

بسمه تعالی

برای گرفتن نتیجه بهتر و نگهداری از وسایل آزمایش لطفاً به نکات زیر توجه کنید.

قبل از اینکه دستور کار هر آزمایش بطور کامل و با دقت بخوانید، اقدام به انجام آزمایش نکنید.

قبل از اینکه دستگاه‌ها را به برق متصل کنید مطمئن شوید خروجی دستگاه صفر و یا در حدود دلخواه است.

برای اعمال جریان و یا ولتاژ مورد نظر در مدار کوشش کنید، افزایش قدرت منبع بتدریج صورت بگیرد و در طی

عمل دقت کنید جریان و یا ولتاژ بیشتر از برد انتخاب شده از دستگاه‌های اندازه‌گیری نگذرد.

اگر در حین آزمایش احتیاج به تغییر اتصالات مدار پیدا شد قبل از خاموش کردن دستگاه‌ها اقدام به اینکار

نکنید. چون ممکن است این تغییر باعث افزایش شدید جریان در شاخه دیگری از مدار شود که آسیب رسان

باشد. از روشن نگهداشتن بی‌مورد دستگاه‌ها خودداری کنید .

به یاد داشته باشید همیشه برای قطع جریان از مدار ثانویه ترانسفورماتور باید جریان را از مدار اولیه قطع کنید.

به نام خدا

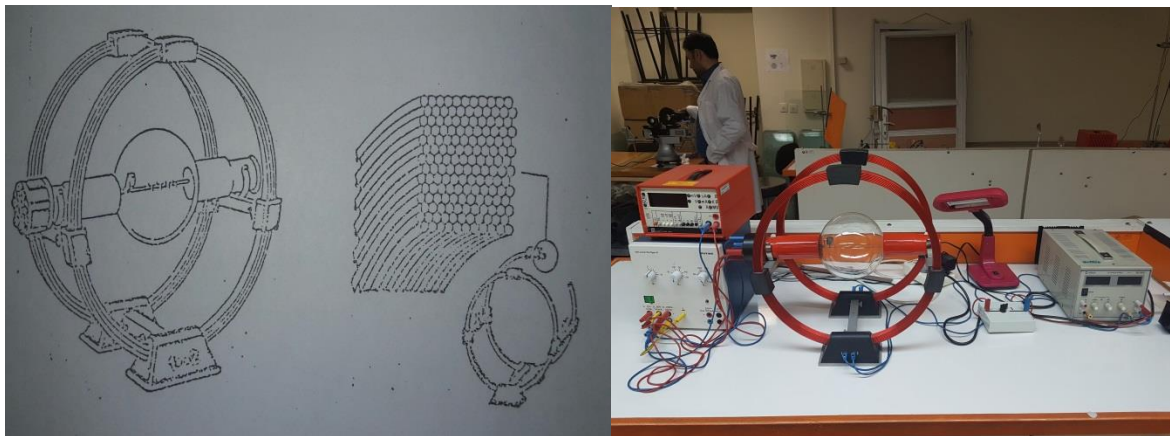
فهرست آزمایش ها

شماره	آزمایش	صفحه
۱	اشعه کاتودیک-محاسبه e/m الکترون	۲
۲	کوانتایی بودن بار-آزمایش میلیکان با میدان ثابت	۹
۳	کوانتایی بودن بار-آزمایش میلیکان با میدان متناوب	۱۴
۴	بیناب اتم هیدروژن-اندازه گیری ثابت ریدبرگ	۲۰
۵	اثر فوتو الکتريک-اندازه گیری ثابت پلانک	۲۳
۶	آزمایش فرانک-هرتز	۲۵
۷	پراش الکترون	۳۴
۸	کامپتون	
9	رادرفورد	
10	مایکلسون	

آزمایش اشعه کاتودیک (محاسبه نسبت بار به جرم الکترون)

۱-منظور از آزمایش

با بکار بردن سیستمی مطابق شکل یک، که از یک قرقره هلمهلتز (۱) برای ایجاد میدان مغناطیسی، و یک لامپ اشعه کاتودیک (با پرتو باریک) تشکیل شده است .
بار الکترون‌ها را هنگام گذشتن از یک میدان مغناطیسی همگن ، مشاهده می‌کنیم.



برای مرئی کردن مسیر الکترون‌ها در لامپ، از پدیده ترکیب مجدد اتم‌های یونیزه شده استفاده می‌شود.
با این دستگاه همچنان می‌توان نسبت e/m (نسبت بار به جرم الکترون) را برای الکترون‌های کم انرژی محاسبه کرد.

۲- اساس کار لامپ:

اساس کار لامپ اشعه کاتودیک (با پرتو باریک) بر این پایه است :

از یک تفنگ الکترونی که از کاتد، با فیلامان داغ، شبکه و آند تشکیل شده است: تابه‌ای از الکترون به فضای داخل لامپ که از یک گاز کمیاب نادر با فشار تقریبی 10^{-2} تا 10^{-3} میلی متر جیوه پر شده است گسیل می‌شود. الکترون‌ها در مسیر خود با اتم‌های گاز برخورد کرده و آنها را یونیزه می‌کنند. بنابراین مسیر الکترون‌ها با روشنایی حاصل از ترکیب مجدد اتم‌های یونیزه شده مشخص می‌شود. الکترون‌های ثانویه تولید شده توسط برخورد به اتم‌های خنثی تابه را رها می‌کنند، ولی یونهای مثبت که تعدادشان زیاد و سرعتشان کم است عقب می‌مانند، تحت تاثیر این فضای بار (مثبت) نیروی شعاعی بر محور تابه اثر می‌کند که باعث کانونی شدن می‌گردد.

در ضمن وجود این فضای بار مثبت، صدور الکترون را از کاتد داغ، تسهیل می کند. بنابر این وجود ولتاژ شتاب دهنده‌ای حدود ۳۰۰ - ۱۵۰ ولت کافی است .

۳- تئوری:

الف: محاسبه:

اگر لامپ اشعه کاتودیک را به ترتیبی در میدان مغناطیسی قرار دهیم که الکترون‌های تشکیل دهنده تا به اصلی سیستم را در جهت عمود بر میدان مغناطیسی ترک کند. در این صورت نیرویی که بر الکترون‌های اصلی وارد می شود متناسب است با سرعت آنها (V) و بزرگی میدان مغناطیسی:

$$F = eV\beta$$

تحت تاثیر این نیرو، باریکه الکترون منحرف شده و شکل یک کمان از دایره- در صورتی که بزرگی میدان مغناطیسی به اندازه کافی باشد، به صورت یک دایره کامل - درخواهد آمد و در صورتی است که این نیروی مغناطیسی با نیروی گریز از مرکز برابر باشد یعنی:

$$eV\beta = \frac{mv^2}{r}$$

مقدار سرعت V را از رابطه بالا به دست می آوریم .

$$V = \frac{e}{m}\beta r$$

با برابر قراردادن این مقدار سرعت با آنچه که از معادله انرژی به دست می آید خواهیم داشت:

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

$$\frac{e}{m} = \frac{2u}{r^2\beta^2}$$

در رابطه بالا، U پتانسیل شتاب دهنده (ولتاژ بین کاتد و آند) برحسب ولت r شعاع دایره حاصل بر حسب متر و β ولت ثانیه بر مترمربع است و $\frac{e}{m}$ برحسب آمپر ثانیه بر کیلوگرم می باشد. بنابراین چنانچه تمام مقادیر سمت راست معادله بالا اندازه گیری شود مقدار $\frac{e}{m}$ قابل مقایسه خواهد بود.

ب: محاسبه اندوکسیون میدان مغناطیسی در مرکز قرقره هلمهلتز

سیستم هلمهلتز-گاجین (Helmholts-googin) که برای ایجاد یک میدان مغناطیسی یکنواخت (همگن) به کار می رود عبارتست از، دو هادی دایروی شکل برابر، که به فاصله ای برابر شعاعشان درست در مقابل یکدیگر قرار دارند و از هر دو یک جریان عبور می کند.

چنانچه به جای به کاربردن یک هادی دایروی شکل از گردش چندین دور سیم برای هر یک از دایره ها استفاده شود همگن بودن میدان مغناطیسی چندان بهم - به شرط آنکه شعاع هر یک ؟ فاصله آنها از یکدیگر را برابر شعاع میانگین از دایره ها قرار دهیم.

ان اندوکسیون مغناطیسی β در داخل فضای بین چنین سیستمی، با شعاع میانگین (بر حسب متر) و تعداد I دور برای هر یک از قرقره ها و جریان I و آمپر)، رابطه زیر محاسبه می شود.

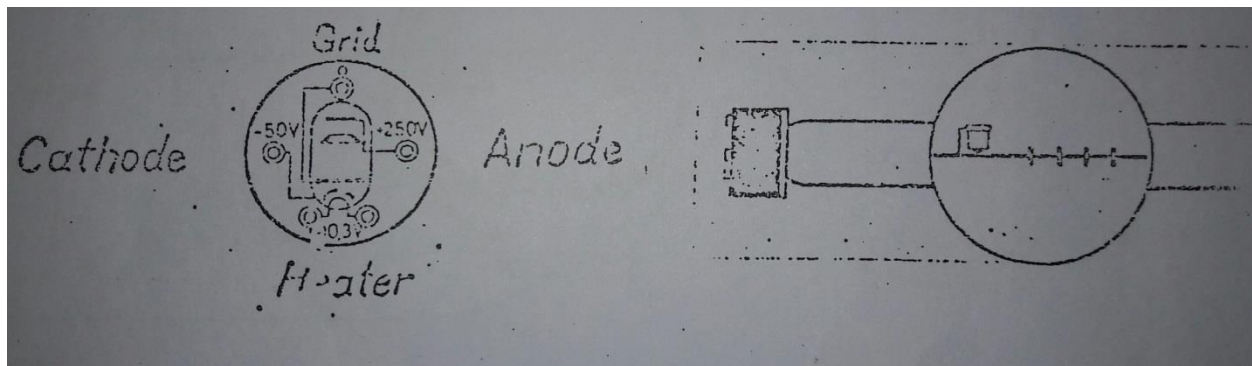
$$\beta = \frac{\mu \times 0.715 \times n}{R} \times I \quad \left[\frac{\text{Volt. Sec}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\mu = 1.256 \times 10^{-6} \quad \left[\frac{\text{Volt. Sec}}{\text{A. m}} \right]$$

مختصری از ویژگی های سیستم

الف: لامپ اشعه کاتودیک

این لامپ، شامل یک حباب شیشه ای $170 * 180$ میلیمتر است که از دو طرف توسط پلاستیکی که تفنگ الکترونی را در میان دارند محدود شده است. بر روی یکی از این پوششها (پوشش تفنگ الکترونی) شعاع کلی مدارات، محل اتصال و مقدار هایی که باید لامپ اعمال شود مشخص شده است. (شکل ۲)



چهار نشانه فلزی کوتاه که در مرکز حباب شیشه‌ای تعبیه شده امکان می‌دهد، شعاع دایره تابشی را بدون اشتباه معین کرد، بدین ترتیب که با قراردادن دایره روی هر یک از این نشانه‌ها، شعاع‌های ۲، ۳، ۴، ۵ سانتیمتر خواهیم داشت. این نشانه‌ها از یک ماده قوی فلئورسان پوشیده شده است، بنابراین اگر آنها را تحت تابش یک نور قوی قرار دهیم تا مدتی حتی در اتاقی کاملاً تاریک می‌توان نشانه‌ها را به راحتی مشاهده نمود.

ب: قرقره هلمهولتز:

قرقره هلمهولتز از دو قرقره مشابه با مقاومت $\frac{1}{2}$ اهم و شعاع میانگین ۲۰ سانتی متر تشکیل یافته است. انتهای دو سر قرقره آزاد گذاشته تا به توان قرقره‌ها را به طور موازی و یا سری، بر حسب احتیاج به هم وصل کرد.

شماره‌گذاری محل‌های اتصال قرقره، مثلاً شماره (۱) برای ورودی (۲) برای خروجی، برای اتصال درست سیم پیچ‌ها مفید است. قرقره، دارای ۱۴ لایه شامل ۱۱ دور است. بنابراین تعداد کل دورها در قرقره دارای ۱۴ لایه و هر لایه ۱۱ دور است، بنابراین تعداد کل دورها در هر قرقره ۱۵۴ می‌باشد.

۵- طرز بهم بستن سیستم:

شکل کلی مدار بعد از بستن اتصال‌ها برابر شکل (۴) خواهد بود (وسایل آزمایش در انتهای دستور کار لیست شده است) ترتیب این اتصال‌ها به صورت زیر است:



شکل ۴

الف: اتصال های لامپ:

با استفاده از سیم هایی با رنگ های مختلف، لامپ را مطابق جدول زیر به منبع ولتاژ وصل کنید.

