www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com

دستور کار

آزمایشگاه

فیزیک جدید

تهیه و تنظیم : آقای ایگدری

«عضو هیأت علمی دانشگاه پیام‌نور مرکز بهشهر»

فهرست آزمایشات

1. آزمایش اثر فتو الکتریسیته
2. آزمایش اندازه‌گیری e/m الکترون
3. آزمایش سری بالمر
4. آزمایش اثر هال
5. آزمایش میلیکان
6. آزمایش پدیده زیمن
7. آزمایش تابش جسم سیاه
8. آزمایش گسیل و جذب نور
9. آزمایش تشدید اسپین الکترون
10. آزمایش فرانک هرتز

اثر فوتوالکتریسیته

وسائل آزمایش: دستگاه آزمایش اثر فتوالکتریسیته، لامپ جیوه پرفشار منبع تغذیه لامپ جیوه، پایه مکعبی شکل، منبع ولتاژ و تقویت کننده جریان مدل۵۱۱۷ .

هدف آزمایش: انجام آزمایش فتوالکتریسیته، مشاهده کوانتومی بودن انرژی فوتون و تعیین ثابت h پلانک.

آزمایش فتوالکتریسیته

ملاحظات نظری: نیمی از یک محفظه شیشه‌ای خلأ که از فلزی قلیایی مثلاً پتاسیم پوشیده شده بعنوان کاتد و میله فلزی که در محل محور ان قرار گرفته است بعنوان آند عمل می‌نمائید.

هرگاه فوتونی با بسامد f به کاتد برخورد کند، در صورتیکه انرژی آن کافی باشد الکترونی از فلز به بیرون پرتاب می‌گردد(اثر فتوالکتریک بیرونی). برخی از الکترون‌های پرتاب شده به آند می‌رسند لذا ولتاژ V بین اند و کاتد برقرار می‌شود تا انرژی جنبشی بیشینه‌الکترون‌ها را که از معادله انیشتن بدست می‌آید به انرژی پتانسیل U تبدیل و آن‌ها را قبل از رسیدن به آند متوقف نماید.

طبق معادله انشتن : $hf - A = \frac{1}{2}mv^2$ که در آن A تابع کار مربوطه به سطح کاتد، v سرعت الکترون خارج شده از کاتد و m جرم حالت سکون الکترون است . بنابراین فقط

الکترون‌هائی به آند می‌رسند که انرژی پتانسیل آنها با انرژی جنبشی‌شان برابر گردد.

$$U = eV = \frac{1}{2}mv^2$$

یک انرژی پتانسیل تماس اضافی φ که بخاطر یکسان نبودن سطح آند و کاتد ظاهر می‌شود، رابطه را به صورت زیر در می‌آورد:

$$eV + \varphi = \frac{1}{2}mv^2$$

اگر فرض کنیم که A و φ از بسامد نور f تابشی مستقل هستند، یک رابطه خطی بین ولتاژ V و بسامد نور بدست می‌آید. که e بار الکتریکی الکترون است.

$$V = -\frac{A+\varphi}{e} + \frac{h}{e} f$$

هرگاه نمودار تغییرات V بر حسب f و ضزیب زاویه این نمودار خطی را بدست آوریم برای h خواهیم داشت:

h= 6/7 * 10-34 JSec

که خطای استاندارد آن حدود Δh=0/3 * 10-34 Sec می‌باشد.

روش آزمایش: لامپ جیوه پرفشار را به منبع تغذیه آن متصل و روشن کنید تا گرم شود. گرم شدن لامپ حدود ۳ دقیقه طول می‌کشد.

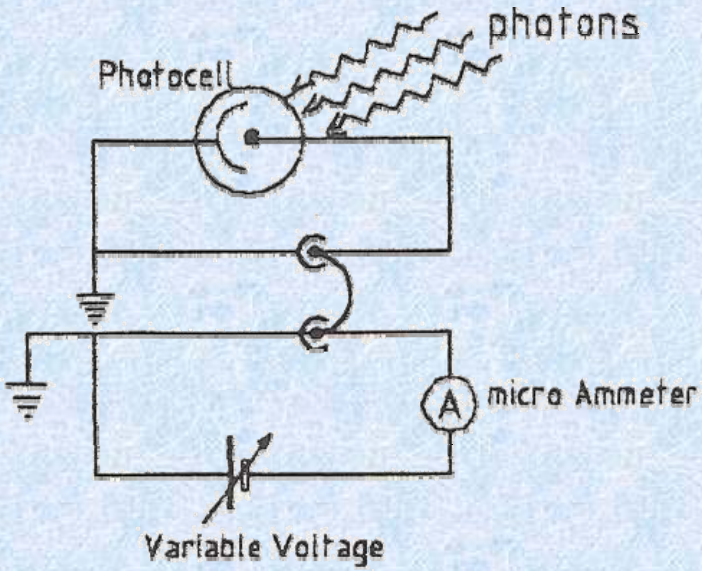
توجه مهم:

اشعه‌ی فرا بنفش لامپ جیوه برای چشمان شما بسیار مضر است
لذا مراقبت کنید که نور مستقیم لامپ به چشمان شما و دوستانتان
نتابد و از نگاه کردن مستقیم به داخل محفظه آن بپرهیزید.

درب دستگاه را بردارید و مسیر نور را که پس از عبور از عدسی، شکاف و منشور و بازتابش از آینه به سلول فتوالکتریک می‌رسد تعقیب کنید و یک قطعه کاغذ سفید در محل شکاف ورود نور به سلول فتوالکتریک قرار دهید و محل شکاف و عدسی ابتدای دستگاه را طوری تنظیم کنید که تصاویر رنگی شکاف

بوضوح مشاهده و در یکدیگر وارد نشده باشند. به کمک پیچ‌های مربوطه وضعیت آینه و محل سلول را طوری تنظیم کنید که بخش مورد نظر طیف جیوه (به صورت تکرنگ) به سلول برسد. با توجه به طیف جیوه طول موج آنرا تعیین و یادداشت کنید. درب دستگاه را کاملاً ببندید تا از ورود نور اضافی محیط آزمایشگاه به سلول جلوگیری شود. در محل استقرار لامپ جیوه یک دریچه فلزی قرار دارد که در مواقع لزوم می‌توانید آنرا ببندید تا مانع ورود نور لامپ جیوه به دستگاه شوید. بدنه دستگاه را توسط یک سیم مناسب به سیم زمین آزمایشگاه متصل نمائید تا از بروز اختلالات احتمالی جلوگیری و دقت آزمایش زیادتر گردد. به کمک یک سیم هم محور (Coaxial) خروجی دستگاه که کاتد و آند سلول فتو الکتریک است را به دستگاه اندازه‌گیری که دارای تقویت کننده است متصل نمائید.

دستگاه اندازه‌گیری به صورتی عمل می‌کند که قادر است ولتاژ معکوس به سلول داده و شدت جریان مدار را اندازه‌گیری نماید که نمودار مدار آن بصورت شکل ۱ است:



دریچه ورود نور دستگاه فتوالکتریک را ببندید و دستگاه اندازه‌گیری را روشن کنید پس از چند دقیقه که گرم شد و به حالت پایدار رسید، ولتاژ معکوس را روی صفر قرار داده و توسط پیچ صفر کننده(Zero ad.) گالوانومتر دستگاه اندازه‌گیری را صفر کنید. دامنه تقویت را توسط پیچ مربوطه افزایش داده مجدداً گالوانومتر را صفر کنید و این عمل را برای دامنه‌های تقویت بالاتر نیز تکرار کنید.

حال دریچه را باز کنید و انحراف عقربه گالوانومتر را ملاحظه نمائید.

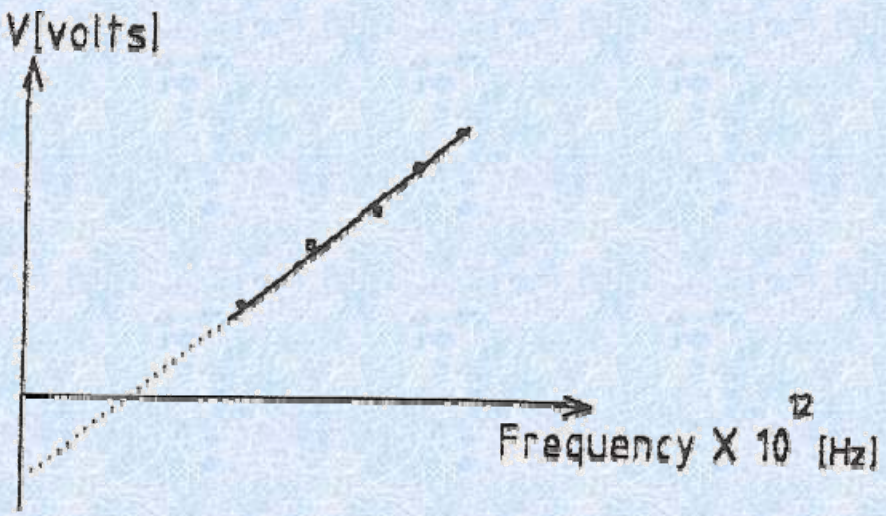
ولتاژ معکوس را بتدریج اعمال کنید تا عقربه گالوانومتر به صفر برسد به محض صفر شده گالوانومتر دیگر تغییری در ولتاژ معکوس ایجاد ننمائید و ولتاژ را قرائت نمائید این عمل را چندین بار تکرار کنید و ولتاژ را قرائت و میانگین را یادداشت نمائید.

دامنه تقویت را صفر کنید و درب دستگاه را برداشته و طول موج دیگری را به سلول بتابانید و برای آن نیز مراحل فوق را تکرار و میانگین ولتاژ معکوس را یادداشت نمائید. پس از آنکه مراحل برای کلیه طول موج‌های لامپ جیوه انجام شد منحنی ولتاژ را بر حسب بسامد نور مطابق شکل ۲ ترسیم کنید.

با اندازه‌گیری ضریب زاویه و عرض از مبدأ نمودار معاده خط را بنویسید و با استفاده از آن:

$$V = -\frac{A+\varphi}{e} + \frac{h}{e} f = a + bf$$

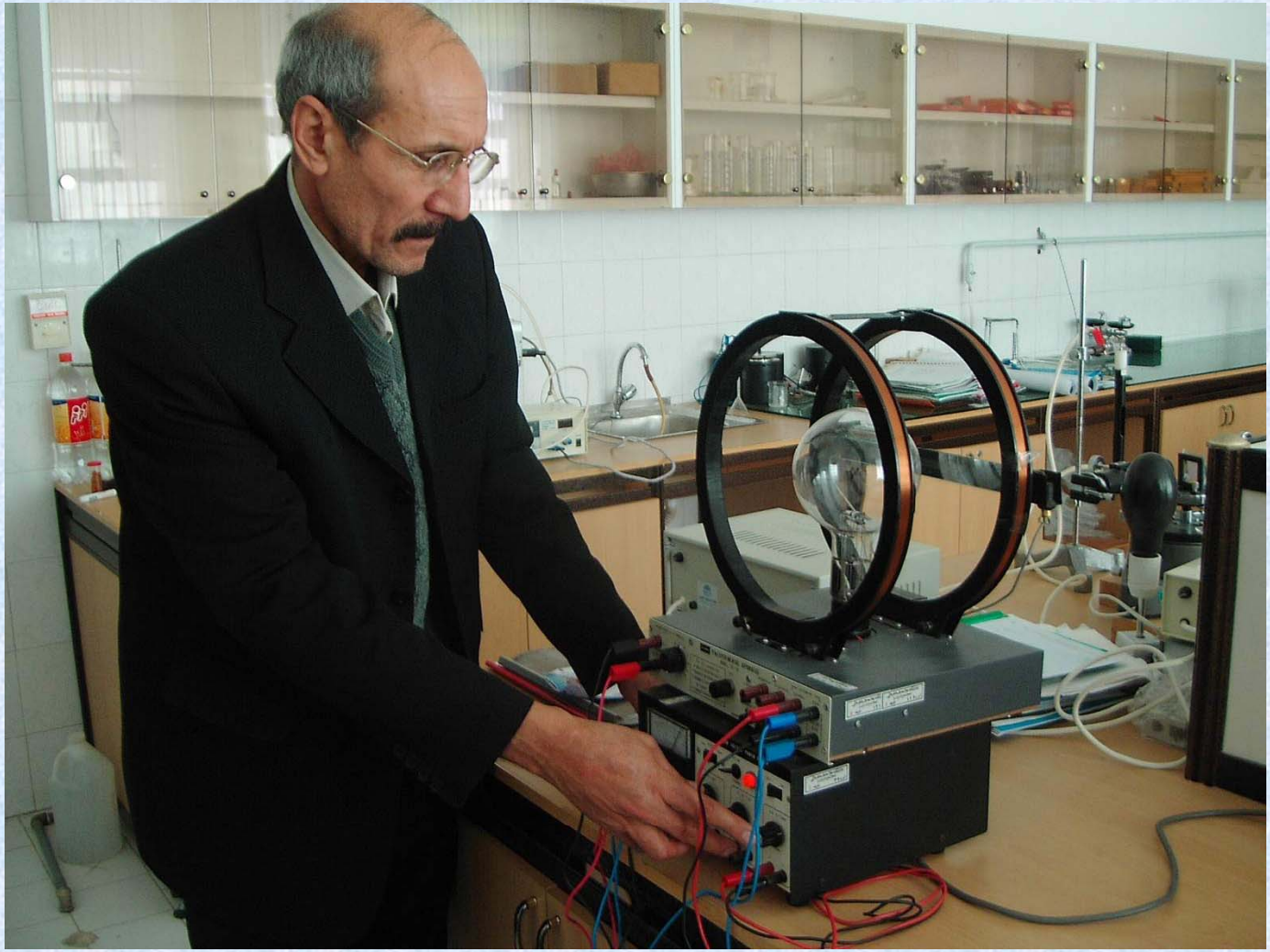
مقادیر h و $A+\varphi$ را محاسبه کنید.



(شکل ۲)

اندازه‌گیری $\frac{e}{m}$ الکترون

وسایل آزمایش: منبع تغذیه گرم کردن رشته لامپ، منبع تغذیه ایجاد میدان مغناطیسی سیم‌پیچ‌ها، خط‌کش اندازه‌گیری شعاع مسیر الکترون



ملاحظات نظری: دستاورد علمی به واسطه‌ی فرضیه‌ی مشخص تامسون از وجود الکترون و بررسی نسبت بار به جرم منجر به مفهوم اساسی از اولین ذره اتمی شد. با دستگاه جرم ـ الکترون «الینگEaling» ، با تکرار محاسبه، نسبت بار به جرم الکترون را بررسی می‌کنیم. در این آزمایش الکترون‌ها از کاتدهای گرم شده داخل لوله تخلیه جوشانده می‌شوند و سپس پتانسیل آند برای تولید پرتو الکترون از دریچه کوچک در آند افزایش می‌یابد. این پرتو الکترون متمرکز می‌شود و به وسیله میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط دو سیم‌پیچ هلمهولتز منحرف می‌شود . رابطه‌ی اساسی نظریه الکترومغناطیسی شناخته شده به عنوان روابط لورنتس کنترل می‌شود.

$$\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B}) \qquad (۱)$$

در این معادله F برآیند بردارهای نیروی وارد بر ذره باردار q ایجاد شده توسط بردار میدان الکتریکی E و بردار میدان مغناطیسی B می‌باشد. q نیز برابر با بار الکترون e و v سرعت حرکت الکترون در میدان مغناطیسی سیم‌پیچ B است.

در این آزمایش میدان الکتریکی نقشی ندارد. اگر پرتو الکترون به طور عمود بر میدان مغناطیسی سیم‌پیچ منتشر شود الکترون در یک مدار به وسیله‌ی نیروی حاصله حرکت خواهد کرد. با حرکت الکترون‌ها به صورت مداری تعادل دینامیکی برقرار می‌شود و لذا نیروی گریز از مرکز و نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکترون به حد تعادل می‌رسد.

برای میدان مغناطیسی سیم‌پیچ طبق رابطه ۱ داریم:

$$F = evB \qquad (2)$$

برای نیروی گریز از مرکز الکترون داریم:

$$F = m\frac{v^2}{r} \qquad \textbf{(3)}$$

در اینجا m جرم الکترون و r شعاع انحراف پرتو الکترون می‌باشد.

با مساوی قرار دادن این دو نیرو خواهیم داشت:

$$evB = m\frac{v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{erB}{m} \qquad \textbf{(4)}$$

از طرف دیگر، انرژی جنبشی یک الکترون جذب می‌کند برابر است با ولتاژی که به مدار داده می‌شود ضرب در بار الکترون:

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \textbf{(5)}$$

با جایگذاری سرعت (٤) در رابطه (٥) خواهیم داشت:

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{r^2B^2} \qquad \textbf{(6)}$$

در عبارت بالا کافی است که اندازه میدان مغناطیسی را داشته باشیم. با استفاده از تقارن هندسی و سیم‌پیچ هلمهولتز، اندازه میدان مغناطیسی را در طول محور مختصات محاسبه می‌کنیم. اگر مرکز سیم‌پیچ‌ها را در امتداد محور X قرار دهیم و شعاع هر سیم‌پیچ R و شدت جریان عبوری از هر کدام برابر I باشد اندازه میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط هر حلقه از سیم‌پیچ برابر است با:

$$B = \frac{\mu R^2 I}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \qquad \textbf{(7)}$$

بنابراین میدان مغناطیسی کل که توسط دو سیم‌پیچ هرکدام شامل N حلقه ایجاد می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$B = \frac{\mu R^2 NI}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \qquad \textbf{(8)}$$

علاوه بر این برای ترکیب هلمهولتز داریم: $x = \frac{R}{2}$

$$\Longrightarrow \qquad B = \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu NI}{R} \qquad \textbf{(9)}$$

حال با جاگذاری مقدار $\mu = 4\pi \times 10^{-7}\ web/amp\,met$ و تعداد دور سیم‌پیچ N=130 و شعاع سیم‌پیچ R=15cm داریم:

$$B = (7.8 \times 10^{-4} \frac{web}{amp \quad met^2}) I \qquad \textbf{(10)}$$

سرانجام با بدست آوردن اندازه B از (۱۰) و جایگذاری آن در (٦) اندازه e/m بدست می‌آید:

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{(6.08 \times 10^{-7}) I^2 r^2} \qquad \textbf{(11)}$$

سری (دنباله) بالمر

وسایل آزمایش: اسپکترومتر، توری پراش، لامپ ئیدروژن، پایه وگیره، لامپ طیفی، منبع تغذیه۵۰۰۰ -۰ ولت

هدف آزمایش: بررسی طیف ئیدروژن و اندازه گیری طول موجهای ان، تعیین ثابت رید برگ.

