دستور کار

## آزمایشگاه

# فیزیک مدرن


**مرتضی محمدزاده**

**دانشکده علوم دانشگاه بیرجند**



آزمایشگاه فیزیک مدرن دانشگاه بیرجند

Sample output to test PDF Combine only

# به نام خداوند بخشنده مهربان

به یاری خدا جزوه آزمایشگاه فیزیک مدرن که قبلا توسط استاد محترم جناب آقای دکتر نفیسی نوشته شده بود به طور کامل ویرایش گردید. چون فایل کامپوتری موجود نبود و تنها نسخه چاپ شده سال ۱۳۷۷ که برای دانشجویان نیز از روی آن تکثیر می شد در دسترس بود اقدام به تایپ مجدد از روی آن نمودیم. متن اصلی، نمودارها، شکلها و جدول ها باز نویسی شد. آزمایش اثر هال (که در سال ۱۳۸۷ با راهنمایی آقای دکتر عابدی راه اندازی شده) به آن افزوده شد وآزمایش پراش الکترون به دلیل بلااستفاده بودن دستگاه مربوطه و اینکه نتوانستیم خریداری و جایگزین کنیم حذف شد. ترتیب آزمایشها بر اساس کار در آزمایشگاه چیده شد. امید است دانشجویان بتوانند استفاده بهتری ببرند و اشکالات احتمالی جزوه را به ما بگویند.

مرتضی محمدزاده

مهر۱۳۹۵

فهرست آزمایشها:


| ردیف | نام آزمایش | صفحه |
|---|---|---|
| ۱ | تابش جسم سیاه | ۱ |
| ۲ | پراش اشعه X | ۷ |
| ۳ | آزمایش فرانک و هرتز | ۹ |
| ۴ | آزمایش میلیکان | ۱۲ |
| ۵ | طیف پیوسته اشعه X | ۱۷ |
| ۶ | طیف اتم هیدروژن | ۲۰ |
| ۷ | پدیده زیمن | ۲۴ |
| ۸ | اثر فوتوالکتریک | ۲۸ |
| ۹ | اثر هال | ۳۱ |
| ۱۰ | پدیده فاراده | ۳۸ |
| ۱۱ | اندازه گیری e/m تامسون | ۴۱ |


آزمایشگاه فیزیک مدرن دانشگاه پیرجند

Sample output to test PDF Combine only

# تابش جسم سیاه

## هدف آزمایش:

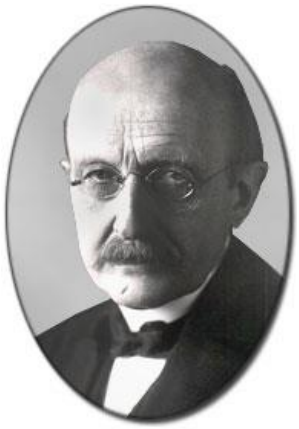
۱- اندازه گیری شدت تابش جسم سیاه بر حسب تابعی از دما (تحقیق قانون استفان- بولتزمن)

۲- تحقیق قانون لامبرت

## تئوری آزمایش:

تمام مواد در هر دمایی، امواج الکترومغناطیسی تابش می کنند. در گازها که اتم‌ها دور از هم و تقریبا بدون برهمکنش هستند، طیف تابش بصورت خطوط گسسته است که توجیه آن در آزمایش طیف اتم هیدروژن آمده است. در جامدات، بدلیل برهمکنش بین مولکول‌ها تعداد درجات آزادی بسیار افزایش می یابد و در نتیجه طیف تابش پیوسته می‌شود.

هر جامدی کسر معینی از تابش فرودی بر سطح خود را جذب و بقیه را منعکس می‌نماید. جسم سیاه ایده آل جسمی است که تمام تابش فرودی یعنی هر فوتون با هر بسامدی را جذب می‌کند و ضریب انعکاس آن صفر است. پس از دیدگاه نظریه کوانتومی، جسم سیاه عبارت است از ماده ای که دارای تعداد بیشماری ترازهای انرژی کوانتیده است به طوریکه فاصله ترازها به سمت صفر میل می‌کند. از طرفی دمای جسم سیاه با جذب تابش افزایش یافته و در نتیجه خود جسم تابش می‌کند. در هنگام تابش نیز یک جسم سیاه همه فرکانسهای طیف امواج الکترومغناطیسی را تابش می کند.

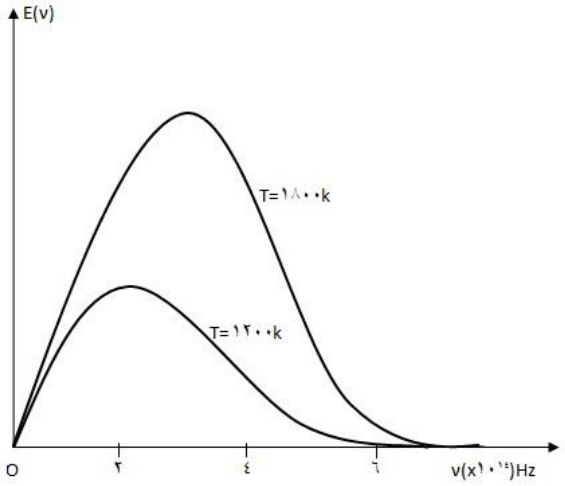


Max Planck
(1858-1947)

ماکس پلانک (۱۹۷۴-۱۸۸۵) فیزیکدان آلمانی استاد دانشگاه برلین. او در پیشبرد ترمودینامیک نقش عمده‌ای داشت به خاطر کشف کوانتمهای انرژی جایزه‌ی نوبل سال ۱۹۱۵ را دریافت کرد.

## خواص تجربی تابش جسم سیاه

منحنی توان گسیلی $E(\nu, T)$ (انرژی گسیل یافته در بسامد $\nu$ و دمای $T$ از واحد سطح در واحد زمان) بر حسب بسامد در شکل (۱) نشان داده شده است.




شکل ۱

این منحنی دارای خواص تجربی زیر است:

۱- طیف تابش جسم سیاه به جنس آن بستگی ندارد.

۲- با افزایش دما ماکزیمم منحنی به سمت طول موجهای کوتاهتر (بسامد بیشتر) جابجا می‌شود بطوری‌که:

$$\lambda_{max} T = b \qquad (۱)$$

این قانون جابجایی وین است.



Sample output to test PDF Combine only

که درآن b یک ثابت جهانی است:

$$b=2.898\times10^{-3}\text{m-}\mathring{\text{K}} \qquad (۲)$$

۳- با افزایش دما، سطح زیر منحنی افزایش میابد بطوری‌که:

قانون استفان- بولتزمن

$$E(T)=\sigma T^4 \qquad (۳)$$

که در آن

$$E(T)=\int_0^\infty E(\nu,T)\,d\nu \qquad (۴)$$

عبارت است از توان کل گسیل شده از واحد سطح

ثابت $\sigma = 5.67\times10^{-8}\ \frac{w}{m^2-k^4}$

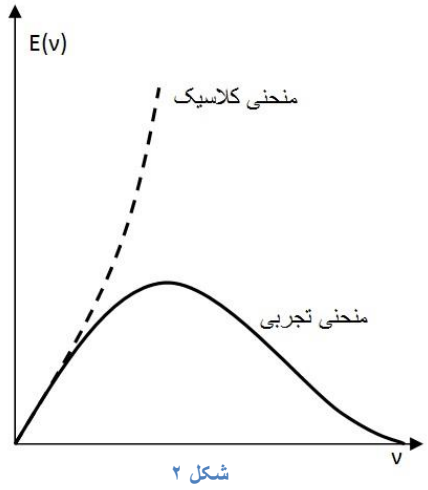
استفان- بولتزمن است.

۴-در تمام دماها منحنی، در $\nu \to 0$ و $\nu \to \infty$ مقدار بسیار ناچیزی به خود می‌گیرد.

برای توجیه طیف تابش جسم سیاه کوشش‌های زیادی شده است. وین از روی منحنی‌های تجربی رابطه‌ای (۵)

را بدست آورد:

$$E(\nu,T)d\nu = \frac{a}{c^4}\nu^3 e^{-b\nu/cT}d\nu \qquad (۵)$$



شکل ۲

پارامترهای b و a به گونه‌ای تعیین می‌شوند که رابطه فوق بر منحنی تجربی منطبق شود. از روی رابطه فوق می‌توان قانون جابجایی وین و قانون استفان- بولتزمن رابه دست آورد ولیکن چون نمی‌توان آن را از روی هیچ مدل فیزیکی به دست آورد، به عنوان یک نظریه قابل قبول نیست.

رایلی وجینز با در نظر گرفتن یک مدل کلاسیکی متشکل از تعداد زیادی نوسانگر هارمونیک ساده به رابطه (۶) رسیدند:

$$E(\nu,T)d\nu = \frac{2\pi\nu^2 kT}{c^2}d\nu \qquad (۶)$$

این رابطه در بسامدهای کوچکی با منحنی تجربی تطابق دارد ولی درحد $\nu \to \infty$ باشکست مواجه می‌شود. بعلاوه طبق رابطه فوق، تابش کل (سطح زیر منحنی) برابر بی‌نهایت می‌شود که غیرقابل قبول است.

پلانک بادر نظر گرفتن انرژی نوسانگرها به صورت کوانتیده $E\nu=nh$ و پیگیری همان روش قبلی به نتیجه زیر

رسید:

$$E(\nu,T)d\nu = \frac{2\pi h}{c^2}\frac{\nu^3}{e^{-h\nu/kT}-1} \qquad (۷)$$

که در آن h پارامتر قابل تنظیمی است که ثابت پلانک نامیده می‌شود و به لحاظ تجربی برابر است با $h=6.63\times10^{-34}\,J.S$ رابطه فوق در حد $\nu \to 0$ به رابطه رایلی–جینز و در حد $\nu \to \infty$ به رابطه وین نزدیک می‌شود و به‌طور کلی به ازای همه فرکانسها با منحنی تجربی در توافق است.



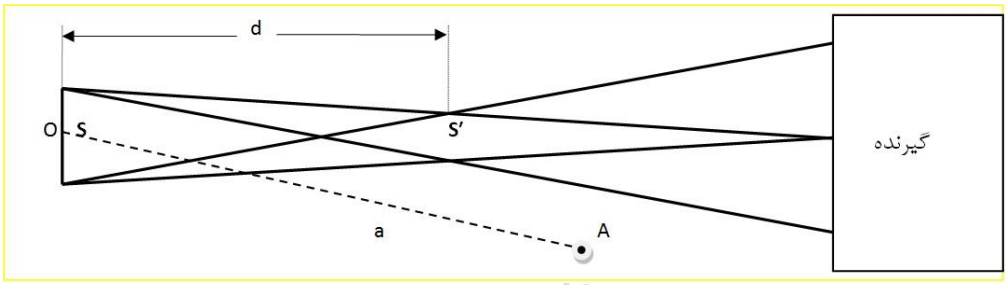
Sample output to test PDF Combine only

از طرفی توان گسیلی کل به صورت رابطه (۸) در می‌آید که همان قانون استفان- بولتزمن است.

$$E(T)=\frac{2\pi^5 k^4}{15h^3c^2}T^4 \equiv \sigma T^4 \qquad (۸)$$

## روش آزمایش:

جسم سیاه را تا دمای معینی گرم کرده و تابش آن را توسط یک گیرنده امواج حرارتی اندازه‌گیری می‌کنیم. در شکل (۳) فرض کنید سطح S تابش‌کننده‌ای است که امواج حرارتی را با آهنگ $\varphi_0$ وات پخش می‌کند داریم: $E(T)=\frac{\varphi_0}{S}$ آن قسمت از این اشعه که به واحد سطح عمود بر امتداد OA به فاصله a از چشمه می‌رسد. با استفاده از قانون لامبرت برابر است با: $\frac{\varphi_0}{\pi a^2}\cos\theta$




شکل ۳

بنابراین اگر در مقابل سطح تابش‌کننده $S$ و به فاصله $d$ از آن دیافراگمی بر سطح $S'$ وجود داشته باشد، انرژی تابشی عبور کرده از این سطح برابر است با:

$$\varphi_d=\frac{\varphi_0 S'}{\pi d^2}Cos\,(0)=E(T)\frac{S\,S'}{\pi d^2} \qquad (۹)$$

اکنون فرض کنید گیرنده در فاصله $2d$ از $S$ یا در فاصله $d$ از دیافراگم قرار داشته باشد. در این صورت از روی شکل داریم:

$$\frac{S}{S'}=4\rightarrow S=4S'$$

اگر قطر دیافراگم $\ell$ باشد:

$$S'=\pi\left(\frac{\ell}{2}\right)^2\rightarrow S=\pi\ell^2$$

$$\varphi_d=E(T)\frac{\pi^2\ell^4}{4\pi d^2}=E(T)\frac{\pi\ell^4}{4d^2}$$

اگر همه اشعه عبورکرده از سوراخ دیافراگم وارد سطح گیرنده شود (سطح گیرنده بزرگتر از سطح نیمسایه حاصل باشد)، $\varphi_d$ اندازه‌گیری شده و $E(T)$ به دست می‌آید:

$$E(T)=\frac{4d^2}{\pi\ell^4}\varphi_d \qquad (10)$$

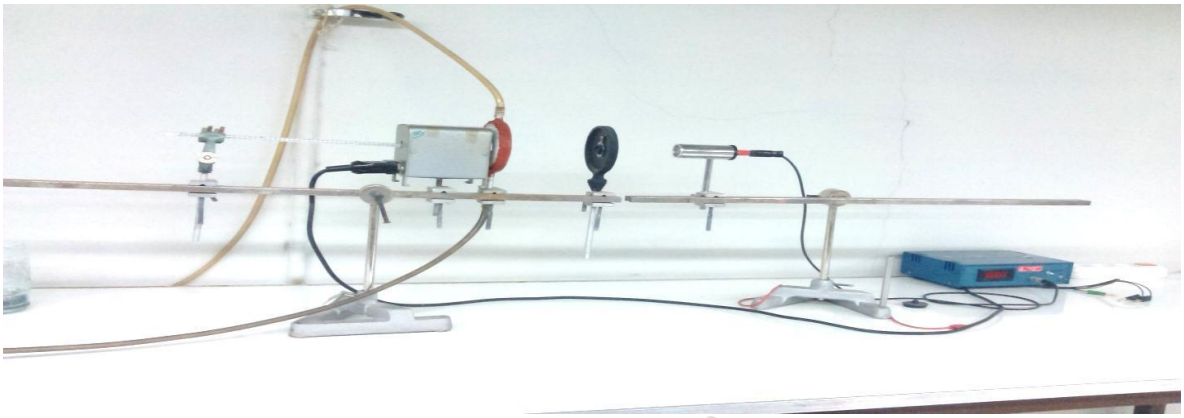


Sample output to test PDF Combine only

# کارهای آزمایش:

## ۱- تحقیق قانون استفان- بولتزمن

مداری مطابق شکل ببندید قطر روزنه دیافراگم زنبقی شکل را برابر ۱cm و فاصله آن را با جسم سیاه و ترموپیل با هم مساوی و حدود ۱۵cm قرار دهید.



دمای کوره را تا ۳۵۰ درجه افزایش داده و سپس آن را خاموش کنید. به ازای هر ۱۰ درجه که دمای کوره پایین می‌آید پتانسیل ترموالکتریکی را اندازه بگیرید. این عمل را تا دمای ۲۵۰ درجه ادامه دهید. سپس جدولی به صورت زیر تهیه کنید:

| $T(^oC)$ | $\varphi_d(mw)$ | $T^4\ (k^4)$ | $E(T)\ (w/m^2)$ | $\sigma(w/m^2\ k^4)$ | $\Delta\sigma/\sigma$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | میانگین |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

- خطای نسبی آزمایش را در هر مورد به دست آورده و میانگین آنرا در ستون آخر جدول درج کنید.