منبع ولتا	لامپ
به اتصال 250 V	+250
به مجموعه سری شده ولتاژ های ۳ و ۴ و ۶ ولت متناوب	جفت سیم گرم کننده
به ولت قسمت V	شبکه (OV)
به ولت قسمت (0 V.....-50)	کاتد (-50 V)

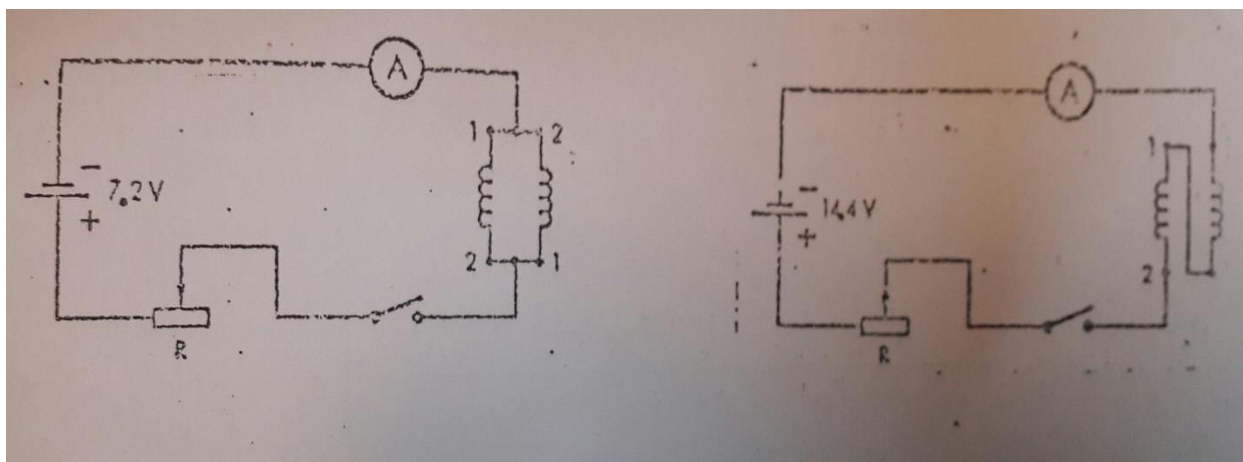
با ولتاژ مستقیم مناسب نیز می توان کاتد را گرم کرد.

بخش صفر ولت، مربوط به 0.....-50 و 0.....250V نیز باید بهم مربوط شوند ولتاژ شتاب دهنده (اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند) که نیز برای محاسبه سرعت و انرژی الکترون ها به کار می رود توسط یک ولت متر که به محل های ۵۰- و ۲۵۰+ ولت مع تغذیه وصل می شود اندازه گیری می شود.

ب: قرقه هلمهولتز:

جریان مورد نیاز این قرقه، توسط دو باتری نیکل – کادمیوم که هر یک دارای ۷/۲ نیروی محرکه هستند و یا هر منبع دیگری که ولتاژ کاملا مستقیم بدهد تامین می شود دو قرقه توسط یک مدار شامل باتری رئوستای ۱۰ اهمی، کلید و یک آمپر متر بهم وصل می شوند. بسته به اینکه یک یا دو باطری در اختیار باشد، دو قرقه به صورت سری یا موازی بهم بسته می شوند.

اگر دو قرقه به صورت سری بهم بسته شوند این شرط که دو قرقه دارای یک جریان متفاوتند، کاملا تامین می شوند و این جریان را می توان توسط آمپر متر اندازه گیری کرد.



شکل ۳ - ب

شکل ۳ - الف

۶- طرز کار و اندازه گیری:

قبل از روشن کردن دستگاه مطمئن شوید، پتانسیومترهای منبع تغذیه، روی صفر قرار داشته باشند، یعنی ولتاژی به آند و کاتد لامپ وقتی که گرم کننده را روشن می‌کنید وصل نباشد. این عمل از خراب شدن سطح کاتد در زمان گرم شدن جلوگیری می‌کند.

پس از حدود ۳ دقیقه که برای گرم شدن کاتد لازم است، هر دو پتانسیومتر (ولتاژ کاتد و آند) را افزایش دهید و در محلی به اندازه کافی تاریک، الکترون را (جای پای الکترون ها را) مشاهده کنید.

با تغییر ولتاژ آند و کاتد به تابه، درخشندگی مناسب بدهید. کوشش کنیم بی جهت مدت طولانی ولتاژ به آند و کاتد اعمال نکنید (پتانسیل متر را صفر کنید) این مساله برای محاسبه نسبت e/m روند زیر را اجرا کنید:

- ۱ - پس از زمان گرم کردن کاتد (۳ دقیقه) باریکه اشعه مناسب را با انتخاب ولتاژ شتاب دهنده بدست آورید.
- ۲ - نشانه‌های فلزی را برای اندازه‌گیری شعاع دایره‌ها، درون حباب شیشه‌ای قرار گرفته‌اند با نوری شدید ، به مدت کوتاه تحت تابش قرار می‌دهیم.

۳ - جریان قرقره‌ی هلمهولتز را برقرار کنید و مشاهده کنید که چگونه تابه تحت تاثیر میدان مغناطیسی یکنواخت، مسیر دایروی پیدا می‌کند.

۴ - لامپ را به آهستگی آنقدر بچرخانید تا الکترون‌هایی که از تفنگ الکترونی خارج می‌شود کاملاً عمود بر میدان مغناطیسی باشد تا چنانچه میدان مغناطیسی به اندازه کافی باشد یک دایره کامل تشکیل دهد.

۵ - توسط رئوسا، جریان قرقره را طوری تغییر دهید تا دایره ای منطبق بر یکی خانه‌ها بدست آورید بدین ترتیب دایره‌ای به شعاع ۲ یا ۳ یا ۴ یا ۵ سانتی متری خواهید داشت.

مقدار جریان دو قرقره که برای ساختن دایره‌ای به شعاع ۲ لازم است از آمپر ولتاژ شتاب دهنده را از ولت متر بخوانید به این ترتیب مقادیر لازم برای محاسبه بار به جرم الکترون را از معادله ۲ در اختیار خواهید داشت.

۷- ابیراهی آزمایش:

آنچه در در نظر اول از معادله ۲ استنباط می‌شود این است که دقت در محاسبه $\frac{e}{m}$ را به دقت r و B که با توان ۲ در معادله ظاهر شده‌اند بستگی دارد.

شعاع ۲ با دقت کافی توسط نشانه‌های فلزی موجود در دستگاه به دست می‌آید بنا بر این اشتباه روی مقدار r می‌تواند کمتر از ۱ درصد باشد. باید توجه داشت شعاع دایره‌ای که پرتو می‌سازد علاوه بر ولتاژ شتاب دهنده به جریان عبوری از قرقره‌ها نیز بستگی دارد.

بزرگی اندوکسین مغناطیسی B تابعی از جریان قرقره است. بنابراین دقت $\frac{e}{m}$ شدیداً وابسته به دقت اندازه‌گیری جریان قرقره است.

آزمایش میلیکان به روش میدان ثابت :

ابتدا وسایل آزمایش را مطابق شکل به هم وصل کنید (با استفاده از آنچه در بخش ۱-۲ گفته شد لیست وسایل به کار رفته در انتهای همین بخش موجود است) و برابر آنچه که در بخش ۳ گفته شد آن را میزان کنید.



شکل ۶: نمای کلی آزمایش میلیکان به روش میدان ثابت

در این روش مقدار بار پایه (بار الکترون) و کوانتایی بدون بار مشخص می شود بدین ترتیب که با استفاده از دو زمان سنج که به جعبه کنترل متصل شده سرعت های V_1 و V_2 مربوط به حرکت به سمت بالا و پایین یک قطره روغن باردار در فضای بین دو صفحه خازن، اندازه گیری می شود.

هنگامی که میدان الکتریکی $E = \frac{U}{d}$ اعمال شود سرعت قطره روغن تحت تاثیر میدان الکتریکی وقتی که در جهت میدان گرانشی حرکت می کند V_1 می باشد و V_2 سرعت قطره است وقتی که نیروی الکتریکی در جهت عکس نیروی گرانشی باشد.

مقدار بار ذره ($q = n \cdot e$) با استفاده از مقادیر بدست آمده V_1 و V_2 از رابطه زیر محاسبه می شود (به پیوست

$$e \cdot n = c \frac{(V_1 + V_2)}{U} \cdot \sqrt{V_1 - V_2} \quad (\text{یک مراجعه کنید}):$$

که مقدار ثابت C در رابطه بالا برابر است با:

$$C = \frac{q}{2} \pi \sqrt{\frac{d^2 n^3}{\rho g}}$$

مقادیر و واحد های پارامتر های بالا در جدول یک گرد آوری شده است:

جدول شماره یک:

سرعت	V_1 i V_2	$m \cdot sec^{-1}$
شعاع ذره	R	M
اختلاف پتانسیل خازن	Δu	V
بار روی ذره	n.e	$\frac{kpm}{v} = 9.81(A \cdot sec)$
ویسکوزیته هوا	$N_1 = 20^c = 1.85510^{-6}$	$Kp \cdot sec \cdot m^{-2}$
فاصله صفحات خازن	$d = (2.5 \pm 0.01) 10^{-3}$	M
دانسیته ذره (پارافین)	$\zeta = 89.8$	$Kp \cdot sec^2 \cdot m^{-4}$
شتاب سقوط آزاد	$g = 9.81$	$m \cdot sec^{-2}$
مسافت سقوط	$s = 6.10^{-4}$	M

روش کار:

بعد از آنکه قطره روغن باردار وارد فضای بین دو صفحه خازن گردید حرکاتی را که تحت تاثیر میدان گرانشی و الکتریکی انجام می دهد توسط میکروسکوپ مشاهده می کنیم.

جهت میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه خازن به مثبت یا منفی بودن بار هر یک از صفحات بستگی دارد که می توان آن را با کلید (۱f) در جعبه کنترل، با پایین و بالا بردن آن تغییر داد. مقدار پتانسیل اعمال شده بر صفحات خازن نیز توسط پتانسیومتر (1b) قابل تنظیم است.

از میان ذرات روغنی که مشاهده می کنید یکی را که جرم آن به اندازه کافی بزرگ است و به راحتی بدون تاثیر میدان الکتریکی سقوط آزاد انجام می دهد انتخاب کنید.

با تغییر قطب خازن، ذرات روی درجات میکرومتر میکروسکوپ به بالا و پایین حرکت می کنند و زمان های t_1 و t_2 مربوط به زمان صعود و سقوط ذره اندازه گیری می شود اگر نسبت زمان صعود به سقوط حدود (۱/۵۱) یا بزرگتر باشد مربوط به حالتی است که ذره انتخاب شده دارای جرم زیاد و بار کم است. ذراتی را که نسبت این دو زمان برای آنها حدود یک است برای انجام آزمایش انتخاب نکنید. با استفاده از پتانسیومتر 1b ولتاژ مستقیم را چنان انتخاب کنید که (زمان سقوط) از ۲ ثانیه کمتر نباشد.

با کاربرد مناسب تغییر قطب دهنده ذره روغن را در زیر پایین ترین خط میکرومتر در جاییکه به راحتی دیده شود قرار دهید بعد از انجام این کار کلید 1b را در وسط قرار دهید در این صورت ولتاژ، از روی دو صفحه خازن برداشته می شود. در این حال ذره تحت تاثیر میدان گرانشی شروع به پایین رفتن می کند در طی این زمان دکمه 1L را برای راه اندازی و قطع زمان سنج در موقعیت (EIN) یعنی روشن قرار دهید.

در لحظه ای که قطره به پایین ترین خط درجه میکرومتر رسید با تغییر قطب مناسب، ولتاژ انتخاب شده برای دو سر خازن را به آن اعمال کنید و هم زمان یکی از دو زمان سنج مثلا A را روشن کنید تا ذره به بالاترین حد برسد (زمان سقوط) در این موقع قطب های خازن را عوض کنید و بلافاصله زمان سنج B را روشن کنید و A را خاموش کنید (برای اندازه گیری t_2 زمان صعود) این عمل خاموش و روشن کردن متناوب زمان سنج را در نقاط بالا و پایین آنقدر ادامه دهید تا قطره روغن پنج یا ده بار صعود و نزول انجام دهد. پس از اتمام کار کلید 1f را در وسط و دکمه ۱ را برای بطع کنترل زمان سنج ها در موقعیت خاموش (AUS) قرار دهید در این حال هر یک از زمان

سنجها، مجموع زمان‌های سقوط و نزول را به تفکیک به دست می‌دهند، با تقسیم هر یک از این زمان‌ها بر تعداد حرکات (نزولی و صعودی) زمان مربوط بدست می‌آید (t_1 و t_2) و با دانستن فاصله بین حد پایین و بالای درجه میکرومتر، سرعت‌های V_1 و V_2 محاسبه می‌شوند.

برای تحقیق اینکه، بار کوانتایی تغییر می‌کند می‌باید این آزمایش را چندین بار با دقت انجام داده و مشاهده نمود که تمام مقادیر بار بدست آمده مضارب درست از یک مقدار مشخص هستند.

پیوست یک: محاسبه بار به روش میدان ثابت

۱- ذره ای باردار، به جرم m و بار q هنگام حرکت در فضای بین صفحات خازن یکان و در حضور میدان الکتریکی E چهار نیروی زیر را تحمل می‌کند:

نیروی وزن حاصل از میدان الکتریکی mg

۲- نیروی الکتریکی حاصل از میدان الکتریکی qE

نیروی مقاومت هوا (در سرعت‌های کم) متناوب با سرعت KV

نیروی ارشمیدوس ناشی از وجود ذره در سیال (هوا) $\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_a g \rightarrow$

یک محاسبه ساده می‌توان نشان داد، نیروی ارشمیدوس در مقابل بقیه نیروها بسیار کوچک و قابل چشم‌پوشی است. ضریب k در نیروی مقاوم هوا با استفاده از فرمول استوکس (stokes) که برای بیان حرکت اجسام کروی شکل در هوا داده شده این صورت محاسبه می‌شود:

$$K = 6\pi\eta R \quad (1)$$

که شعاع R ذره و η ضریب چسبندگی (ویسکوزیته) هواست.

