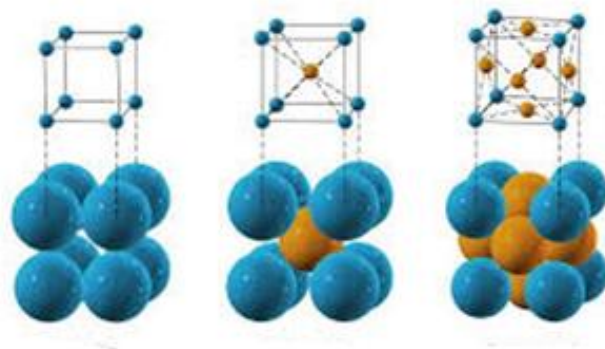


آزمایشگاه فیزیک حالت جامد

ویژه‌ی دانشجویان کارشناسی فیزیک

دکتر مریم نورافشان فسایی

عضو هیأت علمی گروه فیزیک دانشگاه هرمزگان



دیماه ۱۴۰۱

فهرست مطالب

- ۱- آشنایی با ساختار مواد جامد
- ۲- آزمایش اندازه گیری ثابت شبکه گرافیت
- ۳- آزمایش اثر هال
- ۴- آزمایش پدیده عادی زیمان
- ۵- آزمایش بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر مواد (پارا-دیا-فرو) مغناطیس
- ۶- آزمایش فوتورسانایی جامدات
- ۷- منحنی هیستریسس برای مواد فرومغناطیس

آشنایی با ساختار مواد جامد

مبانی حالت جامد

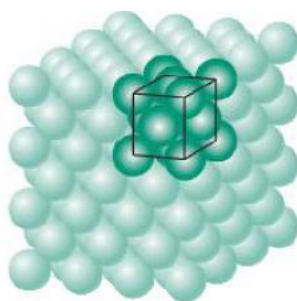
← بررسی جامدات متبلور، چگونگی تشکیل و رشد آن ها، ساختمان درونی ،
شکل ظاهری و خواص فیزیکی و شیمیایی مربوط به آنها را بلورشناسی می گویند.

← به مواد جامدی که اجزای سازنده آن ها (مولکول، اتم یا یون ها) در سه جهت فضایی
در یک ساختار منظم و تکرار شونده کنار هم قرار گرفته باشند و دارای نظم
بلورشناسی باشند، کریستال یا بلور می گویند.

سلول واحد

● از آن جایی که ساختار های بلورین از کنار هم قرار گرفتن اتم ها
در کنار هم به صورت منظم و تکرار شونده به دست می آیند، این
امکان وجود دارد که بتوان یک واحد سازنده را پیدا کرد که از تکرار
آن کل ساختار را ایجاد کرد. به این واحد تکرار شونده سلول واحد
unit cell گفته می شود.

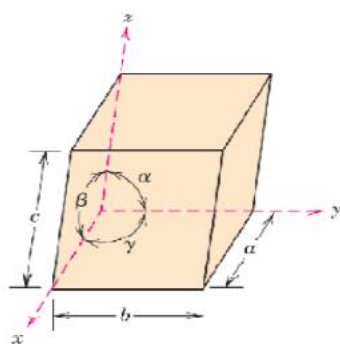
● تعریف Unit cell **کوچک ترین** واحد یک ساختار کریستالی که از تکرار
آن **کل ساختار** ایجاد شود و **کل خواص** ساختار را در خود حفظ کند.



شکل ۱: نمایشی از سلول واحد در یک جامد بلورین

پارامترهای سلول واحد

● سلول واحد می تواند اشکال مختلفی داشته باشد. سلول واحد در حالت کلی به صورت یک متوازی السطوح در نظر گرفته می شود که با ۶ پارامتر توصیف می شود که عبارتند از:



a, b, c

α, β, γ

The angles (α, β, γ) and lengths (a, b, c) used to define the size and shape of a unit cell are the **unit cell parameters** (the 'lattice parameters')

ساختارهای بلوری

● مکعبی یا کوبیک

● تتراگونال

● هگزاگونال

● تری گونال

● اورتورومبیک

● مونوکلینیک

● تری کلینیک

نام گذاری



ارتباط بین پارامترهای شبکه

شکل هندسی سلول واحد

سلول واحد مکعبی

● اولین و ساده ترین سیستم تبلور

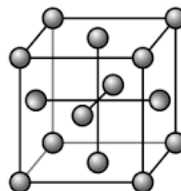
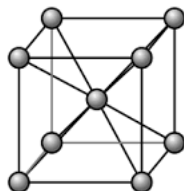
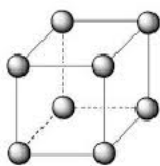
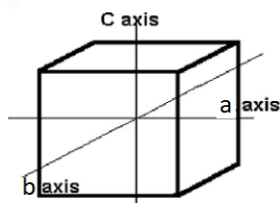
● دارای سه محور با طول یکسان

● زوایای محورها با یکدیگر: ۹۰ درجه

● کانی های معروف: الماس، طلا، طبیعی، نقره طبیعی

$$a = b = c$$

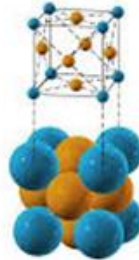
$$\alpha = \beta = \gamma = 90$$



sc



bcc

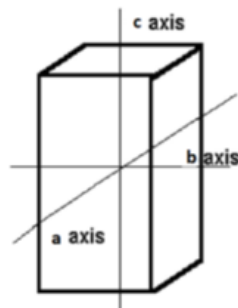


fcc

سلول واحد تتراگونال

دارای سه محور که محوره‌های a و b هم اندازه و محور c بلندتر از آن دو است.

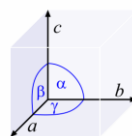
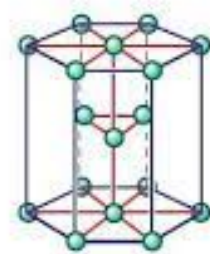
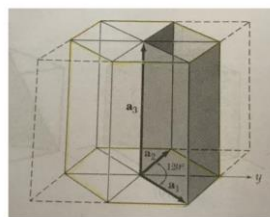
زوایای محورها با یکدیگر: 90° درجه



$$a = b < c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

سلول واحد هگزاگونال

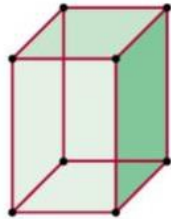


$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$$

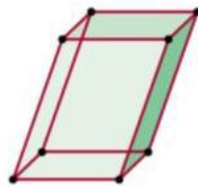
دیگر سلول های واحد

اورتورومبیک



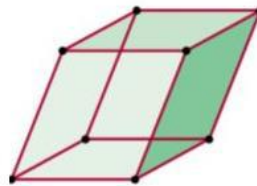
Orthorhombic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

مونوکلینیک



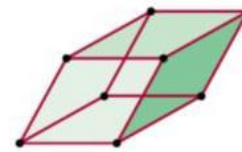
Monoclinic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$

تری کلینیک



Triclinic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

رومبوهدرال



Rhombohedral
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$

شبکه براوه

براهه ثابت کرد که با اضافه شدن نقاطی به مرکز سلول و یا به مرکز بعضی از سطوح آن،



هفت سلول جدید ایجاد می شود که با هفت سلول اولیه جمعاً ۱۴ شبکه موسوم به شبکه های

براهه به وجود می آید. مثلاً اگر به مرکز یک سلول واحد مکعبی ساده یک اتم اضافه شود، شبکه مکعبی مرکزدار،

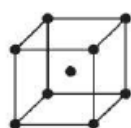
اگر در مرکز هریک از سطوح جانبی یک اتم قرار گیرد، شبکه مکعبی سطوح مرکزدار ایجاد می شود

۱۴ شبکه براوه

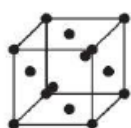
The 14 Crystal (Bravais) Lattices



Simple cubic



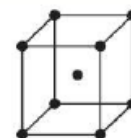
Body-centered cubic



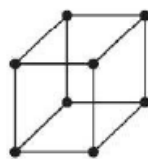
Face-centered cubic



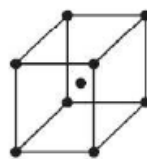
Simple tetragonal



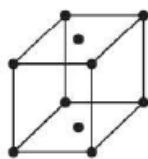
Body-centered tetragonal



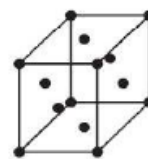
Simple orthorhombic



Body-centered orthorhombic



Base-centered orthorhombic



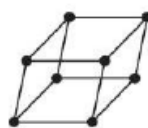
Face-centered orthorhombic



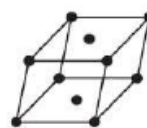
Rhombohedral



Hexagonal



Simple monoclinic



Base-centered monoclinic



Triclinic

آزمایش اندازه گیری ثابت شبکه گرافیت

هدف آزمایش

اندازه گیری ثابت شبکه گرافیت

وسایل آزمایش

لوله پراکندگی الکترون - منبع تغذیه ولتاژ بالا - آمپر متر - رئوستا

تئوری

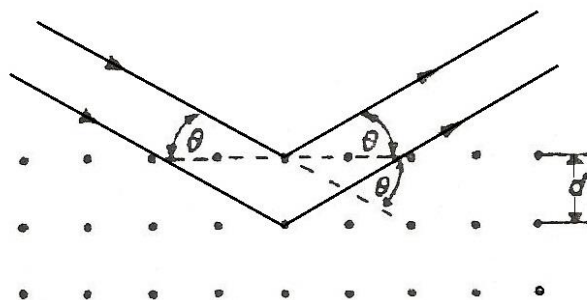
فاصله بین اتمی اتم‌های هر جامد از مرتبه انگسترم است و این فاصله با طول موج پرتوهای X یا طول موج الکترونیایی با انرژی ۱۵۰ الکترون ولت قابل مقایسه است.

حال اگر موجی با طول موجی که با فاصله بین اتم‌ها قابل مقایسه باشد با مجموعه ای از مراکز پراکننده، همانند اتم‌های یک جامد بلورین، برخورد کند، از هر مرکز امواجی تولید می‌شود که در تمام جهات و به سوی خارج تابش می‌شود البته موج برآیند ناشی از کلیه مراکز پراکننده، در هر جهت که اندازه گیری شود، به تداخل بین امواج خروجی از تمام مراکز پراکننده بستگی دارد. جالب اینجاست که در داخل بلور اتم‌های واقع بر هر صفحه نسبت به موج فرودی همانند آینه نیم نقره اندود نسبت به نور مرئی عمل می‌کنند. یعنی اتم‌ها بخشی از موج را بازتاب و بقیه را عبور می‌دهند. این صفحات و بازتابها را به یاد بود براگ صفحات براگ و بازتابهای براگ نامیده اند. براگ همراه با پسرش در سال ۱۹۱۳ نظریه بنیادی پراش پرتو X توسط بلورها را مطرح کرد. بنابراین خیلی ساده تر است تا به جای بررسی یکایک تداخل بین امواج تولید شده به وسیله تمام مراکز پراکننده، تداخل بین امواجی که از صفحات موازی براگ بازتابیده‌اند را بررسی کنیم. طبق قاعده براگ شرط آن که امواج بازتابیده از صفحات موازی و مجاور براگ تداخل سازنده داشته باشند آن است که:

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

که n مرتبه بازتاب است و می‌تواند مقادیر ۱ و ۲ و ۳ و ... را داشته باشد، d فاصله بین اتمی در شبکه سه بعدی بلور و θ زاویه بازتاب و λ طول موج فرودی است.

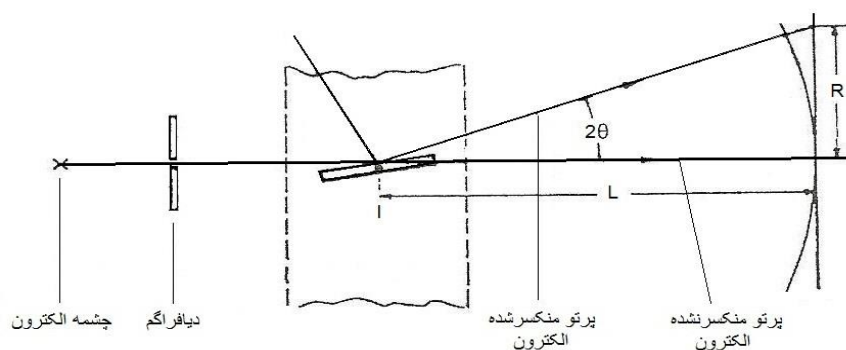
در صورتی که پرتوها تحت هر زاویه ای به جز زاویه هایی که در معادله بالا صدق می‌کنند بازتاب شوند تداخل ویرانگر است.