Sample output to test PDF Combine only

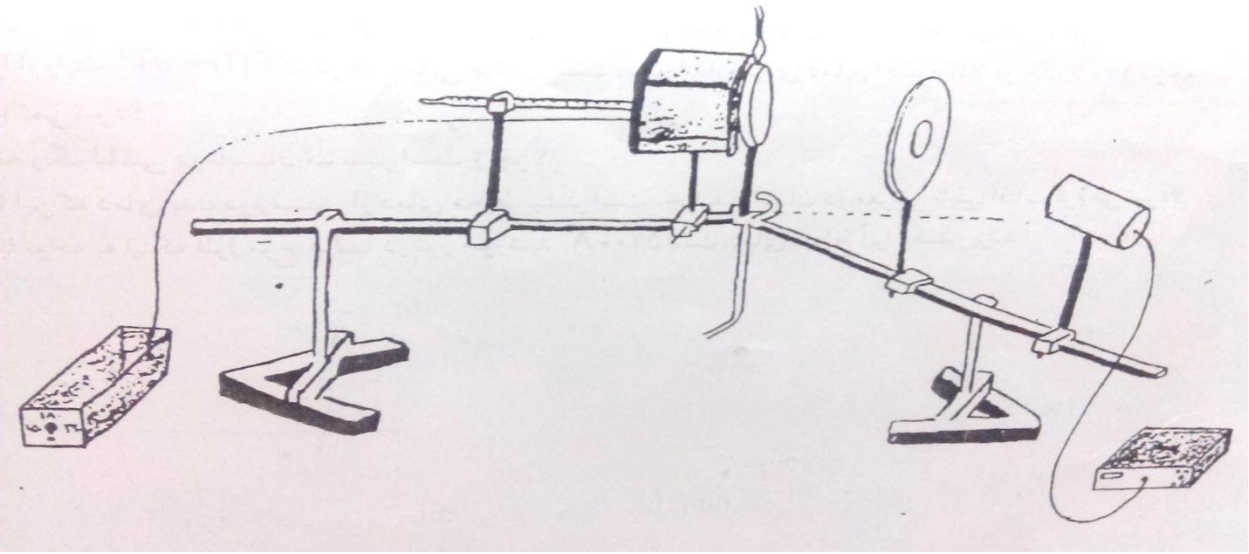
- منحنی تغییرات E(T) بر حسب $T^4$ را رسم کرده و $\sigma$ را به دست آورید.

## چند نکته:

۱- دقت کنید که ترموپیل بسیار حساس است با نزدیک شدن دست و بدن شما اندازه‌گیریها دچار خطا می‌شود.
۲- در هنگام آزمایش درپوش شیشه‌ای ترموپیل را برداشته و پس از آزمایش آن را در جای خود قرار دهید.
۳- در هنگام آزمایش حتماً جریان آب را برقرار کنید تا تشعشع دیافراگم باعث خطا در آزمایش نشود.

### ۲- تحقیق قانون لامبرت

مداری مطابق شکل ببندید. به وسیله رئوستا دمای کوره را در حدود ۲۵۰-۲۰۰ ثابت کنید.
زاویه تابش را از صفر تا ۳۵ درجه با گامهای ۵ درجه تغییر داده و پتانسیل ترموالکتریکی را اندازه بگیرید. سپس دیافراگم زنبقی شکل را از سر راه بردارید. فاصله ترموبیل نسبت به جسم سیاه را تغییر دهید و پتانسیل ترموالکترونیکی را اندازه‌گیری کنید.



نتایج را در جدول زیر ثبت کنید، سپس نمودار تغییرات $\varphi_d$ را بر حسب $Cos\ \theta$ و نیز بر حسب $1/d^2$ رسم کنید.



Sample output to test PDF Combine only

| $\theta$ (°C) | $Cos\ \theta$ | $\varphi_d(mW)$ | d(cm) | $1/d^2\ (cm^2)$ | $\varphi_d(mW)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

مرتضی محمدزاده

## به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- آیاجسم سیاه همیشه سیاه می‌نماید؟چرا؟

۲- حفره‌هایی که توسط زغال در آتش زغال تشکیل می‌شوند از خود زغالها روشنتر به نظر می‌رسند،چرا؟

۳- چرا از رابطه $E(T)=\sigma T^4$ که در هر دمایی صادق است، برای اندازه‌گیری دمای اجسام مثلا در حدود ۱۰۰درجه استفاده نمی‌شود؟

۴- چه رنگ لباسی در تابستان مناسبتر است و چرا؟

۵- با اینکه دمای بدن در زمستان از دمای محیط بیشتر است. چرا بدن انسان در معرض تابش آفتاب گرم می‌شود؟

۶- با توجه به اینکه طول موج غالب در نور خورشید $5100\ A^{\circ}$ است، دمای سطح آن را تخمین بزنید.



Sample output to test PDF Combine only

# آزمایش پراش اشعه x

## هدف آزمایش :

۱- اندازه گیری طول موج اشعه X با استفاده از یک بلور با ثابت شبکه معلوم

۲- اندازه گیری فاصله دسته صفحات یک بلور مجهول

ویلهلم کنراد رونتگن(۱۸۴۵-۱۹۲۳) فیزیکدان تجربی آلمانی و استاد دانشگاه مونیخ به خاطر کشف پرتو X و برخی کاربردهای آن در پزشکی نخستین جایزه نوبل را در سال ۱۹۰۱ دریافت کرد.

## تئوری آزمایش :

در سال ۱۸۹۵رونتگن مشاهده کرد که در اثر برخورد برخورد الکترون های پر انرژی (چند هزار ولتی) با یک جسم، تشعشعاتی ایجاد می شوند که قابلیت نفوذ زیادی دارند. به دلیل نامشخص بودن این تابش در آن زمان، رونتگن آن را اشعه X (اشعه مجهول) نامید. بعدها مشخص شد که اشعه X در واقع از جنس امواج الکترومغناطیسی است.

در لامپ اشعه X الکترون های ساتع شده از یک فیلامان در اثر یک اختلاف پتانسیل الکتریکی شتاب می گیرند. و نهایتا به یک هدف فلزی برخورد می کنند و در نتیجه اشعه X تولید می شود.

چون اشعه X یک موج الکترو مغناطیسی است باید بتواند از یک توری مناسب پراشیده شود. از آنجا که طول موج اشعه X از مرتبه آنگستروم است، توری مناسب برای پراش آن شبکه بلوری جامدات است. قله های منحنی پراش پرتو X از یک بلور در زوایایی واقع می شوند که در رابطه زیر که به قانون براگ موسوم است صدق کنند :

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

که در ان d فاصله بین صفحات بلور و $\theta$ زاویه راستای پرتو فرودی با صفحات بلوری است. در این حالت زاویه بین پرتو فرودی و پرتو پراشیده برابر $2\theta$ می باشد.

## روش آزمایش :

روشی که دراین آزمایش مورد استفاده قرار می گیرد به نام بلور چرخان مشهور است. در این روش از طول موج تکفام اشعه X ($\lambda$ ثابت) و چرخش بلور در برابر آن ($\theta$ متغیر) استفاده می شود. به ازای زوایایی که قانون براگ ارضا شود، پرتو پراشیده خواهیم داشت. در اینصورت با معلوم بودن هر کدام ازکمیتهای $\lambda$ و یا d می توان کمیت دیگررا محاسبه کرد.

## کارهای آزمایش :

**تعیین طول موج اشعه X**



Sample output to test PDF Combine only

## پراش اشعه x

۱- بلور Na CL را (با d=۲/۸۲Å) در جای خود روی دستگاه قرار دهید.

۲- پس از بستن درپوش دستگاه و اتصال آشکار ساز و تقویت کننده و شمارنده دیجیتال، لامپ اشعه X را روشن کنید.

۳- زاویه ۲θ را از مقدار مینیمم تا حدود ۷۰ درجه تغییر دهید. افزایش زاویه را با گام های دو درجه ای و در نزدیکی ماکزیمم های شدت (پیکها) با گام های نیم درجه ای انجام دهید.

۴- نمودار تغییرات شدت موج پراشیده را بر حسب ۲θروی کاغذ میلیمتری رسم کنید.

۵- دو قله اول (که از بقیه بزرگترند) مربوط به طول موج های $k_\alpha$ و $k_\beta$ به ازای مرتبه اول پراش ( n = ۱) هستند. این طول موج ها را به کمک رابطه براگ محاسبه کنید.

۶- خطای لگاریتمی آزمایش را بدست آورید.

### تعیین ثابت شبکه بلور

۷- اکنون بلور Li F را روی دستگاه نصب کنید. در این مرحله زوایای مربوط به پیکهای $k_\alpha$ و $k_\beta$ را در مرتبه $n = 1$ به طور دقیق تعیین کنید.

۸- بااستفاده ازطول موجهای بدست آمده درمراحل قبل آزمایش ثابت شبکه این بلور(d)را تعیین کنید.

**چند نکته :**

۱- کلیه پارازیت های الکتریکی (مثلا قطع و وصل کلید ها) در ازمایشگاه روی نتایج اثر می گذارد.

۲- توصیه می ود در هر زاویه سه بار تعداد پالسهاخوانده و از نتیجه میانگین گیری شود.

۳- کلید شمارشگر را روی ۱۰ثانیه تنظیم کنید (پالسها را در بازه های زمانی ۱۰ثانیه بخوانید)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲θ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اول | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| دوم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| سوم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

سوالات :

۱- آیا لامپ تلویزیون اشعه X تولید می کند؟ توضیح دهید.

۲- چرا اشعه X روی سلول های زنده اثر مخرب می گزارد؟

۳- چند کاربرد اشعه X در علم و صنعت و پزشکی را نام ببرید.



Sample output to test PDF Combine only

# آزمایش فرانک– هرتز

## هدف آزمایش:

۱- تحقیق کوانتیده بودن انرژی مدارهای اتمی

۲- اندازه‌گیری اختلاف انرژی حالت پایه و اولین حالت براگیخته اتم جیوه

Franck

Hertz

جیمزفرانک (۱۸۸۲-۱۹۶۴) فیزیکدان آلمانی و بعدا آمریکایی، استاد دانشگاه‌های گوتینگن و شیکاگو به خاطر کارش در زمینه تغییرات انرژی در برخوردهای الکترون، جایزه نوبل ۱۹۲۵ را به همراه همکارش گوستاو هرتز آلمانی دریافت کرد.

## تئوری آزمایش:

طبق نظریه بوهر الکترون در گردش خود به دور هسته در مدارهای "مانا" قرار دارد. الکترون در این مدارها تابش نمی‌کند. هنگامی که انرژی کافی به الکترون داده شود از یک مدار مانا به مدار مانای با انرژی بیشتری منتقل می‌شود و بلعکس هنگامی که به مدار مانای با انرژی پایین‌تر انتقال یابد یک فوتون با انرژی برابر با اختلاف انرژی دو مدار تابش می‌کند.

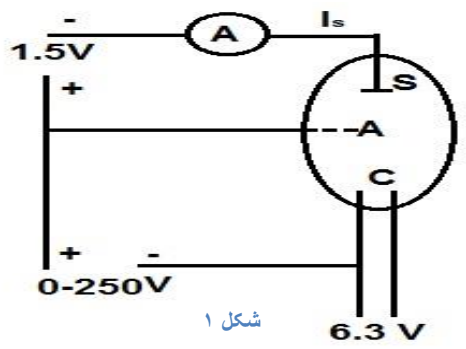
برانگیختن یک الکترون از یک مدار بالاتر می‌تواند به وسیله جذب انرژی نوری توسط اتم، یا برخورد ذرات مادی (مانند اتم‌ها یا الکترون‌های دیگر) به اتم مورد نظر صورت گیرد. اگر انرژی ذره برخورد کننده کمتر از اختلاف انرژی بین دو مدار باشد، انرژی مبادله نمی‌شود و برخورد کشسان است. برعکس چنانچه انرژی مساوی یا بیش‌تر از مقدار آستانه فوق باشد، برخورد ناکشسان بوده و انرژی ذره برخوردکننده توسط اتم جذب می‌شود. از طرفی اتم برانگیخته در هنگام بازگشت به حالت پایه، فوتون ساطع می‌کند.

## روش آزمایش:

اندک زمانی پس از آنکه بوهر کوانتش انرژی های اتمی را مطرح کرد، نظریه‌اش طی آزمایشی در خصوص جذب انرژی به وسیله برخورد اتم‌های جیوه با الکترون‌ها، که توسط فرانک و هرتزدر سال ۱۹۱۴ انجام گرفت، تایید شد.



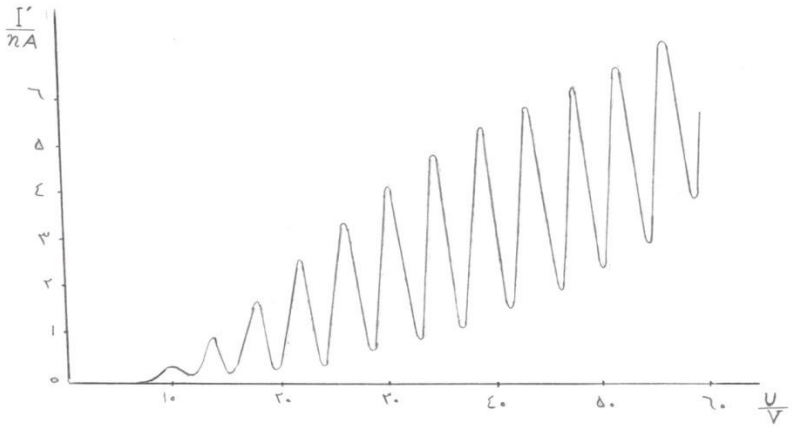
Sample output to test PDF Combine only



شکل ۱

در این آزمایش، در یک لامپ مخصوص حاوی بخار جیوه (شکل ۱)، الکترون‌ها توسط پدیده ترمویونیک از کاتد گسیل شده و سپس توسط ولتاژ شتاب‌دهنده $U_A$ به طرف آند شتاب می‌گیرند و نهایتا انرژی آن‌ها از طریق الکترود شمارنده S و توسط آمپرمتر اندازه‌گیری می‌شود.