پس از مدت کوتاهی به علت افزایش ذره و در نتیجه افزایش نیروی مقاومت هوا ذره سرعت حد می‌رسد (مجموع نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود) بنابراین V_1 سرعت به قسمت پایین ذره هنگامی که نیروی وزن و نیروی الکتریکی، هم جهت باشند در رابطه زیر صدق می‌کند:

$$mg + qE - KV_1 = 0 \quad (2)$$

به همین ترتیب V_2 سرعت بالا رفتن ذره را هنگامی که جهت میدان E تغییر کند (بدون تغییر مقدار) از رابطه (۳) به دست می آید.

$$-mg + qE - KV_2 = 0 \quad (۳)$$

ترکیب (۱) و (۳) روابط (۴) و (۵) به صورت زیر به دست می آیند:

$$qe = K \frac{V_1 + V_2}{2} \quad (۴)$$

$$mg = K \frac{V_1 - V_2}{2} \quad (۵)$$

چون اندازه گیری شعاع ذره R (که برای محاسبه لازم است) امکان پذیر نیست مقدار R را از رابطه (۵) محاسبه می کنیم برای این منظور رابطه (۵) را به صورت زیر می نویسیم:

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \rho g = 6\pi nR \frac{V_1 - V_2}{2} \quad (۶)$$

و از آن نتیجه می گیریم:

$$R = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{n}{\rho g} (v_1 - v_2)} \quad (۷)$$

از ترکیب روابط (۱) و (۴) و (۷) در نظر گرفته $E = \frac{u}{d}$ مقدار q را به دست می آوریم:

$$q = C = \frac{v_1 + v_2}{u} \sqrt{v_1 - v_2} \quad (۸)$$

ضریب ثابت در رابطه بالا برابر است با:

$$C = \frac{a}{2} \pi \sqrt{\frac{d^2 n^3}{\rho g}}$$

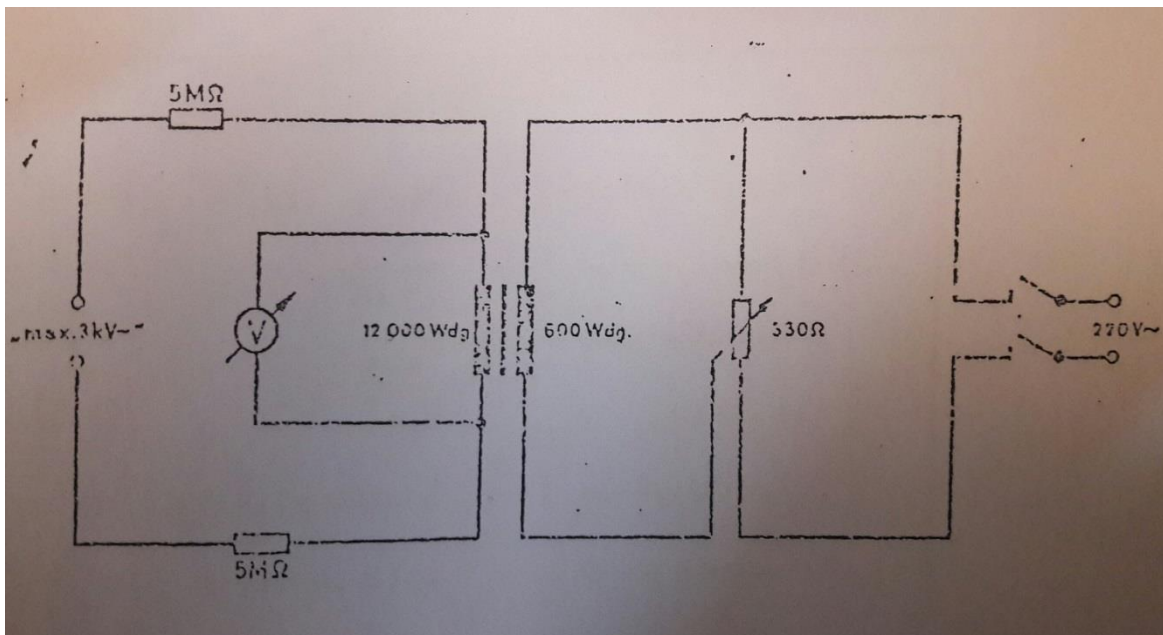
آزمایش میلیکان به روش میدان متناوب

روش متناوب در واقع توسعه و تکمیل آزمایش اولیه و اصلی میلیکان است. این روش بیشتر هنگامی به کار می رود که منظور اثبات کوانتایی بودن بار، با یک روش مستقیم مشاهده ای باشد.

روش میدان متناوب بر پایه اعمال یک ولتاژ قوی متناوب بر دو سر خازن و بکاربردن یک ولتاژ مستقیم، فقط برای معلق نگه داشتن قطره روغن در بین دو صفحه خازن استوار است.

برای تولید ولتاژ قوی باید یک سیستم ترانسفورماتور با مشخصات زیر به وسائل آزمایش اضافه نمود:

یک سیم پیچ اولیه ۶۰۰ دور یک سیم پیچ ثانویه ۱۲۰۰۰ دور و هسته آهنی مسدود، با استفاده از این وسایل مطابق نقشه زیر می توان ولتاژ متناوب قوی مناسب برای دستگاه میلیکان تهیه کرد.



شکل ۷: مدار تولید ولتاژ قوی متناوب و محل اتصال آن به دستگاه میلیکان

اکنون می توانید وسایل آزمایش را به ترتیبی که در شکل هشت مشخص شده است بچینید، میزان کردن دستگاه و طرز کار کلی همان است که در قسمت های قبل گفته شد. قطرات روغنی که در روش میدان ثابت به صورت قرص های روشن مشاهده می شدند. در این روش به صورت خطوط نورانی که طول آنها تغییر می کند در می آید. قطرات (ذرات) روغن باردار، در این آزمایش حول حالت تعادل خود نوسان می کنند و به صورت خطوطی نورانی

می باشد که طول آن دو برابر دامنه این نوسان ($2x_0$) مشاهده می شوند. دامنه نوسان قطرات به U_{rms} (جذر میانگین مجذور ولتاژ) فرکانس ولتاژ متناوب ($v = \frac{\omega}{2\pi}$) جرم و بار ($q = n.e$) قطرات نوسان کننده بستگی دارد. بار قطره نوسان کننده را می توان با داشتن U_{rms} طول خط $2x_0$ و v_0 سرعت سقوط آزاد قطره در غیبت میدان الکتریکی به دست آورد. برای محاسبه از رابطه زیر استفاده می شود. (به پیوست دو مراجعه کنید):

$$n.e = c' \frac{\sqrt{v_0} \times x_0}{U_{rms}}$$

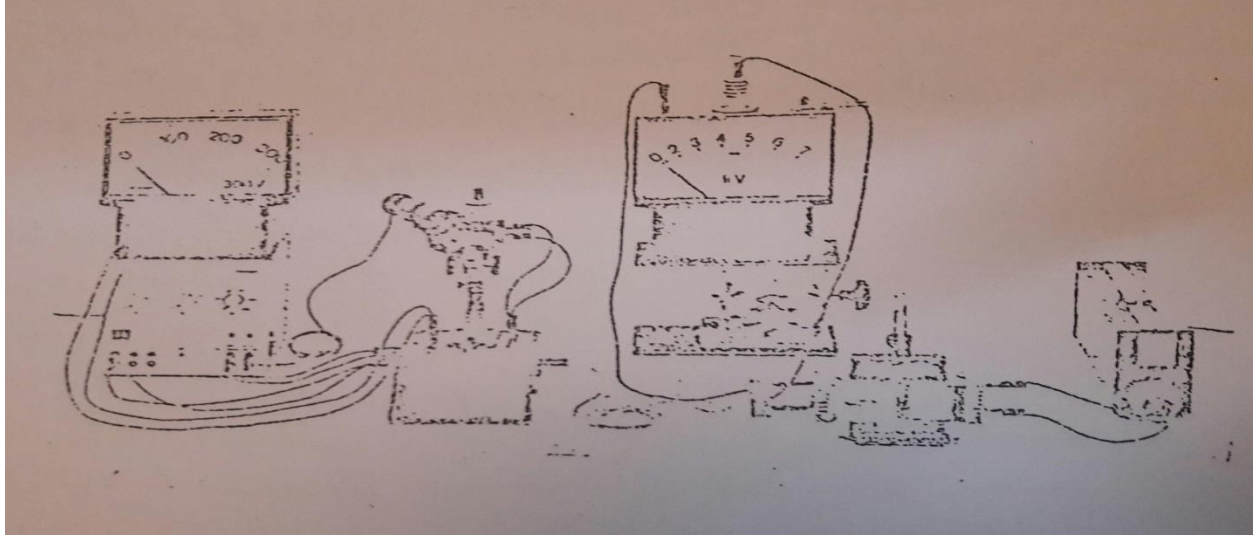
که مقدار ثابت c' در رابطه بالا برابر است با:

$$c' = q\pi d.w. \sqrt{\frac{n^3}{pg}}$$

مقادیر عددی و واحد های پارامتری به کار رفته در معادلات بالا در جدول زیر گرد آوری شده است.

سرعت	v_0	$m.sec^{-1}$
فرکانس منبع ولتاژ	$v = \frac{\omega}{2\pi}$	sec^{-1}
ولتاژ متناوب	u_{rms}	V
بار روی قطرات	$n.e$	$=9.81(A.sec) \frac{kp.m}{v}$
ویسکوزیته هوا	$n=20c^0=1.855*10^{-6}$	$Kp.sec.m^{-2}$
فاصله صفحات خازن	$D=(2.50 \pm 0.01)$	M
دانسیته پارافین	$\theta E=89.8$	$Kp.sec^2.m^{-4}$
شتاب گرانشی	$G=9.81$	$m.sec^{-2}$
دامنه نوسانات قطره	$X_0(line\ length\ 2x_0)$	M

اگر فرض کنیم که جرم ذرات باردار باهم برابر است (فرضی که عملا از واقعیت دور نیست) می توان با اندازه گیری طول مقدار زیادی خطوط روش مشاهده نمود که طول این خطوط نیز کوانتایی تغییر می کند و در واقع این طول ها مضرب درستی از یک ثابت، مربوط به بار پایه (الکترون) می باشد.



شکل هشت: نمای کلی آزمایش میلیکان به روش میدان متناوب

پیوست ۲: محاسبه بار، به روش میدان متناوب

اگر بین صفحات خازن، میدان الکتریکی متناوب به معادله $E = E_0 \sin \omega t$ برقرار باشد ذره ای به جرم m و بار q واقع در بین فضا نیروهای زیر را تحمل خواهد کرد.

۱- نیروی وزن mg

۲- نیروی الکتریکی $qE \cdot \sin \omega t$

۳- نیروی مقاومت هوا $KV = K \frac{dx}{dt}$

ذره تحت تاثیر این نیروها برابر $\frac{d^2x}{dt^2}$ خواهد داشت بنابراین معادله حرکت این صورت نوشته می شود:

$$mg + qE \cdot \sin \omega t - k \frac{dx}{dt} = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1)$$

اگر یک میدان الکتریکی ثابت نیز هم زمان به صفحات خازن اعمال شود به طوری که نیروی الکترونیکی حاصل از آن بر ذره، نیروی وزن ذره را خنثی کند معادله (۱) به صورت ساده زیر در می آید:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} = qE \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

جواب ویژه این معادله دیفرانسیل (با چشم پوشی از حرکت میرا) عبارت است از:

$$x_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad (3)$$

که در آن:

$$x_0 = \frac{qE_0}{\omega \sqrt{K^2 + m^2 \omega^2}} \quad (4)$$

مقدار q از رابطه (4) به این صورت استخراج می شود:

$$q = \frac{\omega x_0 \sqrt{k^2 + m^2 v^2}}{E_0} \quad (5)$$

با یک محاسبه عددی ساده (با استفاده از داده های آزمایش) می توان نتیجه گرفت $m^2 \omega^2 \ll k^2$

بنابراین مقدار q را می توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$q = \frac{\omega x_0 k}{E_0} \quad (6)$$

برای بدست آوردن R شعاع ذره که برای محاسبه K لازم است V_0 سرعت یکنواخت سقوط آزاد ذره در غیبت میدان الکتریکی را اندازه میگیریم و با استفاده از رابطه بین V_0 و R که از معادله چنین حرکتی به دست می آید R را محاسبه می کنیم. معادله چنین حرکتی به صورت زیر است:

$$ma = mg - kv$$

که در سرعت حد (پس از زمان بسیار کوتاهی) به صورت زیر در می آید:

$$0 = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g - \sigma \pi n R v_0$$

با استفاده از فرمول استوکس (محاسبه K) و ترکیب روابط (6) و (7) مقدار q به این صورت بدست می آید:

$$q = \frac{C' \sqrt{v_0} x_0}{U_{rms}}$$

که در آن:

$$C' = q\pi d\omega \sqrt{\frac{n^3}{Pg}}$$

و:

$$U_{rms} = \frac{E_{rms}}{d} = \frac{E_0}{d\sqrt{2}}$$

محاسبه طول موج بیناب تابشی عناصر و ثابت ریذبرگ

۱- منظور از آزمایش

در این آزمایش طول موج خطوط بیناب هلیوم، نئون، آرگون و جیوه مشاهده و مساحبه میشود. بدین ترتیب طول موج خطوط مربوط به سری "بالمر" اتم هیدروژن محاسبه میشود و با استفاده از فرمول پیشنهادی بالمر برای اسپکتر هیدروژن R، ثابت ریذبرگ را محاسبه می کنیم. در این آزمایش همچنین اسپکتر های اتم و مولکول با هم مقایسه می شوند.