شکل ۱-۲: بازتاب پرتوهای فرودی از صفحات براگ

در این آزمایش امواج الکترونی بازتاب شده از اتم‌های شبکه، طرح تداخلی را ایجاد می‌کنند. طرح پراکندگی مشاهده شده شامل حلقه‌های دایره‌ای شکل با شعاع‌های متفاوت است. این حلقه‌ها از تداخل سازنده امواج الکترون‌های پراکنده شده از یک سری صفحات مشابه پراکنده کننده کریستال گرافیت ایجاد می‌شوند.

θ زاویه بین امواج تابشی و صفحات براگ می‌باشد. بنابراین زاویه بین امواج تابشی و امواج پراکنده شده برابر با 2θ است. شکل زیر را در نظر بگیرید.



شکل ۲-۲: نمایش طرح وار پراکنده شدن امواج الکترونی

از شکل ۲-۲ داریم:

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{R}{L} \quad (۱)$$

برای مقادیر کوچک θ داریم

$$\operatorname{tg} 2\theta = \sin 2\theta = 2\sin\theta \quad (۲)$$

با ترکیب دو رابطه (۱) و (۲) به دست می‌آوریم:

$$2\sin\theta = \frac{R}{L} \quad (۳)$$

از طرفی طبق قاعده براگ $\frac{n\lambda}{d} \sin\theta = \gamma$ بنابراین به دست می آوریم:

$$\frac{R}{L} = \frac{n\lambda}{d} \quad (۴)$$

برای $n = ۱$ داریم:

$$d = \frac{\lambda L}{R} \quad (۵)$$

باتوجه به این که برای یک دستگاه خاص مقدار L معین می باشد، چون R نیز قابل اندازه گیری است در صورتی که λ مشخص باشد می توان d را به دست آورد.

در این آزمایش می توان λ یعنی طول موج الکترون را به کمک رابطه دو بروی محاسبه کرد.

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (۶)$$

انرژی جنبشی الکترونها برابر است با

$$\frac{1}{2} mV^2 = \frac{P}{\gamma} = ev \quad (۷)$$

که e بار الکترون بر حسب کولن و V مقدار عددی ولتاژ شتابدهنده بر حسب ولت و m جرم الکترون است.

بنابراین

$$P = \sqrt{2mev} \quad (۸)$$

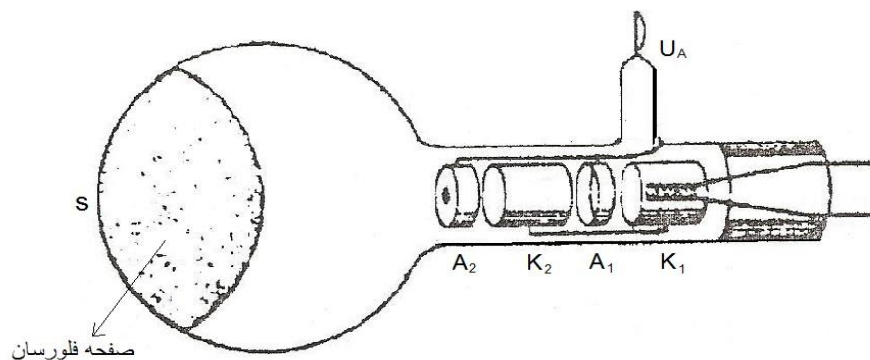
$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2mev}} = \frac{\sqrt{150}}{v} \times 10^{-10} \text{ m} \quad (۹)$$

در مرحله آخر مقادیر جرم و بار الکترون وثابت پلانک جایگذاری شده است.

توصیف لوله پراکندگی

اجزای اصلی لوله ، کاتدها، آندها و ورقه گرافیت می باشد که همگی در حباب شیشه ای با خلاء بالا قرار داده شده اند. این حباب تا فشار حدود 10^{-8} mmHg تخلیه شده است و لذا در هنگام جابه جایی آن باید با احتیاط زیاد عمل کنید تا ضربه ای به آن وارد نشود زیرا کوچکترین ضربه باعث شکستن آن می شود. انتهای حباب با لایه های ساده فلورسان پوشانیده شده است تا در اثر برخورد الکترون های پراکنده شده بتوان تأثیر آنها را مشاهده کرد. ورقه کریستال گرافیت نقش پراکنده کننده الکترون ها را دارد.

مطابق شکل زیر آندها و کاتدهای دستگاه دارای چهار جفت استوانه فلزی است که پشت سر هم قرار گرفته اند. این الکترونها دو تا، دوتا به هم وصل شده اند. پتانسیل به کاتدهای $k1$ و $k2$ متصل می شود و آند اول به عنوان عدسی کانونی کننده عمل می کند.

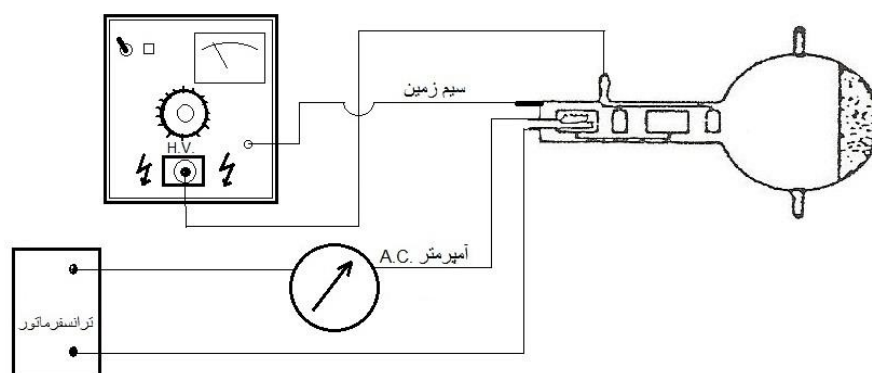


شکل ۲-۳: تصویری از اجزای اصلی لوله پراکندگی

کاتد به طور غیرمستقیم گرم می‌شود و تولید الکترون می‌کند. آند A_2 یک ورقه کریستال گرافیت است که به عنوان عنصر پراکندگی به کار می‌رود. شعاع الکترونی متمرکزی تحت زاویه 90° درجه به ورقه گرافیت برخورد می‌کند. تعدادی از این الکترون‌ها در عبور از ورقه گرافیت به علت برخورد با مراکز پراکنده کننده، پراکنده می‌شوند و به صفحه فلورسان برخورد می‌کنند. این الکترون‌ها حلقه سبز رنگی را تشکیل می‌دهند اما برخی از الکترون‌ها، در عبور از ورقه گرافیت به هیچ مرکز پراکنده‌ای برخورد نمی‌کنند (در واقع از فضای خالی بین اتم‌های گرافیت عبور می‌کنند) بنابراین مستقیم (تحت همان زاویه 90° درجه) و بدون پراکندگی به صفحه فلورسان برخورد می‌کنند. این الکترون‌ها، نقطه نورانی شدیدی را در مرکز صفحه ایجاد می‌کنند. بنابراین طرح کلی پراکندگی شامل یک نقطه نورانی شدید و حلقه‌های دایره‌ای شکل روشن سبزرنگ به مرکز نقطه نورانی می‌باشد. معمولاً در این آزمایش دو حلقه روشن دیده می‌شود.

روش انجام آزمایش

مدار را مطابق شکل زیر ببینید.



شکل ۲-۴: مدار آزمایش پراکندگی الکترون

یک رئوستا نیز در دستگاه برای کنترل جریانی که مسئول گرم کردن کاتد است در مدار قرار دهید. توسط یک آمپر متر نیز جریان را کنترل کنید.

به آهستگی ولتاژ را افزایش دهید. محدوده مناسبی از ولتاژ را انتخاب کنید. مثلاً (۲kv تا ۴kv). در این محدوده ولتاژ را با گام‌های ۵۰۰ ولت افزایش دهید در هر مرحله شعاع دو حلقه نورانی را با کولیس اندازه بگیرید.

حدوداً پنج مرتبه شعاع هر حلقه را اندازه بگیرید و میانگین آنها را به عنوان شعاع حلقه مورد نظر یادداشت کنید. این مقادیر را که در ولتاژهای بالا اندازه‌گیری شده اند را در جدول ۱-۲ یادداشت کنید.

جدول ۱-۲

ولتاژ	R ₁	R ₂	λ

آزمایش اثر هال

هدف آزمایش

تعیین نوع حامل‌های بار الکتریکی در رساناها و محاسبه چگالی حجمی الکترونهای آزاد در رساناهای مورد آزمایش.

وسایل آزمایش

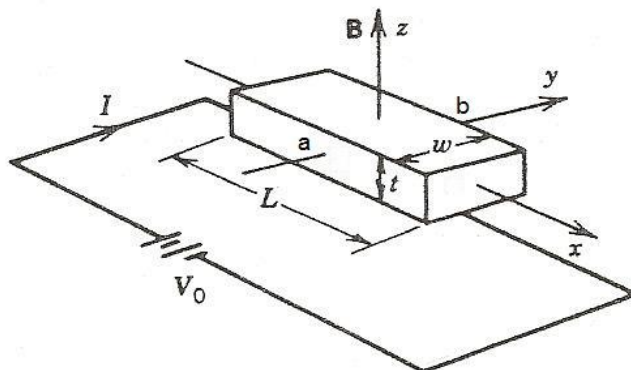
آهنربای الکتریکی و منبع تغذیه مربوطه - میکروولت‌متر - منبع جریان - برد مخصوص اثر هال با ورقه نقره و ورقه مس

مقدمه

در سال ۱۸۷۹ میلادی هال در دانشگاه هاروارد آزمایشی را انجام داد که با آن توانست علامت حاملهای بار در رساناها را تعیین کند. او در آزمایش خود یک ورقه فلزی را در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به گونه‌ای قرار داد که خطوط میدان مغناطیسی بر سطح آن عمود باشد و جریان الکتریکی I را نیز از طول آن عبور داد. به علت نیروی مغناطیسی که به هریک از حاملهای بار در ورقه فلزی وارد می‌شد، هر حامل بار ضمن حرکت در طول ورقه به سمت کناره‌های عرضی ورقه نیز سوق پیدا می‌کرد و بنابراین یک اختلاف پتانسیل عرضی که اکنون به اختلاف پتانسیل عرضی هال شهرت دارد بین دو نقطه متقابل در عرض ورقه ایجاد می‌شد. با اندازه‌گیری این اختلاف پتانسیل، هال می‌توانست نوع حاملهای بار (مثبت یا منفی) را تعیین کند. آزمایش هال نشان داد که در فلزات حاملهای بار منفی‌اند. در این آزمایش نیز با قرار دادن یک ورقه رسانا در میدان مغناطیسی یکنواخت و انجام آزمایش هال، نوع حاملهای بار و چگالی بار در رساناهای مورد آزمایش را تعیین می‌کنید.

تئوری

فرض کنید یک ورقه رسانا به ضخامت t و عرض w به گونه‌ای در میدان مغناطیسی B قرار گیرد که خطوط میدان بر سطح آن عمود باشد مطابق شکل زیر:



شکل ۳-۱: نمایش تجربی اندازه‌گیری ولتاژ هال در نمونه‌ای رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

اگر شدت جریان I در امتداد طول رسانا عبور داده شود به هریک از حاملهای بار نیروی مغناطیسی $\vec{F} = q\vec{v}_d \times \vec{B}$ وارد خواهد شد. اگر حامل‌های بار مثبت باشند باتوجه به

اینکه جهت حرکت آنها هم جهت با جریان است نیروی وارده آنها را به سمت نقطه a می‌کشاند و چنانچه حاملهای بار منفی باشند باتوجه به این که جهت حرکت آنها در خلاف جهت جریان می‌باشد باز هم نیروی وارده F آنها را به نقطه a سوق می‌دهد. بنابراین یک اختلاف پتانسیل عرضی (اختلاف پتانسیل هال، V_H) بین دو نقطه a و b ایجاد می‌شود. علامت حاملهای بار از علامت اختلاف پتانسیل هال تعیین می‌شود. یعنی اگر پتانسیل a بیشتر از پتانسیل b باشد، نوع حاملها مثبت و اگر پتانسیل a کمتر از پتانسیل b باشد نوع حاملها منفی خواهد بود.