ولتاژ معکوس $U_S$ بین آند A و الکترود شمارنده S جهت حذف الکترون‌های سرگردان اعمال می‌شود. با افزایش تدریجی $U_A$ و در نتیجه افزایش انرژی جنبشی الکترون‌ها، جریان $I_S$ افزایش می‌یابد، ولیکن هنگامی که انرژی الکترون‌ها برابر با انرژی اولین حالت برانگیخته اتم‌های جیوه (تراز $6^3p_1$) گردد، مبادله انرژی صورت گرفته و جریان $I_S$ به طور ناگهانی کاهش می‌یابد. با افزایش بیشتر $U_A$ مجددا جریان $I_S$ افزایش یافته و بدین ترتیب در منحنی $I_S$ بر حسب $U_A$ به طور متوالی با افت و خیزهایی مواجه خواهیم بود.(شکل ۲)



شکل ۲

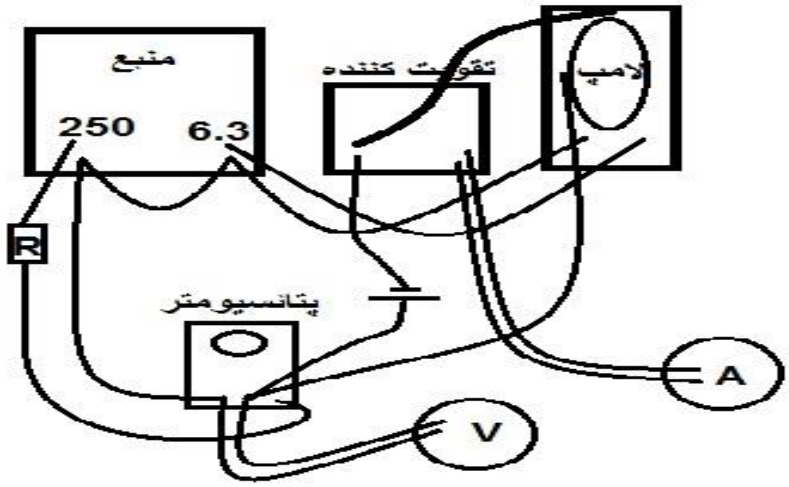
# کارهای آزمایش:

کوره‌ای که در آن لامپ فرانک- هرتز قرار دارد را به منبع تغذیه متصل کرده و آن را در حدود ۹۰ ولت تنظیم نموده و روشن کنید تا گرم شود.

مدار آزمایش را مطابق شکل ۳ ببندید. برای این کار لازم است:



Sample output to test PDF Combine only




شکل ۳

فیلامان لامپ به ولتاژ ۶/۳ ولت متصل گردد.

آند و کاتد لامپ از طریق یک مقاومت $R= 100\ K\Omega$ (به طور سری) و یک پتانسیومتر به ولتاژ متغیر ۲۵۰- ۰ ولت متصل گردد. در این حال توسط یک ولت‌متر این ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود.

الکترود A به مثبت ولتاژ معکوس ۱/۵ ولت و الکترود S به تقویت کننده جریان متصل می‌گردد.

توسط یک آمپرمتر (یا ولت‌متر) جریان تقویت شده $I_S$ اندازه‌گیری می‌شود.

هنگامی که دمای کوره به ۱۳۰-۱۲۰ درجه سانتی‌گراد رسید با افزایش ولتاژ $U_A$ در گام‌های ۱ ولتی، جریان $I_S$ را اندازه‌گیری کنید و نهایتا منحنی $I_S$ بر حسب $U_A$ را رسم کنید.

## به سوالات زیر پاسخ دهید:

با توجه به ولتاژ آستانه برای افت شدید جریان که در این آزمایش به دست آورده‌اید، طول موج نور گسیل شده از اتم‌های جیوه را محاسبه کنید.

چرا منحنی به دست آمده جریان – ولتاژ در این آزمایش شکل تیزی ندارد؟

آیا مینیمم دوم منحنی، ناشی از دو برخورد متوالی الکترون اتم‌های جیوه است، یا ناشی از یک برخورد و برانگیختن اتم جیوه به حالت برانگیخته دوم؟



Sample output to test PDF Combine only

# آزمایش میلیکان

## هدف آزمایش

۱-تحقیق کوانتیدگی  بار الکتریکی

۲-تعیین بار الکتریکی

## تئوری آزمایش:

در سال ۱۹۰۹ رابرت میلیکان روشی برای اندازه گیری دقیق بار های الکتریکی ارائه کرد. اساس این روش را مشاهده حرکت قطرات ریز روغن تحت تاثیر میدان الکتریکی بین صفحات یک خازن، تشکیل میداد. از آنجا که این قطرات ریز روغن حامل اندکی بار الکتریکی هستند تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می گیرند. نیروی الکتریکی وارد بر یک قطره را می توان به آسانی (با مشاهده حرکت قطره تحت میدان) و یا آنگونه  که در این آزمایش انجام می دهیم، با معلق کردن  قطره تحت تاثیر نیروی گرانش، میدان الکتریکی و سایر نیرو های وارد بر آن، بدست آورد.

رابرت میلیکان(۱۹۴۷-۱۸۶۸) فیزیکدان تجربی آمریکایی، استاد دانشگاه شیکاگو، برای اندازه گیری بار الکترون چند سال وقت صرف کرد و بطور همزمان روی اثر فوتو الکتریک کار کرد. به خاطر این کوشش ها جایزه نوبل ۱۹۲۳ به وی اعطا شد.

قطرات روغن در هنگام سقوط به دلیل وجود نیروی مقاومت هوا، پس از گذشت زمان کمی به یک سرعت نهایی (سرعت حد) می رسند. نیروی مقاومت هوا از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_s = 6\,\pi\,a\,\eta\,v$$

که در آن $F_S$ نیروی وارد بر قطره، a شعاع قطره، $\eta$ ضریب چسبندگی هوا و v سرعت سقوط قطره است.

هنگامی که قطره در میدان گرانش سقوط آزاد می کند نیروی گرانش وارد بر آن از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_g = \frac{4}{3}\pi\,a^3\,\rho\,g$$

که درآن ρ چگالی روغن و g شتاب گرانش است.

در حضور هوا نیروی ارشمیدس به سمت بالا نیز به قطره وارد می شود که از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_A = \frac{4}{3}\pi a^3 \sigma g$$

که در آن $\sigma$ چگالی هوا است.

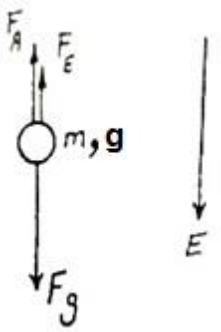
در صورت وجود میدان الکتریکی، نیروی الکتریکی وارد بر قطره از رابطه

$$F_E = q\,E$$

بدست می آید.



Sample output to test PDF Combine only




حال اگر قطره روغن باردار تحت تاثیر نیروی گرانش ،ارشمیدس و الکتریکی قرار گیرد به گونه ای که بر آیند این نیرو ها صفر شود و قطره روغن ساکن بماند ازقانون دوم نیوتن داریم:

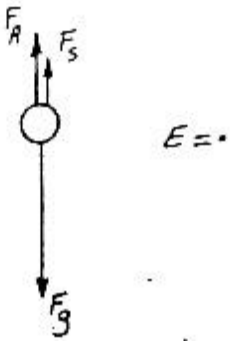
$$F_g - F_A - F_E = 0$$

و در نتیجه:

$$\frac{4}{3}\,\pi\, a^3(\rho-\sigma)\, g - qE = 0$$

با توجه به این که میدان در بین صفحات خازن از رابطه $E = \frac{V}{d}$ به دست می آید داریم:

$$\frac{4}{3}\,\pi\, a^3(\rho-\sigma)\, g = q\,\frac{V}{d} \qquad (1)$$




که v اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن و d فاصله بین صفحات خازن است.

با قطع میدان الکتریکی تعادل بین نیروها به هم خورده و قطره شروع به سقوط می کندو به یک سرعت حدی می رسد. در این حالت تعادل جدید، میتوان رابطه زیر را بین نیرو ها نوشت.

$$F_g - F_A - F_s = 0$$

$$\frac{4}{3}\,\pi\, a^3(\rho-\sigma)\, g = 6\,\pi\, a\,\eta\, V \qquad (2)$$

با حذف a از روابط (۱) و (۲) بار الکتریکی قطره روغن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q = \frac{4}{3}\,\pi\,\rho'\, g\, d\left(\frac{9}{2}\frac{\eta}{\rho' g}\right)^{3/2}\frac{v^{3/2}}{V}\quad,\quad \rho' = (\rho-\sigma) \qquad (3)$$

با اندازه گیری v سرعت سقوط قطره و V پتانسیلی که به ازای آن قطره روغن ساکن می شود، می توان بار قطره را تعیین کرد.

## دستگاه آزمایش:

قسمت اصلی دستگاه یک خازن مسطح است که از دو صفحه از جنس آلیاژی سبک ساخته شده اند و به فاصله d=6mm از یکدیگر قرار گرفته اند . این مجموعه درون حفاظی از جنس پلاستیک شفاف(plaxi glass) قرار دارد روی این حفاظ سوراخهای ریزی تعبیه شده است که از آنها قطرات روغن وارد خازن می شوند، دستگاه روی یک سه پایه نصب می شود. روی این سه پایه یک میکروسکوپ نصب شده است که توسط آن می توان قطرات روغن را مشاهده کرد. علاوه بر این یک سیستم اپتیکی شامل یک لامپ و چند عدسی نیز روی پایه نصب شده است که پرتوی نور لازم را برای دیدن قطرات فراهم می کند.



Sample output to test PDF Combine only

منبع تغذیه بکار رفته شامل دو خروجی است. یکی خروجی پتانسیل ثابت 6v برای روشن کردن لامپ و خروجی دیگر ولتاژ متغیر 0-600 v که برای تامین ولتاژ صفحات خازن به کار میرود. منبع تغذیه با یک ساعت در ارتباط است، به گونه ای که با قطع پتانسیل خازن، ساعت شروع به کار می کند.

## کارهای آزمایش :

۱- قبل از شروع آزمایش شاخص میکروسکوپ را درجه بندی کنید. بدین منظور ابتدا خازن و محفظه آن را از روی پایه برداشته و خط کشی با درجه بندی مشخص را روی آن قرار دهید. سپس لامپ را روشن کرده و پیچ میکروسکوپ را آنقدر بچرخانید که خط کش و درجات آن به وضوح دیده شوند. اکنون با معلوم بودن درجه بندی خط کش شاخص میکروسکوپ را مدرج کنید. خط کش را از روی پایه برداشته و خازن را در جای خود قرار دهید.

۲- دستگاه را مطابق شکل زیر سوار کنید و منبع تغذیه را روشن کنید.

۳- توسط روغن پاش قطرات روغن را به درون خازن بپاشید.

۴- در حالی که با میکروسکوپ به قطرات روغن نگاه می کنید قطره ای را که به وضوح دیده می شود را در نظر بگیرید. ولتاژ را آنقدر تغییر دهید تا قطره ساکن شود، پس از اطمینان از این که قطره کاملا ساکن است، مکان قطره و ولتاژ خازن را یادداشت کنید.

۵- با کلیدی که روی منبع تغذیه است ولتاژ را قطع کنید. قطره را در نظر بگیرید تا چندین درجه از شاخص میکروسکوپ را طی کند(مثلا ۴۰ درجه) در این حالت با همان کلید اولیه سرعت را متوقف کرده، فاصله طی شده توسط قطره و زمان سپری شده را یادداشت کنید.

۶- این مراحل را برای چند قطره و برای هر قطره سه بار تکرار کنید و نتایج را در جدولی مانند جدول زیر بنویسید.

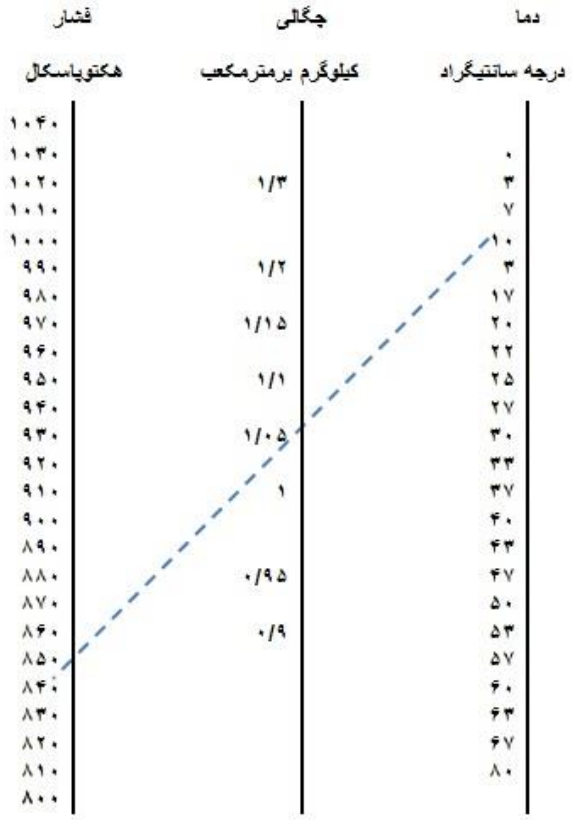


Sample output to test PDF Combine only

## قطره روغن میلیکان

برای بدست آوردن q از رابطه (۳) استفاده کنید در این رابطه v سرعت حد سقوط قطره و V پتانسیل خازن اندازه گیری شده است و $\rho = 883 \frac{kg}{m^3}$ چگالی روغن است.

| قطره | تکرار | t (s) | $X_1$(mm) | $X_2$(mm) | v (m/s) | V (v) | q (c) | qمتوسط(c) | N | e (C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |




شکل۱- نوموگرام برای تعیین چگالی هوا در دما وفشار مختلف



Sample output to test PDF Combine only

از آنجا که چگالی هوا (σ) و ضریب چسبندگی($\eta$) نسبت به شرایط دما و فشار محیط حساس هستند، این دو کمیت را به ترتیب می توان با توجه به شرایط آزمایشگاهی از روی نوموگرام شکل(۱) و نمودار شکل(۲) بدست آورد.

۷- در پایان خطای نسبی آزمایش را برای یکی از قطره ها بدست آورید.

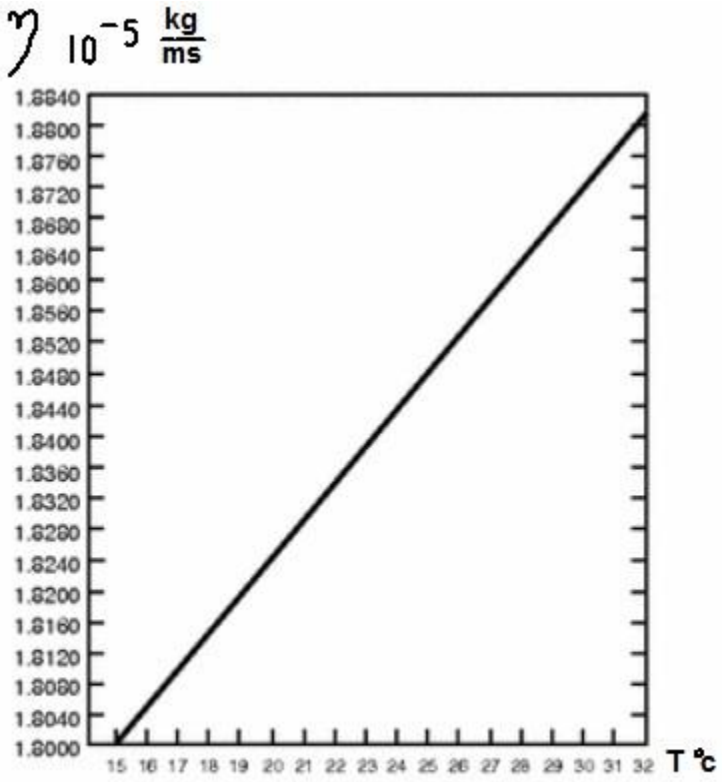



Figure 2: Viscosity($\eta$) of dry air as a function of temperature (°C). Vertical scale is in units of $10^{-5}$ kg $m^{-1}$ $sec^{-1}$.