۲- تئوری

الف- اتم هیدروژن

در شکل یک، سه سری از خطوط اسپکتر هیدروژن مشاهده می شود، هر سری موج خطوط نزدیک به همی (طول موج کم) منتهی می شود که " حد سری " نامیده می شود.

شکل یک: اسپکتر هیدروژن

فرمول پیشنهادی بالمر برای اسپکتر هیدروژن بصورت زیر است.

$$\gamma = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

که در رابطه f عدد موجی (عکس طول موجی) R مقدار ثابت زمانی (فرکانس) "رید برگ" و n اعداد درست بزرگتر از ۲ می باشد. با فرض دایروی بودن مدار گردش

ب : محاسبه ثابت رید برگ

با در اختیار داشتن طول موج (واز روی آن عدد موجی) خطوط بینایی مربوط به سری بالمر و با استفاده از فرمول بالمر (معادله یک) میتوان R ثابت ریدبرگ را محاسبه نمود. بدین ترتیب که برای بزرگترین طول موج n را در فرمول ۱، برابر ۳ و برای طول موج های کوچکتر به ترتیب برابر ۴، ۵، ۶ و..... قرار میدهیم. برای دقت محاسبه بهتر است به ازای تمام مقادیر طول موجی که از سری بالمر می دانیم ثابت ریدبرگ را محاسبه کنیم و سپس میانگین آنها را بدست آوریم.

۲- روش آزمایش

وسائل آزمایش را مطابق شکل زیر سوار کنید (لیست وسائل بکار رفته در انتهای دستور کار آمده است).



شکل ۲-۴

بعد از سوار کردن لامپ اسپکتر مورد نظر در محل خود، ابتدا با بکار بردن یک تراز مطمئن شوید خطکش مدرج کاملاً افقی است. سپس با روشن کردن منبع ولتاژ لامپ را روشن کنید. موقعیت توری نسبت به لامپ را طوری

تنظیم کنید که خطوط بیناب را بوضوح روی خط کش مشاهده کنید در این حال می باید لامپ، کاملاً نزدیک خط کش بوده و بطور قائم قرار بگیرد.

با اندازه گیری فاصله توری از لامپ (فاصله تا محور استوانه مرکزی) خط کش بوده است و بطور قائم قرار بگیرد.
با اندازه گیری فاصله توری از لامپ (فاصله تا محور استوانه مرکزی) a و فاصله خط بینابی که می خواهیم طول موج آنرا اندازه بگیریم X طول موج را از رابطه زیر حساب می کنیم:

$$\lambda = \frac{DX}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

توری که در این آزمایش بکار می رود، دارای 570 خط در هر میلی متر است بنابراین ثابت توری برابر اس با:

$$D = 1754/4nm$$

لامپ های نئون، آرگون، هلیوم و جیوه را به ترتیب انتخاب کنید و با روش بالا طول موج خطوط بینابینی آنها را محاسبه کنید و هر یک را در جدولی بنویسید در مرحله بعد لامپ اسپکتر هیدروژن را در محل لامپ قرار دهید و بیناب هیدروژن را مشاهده کنید. در بیناب هیدروژن سه خط متمایز تشخیص خواهد داد که مربوط به اتم هیدروژن است و از سری بالمر می باشد. با محاسبه طول موج این خطوط بینابی به روشی که گفته شد ثابت ریذبرگ را محاسبه می کنیم .

در مرحله سوم بیناب ازت را مشاهده کنید و بدین ترتیب بیناب مولکولی و اتمی را باهم مقایسه کنید.

اثر فتوالکتریک:

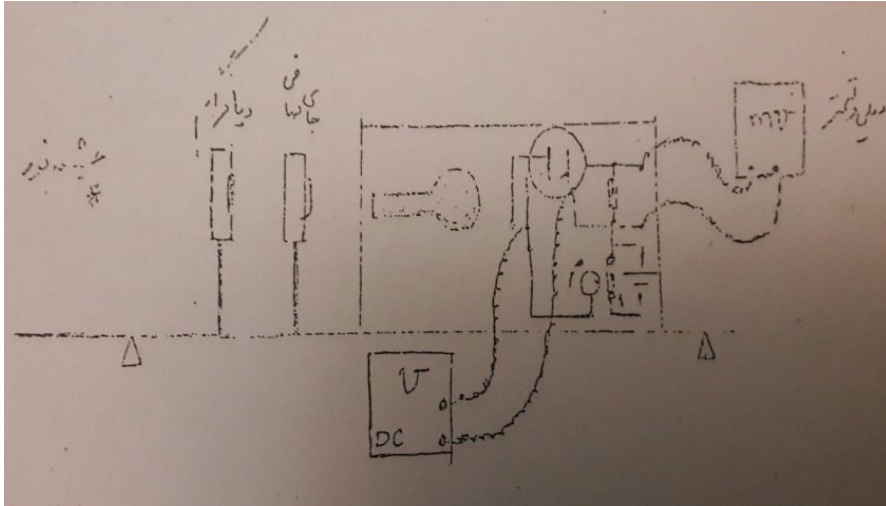
هدف- تعیین ثابت پلانک یا استفاده از اثر فتوالکتریک و همچنین تعیین بسامد آستانه یک فلز و تابع کار آن
وسائل- واحد آزمایش فتوالکتریک (شامل سلول فتوالکتریک با کاتد پتاسیم، مقاومت پتانسیل متغییر) چشمه نور- دیافراگم-ولتметр-میلی ولتметр-کاغذ صافی (فیلتر نور)

اساس-با تاباندن نور با بسامدهای مختلف به یک سلول فتوالکتریک و اندازه گیری ولتاژ متوقف کننده می توان ثابت پلانک، بسامد آستانه فلز کاتد فتوالکتریک و تابع کار این فلز را بدست آورد.

تذکر- برای مورور اثر فتوالکتریک به فیزیگ کوآنتومی (آیزبرگ، زرنیک) به شکل ۲ مراجعه کنید.

روش :

- دستگاه را مطابق شکل زیر سوار کنید.



۲- صافی مربوط به یک بسامد معین را در جای خود قرار دهید

۳- چشمه نور را روشن کنید و دیافراگم را باز کنید

۴- پیچ پتانسیل متر را آنقدر برگردانید تا ولتاژ دو سر مقاومتی که جریان فتوالکتریک از آن عبور می کند سفت شود.

۵- مرحله ۴ را برای سایر صافی های که در اختیار دارید تکرار کنید و نتایج را در جدول زیر بنویسید.

بسامد V					
پتانسیل متوقف کننده V_5					

۶- نمودار تغییرات V_s را بر حسب f با نقطه یابی رسم کنید. با توجه به رابطه انشتین برای اثر فتوالکتریک

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV_s = hf - W$$

این نمودار یک خط راست است که شیب آن $\frac{h}{e}$ است $e=1/62 \times 10^{-19} \text{C}$ بدین ترتیب ثابت پلانک h با تعیین شیب خط به دست می‌آید.

۷- از نقطه منحنی $V_6\psi$ با محور V_s بسامد ψ آستانه فلز مورد نظیر را تعیین کنید.

۸- از نقطه برخورد منحنی $V_s\psi$ با محور V_s تابع کار فلز را بدست آورید.

۹- پتانسیومتر را روی حداکثر مقدار خود قرار دهید (پتانسیل کند کننده را صفر کنید) ولتاژ دو سر مقاومت را برای هر صافی یادداشت کنید و علت اختلاف آنها را (در صورت وجود) توضیح دهید.

آزمایش فرانک هرتز:

۱- هدف از آزمایش:

این آزمایش برای بررسی چگونگی تحریک اتم جیوه توسط برخورد الکترون تنظیم شده است. نشان داده خواهد شد که الکترون انرژی برابر $V = 4/9$ در برخورد غیرالاستیک از دست می‌دهد، این مقدار مطابق است با مقدار انرژی لازم برای تحریک جیوه و رسیدن به سطح رزنانس 6^3p_1 و همچنین بنا به معادله اینشتین مربوط است به موج رزنانس $\lambda = hc/E_A = 253.7 \text{nm}$

۲- آشنایی با دستگاه :

بخش اصلی این آزمایش را لامپ فرانک هرتز و کوره آن تشکیل می‌دهد. که با آن آشنا می‌شویم.

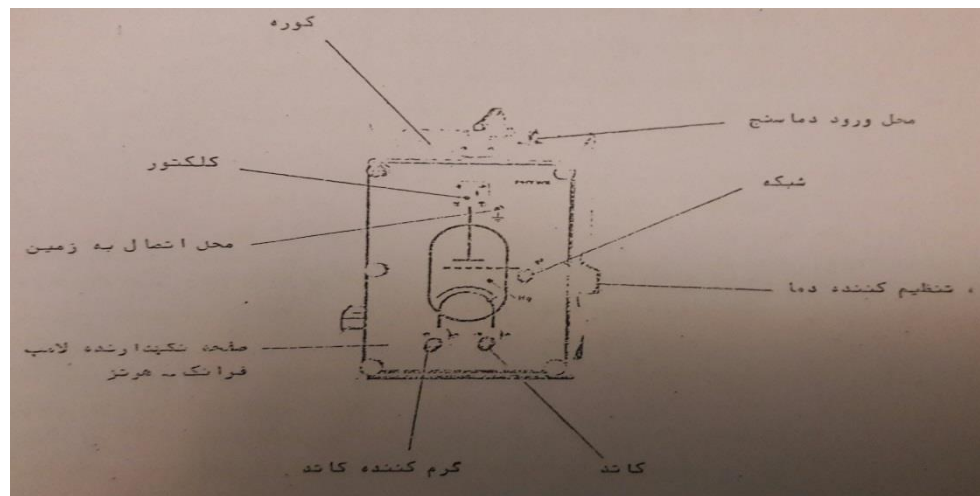
الف: لامپ فرانک هرتز:

لامپ فرانک هرتز، یک لامپ سه الکترودی است همراه با یک صفحه، که کاتد به طور غیر مستقیم گرم می‌شود و همچنین دارای الکترود شتاب دهنده به شکل شبکه یک کلکتور می‌باشد.

برای اینکه احتمال برخورد الکترون با اتم‌های گاز افزایش یابد، فاصله بین آند و شبکه در قیاس با " میانگین گام پویش آزاد " (۱) الکترون، در این دما در بخار بزرگ است، در حالی که فاصله بین شبکه و کلکتور کم است. یک مقاومت حفاظتی اهمی در مسیر شبکه جایگذاری شده است (برای دانستن کار مقاومت به بخش ب-۲ مراجعه کنید).

برای حذف گازهای اضافی، یک جاذب بسیار قوی در لامپ وجود دارد که در طول عمر لامپ خاصیت خود را از دست نمی‌دهد.

در دیواره شیشه‌ای بین شبکه و کلکتور، یک محافظ که از جنس سنگ سمباده است قرار داده شده تا از نشست جریان توسط یون‌های هدایتی دیوار شیشه‌ای جلوگیری کند.



شکل یک: شمای کلی لامپ فرانک - هرتز و کوره آن

ب: کوره المتریکی :

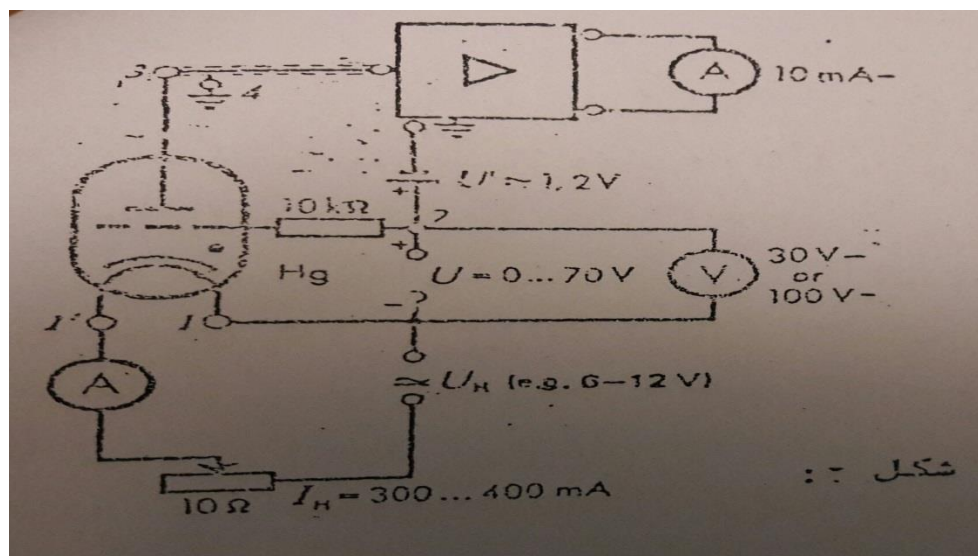
برای تولید دمای بین ۱۶۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد که برای رسانیدن فشار بخار جیوه به حد کافی (۸/۷ میلی‌متر جیوه در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد) لازم است یک کوره الکتریکی همراه لامپ به کار برده می‌شود. منبع حرارت این کوره، از آلیاژ کرم و نیکل است که در یک بدنه نسوز قرار داده شده ، توان مصرفی کوره ۴۰۰ وات است و از برق متناوب ۲۲۰ ولت (برق شهر) تغذیه می‌کند. ماکزیمم دمای درونی کوره ۲۳۰ درجه سانتیگراد است. یک تنظیم کننده دما (سیستم اتصال دو فلز)، دما را با دقتی حدود ۵ تا ۸ درجه سانتیگراد ثابت نگه می‌دارد، دکمه ای در بدنه سیستم برای انتخاب دمای ثابت وجود دارد دمای اندازه‌گیری شده (توسط ترمومتری که در جای بخصوصی ثابت شده) تغییر نکند. پوشش کوره، دارای دو پنجره شیشه‌ای است که از آن می‌توان لامپ و قسمت گرم کننده را مشاهده کرد. روزنه و فنری که در کنار دسته کوره قرار دارد، محل گذاشتن ترموتر است.