حاملهای بار به طور نامحدود در لبه ورقه جمع نمی‌شوند زیرا تغییر مکان این بارها باعث ایجاد میدان الکتریکی عرضی هال، E_H می‌شود که در داخل رسانا با سوق جانبی حامل‌ها بار مخالفت می‌کند. این میدان الکتریکی هال، تجلی دیگری از اختلاف پتانسیل هال است. رابطه میان این دو به صورت زیر می‌باشد.

$$E_H = \frac{V_H}{w} \quad (1)$$

سرانجام هنگامی تعادل برقرار می‌شود که نیروی منحرف کننده مغناطیسی جانبی وارد بر حامل‌های بار با نیروی الکتریکی مخالف $q\vec{E}_H$ حاصل از میدان الکتریکی هال خنثی شود یعنی:

$$q\vec{E}_H + q\vec{v}_d \times \vec{B} = 0 \quad (2)$$

از این رابطه داریم

$$qV_d B = qE_H \rightarrow E_H = V_d B \quad (3)$$

بنابراین اختلاف پتانسیل هال برابر است با

$$V_H = E_H w = V_d B w \quad (4)$$

در این رابطه V_d سرعت حرکت یا سرعت سوق بارهای الکتریکی است که به صورت زیر می‌باشد:

$$V_d = \frac{j}{nq} = \frac{I/A}{nq} \quad (۵)$$

که j چگالی جریان، n چگالی حامل‌های بار الکتریکی یعنی تعداد حامل‌های بار موجود در واحد حجم و $A = wt$ مساحت ورقه می‌باشد با جایگذاری V_d در رابطه (۳) و با استفاده از رابطه (۱) داریم:

$$V_H = \frac{I B}{nqwt} w = \frac{I B}{nqt} \quad (۶)$$

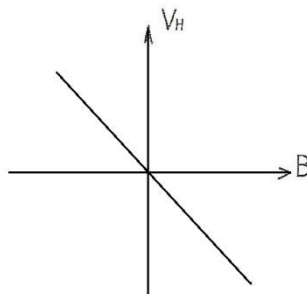
اگر در این رابطه I ثابت نگه داشته شود رابطه میان ولتاژ هال و میدان مغناطیسی B یک رابطه خطی است.

$$V_H = \left(\frac{I}{nqt} \right) B \quad (۷)$$

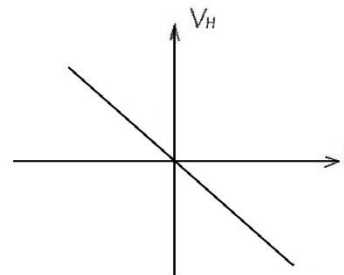
و ضریب زاویه این خط $\frac{I}{nqt}$ می‌باشد. اگر با مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه نمودار V_H را بر حسب B رسم کنیم و با توجه به این که در فلزات حامل‌های بار الکترون‌های آزاد می‌باشند یعنی $q = e$ ضریب زاویه خط حاصل برابر با $\frac{I}{net}$ می‌باشد. با مشخص بودن شدت جریان، I ، ضخامت ورقه t و بار الکترون $e = 1.6 \times 10^{-19}$ می‌توان چگالی حامل‌های بار در ورقه فلزی مورد آزمایش را تعیین کرد. همچنین در صورتی که B ثابت نگه داشته شود رابطه میان ولتاژ و شدت جریان نیز یک رابطه خطی است:

$$V_H = \left(\frac{B}{nqt} \right) I \quad (۸)$$

و ضریب زاویه این خط $\frac{B}{nqt}$ می‌باشد. باز می‌توان با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه نمودار V_H را بر حسب شدت جریان I رسم کرد و ضریب زاویه خط حاصل را تعیین و چگالی حامل‌های بار، n ، را از این روش نیز به دست آورد. آزمایش نشان می‌دهد که ضریب زاویه‌های فوق برای فلزاتی مانند مس منفی است (اثر هال عادی). که به خاطر وجود الکترون‌های آزاد در رسانا می‌باشد. به شکل‌های ۲-۳ الف و ۲-۳ ب توجه کنید.

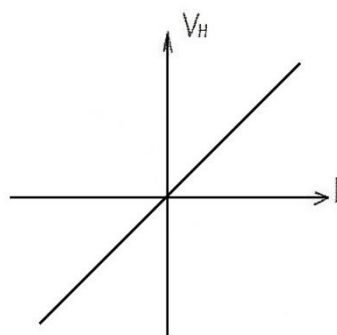


شکل ۲-۳ ب

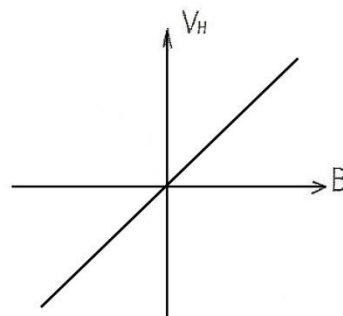


شکل ۲-۳ الف

و برای فلزاتی مانند روی مثبت است (اثر هال غیرعادی) که به علت کمبود الکترون آزاد در رسانا می‌باشد. شکل‌های ۳-۳ الف و ۳-۳ ب را در نظر بگیرید.



شکل ۳-۳ ب



شکل ۳-۳ الف

روش انجام آزمایش

سیم‌پیچ‌های آهنربای الکتریکی را در جای خود روی پایه‌های مربوطه قرار داده و آنها را توسط سیم‌های رابط به طور سری به یکدیگر به گونه‌ای ببندید که جهت جریان در آنها عکس یکدیگر شده و قطبین مغناطیسی آنها مخالف یکدیگر گردد.

یکی از بردهای هال را به گونه‌ای قرار دهید که صفحه برد عمود بر امتداد میدان گردد. سیم‌های رابط میکرو ولتمتر را به خروجی ولتاژ هال که در مجاورت پتانسیومتر برد هال قرار دارند وصل کنید و با تغییر دادن پیچ میکرو ولتمتر را صفر کنید. منبع جریان الکتریکی مربوطه را نیز به محل‌های اتصال دو سر ورقه مورد آزمایش که بر روی برد هال تعبیه شده است متصل کنید. در این حالت دستگاه به طور کامل آماده است و شما می‌توانید آزمایش را انجام دهید.

آزمایش ۱: تعیین حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش با استفاده از رسم نمودار ولتاژ هال بر حسب میدان مغناطیسی
: B

در این آزمایش منحنی ولتاژ هال بر حسب میدان مغناطیسی B را رسم کنید. برای این کار جریان عبوری از ورقه را از صفر افزایش دهید و آن را روی مقدار ثابتی نگه دارید (از کارشناس آزمایشگاه درباره مقدار جریان راهنمایی بگیرید). با پیچاندن پیچ پتانسیومتر روی برد هال میکرو ولتمتر را صفر کنید. آهنربای الکتریکی را به منبع تغذیه مربوط به آن متصل نموده و شدت جریان منبع، I_M را با فواصل ۰/۵ آمپری تغییر داده و در هر بار ولتاژ هال را از روی میکرو ولتمتر قرائت کنید. مقادیر B متناظر با مقادیر مختلف I_M را به دست آورید. جدولی مطابق جدول ۳-۱ تنظیم کنید و مقادیر به دست آمده را در آن یادداشت کنید.

جدول ۱-۳

	$I(A)$	$I_M(A)$	$B(mT)$	$V_H(mV)$
۱				
۲				
۳				
۴				

با استفاده از این مقادیر منحنی تغییرات ولتاژ هال را بر حسب B رسم کنید و با تعیین ضریب زاویه خط حاصل و مشخص بودن ضخامت ورقه، t ، و $e = 1/6 \times 10^{-19}$ و شدت جریان I چگالی حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش را به دست آورید.

آزمایش ۲: تعیین حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش با استفاده از رسم نمودار ولتاژ هال بر حسب شدت جریان عبوری از ورقه رسانا

در این آزمایش منحنی تغییرات ولتاژ هال را بر حسب I شدت جریان عبوری از ورقه رسانا رسم کنید و با استفاده از ضریب زاویه خط حاصل چگالی حامل‌های بار n در رسانای مورد آزمایش را به دست آورید. برای این کار شدت جریان منبع تغذیه آهنربای الکتریکی، I_M ، را روی مقدار ثابتی تنظیم کنید (در این قسمت برای مقدار I_M از کارشناس آزمایشگاه راهنمایی بگیرید) با این کار شدت میدان مغناطیسی، B را ثابت نگه می‌دارید. سپس شدت جریان عبوری از ورقه، I ، را تغییر دهید و در هر بار ولتاژ هال را از روی میکرو ولتمتر قرائت کنید جدولی مطابق جدول ۲-۳ تنظیم و مقادیر به دست آمده را در آن یادداشت کنید.

جدول ۲-۳

	$B \text{ (mT)}$	$I_M \text{ (A)}$	V_H	I
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				
۱۰				

با استفاده از این مقادیر منحنی تغییرات V_H بر حسب I را رسم کنید و با استفاده از ضریب زاویه خط حاصل و مشخص بودن ضخامت ورقه e و چگالی حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش را به دست آورید.

این آزمایش را برای چندین ورقه فلزی مثل نقره، روی و یا مس تکرار کنید و نتایج مربوط را در جدولی تنظیم کنید و با رسم نمودارهای گفته شده و تعیین ضریب زاویه خطهای حاصل نوع و چگالی حامل‌های بار را در هریک از این رساناها به دست آورید.

آزمایش پدیده عادی زیمان

هدف آزمایش

درک منشأ فیزیکی پدیده عادی زیمان - مشاهده مؤلفه‌های زیمان یک یا چند خط طیفی با قراردادن اتم در میدان مغناطیسی خارجی

وسایل آزمایش

آهنربای الکتریکی و منبع تغذیه الکتریکی - لامپ جیوه و منبع تغذیه مربوطه - تداخل سنج فابری - پرو با دوربین مربوطه - پلاریزور مدرج با پایه نگهدارنده آن - فیلتر سبز جیوه با پایه نگهدارنده آن - پایه کوچک مکعبی و سیم‌های رابط

مقدمه

وقتی اتمی از یک حالت اولیه به یک حالت نهایی با انرژی پایین‌تر گذار می‌کند فوتونی با انرژی‌ای برابر با اختلاف انرژی آن حالت‌ها گسیل می‌کند و تک خط طیفی مشاهده می‌شود که متناظر با این گذار است. چنانچه هریک از دو حالت شرکت‌کننده در گذار دارای گشتاور مغناطیسی باشد آنگاه اعمال میدان مغناطیسی خارجی B خط طیفی را به چندین مؤلفه نزدیک به هم تبدیل می‌کند که میزان جدایی آنها متناسب با B است. این شکافتگی خطوط طیفی در میدان مغناطیسی پدیده زیمان نامیده می‌شود و توسط پیترزیمان در سال ۱۸۹۶ مطرح شد. در همین راستا جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۰۲ به طور مشترک به هاندریک آنتون لورنتر و پیتر زیمان از هلند برای تقدیر از خدمت فوق‌العاده‌ای که با تحقیقشان درباره اثر مغناطیس بر پدیده‌های تابشی انجام دادند اهدا شد. در این آزمایش با قراردادن اتم‌های جیوه در میدان مغناطیسی یکنواخت B پدیده زیمان را مشاهده خواهید کرد و با استفاده از تداخل سنج فابری - پرو مؤلفه‌های تغییر یافته طیف را به دست خواهید آورد.