شکل۲- نمودار تغییرات چسبندگی هوا با دما

## به سوالات زیر پاسخ دهید

۱-چرا در این آزمایش از روغن استفاده می شود و مثلا از آب استفاده نمی کنیم؟

۲-قطرات روغن چگونه بار خود را بدست می آورند؟

۳-اگر قطب های خازن را اشتباه ببندیم چه اتفاقی می افتد؟



Sample output to test PDF Combine only

# مطالعه طیف پیوسته اشعه x

## هدف آزمایش :

۱- تحقیق کوانتایی بودن انرژی اشعه X

۲- تعیین ثابت پلانک

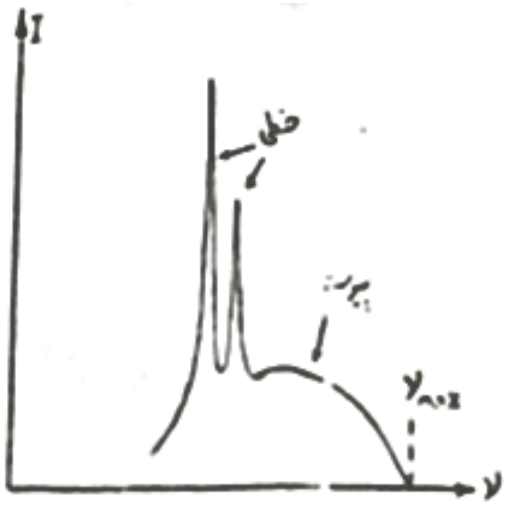
## تئوری آزمایش :

نمودار شدت اشعه X بر حسب طول موج(یا فرکانس) آن را، طیف اشعه X می نامند. این طیف که در(شکل۱) نشان داده شده است، دارای دو بخش، یکی پیوسته و دیگری خطی (گسسته) می باشد.

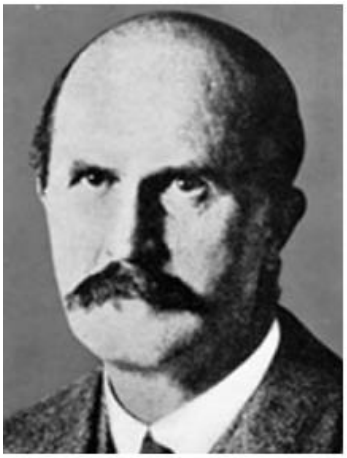
طیف پیوسته اشعه X تابش الکترومغناطیسی ناشی از شتاب گرفتن الکترون ها در مجاورت هسته (تابش ترمزی) است. این طیف پیوسته دارای یک طول موج مینیمم ($\lambda_{min}$ ) است. $\lambda_{min}$ به نوع فلز هدف بستگی ندارد و فقط به ولتاژ شتاب دهنده وابسته است:

$$e\,v = E_K = h\nu_{max} = hc/\lambda_{min}$$

که در آن v پتانسیل شتاب دهنده (پتانسیل آند کاتد) است. $\lambda_{min}$ ناشی از برخوردی است که در طی آن الکترون همه انرژی خود را از دست می دهد.




طیف خطی اشعه X ناشی از نفوذ الکترون های پرتو کاتدی به پوسته های الکترونی داخلی اتم هدف (مثلا پوسته K)، و برخورد آنها با یکی از الکترون های آن پوسته و راندن آن به لایه های بالاتر یا خارج از اتم می باشد. پس از انجام این فرآیند، جای خالی الکترون پوسته K با یکی از الکترون های پوسته L یا M پر می شود و اتم اختلاف انرژی بین تراز K با L یا M را به صورت یک فوتون اشعه X تابش می کند. طول موج ناشی از انتقال $L\rightarrow K$ را $K_\alpha$ و انتقال $M\rightarrow K$ را $K_\beta$ می نامند. قله های طیف خطی اشعه X به جنس هدف بستگی دارد و مستقل از ولتاژ شتاب دهنده است.



ویلیام هنری براگ(۱۹۴۲-۱۸۶۲) فیزیکدان انگلیسی، استاد دانشگاه های آدلاید و لیدز، با همکاری پسرش به تحقیق در ساختار بلورها با استفاده از اشعه x پرداخت. آن دو به خاطر پژوهشهایشان به جایزه نوبل ۱۹۱۵ دست یافتند.

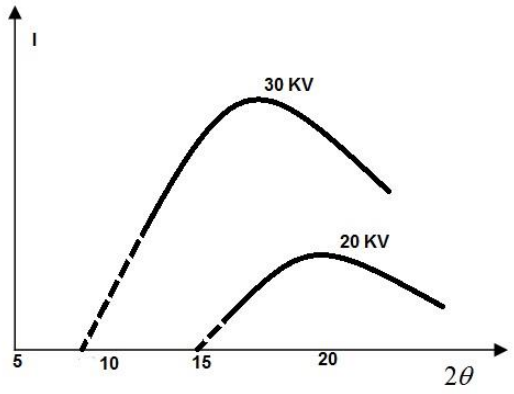
مرتضی محمدزاده



Sample output to test PDF Combine only

## روش آزمایش :

در این آزمایش با استفاده از یک طیف سنج اشعه X بخشی از نمودار طیف اشعه X را رسم می کنیم. به کمک این نمودار $\lambda_{min}$ مربوط به طیف پیوسته پرتو X را به دست می آوریم و از آنجا ثابت پلانک (h) به دست خواهد آمد.




## کارهای آزمایش :

۱- بلور NaCl را در جای خود قرار دهید. ولتاژ دستگا را برابر ۲۰kv انتخاب کنید.

۲- از زاویه $2\theta = 11.5$ درجه با گامهای ۰/۵ درجه ای شدت اشعه X (تعداد پالس ها در ثانیه) را اندازه گیری و جدول بندی کنید. این کار را تا رسیدن به اولین ماکزیمم ادامه دهید.

۳- منحنی شدت بر حسب $2\theta$ را روی کاغذ میلیمتری رسم کنید. سپس آن را ادامه دهید تا محور $2\theta$ را قطع کند. $2\theta_{min}$ متناظر با $\lambda_{min}$ است.

۴- با ستفاده از رابطه براگ ($2d\sin\theta = n\lambda$) ، $\lambda_{min}$ را بدست اورید.

۵- با استفاده از رابطه (۱) ثابت پلانک را محاسبه کنید.

۶- اطلاعات بدست آمده را در جدول زیر ثبت نمایید:

| بلور | V(KV) | $2\Theta_{min}$ | $\sin\theta_{min}$ | 2d (Å) | $\lambda_{min}$ (Å) | h (j.s) | Δh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Li F | 30 | | | 4.03 | | | |
| Li F | 20 | | | 4.03 | | | |
| Na Cl | 30 | | | 5.64 | | | |
| Na Cl | 20 | | | 5.64 | | | |
| | | | | | | | میانگین |

۷- مراحل فوق را برای ولتاژ 30 kv و نیز بلور Na Cl تکرار کنید.

برای هر آزمایش خطای لگاریتمی را بدست آورید.



Sample output to test PDF Combine only

# طیف پیوسته اشعه X

**چند نکته :**

۱- شمارش پالسها باید دسته کم در دوره زمانی ۱۰ ثانیه انجام گیرد. با افزایش بازه زمانی (مثلا ۱۰۰) دقت نتایج بیشتر می شود.

۲- منحنی رسم شده آنرا باید پیش از آنکه به صورت مجانبی درآید ادامه دهید تا محور$2\theta$ را قطع کند.

**سوالات:**

۱- هر یک از موارد زیر چه تغییری در طیف اشعه x پدید میآورند؟

الف) افزایش شدت جریان در فیلامان لامپ اشعه x

ب) افزایش پتانسیل آند-کاتد

ج) تعویض جنس آند

۲- آیا وجود $\lambda_{min}$ در طیف پیوسته اشعه X از نظر کلاسیکی قابل توجیه است؟

۳- انتظار دارید جواب ازمایش شما با اختلاف پتانسیل ۲۰kv دقیقتر شود یا ۳۰kv و چرا؟

۴- فرایند تابش ترمزی را به صورت (الف) عکس فرایند کامپتون و (ب) عکس فرایند فتوالکتریک مورد بحث قرار دهید.

مرتضی محمدزاده



Sample output to test PDF Combine only

# طیف اتم هیدروژن

## هدف آزمایش

۱- بررسی طیف مرئی اتم هیدروژن

۲- تعیین تجربی ثابت ریدبرگ

## تئوری آزمایش

وقتی یک گاز تک اتمی یا بخاریک عنصر در فشاری کمتر از فشار اتمسفر تحریک شود(معمولاباعبورجریان الکتریسیته)، تابش می‌کند وتشعشع گسیل شده دارای طیفی است که تنها شامل طول موج های مشخص گسسته ای است (شکل ۱).

ساده‌ترین اتم‌ها اتم هیدروژن است و بنا براین عجیب نیست که طیف اتمی هیدروژن نخستین طیفی بود که مورد بررسی قرارگرفت. درسال ۱۸۸۵ چهارخط طیف مرئی اتم هیدروژن با دقت زیاد توسط آنگستروم اندازه گیری شدند. این اندازه‌گیری ها توسط یک معلم سوئیسی به نام بالمر بررسی شد. وی دریافت که طول موج نورهای مشاهده شده درفرمول زیر صدق می‌کنند:

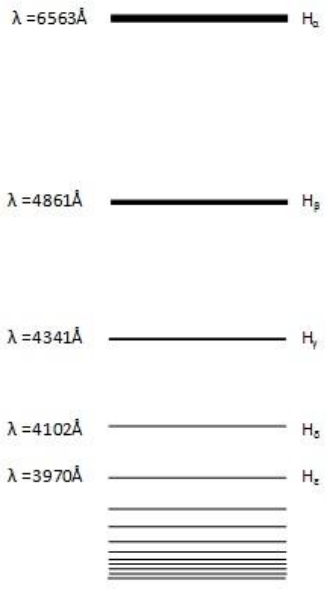
$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (۱)$$

که در آن R یک مقدار ثابت با دیمانسیون $\left[\frac{1}{L}\right]$ و n یک عدد صحیح با مقادیر ۳، ۴، ۵ و ۶ برای چهارخط مورد نظر بود.

به آسانی می‌توان دید که فرمول بالمر حالت خاصی از فرمول کلّی تر زیر است:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n \rangle n' \qquad (۲)$$

نیلز بوهر (۱۹۶۲- ۱۸۸۵) فیزیکدان دانمارکی مطالعات خود را در انگلستان زیر نظر تامسون و رادر فورد به انجام رسانید. پس از ارائه مدل اتمی خود جایزه نوبل ۱۹۲۲ را دریافت کرد. تعبیر و تفسیر نظریه کوانتمی جدید و ارائه مدل قطره‌ای هسته از دیگر کارهای اوست.




**شکل۱-طیف گاز هیدروژن**

می‌توان حدس زد که طیف اتم هیدروژن باید شامل همه ی طول موج هایی باشد که از سایر مقادیر صحیح



Sample output to test PDF Combine only

n و n' حاصل می‌شوند. خود بالمر حدس زد که چنین تعمیمی امکان پذیر است امّا معادله(۲) نخستین بار توسط ریدربرگ عنوان شد و به این دلیل آنرا فرمول ریدربرگ و R را ثابت ریدربرگ می‌نامند.

در واقع همه‌ی طول موج‌های اضافی که توسط فرمول ریدربرگ پیش‌بینی می‌شوند در ناحیه‌ی فرابنفش یا فروسرخ طیف هیدروژن قرار دارند. در سال ۱۹۰۸ پاشن تعدادی از خطوط زیر قرمز را با n' = ۳ پیدا کرد و در سال ۱۹۱۲ لیمان برخی از خطوط فرابنفش با n'=1 را یافت. امروزه مشخص شده است فرمول ریدربرگ تمام طول موج‌های طیف هیدروژن را به دست می‌دهد.

توجه به این نکته مهم است که نه ریدربرگ و نه هیچ‌کس دیگر تا سال ۱۹۱۳ نتوانست فرمول تجربی ریدربرگ را از لحاظ تئوری توجیه کند. در این سال نیلز بوهر توانست با ارائه مدل خود برای اتم هیدروژن که برپایه‌ی ماهیت موجی ماده قرار داشت، طیف اتم هیدروژن را توجیه کند. مطابق نظریه‌ی بوهر الکترون اتمی در ترازهای انرژی کوانتیده‌ای قرار می‌گیرد. هرگاه الکترونی از یک تراز با انرژی بالاتر $E_i$ به ترازی با انرژی پایین‌تر $E_f$ منتقل شود، این اختلاف انرژی به صورت یک فوتون آزاد می‌شود:

$$E_i - E_f = h\nu$$

بر اساس مدل بوهر طول موج نور گسیلی در اثر تحریک اتم هیدروژن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{-E_1}{hc}\left(\frac{1}{n_f^{\,2}} - \frac{1}{n_i^{\,2}}\right) \qquad , \qquad E_1 = 13.6ev$$

رابطه فوق کاملا با تجربه سازگار است و از مقایسه آن با فرمول ریدربرگ نتیجه می‌گیریم که:

$$R = \frac{-E_1}{hc}$$

هم‌خوانی مقدار پیش‌بینی شده برای R توسط بوهر و مقدار تجربی آن شاید بتوان بزرگترین تأیید بر درستی نظریه‌ی او دانست.

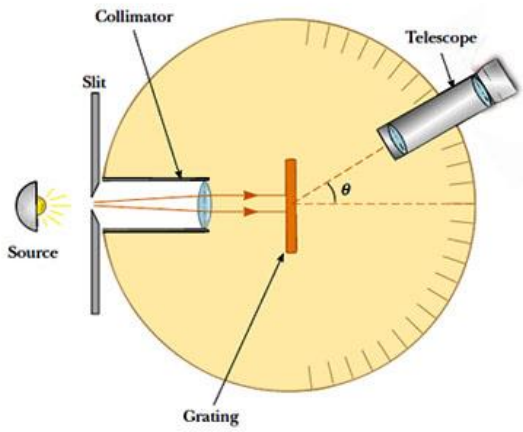
## روش آزمایش:

در این آزمایش برای تعیین طول موج خطوط هیدروژن از یک طیف‌سنج استفاده می‌کنیم.

نور لامپ هیدروژن وارد طیف‌سنج می‌شود و با استفاده از یک شکاف و عدسی در قسمت موازی‌ساز به صورت یک دسته پرتو موازی در می‌آید. این پرتو به یک توری پراش که روی میز طیف‌سنج نصب شده است برخورد می‌کند و پراشیده می‌شود (شکل۲).



Sample output to test PDF Combine only

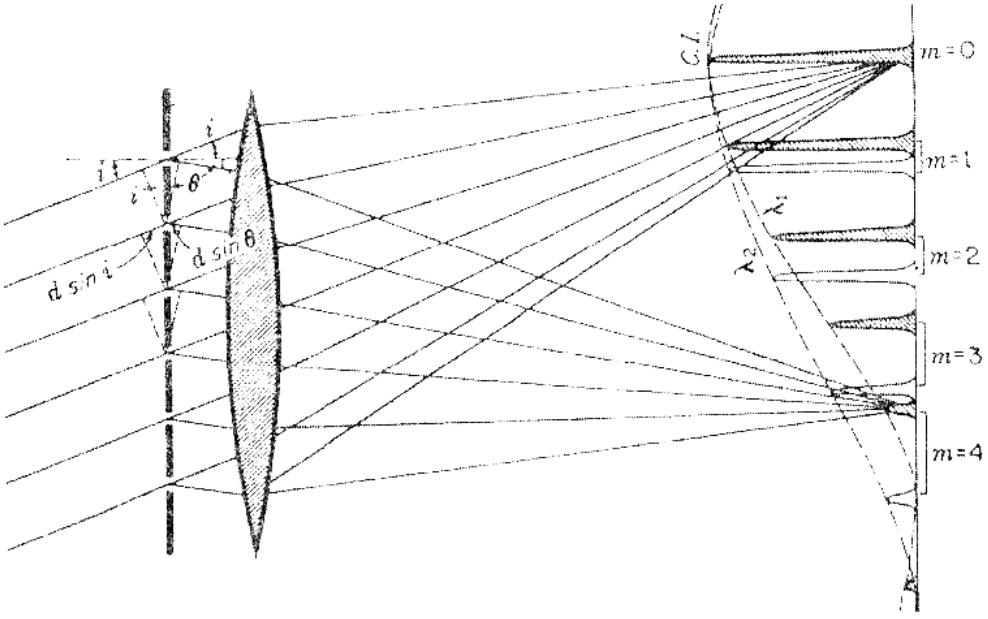



شکل۲-طیف سنج

اگر زاویه‌ی پرتو فرودی i و زاویه پراکندگی نور θ باشد با توجه به شکل (۳) شرط تداخل سازنده برای دو پرتو پراکنده شده و ایجاد یک خط روشن مطابق رابطه زیر است:

$$d(\sin i+\sin\theta)=n\lambda \qquad (۴)$$

که در آن d ثابت توری، n مرتبه خط طیفی و λ طول موج نور است. به این ترتیب طول موج‌های مختلف طیف هیدروژن از یکدیگر تفکیک می‌شوند و می‌توان با استفاده از طیف‌سنج زاویه پراکندگی هر طول موج را اندازه گرفت و از روی آن λ را به دست آورد.