۱- mean free path، میانگین فواصلی است که الکترون بین دو برخورد متوالی در گاز می‌پیماید.

۳- تئوری و اساس کار:

فرض می‌کنیم، سرعت اولیه الکترون‌هایی که از کاتد گرم تابش می‌شوند صفر است و هیچ پتانسیل اتصالی بین الکترودها وجود ندارد، الکترون‌ها در مسیر شتاب یافتن نسبت شبکه با اتم‌های جیوه برخورد می‌کنند، تمام این برخوردها الاستیک است و عملاً الکترون‌ها انرژی از دست نمی‌دهند.

وقتی که الکترون‌ها به شبکه می‌رسند با ولتاژ U شتاب داده می‌شوند، بنابراین دارای انرژی eU می‌شوند. برخی از الکترون‌ها از شبکه عبور می‌کنند و جذب کلکتور می‌شوند، بنابراین کلکتور نسبت به شبکه دارای یک پتانسیل منفی ($-U'$) خواهد شد. (به شکل ۲ نگاه کنید)

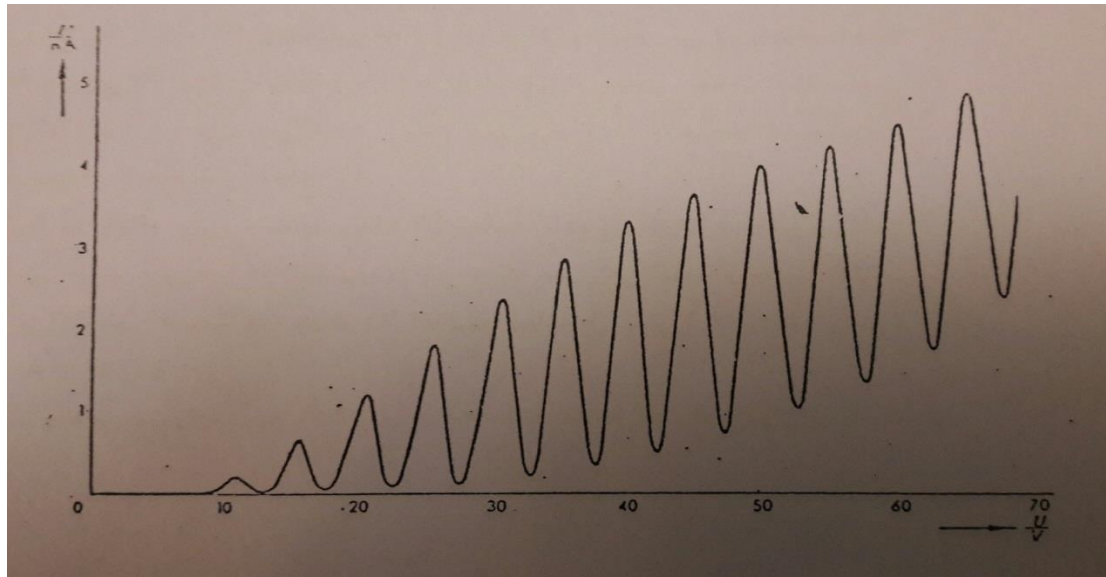


شکل ۲

بنابراین الکترون‌هایی می‌توانند به کلکتور به رسند که حداقل دارای انرژی eU' باشند که e بار الکترون است. هنگامی که ولتاژ شتاب دهنده U به طور پیوسته از صفر افزایش داده شود ابتدا مطابق خصوصیت لامپ، جریان کاتد به سمت شبکه افزایش می‌یابد و سپس، هنگامی که $U=U'$ شد جریان کلکتور I' نیز شروع به افزایش می‌کند. در یک ولتاژ $U=U'=4.9V$ در ابتدا، برخوردهای غیر الاستیک الکترون‌ها با اتم‌های جیوه نیز همراه برخوردهای الاستیک ظاهر می‌شود، و الکترون‌ها انرژی برابر $E_A=eU_A$ که مربوط به انرژی تراز تحریک رزنانس جیوه (6^3p_1) است از دست می‌دهند. این بدین معنی است که الکترون‌هایی که برخورد غیر الاستیک انجام می‌دهند.

دهند و دارای انرژی باقیمانده $E=eu-E_A$ می باشند، در ولتاژ کمی بیشتر از $4/9$ ولت، قادر نخواهند بود، بر میدان مخالف بین شبکه و کلکتور غالب آیند و به کلکتور برسند، در این صورت جریان کلکتور I' آغاز برخورد های غیر الاستیک را با کاهش خود مشخص می کند و این کاهش جریان، در منحنی I' به صورت یک ماکزیمم ظاهر می شود. (۱)

(به شکل ۳ مراجعه کنید)



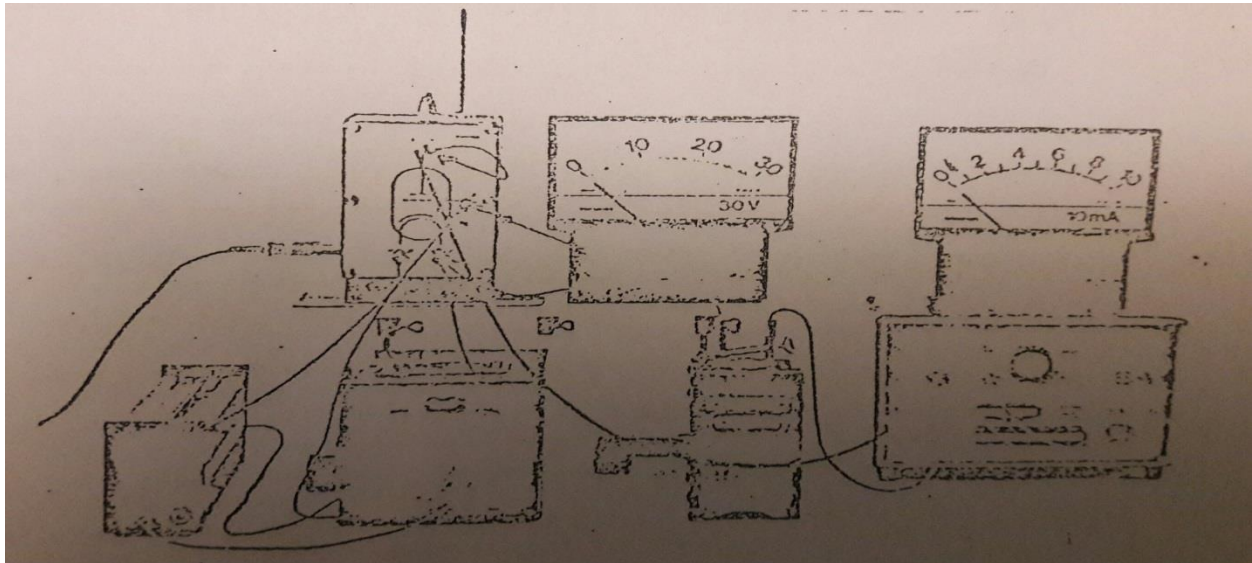
شکل ۳

افزایش بیشتر ولتاژ شتاب دهنده، باعث افزایش انرژی $E=eu-E_A$ الکترون هایی می شود که برخورد غیر الاستیک انجام داده اند، بنابراین این الکترون ها نیز می توانند به کلکتور برسند، بنابراین یک مینیمم نیز به علت افزایش جریان - در اثر افزایش ولتاژ - ایجاد می گردد (چون به طور کلی افزایش پتانسیل شتاب دهنده باعث افزایش جریان و کلکتور می شود).

منحنی جریان - ولتاژ ($I' = f(u)$) دومین ماکزیمم را در فاصله $u_A=4.9A$ از اولین ماکزیمم نشان خواهد داد که به وسیله الکترون هایی که طی دو برخورد غیر الاستیک انرژی $2EA=9.8ev$ را از دست داده اند ایجاد شده است. می توان ماکزیمم های بیشتری نیز که هر یک به اندازه $4/9$ ولت از ماکزیمم قبلی خود فاصله دارند مشاهده کرد اما به هر حال بسته به پارامترهای آزمایش، مقدار ماکزیمم های بدست آمده محدود است، زیرا (سه قطبی) از یک ولتاژ بحرانی به بعد دیگر کار نخواهد کرد.

۴- ترتیب اتصال وسایل آزمایش:

سوار کردن وسایل آزمایش مطابق شکل ۴ است در زیر تنها به تذکر چند نکته اکتفا می شود:



۱- پتانسیل اتصال بین شبکه و کاتد باعث انحراف اولین ماکزیمم از مقدار تئوری یعنی $4/9$ ولت خواهد شد احتمال تحریک اتم‌ها به ترازهای دیگر غیر از تراز رزنانس را می توان در اینجا در اینجا چشم پوشی کرد.

۲- برای گرم کردن کاتد از ولتاژ $6/3$ ولت متناوب استفاده می شود، که معمولا در این حالت، جریان گرم کننده حدود 320 تا 350 میلی آمپر خواهد بود. در صورت لزوم می توان با گذاردن یک رئوستای 10 اهمی در مسیر، سیم‌های اتصال گرم کننده کاتد، جریان را به میزان لازم تنظیم کرد. وقتی که جریان گرم کننده را تغییر می دهیم باید دقت کرد که مقادارش بین دوحد مجاز $0/3$ و $0/4$ آمپر باشد.

۳- رئوستای 10 کیلو اهمی به عنوان تنظیم کننده ولتاژ شتاب دهنده به کار می رود.

۴- ولت‌متر ولتاژ دهنده را نشان می دهد که باید در اتصال آن دقت شود که قطب مثبت (قرمز رنگ) به شبکه و قطب منفی (آبی رنگ) به کاتد وصل شود .

۵- میلی آمپر متر موجود در مدار جریان کلکتور (I') را نشان می دهد. که این جریان پس از گذشتن از یک کابل وارد یک تقویت کننده (اندازه گیری)، D.C. شده و سپس توسط میلی آمپر اندازه گیری می شود.

۶- باتری موجود در مدار (انبار نیکل-کادمیوم یک سلولی با ولتاژ $1/2$ ولت) پتانسیل معکوس بین کلکتور و شبکه را تعیین میکند، که قطب مثبت آن به شبکه و قطب منفی آن به زمین تقویت کننده باید متصل باشد.

۷- به کاربردن یک صفحه نسوز در زیر کوره ضروری است.

۵- طرز عمل:

الف- آماده سازی دستگاه ها

کوره را مستقیماً به برق شهر وصل کنید. یک ترمومتر (۱۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد) را از محل مخصوص وارد محفظه کنید، به طوری که مخزن آن به وسط کوره برسد. توسط دکمه کنترل دما (در کناره کوره) دمایی را انتخاب کنید اگر تنظیم کننده پس از گذشتن حدود ۵ درجه از دمای کوره (که حدود دقت سیستم است) جریان قطع نمود دکمه کنترل دما را آنقدر در جهت عکس عقربه‌های ساعت بچرخانید تا جریان قطع شود (یعنی دیگر درجه ترمومتر افزایش دما نشان ندهد) احتمالاً این کار را باید چندین بار تکرار کرد تا دما در مقدار دلخواه ثابت باقی بماند (با تقریب ± 5 تا ۸ درجه سانتی گراد). ماکزیمم دمای کوره حدود ۲۳۰ درجه سانتی گراد است.

انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهای آزمایش در بخش ۶ توضیح داده شده است.

ب : روش آزمایش:

بتدریج ولتاژ شتاب دهنده را افزایش دهید و ماکزیمم و مینیمم جریان کلتر را ببینید، مشاهده خواهید کرد اختلاف ولتاژ بین ۲ ماکزیمم متوالی، همیشه ۴/۹ ولت است.

چون جریان کلتر شدیداً با افزایش ولتاژ شتاب دهنده، افزایش می‌یابد می‌بایست به دفعات، برد تقویت کننده D.C. را تغییر داد تا بتوان تمام مقادیر ماکزیمم را به طریق مناسب اندازه گرفت.