ملاحظات نظری: در اوائل سال ۱۸۸۵ می‌لادی بالمر balmer نشان داد که طول موجهای ۹ خط طیف ئیدروژن (این خطوط توسط هانگنباخ Hangenbach اندازه گیری شدند)، که چهار خط از این خطوط در ناحیه طیف مرئی قرار دارند ، با فرمول ساده زیر توصیف می‌گردند:

$$\lambda = \lambda_0 \frac{m^2}{m^2 - n^2} \qquad (1)$$

که در آن λ0=3645/6 Å و n=2 و m=3,4,5,…,11 طیف این سری(دنباله) از خطوط ئیدروژن به دنباله بالمر معروف است.(امروزه بیش از ٤٠ خط از این سری شناخته شده‌اند). با استفاده از روشهای طیف نگاری معلوم می‌شود کوتاه به حد معینی می‌گراید(حدّ طیف). با قراردادن m= ∞ در رابطه

فوق که فرمول بالمر نامیده می‌شود به طول موج λ=λ0که حد سری بالمر است می‌رسیم . اکنون با استفاده از رابطه $\lambda = \frac{c}{\nu}$ که در آن c سرعت نور وν بسامد موج است از طول موجهای به بسامدها و یا اعداد موج می پردازیم . می‌توان فرمول بامر را به صورت زیر نوشت:

$$\nu = R(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}) \quad (2)$$

مقدار R برابر 3.288*1015Sec-1 و یا 109677/58 Cm-1 می‌باشد که به ثابت رید برگ Rydberg معروف است. این دانشمند دریافت که ثابت اخیر می‌تواند طیف های زیادتری را بدست دهد . همانطور که قبلاً اشاره شد، در فرمول سری بالمر n=2می‌باشد.

اگر چه خود بالمر عنوان نموده بود که فرمول وی برای حالات کلی‌تری نیز صادق است، مثلاً وجود یک سری که با مقدار n=3 مشخص می‌شود را پیشنهاد نموده است، بعدها سری اخیر توسط پاشنPaschen در سال ۱۹۰۸ کشف گردید. سری پاشن با رابطه زیر بیان می شود:

$$v = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}) \qquad m = 4,5,...$$

لیمن Lyman سری دیگری را که از فرمول زیر تبعیت می نماید کشف نمود:

$$v = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}) \qquad m = 2,3,...$$

بدین ترتیب ، رابطه بالمر که صورت تجربی بدست آمده است پایه و اساس نظریه طیف ها قرار گرفت . با ساتفاده از رابطه بالمر می توان براحتی یک بسط کلی برای انرزی اتم ئیدروژن بدست آورد . در واقع بر اساس نظریه

کوانتومی (پلاتک سال ۱۹۰۲) ، انرژی نور تابشی و یا جذبی توسط یک اتم، مقادیری معین،یا کوانتا، می باشد که ا ندازه آن hv بوده و بسامدv هرخط طیف را به تغییر انرژی اتم، بار ابطه زیر مربوط می سازد:

$$h\nu = \Delta E \qquad (3)$$

از این رابطه پیداست که هر خط منفرد طیفی، معادل تراز انرژی خاص، یا سطوح انرژی اتم است .بادر نظر گرفتن اندیس هایnوm برای ترازهای مختلف اتم ئیدروژن داریم: $\Delta E = Em - En$

از مقایسه این رابطه با معادله (۲) در می یابیم که:

$$E_n = -\frac{hR}{n^2}$$

دنباله های مشابه دنباله اتم ئیدروژن در طیف هلیم لیتیم،بریلیوم و سایر عناصر یونیده یافت می‌شود. دنباله های متعلق به یونهای He+ و Li++ و Be+++ وغیره که یونهائی مشابه اتم ئیدروزن بوده و فقط یک الکترون دارند (یونهای شبه ئیدروژن) با رابطه زیر بیان می‌گردند.

$$v = Z^2 R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \qquad m = n+1, n+2, \ldots \qquad (5)$$

بعداً خواهیم دید که رابطه (۲) حالت خاصی از رابطه (۵) است که با قرار دادن Z=1 در این رابطه، رابطه (۲) حاصل می شود. در نتیجه رابطه زیر بعنوان رابطه کلی تری برای انرژی یک اتم یا یک یون تک الکترونی در نظر گرفته می‌شود:

$$E_n = -\frac{hR}{n^2} Z^2 \qquad (6)$$

بنا به ملاحظاتی ، با مراجعه به رابطه (۳) و تقسیم کردن طرفین آن به ثابت پلانک(h)، بسامد های خطوط طیفی بصورت نسبت انرژی (ΔE) به ثابت پلانک (h) بدست می‌آید و کمیت زیر بعنوان یک (term) یا دوره معرفی می‌گردد.

$$T_n = \frac{|E_n|}{h} \qquad (7)$$

از رابطه (٦) ترم‌ها یا دوره‌های یک اتم یا یون شبه ئیدروژن بصورت زیردر می‌آید:

$$T_n = \frac{R}{n^2} Z^2 \qquad (8)$$

خاطر نشان می‌گردد که غالبا رابطه (۷)بعنوان فرمول یا رابطه بالمر نامیده می‌شود.

روش آزمایش: توری پراش را در محل خود روی می‌زچه اسپکترومتر قرار داده و سطح آن را بر امتداد لوله کلیماتور (موازی ساز) عمود نمائید و پیچ می‌زچه را محکم کنید تا در حین آزمایش حرکت نکند. لوله طیفی (لامپ) ئیدروژن را با احتیاط بین دوگیره فنری مربوطه که بر پایه ای قائم بسته شده اند قرار داده و به کمک دو سیم رابط ، خروجی منبع تغذیه زیاد (۵۰۰۰-۰ ولت) را به محل اتصال گیره های فنری وصل نمائید . ارتفاع لوله را طوری تنظیم کنید که شکاف لوله موازی ساز اسپکترومتر در مقابل قسمت باریک لوله قرار گیرد . منبع تغذیه را روشن کنید و با پیچاندن پیچ تنظیم ولتاژ، اختلاف پتانسیلی حدود ۱۰۰۰ ولت برقرار سازید تا لامپ ئیدروژن روشن شود سپس اختلاف پتانسیل مزبور را در حد دلخواه طوری قرار دهید که نور لامپ یکنواخت و بدون لرزش

گردد. شکاف لوله موازی ساز اسپکترومتر را کمی باز کنید و از درون چشمی دوربین اسپکترومتر،که در امتداد لوله موازی ساز ی قرار داده اید، نور لامپ ئیدروژن را مشاهده نمائید و بتدریج پهنای شکاف را کاهش دهید تا باریکه کوچکی از نور وارد دستگاه گردد.

تار عمودی چشمی دوربین را بر روی این با ریکه(که به رنگ نور لامپ دیده می شود) منطبق نموده و با استفاده از درجه بندی و ورنیه اسپکترومتر، عدد زاویه مربوطه را قرائت کنید (θ'_0). اکنون پیچ حرکت لوله دوربین را قدری باز کنید تا بتوانید براحتی آن را به چپ و راست حرکت دهید. ضمن اینکه در چشمی نگاه می کنید لوله را به آهستگی بطرفی دلخواه بچر خانید تا خطوط رنگی طیف را که از بنفش شروع وبهقرمز ختم می شود ببینید .

قتی که از وجود خطوط مزبور مطمئن شدید، لوله را طوری قرار دهید که تار عمودی چشمی بر خط مورد نظر (مثلا بنفش) از طیف منطبق گردد. عدد زاویه را قرائت کنید(θ_1') ومجدداً لوله را حرکت دهید تا برای بقیه خطوط زوایای . θ_2' و θ_3' و..... بدست آیند . اعداد حاصل از آزمایش را در جدولی مطابق جدول زیر خلاصه کنید و مقادیر را که در آن ... و۲ و۱ = n است. برای خطوط طیف مرتبه اول (m=1) [طیف مرتبه اول طیفی است که هر خط آن برای اولین با ر بلافاصله پس از خط مرکزی ، که به رنگ چشمه است، در توری دیده می شود] بدست آورده و با استفاده از فرمول توری پراش $\lambda_n = d \sin\theta_n$. که در آن d فاصله دو خط متوالی توری وطول موج نور مربوط به خط طیفی است، طول موج ها و بسامد های خطوط مختلف طیف ئیدروژن را محاسبه و

در جدول قید نمائید. و در مقابل هر طول موج رنگ مشاهده برای آن را نیز بنویسید. خطوطی از طیف ئیدروژن که در ناحیه موئی قرار دادند عبارتند از قرمز،آبی ،بنفش ۱ و بنفش۲ که برای آن‌ها در رابطه دنباله بالمر:

$$v = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right) \qquad m = 3,4,... \qquad (9)$$

اگر این رابطه را ساده کنیم داریم:

$$v = -R\frac{1}{m^2} + \frac{R}{4}$$

که تابعی خطی از $\frac{1}{m^2}$ بوده و شیب آن $-R$ و عرض از مبدأ آن $\frac{R}{4}$ است. لذا منحنی تغییرات v را بر حسب $\frac{1}{m^2}$ برای بسامدهای بدست آمده ترسیم نموده ضریب زاویه خط حاصل و عرض از مبدأ آن را تعیین و مقدار R (ثابت ریدبرگ) را بدست آورید.

θ'_0	$\theta_n = \theta'_n - \theta_0$	$\lambda = d \sin\theta_n$	رنگ خط	$\nu_n = \frac{c}{\lambda n}$
θ'_1	θ_1	λ_1	بنفش	ν_1
θ'_2	θ_2	λ_2	:	ν_2
θ'_3	θ_3	λ_3	:	ν_3
θ'_4	θ_4	λ_4		ν_4
			:	
			:	
θ'_n	θ_n	λ_n	قرمز	ν_n

پس از تعیین R ، آنرا در رابطه دنباله بالمر(رابطه ۹) قرار داده و با قرار دادن مقادیرر ۳و٤و... برای m ، کلیه بسامدهای دنباله یالمر را محاسبه و با مقادیر تجربی بدست آمده مقایسه و صحت دنباله بالمر را تحقیق، بسامد و طول موج حدی دنباله را تعیین کنید.

با قرار دادن R در دنباله‌های لیمن $v_L = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2})$ و پاشن $v_{P.} = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2})$ و براکت $v_B = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2})$ و فوند $v_{Pf} = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2})$ محدوده‌های فرکانس و طول موج هر دنباله را تعیین و در جدول زیر درج نمائیدو علت عدم مشاهده‌ی سایر دنباله‌ها در آزمایش فوق را دریابید.

نام دنباله	λ_{max}	v_{min}	λ_{min}	v_{max}
لیمن				
بالمر				
پاشن				
براکت				
فوند				

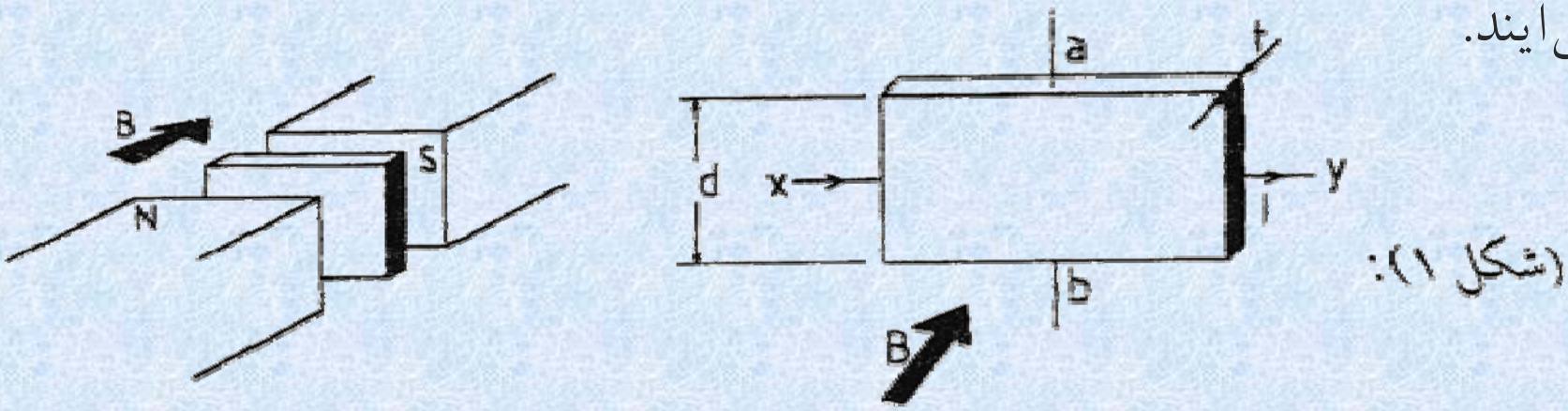
سوال: با فرض اینکه اندازه حرکت زاویه‌ای الکترون مداری مضرب صحیحی از $\bar{h} = \frac{h}{2\pi}$ می‌باشد، (یعنی $mvr_n = n\bar{h}$ که در آن m جرم الکترون، v سرعت آن و r_n شعاع دوران مدار nام است) و موازنه نیروی جانب مرکز الکترون با نیروی جاذبه الکتریکی در اتم ئیدروژن و نیز استفاده از بقاء انرژی مکانیکی، انرژی الکترون مداری را وقتی که در مدار nام و مدارmام قرار می‌گیرد تعیین و با مساوی قرار دادن اختلاف آنها در رابطه پلانک($\Delta E=Em-En=hv$) دنباله‌ای برای تعیین بسامدهای نور تابشی از اتم ئیدروژن بدست آورد، و وابستگی ثابت ریدبرگ به m و e و h و سایر ثوابت جهانی را تعیین و مقدار نظری R را محاسبه و با مقدار بدست آمده از آزمایش مقایسه کنید.

اثر هال Hall Effect

وسائل آزمایش: آهنربای الکتریکی(الکترومگنت ۰.٦T)،منبع تغذیه آهنربا مدل ۵۱۱۸، برد مخصوص هال، هال با ورقه نقره، برد مخصوص هال با ورقه مس میکرو و ولتمتر مدل ۵۱۰٦، منبع جریان مدل ۵۱۱۹ .

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

ملاحضات نظری: با قرار دادن یک ورقه قلزی مثلاً نقره یت مس در میدان مغناطیسی یکنواخت و عبور دادن جریان الکتریکی از آن، یک ولتاژ عرضی به نام ولتاژ «هال» ایجاد می‌گردد که با تعیین جهت این ولتاژ نوع حامل‌های بار و با اندازه‌گیری مقدار ولتاژ هال چگالی حامل‌های بار آزاد الکتریکی بدست می‌آیند.

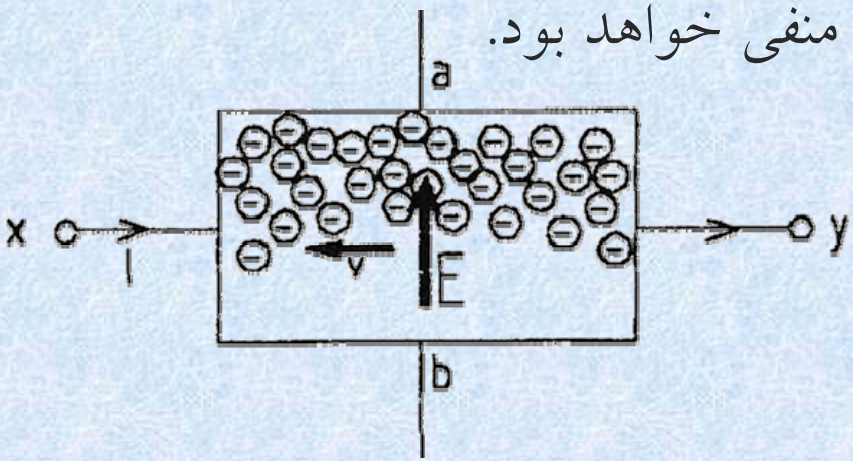


(شکل ۱):

فرض کنید ورقه‌ای رسانا به ضخامت t مطابق شکل ۱ در میدان الکتریکی یکنواخت با شدت القاء مغناطیسی 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، نیروی (1) $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ وارد خواهد شد که اگر نوع بارها مثبت باشند با توجه به شکل از چپ به راست جاری می‌شوند و نیروی وارده آنها را به سمت نقطه‌ی a می‌کشاند و چنانچه نوع حامل‌های بار منفی باشند، در خلاف جهت جریان I یعنی از راست به چپ جریان می‌یابند و باز هم نیروی وارده F آنها را به نقطه a سوق می‌دهد. یعنی اگر پتانسیل a بیشتر از b باشد نوع حامل‌ها از نوع مثبت و هرگاه

پتانسیل aکمتر از b باشد نوع حامل‌ها منفی خواهد بود.

(شکل ۲):



در اثر متراکم شدن بارها بارهای الکتریکی همنام در یک سمت از عرض ورقه، نیروی دافعه بین آنها افزایش می‌یابد بطوریکه با نیروی مغناطیسی مقابله می‌شود یعنی:

$$qvB = Eq \qquad (2)$$

و لذا:

$$vB = E \qquad (3)$$

که اگر پهنای ورقه را با d نمایش دهیم موجب اختلاف‌پتانسیلی معادل

$$V_H = Ed = vBd \qquad (4)$$

که به ولتاژ هال معروف است می‌گردد. در رابطه اخیر v سرعت حرکت یا سرعت سوق بارهای الکتریکی است که با استفاده از چگالی جریان داریم:

$$v = v_d = \frac{j}{nq} = \frac{I/A}{nq} \qquad (5)$$

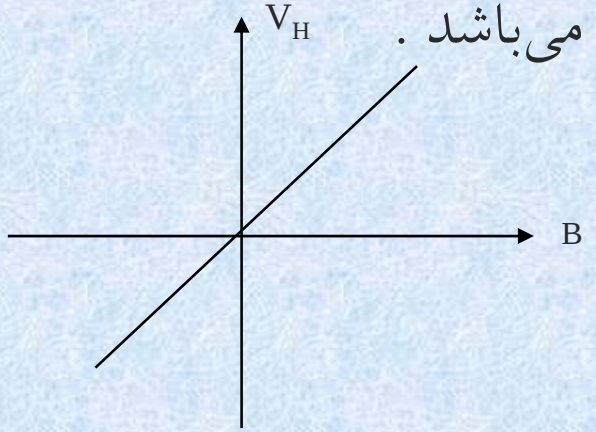
که A=td مساحت مقطع ورقه و n چگالی حامل‌های جریان الکتریکی یعنی تعداد حامل‌های بار موجود در واحد حجم می‌باشد. با قرار دادن این مقدار در رابطه (٤) داریم:

$$V_H = \frac{I \times B}{nqtd} \times d = \frac{IB}{nqt} \qquad (6)$$

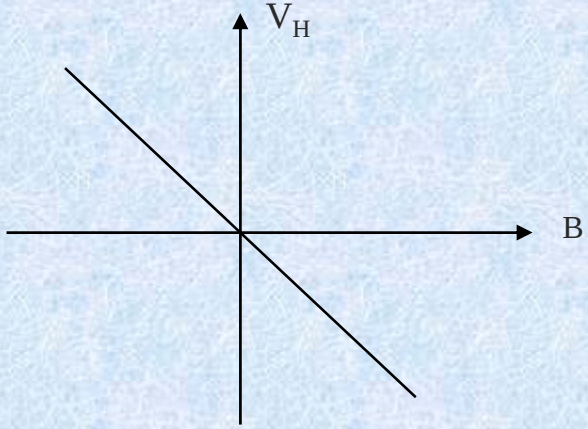
بطوریکه از معادله (٦) پیداست در صورت ثابت نگه داشتن I رابطه‌ی ولتاژ هال، VH ، با شدت القاء مغناطیسی، B ، یک رابطه خطی است که ضریب زاویه این خط $\frac{I}{nqt}$ و هر گاه B را ثابت نگه داریم رابطه VH با شدت جریان I ورقه خطی بوده و ضریب زاویه آن $\frac{B}{nqt}$ می‌باشد.