شکل۳-شرط تداخل سازنده

## کارهای آزمایش:

اخطار: توجه داشته باشید که دو قطب لامپ هیدروژن دارای ولتاژ بالایی است. احتیاط کنید!

۱- به منظور ساده‌تر شدن رابطه (۴) زاویه‌ی فرود نور بر توری را صفر اختیار می‌کنیم (i = 0). بدین ترتیب



Sample output to test PDF Combine only

باید راستای پرتو فرودی عمود بر توری باشد. برای عمود کردن توری بر نور فرودی چنین عمل کنید:

لامپ هیدروژن را روشن کنید و نور لامپ را به صورت یک خط باریک از داخل دوربین مشاهده کنید.

الف- در این حالت رتیکول دوربین را بر نور منطبق کنید و زاویه‌ی دوربین را به کمک ورنیه آن بخوانید.

ب- سپس دوربین را به اندازه‌ی ۹۰ درجه بچرخانید و آن را قفل کنید.

ج- توری را در جای خود قرار دهید و میز حامل آن را بچرخانید تا نور لامپ(سفید) منعکس شده از آن بر رتیکول دوربین منطبق شود(در این حالت نور فرودی و توری ۴۵ درجه است).

د- اکنون توری را ۴۵ درجه بچرخانید تا بر پرتو فرودی عمود شود و میز طیف‌سنج را قفل کنید.

۲- دوربین را روی ماکزیمم مرکزی (نور سفید) منطبق کنید و زاویه آن را بخوانید.

۳- دوربین را به آرامی حرکت دهید و رتیکول آن را به ترتیب بر تک‌تک خطوط طیف منطبق کنید برای هر رنگ طیف زاویه‌ی دوربین را یادداشت کنید.

۴- اختلاف این زاویه را با زاویه‌ی ماکزیمم مرکزی به دست آورید.

نکته:می‌توان اختلاف زاویه هر خط طیف را در دو طرف ماکزیمم مرکزی به دست آورده و نتیجه را بر دو تقسیم کنید.

۵- با توجه به مشخصات توری مورد استفاده ثابت توری d را تعیین کنید.

۶- به کمک رابطه (۴)، $\lambda$ و به کمک رابطه (۱)، R را محاسبه کنید و نتایج را در جدول زیر بنویسید:

| رنگ نور | n | $\theta_1$ درجه | $\theta_1$ دقیقه | $\theta_2$ درجه | $\theta_2$ دقیقه | درجه $\theta_1 - \theta_2$ | $\lambda$ (Å) | R ($Å^{-1}$) | خطای نسبی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قرمز | ۳ | | | | | | | | |
| آبی | ۴ | | | | | | | | |
| بنفش | ۵ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | میانگین |

## سوالات:

۱- اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد بین مقدار تجربی ثابت ریدربرگ و مقداری که نظریه‌ی بوهر مطابق رابطه‌ی (۳) به دست می‌دهد اختلاف اندکی وجود دارد. به نظر شما علت این اختلاف چیست؟

۲- اگر ثابت توری معلوم نباشد چه روشی برای یافتن آن پیشنهاد می‌کنید؟



Sample output to test PDF Combine only

# پدیده زیمن

## هدف آزمایش:

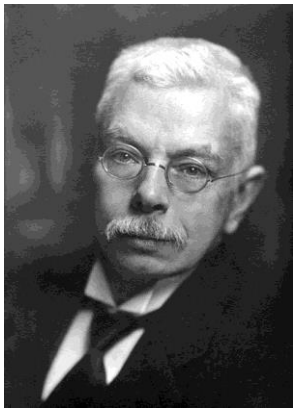
۱- تحقیق اثر عادی زیمن

۲- محاسبه $e/m$ با اندازه‌گیری شکافتکی خط قرمز کادمیم

## تئوری آزمایش:

زیمن در سال ۱۸۹۶ مشاهده کرد که هنگامی که یک منبع نور سدیم در یک میدان مغناطیسی قوی قرار گیرد، خطوط زرد D آن به چند خط شکافته می‌شود.

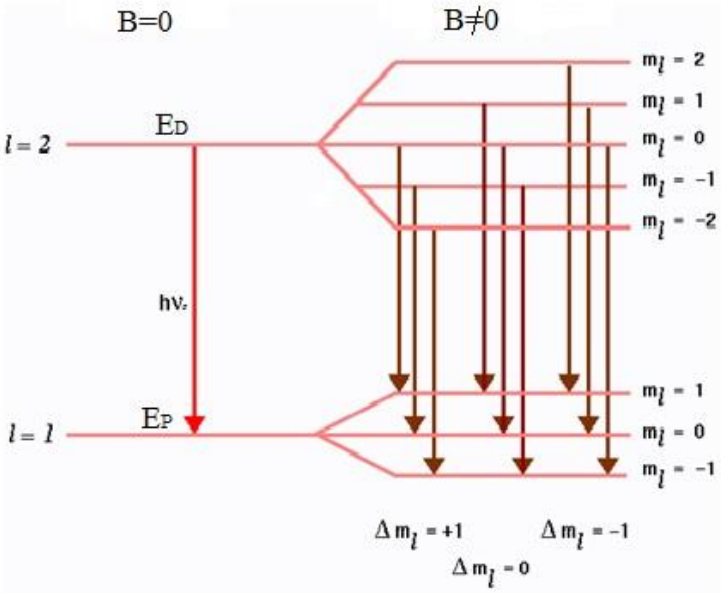
در اثر عادی زیمن (که در آن اسپین کل صفر است و یا می‌توان از اثر اسپین صرف نظر کرد) هر خط طیفی به سه خط شکافته می شود. این شکافتگی ناشی از حالت‌های ابتدایی یا انتهایی یا هر دو حالتی است که انتقال بین آنها صورت می‌گیرد.



پیتر زیمن (۱۹۲۳- ۱۸۶۵) فیزکدان تجربی هلندی، استاد دانشگاه آمستردام به خاطر کشف اثر زیمن جایزه نوبل سال ۱۹۰۲ را به همراه لورنتس دریافت کرد.

به عنوان مثال خط طیفی ناشی از انتقال الکترون از حالت D به P را در نظر بگیرید. در غیاب میدان $2\ell+1$ حالت تبهگن وجود دارد (برای D پنج حالت و برای P سه حالت) و فرکانس خط طیفی مربوطه برابر $\vartheta_0 = \frac{E_u - E_\ell}{h}$ است. در حضور میدان مغناطیسی هر تراز انرژی مربوط به یک $\ell$ معین به $2\ell+1$ تراز تقسیم می‌شود که فاصله هر دو زیر تراز برابر است با: (شکل ۱)

$$dE = \frac{eh}{2\,m} B$$




شکل(۱) ترازهای انرژی در حضور و غیاب میدان

با توجه به قاعده گذار $\Delta m=0, \pm 1$، شکافتگی فوق سه خط طیفی مجزا نتیجه می‌دهد که یکی از آنها ($\Delta m=0$) بدون جابجایی و دوتای دیگر ($\Delta m= \pm 1$) به مقدار زیر جابجا می‌شوند:



Sample output to test PDF Combine only

$$d\upsilon = \frac{dE}{\hbar} = \pm\frac{eB}{4\pi m} \qquad (۱)$$

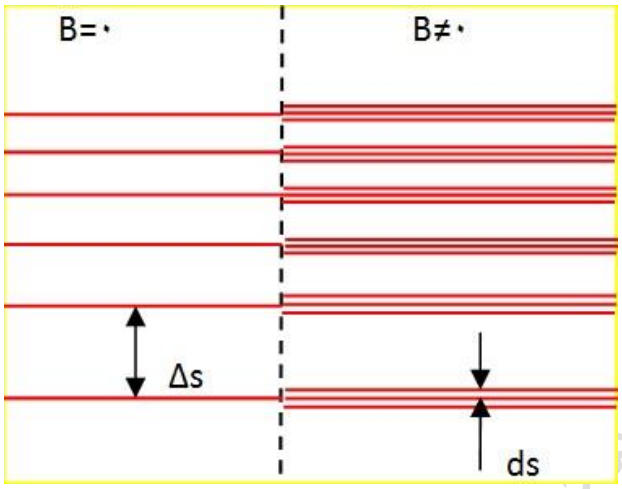
لازم به ذکر است که سه خط طیفی فوق پلاریزه هستند به طوری که پلاریزاسیون خط وسطی عمود بر دو خط جانبی می‌باشد.

## روش آزمایش:

در این آزمایش اختلاف طول موج با استفاده از تیغه Lummer – Gehrke تعیین می‌گردد. این وسیله شبیه انترفرومتر، خطوط طیفی را از هم جدا می‌کند و یک سیستم خطوط رنگی در آن ظاهر می‌شود (شکل۲).

فاصله $\Delta s$ دو تراز داخلی مجاور مربوط به تغییر طول موج $\Delta\lambda$ می‌باشد.

در این دستگاه از رابطه زیر برای به دست آوردن شکافتگی خطوط طیف $d\lambda$ استفاده می‌شود:




شکل ۲: خطوط طیفی در غیاب و در حضور میدان

$$d\lambda = \frac{ds}{\Delta s}\,\frac{\lambda^2}{2\,d\sqrt{n^2-1}} \qquad (۲)$$

که در آن n=۱/۵ ضریب شکست تیغه L- G و d=۴mm ضخامت آن است. همچنین $\Delta s$ فاصله بین دو خط تداخلی همرنگ (در غیاب میدان مغناطیسی) و ds میزان شکافتگی خطوط در اثر میدان مغناطیسی برای همان خط مورد نظر است. در این آزمایش شکافتگی خط قرمز کادمیم $\lambda$=6438 $A^o$ (که اسپین کل حالت اولیه و نهایی آن صفر است) در اثر میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده و با دانستن مقادیر B، مقدار $e/m$ از رابطه (۱) به دست می‌آید.

## کارهای آزمایش:

۱- دستگاه آزمایش را مطابق شکل (۳) سوار کنید.



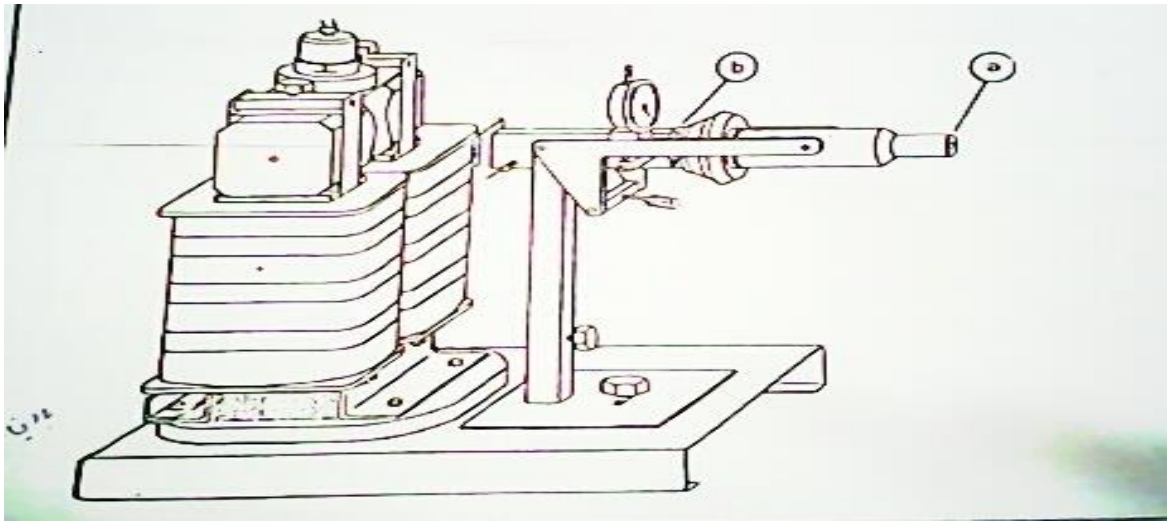
Sample output to test PDF Combine only

۲- منبع تغذیه لامپ کادمیم را روشن کرده و حدود ۵ دقیقه صبر کنید تا خط طیفی قرمز آن با قدرت کافی تشعشع کند.

۳- منبع تغذیه آهنربای الکتریکی را با قرار دادن یک آمپرمتر بر سر راه آن به قطبهای آهنربا متصل کنید. توجه کنید که دو سر $B_1$ و $B_3$ به هم و دو سر $B_2$ و $B_4$ به هم متصل باشند.

۴- قبل از اعمال میدان، توسط دوربین دستگاه و میکرومتر آن فاصله $\Delta s$ را برای یک خط مشخص به دست آورید. برای این کار بهتر است فاصله یک خط پایین‌تر از خط مورد نظر یا یک خط بالاتر از آن اندازه‌گیری و سپس بر دو تقسیم شود.

۵- پس از اعمال میدان، فاصله ds بین دو خط مجاور یک انشعاب سه‌تایی را اندازه‌گیری کنید. برای این کار توسط فیلتر پولاریزاسیون خط وسط را حذف کنید تا دو خط دیگر بهتر قابل تفکیک باشند. پس از اندازه دو خط بالایی و پایینی آن را بر دو تقسیم نمایید.



شکل۳: دستگاه آزمایش اثر زیمان

۶- با تغییرات جریان (و در نتیجه میدان B با توجه به جدول جریان میدان) مقادیر مختلف ds (و در نتیجه $d\lambda$ یا $d\nu$) را در جدول زیر ثبت نمایید. (با توجه به $\nu = \frac{c}{\lambda}$ داریم $dv = \frac{c\, d\lambda}{\lambda^2}$)

| I(A) | B(T) | ds | $d\lambda$ (A°) | $d\nu$ (Hz) | $e/m$ | خطای نسبی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸ | ۰/۱۵ | | | | | |
| ۱۰ | ۰/۲۲ | | | | | |
| ۱۲ | ۰/۳۰ | | | | | |
| ۱۵ | ۰/۳۷ | | | | | |



Sample output to test PDF Combine only

۷- با رسم منحنی $dv$ بر حسب B و استفاده از رابطه (۱) مقدار $e/m$ را بدست آورید.