تئوری

همان طور که می‌دانیم هریک از حالت‌های S و P و d و f و ... با یک مقدار l معین در یک اتم دارای $2l + 1$ زیر تراز می‌باشند. هنگامی که اتم در میدان مغناطیسی صفر قرار دارد همه $2l + 1$ زیر تراز مربوط به هر حالت دارای یک مقدار انرژی می‌باشند. حال اگر یک اتم برانگیخته یک گذار مجاز از یکی از این حالتها با انرژی E به حالتی دیگر با انرژی E' انجام دهد، فوتونهایی که دارای تک بسامد $E' - E = h\nu$ گسیل می‌کند. گذارهای مجاز این حالتها از قاعده گزینش $\Delta l = \pm 1$ پیروی

می‌کنند. اگر اتم تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد هر حالت به ازای مقدار معینی از ℓ به $1 + 2\ell$ زیر تراز هم فاصله تجزیه می‌شود که اختلاف انرژی هر دو زیر تراز به صورت زیر می‌باشد.

$$\Delta E_m = m_\ell \frac{e\hbar}{2m} B \quad (1)$$

که عدد کوانتومی m_ℓ مقدار $-\ell \leq m_\ell \leq \ell$ دارد.

اختلاف انرژی بین دو زیرتراز مجاور برابر $B \frac{e\hbar}{2m}$ می‌باشد و از مقدار 1 مستقل است. کمیت $\frac{e\hbar}{2m}$ دارای یکای گشتاور مغناطیسی است و مگنتون بوهر نامیده می‌شود.

قاعده گزینش برای گذارهای بین دو زیرتراز به صورت $\Delta m_\ell = 0$ می‌باشد بنابراین هنگامی که اتم در میدان مغناطیسی B قرار می‌گیرد بسامد فوتون‌های گسیل‌شده در گذار از یک حالت به حالتی دیگر طبق روابط زیر به دست می‌آید:

$$\Delta m_\ell = -1 \quad h\nu = h\nu_0 - \frac{e\hbar}{2m} B \quad (2)$$

$$\Delta m_\ell = 0 \quad h\nu = h\nu_0 \quad (3)$$

$$\Delta m_\ell = +1 \quad h\nu = h\nu_0 + \frac{e\hbar}{2m} B \quad (4)$$

از تقسیم طرفین معادلات (۲) و (۳) و (۴) بر h ، بسامدهای تابش گسیل شده به صورت زیر به دست می‌آیند.

$$\nu_- = \nu_0 - \frac{e}{4\pi m} B \quad (5)$$

$$\nu_0 = \nu_0 \quad (6)$$

$$\nu_+ = \nu_0 + \frac{e}{4\pi m} B \quad (7)$$

بنابراین هر خط با بسامد ν_0 در طیف، توسط یک میدان مغناطیسی خارجی به سه مؤلفه هم فاصله شکافته می‌شود یک خط اصلی با بسامد ν_0 و دو خط هم فاصله اطراف آن که فاصله هریک از آن $B \frac{e}{4\pi m}$ می‌باشد. به ν_+ فرکانس افزایش یافته به ν_- فرکانس کاهش یافته و به ν_0 فرکانس تغییر نیافته گفته می‌شود.

اکنون باتوجه به اینکه نور یک موج الکترومغناطیسی است و بردار $\vec{E}$ و $\vec{H}$ عمود بر راستای انتشار می‌باشند، هنگامی که این خطوط طیف در امتداد عمود بر خطوط میدان مغناطیسی مورد مشاهده قرار گیرند برای فرکانس تغییر نیافته میدان الکتریکی در راستای میدان مغناطیسی قطبیده است (مؤلفه π). در حالی که برای دو فرکانس تغییر یافته میدان الکتریکی در امتداد عمود بر راستای میدان مغناطیسی قطبیده هستند (مؤلفه‌های σ). به کمک یک پلاریزور می‌توان صحت مطالب فوق را تأیید کرد. پدیده عادی زیمن برای مجموعه‌های تک خطی طیف‌های He و گروه عناصر قلیائی خاکی، همچنین Hg و Zn و Cd مشاهده شده است.

باتوجه به این که شکافتگی خطوط طیف بسیار کوچک است بنابراین برای مشاهده پدیده عادی زیمن به طیف سنج‌هایی با توان تفکیک نسبتاً بالا نیاز است.

روش انجام آزمایش

سیم‌پیچ‌های آهنربای الکتریکی را با یکدیگر به گونه‌ای سری کنید که جهت گردش جریان الکتریکی در آنها یکسان باشد. سپس لامپ جیوه را بین دو قطب آهنربا قرار داده و آن را در محل خود محکم کنید. سیم‌های لامپ جیوه را به منبع تغذیه ولتاژ بالا متصل و آنرا روشن کنید.

سیم‌های آهنربای الکتریکی را نیز به منبع تغذیه مربوطه وصل و آن را روشن کنید و جریان را از آن عبور دهید. از کارشناس آزمایشگاه در ارتباط با ولتاژ لازم برای تغذیه لامپ و مقدار جریان لازم برای عبور از سیم‌های آهن ربای الکتریکی راهنمایی بخواهید.

اگر جهت گردش جریان در سیم‌پیچ‌های آهنربا صحیح انتخاب شود می‌توان با کم و زیاد کردن شدت جریان نور لامپ جیوه را کم و زیاد کرد در غیر این صورت باید جای سیم‌های سیم‌پیچ‌ها را تعویض کرد.

تداخل سنج فابری پرو را تنظیم کنید (نحوه مدرج کردن تداخل سنج فابری - پرو و نیز اندازه‌گیری اختلاف طول موج‌ها، در انتها توضیح داده شده است) و آن را در مقابل نور لامپ جیوه قرار دهید. معمولاً این نور پس از عبور از یک عدسی از محفظه‌اش خارج می‌شود. فاصله‌های آینه‌های تداخل سنج را حدوداً ۲ میلی‌متر انتخاب کنید. پلاریزور مدرج را بین تداخل سنج و محفظه حاوی لامپ جیوه قرار داده و آن را روی زاویه صفر تنظیم کنید. فیلتر سبز جیوه را در مسیر نور لامپ قرار دهید. شدت جریان منبع تغذیه را صفر کرده (میدان مغناطیسی صفر می‌شود) و از درون دوربین تداخل سنج نوارهای تداخلی دایروی را مشاهده کنید. در صورتی که شدت جریان منبع را افزایش دهید (میدان مغناطیسی برقرار می‌شود) ملاحظه خواهید کرد که هر خط تداخلی دایروی به دو خط تبدیل و به دو طرف جا به جا می‌شوند به طوری که محل اولیه خط تداخلی تاریک می‌شود این دو، مؤلفه‌های σ می‌باشند. اگر در این حالت پلاریزور را روی زاویه ۹۰ درجه ببرید این دو خط محو و خط سوم در محل اولیه نوار تداخلی مشاهده خواهد شد این خط همان مؤلفه π می‌باشد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که خط سبز طیف جیوه در میدان مغناطیسی به سه خط قطبیده تبدیل می‌شود. یکی از این خطها در امتداد موازی خطوط میدان قطبیده‌اند (مؤلفه π) و دو تای دیگر در امتداد عمود بر امتداد میدان مغناطیسی (مؤلفه‌های σ)، و این همان پدیده عادی زیمن است.

با تغییر شدت جریان منبع تغذیه، منحنی تغییرات میدان آهنربای الکتریکی B را بر حسب شدت جریان I رسم کنید و به این ترتیب شدت القاء مغناطیسی را تعیین کنید.

با کمک تداخل سنج فابری - پرو اختلاف طول موج ($\Delta\lambda$) و مؤلفه σ خط سبز جیوه را اندازه‌گیری کنید.
سپس باتوجه به این که

$$v = \frac{c}{\lambda} \rightarrow \Delta v = -\frac{c}{\lambda^2} \Delta\lambda \quad (۸)$$

اختلاف بسامد (Δv) مؤلفه‌های σ را با استفاده از $\Delta\lambda$ به دست آمده محاسبه کنید. در رابطه (۸) c سرعت نور در خلاء و برابر با $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ و $5460/74$ λ انگستروم، طول موج سبز جیوه می‌باشد.
آزمایش را چندین بار تکرار کرده، جدولی مطابق جدول ۴-۱ تنظیم کنید و مقادیر به دست آمده را در آن یادداشت کنید.

جدول ۴-۱

شماره آزمایش	$I(A)$	$B(T)$	$(m)\Delta\lambda$	$\Delta\nu(\text{sec}^{-1})$
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				

در انتها توضیح خواهیم داد که تداخل سنج چیست، چگونه تداخل سنج فابری - پرو را برای مشاهده نوارهای تداخلی تنظیم کنیم، روش مدرج کردن تداخل سنج فابری - پرو چگونه است، چگونه می توان اختلاف دو طول موج نزدیک به هم (مثلاً دو طول موج زرد سدیم) را به دست آورد.

تداخل سنج چیست؟

تداخل سنج دستگاهی است که از یک پرتو تک فام دو پرتو تهیه کرده و آنها را با هم تداخل می دهد. نحوه کار آن بستگی به نوع سیستم تداخل سنج دارد. از تداخل سازنده دو موج نقاط یا مناطق روشن و از تداخل ویرانگر آنها نقاط یا مناطق تاریکی ایجاد می شود. که به آنها نوارهای تداخلی روشن و تاریک گفته می شود. با استفاده از این نوارهای تداخلی می توان هرگونه تغییر در طول موج نور ورودی را مشاهده نمود و بعضی از کمیت های اپتیکی را اندازه گیری نمود.

تنظیم دستگاه تداخل سنج فابری - پرو برای مشاهده نوارهای تداخلی

برای تنظیم دستگاه تداخل سنج و مشاهده نوارهای تداخلی مراحل زیر را انجام دهید:

لامپ سدیم را به منبع تغذیه مربوطه وصل و روشن کنید تا گرم شود. سپس در وسط یک ورقه کوچک کاغذ سوراخی ایجاد کرده و آن را در مقابل لامپ سدیم قرار دهید. لامپ را در فاصله نسبتاً دور از آینه های تداخل سنج قرار دهید (حدود یک متر یا بیشتر) و عدسی جلوی آینه ها را بردارید. با پیچاندن پیچ های تنظیم آینه ثابت تداخل سنج به حالتی برسید که تصاویر متعدد سوراخ به یکدیگر منطبق شوند. این کار را تا حد ممکن دقیق انجام دهید. کاغذ را از مقابل لامپ بردارید. در صورتی که تنظیم خوبی انجام داده باشید باید نوارهای تداخلی و یا حداقل قسمتی از آنها را مشاهده کنید. با تنظیم دقیق تر پیچ های تنظیم آینه، وضوح نوارهای تداخلی را بهبود بخشید. با دقت و به آهستگی به طوری که آینه تکان نخورد عدسی دستگاه را بر روی آینه، و دوربین تداخل سنج در محل مربوطه نصب نموده و در آن نگاه کنید و با جا به جا کردن عدسی چشمی دوربین بهترین تصویر را برای مشاهده به وجود آورید. حال اگر پیچ میکرومتری دستگاه را به آهستگی بچرخانید، تولید یا محو شدن نوارهای تداخلی در مرکز را به خوبی مشاهده خواهید کرد.

مدرج کردن تداخل سنج

برای مدرج کردن تداخل سنج باید مشخص کنیم که به ازای یک میلی متر تغییر پیچ میکرومتری چه مقدار آینه متحرک و نیمه نقره اندود را در تداخل سنج جابه جا می کند برای این کار به ترتیب زیر عمل کنید.

محو و یا ظاهر شدن نوارهای تداخلی را ده تا ده تا شمارش کنید و بعد از هر ده شمارش درجه پیچ میکرومتری را یادداشت کنید و مشخص کنید پیچ میکرومتری به ازای هر ۱۰۰ نوار تداخلی به چه میزان تغییر می کند. این محاسبه را چندین بار انجام دهید و بین آنها میانگین بگیرید.