مقدار $R_H = \frac{1}{nq}$ را ضریب هال می‌نامند و می‌توان نوشت: $V_H = R_H \frac{BI}{t}$

آزمایش نشان می‌دهد که ضزیب زاویه خط فوق برای فلزاتی مانند مس منفی (اثر هال عادی) و در مورد رساناهائی مانند روی مثبت(اثر هال غیر عادی) است که اولی به خاطر وجود الکترون‌های آزاد و دومی مربوط به کمبود الکترون‌های آزاد در رسانا می‌باشد .

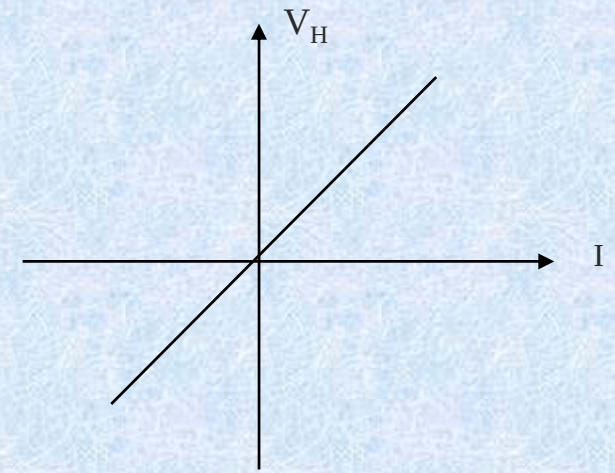


ولتاژ هال بصورت تابعی از القاء مغناطیسی B در مورد نمونه روی

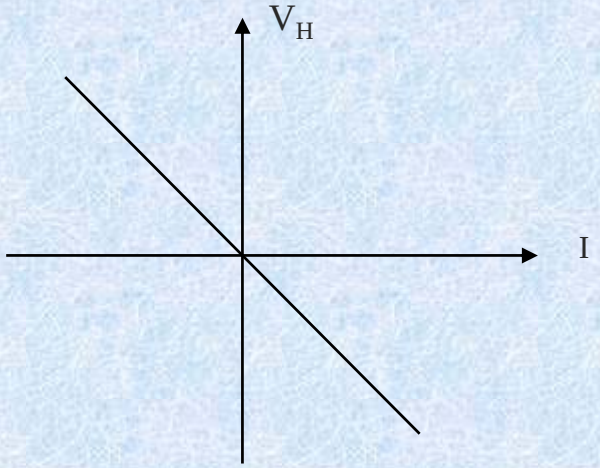


ولتاژ هال بصورت تابعی از القاء مغناطیسی B در مورد نمونه مسی

(شکل 3)



ولتاژ هال بصورت تابعی از شدت جریان I
در مورد نمونه روی



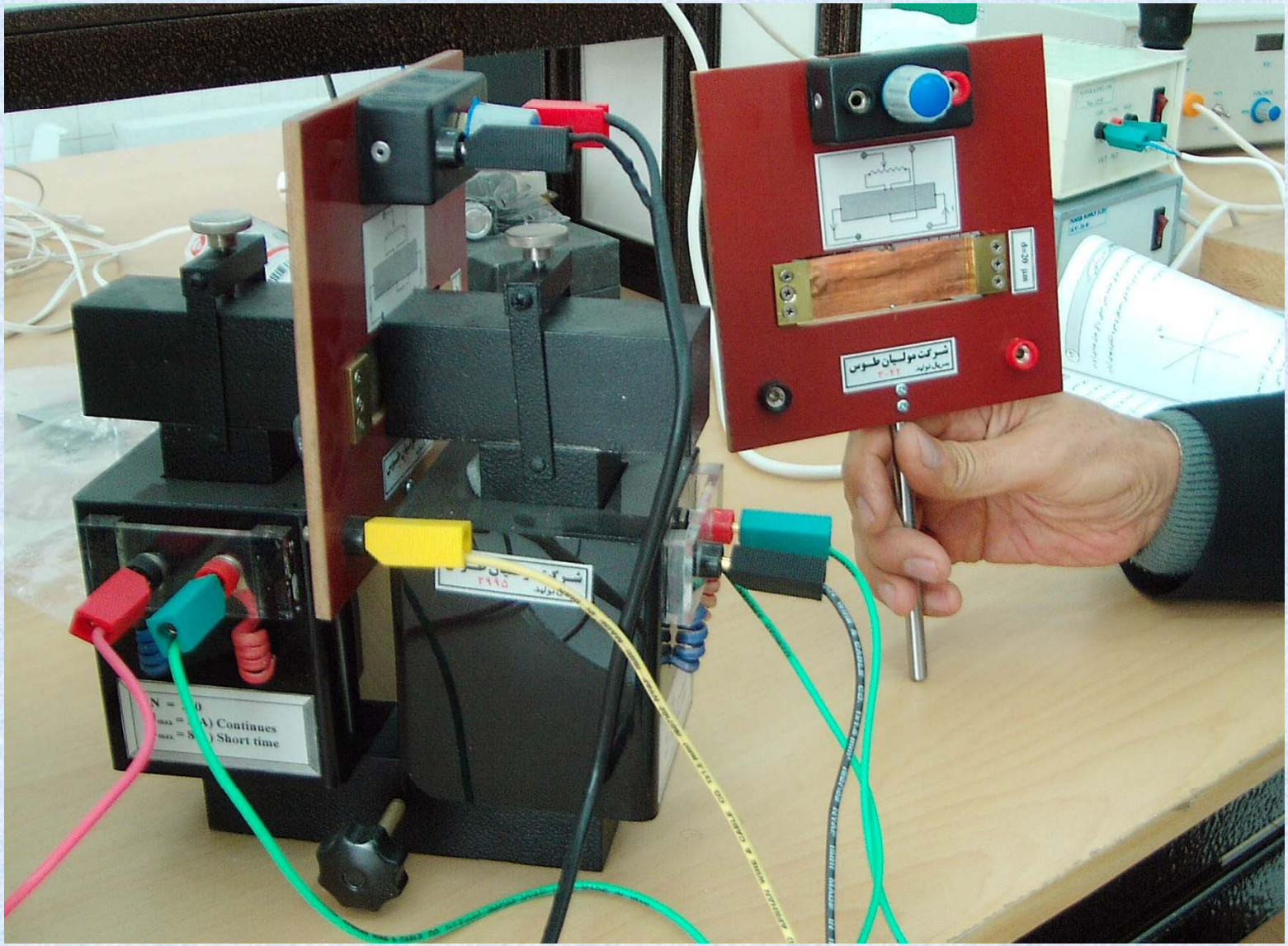
ولتاژ هال بصورت تابعی از شدت جریان I
در مورد نمونه مسی

(شکل ٤)

روش آزمایش: سیم پیچ‌های آهنربای الکتریکی را روی بازوهای قائم آن قرار دهید و آن‌ها را با سیم رابط بطور سری ببندید بطوریکه جهت جریان در آن‌ها عکس یکدیگر شده و قطبین مغناطیسی آن‌ها مخالف یکدیگر گردد. پایه‌ی یکی از بردهای هال را درون سوراخ کف هسته U شکل قرار دهید که صفحه

تابلو(برد) عمود بر امتداد میدان گردد. دو قطعه هسته مستطیلی را روی هسته U شکل قرار داده و توسط دو گیره‌ی فنری محکم کنید که در دو طرف تابلو قرار گرفته و فاصله آن‌ها ار یکدیگر ۷mm باشد(در این حالت هسته‌ها از طرفین بر تابلو مماس می‌شوند).

سیم‌های رابط میکرو ولتمتر راه به خروجی ولتاژ هال که در مجاورت پتانسیومتر تابلو هال(به شکل ۵ نگاه کنید) قرار دارند وصل کنید (نقاط a و b) و با تغییر دادن پیچ .Zero ad میکروولتمتر را صفر کنید. منبع جریان الکتریکی ۲۰-۰ آمپر را به اتصال‌های دو سر ورقه مورد آزمایش که در تابلو تعبیه شده است متصل کنید.



«برد» یا «تابلو» هال شکل(۵)

آزمایش ۱: رسم منحنی VH بر حسب B :

جریان I را به ۱۰ آمپر برسانید و با پیچاندن پتانسیومتر روی تابلو هال میکروولتمتر را صفر نمائید. آهنربای الکتریکی را که به منبع تغذیه آن متصل نموده و شدت جریان منبع IM را با فواصل ۰.۵ آمپری تغییر داده و هر بار ولتاژ هال را از روی میکروولتمتر قرائت کنید و نتایج آزمایش را در جدولی مانند جدول ۱ خلاصه نمائید.

با استفاده از نمودار تغییرات الغاء مغناطیسی B بر حسب شدت جریان IM (نمودار ۱) مقادیر B را تعیین و در جدول درج نمائید .

	I(A)	I_M(A)	B(mT)	V_H(μv)
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				

جدول (١)

با استفاده از جدول ١ منحنی تغییرات VH را بر حسب B ترسیم کنید.

با تعیین ضریب زاویه خط و اینکه ضخامت ورقه ۳۰μm است مقدار RH را بدست آورد، و با قرار دادن در رابطه: $R_H = \frac{1}{ne} \Rightarrow n = \frac{1}{eR_H}$ که در آن e بار الکتریکی الکترون و برابر $۶/۱ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌باشد، چگالی حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش را بدست آورید.

آزمایش ۲: رسم منحنی VHبر حسب I:

شدت جریان منبع تغذیه آهنربای الکتریکی IM را حدود ٤ آمپر تنظیم نموده و با تغییر دادن شدت جریان ورقه، ولتاژهای مختلف VH را اندازه‌گیری کنید و نتایج را در جدولی مانند جدول ۲ درج نمائید.

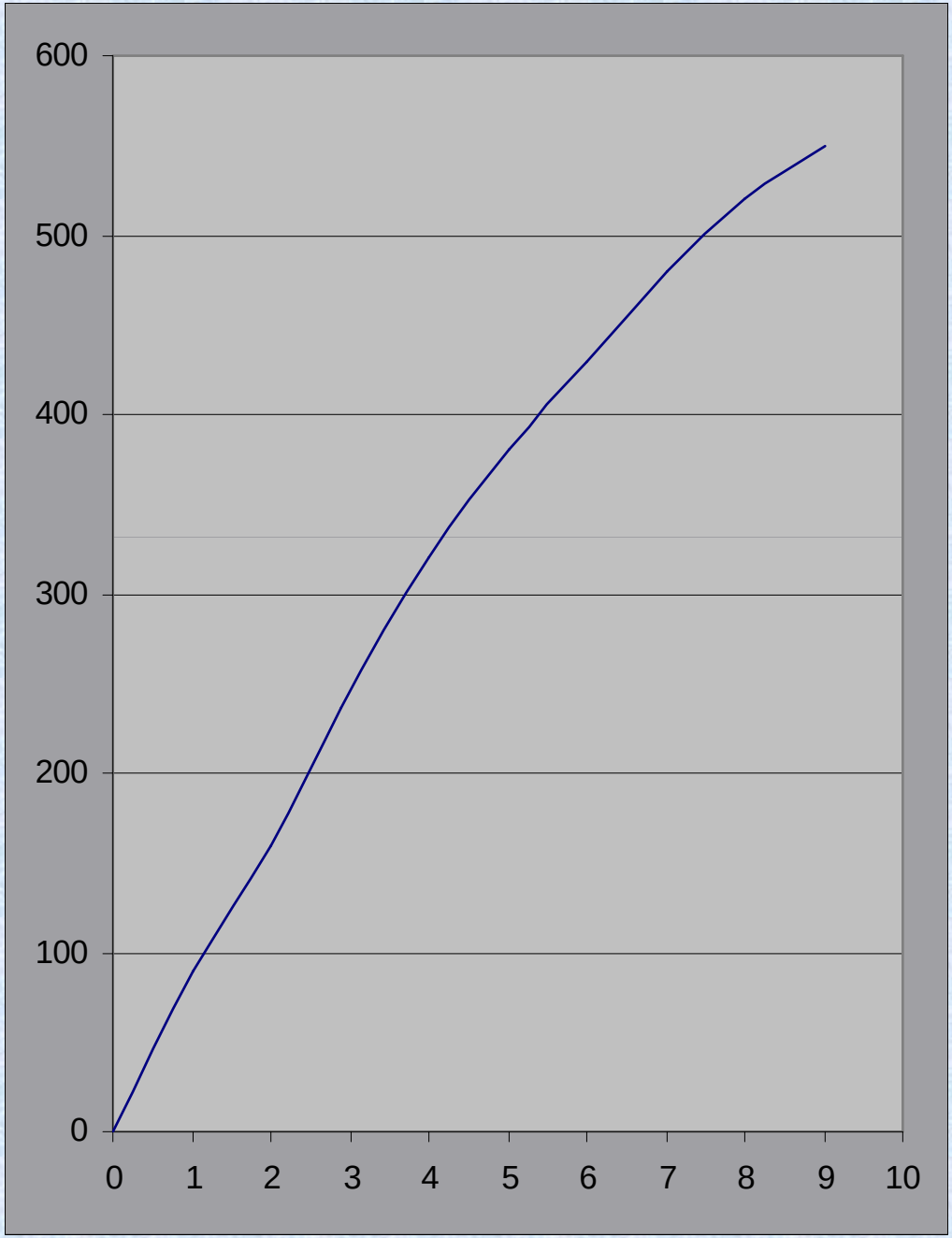
	B(mT)	I_M(A)	V_H(μv)
١			
٢			
٣			
٤			
٥			
٦			

جدول (٢)

با استفاده از جدول ٢ منحنی تغییرات VH را بر حسب I ترسیم نمائید.

با تعیین ضریب زاویه خط و اینکه ضخامت ورقه ۳۰μm است، مقدار RH ، و با قرار دادن در رابطه: $R_H = \frac{1}{ne} \Rightarrow n = \frac{1}{eR_H}$ چگالی حامل‌های بار در رسانای مورد آزمایش را بدست آورید.

دو آزمایش فوق را در مورد ورقه نقره‌ای و یا روی مجدداً تکرار و نتایج آزمایش را در جدوالی ثبت و ضرائب‌ها را برای هر یک تعیین و چگالی حامل‌های بار را محاسبه و نوع حاماها را معلوم نمایئد.



مربوط به مگنت «اثر هال»

شدت القای مغناطیسی در محل قرار گرفتن ورقه هادی جریان وقتی که فاصله قطبین مگنت ۷ میلیمتر است.

قطره روغن میلیکان

وسائل آزمایش: دستگاه آزمایش میلیکان و مجموعه الکترونیک مربوط به مدل ۵۱۰۷ و سیم رابط ۲ عدد

هدف آزمایش: بدست آوردن بار الکتریکی اساسی(بار الکترون) با بکارگیری میدان الکتریکی و معلق نگه داشتن قطره روغن باردار در این میدان

ملاحظات نظری: اگر ذره باردار با بار q و جرم m در میدان الکتریکی یکنواخت قائم قرار گیرد با اعمال میدان مناسب E می توان آنرا بصورت معلق در حال سکون نگه داشت که در این حالت نیروی وزن ذره با نیروی الکتریکی متقابل با آن برابر است و داریم :

$$\left.\begin{aligned} F &= Eq \\ F_g &= mg \end{aligned}\right\} \Rightarrow Eq = mg \qquad (1)$$

میدان الکتریکی یکنواخت الکتریکی E با برقراری اختلاف پتانسیل V بین دو صفحه یک خازن مسطح افقی که فاصله صفحات آن d است میسر می‌باشد ($E = \frac{V}{d}$) ، لیکن تعیین جرم m ذره بسادگی امکان‌پذیر نبوده و با استفاده از قانون استوکس برای یک ذره‌ی کروی که در هوا با ضریب چسبندگی η با سرعت حد Vg سقوط می‌کند قابل محاسبه است. طبق قانون استوکس هرگاه

کوچک که شعاع r آن در حدّ مسیر آزاد متوسط مولکول‌های هوا بوده و با سرعت v در هوا حرکت کند، نیروی مقاومتی معادل $F = 6\pi r \eta V$ (2)

به آن وارد می‌گردد. بدیهی است که این ذره با سرعت حد V_g سقوط نماید داریم:

$$F = mg \Rightarrow 6\pi\mu r V_g = mg$$

که چون شکل ذره کروی است، اگر چگالی ماده تشکیل دهنده آن ρ باشد داریم:

$$6\pi\mu r V_g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \qquad (3)$$

که رابطه (۳) شعاع ذره محاسبه و با قرار دادن آن در رابطه $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ جرم به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$r = (\frac{9\eta}{2\rho g} V_g)^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

و :

$$m = 27\sqrt{2}\rho^{\frac{1-}{2}} (\frac{\eta V_g}{g})^{\frac{1}{2}} \qquad (5)$$

با قرار دادن مقدار m در رابطه (۱) بار الکترکی ض بدست می‌اید که اگر این بار n برابر بار اساسی e (بار الکترون) باشد داریم:

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{mgd}{V} = ne \qquad (6)$$

$$ne = \frac{27\sqrt{2}\eta^{\frac{3}{2}d}}{\sqrt{\rho g}} \frac{V_g^{\frac{3}{2}}}{V} \qquad (7)$$

چسبندگی هوا برای ذرات بسیار کوچک، که شعاع آنها از مسیر آزاد متوسط مولکول‌های هوا تجاوز نکند:

$$\eta = 1/825 * 10^{-5} \quad Kgm^{-1} \quad Sec^{-1}$$

و برای شعاع‌های بزرگتر به صورت زیر تصحیح می‌شود:

$$\eta' = \frac{\eta}{\left(1 + \frac{B}{rP}\right)}$$

که در آن P فشار سیال(در اینجا هوا)، r شعاع ذره و B مقدار ثابتی است که به صورت تجربی بدست می‌آید و برای هوا در دستگاه یکای SI برابر با:

$$B = 7*10^{-3} \qquad Kg\,Sec^{-2}$$

می باشد.

با رعایت تصحیح فوق و اعمال نمودن آن در رابطه (۷) داریم:

$$ne = \frac{27\sqrt{2}\left[\eta(1+\frac{B}{rP})^{-1}\right]^{\frac{3}{2}} d}{\sqrt{\rho g}} (\frac{V_g^{\frac{3}{2}}}{V})$$

و یا:

$$ne = \frac{27\sqrt{2}\eta^{\frac{3}{2}} d}{\sqrt{\rho g}} (1+\frac{B}{rP})^{\frac{-3}{2}} (\frac{V_g^{\frac{3}{2}}}{V}) \qquad (8)$$

با داشتن شتاب جاذبه‌ی محل آزمایش (g)، فاصله صفحات خازن(d) و چگالی ذرات باردار(که در اینجا روغن مورد آزمایش) ρ، کسر اول رابطه (۸) در طول آزمایش ثابت می‌ماند که آنرا (A) می‌نامیم، پرانتز $(1+\frac{B}{rP})^{\frac{3}{2}}$ تابع شعاع ذره است که در محاسبه می‌شود و آنرا با ε نمایش می‌دهیم و لذا:

$$q = ne = \left[\frac{A}{\varepsilon} (\frac{V_g^{\frac{3}{2}}}{V}) \right]$$

پس از بدست آوردن qهای مختلف، بزرگترین مقسوم‌علیه مشترک آنها که همانا e است محاسبه می‌شود.