**چند نکته:**

۱- با تیغه L – G با احتیاط کامل عمل کنید تا سطح صاف آن (با دقت $\frac{1}{100}\mu m$) بی‌عیب و بدون خراش باقی بماند.
۲- بعد از برقراری میدان مغناطیسی هیچ جسم فرومغناطیسی را به لامپ کادمیم نزدیک نکنید.
۳- آهنربا را به مدت طولانی روشن نگذارید.
۴- برای اندازه‌گیری $\Delta s$ و ds بهتر است از خطوط دوم تا چهارم استفاده شود.

**به سؤالات زیر پاسخ دهید:**

۱- چگونه می‌توان با استفاده از اثر زیمن راستا و اندازه لکه‌های خورشیدی و نیز میدان مغناطیسی ستارگان را تعیین کرد؟
۲- علت شکافتگی خط زرد سدیم به دو ریز خط (و نه سه ریز خط) چیست؟
۳- اثر غیرعادی زیمن چه تفاوتی با اثر عادی زیمن دارد؟

مرتضی محمدزاده



Sample output to test PDF Combine only

# اثر فتوالکتریک

## هدف آزمایش:

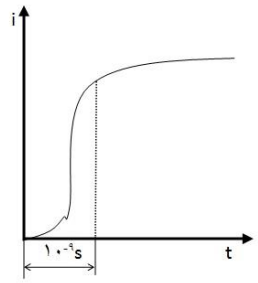
۱- مطالعه اثر فتوالکتریک- توجیه کوانتیده بودن انرژی
۲- اندازه‌گیری ثابت پلانک
۳- اندازه‌گیری تابع کار نمونه
۴- اندازه‌گیری فرکانس آستانه

آلبرت انیشتین (۱۸۷۹-۱۹۵۵) فیزیکدان آلمانی از برجسته‌ترین نوابغ عصر ما، به‌رغم دستاوردهای عظیم علمی خود به ویژه ارائه نظریه نسبیت، جایزه نوبل۱۹۲۱ را به خاطر توجیه اثر فوتوالکتریک دریافت کرد.

## تئوری آزمایش:

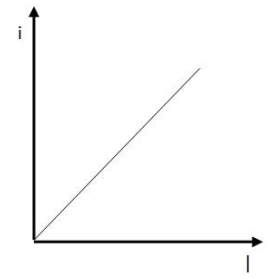
در سال‌های ۱۸۸۶ و ۱۸۷۷ هانریش هرتز اثر فوتوالکتریک را برای اولین بار مشاهده کرد. در آن زمان این پدیده، با استفاده از نظریه موجی نور غیرقابل توجیه بود. بعدها در سال ۱۹۰۵ انیشتین با ارائه نظریه کوانتیده بودن انرژی الکترومغناطیسی موفق به توجیه این پدیده شد.

بیرون اندازی الکترون‌ها از سطح یک فلز در اثر برخورد نور به آن، **اثر فوتوالکتریک** نامیده می‌شود. در عمل پس از ایجاد یک جریان فوتوالکترونی، آن را توسط یک اختلاف پتانسیل معکوس(ترمزی) متوقف می‌کنند و بدین وسیله انرژی فوتوالکترونها را اندازه می‌گیرند.



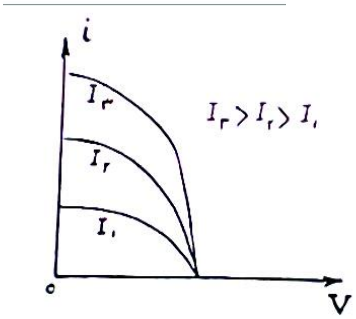

**جنبه‌های تجربی اثر فوتوالکتریک به قرار زیرند:**

۱- به محض تابش نور به سطح فلز فوتوالکترونها گسیل می‌شوند (حتی اگر شدت نور بسیار کم باشد). (شکل ۱)




۲- به ازای یک فرکانس نور تابشی($\nu$) مشخص و یک پتانسیل ترمزی($V$) ثابت (مثلاً صفر)، جریان فوتوالکترونی $i$ متناسب با شدت نور $I$ است. (شکل ۲)

۳- به ازای یک $\nu$ مشخص با افزایش $V$، $i$ کاهش می‌یابد و به ازای یک $V_0$ مشخص، جریان صفر خواهد شد. با افزایش شدت نور $I$، $i$ افزایش می‌یابد ولی در هر حال $V_0$ مقدار ثابتی است (بستگی به $\nu$ دارد). (شکل ۳)

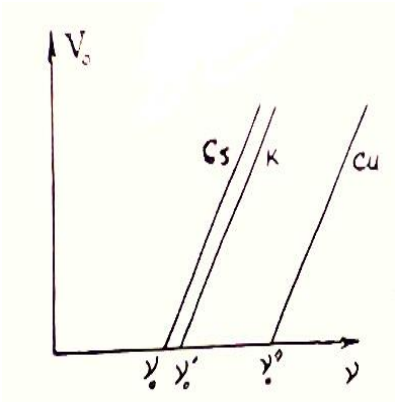



۴- برای هر فلز به ازای بسامد کمتر از $\nu_0$ مشخص (فرکانس آستانه) هر چقدر هم $I$ زیاد باشد، $i=0$ است ولی به ازای $\nu > \nu_0$ با افزایش $\nu$، $V_0$ افزایش می‌یابد. شیب نمودار برای همه فلزات ثابت است و برابر ثابت پلانک ($h$) می‌باشد. (شکل ۴)



Sample output to test PDF Combine only

$$\frac{1}{2} m v^2{}_{max} = e V_o = h (v - v_o) \qquad v > v_o$$
$$h v = e V_o + \Phi$$



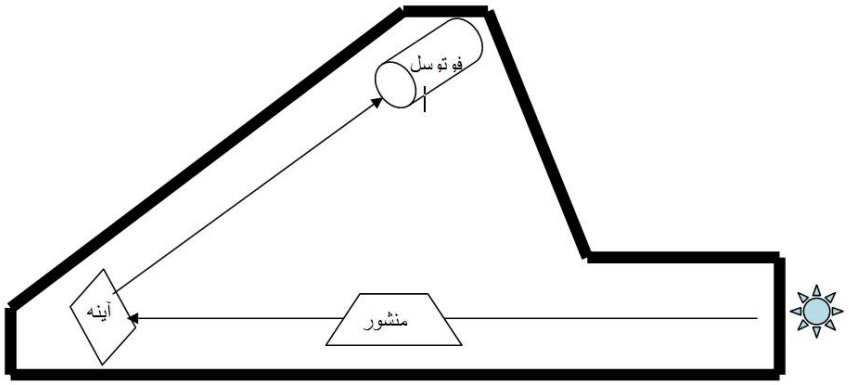

در رابطه فوق فرض شده است که انرژی فقط بین الکترون و فوتون مبادله می‌شود در حالی‌که برای حفظ بقای اندازه حرکت جسم سومی لازم است که در واقع شبکه بلوری به عنوان جسم سوم با انرژی بسیار ناچیز ولی تکانه قابل توجه پس می‌زند.

## روش آزمایش:

در این آزمایش با تاباندن چند نور مرئی موجود در طیف لامپ جیوه بر سطح یک فتوسل، جریان ضعیفی تولید می‌شود که ما آن را تقویت و اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس به وسیله یک ولتاژ معکوس جریان را صفر کرده و بدینوسیله $V_0$ را تعیین می‌کنیم.

## کارهای آزمایش:

۱- درپوش دستگاه را بردارید و به چیدمان وسایل مطابق شکل زیر دقت کنید. قبل از ادامه کار از درستی مدارهای مربوط به منبع های تغذیه و سیم اتصال زمین مطمئن شوید.




۲- منبع تغذیه لامپ جیوه را روشن کنید و چند دقیقه صبر کنید تا لامپ گرم شود.

۳- با تنظیم منشور و عدسیها وپیچ پشت آینه، طیف واضح و تفکیک شده نور لامپ جیوه را روی صفحه شکافدار که قبل از فوتوسل نصب شده، ببینید.



Sample output to test PDF Combine only

۴-اکنون فقط به یک رنگ نور اجازه دهید که از شکاف رد شود و روی فتوسل بتابد. درپوش دستگاه را به دقت روی آن قرار دهید.

۵- در حالی که دریچه وروی نور را در شیار قرار داده و جلوی عبور نور را گرفته‌اید، رینج تقویت کننده را روی عدد ۴ قرار داده و آن را روشن کنید. جریان آمپرمتر را با پیچ تنظیم وبا دقت زیاد وبه آرامی صفر کنید. سپس دریچه را از جلوی لامپ برداشته و جریان نشان داده شده را یادداشت کنید. این جریان به ازای $V=0$ می‌باشد.

۶- ولوم منبع ولتاژ را به آرامی افزایش داده، به ازای مقادیر مختلف $V$، $i$ را یادداشت کنید. هنگامی که عقربه میکروآمپرمتر به نزدیک صفر رسید و ثابت شد بیش از حد ولتاژ را زیاد نکنید.

۷-برای کلیه طول موجها (رنک های مختلف)جدول زیر را تشکیل دهید:

| زرد | | سبز | | فیروزه‌ای | | آبی | | بنفش | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda$=5780 (Å) $\nu$=۵/۱۹× ۱۰$^{۱۴}$ | | $\lambda$=5461 (Å) $\nu$ =۵/۴۹× ۱۰$^{۱۴}$ | | $\lambda$=4916 (Å) $\nu$=۶/۱۰× ۱۰$^{۱۴}$ | | $\lambda$=4358 (Å) $\nu$=۶/۸۸× ۱۰$^{۱۴}$ | | $\lambda$=4049 (Å) $\nu$=۷/۴۱× ۱۰$^{۱۴}$ | |
| $V$ (v) | $i$ (A) | $V$ (v) | $i$ (A) | $V$ (v) | $i$ (A) | $V$ (v) | $i$ (A) | $V$ (v) | $i$ (A) |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

۸-به ازای هر $\lambda$، $V_o$ را مشخص کنید.

۹-برای هر $\lambda$، منحنی $i$ بر حسب $V$ را رسم کنید.

۱۰-منحنی $V_o$ (ولتاژ صفرکننده جریان) بر حسب $\nu$ را رسم کرده و از روی آن $h$، $\Phi$ و $\nu_o$ را بدست آورید.

۱۱- خطای نسبی آزمایش را در تعیین ثابت پلانک بدست آورید.

**نکته**: برای هر $\lambda$ بایستی جداگانه جریان را صفر کرده و سپس آزمایش را ادامه داد.

## به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱. چرا با اینکه شدت نور قرمز بیشتر از نور بنفش است، در اثر تابش نور قرمز فوتو الکترونی صادر نمی‌شود؟

۲. تابع کار یک فلز را تعریف کنید. تابع کار به چه عواملی بستگی دارد؟

۳. چرا نتایج حاصله از آزمایش فوتو الکتریک با فیزیک کلاسیک مغایر است؟



Sample output to test PDF Combine only

# بررسی اثر هال در مس و روی

## هدف آزمایش :

مطالعه اثر هال در مس و روی و یافتن ضریب هال و بدست آوردن چگالی حامل های جریان و مقایسه علامت ولتاژ هال در مس و روی

دکتر ادوین هال(۱۹۳۸-۱۸۵۵). فیزیکدان آمریکایی که اثر هال توسط او در سال ۱۸۷۹ در حالی کشف شد که او دانشجوی دکترای دانشگاه جان هاپکینز در بالتیمر انگلیس بود.

## تئوری آزمایش:

هال در حال تحقیق بر تئوری جریان الکترون کلوین بود که دریافت زمانی که میدان یک آهنربا عمود بر سطح مستطیل نازکی از جنس طلا که جریانی از آن عبور می کند قرار گیرد، اختلاف پتانسیل الکتریکی در لبه های مخالف آن پدید می آید.

او دریافت که این ولتاژ متناسب با جریان عبوری از صفحه و چگالی شار مغناطیسی عمود بر صفحه است. اگر چه آزمایش هال موفقیت آمیز و صحیح بود ولی تا حدود ۷۰ سال پس از کشف آن، کاربردی خارج از قلمرو فیزیک تئوری از آن بدست نیامد.

با ورود مواد نیمه هادی در دهه ۱۹۵۰ اثر هال اولین کاربرد عملی خود را بدست آورد. در سال ۱۹۶۵ اورت ورتمن [1] و جان ماوپین [2] برای تولید یک سنسور حالت جامد کاربردی و کم هزینه از میان ایده های متفاوت ،اثر هال را انتخاب نمودند .علت این انتخاب جا دادن تمام این سنسور بر روی یک تراشه سیلیکن با هزینه کم و ابعاد کوچک بوده است. این کشف مهم ورود اثر هال به دنیای عملی و پر کاربرد خود در جهان بود.

اگر یک ماده هادی یا نیمه هادی که حامل جریان الکتریکی است در یک میدان مغناطیسی به شدت B که عمود بر جهت جریان عبوری به مقدار $I_l$ می باشد قرار گیرد، ولتاژی به مقدار U در عرض هادی تولید می شود. شکل (۱)

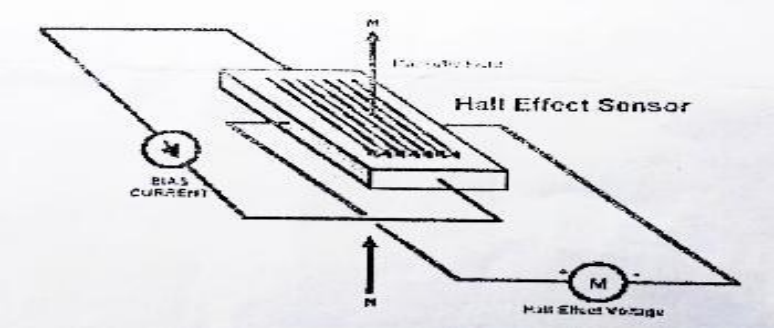
این خاصیت در مواد نیمه هادی نسبت به مواد دیگر بیشتر است و از آن در قطعات اثر هال تجارتی استفاده می شود .

[1]-Everett Vorthman
[2] -Joe Maupin



Sample output to test PDF Combine only

## اثر هال در مس و روی



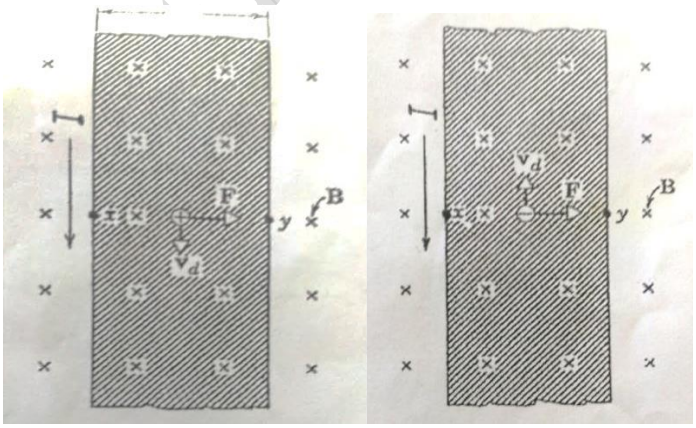

شکل (۱)

حامل های جریان اضافی روی یک لبه قطعه ظاهر می شوند. ضمن اینکه در لبه مخالف کمبود حامل اتفاق می افتد. این عدم تعادل بار باعث ایجاد ولتاژ هال میشود. و تا زمانی که میدان مغناطیسی حضور داشته و جریان بر قرار است، باقی می ماند.