معمولاً برای مشاهده اولین ماکزیمم و برد 200 PA باید استفاده کرد.

به دو گونه میتوان این آزمایش را انجام داد:

۱- حالتی که ۵ ماکزیمم اولیه، به خصوص اولین ماکزیمم، به روشنی قابل تمییز باشند، برای این حالت ولتاژ شتاب دهنده باید از ۰ - ۳۰ ولت تغییر کند. در این حالت اختلاف ۴/۹ ولت، بین ماکزیمم‌های متوالی را میتوان با دقت زیاد اندازه‌گیری کرد.

۲- حالتی که تعدا ماکزیمم‌های مشاهده شده، حتی الامکان زیاد باشد. در این حالت، اولین ماکزیمم چندان مشخص نیست. ولتاژ شتاب دهنده در اینجا بین ۰ تا ۷۰ ولت تغییر میکند (در این حالت باید از ولت‌متر

با برد ۱۰۰ ولت استفاده کرد). بهتر است در این حالت، ولتاژ تحریک را از اختلاف بین اولین و آخرین ماکزیمم به دست آورد بدین ترتیب که این اختلاف را بر تعداد فاصله، ماکزیمم ها تقسیم نمود.

برای به دست آوردن این دو گونه نتیجه، باید دمای کوره و امکانات جریان آن را تغییر داد (به بخش ۶ مراجعه کنید).

به علت ایجاد یون‌های جیوه در لامپ فرانک هرگز در جریان آزمایش (ولتاژ یونیزاسیون جیوه ۱۰/۳۶ ولت است) لامپ در یک ولتاژ شتاب دهنده بحرانی بعثت تخلیه شدید از کار خواهد افتاد. در این صورت جریان کلکتورها بخصوص اگر افزایش ولتاژ ادامه یابد، شدیداً بالا می‌رود. و حتی ممکن است از ۵۰ میکرو آمپر نیز که حد نهایی برد تقویت کننده است نیز بگذرد. بنابراین بعد از آغاز تخلیه شدید، باید ولتاژ شتاب دهنده را کاهش داد تا تخلیه از بین برود.

اگر تخلیه شدید در ولتاژ شتاب دهنده پایین اتفاق بیفتد باید پارامترهای آزمایش را تغییر داد. خود لامپ را در اثر تخلیه شدید، خراب نمی‌شود. چون برای ولتاژهایی تا حدود ۲۵۰ ولت، جریان لامپ را به اندازه کافی توسط مقاومت محافظ ۱۰ میلو اهمی که در مدار شبکه تعبیه شده محدود شده است. حتی اهی ممکن است این تخلیه شدیداً عمداً برای تحریک کاتدی که قدرت تابش آن کاهش یافته ایجاد کرد، در این صورت می‌بایست تقویت کننده را از مدار خارج کرد.

توجه :

چون دمای کوره کاملاً ثابت نیست اختلافی جزئی در مقادیر جریان کلکتور، هنگام تکرار آزمایش حتی وقتی که ولتاژ شتاب دهنده تغییر نکرده است مشاهده خواهد شد، موقعیت ماکزیمم بدون تغییر باقی خواهد ماند.

وقتی که توسط سیستم تنظیم کننده دما، کوره خاموش و روشن میشود این تغییرات میتواند باعث تغییر جزئی در ولتاژ شتاب دهنده شود. بنابراین به این نکته بخصوص اگر در هنگام خواندن ولتاژ اتفاق بیافتد باید توجه داشت.

۶- انتخاب پارامترهای آزمایش:

۶-۱- معمولاً دمای کوره بین ۱۶۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد انتخاب می‌شود. دمای خوانده شده از روی ترمومتر به عمقی که ترمومتر داخل کوره شده است، بستگی دارد. بالا بردن دمای کوره باعث میشود ولتاژ قطع لامپ نیز افزایش یابد.

بیشتر اوقات افزایش دمای کوره، میانگین جریان کلکتور را کاهش می دهد که این باعث کاهش قدر مطلق ماکزیمم جریان می شود. اولین ماکزیمم منحنی جریان - ولتاژ در دمای پایین کوره بدست می آید و ماکزیمم های بعدی در دما پایین کوره بدست می آید و ماکزیمم های بعدی در دمای بالاتر.

۶-۲- گرم کردن کاتد:

برای بدست آوردن یک قدرت تابش مناسب از کاتد احتیاج به یک مقدار مینییمم جریان گرم کننده است. از طرف دیگر کم بودن حرارت کاتد باعث کاهش عمر لامپ می گردد، بنا براین جریان گرم کننده کاتد نباید کمتر از ۳۰۰ میلی آمپر انتخاب شود و مقدار مجاز ماکزیمم برای این جریان ۴۰۰ میلی آمپر است.

با افزایش جریان گرم کننده، جریان کلکتور نیز افزایش می یابد به این وسیله نیز می توان جریان کلکتور را تنظیم کرد اما باید توجه داشت زمان این تاثیر بیشتر از یک دقیقه است.

با افزایش جریان گرم کننده، ولتاژ قطع نیز کمی کم خواهد شد.

۶-۳- ولتاژ معکوس

ولتاژ ۰/۵ تا ۲ ولت برای این منظور بکار می رود، موقعیت ماکزیمم جریان کلکتور با تغییر ولتاژ معکوس، بدون تغییر باقی می ماند اما مینییمم قدری تغییر می کند. مقدار متوسط جریان کلکتور با کاهش ولتاژ معکوس، افزایش می یابد بنابراین بدین ترتیب می توان جریان کلکتور را کم و زیاد کرد، البته این تغییر بدون تاخیر انجام می پذیرد.

۶-۴- انتخاب پارامترها در اولین کاربرد:

دمای وسط کوره را بین ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد، انتخاب کنید. جریان گرم کنند کاتد، باید بین ۳۱۰ تا ۳۵۰ میلی آمپر باشد که با اعمال ولتاژ ۶/۳ ولت متناوب، بدون مقاومت اضافی، حاصل می شود.

بر پایه این مقادیر بعدا می توان، برای بدست آوردن نتیجه مناسب از آزمایش این مقادیر را قدری تغییر داد.

اگر می خواهید پنج ماکزیمم اولیه را بدست آورید (آزمایش ۱ بخش ۵) نباید قبل از رسیدن ولتاژ شتاب دهنده به ۳۰ ولت، لامپ را روشن کنید.

وقتی لامپ روشن شد دمای کوره می‌بایست افزایش یابد تا هنگامی که شرایط بالا ایجاد شود. به هر حال چون اولین ماکزیمم در دماهای پایین بهتر مشخص می‌شود، نباید بیهوده بیش از مقدار لازم، دمای کوره را افزایش داد. اگر لامپ در دمای موقتی انتخاب شده، حتی با ولتاژهای شتاب دهنده تا ۳۰ ولت، روشن نشد کمی دمای انتخاب شده را بالا ببرید. بطور کلی کوره باید به اندازه کافی بالا باشد، اما حتی المقدور کم بوسیله تغییر جریان گرم کننده کاتد و یا در صورت لزوم ولتاژ معکوس، دامنه جریان ماکزیمم را مناسب با برد انتخاب شده در تقویت کننده کنید. به ترتیبی که بتواند ماکزیمم و مینیمم جریان را بادقت بخوانید. اگر می‌خواهید بیش از ۵ ماکزیمم (آزمایش ۲ بخش ۵) را بدست آورید باید ولتاژ شتاب دهنده را بین ۵۰ تا ۲۰ ولت انتخاب کنید) فراموش نشود که باید ولت‌متر با برد بیشتر مورد استفاده قرار گیرد. (با این فرض که لامپ روشن نشده باشد، معمولاً در این حالت باید دمای کوره را افزایش داد (۱۸۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد) کاهش می‌دهد را بدین ترتیب در جریان کلکتور ایجاد می‌شود می‌توان با افزایش جریان گرم کننده کاتد کرد. بدین ترتیب در اکثر مواقع، ماکزیمم اول و گاهی دوم را دیگر نمی‌توان تشخیص داد. مقدار ماکزیمم‌ها، با شرایط آزمایش مشخص، برای لامپ مختلف مقاومت است.

پراش الکترون:

هدف: بررسی موجی الکترون‌ها و بهره‌گیری از آن در مطالعه ساختمان بلورها

وسایل لازم: حباب پراش الکترون-منبع تغذیه ولتاژ زیاد (حدود ۶۰۰۰ ولت مستقیم) - منبع تغذیه ۶ ولت متناوب - رئوستا - ولت‌متر الکتروستاتیک - میکرو آمپر متر - کولیس پلاستیکی - سیم‌های رابط.

مقدمه:

دو دهه فاصله میان کشف خاصیت ذره‌ای امواج (در سال ۱۹۰۵) و اندیشه معکوس مربوط به خاصیت موجی ذرات (در سال ۱۹۲۴) شگفت‌انگیز به نظر می‌رسد ولی پیشنهاد گمانه‌ای انقلابی جهت توضیح یافته‌های آزمایشی یک چیز است و عرضه گمانه‌ای بهمان اندازه انقلابی در غیاب حکمی تجربی یک چیز دیگر، و این کاری است که لویی دوبروی در سال ۱۹۲۴ انجام داد و پیشنهاد کرد که ماده علاوه بر خصوصیت ذره‌ای دارای ماهیتی موجی است. جو روشنفکرانه موجود از زمان اعلام تئوری کوانتومی نور توسط پلانک و انشتین آنچنان متفاوت بود که فرضیه دوبروی به زودی مورد توجه قرار گرفت. ولی وجود موج دوبروی در سال ۱۹۲۸ به تایید تجربی رسید.

بنابراین دوبری طول موج وابسته به حرکت الکترون (با هر ذره دیگر) همانند مورد فتون ها بوده و چنین است.

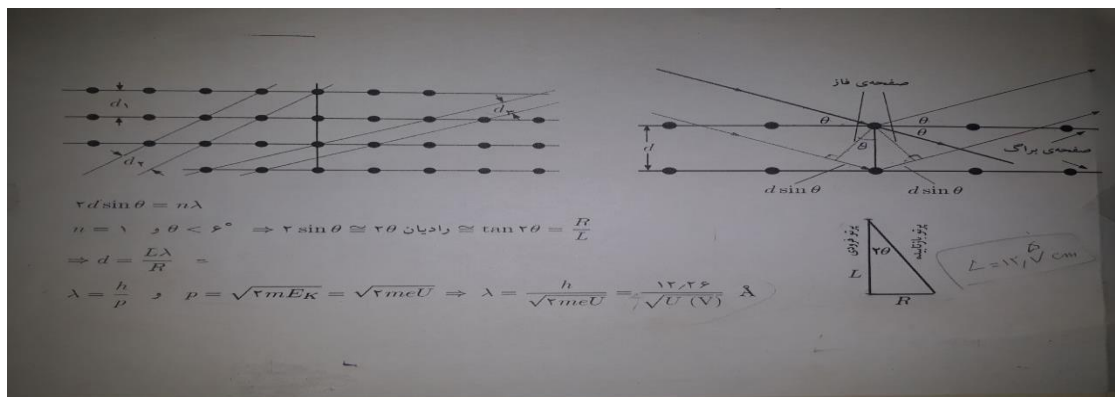
$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (1)$$

که در آن h پایای پلانک، m جرم ذره، و v سرعت آن است. این ایده در سال ۱۹۲۸ توسط داوولیسون و جرمی و همچنین توسط جی . پی . تامسون به طور تجربی مورد پیگیری قرار گرفت. تامسون با بهره‌گیری از روش دبای - شرر امکان پراش الکترون‌ها را تحقیق کرده که در این آزمایش مورد بررسی ما قرار می‌گیرد.

مطابق شکل (۱) چنانچه یک دسته الکترون با زاویه θ بر سطحی از شبکه بلور اتمی تابیده شود، شرط لازم برای داشتن پراش ماکزیمم از معادله براگ به دست می‌آید.

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2)$$

که در آن d فاصله بین صفحات براگ در شبکه سه بعدی، λ طول موج الکترون ها و n یک عدد درست است.

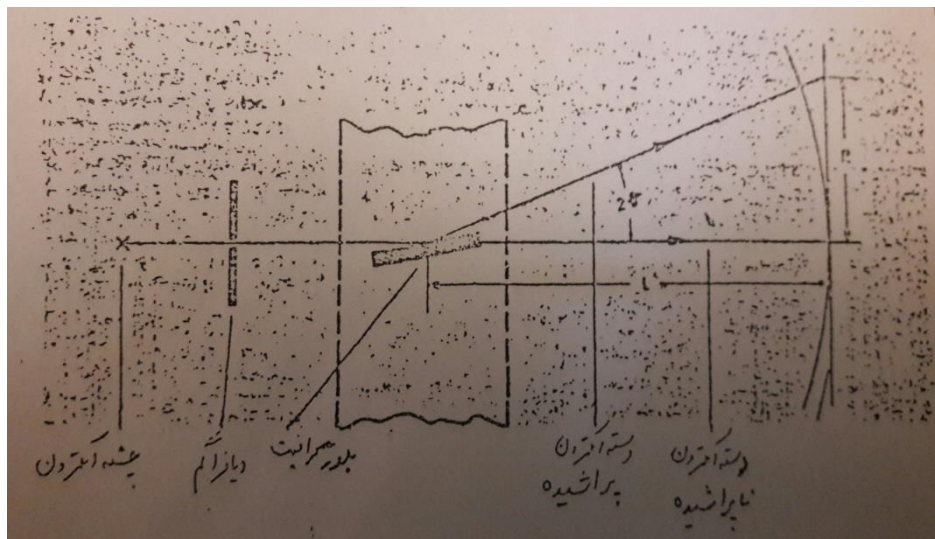


در مورد فرایند دبای - شرر، به علت رسوب اختیاری میکرو کریستالها

که زاویه مناسب جهت معادله براگ فراهم می‌کند، همواره اختلاف فاز $2d \sin \theta$ مضرب درستی از طول موج λ می‌باشد که نتیجه آن بازتاب تداخلی (پراش ماکزیمم) است. تمام بازتاب‌های ناشی از تعداد زیادی از بلورک ها (که شرط بالا در موردشان برقرار است) مخروطی تشکیل می‌دهند که مقطع آن بر صفحه فلورسنت ظاهر می‌گردد. این گونه دسته الکترون ها پراشیده به صورت حلقه های هم مرکز حول دسته الکترون نا پراشیده پدیدار می‌شود.