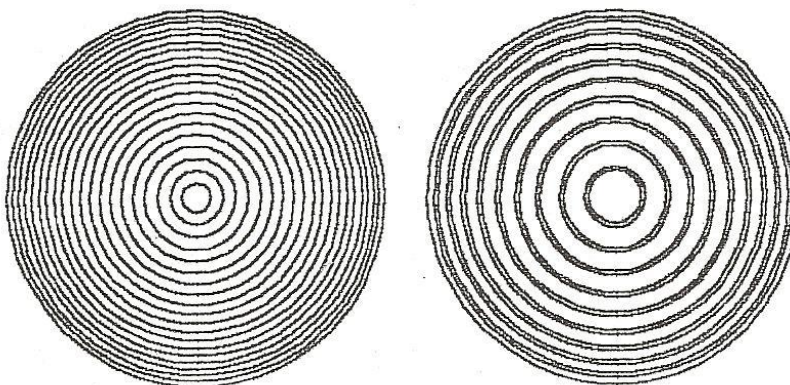
آینه نیمه نقره اندود به ازای محو یا ظاهر شدن یک نوار به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ جا به جا می شود که میانگین طول موج زرد سدیم و برابر با $\lambda = 5893 \text{ Å}$ می باشد. لذا آینه نیمه نقره اندود به ازای ۱۰۰ نوار تداخلی به اندازه $d = 100 \cdot \frac{\lambda}{2}$ جا به جا خواهد شد که با یک تناسب ساده می توان جابه جایی آینه را به ازای یک میلی متر تغییر مکان پیچ میکرومتری به صورت زیر به دست آورد:

جابه جایی آینه ها	تغییر میکرومتر
$\frac{\lambda}{2} \cdot 100$	$\Delta d (mm)$
α	$\Delta (mm)$

که از این تناسب $\alpha = \frac{50\lambda}{\Delta d}$ به دست می آید و به این ترتیب تداخل سنج مدرج شده است.

تعیین اختلاف دو طول موج سدیم

پس از آنکه دستگاه را برای ایجاد نوارهای تداخلی تنظیم نمودید، پیچ میکرومتری را به آرامی بچرخانید، ملاحظه خواهید کرد که نوارهای تداخلی در بعضی مواقع به صورت جفت جفت ظاهر می گردند (شکل ۴-۳ الف). با چرخاندن بیشتر پیچ میکرومتری وضعیت نوارها تغییر نموده، فواصل آنها منظم تر شده و نوارهای طول موج λ_1 کاملاً در وسط نوارهای طول موج λ_2 قرار می گیرند (شکل ۴-۳ ب).



شکل ۴-۳ ب

شکل ۴-۳ الف

وقتی که حالت کاملاً منظمی را مشاهده کردید، عدد میکرومتر را قرائت و یادداشت کنید. حال به چرخاندن میکرومتر در همان جهت قبل ادامه دهید ملاحظه خواهید کرد که نظم قبلی از بین رفته و مجدداً فاصله نوارها به صورت تناوبی کم و زیاد می شود و موقعیتی می رسید که نوارهای دوتایی به تک نوارها تبدیل می گردند (نوارهای λ_1 و λ_2 بر هم منطبق می شوند)

باز هم پیچ میکرومتر را آنقدر بچرخانید تا نوارهای مزبور مجدداً از یکدیگر جدا شده و کاملاً بین هم قرار بگیرند در این حالت نیز مجدداً پیچ میکرومتر را قرائت و یادداشت کنید. این روش را چندین بار تکرار کنید و در هر مرحله پیچ میکرومتر را قرائت و یادداشت کنید. چون قبلاً دستگاه را مدرج کرده‌اید با استفاده از آن تغییر فاصله آینه‌ها به ازای جا به جایی میکرومتر را برای هربار بین هم افتادگی نوارها محاسبه کنید.

(تفاضل مقادیر پیچ میکرومتری آن) = جا به جایی آینه‌ها برای دو حالت متوالی بین هم قرار گرفتن نوارها
سپس از این جابه‌جایی‌های به دست آمده میانگین بگیرید و جا به جایی آینه‌ها در تداخل سنج را به ازای دو وضعیت مشابه از دو سری نوار تداخلی مربوطه به λ_1 و λ_2 از منبع سدیم را به دست آورید Δd . حال با استفاده از رابطه

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{\Delta d} \quad (9)$$

اختلاف طول موج‌های λ_1 و λ_2 سدیم را به دست آورید. λ در این رابطه ۵۸۹۳ انگستروم می‌باشد.

آزمایش بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر مواد (پارا- دیا- فرو) مغناطیس آهن - نیکل - روی - آلومینیوم - مس - بیسموت



شکل ۱

هدف آزمایش: بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر مواد (پارا- دیا- فرو) مغناطیس

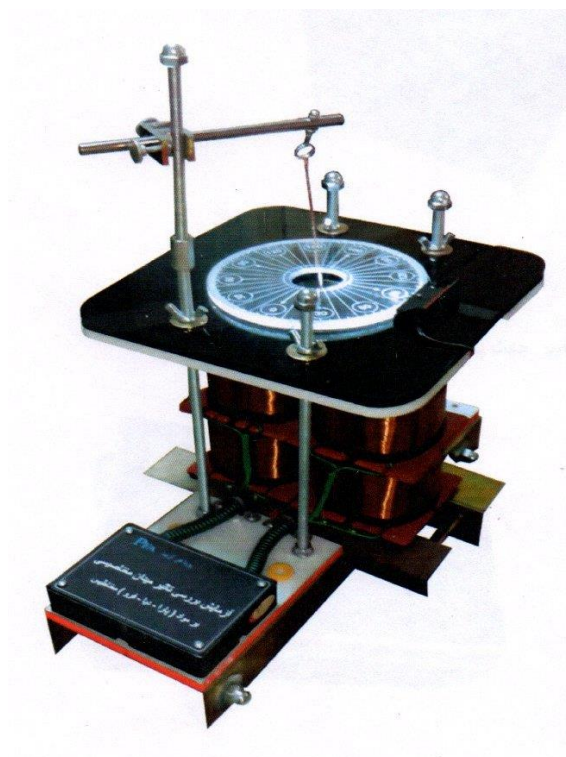
تئوری آزمایش

در این آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر روی مواد مختلف مشاهده و بررسی میگردد بدین منظور از میدان مغناطیسی قوی استفاده میگردد.

وسایل آزمایش

این مجموعه شامل وسایل و دستگاههای ذیل می باشد :

۱ - ترانسفورماتور اصلی با میله های نگهدارنده و دو عدد هسته آهنی متحرک



شکل ۲

۲ - منبع تغذیه متغییر AC/DC Power Supply با توان ۸۸ ۰-۲۲۰V مدل AS_W^N



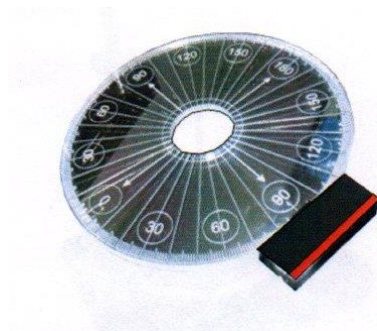
شکل ۳

۳ - کلید تغییر جهت پلاریته به همراه آمپر متر آنالوگ



شکل ۴

۴ - نمایشگر نوری مدرج ۳۶۰ درجه برای اندازه گیری میدان چرخش جسم فلزی در میدان مغناطیسی



شکل ۵

۵ - چند نمونه قطعه فلزی (آهن - نیکل - روی - آلومینیوم - مس - بیسموت)

روش انجام آزمایش

- ۱ - دو شاخه منبع تغذیه را به پریز برق وصل نمایید.
- ۲ - دو شاخه دستگاه منبع تغذیه بنحوی به پریز برق متصل گردد که پایه با نشان قرمز به فاز وصل شود.
- ۳ - سیم ارت دستگاه را متصل نمایید (اتصال سیم ارت به دستگاه ضروری است).
- ۴ - در این مرحله ولوم بالای منبع تغذیه روی صفر بوده و دستگاه خاموش می باشد.
- ۵ - دو شاخه دستگاه کلید تغییر جهت را به پریز DC منبع تغذیه متصل نمایید.
- ۶ - پریز AC منبع تغذیه در این آزمایش استفاده نمی شود.
- ۷ - سوکت دو پین سیاه رنگ طرف دیگر دستگاه تغییر جهت را به ورودی ترانس متصل نموده و پیچ آن محکم بسته شود زیرا اتصال ناقص باعث جرقه زدن و داغ شدن آن می شود.
- ۸ - دو عدد هسته متحرک ترانس را در بالای ترانس (زیر صفحه نگهدارنده) قرار دهید.
- ۹ - اتصالات بالای ترانس مطابق شکل زیر بسته شده و پیچها محکم شود.



شکل ۶

۱۰ - دقت نمایید ، چهار عدد مهره صفحه مشکی نگهدارنده اگر خیلی محکم بسته شود ، باعث خم شدن صفحه میگردد و اگر شل بسته شود ، در میدان های مغناطیسی خیلی زیاد هسته های ترانس حرکت کرده و به هم کوبیده می شوند.

۱۱ - نمایشگر نوری مدرج را در بالای صفحه نگهدارنده گذاشته و به برق متصل گردد تا روشن شود.

۱۲ - اکنون یکی از مواد مورد آزمایش را به نخ متصل نموده و به نحوی آویزان نمایید که کاملاً در فاصله مابین دو هسته متحرک ترانس قرار گیرد.

۱۳ - هسته های ترانس نباید با مواد مورد آزمایش تماس داشته باشند.

۱۴ - کلید دستگاه تغییر جهت را در یک طرف (چپ و یا راست) قرار دهید.

۱۵ - اکنون با رعایت کلیه موارد ایمنی ، دستگاه منبع تغذیه را روشن کرده و با چرخانده ولوم بالای آن شدت میدان مغناطیسی ما بین دو هسته را افزایش دهید.

در استفاده از این مجموعه رعایت موارد ذیل بسیار ضروری می باشد:

از کلید تغییر پلاریته مدار فقط در حالت ولتاژ صفر استفاده شود و هرگز در زمان جریاندهی وضعیت این کلید تغییر داده نشود.

در طول آزمایش دمای سیمهای رابط و ترانس چک شده و در صورت خیلی داغ بودن آنها ، برای چند دقیقه دستگاه خاموش شده تا خنک شود (داغ شدن ترانس به جهت عبور جریان زیاد تا حدی عادی است).

توان عادی ترانس حدود ۱۳ ولت و ۲.۵ آمپر می باشد ولی برای چند لحظه میتوان به دستگاه توان بالاتر حدود ۲۳ ولت و ۱۰ آمپر داد تا عملکرد میدان مغناطیسی خیلی قوی را مشاهده کرد.

منبع تغذیه دارای فیوز مینیاتوری آبی رنگ می باشد که در جریانهای غیرمجاز عمل میکند.

صفحه مدرج نورانی محاسبه میزان چرخش از جنس پلکسی گلاس بوده و شکننده است. از ضربه زدن شدید به آن خودداری شود.

هر بار که بخواهید منبع تغذیه را روشن و یا خاموش نمایید، می بایست قبلاً ولوم آن درحالت صفر قرار دهید در غیر این صورت، خاصیت سلفی بالای ترانس باعث ایجاد تنش در مدار می شود.

۱۶ – عملکرد مواد مختلف را در میدان مغناطیسی مشاهده نموده و مقایسه نمایید.

۱۷ – بمنظور تغییر جهت دادن به میدان مغناطیسی، بصورت زیر عمل نمایید:

ولوم منبع تغذیه را صفر کرده و سپس خاموش نمایید.

کلید تغییر جهت را در طرف دیگر قرار دهید (در حالت وسط خاموش است).

منبع تغذیه را روشن کرده و ولتاژ آن را زیاد نمایید.

اکنون میدان مغناطیسی برعکس حالت قبل دارید.