روش آزمایش: دستگاه آزمایش قطره میلیکان را روی یک میز افقی قرار داده و با استفاده از یک تراز مدوّر که بر روی محفظه خازن قرار می‌دهید، و چرخاندن پیچ‌های سه پایه، آنرا کاملاً تراز نمائید تا صفحات خازن کاملاً افقی و میدان کاملاً قائم گردد.

مجموعه الکترونیک را به دستگاه متصل نمائید. محفظه خازن لبا احیتاط از محل مربوطه برداشته و در محل مرکز آن یک میله باریک قرار دهید، با زدن کلید مجموعه الکترونیک لامپ نورافکن را روشن نمائید تا به میله بتابد. لوله میکروسکپ دستگاه را به عقب و جلو حرکت دهید تا میله فوق را بوضوح مشاهده کنید(میکروسکپ برای مشاهده نواحی مرکزی خازن آماده می‌شود) میله را بردارید و محفظه خازن را در محل اولیه‌اش قرار دهید. دو سیم رابط را

از خروجی منبع تغذیه‌ی مجموعه الکترونیک به محل اتصال آنها در صفحات خازن وصل نمائید و دقت کنید که ولتاژ روی صفر باشد.

با پیچاندن پیچ منبع تعذیه، ولتاژ را روی عدد دلخواهی قرار دهید و موارد زیر را بررسی و کاملاً به آن مسلّط شوید زیرا مجموعه الکترونیک طوری طراحی شده است که شما بتوانید:

1. در حالت برقراری ولتاژ، کرنومتر دیجیتال را متوقف و در حالت قطع ولتاژ، کرنومتر را فعال نمائید.
2. در حالت برقراری ولتاژ، کرنومتر دیجیتال را فعال و در حالت قطع ولتاژ، کرنومتر را متوقف نمائید.

اگر کلید سمت چپ را در حالت Normal قرار دهید، چنانچه کلید سمت

راست در وضعیت Voltage قرار گیرد، ولتاژ برقرار و در صورتیکه در وضعیت Choronometer باشد ولتاژ قطع و کرنومتر وصل می‌گردد. و اگر کلید سمت چپ در وضعیت Invert قرار گیرد کلید سمت راست برعکس عمل خواهد نمود. دکمه Reset کرنومتر را صفر می‌نماید. وضعیت لازم برای انجام آزمایش وضعیت اولی است(به شکل یک مراجعه شود).

ولتاژ را صفر کنید و با چند بار فشار دادن تلمبه روغن پاش، پودر روغن را به داخل محفظه بفرستید و با میکروسکپ دستگاه، قطرات روغن را که به صورت نقاط روشن در محیط ایجاد می‌گردند مشاهده نمائید. اغلب این ذرات در اثر اصطکاک با شیشه روغن پاش، پلاستیک بدنه محفظه و هوا به صورت مثبت یا منفی با بار کم و یا زیاد باردار شده‌اند لذا اگر ولتاژی برقرار کنید حرکت برخی سریعتر، برخی کندتر و عده‌ای معکوس می‌گردد.

قطراتی برای انجام آزمایش مناسب‌ترند که دارای بار کم بوده و تعداد انگشت شماری الکترون داشته باشند. لذا قطراتی را انتخاب کنید که:

الف- بدون وجود ولتاژ بسیار آهسته سقوط کنند(چون میکروسکپ صحنه را معکوس نشان می‌دهد، قطرات سقوط کننده در لوله میکروسکپ به سمت بالا حرکت می‌کنند).

ب- با اعتماد ولتاژ زیاد (حدود ٤٠٠ ولت بالاتر) بسیار آهسته صعود نمایند.(در لوله میکروسکپ به آهستگی به سمت پائین حرکت کنند).

اکنون به ترتیب زیر عمل کنند:

1. پس از انتخاب قطره مناسب با اعمال ولتاژ آنرا به محل درجات پائین میکروسکپ منتقل نموده و با تغییر دادن ولتاژ آنرا بر روی درجه‌ی مناسبی متوقف و در هوا معلق نگهدارید و محل قطره را یادداشت کنید(x1).

۲ . ولتاژ تعلیق قطره V را یادداشت نموده و با فشار دادن دکمه Reset کرنومتر را صفر نمائید.

۳ . ضمن مشاهده در میکروسکپ کلیدی را که ولتاژ را قطع نموده و بطور همزمان کرنومتر را راه اندازی می‌کند بزنید و قطره را دنبال کنید تا به درجه مناسب دیگری در چشمی میکروسکپ برسد(مثلاً از ۲ به ۷ منتقل شود) در این لحظه کلید مزبور را به حالت اولیه برگردانید تا قطره را در همانجا متوقف کند.

٤ . محل قطره (x2) و عدد کرنومترt را قرائت و یادداشت نمائید.

٥ . با اعمال ولتاژ زیادتر مجدداً قطره را به محل اولیه برگردانید و بندهای ۲ الی ٤ را مجدداً برای آن تکرار نمائید. ولتاژ میانگین و سرعت سقوط میانگین آن را محاسبه و در جدول زیر وارد کنید.

٦ . ولتاژ را صفر کنید تا قطرات معلق سقوط کنند.

۷ . مجدداً تلمبه روغن پاش را چند بار فشار دهید و قطرات مشاهده و قطره مناسب را انتخاب و آزمایش را تکرار نمائید.

برای تکمیل آزمایش حداقل ۱۰ قطره را مورد آزمایش قرار داد، و اطلاعات خام لازم را فراهم و در جدول وارد کنید.

۸ . جرم مخصوص (ρ) روغن مورد آزمایش را بدست آورید و در محاسبات مورد استفاده قرار دهید جرم حجمی روغن همراه دستگاه ۸۶۲ Kg/m3 = ρ است.

۹ . منحنی تغییرات ε را برحسب r ترسیم کنید و با استفاده از آن برای هر مقدار r,q را محاسبه و در جدول قید نمائید.

شماره آزمایش	V	x_2	x_2	t	$V_g = \frac{x_2 - x_1}{t}$	r	ε	q	n	e

۱۰ . مقادیر بدست آمده برای q را طبقه‌بندی کنید، بطوزیکه بتوان بزرگترین مقسوم علیه مشترک آنها را ارزیابی و مقدار n را برای هر مور تعیین نموده و مقادیری نزدیک به هم برای e بدست آورد.

۱۱ . میانگین e را محاسبه و بعنوان بار اساسی انتجاب کنید.

پدیده زیمن Zeeman Effect

وسائل آزمایش: آهنربای الکتریکی ۱T و منبع تغذیه آهنربای الکتریکی ۱۰A-۰، ۱۰۰V-۰ مدل ۵۱۱۲، لامپ جیوه Uشکل با محفظه آن، منبع تغذیه HV لامپ جیوه KV ۵-۰ مدل ۵۱۱۵، تداخل سنج فابری ـ پرو با دوربین مربوطه، پلاریزور مدرج با پایه نگهدارنده‌ی آن، فیلتر سبز جیوه با پایه نگهدارنده‌ی آن، پایه کوچک مکعبی و سیم‌های رابط .

هدف آزمایش: مشاهده‌ی پدیده‌ی زیمن از طریق قرار دادن لامپ جیوه در میدان مغناطیسی خارجی و اندازه‌گیری مگنتون بوهر μB .

ملاحظات نظری: در اثر قرار گرفتن اتمن در میدان مغناطیسی خارجی هر تراز انرژی با مشخصه‌ی عدد کوانتمی J به 2J+1 زیر تراز انرژی شکافته و یا تقسیم می‌گردد. تعداد این زیر ترازها با تعداد مقادیر ممکنی که به عدد کوانتمی مغناطیسی M تخصیص می‌یابد برابر است که M اندازه تصویر تکانه زاویه‌کلی اتم بر امتداد میدان منغناطیسی می‌باشد.

مشاهده‌ی شکافته شدن خطوط طیفی در میدان مغناطیسی پدیده‌ی زیمن (۱۹۸٦ میلادی) نامیده می‌شود.

طبیعت انشقاق خطوط طیفی مختلف و متنوع است، لیکن تعداد مؤلفه‌ها و اندازه‌ی انشقاق هر خط تابع قواعد ساده‌ای می‌باشد.

بخشی از مؤلفه‌های تقسیم شده، وقتی که در امتداد عمود بر خطوط میدان

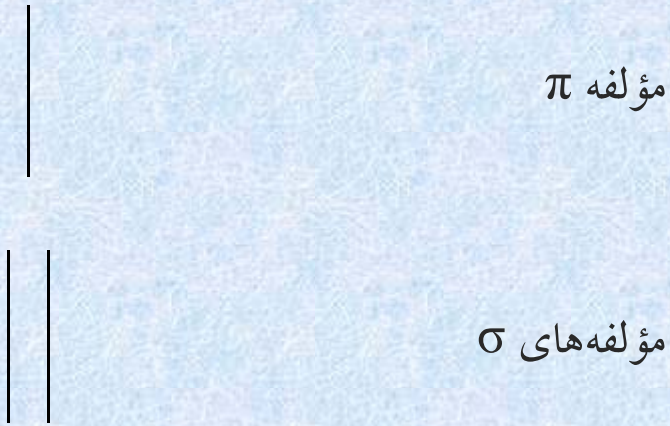
مغناطیسی مورد مشاهده قرار گیرند، همواره در امتداد و به موازات میدان قطبیده است (مؤلفه π)، در حالی‌که مؤلفه‌های دیگر آن در امتداد عمود بر میدان قطبیده هستند(مؤلفه‌های σ).

در ساده‌ترین حالت، پدیده زیمن منجر به انشقاق متقارن خط طیف به سه مولفه با بسامدهای ν+1 و ν0 و ν-1 می شود بطوریکه:

$$\Delta\nu_0 = \nu_{+1} - \nu_0 = \nu_0 - \nu_{-1}$$

و برابر است با: $\Delta\nu_0 = \mu_B \frac{B}{h}$ (1) که در آن μB مگنتون بوهر و B شدت القاء مغناطیسی می‌باشد. این نحوه‌ی انشقاق، پدیده عادی زیمن "normal Zeeman Effect" نامیده می‌شود که تئوری مربوطه در سال ۱۹۱۶ میلادی توسط "دی‌بای(Debye)" و "سامرفلد(Sommerfeld)" ارائه گردید.

این پدیده برای مجموعه‌های تک خطی طیف‌های He و گروه عناصر قلیایی خاکی همچنین Zn,Cd,Hg مشاهده شده است. در شکل (۱) پدیده عادی زیمن برای یکی از تک خطوط با طول موج Aλ 6438/47= در گذار(1P1-1D2) کادیوم نشان داده شده است .



شکل (۱) : سه‌گانه اثر عادی زیمن مربوط به تک خط کادیوم با طول موج Åλ 6438/47= انگستروم در گذرار (1P-1D)

حال منشأ این پدیده را بررسی می‌کنیم:

در یک میدان مغناطیسی، انرژی یک اتم بمیزان $\Delta E=M\mu BB$ تغییر می‌کند، در نتیجه انرژی کل اتمی که در میدان قرار گرفته است در تراز بالاتر 1P1 و تراز پائین 1D2 بترتیب $E' = E'_0 + M'\mu_B B$ و $E = E_0 + M\mu_B B$.

می‌شود و لذا داریم:

$$v_0 = \frac{E' - E}{h} = \frac{E'_0 - E_0}{h} + (M' - M)\frac{\mu_B B}{h} = v_0 + \Delta M \frac{\mu_B B}{h} \qquad (2)$$

با توجه به اصل انتخاب، برای عدد کوانتومی مغناطیسی $\Delta M = \pm 1$ و $\Delta M = 0$ ، از رابطه (۲) داریم :v-1=v0-Δv0 و v0 و v0 +Δv0 =v+1

مؤلفه‌های v+1 و v-1 از این سه‌گانه عادی، در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی (σ) و مؤلفه‌ی v0 در راستای موازی با میدان قطبیده می‌باشند(π).

روش آزمایش: سیم پیچ‌های آهنربای الکتریکی را با یکدیگر طوری سری کنید که جهت گردش جریان الکتریکی در آنها یکسان باشد.

لامپ جیوه U شکل را که در محفظه آن قرار دارد بین قطبین مخروطی سوراخ‌دار آهنربا قرار داده و محفظه آنرا قفل کنید تا در محل خود بخوبی و محکم قرار گیرد.

سیم‌های لامپ جیوه را به منبع تغذیه HV متصل و آنرا روشن کنید ولتاژی در حدود ۱۲۰۰ ولت برای تغذیه لامپ کفایت می‌کند که پس از روشن شدن لامپ به حدود ۳۰۰ ولت افت می‌نماید.

سیم‌های آهنربای الکتریکی را به منبع تغذیه مربوطه وصل و آنرا روشن کنید و جریانی حدود ۵ آمپر از آن عبور دهید. اگر جهت گردش جریان در سیم

پیچ‌های آهنربا صحیح انتخاب شده باشد با کم و زیاد کردن شدت جریان، نور لامپ جیوه کم و زیاد می‌شود اگر چنین نشد، جای سیم‌های یکی از دو سیم پیچ را تعویض نمائید.

تداخل سنج فابری ـ پرو را تنظیم کنید[۱] و آنرا در مقابل نور لامپ جیوه که از عدسی محفظه خارج می‌شود قرار دهید. در این حالت فاصله آینه‌های تداخل سنج را حدود ۲mm انتخاب کرده باشید. پلاریزور مدرج را بین تداخل سنج و محفظه روی پایه‌ای نصب نموده زاویه آن را روی صفر تنظیم و فیلتر سبز جیوه طریقه تنظیم و را بر روی پایه نگهدارنده آن نصب و در

---

۱. طریقه تنظیم و مدرج کردن تداخل سنج فابری ـ پرو و نیز اندازه‌گیری اختلاف طول موج‌ها بصورت پیوست آمده است، در صورت نیاز آنرا مطالعه فرمائید.

مسیر نور قرار دهید شدت جریان منبع تغذیه را صفر کنید و از درون دوربین تداخل‌سنج نوارهای داخلی دایروی را مشاهده نمائید .

در صورتیکه شدت جریان منبع را افزایش دهید مشاهده خواهید کرد که هر خط تداخلی دایروی به دو خط(مؤلفه‌های σ) تبدیل و به دو طرف جابه‌جا می‌شوند بطوریکه محل اولیه خط تداخلی تاریک می‌شود. اگر در این حالت محور قطبشگر(پلاریزور) را روی 90° ببرید این دو خط محو و خط سوم (مؤلفه π) در محل اولیه‌ی نوار تداخلی مشاهده خواهد شد. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که خط سبز طیف جیوه در میدان مغناطیسی به سه خط قطبیده که دو تای آن‌ها در امتداد عمود بر امتداد میدان مغناطیسی (مؤلفه‌های σ) و دیگری در امتداد موازی خطوط میدان (مؤلفه π) قطبیده‌اند، تبدیل می‌گردد(پدیده‌ی عادی زیمن).

شدت جریان I منبع تغذیه را بین ۵ و ۱۰ آمپر انتخاب نمائید و با استفاده از منحنی تغییرات میدان آهنربای الکتریکی B بر حسب شدت جریان I، شدت القاء مغناطیسی را تعیین کنید.

با کمک تداخل سنج فابری ـ پرو، اختلاف طول موج ($\Delta\lambda$) دو مؤلفه σ خط سبز جیوه را اندازه‌گیری نموده و در جدول زیر درج نمائید.

شماره آزمایش	I(A)	B(T)	$\Delta\lambda$(m)	$\Delta v(Sec^{-1})$	

با توجه به اینکه:

$$\nu = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow \Delta\nu = -\frac{C}{\lambda^2}\Delta\lambda$$

که در آن C=3*108 m/s سرعت نور در خلأ و λ= 5460/74Å طول موج سبز جیوه می‌باشد. مقادیر اختلاف بسامد(Δν) مؤلفه‌های σ را محاسبه و در جدول وارد نمائید. با توجه به رابطه (۱) اگر نمودار تغییرات $\Delta\nu_0 = \frac{\Delta\nu}{2}$. یعنی تغییر بسامد هر مؤلفه نسبت به حالت بدون میدان را بر حسب B رسم کنیم ضریب زاویه‌ی آن برابر $\frac{\mu_B}{h}$ که با داشتن h=6/6236 * 10-34 J Sec مقدار Bμ (مگنتون بوهر) بدست می‌آید. لذا منحنی Δν0 را بر حسب B رسم نموده وBμ را محاسبه و با مقدار نظری آن که 9/273 * 10-24 Bμ=JT-1 است مقایسه کنید.

اکنون تداخل سنج، فیلتر سبز جیوه و پلاریزور را برداشته و آن‌ها را عمود بر وضعیت اولیه در امتداد قطبین سوراخدار آهنربای الکتریکی که درون لامپ جیوه دیده می‌شود قرار دهید. با اعمال میدان مغناطیسی هر خط به دو خط تبدیل می‌گردد. اگر محور قطبش پلاریزور را دوران دهید هیچ تغییری در وضعیت نوارهای تداخلی ایجاد نمی‌شود . با بکار بردن تیغه ربع موج $\frac{\lambda}{4}$ می‌توان دریافت که هر دوی این خطوط قطبیده دایروی هستند که یکی راستگرد و دیگری چپگرد می‌باشد که با σ^- و σ^+ نمایش داده می‌شوند.

پیوست

روش به کارگیری تداخل سنج فابری ـ پرو

در این پیوست:

1. چگونگی تنظیم تداخل‌سنج فابری ـ پرو برای مشاهده نوارهای تداخلی
2. روش مدرج کردن تداخل سنج فابری ـ پرو
3. طریقه اندازه‌گیری اختلاف دو طول موج نزدیک به هم (مثلاً D سدیم) تشریح می‌شود.

الف ـ چگونگی تنظیم تداخل‌سنج برای مشاهده نوارهای تداخلی

1. لامپ سدیم را به منبع تغذیه آن متصل و روشن کنید تا گرم شود. گرم شدن لامپ حدود ۵ دقیقه طول می‌کشد.

2. یک ورقه کوچک کاغذ را که در آن سوراخ کوچکی ایجاد نموده‌اید در مقابل لامپ سدیم روی حفاظ آن نصب کرده و لامپ را در فاصله نسبتاً دور (حدود ۱ متر و بیشتر) از آینه‌های تداخل سنج قرار دهید. در این حالت عدسی جلو آینه‌ها را برداشته باشید.
3. با پیچاندن پیچ‌های تنظیم آینه ثابت تداخل سنج وضعیتی را ایجاد نمائید که تصاویر متعدد سوراخ، به یکدیگر منطبق شوند. این کار را تا حد ممکن دقیق انجام دهید.
4. کاغذ را از مقابل لامپ بردارید، در این حالت(اگر تنظیم خوبی انجام داده باشید) باید نوارهای داخلی تداخلی دایروی (یا حداقل قسمتی از آنها) مشاهده گردند.

5. با تنظیم دقیق‌تر پیچ‌های تنظیم آینه، وضوح نوارهای تداخلی را بهبود بخشید، بطوریکه اگر چشم خود را به سمت بالا و پائینو یا چپ و راست ببرید، در مرتبه‌ی نوار مرکزی تغییر چندانی ایجاد نشود(اگر تاریک است، تاریک و اگر روشن است، روشن باقی بماند).
6. با دقت و به آهستگی بطوریکه آینه تکان نخورد، عدسی دستگاه را بر روی آینه، و دوربین تداخل سنج را در محل مربوطه نصب نموده و در آن نظاره کنید و با جابجا کردن عدسی چشمی دوربین، بهترین تصویر را برای مشاهده بوجود آورید.