اگر یک صفحه نازک فلزی (تابلو یا برد) به ضخامت d که حامل جریان طولی $I_l$ است در میدان مغناطیسی عمود بر جهت جریان قرار گیرد، حامل های بار تحت تاثیر نیروی

$$F = qV \times B \qquad (1)$$

قرار گرفته به سوی لبه نوار(در عرض) رانده می شود. به علت تمرکز بار در یکی از دو لبه رسانا یک اختلاف پتانسیل عرضی به نام ولتاژ هال بین دولبه بر قرار می شود. شکل(۲)




شکل(۲)

برای یک قطعه هادی مستطیل شکل با ضخامت d ولتاژ هال $U_H$ توسط رابطه زیر بدست می آید:(برای نحوه اثبات فرمول زیر به کتاب فیزیک۲ هالیدی فصل میدان مغناطیسی، بخش اثر هال مراجعه کنید).

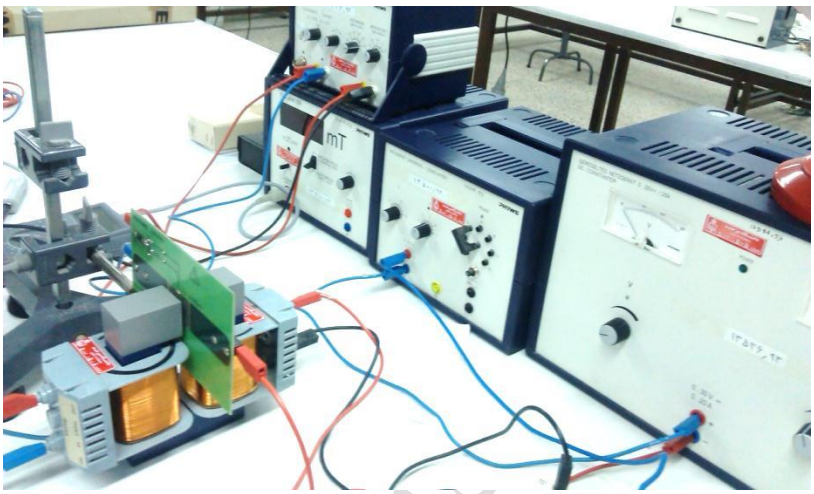


Sample output to test PDF Combine only

$$U_H = R_H \frac{I_l B}{d} \qquad (2)$$

که در آن: $R_H$ ضریب هال برای ماده مورد نظر، B چگالی شار مغناطیسی، $I_l$ شدت جریان طولی و d ضخامت صفحه رسانا(برگه هال) می باشد. از آنجا که ولتاژ هال بسیار کوچک و در حد میکرو ولت است، برای اندازه گیری آن(با ولت متر) یک تقویت کننده ولتاژ با ضریب بالا ضروری است.

شکل زیر نحوه چیدن وسایل مدار اندازه گیری ولتاژ هال را نشان می دهد:

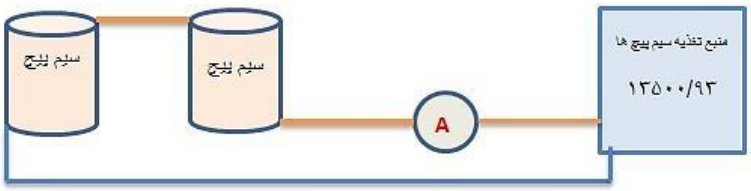


## روش انجام آزمایش:

## آزمایش (۱): اندازه گیری میدان مغناطیسی

سیم پیچ ها را روی بازو های هسته U شکل قرار دهید و آنها را به طور سری ببندید به طوری که قطبین مغناطیسی آنها مخالف یکدیگر شود. دو قطعه هسته مکعب مستطیل را روی هسته U در محل خود قرار دهید. پس از استقرار، فاصله بین دو هسته آهنی ۵ میلیمتر است.

مدار آزمایش (۱) را با راهنمایی شکل (۱) ببندید




شکل (۱)



Sample output to test PDF Combine only

تسلا متر (به شماره ۹۳/۱۳۶۱۰) را روشن کنید. منبع تغذیه سیم پیچها(به شماره ۱۳۵۰۰/۹۳) را روشن کرده و روی جریان کم (مثلا ۰/۴ آمپر)قرار دهید. (توجه : جریان را از آمپر متر بخوانید)
محافظ پروب تسلا متر را به صورت کشویی بیرون بیاورید و آنرا با دست خود در وسط دو هسته آهنی قرار دهید و عدد تسلا متر را بخوانید. جدولی (با حدود ۱۷ ستون و دو ردیف) تهیه کرده و مقادیر میدان مغناطیسی را به ازای تغییرات جریان(با فاصله های ۰/۲ آمپر) یادداشت کنید.

| **i (A)** | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B (m*T*)** | | | | | | | | | | | | | | | |

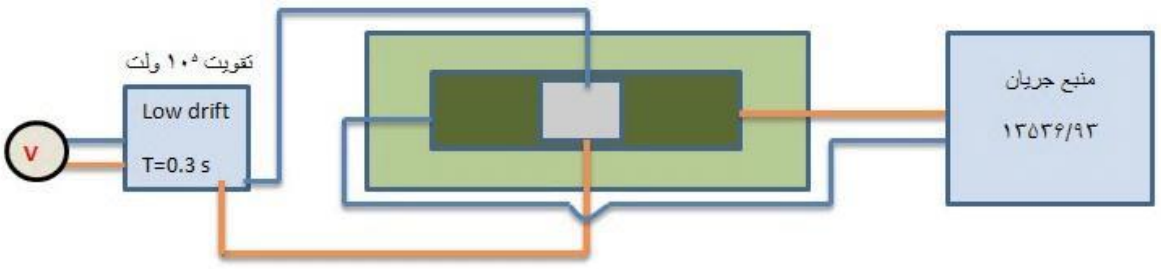
جدول (۱)

نمودار میدان بر حسب جریان را روی کاغذ میلیمتری رسم کنید. این نتایج در قسمت بعد به کار می رود.
منبع تغذیه را بوسیله پیچ ولتاژ(پیچ سمت چپ) صفر کنید.

## آزمایش۲– رسم منحنی ولتاژ هال بر حسب میدان مغناطیسی

ابتدا تقویت‌کننده ولتاژ (به شماره ۱۳۶۲۶/۹۳) را روشن کنید چون ۱۵ دقیقه زمان لازم دارید تا برای اندازه‌گیری دقیق آماده شود. و خطا به حداقل برسد.

یکی از تابلوهای هال (مثلا برد روی) را روی پایه نصب نمایید. (علامت ⚠ به سمت بالا قرار گیرد) و پایه مثلثی به هسته U شکل برخورد نکند. سپس تابلو را بین دو هسته آهنی قرار دهید طوری که مستطیل فلزی کاملا در فضای بین هسته‌ها و با فاصله یکسان از آنها قرار گیرد. (توجه: مستطیل فلزی به هیچ وجه به هسته‌ها برخورد نکند زیرا یک تماس کوچک ممکن است قطر d را تغییر دهد) در این حالت مستطیل فلزی عمود بر میدان مغناطیسی خواهد بود.
مدار آزمایش را مطابق شکل (۲) ببندید. راهنمایی: سیمهای رابطی که جریان طولی را تامین می‌کنند را از دو طرف تابلو هال به منبع جریان (با شماره ۱۳۵۳۶/۹۳) وصل نمایید. همچنین توسط دو سیم رابط بالا و پایین تابلو را به ورودی تقویت‌کننده وصل کنید. مشخصات تقویت کننده را طبق شکل تنظیم نمایید.




شکل (۲)



Sample output to test PDF Combine only

بدون اینکه منبع جریان روشن باشد ولتاژ ضعیف حاصل از یون‌های آزاد روی تابلو تقویت شده و ولتمتر عددی را نشان خواهد داد. با پیچ تنظیم صفر (روی تقویت‌کننده) ولتاژ خروجی را به ۱/۰۰ ولت برسانید. منبع جریان (به شماره ۱۳۵۳۶,۹۳) را روشن کنید. به کمک هر دو پیچ روی منبع، جریان را روی ۱۰ آمپر قرار دهید (برای خوانده جریان نیاز به آمپرمتر ندارید و عقربه روی منبع درست است.) چنانچه ولتاژ خروجی تقویت‌کننده تغییر کرد، از کارشناس آزمایشگاه بخواهید تا با استفاده از پتانسیومتر حساس روی تابلو ولتاژ ولتمتر را به همان ۱/۰۰ ولت قبلی برساند.

جربان منبع را بوسیله پیچ ولتاژ (سمت چپ) صفر نمایید. یک بار دیگر ولتمتر را روی ۱/۰۰ ولت تنظیم کنید. دوباره $I_l$ را روی ۱۰ آمپر ببرید. باید ولتمتر ۱/۰۰ ولت باشد.

کارهای فوق را چند بار دیگر تکرار کنید تا مطمئن شوید که ولتاژ خروجی با جریان طولی و بدون آن روی ۱/۰۰ ثابت می ماند. توجه کنید که در این مرحله جریان سیم پیچها (i) قطع است(میدان صفر است)

## شرح آزمایش:

بوسیله منبع، جریان طولی $I_l$ را به ۱۰ آمپر برسانید. (پیچ را به سمت راست بچرخانید)

جریان سیم‌پیچها را (با توجه به جدول ۱) برقرار کنید. به ازای هر مقدار از جریان اندکی صبر کنید تا ولتاژ هال ثابت شود سپس عدد ولتمتر را بخوانید.

اختلاف بین مقدار ولتاژ فعلی با عدد یک(۱/۰۰- عدد فعلی) تقسیم بر ضریب تقویت ($10^5$) ولتاژ هال خواهد بود. جدول زیر را کامل کنید. بدیهی است که مقادیر میدان (ردیف دوم) به کمک منحنی میدان مغناطیسی بر حسب جریان که در آزمایش۱ به دست آورده‌اید تعیین خواهد شد.

$I_l$=ثابت

| i(A) | ۰/۶ | ۰/۸ | ۱ | ۱/۴ | ۱/۶ | ۲ | ۲/۴ | ۲/۸ | ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B(mT) | | | | | | | | | |
| $U_H$(V) | | | | | | | | | |

نمودار تغییرات $U_H$ بر حسب B را رسم کنید. با توجه به اینکه ضخامت برگه روی $d=25\mu m$ است مقدار $R_H$ را بدست آورید. و از آنجا چگالی حامل‌های بار در رسانا را از رابطه (۳) $R_H = \frac{1}{ne}$ پیدا کنید.

## پرسش ها:



Sample output to test PDF Combine only

۱- با توجه به جهت میدان مغناطیسی و جهت جریان طولی در تابلو هال و تعیین پتاسیل بیشتر (در بالا یا پایین تابلو) نوع حاملهای بار را مشخص کنید.

۲- از آنجا که پهنای برگه حامل جریان ۲/۵ cm سانتیمتر است سرعت سوق حامل‌های بار را حداقل برای یک مقدار میدان B پیدا کنید.

## آزمایش۳– رسم منحنی ولتاژ هال بر حسب جریان طولی، در میدان ثابت

منبع جریان $I_l$ را صفر کنید. جریان منبع تغذیه سیم پیچها را روی عدد ثابتی قرار دهید. مثلا جریان ۳ آمپر (میدان مربوطه را با توجه به جدول ۱ معلوم کنید) حال با تغییر جریان طولی جدول زیر را کامل کنید.

مقدار ثابت=B

| $I_l$(A) | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_H$(V) | | | | | | | | | | |

جدول(۲)

نمودار $U_H$ بر حسب $I_l$ را رسم کنید.

با روش آزمایش قبلی n را حساب کنید.

مقادیر به دست آمده را با هم مقایسه کنید. مقدار اصلی را از جداول مرجع پیدا کرده و اختلاف را بدست آورید.

آزمایشهای ۲ و۳ را برای برگه مس (Cu) با ضخامت $d=18\mu m$ نیز انجام دهید.

توضیح آزمایش ۲ (نمودار ولتاژ هال بر حسب میدان):

در تغییرات $U_H$ بر حسب B: تقریبا برای افزایش هر ۵۰ میلی تسلا در میدان، ۲میکرو ولت تغییرات ولتاژ خواهیم داشت. یعنی با توجه به ضریب تقویت دستگاه، تغییرات ولتمتر ۰/۲ خواهد بود.

| ماده | $n/m^3$ | علامت $\Delta V_H$ | تعداد در هر اتم | |
|---|---|---|---|---|
| Cu | $11x10^{28}$ | منفی | 1.3 | |
| Zn | $19x10^{28}$ | مثبت | 2.9 | |



$$q\vec{E} + q\vec{V}_d \times \vec{B} = 0$$
$$E_H = V_d B$$
$$\Delta V_H = wE_H$$

Sample output to test PDF Combine only

# اثر هال در مس و روی

$$\Delta V_H = wV_d B = w\frac{j}{ne}B = \frac{IB}{tne}$$

$$n = \frac{IB}{et\Delta V_H}$$

$$j = enV_d$$

$$j = \frac{I}{A}$$

$$A = wt$$

مرتضی محمدزاده



Sample output to test PDF Combine only

# پدیده فاراده

## هدف آزمایش:

۱- مطالعه اثرفاراده

۲- تعیین ثابت وردت شیشه فلینت

مایکل فاراده (۱۷۹۱-۱۸۶۷) فیزیکدان انگلیسی ورئیس آزمایشگاههای علمی انجمن سلطنتی انگلیس، وی در زمینه آثار شیمیایی جریان الکتریسیته، موتورهای الکتریکی و تولید الکتریسیته از راه القائ مغناطیسی فعالیتهای درخشانی انجام داده است.

## تئوری آزمایش:

فاراده درسال ۱۸۴۵ به طورتجربی دریافت که اگر یک دی الکتریک همسانگرد در یک میدان مغناطیسی قرار داده شود و یک پرتو نور قطبیده خطی درامتداد میدان از ان عبور کند، چرخشی در صفحه قطبیدگی نور خروجی دیده می شود. به عبارت دیگر وجود میدان باعث می شود که دی الکتریک از لحاظ نوری فعال شود. زاویه $\Delta\theta$(برحسب دقیقه قوسی) که صفحه ارتعاش به اندازه آن می چرخد، از رابطه تجربی زیربدست می اید:

$$\Delta\theta=VBL$$

که در آن B شدت میدان مغناطیسی (معمولابرحسب گاوس) و L طول قطعه (برحسب سانتیمتر) که نور از آن عبور کرده است و V ضریب تناسب به نام ثابت وردت است. ثابت وردت برای یک قطعه خاص هم به دما و هم به طول موج بستگی دارد. بستگی آن به طول موج به صورت زیر است:

$$V(\lambda)=\frac{\Pi}{\lambda}\quad\frac{n^2-1}{n}\left(A-\frac{B}{\lambda^2-\lambda_0^2}\right)$$

که در آن n ضریب شکست قطعه و A و B و $\lambda$. پارامترهای ثابتی هستند.

مقدارV برای گازها از مرتبه $10^{-5}$ min/Gs cm و برای جامدات و مایعات از مرتبه$10^{-2}$ min/Gs. cm است. بررسی تئوری اثر فاراده مستلزم در نظر گرفتن فرضیه مکانیک کوانتومی پاشندگی از جمله اندرکنشهای اسپین- مدار و اثر میدان مغناطیسی بر روی ترازهای انرژی است. ولی می‌توان آن را با یک مدل کلاسیکی نیز بطور کیفی توجیه کرد.

## روش آزمایش:

در این آزمایش از نور لیزر به طول موج ۶۳۲۸Å استفاده شده که توسط یک پلاریزور قطبی میشود. پرتو لیزر فوق از یک قطعه شیشه فلینت عبور داده شده و سپس توسط یک آنالیزور مدرج، جهت صفحه قطبش نور خارج شده از شیشه فلینت مشخص می‌گردد(وضعیت تاریک). پس از برقراری میدان مغناطیسی، مجدداً جهت صفحه قطبش مشخص شده و میزان چرخش آن اندازه‌گیری می‌شود.