۱۸ – به وسیله نمایشگر نوری مدرج میتوانید میزان چرخش بعضی از مواد در میدان مغناطیسی را اندازه گیری نمایید . کدام مواد این حالت را دارند ؟

آزمایش بررسی رسانندگی نوری جامدات (فتو رسانایی در جامدات)

هدف آزمایش: اندازه گیری نور جریان I_{ph} بر حسب تابعی از ولتاژ U در روشنایی ثابت Φ ، اندازه گیری نور جریان I_{ph} بر حسب تابعی از روشنایی در ولتاژ ثابت U

وسایل مورد نیاز آزمایش

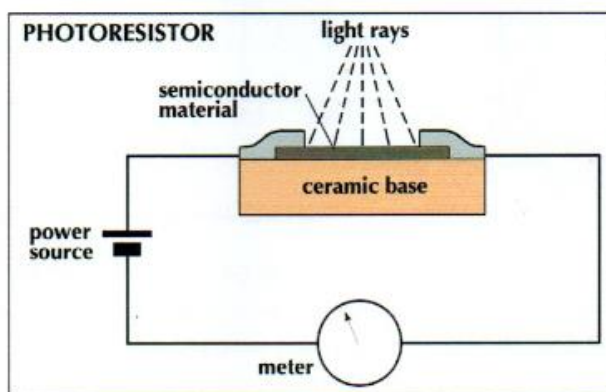
- فتو رزیستور Cds با پایه و شکاف متغییر میکرومتری
 - میکرو آمپر متر دقیق آزمایشگاهی
 - منبع تغذیه دقیق آزمایشگاهی با امپدانس مناسب
 - سیمهای رابط
 - نور افکن (چراغ رویتزر) با پایه
 - منبع تغذیه نور افکن
 - میزچه اپتیکی ۲ عدد (۱ متری و نیم متری)
 - سره های مورد نیاز میزچه
 - مفصل مدرج میزچه ها
 - قطعات اپتیکی مورد نیاز
- (لنز متمرکز کننده پایه دار - آنالیزور - پلاریزور - منشور ۶۰ درجه با نگهدارنده)

تئوری آزمایش

فتو رسانایی عبارت است از افزایش رسانش الکتریکی σ در یک جسم جامد در اثر جذب نور. انرژی جذب شده در جسم جامد موجب انتقال الکترونهاى فعال به نوار رسانش و تعویض بار تله ها با حفره ها در نوار ظرفیت می شود. بنابراین، تعداد حاملهای بار در شبکه بلور افزایش و در نتیجه هدایت تغییر می کند.

$$\Delta\sigma = \Delta P e \mu_p + \Delta n e \mu_n$$

در اینجا e بار الکتریکی، ΔP تغییر در تراکم حفره ها، Δn تغییر در تراکم الکترونها، μ_p تحرک حفره ها و μ_n تحرک الکترونها است.



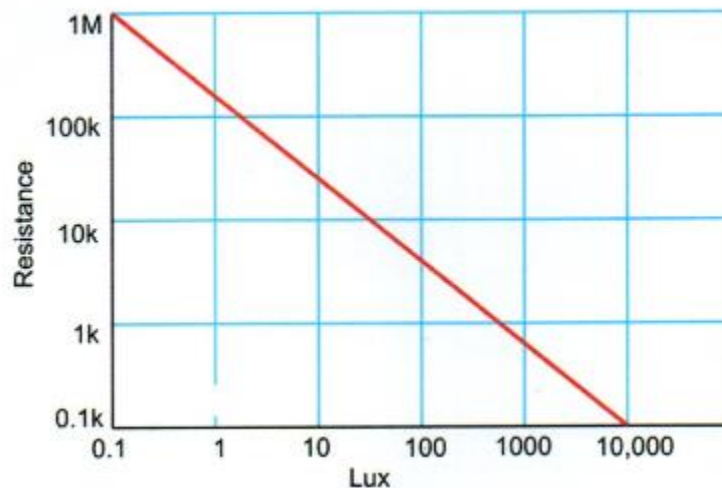
شکل ۱

در اثر اعمال ولتاژ U ، شدت نور جریان عبارت است از:

$$I_{ph} = \frac{A}{d} \Delta\sigma U$$

که در این رابطه A سطح مقطع موثر مسیر جریان و d فاصله بین الکترون ها می باشد. آن دسته از مقاومت های نیمه هادی که به تابش نور وابسته اند بر این قاعده استوار اند. این گونه مقاومت ها کاربردهای فراوانی داشته، به خصوص در نور سنجها بکار گرفته میشوند.

نمودار زیر میزان کاهش مقاومت این گونه نیمه هادی را نسبت نور نشان می دهد.



شکل ۲

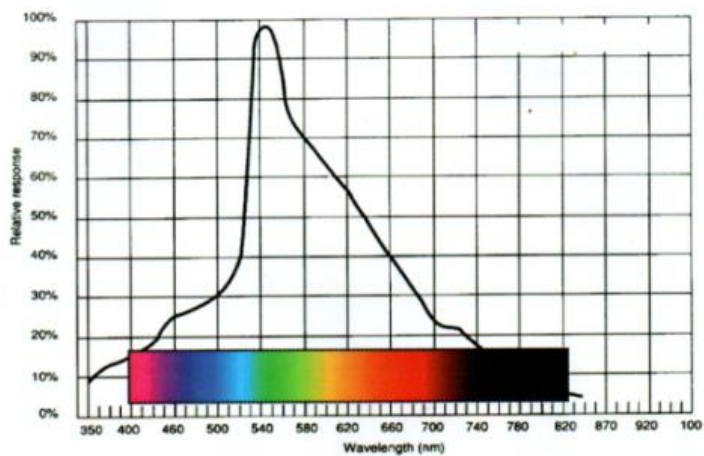
مواد نیمه رسانا که معمولاً بکار گرفته میشوند ترکیبات کادمیم و بویژه کادمیم سولفاید CdS میباشد.

در واقع تعداد حامل های آزاد بار در یک نیمه رسانا با افزایش دما زیاد می شود، اکنون باید توجه کنیم که علاوه بر افزایش دما تابش نور با بسامد مناسب هم باعث افزایش این حامل ها می شود. برای فهمیدن مفهوم بسامد مناسب، مفهوم دیگری به نام گاف انرژی را مطرح می کنیم؛ که عبارت است از تفاوت انرژی بین نوار ظرفیت و نوار رسانش و به عبارت دیگر انرژی لازم برای ایجاد الکترون آزاد و حفره های جدید. در عمل گاف انرژی حد پایینی برای انرژی پرتوی تابشی مورد نیاز برای تغییر مقاومت است و پرتوی تابشی باید در رابطه $E_g < hf$ صدق کند که در آن h ثابت پلانک و f بسامد فروی و E_g انرژی گاف انرژی است. جدول زیر E_g را برای چند نوع ماده ی معمول مقایسه می کند :

نام نیمه هادی	E_g بر حسب eV در ۳۰۰ K
سولفید کادمیوم (CdS)	۲.۴
فسفید کادیوم (CdP)	۲.۲
سلنید کادمیوم (CdSe)	۱.۷
آرسنید گالیوم (GaAs)	۱.۴
سیلیسیوم (Si)	۱.۱
ژرمانیوم (Ge)	۰.۷
آرسنید ایندیم (InAs)	۰.۴۳
سولفید سرب (PbS)	۰.۳۷
تلرید سرب (PbTe)	۰.۲۹
سلنید سرب (PbSe)	۰.۲۶
آنتیمود ایندیم (InSb)	۰.۲۳

معمولا بیشینه حساسیت مقاومت های نوری در بسامدی کمی بیشتر از بسامدی است که از جدول بالا به دست می آید و به ازای بسامدهای بیشتر و کمتر حساسیت به شدت افت پیدا می کند.

نمودار زیر حساسیت CdS ، CdTe ، CdSe را بر حسب طول موج نشان می دهد :



شکل ۳

در عمل بیشتر مقاومت های نوری از سولفید کادمیوم ساخته می شوند.

فوتو ترانزیستور ، فوتودیود و فوتودارلینگتون

شاید متداول ترین نوع قطعات گیرنده نوری وسایلی هستند که بخش عمده آن ها را یک تقاطع PN تشکیل داده است.

فوتو ترانزیستور ها ، فوتودیودها و فوتودارلینگتون ها از این دسته اند. در شکل ۴ زیر تعدادی از این قطعات را می بینیم.



شکل ۴

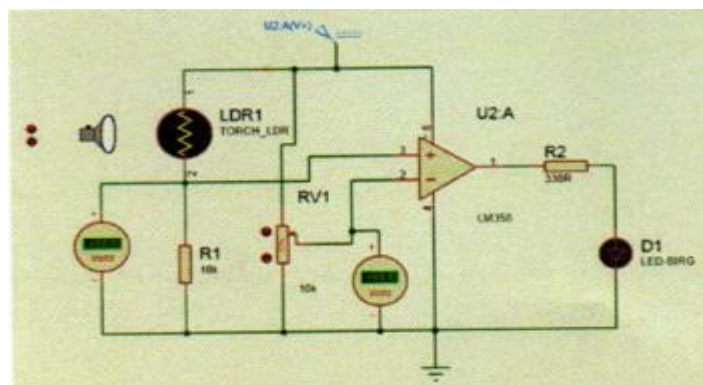
این قطعات اگر به طور مستقیم بایاس شوند در اثر تابش نور به آن ها افزایش جریان عبوری از آن ها نا چیز است اما اگر به طور معکوس بایاس شوند ، قضیه کاملاً متفاوت است ؛ در این حالت در تاریکی جریانی که از آن می گذرد بسیار کم است اما با تابش نور به آن جریان زیادی از آن می گذرد. این خاصیت را می توان با افزودن یک نیمه رسانای ذاتی بین نواحی P , N دیود افزایش داد. در این صورت به این قطعات PIN دیود می گویند.

در این آزمایش یک مقاومت نوری Cds در معرض تابش نور یک لامپ قرار میگیرد. روشنایی ϕ در محل قرار گرفتن مقاومت مذکور با استفاده از دو عدد قطبشگر (آنالیزور و پولالیزور) تغییر داده می شود. هر گاه صفحه قطبش قطبشگرها نسبت به یکدیگر به اندازه زاویه θ دوران داده شود ، طبق قانون مالوس روشنایی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\phi = \phi . D \cos^2(\theta)$$

در این رابطه ϕ روشنایی بدون وجود قطبشگرها و ضریب D ضریب عبوردهی در حالتی که محور قطبشگرها موازی هستند، می باشد.

در شکل زیر یک نمونه مدار کنترل روشنایی توسط مقاومت نوری دیده میشود.



شکل ۵

نحوه چیدمان وسایل : در شکل زیر وضعیت قرار گرفتن وسایل آزمایش نشان داده شده است.



شکل ۶

وسایل را به صورت زیر به یکدیگر متصل نمایید:

- ۱- شاخه بلند ریل اپتیکی می بایست در سمت مقاومت نوری باشد.
- ۲- چنانچه در مکان اجرای آزمایش نورهای جانبی دیگری باشد ، باید دو قطبشگر در کنار هم و نزدیک به مقاومت نوری باشند.

تشریح هر یک از اجزاء آزمایش

۱- ریل اپتیکی و سره ها و مفصل تک محور

آزمایش دارای دو عدد زیل اپتیکی آلومینیومی کوتاه و بلند و شش عدد سره اپتیکی با کد $T - 34a$ و یک عدد مفصل تک محور با کد $T - 102 UE$ می باشد.



شکل ۷

دو عدد ریل را به دو طرف مفصل متصل نموده و سره ها را مطابق شکل بر روی ریلها جا بزنید . محور بلند وسط مفصل برای اتصال نگهداری منشور می باشد.

۲- چراغ رویتر (منبع نور) با کد $PFA - RL 12$ و منبع تغذیه با کد $SA - 56743$ متعلق به آن



شکل ۸

منبع نور را به اولین سره مفصل نموده و سیم های آنرا به منبع تغذیه متصل نمایید.

منبع نور دارای لامپ تنگستنی ۶ و یا ۱۲ ولت بوده و با جابجایی محور انتهایی می توان لامپ را جابجا نموده و نور آنرا فوکوس نمود.

منبع تغذیه از نوع AC متغییر ۳A بوده و دارای فیوز ۵۰۰ mA می باشد.

در حین آزمایش مواظب باشید سیمهای آن به هم اتصال ننماید.

۳- قطبشگرها (آنالیزور و پلاریزور)

آزمایش دارای دو عدد قطبشگر با کد $PL - ۱۳a$ می باشد.

دقت قطبشگرها ۱ درجه بوده و قابلیت گردش ۳۶۰ درجه (تمام دور) را دارند.