حال اگر پیچ میکرومتر دستگاه را به آهستگی بچرخانید، تولید و یا محو شدن نوارهای تداخلی در مرکز را بخوبی خواهید دید.

ب ـ روش مدرج کردن تداخل سنج

۷- پس از انکه دستگاه را بخوبی تنظیم کردید، عدد میکرو متر را بخوانید، d'_0 .

۸- ضمن مشاهده در دوربین، پیچ میکرومتری را به آهستگی در جهتی که نوارهای تداخلی از مرکز تولید شوند، بچرخانید و این کار را آنقدر ادامه دهید که ۱۰ نوار از مرکز تولید شود، m=۱۰ و عدد میکرومتر را قرائی کنید d'_{10} .

۹- این عمل را برای هر ۱۰ نوار بعدی تا ۱۹۰ نوار ادامه دهید و هر بار عدد میکرومتر را قرائت و یادداشت نموده و نتایج را در جدولی مطابق جدول زیر خلاصه کنید.

m_1	d_1'	m_2	d_2'	$\Delta m = m_2 - m_1$	$\Delta d = d_2' - d_1'$
0		100		100	
10		110		100	
20		120		100	
30		130		100	
40		140		100	
50		150		100	
60		160		100	
70		170		100	
80		180		100	
90		190		100	
				$\Delta\overline{m} = 100$	$\Delta\overline{d'} =$

در تداخل سنج فابری ـ پرو برای نوار مرکزی و تغییر فاصله آینه‌ها داریم:

$$2d = m\lambda$$

$$2\Delta d = \lambda \Delta m \Rightarrow \Delta d = \frac{\Delta m}{2}\lambda$$

با تناسب زیر مقدار تغییر فاصله آینه‌ها را بر حسب تغییر پیچ میکرومتری مدرج نمائید.

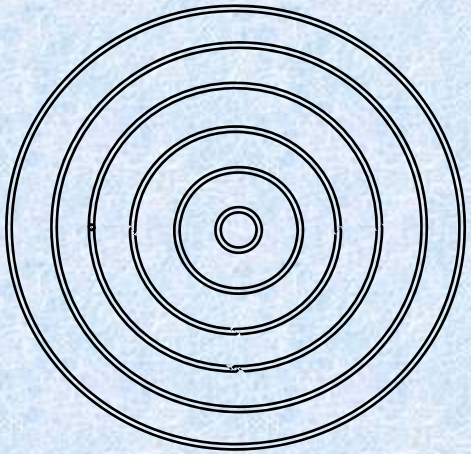
تغییر میکرومتر	تغییر در فاصله آینه‌ها
$\Delta d'(mm)$	$\Delta d = 50\lambda$
1mm	$\alpha = \frac{50\lambda}{\Delta d'}$ ضریب تبدیل

ج ـ اندازه‌گیری اختلاف طول موج‌های D1 و D2 زرد سدیم:

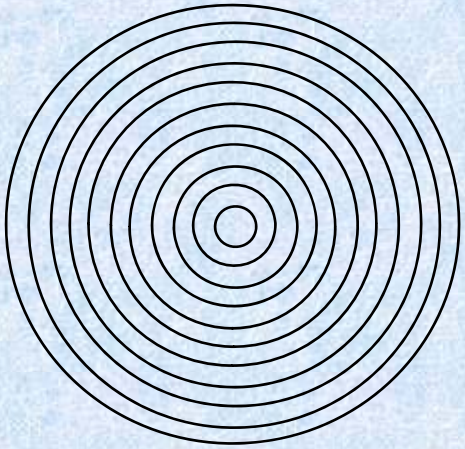
۱۰- پس از آنکه دستگاه را برای ایجاد نوار های تداخلی تنظیم نمودید، پیچ میکرومتری را به آرامی بچرخانید، ملاحظه خواهد شد که نوارهای تداخلی در بعضی مواقع بصورت جفت جفت ظاهر می‌گردند(مطابق شکل ۱).

۱۱- با چرخاندن بیشتر پیچ میکرومتری وضعیت نوارها تغییر نموده، فواصل آن‌ها منظم تر شده، حالت تناوبی را از دست داده و نوارهای طول موج $\lambda 1$ کاملاً در وسط فواصل نوارهای طول موج $\lambda 2$ قرار می‌گیرند (مطابق شکل۲). وقتی که حالت کاملاً منظمی را مشاهده کردید، عدد میکرومتر را قرائت و یادداشت نمائید d_1'' .

۱۲. حال به چرخاندن میکرومتر در همان جهت قبلی ادامه دهید، ملاحظه خواهید کرد که نظم قبلی از بین رفته و مجدداً فاصله نوارها بصورت تناوبی کم و زیاد می‌شود و موقعیتی می‌رسد که نوارهای دوتائی به تک نوارها تبدیل می‌گردند(نوارهای $\lambda 1$ و $\lambda 2$ بر هم منطبق می‌شوند).



شکل (۱)



شکل (۲)

۱۳- پیچ میکرومتری را باز هم بچرخانید تا نوارهای مزبور مجدداً از یکدیگر جدا شده و کاملاً بین هم قرار بگیرند. پس از حصول نتیجه مطلوب، مجدداً پیچ میکرومتری را قرائت و یادداشت کیند d''_2 .

۱٤- با ادامه دادن همین روش، چندین مرتبه حالت مذکور را ایجاد و هر بار میکرومتر را قرائت و مقادیر d''_3 و d''_4 و ... را یادداشت نمائید.

۱۵- چون قبلاً دستگاه را مدرج کرده‌اید می‌توانید با استفاده از آن، تغییر فاصله آینه‌ها به ازاء جابجائی میکرومتر را برای هر بار بین هم افتادگی نوارها، محاسبه و میانگین آنها را بدست آورید.

$$\Delta d_1 = d_2 - d_1 =$$ جابجائی آینه‌ها برای دو حالت بین هم قرارگرفتن نوارها $$= \alpha(d_2'' - d_1'')$$

$$\Delta d_2 = d_3 - d_2 = \alpha(d_3'' - d_2'')$$

$$\Delta d_3 = d_4 - d_3 = \alpha(d_4'' - d_3'')$$

$$\overline{\Delta d} = \frac{\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3}{3}$$

حال با استفاده از رابطه: $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta d}$ اختلاف طول موج‌های خطوط D1 و D2 سدیم را بدست اورید. توجه داشته باشید که λ انگستروم است.

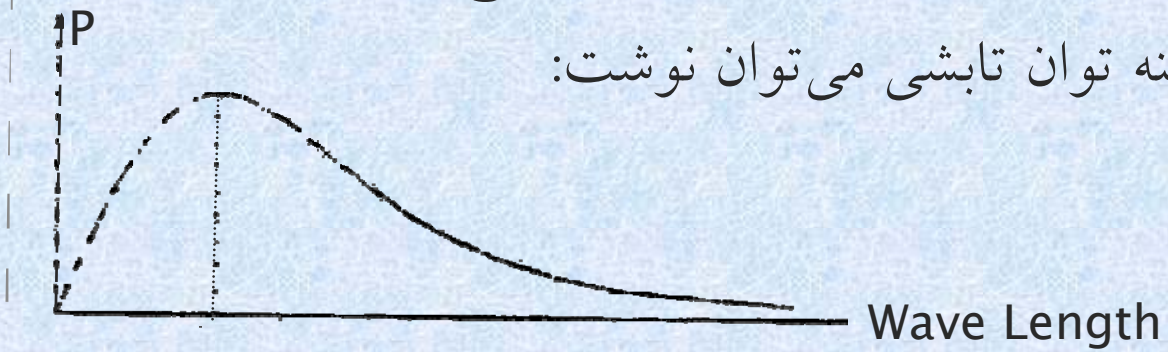
تابش جسم سیاه

وسایل آزمایش: کوره الکتریکی با پایه، دیمر و دماسنج دیجیتال، میزچه اپتیکی دو عدد، دیافراگم سردکننده، دیافراگم متغیر، ترموکوپل، گیره‌ی مدرج، پایه **V** شکل بزرگ دو عدد، گیره چند منظوره چهار عدد، میکرو ولتمتر.

هدف آزمایش: تحقیق قانون استفن-بولتزمنو قوانین لامبرت در مورد تابش جسم سیاه.

ملاحظات نظری: جسم سیاه به جسمی گفته می‌شود که جذب آن کامل بوده و می‌تواند کلیه تابش‌های الکترومغناطیسی با هر فرکانسی را بطور کامل جذب نماید. همچنین اینچنین جسمی قادر است در اثر گرم شدن تابش‌های الکترومغناطیسی با همه فرکانس‌ها را تابش نماید. البته طبق قانون جابجایی وین بیشینه توان تابشی با تغییر دما تغییر می‌کند و هرچه دما بالاتر رود این بیشینه به سمت فرکانس‌های بالاتر (طول موج‌های کوتاه‌تر) میل می‌کند بطوریکه برای بیشینه توان تابشی می‌توان نوشت:

$$\lambda_{max}\, T = C$$



که در آن T دمای مطلق جسم λ_{max} طول موجی است که در آن بیشینه توان تابشی حاصل می‌شود. C مقدار ثابتی است که مقدار آن $c = 2.9 \times 10^{-3}\, mk$ می‌باشد. آزمایشات انجام شده بر روی جسم سیاه نسان می‌دهد که توان کل تابشی مربوط به کلیه فرکانس‌ها از واحد سطح آن جسم، با توان چهارم دمای مطلق جسم متناسب است یعنی $R(T) = \sigma T^4$ که در آن ثابت استفن–بولتزمن نامیده می‌شود و مقدار آن $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\, w/m^2 k^4$ می‌باشد. براساس قانون لامبرت شار تابشی که بطور عمودی از سطح معینی عبور می‌کند با عکس مجذور فاصله آن سطح تا منبع تابش متناسب است یعنی اگر سطح S عمود بر

امتداد تابش و d فاصله آن از منبع باشد $\varphi(T) \propto 1/d^2$ خواهد بود. همچنین شار عبوری از سطح $\dot{S}$ که با سطح S فوق زاویه ϴ ساخته باشد متناسب با کسینوس این زاویه می‌باشد یعنی: $\varphi(T) \propto Cos\theta$ به عبارت دیگر اگر ϴ زاویه بین امتداد عمود بر سطح جسم سیاه و امتداد گیرنده انرژی باشد، میزان انرژی دریافتی توسط گیرنده با کسینوس این زاویه متناسب خواهد بود که در این آزمایش گیرنده انرژی یک ترموپیل است.

آزمایش ۱ : تحقیق قانون استفن-بولتزمن.

پایه کوره الکتریکی را به کمک گیره چند منظوره به میزچه اپتیکی ببندید و کوره را روی پایه سوار کنید. در فاصله‌ای حدود d=10cm از کوره، دیافراگم متغیر را به کمک گیره چند منظوره به میزچه ببندید و در فاصله d از دیافراگم، ترموپیل را توسط گیره چند منظوره طوری به میزچه ببندید که اولاً مرکز سوراخ کوره، مرکز دیافراگم و مرکز ترموپیل در یک امتداد و یک ارتفاع از میزچه قرار گیرند.(برای اطمینان از هم‌محور شدن این سه عامل می‌توانید از سوراخ پشت کوره نظاره نموده و تنظیم‌های لازم را انجام دهید) ثانیاً فاصله لبه ترموپیل از دیافراگم متغیر با فاصله لبه کوره از دیافراگم مساوی d باشد (به شکل نگاه کنید).

جسم سیاه را درون حفره کوره طوری قرار دهید که طرف خالی آن به سمت بیرون باشد، در انتهای جسم سیاه سوراخ کوچکی وجود دارد که محل قرار گرفتن ترموکوپل یا دماسنج است.

این سوراخ در مقابل سوراخ پشت کوره قرار می‌گیرد تا بتوان ترموکوپل را از پشت کوره به آن وارد و دمای جسم سیاه را اندازه‌گیری نمود.

دافراگم سردکننده را به کمک گیره چند منظوره دیگری درست جلوی کوره روی میزچه اپتیکی نسب کنید بطوریکه مرکز سوراخ آن بر مرکز سوراخ حفره جسم سیاه منطبق باشد. یک لوله لاستیکی را که به شیر آب بسته‌اید به لوله پائینی این دیافراگم و لوله لاستیکی دیگری را از لوله فوقانی دیافراگم به فاضلاب (درون کاسه دستشوئی) هدایت نمائید (در صورتیکه از شیر آب

دور هستید می‌توانید یک منبع بیست لیتری را در ارتفاعی بالاتری از میز آزمایشگاه نصب و سطلی را در زیر میز آزمایشگاه قرار دهید تا از منبع فوق آب وارد دیافراگم شده و آب خروجی آن به سطل بریزد) نقش دیافراگم سردکننده این است که از تابش‌های اضافی به جز حفره جسم سیاه و فقط به اندازه دهانه دیافراگم جلوگیری نمائید.

ترموکوپل را در سوراخ انتهای جسم سیاه قرار دهید و سر دیگر آن را به ورودی آن در جلو منبع تغذیه کوره متصل نمائید. سیم‌های برق کوره را به خروجی دیمر که در پشت منبع تغذیه تعبیه شده است وصل کنید. منبع تغذیه را به برق شهر وصل و کلید آن را بزنید تا روشن شود.

در قسمت جلویی منبع تغذیه کلیدی وجود دارد که می‌تواند در وضعیت Volt و یا TEMP قرار گیرد که در حالت اول ولتاژ اعمال شده به کوره و در وضعیت دوم دمای جسم سیاه بر روی نمایش‌دهنده دیجیتال آن قرائت می‌شود، با توجه به اینکه ترموکوپل قادر است اختلاف دمای کوره با دمای محیط را بدهد، در پشت منبع تغذیه سوراخ کوچکی قرار داده شده تا بتوان به کمک یک پیچ‌گوشتی ظریف دمای محیط را برای آن تنظیم تا قرائت دستگاه تصحیح و دمای جسم سیاه بر حسب درجه سلسیوس نصبت به دمای صفر قرائت شود، سوراخ محل این تنظیم با TEMP Adj مشخص شده است.

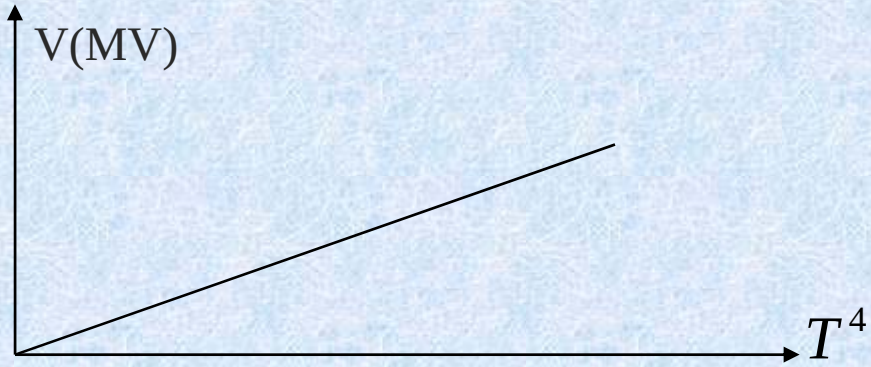
کلید را در وضعیت Volt قرار داده و به کمک پیچ تنظیم دیمر ولتاژ کوره را به ۱۸۰ درجه سلسیوس ببرید، آنگاه کلید را در وضعیت TEMP قرار داده و شاهد بالا رفتن دما باشید. در دهانه ورودی ترموپیل یک دریچه شیشه‌ای نصب شده است که قابل برداشتن می‌باشد. این دریچه ضمن اینکه مانع ورود اشعه مادون قرمز به درون ترموپیل می‌شود، از ورود گرد و غبار به داخل آن نیز ممانعت می‌کند. خروجی ترموپیل را به کمک سیم رابط مربوطه که یک طرف آن مجهز به اتصال BNC است به ورودی میکرو ولتمتر، و میکرو ولتمتر را به برق شهر متصل و روشن نمائید. سلکتور میکرو ولتمتر را در بیشترین حساسیت قرار داده و به کمک پیچ Zero adj آنرا صفر کنید.

قطر دهانه دیافراگم متغیر را یک سانتیمتر انتخاب نموده و ضمن اینکه آب از درون دیافراگم سرد کننده می‌گذرد دمای کوره را کنترل نمائید تا وقتی که به دمای حدود ۳۵۰ درجه سلسیوس برسد در این موقع ولتاژ کوره را به صفر برسانید تا از ازدیاد دمای آن جلوگیری شود. دما قدری بالاتر رفته و پس از مدتی به آهستگی شروع به کاهش خواهد نمود. دماهای مناسبی را مدنظر داشته باشید بطوریکه پس از جمع کردن آن با دمای ۲۷۳ عدد مناسبی بدست آید، مثلاً ۳۷۷ که خواهیم داشت: $T=377+273=650\ K$ در این لحظه دریچه شیشه‌ای ترموپیل را بردارید تا انرژی حرارتی دریافت و میکرو واتمتر ولتاژ خروجی آن را نمایش دهد. وقتی که میکرو ولتمتر تقریباً ثابت باشد، ولتاژ را یادداشت و بلافاصله دریچه شیشه‌ای را در محل خود قرار

دهید تا گرمای اضافی موجب گرم شدن ترموپیل و باعث ایجاد خطا نگردد. بازاء هر ۵ یا ۱۰ درجه کاهش دما، این کار تکرار و نتایج حاصله را در جدولی مطابق جدول ذیل وارد نمائید.

$T(^{\circ}C)$	$T(^{\circ}K)$	$V(MV)$	$T^4 \times 10^{11}$
377	650	0	1.785
367	640	0	1.678
357	630	0	1.575
0	0	0	0
0	0	0	0

منحنی تغییرات V برحسب T را رسم کنید و خطی بودن آن را مشاهده نمائید.



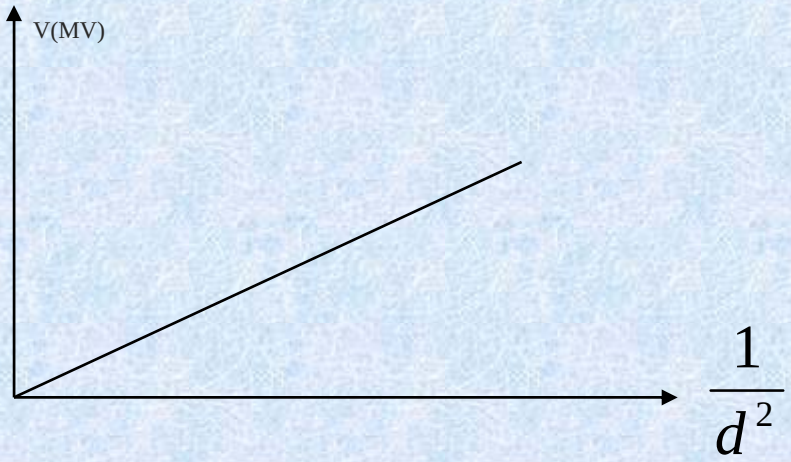
آزمایش ۲: بررسی تغییر شدت تابش با عکس مجذور فاصله.