از نمایش طرح گونه یک دسته باز تابیده (مطابق شکل ۲) داریم.

$$\tan 2\theta = \frac{R}{L} \quad (3)$$



با استفاده از تقریب زاویه کوچک ($\tan 2\theta = \sin 2\theta = 2 \sin \theta$) می توان نوشت:

$$2 \sin \theta = \frac{R}{L} \quad (4)$$

از معادلات (2) و (4) به ازای $n=1$ به دست می آید.

$$\lambda = \frac{d}{l} R \quad (5)$$

که در لوله مورد آزمایش $L=12/5$ سانتی متر است. بدین گونه با فرض معلوم بودن طول موج (از رابطه دوپروی) و اندازه گیری R در آزمایش می توان چگونگی ساختمان شبکه پراشنده را بررسی کرد و فاصله صفحات تقارن آن را به دست آورد:

$$d = \frac{\lambda L}{R} \quad (6)$$

با استفاده از معادله انرژی $\frac{1}{2} mV^2 = eU$ معادله دوپروی چنین می شود:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm}} \quad (7)$$

که در آن پتانسیل شتاب دهنده الکترون هاست. با جاگذاری مقادیر ثابت در این رابطه، طول موج دوبروی به صورت زیر ساده می‌شود:

$$h = 6.6256 \times 10^{-34} \text{ J}$$

$$e = 1.6021 \times 10^{-13} \text{ C}$$

$$m = 7.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

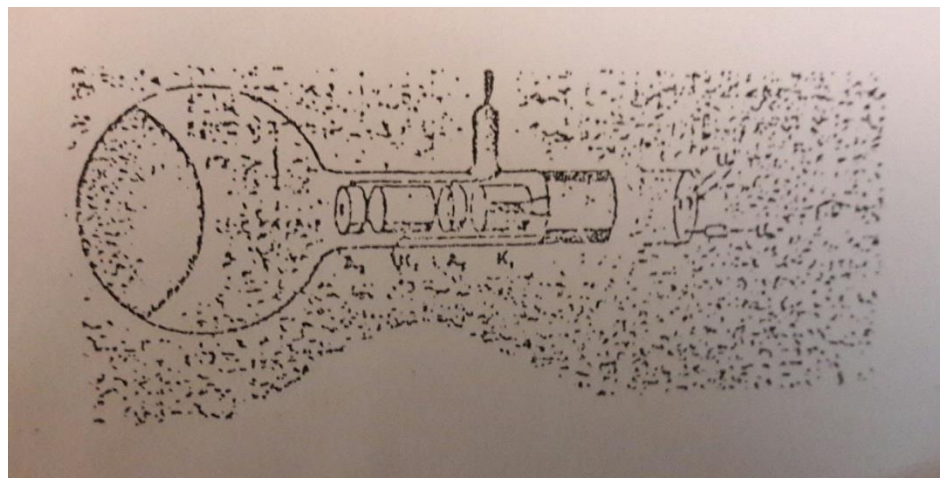
$$\lambda = 12.26 \times 10^{-10} [\text{m} \times v^{0.5}] \times \frac{1}{\sqrt{u}}$$

m و v دیمانسیون هستند

شرح دستگاه :

لوله پراش در این آزمایش شیشه خالی از هوا می‌باشد که کاتد و آند به همراه برگه‌ای از گرافیت به عنوان شبکه پراش مورد استفاده است در داخل آن قرار دارند.

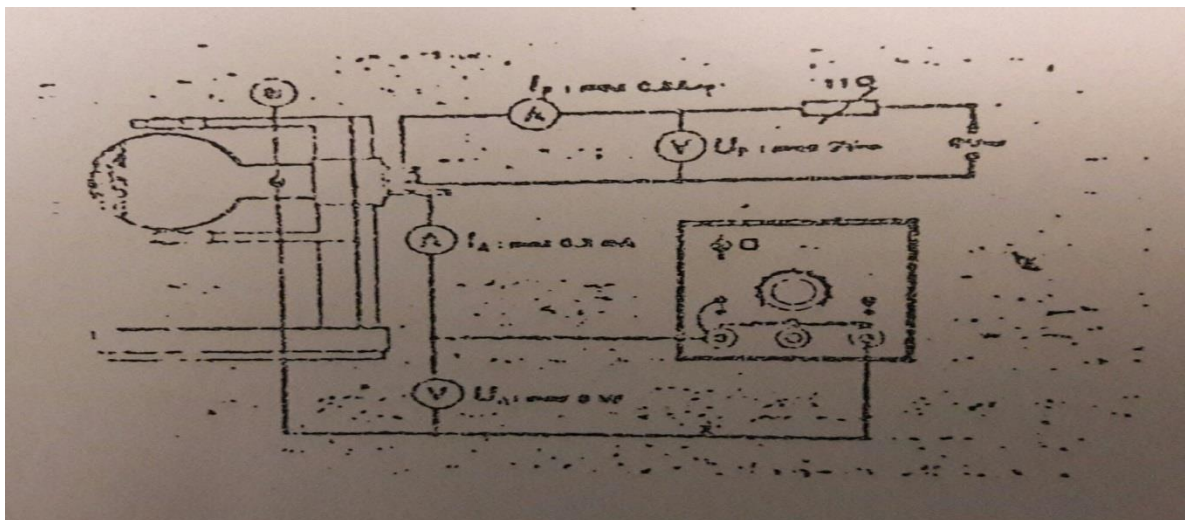
دستگاه الکتروودها شامل چهار استوانه فلزی است که به دنبال یکدیگر قرار گرفته و مطابق شکل (۳) به طور دوتایی به پتانسیل کاتد (K_1 و K_2) با به ولتاژ زیاد آند (A_1 و A_2) متصل می‌شوند.



شکل (۳)

ولتاژ آند به قطب‌های مثبت U_a^+ و منفی U_a^- اعمال می‌شود و قطب منفی از طریق یک مقاومت به کاتد متصل می‌گردد. K_2 و A_1 و A_2 به عنوان عدسی‌های الکتروستاتیکی کانونی کننده عمل می‌کنند. کاتد گرک تامین کننده چشمه الکترونی در انتهای لوله قرار دارد و ولتاژ آن از U_F تامین می‌شود. یک برگه گرافیت پلی کریستال به عنوان توری پراشنده به گونه‌ای در آند A_2 نصب شده است که دسته الکترون کانونی شده به طور عمود بدان برخورد می‌کند. دسته الکترون پس از برگه گرافیت با برخورد بر صفحه فلورسنت پدیده سبز درخشانی به وجود می‌آورد. آزمایش :

مداری مطابق شکل (۴) ببندید. منابع تغذیه را از دستگاه پراشنده دور نگه دارید ولتاژ گرم کننده V_F را اعمال کرده و ولتاژ آند را به تدریج تا ΔK_V بالا ببرید و طرح پراش را مشاهده کنید. قطر حلقه‌های دو گانه پراش را به ازای دو ولتاژ مختلف آند اندازه‌گیری کنید اکنون با استفاده از رابطه (۸) طول موج وابسته به الکترون‌ها را در هر یک از ولتاژهای اعمال شده به دست آورید.



شکل (۴)

آنگاه با استفاده از معادله (۶) ثابت‌های توری مربوط به صفحات تقارن شبکه را بدست آورید:

U_A	λ	R_1	R_2	D_2	D_1
-------	-----------	-------	-------	-------	-------

--	--	--	--	--	--

از هر یک از فواصل کوچک (d_1) و بزرگ (d_2) شبکه اتم‌های گرافیت که از آزمایش بدست می‌آید میانگین بگیرید و اختلاف درصد آنها را با مقادیر پذیرفته شده $d_1=2.13 \times 10^{-10} \text{m}$ و $d_2=1.23 \times 10^{-10} \text{m}$ محاسبه کنید.

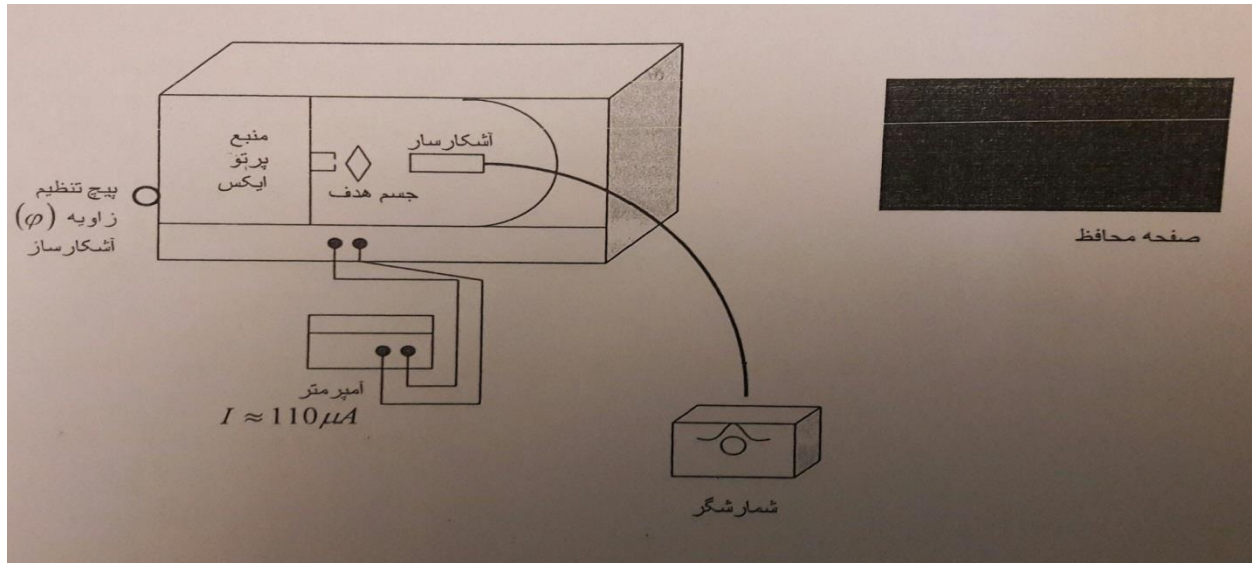
پرسش: مهمترین عوامل خطا در این آزمایش کدامند. با بر آوردن این خطاها خطای نسبی مربوط به فواصل d_1 و d_2 را محاسبه کرده با اختلاف درصد بالا مقایسه نمایید.

منابع: (۵۵۵۱۶) ۲ و ۰۷

آزمایش شماره ۹- مطالعه اثر کامپون و نتایج حاصل از آن (Compton effect)

هدف آزمایش _ مشاهده پراکندگی پرتوهای ایکس توسط ماده تعیین طول موج پرتوهای پراکنده شده، محاسبه انرژی جنبشی الکترون با توجه به نتیجه آزمایش و نظریه، محاسبه انرژی پرتو اولیه و پرتو پراکنده شده ایکس یا گاما.

وسایل آزمایش - دستگاه تولید پرتو ایکس (شامل منبع تغذیه بو بین با توانسازی زیاد برای تهیه ولتاژ خیلی زیاد، لامپ تولید پرتو ایکس، شکاف‌های تنظیم کننده باریکه، محل نصب ماده پراکننده، آشکار ساز، پیچ های تغییر زاویه برای آشکار ساز، محل نصب اشکارساز) آمپرمتر_دستگاه ثبات پالس یا شمارنده مداری.



تصویر دستگاه آزمایش مطالعه اثر کامپتون

اثر کامپتون:

در آزمایشگاه پراکندگی پرتوهای ایکس توسط ماده ملاحظه می شود که برای طول موجهایی از مرتبه یک انگستروم آزمایش با نظریه کلاسیک پراکندگی به خوبی سازگاری دارد و شدت پرتوهای ایکس پراکنده شده در نقطه P با رابطه زیر تعیین می شود.

$$I_S = nI_e = I \frac{ne^4}{4r^2m^2c^4} (1 + \cos^2 \theta) \quad (9-1)$$

که در آن n تعداد الکترون ها در واحد حجم ماده است و r فاصله نقطه p از مبدا مختصات می باشد.