شکل ۹

۴- منشور و نگهدارنده آن

آزمایش دارای یک عدد منشور ۶۰ درجه و یک عدد پایه نگهدارنده منشور با کد $MP - U^k 78$ می باشد مطابق شکل

منشور را درون گیره پایه مستقر نمائید .



شکل ۱۰

۵- لنز محدب و لنز هولدر (نگهدارنده لنز)

آزمایش دارای یک عدد لنز محدب با فاصله کانونی حدود ۱۰ سانتیمتر و یک عدد نگهدارنده لنز با کد $TY - ۳۴$ میباشد



شکل ۱۱

۶- میکرو آمپر متر دیجیتال

این دستگاه آزمایشگاهی با کد TA-E40 دارای دقت ۰.۱ میکرو آمپر بوده و از حساسیت بسیار بالایی برخوردار است. به همراه دستگاه سیم اتصال ارت و سیم برق موجود میباشد.



شکل ۱۲

نکات خاص

۱. برای اندازه گیری دقیق تر سعی شود سیم ارت (زمین) به یک اتصال ارت استاندارد متصل شود. (توجه نمائید که ارت استاندارد نظیر چاه ارت می بایست نسبت به نول برق شهر ولتاژی در حد میلی ولت داشته باشد و یا کمتر).
- چنانچه ارت استاندارد نبود و نسبت به نول برق ، ولتاژ داشته باشد صدمه زدن به دستگاه می شود . در این حالت استفاده از لوله آب و یا شوفاژ ، ارت مناسبتری است.
۲. دستگاه دارای دو ورودی معمولی و BNC (بمنظور جلوگیری از نویز) می باشد.
۳. دکمه SELECT نوع اندازه گیری AC/DC را تغییر می دهد.
۴. دکمه RANGE دقت اندازه گیری را نشان می دهد. (جای نقطه اعشار را تغییر می دهد).
۵. چنانچه دکمه HOLD دستگاه فشار داده شود ، عدد روی نمایشگر ثابت باقی می ماند.
۶. چنانچه دکمه HOLD برای زمانی طولانی تری فشار داده شود چراغ Back Light نور پشت صفحه نمایش روشن می شود.

۷. با فشار دادن دکمه REL عدد روی نمایشگر هر چه باشد صفر شده و مبنای اندازه گیری از آن به بعد این عدد می باشد. (نقطه کالیبره دستگاه تغییر می کند).
در واقع با فشار این دکمه مبنای اندازه گیری از صفر تغییر کرده و نسبت به عدد دیگری محاسبه میگردد.

نکات لازم در راه اندازی دستگاه :

- دستگاه میکرو آمپر متر هم با برق ۷۲۰ و هم با باتری کار می کنند.
- در صورتی که سیم برق به ۷۲۰ ولت وصل باشد چراغ سبز رنگ (و یا قرمز رنگ) کنار نمایشگر روشن شده و نشان دهنده اتصال برق ۷۲۰ است.
- تا زمانیکه سیم برق به دستگاه وصل است مسیر برق باتری قطع می باشد . لذا در صورت عدم استفاده از برق شهر میبایست سیم آن از دستگاه جدا گردد.
- باتری میبایست سیم آن از دستگاه جدا گردد.
- باتری دستگاه ۹ Volt کتابی می باشد.
- فیوز کناری دستگاه ۵۰۰ mA است و دستگاه فیوز یدک دارد.
- چنانچه از دستگاه برای چند دقیقه استفاده نشود بصورت اتومات خاموش می شود. (تایمر عدم استفاده از دستگاه)
- سعی شود حتی المقدور از برق شهر استفاده شود.
- در موقع عدم استفاده از دستگاه سیم برق آن بیرون آورده شود.
- دستگاه منبع تغذیه و ولت متر

آزمایش دارای یک دستگاه منبع تغذیه به همراه ولت متر دیجیتال با کد ۵TU – TA می باشد.

در شکل زیر نحوه اتصال دستگاه و سیم بندی آن توضیح داده شده است.



شکل ۱۳

توضیحات

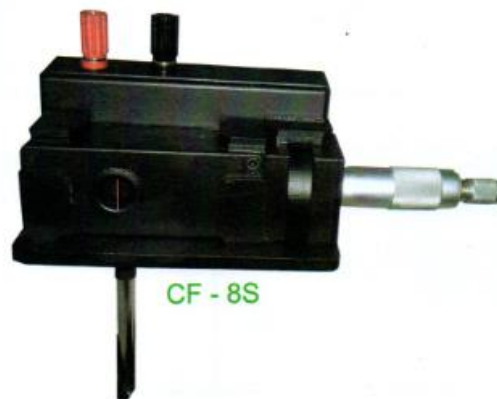
۱. این مجموعه دارای یک دستگاه منبع تغذیه ۲۵ ولت متغییر با آمپر خیلی کم جهت راه اندازی سلول فتو رزیستور میباشد.
۲. منبع تغذیه بنحوی طراحی شده که همیشه یک ولتاژ خیلی کم برای راه اندازی نیمه هادی سلول فتو رزیستور موجود باشد.
۳. در هر حالت می توان با فشار دکمه Zero Volt خروجی تغذیه را صفر کرده و عملکرد سلول را در حالت صفر مشاهده نمود (این دکمه را فقط برای چند ثانیه فشار دهید).
۴. سلول فتو رزیستور جریان بیشتر از ۵ میلی آمپر را نمی تواند تحمل کند ، لذا محدود کننده ای روی میکرو آمپر متر گذاشته شده که جریانهای غیر مجاز را آلام میدهد.

۸- سلول مقاومت نوری به همراه شکاف متغییر میکرومتری

این مجموعه شامل دو قسمت میباشد :

- ۱- مقاومت نوری Cds با کد CF - 8S و شکاف متغییر با ورنیه با دقت ۰.۰۱ mm میباشد.

این قسمت در انتهای بازوی بلند ریل اپتیکی نصب میگردد (دورترین فاصله نسبت به چشمی نور).



شکل ۱۴

روش انجام آزمایش

توجه : کلیه آزمایشها میبایست در فضای تاریک و بدون وجود نورهای جانبی انجام شود.

با مجموعه ارائه شده چند آزمایش مختلف میتوان انجام داد.

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

منبع نور را روشن کرده در یک مقدار ثابت نگهدارید. منشور و نگهدارنده آنرا بردارید. دو قطبشگر در محور موازی قرار گیرد. دریچه شکاف متغییر کمی باز گردد. منبع ولتاژ و میکرو آمپر متر مطابق شکل --- به مقاومت نوری وصل شود. میزان ولتاژ روی ۲۰ ولت تنظیم شود. جریان آمپر متر را یادداشت نمائید.

اگر جریان میکروآمپر متر زیاد تر از حد آن میباشد ، یا شدت نور را کم نمایید و یا دریچه شکاف متغییر را کم کنید. اکنون با کاهش ولتاژ منبع تغذیه بصورت پله های ۲ ولتی، هر بار جریان را اندازه گیری کرده و در جدول زیر یادداشت نمائید.

I_{ph} (بر حسب میکرو آمپر)	U (بر حسب ولت)	I_{ph} (بر حسب میکرو آمپر)	U (بر حسب ولت)
	۸		۲۰
	۶		۱۸
	۴		۱۶
	۲		۱۴
	۰		۱۲
			۱۰

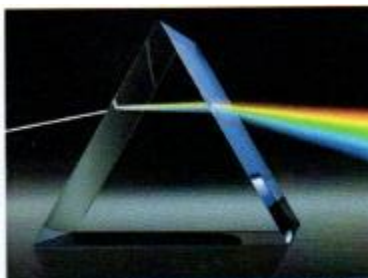
آزمایش را برای حالاتی که زاویه بین محورهای قطبشگرهای آنالیزور و پلاریزور را تغییر داده و در زوایای ۱۰ - ۱۵ - ۳۰ - ۴۵ - ۶۰ درجه قرار گرفته تکرار نمائید .

نکته : در تمامی آزمایشها ، طرف مدرج قطبشگرها رو به منبع نور قرار گیرد.

منحنی های تغییرات I_{ph} بر حسب U در یک دستگاه مختصات رسم نمائید.

آزمایش دوم : تکرار آزمایش قبلی در یک طیف نور مشخص

منشور و پایه نگهدارنده را در مکان خود مستقر نمائید. بازوی نور افکن را بچرخانید تا در طرف مقاومت نوری طیفهای نوری پدیدار گردد.

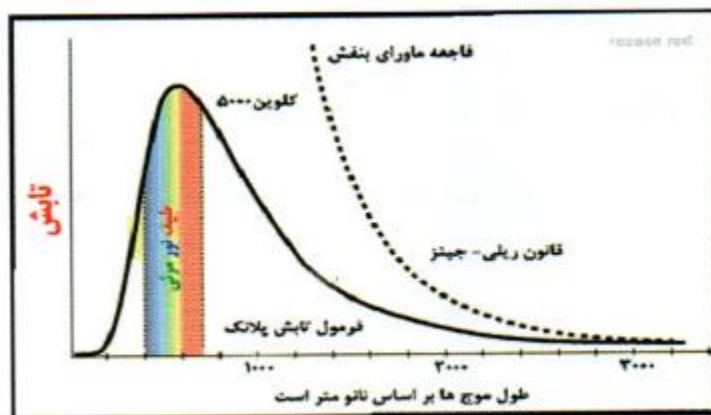


شکل ۱۵

یکی از رنگها را (مثلاً نور قرمز) بر روی دریچه شکاف متغییر بیندازید. بهتر است برای تنظیم دقیق تر، در جلوی شکاف متغییر یک کاغذ سفید رنگ گذاشته، بر روی آن نور را تنظیم نموده و سپس کاغذ را بردارید. اکنون آزمایش قبل را تکرار نمائید.

آزمایش سوم : با تکرار آزمایش قبل برای تمامی طیف نوره‌ها، منحنی شکل صفحه ۴ را بررسی نمائید.

آیا تشابهی ما بین این منحنی تابش جسم سیاه وجود دارد؟



شکل ۱۶

آزمایش چهارم : اندازه گیری نور جریان I_{ph} بر حسب تابعی از روشنایی در ولتاژ ثابت U

میز اپتیکی را در زاویه ای قرار دهید که محدوده ی طول موج مورد نظر (مثلاً قرمز) در شکاف متغییر مقاومت نوری قرار گیرد، ولتاژ منبع تغذیه را بطور دلخواه انتخاب نمائید (مثلاً ۵ ولت) و آنرا دیگر تغییر ندهید.

زاویه θ بین قطبشگرهای آنالیزور و پلاریزور از صفر تا ۹۰ درجه تغییر دهید. به ازای هر ۵ درجه ، شدت جریان میکروآمپر را قرائت و در جدول زیر یادداشت نمائید.

θ	I_{ph}	θ	I_{ph}	θ	I_{ph}	θ	I_{ph}
۰		۳۰		۶۰		۹۰	
۵		۳۵		۶۵		۸۵	
۱۰		۴۰		۷۰		۱۰۰	
۱۵		۴۵		۷۵			
۲۰		۵۰		۸۰			
۲۵		۵۵		۸۵			

منحنی تغییرات را بر حسب $\cos^2(\theta)I_{ph}$ رسم نمائید.

مقدار ولتاژ را تغییر داده و به ازای ولتاژهای ۱۰ – ۱۵ – ۲۰ ولت آزمایش را تکرار نموده ، منحنی هر یک را رسم نمائید.

آزمایش پنجم : آزمایش قبل را به ازای سایر محدوده طول موج های نور سفید مثلاً (سبز و آبی) تکرار نمائید و منحنی های بدست آمده را با یکدیگر مقایسه نمائید .