دیافراگم متغیر را از میزچه اپتیکی باز کنید و ترموپیل را در فاصله حدود d=10cm از دیافراگم سرد کننده قرار دهید. ولتاژ کوره الکتریکی را طوری تنظیم کنید که دمای کوره در حدود ۳۵۰ درجه سلسیوس ثابت بماند (برای رسیدن به دمای ثابت بایستی قدری منتظر بمانید لذا به منظور کاهش خطا ضمن اینکه دریچه شیشه‌ای را روی ترموپیل نصب نموده‌اید با یک قطعه مقوا و یا هر مانع دیگری از رسیدن پرتوهای حرارتی جلوگیری نمائید. زیرا گرم شدن تدریجی شیشه و انتقال گرما به سطح داخلی شیشه دستگاه را با خطا مواجه می‌سازد) پس از آن که دما ثابت شد دریچه شیشه‌ای را برداشته و ولتاژ

میکرو ولتمتر را قرائت و یادداشت نمائید. حال فاصله ترموپیل را از کوره افزایش داده مجدداً میکرو ولتمتر را قرائت و یادداشت کنید (متذکر می‌شود که فقط در وضعیت قرائت میکرو ولتمتر دریچه شیشه‌ای را از ترموپیل جدا کنید و در سایر مواقع آن را در جلو ترموپیل نصب نمائید).

مقادیر فواصل و ولتاژهای میکرو ولتمتر را در جدولی مطابق جدول زیر وارد و منحنی تغییرات ولتاژ میکرو ولتمتر (که با توان دریافتی از کوره متناسب است) را بر حسب عکس مجذور فاصله دهانه اتومبیل از کوره ترسیم کنید و خطی بودن آنرا ملاحظه نمائید.

d	$T(^{\circ}K)$	$V(MV)$	$\frac{1}{d^2}$



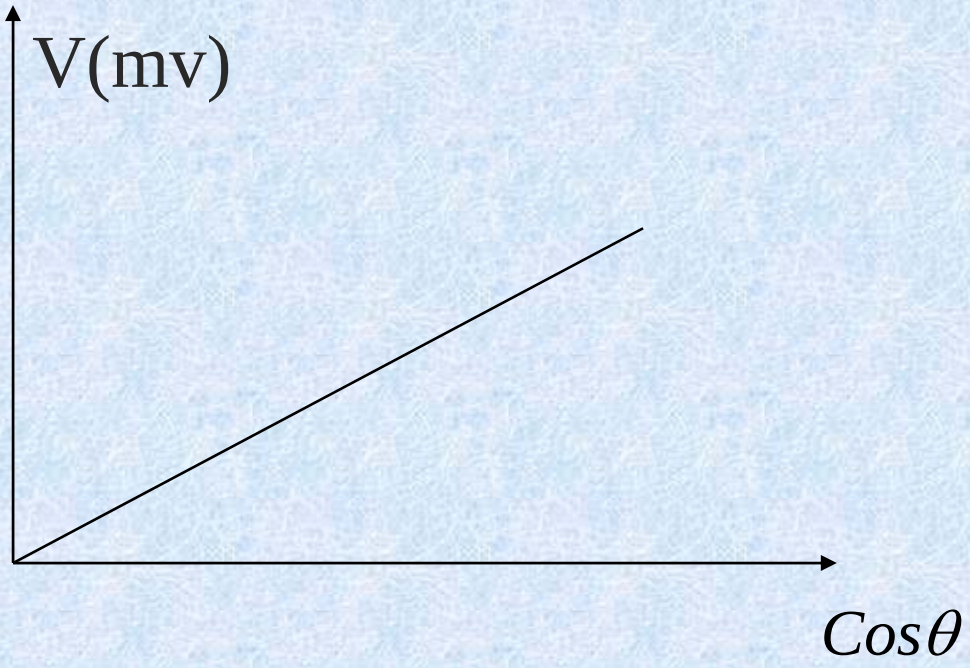
آیا امتداد منحنی از مبدأ مختصات می‌گذرد؟ دلیل آن را پیدا کنید.

آزمایش ۳: مطالعه تغییر شدت تابش با زاویه.

لوله دیافراگم سرد کننده را از سوراخ گیره مدرج عبور داده و پیچ گیره را محکم کنید تا آن را نگهدارد. دو میزچه اپتیکی را به دو طرف گیره مدرج طوری ببندید که گیره کاملاً در محل اتصال آنها قرار گیرد و شما قادر باشید با جابجا کردن یکی از میزچه‌ها زاویه آنها را تغییر دهید. کوره را که حاوی جسم سیاه است در پشت دیافراگم سرد کننده بر روی پایه مربوطه قرار داده و آن را به منبع تغذیه‌اش متصل و ترموکوپل را در پشت جسم سیاه قرار داده و انتهای دیگرش را به ورودی دما روی منبع تغذیه و دماسنج دیجیتال وصل کنید. منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ کوره را طوری تنظیم کنید که تا دمای حدود ۳۵۰ درجه بالا رفته و ثابت شود.

لوله آب را به دیافراگم سرد کننده متصل و با باز کردن شیر آب آنرا سرد نگهدارید. در فاصله‌ای حدود 20cmروی میزچه اپتیکی متحرک، ترموپیل را در امتداد تابش کوره قرار دهید. دقت کنید که وقتی میزچه‌ها در یک امتداد هستند، عقربه گیره مدرج عدد صفر یا ۱۸۰ را نشان دهد. در این وضعیت زاویه تابش پرتوهای گرمایی با سطح ترموپیل صفر درجه است. دریچه شیشه‌ای ترموپیل را بردارید و میکرو ولتمتر را قرائت کنید، میزچه متحرک را قدری بچرخانید(مثلاً ۵ درجه) و مجدداً ولتاژ میکرو ولتمتر را بخوانید و این کار را بازاء هر ۵ درجه تکرار کنید تا به زوایای حدود ۸۰ درجه برسید. اعداد حاصل از آزمایش را در جدول زیر خلاصه کنید.

$\theta(\circ)$	$V(mv)$	$Cos\theta$
0		1
5		
10		
15 . . .		



گسیل و جذب نور

وسایل آزمایش: لامپ‌های طیفی (هیدروژن، آرگون، جیوه، نئون)، لامپ سدیم، منبع تغذیه لامپ سدیم، منبع تغذیه HV ، اسپکترومتر، توری پراش، نورافکن، منبع تغذیه ۱۲ ولت، پایه و گیره‌های نگهدارنده لامپ‌های طیفی.

هدف آزمایش: بررسی طیف پیوسته نشری منتشره از جسم ملتهب، اندازه‌گیری طول موج خطوط طیف‌های نشری، مشاهده طیف جذبی سدیم و مشاهده خطوط جذبی فرانهوفر مربوط به جو ستارگان (خورشید).

ملاحظات نظری: طیف اتم‌ها (بخار فلزات با فشار کم) و ملکول‌های دو اتمی بصورت خطوط منفصل هستند، مانند: طیف بخار سدیم، بخار جیوه، و ملکول ئیدروژن و... طیف ملکول‌های سنگین‌تر و چند اتمی بصورت نوارهای پهن منفصل از یکدیگر ظاهر می‌شوند مانند N_2، O_2، So_2، Co_2، Br_2. طیف اجسام ملتهب بصورت پیوسته ظاهر می‌شوند مانند طیف حاصل از لامپ‌های تنگستن و مواد مذاب.

طبق قانون کیرشهف اتم‌ها و ملکول‌ها و بخار فلزات قادرند همان طیفی را که منتشر می‌کنند جذب نمایند. مثلاً اگر نور سفید از توده غلیظی از بخار سدیم (بخار نمک طعام) عبور کند، طیف آن درست در ناحیه خطوط نشری سدیم تضعیف شده و جذب می‌گردد و این بخش از طیف نور سفید تیره مشاهده می‌شود. به همین دلیل با تجزیه نور خورشید و تشکیل طیف آن، ملاحظه می‌شود که خطوط معینی از طیف پیوسته نور سفید جذب گردیده است. مقایسه این خطوط با خطوط نشری مواد مختلف (مثلاً ئیدروژن) بیانگر این واقعیت است که در جو خورشید ئیدروژن موجود است. به همین ترتیب با مقایسه خطوط جذبی فوق با طیف نشری سایر عناصر، وجود عناصر خاصی در جو خورشید درک می‌گردد.

روش آزمایش:

۱- از بین لامپ‌های طیف مختلف که در اختیار دارید، لامپ مورد نظر را بین گیره‌های مربوطه که به پایه نصب شده‌اند قرار داده و آنرا به منبع تغذیه ولتاژ بالا (HV) متصل نمائید. کلید منبع را روی LOW قرار داده و آنرا به برق زده و روشن کنید. (ارتفاع لامپ باید طوری تنظیم شده باشد که قسمت باریک آن در مقابل لوله موازی‌ساز اسپکترومتر قرار گیرد). اسپکترومتر را طوری قرار دهید که شکاف لوله موازی‌کننده آن در مقابل لوله باریک لامپ قرار گیرد. توری پراش را در مرکز اسپکترومتر نصب نموده ودرون دوربین آن نظاره کنید؛

با انتقال دادن لوله دوربین به چپ و راست، خطوط مختلف طیف قابل مشاهده است. پس از اطمینان از اینکه خطوط طیف به خوبی و وضوح کافی مشاهده می‌شوند، لوله دوربین را در امتداد لوله موازی‌کننده قرار دهید و با چرخاندن میز اسپکترومتر توری پراش را در وضعیتی قرار دهید که سطح آن بر امتداد تابش نور عمود باشد. تار عمودی چشمی اسپکترومتر را طوری تنظیم کنید که بر تصویر شکاف (که به رنگ نور لامپ دیده می‌شود) کاملاً منطبق گردد. زاویه این موضع را با استفاده از درجه‌بندی‌های میز و ورنیه دوربین قرائت کنید. (θ_0)

اکنون لوله اسپکترومتررا بچرخانید و بر روی یکی از خطوط طیف منطبق نمائید و زاویه مربوطه را قرائت کنید. (θ_0). با استفاده از رابطه: $m\lambda = dSin(\theta_m - \theta_0)$ که در آن d فاصله بین دو خط مجاور توری پراش، زاویه مربوط به خط طیف در مرتبه m است. طول موج مربوط به خط طیف را محاسبه کنید و این کار را برای کلیه خطوط طیف عنصر مورد آزمایش انجام دهید. همین کارها را برای سایر لامپ‌های طیفی که در اختیار داریدانجام دهید و نتایج را یادداشت و در جدولی که برای هر لامپ تشکیل می‌دهیددرج نمائید.

عنصر H_2	θ_0	θ_m	λ
λ_1			
λ_2			
λ_3			

۲- نورافکن لامپ سفید را در مقابل اسپکترومتر قرار داده و پس از اتصال آن به منبع تغذیه مربوطه آنرا روشن کنید و طیف آن را مشاهده و پیوستگی طیف آن را ملاحظه کنید.

۳- لامپ سدیم را در مقابل اسپکترومتر روشن کنید و طول موج نور آن را به روش فوق اندازه‌گیری نمائید. دوربین اسپکترومتر را آنقدر دوران دهید تا مرتبه‌هاب بالاتر طیف مشاهده شوند (مثلاً برای توری ۱۰۰ خط در هر میلیمتر m=12 و برای توری ۳۰۰ خط در هر میلیمتر m=4)

در این منطقه، ملاحظه می‌شود که دو خط زرد سدیم از یکدیگر تفکیک شده‌اند و می‌توان هر یک را جداگانه اندازه‌گیری نمود. زوایای هر یک را قرائت نموده و طول موج‌های مربوطه را محاسبه و یادداشت نمائید.

٤- یک اجاق برقی Hot Plate را روشن کنید تا بخوبی داغ شود، محل استقرار را طوری در نظر بگیرید که بین نورافکن نور سفید و لوله موازی‌کننده

اسپکترومتر قرار گیرد زیرا باید که مقداری نمک طعام روی آن بریزید تا بخار آن در مسیر نور سفید واقع شود. پس از داغ شدن کامل اجاق گاز، نورافکن را روشن و در اسپکترومتر طیف پیوسته نور سفید را مشاهده نمائید. اکنون مقداری نمک طعام روی اجاق بریزید تا بخار آن در مسیر نور قرار گیرد. حال اگر درون اسپکترومتر طیف را مشاهده کنید خواهید دید که در منطقه زرد طیف یک خط تیره ظاهر شده است که دقیقاً در محل طیف نور سدیم است. طول موج این خط تیره را با روش قبلی اندازه‌گیری نموده و یادداشت کنید و آنرا با طوی موج خط زرد سدیم مقایسه نمائید. اکنون طیف نور سفید را در مرتبه‌های بالاتر (m=12 یا m=4) مشاهده و خط جذبی بخار نمک طعام را مشاهده دو خط جذبی (تیره رنگ) را ببینید.

۵- در حالیکه منبع نور سفید روشن است آنرا قدری عقب‌تر برده و یک لوله آزمایش را که حائی جوهر رقیق یا محلول پرمنگنات پتاسیم و یا محلول ید است بین منبع و شکاف اسپکترومتر قرار دهید و باندهای جذب شده و همچنین باندهای عبوری را ملاحظه نمائید.

٦- اگر شیشه‌های رنگی مختلفی در اختیار دارید (فیلترهای رنگی) آنها را بین منبع نور سفید و شکاف اسپکترومتر قرار داده منطقه‌هایی از طیف نور سفید را که جذب شده‌اند و مناطقی را که عبور می‌دهند ملاحظه و محدوده آنها و نیز مرکز هر نوار عبوری را در نظر گرفته و طول موج این حدود را محاسبه و یادداشت نمائید.

۷- یک چراغ بونزن را در مقابل اسپکترومتر و در فاصله حدود ۵ سانتیمتر از آن روشن کنید بطوریکه شعله آن در مقابل لوله اسپکترومتر باشد. لامپ سدیم را درپشت آن قرار دهید بطوریکه نور پس از عبور از شعله وارد اسپکترومتر شده و مشاهده گردد. با پاشیدن مقدار کمی پودر نمک طعام بر روی شعله بونزن طیف سدیم را مشاهده کنید و تغییرات آنرا ببینید.

حال به جای لامپ سدیم یک چراغ نورافکن نور سفید قرار دهید و طیف آنرا مشاهده و سپس بر روی شعله پودر نمک طعام بپاشید و خطوط جذبی سدیم را که نوار تاریکی در منطقه زرد طیف نور سفید حاصل می‌شود ببینید. از این نتیجه می‌شود که سدیم موجود در نمک طعام قادر است همان طول موج‌هایی را که تابش می‌کند جذب نماید.

۸- به کمک آینه‌هایی نور خورشید را در امتداد لوله موازی‌ساز اسپکترومتر به درون آن بتابانید و طیف نور خورشید را در اولین مرتبه طیف ملاحظه و خطوط تاریک موجود در آن را مشاهده و با روش‌های گفته شده قبلی، طول موج مربوط به آنها را اندازه‌گیری و با طول موج‌های ئیدروژن که قبلاً بدست آورده‌اید مقایسه نمائید. در صورت انطباق آنها، معلوم می‌شود که جو خورشید حاوی گاز ئیدروژن می‌باشد.

بررسی تشدید اسپین الکترون

Electron Spin Resonance (ESR)

وسایل آزمایش: میزچه مدور هوا، سیم‌پیچ‌های ۲۵۰ دور ٤ عدد، هسته آهنی ۲ عدد، دمنده هوا، ژیروسکپ مغناطیسی، منبع تغذیه ۲۰ ولت ۱۰ آمپر، تعویض کننده الکترونیکی Commutator ، سیم رابط ۸ عدد.

هدف آزمایش: بررسی تشدید اسپین الکترون با استفاده از مدل آزمایشگاهی.

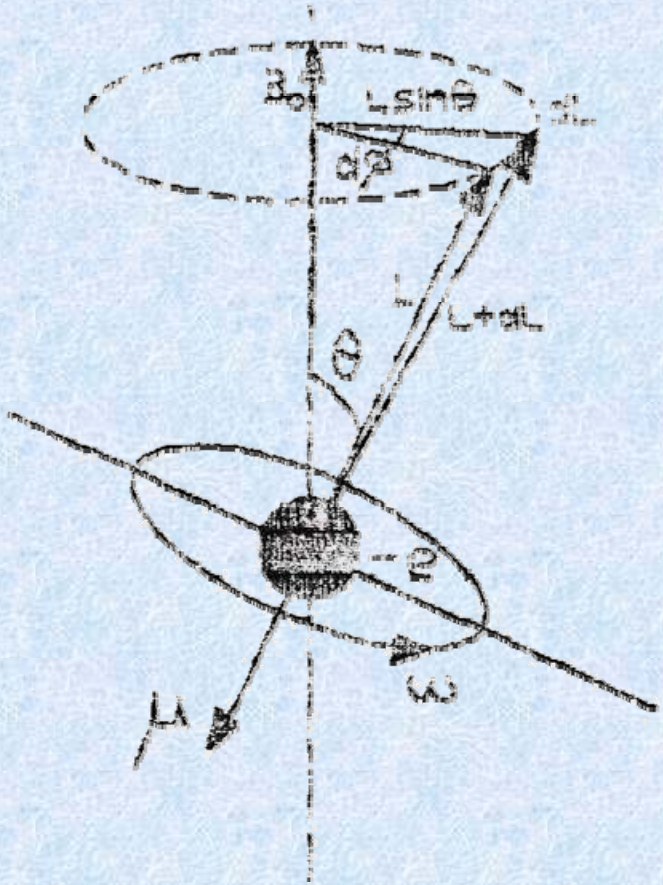
ملاحظات نظری: الکترونی که دارای اندازه حرکت زاویه‌ای اسپین $\vec{L}$ و گشتاور دوقطبی مغناطیسی $\vec{\mu}$ و نسبت ژیرومغناطیسی γ، $\vec{\mu} = -\gamma\vec{L}$. ($\vec{\mu} \cdot \vec{L}$ مختلف‌الجهت می‌باشند) با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خارجی ثابت $\vec{B}_0$ تحت تأثیر گشتاور نیرویی معادل:

$$\vec{N} = \vec{\mu} \times \vec{B}_0 = -\gamma\vec{L} \times \vec{B} \qquad (۱)$$

واقع شده در اندازه حرکت زاویه‌ای آن با زمان تغییر خواهد نمود بطوریکه:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{L} = -\gamma\vec{L} \times \vec{B}_0 \qquad (۲)$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \gamma L B_0 Sin\,\theta \qquad (۳)$$



شکل ۱: چرخش بردارهای اندازه حرکت زاویه‌ای و μ حول میدان مغناطیسی B_0

چنانچه $\omega_1 = \Omega_s$ شود، حالت تشدید برای الکترون به وجود آمده و به تدریج از میدان B_1 انرژی خواهد گرفت و انرژی پتانسیل مغناطیسی آن که از رابطه:

$$U_1 = -\vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_0 = -\mu_s B_0 Cos\theta \qquad (۱۰)$$

به دست می‌آید، با افزایش θ فزونی یافته و به $U_2 = -\mu_s B_0 Cos\theta'$ می‌رسد.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \mu_s B_0 (Cos\theta - Cos\theta') \qquad (۱۱)$$

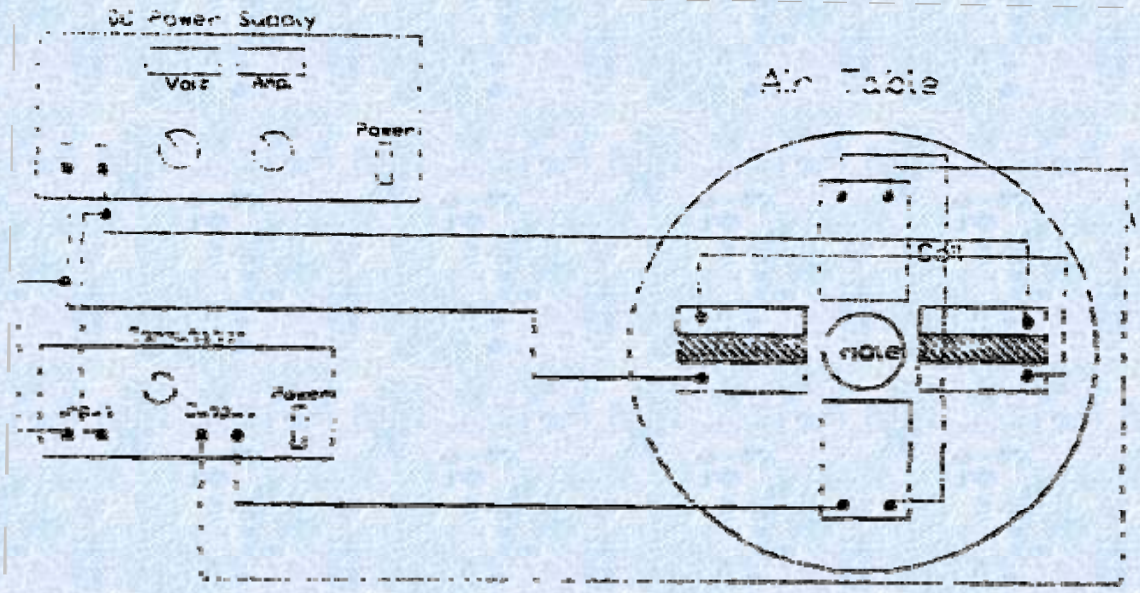
که با افزایش θ' و میل کردن آن به π، ΔU بیشتر می‌شود و حالت بیشینه این تغییر در صورتی است که اسپین آن وارونه شود(Spin Flip).

