرکت کرده و القاء الکترو مغناطیسی در بوبینها را نشان میدهد. معمولاً در این حالت عقربه میکرو آمپر متر تا $20\mu A$ به چپ و راست منحرف خواهد شد.
- اکنون مدل ماده فرو مغناطیس را از بین بربینها بردارید.
- بوبین ۵۰۰ دور را در امتداد میدان مغناطیس زمین روی سینی دستگاه هلمهولتز قرار داده و آن را با بربینهای تخت، سری کنید. در اثر چپ و راست زدن کلید سیم پیچ معکوس نمودن متناوب جهت جریان عقربه میکرو آمپرتر به چپ و راست منحرف خواهد شد. ضمن اینکه موقعیت کلید را مرتباً عوض میکنید هر بار محور بوبین ۵۰۰ دور را قدری بچرخانید و آنقدر اینکار را ادامه دهید تا حرکت عقربه میکرو آمپرتر به حداقل برسد و به سمت معکوس شدن وضعیت قبلی میل نماید.

با رسیدن به این وضعیت، آنچه که در اثر تغییر شار در بوبینهای تخت القاء میشد در بوبین ۵۰۰ دور در خلاف جهت القاء گردیده و اثر القایی حاصل از تغییرات جریان در سیم پیچهای ثانویه هلمهولتز خنثی می شود.

- مدل ماده فرو مغناطیس را به آهستگی درون بوبینهای تخت قرار دهید. حال اگر جریان سیم پیچ H_E هلمهولتز را باز هم بطور تناوبی تغییر دهید مجدداً "حرکتی در میکرو آمپرتر مشاهده خواهید کرد که مربوط به القاء الکترو مغناطیسی حاصل از تغییر جهت یافتن عقربه های مدل ماده فرو مغناطیس است که قرار است مورد بررسی قرار گیرد.

اکنون خروجی مولد موج را به ورودی تقویت کننده 80W AC/DC متصل کنید.

- خروجی تقویت کننده 80 W AC/DC را به ورودی قسمت H دستگاه هلمهولتز - یعنی به سیم پیچ H آن وصل کنید.

- وضعیت نوسان مولد موج را روی حالت مثلثی قرار دهید
- فرکانس دستگاه مولد موج را روی 0.1HZ قرار دهید.
- دامنه مولد موج و یا میزان تقویت را بنحوی تنظیم نمائید که چراغ قرمز تقویت کننده AC/DC چشمک بزند.

- با تنظیم پیچ offset تقویت کننده موقعیتی را فراهم آورید که میزان روشن بودن چراغ قرمز در حالت بیشینه و حالت کمینه ولتاژ یکسان باشد.

- حال پیچ تقویت (Gain) را کاهش دهید تا چشمک زدن چراغ به صورت مرزی قطع شود.
- ملاحظه خواهید نمود که در هر ۵ ثانیه یکبار جهت عقربه ها تعویض میشود (یعنی هر نیم پریود یکبار)

- یک سیم BNC را با خروجی مولد موج موازی نموده و آن را به قسمت ورودی CHI اینترفیس اسیلوسکوپ (Interface) متصل نمائید.

- سیم های خروجی سیم پیچهای تخت را به ورودی تقویت کننده اندازه گیری متصل کرده اید.
- اکنون خروجی تقویت کننده اندازه گیری را به ورودی CH2 اینترفیس اسیلوسکوپ متصل نمائید.

- اینترفیس اسیلوسکوپ را به رایانه متصل کنید دستگاه مولد موج و تقویت کننده ها را روشن کنید.
- اینترفیس و رایانه را روشن کنید برنامه نرم افزاری مربوط را جهت اجرا آماده کنید.
- هر گاه کلیه تنظیمات دستگاهها به خوبی صورت گرفته باشد در نمودار A-B یک منحنی بسته مشاهده خواهد شد.

- ه در قسمت ،اینترفیس با کلید ،مربوطه ،کانال CH2 را در حالت Integral و فرکانس آن را در وضعیت 10HZ < قرار دهید.

علت این انتخابها را میتوان به شرح ذیل بیان کرد :

خروجی سیم پیچهای تخت طبق روال زیر است :

$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt} \Rightarrow \varepsilon dt = -Nd\varphi$$

پس از انتگرال گیری داریم

$$\int \varepsilon dt = -N(\varphi - \varphi_0) = \varepsilon t$$

لذا خروجی مربوط به CH2 با φ (شار عبوری از آن) متناسب خواهد بود. بنابراین با توجه به منحنی رسم شده در این آزمایش، که محور افقی نشان دهنده H حاصل از جریان الکتریکی عبوری از سیم پیچهای هلمهولتز و محور قائم آن نشان دهنده B القا الکترو مغناطیسی حاصل از چرخش عقربه‌های مغناطیسی می باشد، منحنی پسماند یا هیستریزیس حاصل می گردد .

پرسش ها :

۱. در مرحله الف چنانچه جهت جریان الکتریکی پیچه H_E را معکوس کنیم ،عقربه‌های مدل ماده فرو

مغناطیس داخل دستگاه چه عکس العملی نشان می دهند؟

۲. با توجه به اینکه مواد فرو مغناطیس خاصیت پسماند دارند اهداف اصلی قرار دادن آنها در ناحیه میدان

مغناطیس را نام ببرید. (۲مورد) برای هر مورد مثالهایی ذکر کنید.

۳. مغناطش اشباع ماده ها را برای نمونه مدل مکعبی از روی نمودار مربوط پیدا کنید

۴. مغناطش اشباع ماده را برای نمونه مدل مکعبی هگزاگونال از روی نمودار مربوط پیدا کنید

۵. مغناطش اشباع ماده را برای کدام مدل بزرگتر است؟ از آن چه نتیجه ای می گیرید؟



• در نگارش این دستور کار از منابع زیر استفاده شده است:

- دستور کار آزمایشگاه فیزیک حالت جامد شرکت مولیان طوس نوشته ی دکتر علی جباری
- دستور کار آزمایشگاه فیزیک حالت جامد دانشگاه صنعتی شریف
- مبانی نظریه الکترومغناطیس نوشته ی ریتس-میلفورد
- دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه دو دانشگاه بوعلی سینا همدان

دانشگاه بوعلی سینا

نفیسه سادات کمالی

تابستان ۱۴۰۳