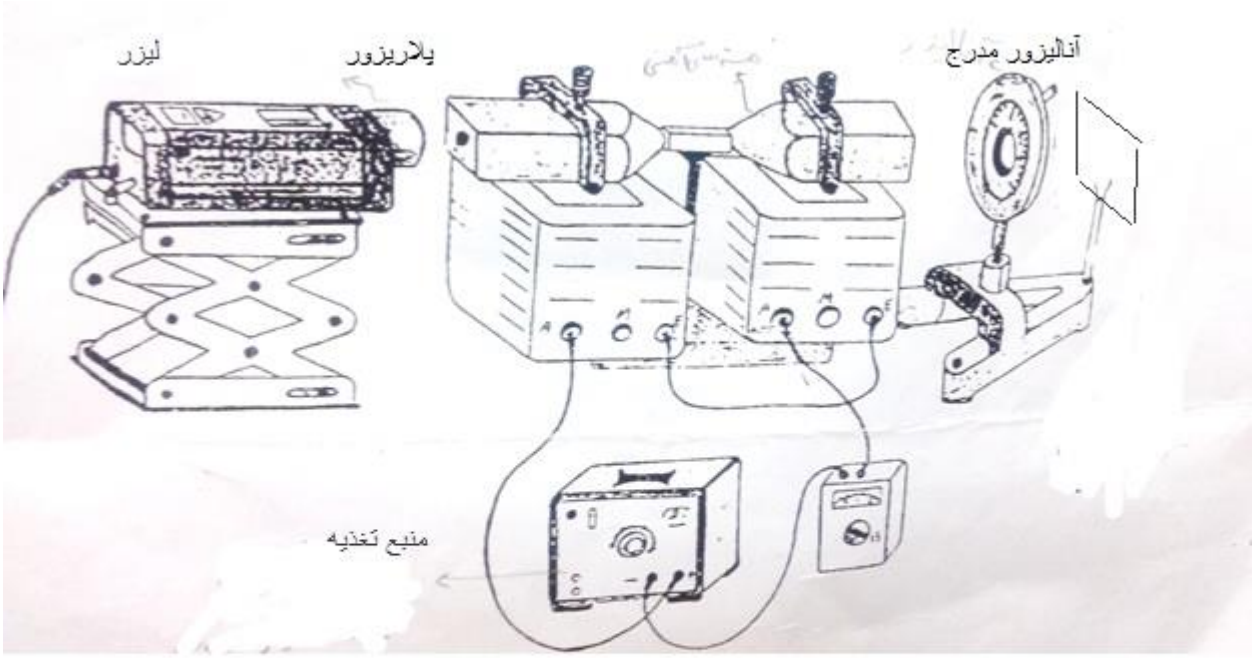


Sample output to test PDF Combine only

در این آزمایش از قطبهای مخروطی سوراخ دار استفاده می‌شود تا حتی المقدور میدان شدیدتری به وسیله الکترومگنت تهیه شود. این قطب‌ها باید به‌گونه‌ای به الکترومگنت محکم شوند تا بتوان از داخل سوراخ آنها نور را به موازات میدان مغناطیسی از قطعه عبور و مورد مطالعه قرار داد.

## کارهای آزمایش:

۱- وسایل آزمایش را مطابق شکل سوار کنید.




۲- وسایل را به‌گونه‌ای هم‌خط کنید که نور لیزر پس از عبور از سوراخ قطبهای مخروطی و شیشه فلینت و آنالیزور، منطبق بر شکاف فتوسل گردد.

۳- آنالیزور را آنقدر بچرخانید تا فتوسل تاریکترین وضعیت را نشان دهد (موقعیت A).

۴- منبع تغذیه الکترومگنت را روشن کرده و جریان عبوری را برابر ۲ آمپر تنظیم کنید. مشاهده می‌شود که با اعمال میدان مغناطیسی، وضعیت کاملا تاریک، کمی روشنتر می‌گردد. اکنون آنالیزور را به مقدار بسیار جزئی و به آهستگی بچرخانید تا دوباره به تاریکترین وضعیت برسید (موقعیت B). در این حال جریان و زاویه را یادداشت کنید.



Sample output to test PDF Combine only

۵- قطبین الکترومگنت را عوض کرده و با اعمال همان مقدار جریان قبلی، مجددا تاریکترین وضعیت آنالیزور را به دست آورید (موقعیت C ). زاویه بر با دقت دهم درجه است که باید تبدیل به دقیقه شود.

۶- موقعیت B و C را برای جریان‌های ۴ و۶ و۸ آمپر نیز بدست آورده و نتایج را در جدول صفحه بعد یادداشت کنید. (توجه کنید که موقعیت A در نتایج شما تأثیری ندارد و فقط عاملی برای چک کردن داده‌های بدست آمده است زیرا موقعیت A بایستی تقریبا وسط دو موقعیت B و C باشد).

| I(A) | B(G) | θ(موقعیت B) | θ(موقعیت C) | $2\,\Delta\theta = \theta_C - \theta_B(\,\mathrm{min})$ |
|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۳۳۰ | | | |
| ۴ | ۶۷۰ | | | |
| ۶ | ۱۱۱۰ | | | |
| ۸ | ۱۷۸۰ | | | |

مرتضی محمدزاده

۷- منحنی $\Delta\theta$ بر حسب B را رسم کرده و با استفاده از شیب منحنی بدست آمده ثابت وردت را بدست آورید. توجه کنید که مقادیر B در جدول فوق به ازای فاصله ۱۸/۶mm بین مخروط‌های الکترومگنت برقرار است.



Sample output to test PDF Combine only

# اندازه‌گیری $e/m$ الکترون

## هدف آزمایش:

۱- بررسی جنبه ذره‌ای الکترون
۲- بررسی حرکت الکترون در میدان مغناطیسی
۳- اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون $e/m$

جی جی تامسون(۱۹۴۰- ۱۸۵۶) فیزیکدان انگلیسی، استاد کاوندیش در کمبریج به خاطر پژوهش هایش در زمینه هدایت الکتریسیته در گازهای کم فشار جایزه نوبل ۱۹۰۶ را دریافت کرد.

## تئوری آزمایش:

در اثر تخلیه الکتریکی در گازهای کم فشار پرتویی درخشان از کاتد به سوی آند می‌تابد که آن را پرتو کاتدی می‌نامند.
ماهیت پرتو کاتدی چیست؟ بعضی فکر می‌کردند نوع جدیدی از نور است و برخی دیگر متقاعد شده بودند که باریکه‌ای از ذرات است. تامسون دستگاهی ساخت و میزان انحراف پرتو کاتدی را در میدان الکتریکی و مغناطیسی اندازه‌گیری کرد.
او از روی جهت انحراف باریکه تعیین کرد که بار آن منفی است. تامسون متقاعد شد که پرتوی کاتدی از ذرات تشکیل شده است و توانست با ترکیب میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در یک آزمایش سرعت و نسبت بار به جرم این ذرات را تعیین کند. در سال ۱۸۹۷ تامسون کشف خود را اعلام کرد و این ذرات را الکترون نامید.
در این آزمایش برای تعیین مقدار $e/m$ الکترون از حرکت الکترون در میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم.
هنگامی که در یک الکترون در اختلاف پتانسیل الکتریکی U شتاب می‌گیرد، سرعت آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$e\,U = \frac{1}{2}\,m\,v^2 \qquad (۱)$$

اکنون اگر این الکترون در میدان مغناطیسی عمود بر سرعت خود قرار گیرد. نیروی مغناطیسی وارد بر آن عبارت است از:

$$F = e\,V \times B \qquad (۲)$$

از آنجا که این نیرو بر بردار سرعت الکترون عمود است. الکترون یک مسیر دایره‌ای را می‌پیماید در این حالت نیروی جانب مرکز وارد بر الکترون توسط نیروی مغناطیسی $F$ تأمین می‌شود.

$$\frac{m\,v^2}{r} = F = e\,v\,B \qquad (۳)$$

از روابط (۱) و (۳) مقدار $e/m$ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{e}{m} = \frac{2\,U}{B^2 r^2} \qquad (۴)$$

که در آن r شعاع مسیر دایره‌ای الکترونها و B میدان در مرکز لامپ است.



Sample output to test PDF Combine only

## شرح دستگاه و روش آزمایش:

بخش اصلی دستگاه آزمایش یک لامپ پرتو کاتدی است. لامپ اشعه کاتدی شامل یک لامپ خلا (محتوی گازی با فشار کم) است که در آن دو پایانه کار گذاشته شده است. این پایانه‌ها به یک اختلاف پتانسیل الکتریکی وصل می‌شوند. پایانه منفی (کاتد) شامل یک رشته سیم است که در اثر عبور جریان ملتهب می‌شود و الکترون‌ها در اثر گسیل گرما یونی از آن خارج می‌گردند. این الکترون‌ها در پتانسیل الکترونیکی بین آند و کاتد شتاب می‌گیرند و پرتو کاتدی را تشکیل می‌دهند.

این لامپ توسط دو پیچه هلمهولتز احاطه شده است. این پیچه‌ها در مرکز لامپ یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی، عمود بر راستای حرکت الکترون ایجاد می‌کنند. اگر $N$ تعداد دورهای هر پیچه، $I$ جریان عبوری از پیچه‌ها و $R$ شعاع آنها باشد میدان مغناطیسی در مرکز لامپ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_o NI}{R} \times \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (۵)$$

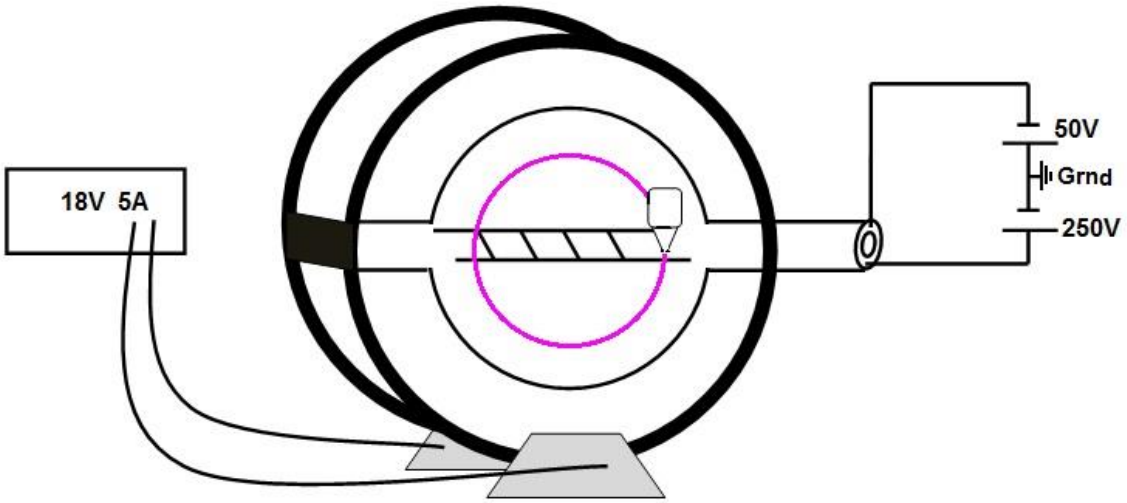
که در آن $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ثابت گذردهی خلا است.

الکترونها تحت تأثیر این میدان مغناطیسی مسیری دایره‌ای را می‌پیمایند که شعاع آن را می‌توان به وسیله شاخص نردبانی شکلی که در لامپ نصب شده تعیین کرد و بدین ترتیب با معلوم بودن پتانسیل شتاب‌دهنده به الکترون، میدان مغناطیسی و شعاع دایره مسیر الکترون $e/m$ محاسبه خواهد شد.

## کارهای آزمایش:

۱- وسایل آزمایش شامل لامپ کاتدی و پیچه‌های هلمهولتز، منبع تغذیه لامپ و پیچه‌ها، ولتمتر و آمپرمتر را مطابق شکل (۱) سوار کنید:

-فیلامان را به ولتاژ ۶/۳ ولت وصل کنید.






Sample output to test PDF Combine only

-آند را به قطب مثبت منبع تغذیه (۲۵۰-۰ ولت) و کاتد را به قطب منفی منبع تغذیه (۵۰-۰ ولت) و دو منبع تغذیه را با هم سری کنید. (برای این منظور باید قطب منفی منبع تغذیه اولی را به قطب مثبت دومی متصل کرد)

-سرمشترک دو منبع تغذیه را به Grid وصل کنید. ولتمتر را با آند و کاتد به طور موازی در مدار قرار دهید.

-پیچه‌های هلمهولتز را به همراه یک آمپرمتر با منبع تغذیه سری کنید. دقت کنید که حتما فیش ۱ به ۱ یا ۲ به ۲ وصل شود.

۲-پس از اطمینان از درستی اتصالات توسط کارشناس آزمایش لامپ کاتدی را روشن کنید. ولتاژ آند کاتد را مطابق اولین مقدار داده شده در جدول زیر تنظیم کنید. باریکه الکترون را (به رنگ بنفش) ببینید.

۳-جریان را در پیچه برقرار کنید. باریکه دایره ای میشود. به ازای جریان‌های مختلف به کمک شاخص نردبانی درون لامپ شعاع دایره پرتو کاتدی را تعیین کنید و نتایج را در جدول زیر بنویسید: (فاصله هر دو میله شاخص نردبانی ۲cm است)

| U=120 v | | U=140 v | | U=200 v | | U=250 v | | U=280 v | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I (A) | r(m) | I (A) | r(m) | I (A) | r(m) | I (A) | r(m) | I(A) | r(m) |
| | 0/02 | | 0/02 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0/03 | | 0/03 | | 0/03 | | 0/03 | | 0/03 |
| | 0/04 | | 0/04 | | 0/04 | | 0/04 | | 0/04 |
| | 0/05 | | 0/05 | | 0/05 | | 0/05 | | 0/05 |

۴-با استفاده از روابط (۴) و (۵) می‌توان رابطه I را با U و r به صورت زیر نوشت:

$$I = \sqrt{\frac{2\,U}{A^2(e/m)}} \times \frac{1}{r} \qquad , \qquad A = \frac{\mu_o N}{R} \times \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}}$$

به ازای هر مقدار پتانسیل آند-کاتد(U) نمودار تغییرات I بر حسب $\frac{1}{r}$ را روی کاغذ میلیمتری رسم کنید. دستگاه مورد استفاده شما در این آزمایش، دارای پیچه هلمهولتز با N=154 دور و بشعاع R=20 cm است.

۵-به کمک شیب هر نمودار در هر مورد مقدار e/m را به دست آورید. خطای نسبی آزمایش را محاسبه کنید.

## سؤالات:

۱-چگونه الکترون را در لامپ اشعه کاتدی می‌توان مشاهده کرد؟

۲-شرط مسیر دایروی الکترون چیست؟ اگر این شرط برقرار نباشد، مسیر الکترون چگونه است؟

۳-حدود سرعت الکترون چقدر است؟ آیا نباید از روابط نسبتی استفاده کرد؟

۴-افزایش ولتاژ و جریان، هر یک چه اثری در شعاع دایره مسیر دارند و چرا؟

۵- در شرایط زیر آیا نتایج آزمایش تغییر می‌کند؟ از گاز به جرم اتمی بیشتر استفاده شود، فشار گاز بیشتر شود.



Sample output to test PDF Combine only