روش آزمایش:

این آزمایش مدلی قابل مشاهده از حرکت الکترون فرضی در میدان مغناطیسی و دستیابی به حالت تشدید آن است.

یک ژیروسکپ مغناطیسی که حاوی یک آهن‌ربای میله‌ای است به عنوان الکترون با گشتاور مغناطیسی ثابت در نظر گرفته شده است. دو عدد از سیم‌پیچ‌ها که دارای هسته آهنی هستند در اطراف حفره چرخش ژیروسکپ طوری قرار می‌گیرند که محور مشترکشان از مرکز میزچه بگذرد و محور دو سیم‌پیچ دیگر عمود بر محور آنها واقع شود. سیم‌پیچ‌های اول به طور سری به یکدیگر بسته شده و از منبع DC ، ۲۰ ولت، ۰ آمپر تغذیه می‌شود و میدان را تولید می‌کند. سیم‌پیچ‌های دیگر به طور سری به یکدیگر متصل شده و از

خروجی (Out put) تعویض‌کننده Commutator جریان دریافت می‌نمایند. ورودی (Input) تعویض‌کننده از منبع DC و از همان محل که سیم‌پیچ‌های اول متصل هستند تغذیه می‌شوند و با عمل کردن تعویض‌کننده دائماً تغییر قطب داده و میدان متناوب B_1 را به وجود می‌آورند. فرکانس این میدان متناوب با پیچی که بر روی تعویض‌کننده تعبیه شده قابل تغییر است. به شکل (۲) مراجعه کنید.



شکل ۲: وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ‌ها، هسته‌های آهنی و اتصالات الکتریکی

آزمایش ۱:

در این آزمایش حرکت تقدیمی ژیروسکپ مغناطیسی در میدان مغناطیسی خارجی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

ژیروسکپ مغناطیسی را در حفره وسط میزچه هوا قرار دهید و سیم‌پیچ‌ها را مطابق شکل (۲) روی میزچه قرار داده، و سیم‌های رابط را متصل کنید. یکی از سیم‌های قسمت ورودی تعویض‌کننده را جدا کنید تا جریان به سیم‌پیچ‌های میدان متناوب نرسد. وضعیت اتصالات سیم‌پیچ‌های میدان ثابت باید طوری باشد که در دو طرف حفره قطبین مخالف آهن‌ربایی ایجاد گردد.

ابتدا به کمک پیچ‌های قابل تغییر پایه‌های میزچه، آنرا کاملاً تراز کنید. لوله دهنده هوا را به زیر میزچه و به دمنده هوا متصل نمائید. دستگاه دمنده هوا را

را روشن کنید و پیچ تنظیم دور آن را تقریباً تا وضعیت وسط آن بپیچانید تا به کار بیفتد، سپس آن را طوری تنظیم کنید که با داشتن جریان مناسب هوای ملایمی به ژیروسکپ رسیده و آن را از ژیروسکپ جدا نگهدارد. به این وسیله اصطکاک ژیروسکپ با اطراف حفره حذف می‌شود. پیچ تنظیم پایه قطورتر میزچه را طوری تغییر دهید که میز اندکی شیب‌دار شود. در این حالت ژیروسکپ به یک طرف حفره تمایل یافته و وضعیت خروج هوا از اطراف آن تغییر نموده و موجب می‌شود که به چرخش درآید. با توجه به اینکه در داخل ژیروسکپ آهنربای میله‌ای وجود دارد، قطبین آن به طرف هسته‌های آهنی متوجه خواهد بود و دوران تقریباً حول این محور آغاز و ادامه می‌یابد . میزان

هوا را طوری تنظیم کنید که چرخش آن بدون لرزش و بدون برخورد به بدنه صورت گیرد. مدتی صبر کنید تا سرعت چرخش ژیروسکپ به اندازه کافی (تا حد ممکن) افزایش یابید و به حالت پایدار برسد.

پیچ تنظیم شدت جریان منبع تغذیه را به صفر برده و منبع تغذیه را روشن کنید. ولتاژ آن را روی حدود ۱۵ ولت قرار دهید و میزچه هوا را به حالت تراز برگردانید و به آرامی شدت جریان سیم‌پیچها را افزایش دهید. با توجه به رابطه (٦) چون μ ژیروسکپ ثابت است و « بستگی به سرعت چرخش ژیروسکپ دارد، مقدار $\gamma = \frac{\mu}{L}$ ثابت بوده و $\Omega = \gamma B_0$ بستگی به شدت میدان خواهد داشت. با افزایش شدت جریان سیم‌پیچها، میدان B_0 را افزایش داده و تغییر

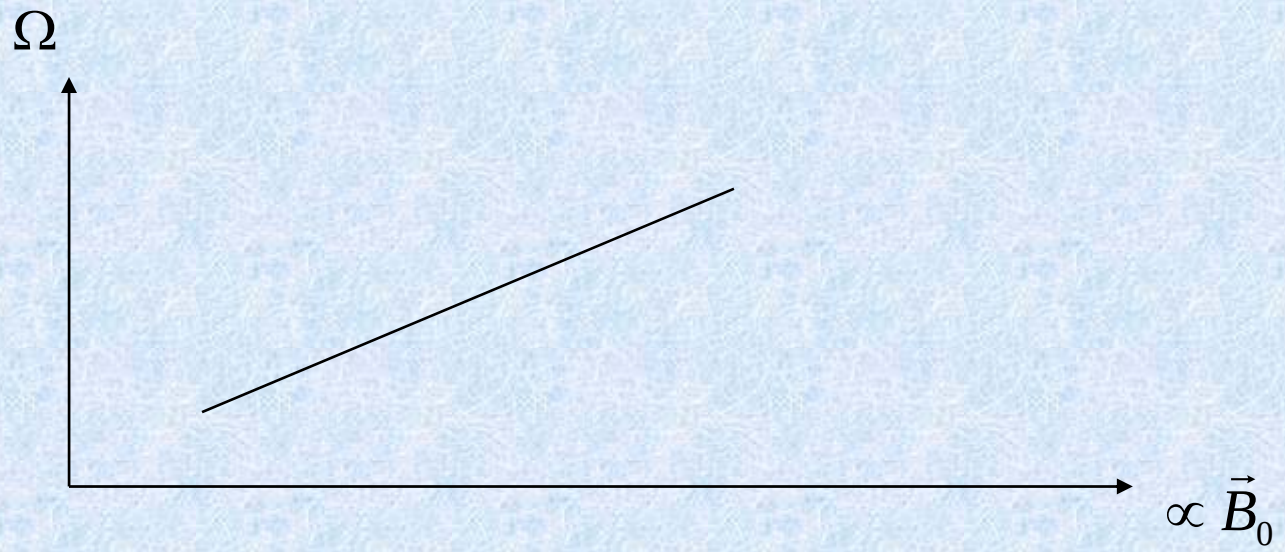
حاصل در حرکت تقدیمی ژیروسکپ را مشاهده کنید.(چون گشتاور وارد بر آن $\vec{N} = \vec{\mu} \times \vec{B}_0$ است، در صورتی حرکت تقدیمی مشاهده خواهد شد که محور دوران کاملاً در امتداد سیم‌پیچها قرار نگرفته باشد که معمولاً این وضعیت جز در مواقع استثنائی به وجود می‌آید. اگر چنین وضعیتی وجود داشته باشد کافی است که با بستن لحظه‌ای سیمی که از تعویض کننده جدا کرده‌اید و عبور جریان کوتاه‌مدت از سیم‌پیچهای دوم ژیروسکپ را اندکی منحرف نمائید.

در مدت ۱۵ ثانیه تعداد چرخش تقدیمی ژیروسکپ را اندازه‌گیری و بسامد آن را به دست آورید و با تغییر دادن شدت جریان سیم‌پیچها، مجدداً این کار را تکرار کنید و برای چند مقدار از جریان، جدول ذیل را تکمیل نمائید.

تعداد آزمایش	شدت جریان	زمان اندازه‌گیری	تعداد چرخش تقدیمی	بسامد زاویه‌ای حرکت تقدیمی
	I	t	n	$\Omega = 2\pi n / t$
1				
2				
3				
4				

توجه داشته باشید که در تمام این مدت باید سرعت چرخش ژیروسکپ با دمیدن مناسب هوا و عدم برخورد آن با لبه‌های حفره ثابت نگاه داشته شود.

ضمناً تغییرات Ω بر حسب شدت القاء مغناطیسی B_0 (که با شدت جریان I متناسب است) را رسم کنید و خطی بودن آنرا مشاهده نمائید.



ضمناً ملاحظه خواهید نمود که Ω بستگی به زاویه انحراف محور دوران ژیروسکپ نسبت به امتداد میدان B_0 (امتداد محور سیم‌پیچها) ندارد.

آزمایش ۲- در این روش آزمایش تشدید حرکت تقدیمی ژیروسکپ مغناطیس مورد مشاهده و مطالعه قرار می‌گیرد.

پس از انجام آزمایش ۱ مجدداً جریان سیم‌پیچها را صفر کنید و شیب میزچه را تغییر و اجازه دهید تا ژیروسکپ مغناطیسی سرعت بگیرد. پس از دسترسی به سرعت مناسب، میزچه را افقی کنید و جریان سیم‌پیچهای میدان ثابت را برقرار کنید تا حرکت تقدیمی آغاز گردد. بدون آنکه سیم باز شده از تعویض کننده را به محل آن ببندید. تعویض‌کننده را روشن نمایند و پیچ تنظیم بسامد تعویض آن را طوری میزان کنید که با بسامد حرکت تقدیمی ژیروسکپ انطباق یابد. (هر ۲ بار صدا کردن رله تعویض بهمنزله یک نوسان در میدان متناوب است) بطوریکه در هر بار حرکت کامل تقدیمی رله آن دو مرتبه

صدا کند. پس از اطمینان از همزمانی آنها سیم باز شده را به ورودی تعویض کننده متصل کنید. ملاحظه خواهید نمود که در هر تعویض، اندکی به زاویه انحراف محور ژیروسکپ نسبت به امتداد میدان B_0 اضافه می‌شود اگر انطاق خوبی صورت گرفته باشد، حرکت تشدید و محل قطبین ژیروسکپ تعویض شده و جهت چرخش آن نسبت به حالت اول معکوس می‌گردد (Spin Flip). در این حالت است که ژیروسکپ از میدان خارجی انرژی دریافت نموده و انرژی پتانسیل آن که از رابطه زیر بدست می‌آید: $U_1 = -\vec{\mu}_0 \vec{B}_0$

می‌تواند از مقدار حداقل $U_1 = -\mu B_0$ به حداکثر $U_2 = +\mu B_0$ ترقی نموده و

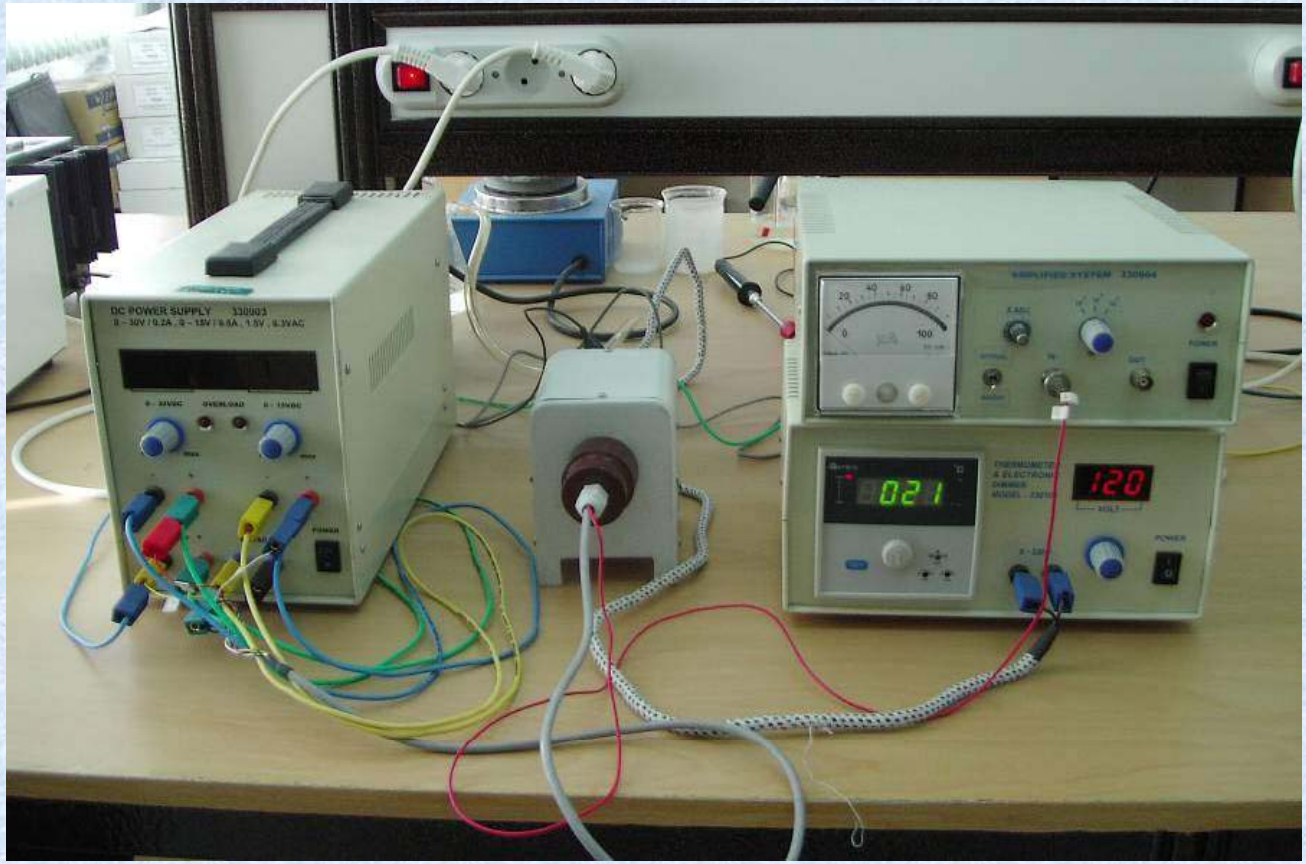
$$\Delta U = \vec{\mu}\vec{B}_0 - (-\vec{\mu}_0 B_0) = -\mu B_0 (Cos\theta_2 - Cos\theta_1) \quad (۱۲)$$

برسد که بیشترین تغییر معادل $\Delta U_{\max} = 2\mu B_0$ خواهد بود.

چنانچه انطباق لازم بین بسامد حرکت تقدیمی و بسامد تعویض میدان وجود نداشته باشد، حرکت تقدیمی ژیروسکپ با سرگشتگی مواجه شده و در برخی حالات زاویه افزایش و در برخی حالات دیگر کاهش می‌یابد و انرژی دریافتی در یک پریود را در پریود دیگر از دست می‌دهد و قادر نخواهد بود اسپین خود را تعویض نماید.

آزمایش فرانک هرتز

هدف آزمایش: رسم منحنی فرانک-هرتز برای جیوه،اندازه گیری تابش منقطع انرژی مربوط به الکترونهای آزاد در برخورد ناکشسان و تحلیل نتایج اندازه گیری ها مبنی بر جذب انرژی ناپیوسته توسط اتمهای جیوه.



وسائل آزمایش: کوره الکتریکی،دماسنج دیجیتال همراه با ترموستات،لامپ فرانک- هرتز جیوه ای،سوکت لامپ فرانک هرتز،منبع تغذیه مخصوص لامپ فرانک- هرتز،تقویت کننده جریان همراه با میکروآمپر ـ سیم های رابط.

ملاحظات نظری: در سال ۱۹۱٤ میلادی جیمز فرانک Jams Franck و گوستاو هرتزGustav hertz اتلاف انرژی معین پله ای مربوط به الکترونهائی که در بخارجیوه در ناحیه ماوراء بنفش($\lambda = 254nm$) می کنند را گزارش نمودند. چند ماه بعد نبلز بوهرNiels Bohr به عنوان مدرکی دال بر صحت مدل اتمی خود عنوان نمود.لذا آزمایش فرانک ـ هرتز تجربه ای کلاسیک برای تائید نظریه کوانتمی می باشد.