منحنی هیستریسس برای مواد فرومغناطیس



۱-اهداف:

- تعیین بستگی B با H در فرومغناطیس
- بررسی منحنی هیستریسس در نمونه فرومغناطیسی
- بکار بردن مدلی از ترانسفورماتور

۲-مبانی نظری :

بر اساس قانون آمپر ، شدت میدان مغناطیسی H متناسب با جریان I است. درون هر ترانسفورماتوری یک هسته ی فرومغناطیسی وجود دارد و اگر مدار ثانویه باز باشد میدان مغناطیسی هسته H به صورت زیر به متغیر های دیگر وابسته است :

$$H = N/L \times I \quad (۱)$$

H	میدان مغناطیسی هسته
I	شدت جریان در سیم پیچ اول ترانسفورماتور
N ₁ /L	چگالی موثر تعداد دور سیم پیچ اول

از سوی دیگر رابطه ی بین H و چگالی شار مغناطیسی تولید شده یا القاء مغناطیسی B به صورت زیر است:

$$B = \mu H = (\mu_0 \mu_r H) \quad (۲)$$

که در آن μ نفوذ پذیری مغناطیس و μ_r نفوذ پذیری نسبی و $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (SI)

μ_r به H وابسته است ، پس رابطه ی فوق به درستی توصیف کننده رابطه ی بین H و B نیست

منحنی B بر حسب H منحنی هیستریسس نامیده می شود . مطالعات نشان می دهند که در موارد فرومغناطیس سخت مقدار B به شدت وابسته به مقدار H پیش از شروع آزمایش است . با افزایش H مقدار B تا یک حالت مقدار حدی افزایش یافته و از یک حد مشخص بیشتر نمی شود . در مواد نرم فرومغناطیس در حالتی که $H = 0$ A/m مقدار B صفر است، اما در مواد سخت به دلیل وجود پسماند مغناطیسی در ماده B صفر نخواهد شد . با افزایش و کاهش H و اندازه گیری B منحنی هیستریسس ماده رسم میشود.

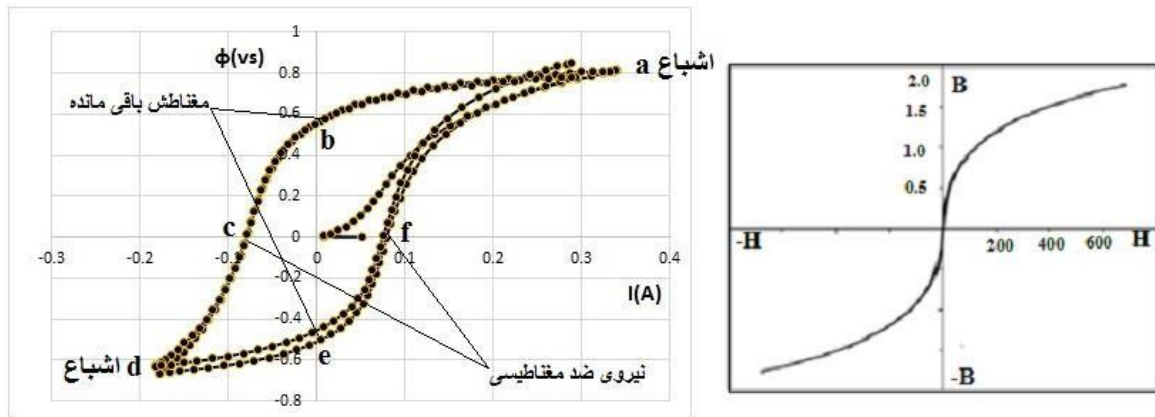
۱- فاصله ی زمانی اول: بین $t=0$ و $t=T/4$ ، مقدارش مثبت است و افزایش می یابد. چگالی شار برای منحنی oa افزایش میابد تا هسته به اشباع برسد (B_s) . با افزایش بیشتر H سطح اشباع ماده دیگر B را افزایش نخواهد داد .

۲- فاصله زمانی دوم: بین $t=T/4$ و $t=T/2$ شدت میدان H مثبت اما روند نزولی دارد. چگالی شار نیز بر روی مسیر ab که بالای oa است قرار دارد کاهش می یابد . در $t=T/2$ مقدار H صفر میشود اما B معادل B_r خواهد شد. که به آن میدان پسماند مغناطیسی گفته می شود . در این حالت اگر جریان سیم پیچ را قطع کنیم هسته همچنان خاصیت مغناطیسی خود را حفظ میکند.

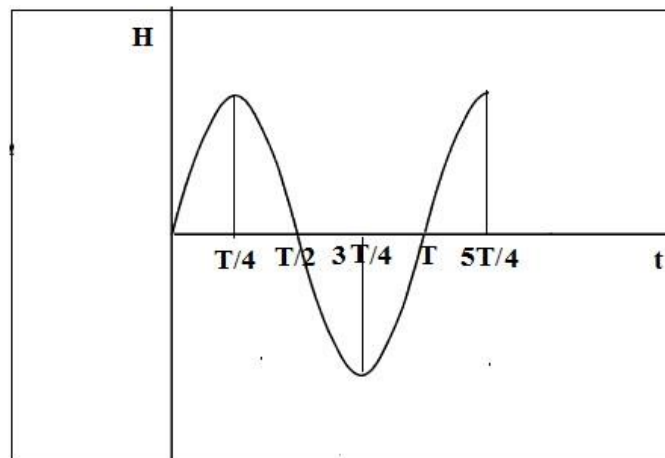
۳- فاصله ی زمانی سوم: این فاصله زمانی بین $t=T/2$ و $t=3T/4$ رخ میدهد. در این حالت جهت H عوض می شود و مقدار آن روند افزایشی دارد. B نیز کاهش می یابد و در نقطه ی c مقدار B صفر میگردد . هنگامی که B صفر می شود مقدار H معادل H_c میگردد که به آن نیروی ضد مغناطیسی (نیروی Coercive) گفته میشود در انتهای این فاصله ی زمانی به نقطه ی d خواهیم رسید که مرحله ی اشباع معکوس پیش میآید.

۴- فاصله ی زمانی چهارم: این فاصله ی زمانی بین $t=3T/4$ و $t=T$ رخ میدهد. در این حالت مقدار H منفی اما روند افزایشی دارد. B نیز منفی و روند افزایشی دارد تا بالاخره به نقطه ی e برسیم . باز در اینجا به پس ماند مغناطیسی بر میخوریم .

۵- فاصله‌ی زمانی پنجم : این فاصله‌ی زمانی بین $t=T$ و $t=T/4$ رخ میدهد در این مرحله H از صفر شروع شده و ابتدای امر B منفی ولی روند افزایشی دارد تا بالاخره به f برسیم در این نقطه H برابر H_c میشود پس از آن چگالی شار B روند افزایشی داشته تا دوباره به نقطه a برسیم.



شکل ۱. حلقه ی هیستریسیس (پسماند) مربوط به ماده فرومغناطیسی سخت (سمت چپ) و نرم (سمت راست).



شکل ۲. تغییرات زمانی میدان مغناطیسی در منحنی هیستریسیس

در این آزمایش H و B مسپتقیم اندازه گیری نمیشوند و به کمک متغیر های قابل اندازه گیری دیگر تعیین میشوند : در هسته اول H با I به صورت زیر وابسته است :

$$I = (L/N)H$$

در هسته دوم B با شار مغناطیسی Φ به صورت زیر بستگی دارد :

$$\Phi = N_2 AB$$

و Φ با محاسبه انتگرال زمانی ولتاژ U به صورت زیر محاسبه میشود : بر طبق قانون القای فارادی:

$$V = -d\phi/dt \rightarrow \int U dt = \phi$$

N_1	تعداد دور سیم پیچ اول
N_2	تعداد دور سیم پیچ دوم
A	مساحت سطح مقطع ماده فرومغناطیس

پس AN_2 یک مقدار ثابت است و به راحتی B به کمک انتگرال زمانی U محاسبه میشود .
مساحت حلقه ی هیستریزیس B_H برابر با انرژی اتلاف شده در واحد حجم است :

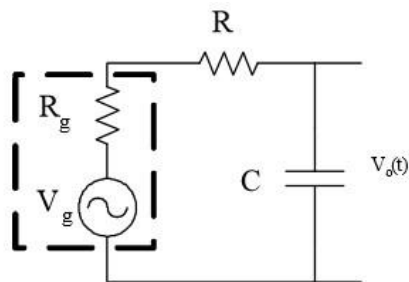
$$(۳) \quad \int B dH = E/V$$

در یک مدار RC با فیلتر پایین گذر در صورتی که R و C طوری انتخاب شوند که $\omega RC \gg 1$ در فرکانس های بزرگ تر از f_c اندازه ی V_o (ولتاژ خروجی) بسیار کوچک و تقریباً برابر صفر است یعنی فرکانس های بالا را عبور نمیدهد. در این صورت:

$$V_o(t) \approx Ri(t) + Ri(t) = V_i(t)$$

$$= Rcdv_o/dt \rightarrow V_o(t) = 1/Rc \int V_i(t) dt$$

رابطه ی فوق نشان میدهد که ولتاژ خروجی انتگرال ولتاژ ورودی است لذا تحت شرایط $\omega RC \gg 1$ مدار فوق را یک مدار انتگرال گیر مینامند.



شکل ۳.

مدار انتگرالگیر

شرح آزمایش

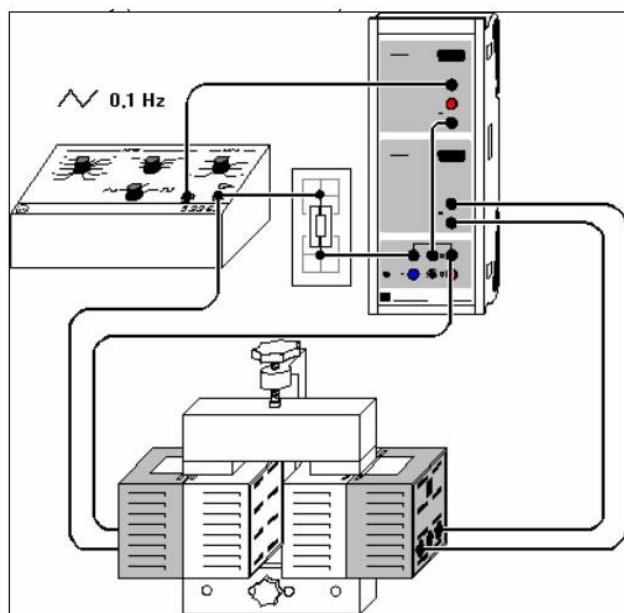
مواد و وسایل مورد نیاز

کامپیوتر مجهز به نرم افزار CASSY LAB، دستگاه Sensor CASSY، دو عدد سیم پیچ، منبع تغذیه متناوب مقاومت یک

اهمی، هسته فرومغناطیس، سیمهای رابط

مراحل انجام آزمایش

مطابق شکل زیر، اتصال قطعات را انجام دهید.



منبع سیگنال را روی موج سینوسی با فرکانس $0/1$ هرتز تنظیم کرده و دامنه ولتاژ آن را روی حداقل قرار دهید.

نرم افزار CASSY LAB را باز کرده و ورودی های A و B را مطابق جدول زیر تنظیم کنید.

ورودی A	ورودی B
جریان	ولتاژ
-۱ تا ۱ آمپر	-۱ تا ۱ ولت
مقدار لحظه ای	مقدار لحظه ای

در هر دو ورودی A و B در قسمت Zero Point ، گزینه ی middle انتخاب گردد.

حال به قسمت تنظیم رله رفته و شرط اتصال رله را $t > 0$ قرار دهید.

سپس وارد قسمت تعریف پارامتر جدید شده گزینه ی Integral over time را انتخاب کرده و در قسمت From ، UB_1 را تایپ نمایید و سپس شار مغناطیسی را مطابق جدول زیر تعریف کنید:

حد بالا	حد پایین	واحد	نماد	فرمول
۵	-۵	VS	&F	انتگرال زمانی از UB_1

در مرحله بعد محور X نمودار را جریان IA_1 و محور Y را شار مغناطیسی (φ) قرار دهید.

سپس به پنجره تنظیمات اندازه گیری (measuring parameter) رفته و با تیک دار کردن گزینه ی trigger نرم افزار را طوری تنظیم کنید که آزمایش با افزایش جریان از صفر آغاز شود .

حال سیستم را راه اندازی کرده و منتظر بمانید تا یک سیکل کامل طی شود. در صورت نیاز، شار پسماند هسته را از بین برده و آزمایش را تکرار کنید.

هسته های دیگر ی با آلیاژهای مغناطیسی دیگر تهیه نمایید و به جای هسته ی آهنی آزمایش قرار داده و منحنی های مغناطیسی آنها را رسم نمایید.