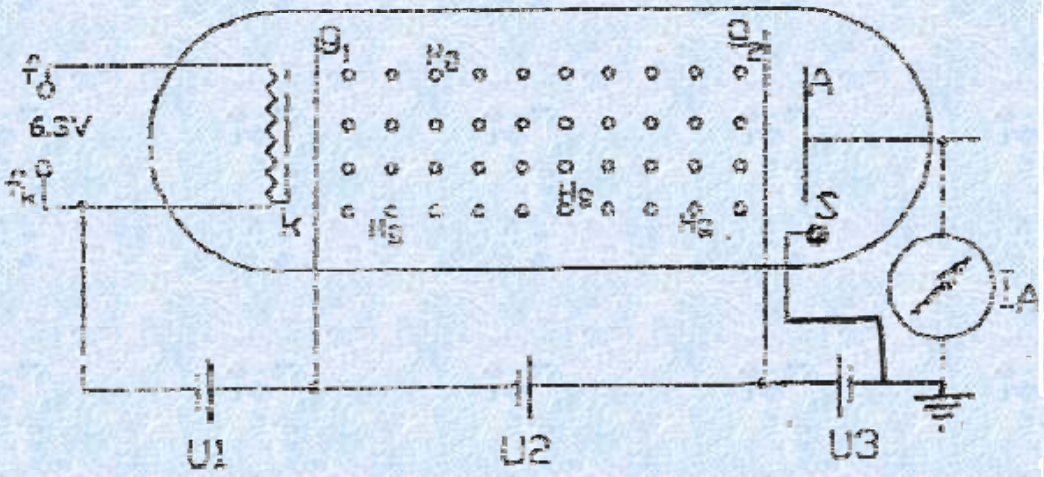
در یک لامپ شیشه ای تخلیه شده ازهوا که اتمهای جیوه در فشار بخارحدود 15hpa(تقریباً $1/5\times10^{-3}$ اتمسفر)با تنظیم دما نگه داشته می شوند، آزمایش اتلاف انرژی الکترونهای آزاد در برخورد ناکشسان و در نتیجه تحریک اتمهای جیوه را به علت این برخورد بررسی می نماید. لامپ از یک مجموعه متقارن استوانه ای متشکل از چهار الکترود (به شکل ۱ نگاه کنید)تشکیل شده است . کاتدk درون الکترود مشبک G_1 با فاصله حدود چند دهم میلیمتر از آن محاط شده و شبکه شتاب دهنده G_2 در فاصله نسبتاً بیشتری و بالاخره، الکترود جمع کننده A در خارج آنها قرار گرفته است. بمنظور جلوگیری از پتانسیل در طول کاتد k ، کاتد بصورت غیر مستقیم (توسط رشته گرم کننده مرکزی)گرم می‌شود.

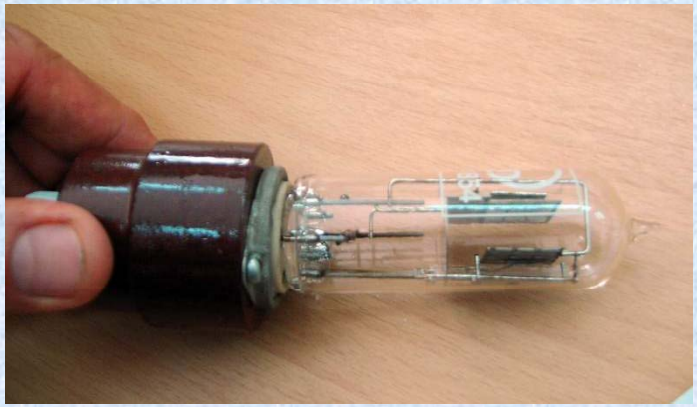
الکترونها توسط الکترود داغ تابش شده(اثر ترمویونیک) و ابری از بار الکتریکی ایجاد می گردد.این الکترونها در اثر اختلاف پتانسیل U_1 بین کاتد و شبکه G_1 جذب می گردند. جریان تابشی عملاً مستقل از ولتاژ شتاب دهنده U_2 بین G_1 و G_2 می باشد. یک ولتاژ ترمزی U_3 بین شبکه G_2 و G_3 و جمع کننده A برقرار می شود، فقط الکترونهائی که انرژی جنبشی کافی داشته باشند می توانند به الکترود A رسیده و در شدت جریان آن سهیم باشند. در این آزمایش ولتاژ شتاب دهنده U_2 از صفر تا ۳۰ ولت(در حالیکه ولتاژ U_1 و ولتاژ ترمزی U_3 ثابت نگهداشته شده اند) افزایش داده می شوند و شدت جریان متناظر با آن جریان متناظر با آن I_A اندازه گیری می گردد.این جریان در ابتدا مانند شدت جریان لامپ چهار قطبی معمولی افزایش می یابد. لیکن پس

از رسیدن به یک بیشینه، زمانیکه انرژی جنبشی الکترونها در نزدیکی شبکه G_2 به مقدار انرژی تحریک اتمهای جیوه($E_{Hg} = 4/9ev$) در اثر برخورد می‌رسد، شدت جریان جمع کننده A شدیداً کاهش یافته (الکترونهای ساکن شده جذب G_2 می‌گردند) و الکترون‌ها قادر نخواهند بود که پس از برخورد ناکشسان خود با اتمها بر ولتاژ ترمزی U_3 غلبه کرده و به A برسند.

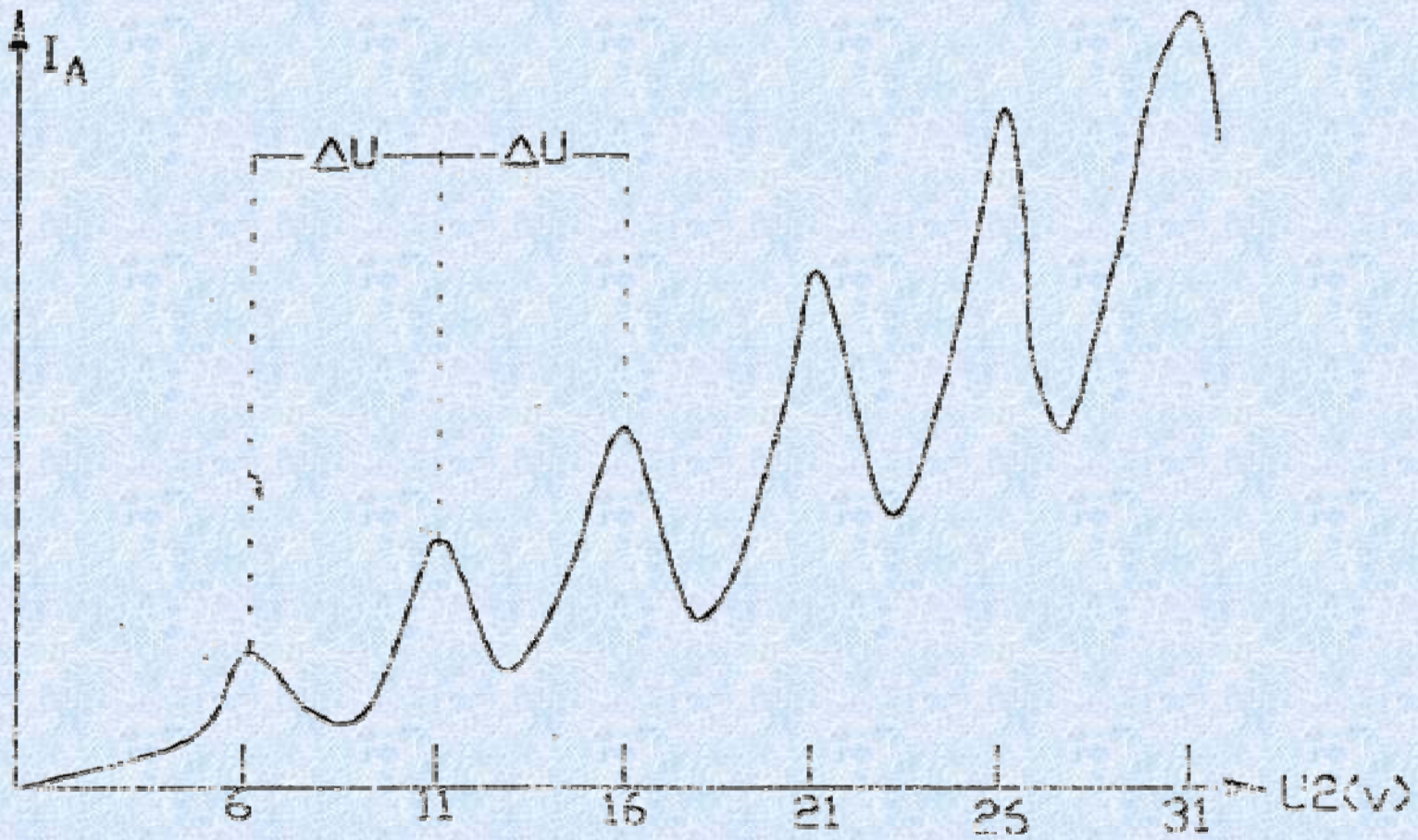
بتدریج که ولتاژ شتاب دهنده U_2 افزایش داده می شود،انرژی الکترونها افزایش یافته و در فاصله دورتری از شبکه G_1 اتمهای جیوه را تحریک نموده و پس از این برخورد ناکشسان ، مجدداً شتابدار شده و قادر خواهد بود بر ولتاژ ترمزی U_3 غلبه نمود، و به الکترود A و لذا شدت جریان I_A افزایش می‌یابد وقتی U2 به حدی برسد که در فاصله شبکه های G_1 و G_2

الکترونهای شتابدار شده دو بار اتمهای جیوه را تحریک نمایند و یکی از این تحریکها در نزدیکی G_2 اتفاق بیفتد، مجدداً شدت جریان I_A کاهش یافته و به یک کمینه می رسد و به همین ترتیب با افزایش U_3 الکترونهای ۳،٤،۵ و... بار در فاصله G_1 وG_2 اتمهای جیوه را تحریک کرده و موجب بروز بیشینه ها و کمینه های متعدد در شدت جریان I_A می شود.





شمای لامپ فرانک - قرمز و الکترودهای آن



منحنی تغییرات شدت جریان I_A برحسب تغییرات ولتاژ U۲

روش آزمایش: استوانه برنجی که به عنوان محفظه لامپ فرانک-هرتز و نیز مصون کردن آن از آثار میدانهای الکتریکی متناوب خارجی(مخصوصا ً المنتهای کوره الکتریکی)بکارمی رود را درون کوره الکتریکی قرار داده و پیچ نگهدارنده آنرا که محل اتصال ترموکوپل به آن نیز می باشد ، از پشت کوره ببینید و محکم کنید. ترموکوپل را به انتهای آن بسته و سیم ترموکوپل را به محل مخصوص آن واقع در پشت منعب تغذیه کوره که حاوی ترموستات و دیمر نیز هست متصل کنید و سیم برق کوره را به قسمت جلو منبع تغذیه کوره الکتریکی وصل کنید . منبع را به برق بزنید و پس از چند ثانیه که ترمستات روشن و تثبیت شد، دکمه set ترموستات را فشار دهید تا چراغ SV روشن شود. با پیچانیدن پیچ تنظیم دما آن را روی ۱۶۰℃ قرار داده و

مجدداً دکمه set را فشار دهید تا چراغ SV خاموش و چراغ PV روشن شود. در این حالت ترموستات دمای استوانه برنجی را قرائت می کند.

پیچ تغییر ولتاژ منبع تغذیه را پیچانیده و ولتاژ راروی ۱۲۰ ولت قرار دهید. کوره بتدریج گرم می شود.

پایه های لامپ فرانک–هرتز را با احتیاط کامل درون سوکت آن قرار داده و لامپ را وارد محفظه کوره کنید تا شروع به گرم شدن نماید.

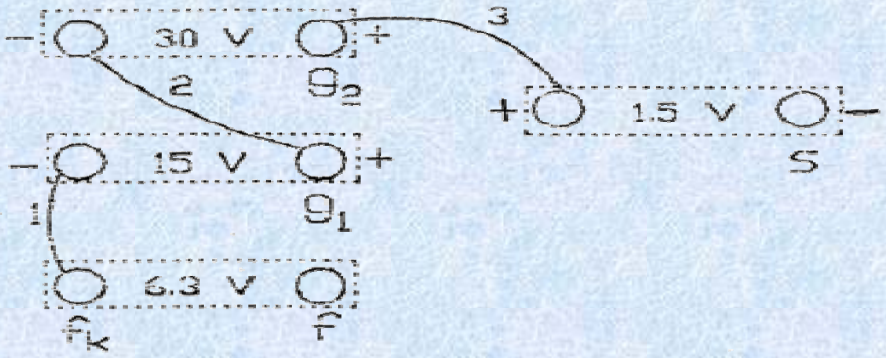
وقتی که دمای کوره به 130˚C رسید ولتاژ آن را تغییر و روی ۷۵ ولت قرار دهید تا تغییرات دمای آن کُند و منظم شود بطوریکه وقتی به 160˚C رسید قطع و وصل شدن ترموستات دما را بین 155˚C و 165˚C نگه دارد.هنگام قطع کردن ترموستات قرائت کننده ولتاژ صفر را نشان خواهد داد

و چراغ low روی ترموستات روشن می شود و در زمان وصل کردن ترموستات ولتاژ به میزان تنظیم شده (مثلاً ۷۵ ولت) رسیده و چراغ high روشن می‌شود. منبع تغذیه لامپ فرانک-هرتز را به برق شهر وصل و کلید آنرا در وضعیت خاموش قرار دهید.

توجه مهم: چون در داخل لامپ، جیوه وجود دارد و در حالت سرد بودن لامپ، بین رشته لامپ و شبکه ها و الکترود A را فرا می گیرد. اتصال آن به برق و روشن کردن آن موجب سوختگی لامپ خواهد شد لذا اکیداً توصیه می شود که قبل از رسیدن لامپ به دمای C160° و چند بار روشن و خاموش کردن ترموستات(حدود ۲۰ دقیقه پس از قرار دادن لامپ درون کوره) منبع تغذیه لامپ را روشن نکنید.

با توجه به شکل زیر سیمهای رابطه کوتاه را به کار برده و اتصالات لازم اولیه را روی منبع تغذیه ایجاد کنید بطوریکه ولتاژهای مورد نظر با یکدیگر سری شوند. سیم رابط ۱ را از 6/3 ولت به منفی ۱۵ ولت ،سیم رابط ۲ را از مثبت ۱۵ ولت به منفی ۳۰ ولت و سیم رابط ۳ را از مثبت ۳۰ ولت به مثبت 1/5 ولت وصل کنید.

سیمهای رابط سوکت لامپ فرانک–هرتز که روی هر یک نام آن نوشته شده است را به محل های مربوطه که در شکل مشخص شده است متصل کنید.



(سیاه) رشته گرم شونده = F

(سبز) رشته گرم شونده و کاتد = f_K

(سفید) شبکه اول = g_1

(قرمز) شبکه دوم = g_2

(زرد) زمین= s

(قرمز با اتصال BNC)صفحه جمع کننده (کلکتور) = A

سیم A را که دارای اتصال BNC است به ورودی تقویت کننده جریان وصل کنید و خروجی تقویت کننده را به میکروآمپرمتر متصل نمائید با استفاده از سیم های رابط سیم زمین آزمایشگاه را به استوانه برنجی، محل اتصال زمین در پشت منبع تغذیه وپشت تقویت کننده و نیز محل اتصال S وصل کنید.پس از اطمینان از گرم شدن لامپ، منبع تغذیه را روشن کنید و

چند لحظه بعد، لامپ را اندکی از کوره خارج نمایید بطوریکه سرخ شدن رشته مرکزی آن را ببنید و از روشن بودن لامپ مطمئن شوید . تقویت کننده جریان را نیز روشن کنید و حدود ۳ دقیقه صبر کنید تا تثبیت شود .ضریب تقویت آنرا روی عدد $۱۰^{۵}$ قرار دهید.

ولتاژ شبکه G_1 را از طریق پیچ ۱۵-۰ ولت تا ۲ ولت بالا ببرید وبا پیچ تنظیم صفر تقویت کننده، میکروآمپر را صفر کنید.

اکنون ولتاژ G_2 را از طریق پیچ ۳۰-۰ ولت ضمن اینکه میکروآمپرمتر را نظاره می کنید. به آهستگی بالا ببرید .ملاحظه خواهید کرد که عقربه میکروآمپرمتر متناوباً بالا وپائین می رود. در صورتیکه این حالت ایجاد شده باشد، ولتاژ G2را به ۳۰ولت برده وولتاژ G را طوری تنظیم کنید که عقربه

میکروآمپرمتر تقریباً تا انتحا منحرف میگردد. حال ولتاژ G را صفر کنید، با صفر تقویت کننده میکروآمپر را نیز صفر نموده، اندازه گیری ار به شرح زیل شروع کنید:

(توجه شود که دمای کوره روی C ۵ ۱۶۰ ثابت بماندتا اندازه گیری های خوبی داشته باشید اگر تغییرات شدیدی در دما دیدید ولتاژ کوره را کاهش دهید تا تثبیت شود)

اندازه گیری: ولتاژ شبکه G_2 را با فواصل ۵/۰ ولت افزایش دهید و شدت جریان میکروامپر(I_A) را قرائت و در جدولی یادداشت کنید.

	1	2	3	4	5	6		
U_2	0	0.5	1	1/5	2	5/2	.....	30
I_A	0							

جدول I

پس از کامل شدن جدول فوق با پیچ ۳۰-۰ ولت، ولتاژهائی را که به ازای آنها شدت جریان I_A بیشینه و کمینه میشود در فاصله ۵ ولت تا ۳۰ ولت بدست آورده و در جدول زیر درج نمایید.

جدول II

	max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
U_2								

منحنی تغییرات I_A را بر حسب U_2 رسم کنید و محل max وmin آنرا با استفاده از جدول II کنترل و در صورت لزوم اصلاح نمائید.

فاصله قله ها را از یکدیگر اندازه گیری و آنها را یادداشت کنید. ΔU_{max}

فاصله دره ها را از یکدگر اندازه گیری و آنها را یادداشت کنید. ΔU_{min}

اگر ΔU ها را با یکدیگر مقایسه کنید، مشاهده خواهید کرد که همگی در حد ۹/٤ ولت قرار دارند که نتیجهآزمایش است . نشان دهنده منفصل بودن انرژی دریافتی توسط اتمهای جیوه می باشد.

نکات احتیاطی

1. دمای لامپ فرانک ـ هرتز را هرگز بالاتر از $200^{\circ}C$ نبرید.
2. لامپ حاوی حدود ٥ گرم جیوه می باشد، در صورت شکسته شدن جیوه ها را از محیط کار جمع آوری و به طریق مناسب(ایجاد ملقمه) غیر فعال نمائید.
3. در حالیکه لامپ سرد است ولتاژی به ان متصل نکنید زیرا احتمال سوختن رشته لامپ وجود دارد.

4. در صورت بروز جرقه الکتریکی در لامپ که ازدیاد شدیدو ناگهانی جریان نشان آن است،ولتاژ هر دو شبکه را صفر کنید.
5. قطعات داخل دستگاه را با دستکش مقاوم به گرما و نسوز جا به جا نمائید.
6. در صورت روشن بودن کوره، به قسمت پشت کوره کهترموکوپل به ان متصل است دست نزنید زیرا دمای آن حدود 200˚C می باشد.

Table 21A WAVELENGTHS, IN ANGSTROMS, OF SOME USEFUL SPECTRAL LINES

Sodium	Mercury	Helium	Cadmium	Hydroge
5889.95 s	4046.56 m	4387.93 w	4678.16 m	6562.82 s
5895.92 m	4077.81 m	4437.55 w	4799.92 s	4861.33 m
	4358.35 s	4471.48 s	5085.82 s	4340.46 w
	4916.04 w	4713.14 m	6438.47 s	4101.74 w
	5460.74 s	4921.93 m		
	5769.59 s	5015.67 s		
	5790.65 s	5047.74 w		
		5875.62 s		
		6678.15 m		

بعضی از طول موج‌های مهم خطوط طیفی

علامت w به معنی ضعیف، s به معنای قوی و m به معناس متوسط از نظر شدت می‌باشد.

The End

www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com