اما برای طول موجهای کوتاه تر از یک انگستروم بین نظریه کلاسیک و نتایج آزمایش اختلاف زیادی وجود دارد. کامپتون در سال ۱۹۲۳ هنگام کار با تابش پراکنده مشاهده کرد که طول موج تابش پراکنده توسط قطعه ای از پارافین در راستای عمود بر باریکه فرودی بیشتر از طول موج باریکه فرودی است. نظریه این اثر در یک زمان توسط کامپتون و دبی داده شد.

تابش فرودی رابه صورتی در نظر می‌گیریم که از فوتون‌هایی به انرژی $h\gamma$ تشکیل یافته است و در راستای پرتو اولیه با سرعت C در حرکت است. با توجه به رابطه میان جرم، انرژی، و تکانه در نظریه نسبیت، فوتونی به انرژی $h\gamma$ دارای تکانه $\frac{h\gamma}{z}$ است.

فرض کنیم این فوتون به الکترون عملاً آزادی که ساکن است برخورد کند اگر فرض کنیم که اصول پایستگی انرژی و تکانه در طول این فرآیند برقرار باشد آنگاه در نتیجه این برخورد الکترون دارای سرعتی مانند V خواهد شد که راستای آن با راستای حرکت فوتون فرودی زاویه Θ می‌سازد و مطابق شکل زیر فوتونی به انرژی $h\gamma'$ تحت زاویه ϕ نسبت به راستای اولیه پراکنده خواهد شد. از اصل پایستگی انرژی خواهیم داشت.

$$h\gamma = h\gamma' + mc^2(\gamma - 1) \quad (2-9)$$

$$h\gamma = h\gamma' + \varepsilon_e \quad (2-9)'$$

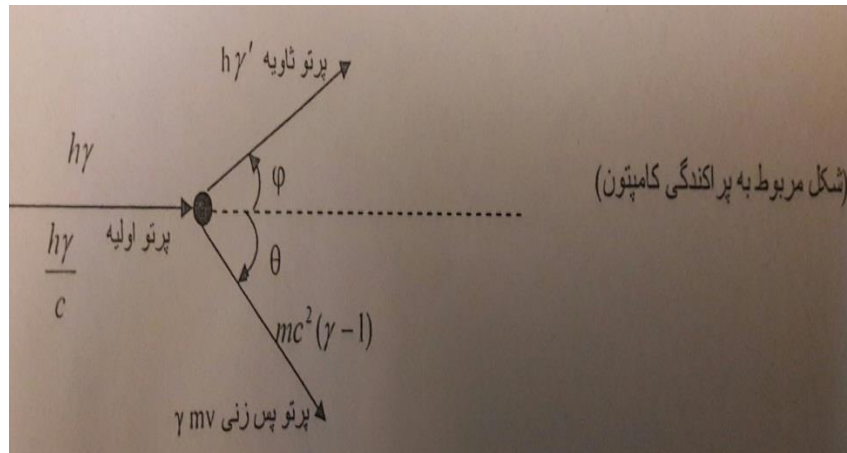
که در آن $mc^2(\gamma-1)$ انرژی جنبشی الکترون است که مبنای نظریه نسبیت خاص بدست می‌آید و γ برابر است با

$$\gamma = \left(1 - \frac{v_2^2}{c_2^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3-9)$$

با تجزیه بردارهای تکانه به مولفه عمود بر هم یکی در امتداد و دیگری عمود بر راستای فوتون فرودی و با استفاده از اصل پایستگی تکانه می‌توان چنین نوشت :

$$\frac{h\gamma}{c} = \frac{h\gamma'}{c} \cos \phi + \gamma m v \cos \theta \quad (4-9)$$

(شکل مربوط به پراکندگی کامپتون)



$$0 = \frac{h\gamma'}{c} \sin \varphi - \gamma v \sin \theta \quad (5-9)$$

از حل این معادلات نتایج زیر بدست می آیند:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \varphi) = \frac{2h}{mc} \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (6-9)$$

$$\cot g \frac{\varphi}{2} = (1 + \alpha) \tan \theta \quad (7-9)$$

$$\varepsilon_e = mc^2(\gamma - 1) = h\gamma \frac{2\alpha \cos^2 \theta}{(1+\alpha)^2 - \alpha^2 \cos^2 \theta} \quad (8-9)$$

که در آن $\alpha = \frac{h\gamma}{mc^2}$ (۹-۹) و ε_e انرژی جنبشی الکترون پس زنی و طول موج λ' و λ که با بسامد های γ' و γ مربوط می شوند انتخاب شده اند. معادله (۹-۶) می گوید که طول موج پرتو پراکنده تحت زاویه ای مانند ϕ همیشه باید از طول موج تابش فرودی بیشتری باشد. به علاوه این اختلاف طول نباید به ماهیت ماده پراکنده بستگی داشته باشد بلکه تنها باید به زاویه پراکندگی وابسته باشد. عامل $\lambda_c = \frac{h}{mc}$ در رابطه (۹-۶) که در آن m جرم سکون الکترون است طول موج کامپتون برای الکترون نامیده می شود. و معمولاً با نماد λ_c نشان داده می شود. مقدار عددی آن را می توان با جاگذاری مقادیر معلوم ثابتهای c, m, h تعیین کرد. $\lambda_c = 2.426 \text{ \AA}$

نگاهی به معادله (۹-۶) نشان می دهد که تغییر طول موج تابش الکترومغناطیسی در برهم کنش با الکترون هرگز از λ_c تجاوز نخواهد کرد. رابطه (۹-۷) ارتباط میان راستای حرکت الکترون پس زن و نوترون

پراکنده را معلوم می کند در حالی که معادله (۸-۹) انرژی جنبشی الکترون پس زن را بر حسب انرژی فوتون فرودی و زاویه Θ بدست می دهد.

نحوه اجرای آزمایش

قبل از روشن کردن دستگاه به مورد زیر توجه کنید:

- ۱- زاویه آشکار ساز را با پیچ مخصوص آن روی زاویه دلخواه قرار دهید.
- ۲- جسم پراکنده در معرض پرتو قرار گرفته باشد.
- ۳- پوش دستگاه را خوب ببندید و سپس محافظ را روی بدنه دستگاه قرار دهید بطوریکه پرتو از اطرف خارج نشود. بعد از اینکه از انجام تمام مقدمات آزمایش مطمئن شدید:
- ۱- دستگاه را توسط کلید قطع و وصل روشن کنید.
- ۲- مقدار شدت جریان را حدود ۱۱۰ میکرو آمپر انتخاب کنید.
- ۴- زاویه آشکار ساز را از 5° تا 25° یک درجه یک درجه تغییر دهید و برای هر درجه تعداد فوتونهای پراکنده را از روی شمارشگر در جدول زیر یادداشت کنید. طول موج اولیه پرتو ایکس برای دستگاهی که به کار می برید ۱۵۴ پیکومتر می باشد:

$$\lambda_0 = 154 \text{ P\AA}$$

جدول آزمایش مطالعه اثر کامپتون

شماره آزمایش	5° تا 25°	N 30 sec	N 1 sec	Θ (الکترون)	$\zeta = \sqrt{\frac{N}{t}}$	از رابطه (۲) ϵ_e (۹)	از رابطه (۸) ϵ_e (۹)

منحنی نمودار تغییرات $m_1 \text{sec}$ بر حسب ϕ را روی کاغذ میلی متری رسم کنید.

λ' را با توجه به زاویه ϕ مربوطه به ماکسیمم منحنی n بر حسب ϕ با استفاده از رابطه ۶-۹ بدست آورید. با محاسبات مربوطه توسط روابط (۲-۹) و (۸-۹) مقادیر ϵ_e را بدست آورید و درصد اختلاف را محاسبه کنید.

آزمایش شماره ۱۰:

هدف آزمایش:

آزمایش رادرفورد (مدل هسته ای اتم) و رسم منحنی توزیع پراکندگی یا تفرق محاسبه شعاع هسته اتم‌های آلومینیوم و طلا ^{197}Au , ^{27}Au

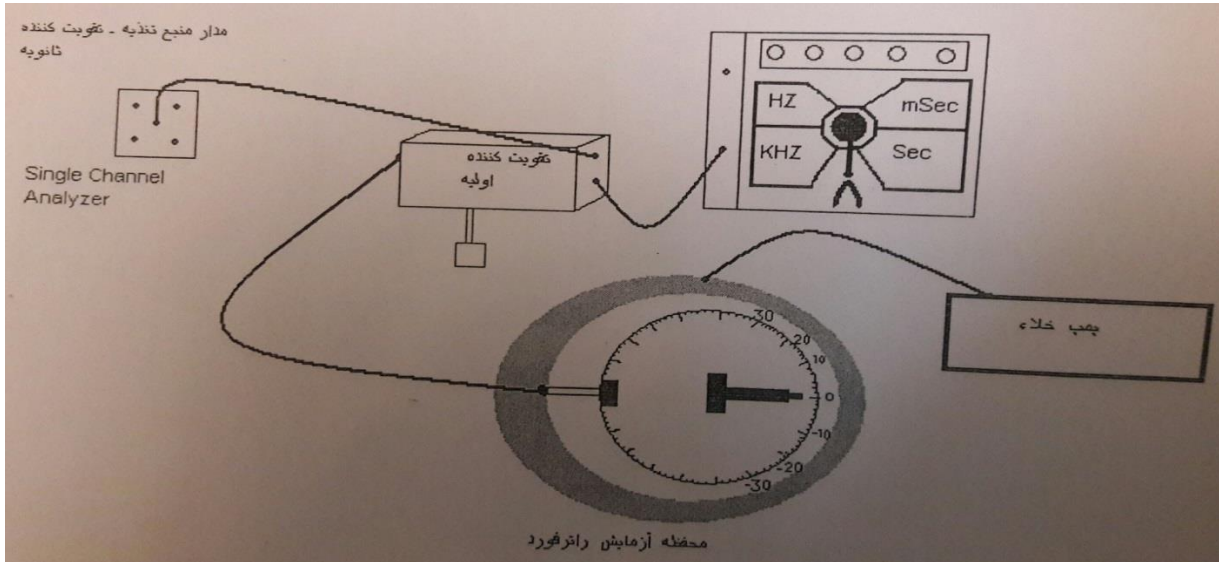
وسایل مورد نیاز آزمایش:

- ۱- دستگاه رادرفورد جهت تنظیم آزمایش
- ۲- محفظه آزمایش
- ۳- محل گزاردن ورقه های متفاوت
- ۴- شکاف یا دیاگرام ۲ عدد
- ۵- پمپ خلاء جهت تخلیه هوای محفظه
- ۶- لوله پلاستیکی
- ۷- آشکار ساز از نوع نیمه هادی
- ۸- دستگاه شمارنده مداری
- ۹- دستگاه سینگل کانال آنالیزور شامل منبع تغذیه و مدار آن- تقویت کننده ثانویه و تنظیم ولتاژ پالس- محل اتصال سیم کوآکسیال آشکار ساز
- ۱۰- منبع رادیو اکتیو اشعه آلفا

۱۱- ساعت رومیزی

روش اجرای آزمایش پراکندگی رادرفورد :

دستگاه آزمایش را مطابق شکل ذیل آماده نمائید.



منبع رادیو اکتیو ذرات آلفا را در محل مخصوص خود نصب نمایید

توجه داشته باشید که عنصری انتخاب می‌شود که دارای تابش اشعه آلفا باشد. $^{226}\text{Ra}^{88}$ منبع تابش اشعه آلفا می‌باشد.

نمونه مخصوص طلا و آلومینیوم را در جای خود قرارداده و با پیچ مربوط زاویه ورقه و آشکار ساز را تنظیم نمائید. آزمایش در دو جهت از زاویه صفر تا $+30^\circ$ و -30° به ازای هر دو درجه تغییرات انجام دهید و تعداد پالس مربوطه به ذرات آلفا در 90° ثانیه اندازه‌گیری نمائید. پمپ خلاء را راه انداخته تا حداقل به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه کار کند و جدول ذیل را کامل نمائید.

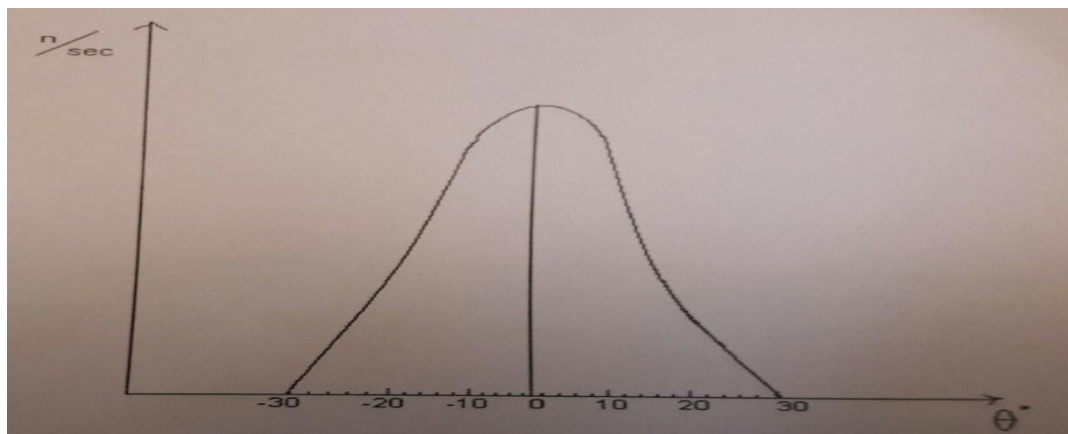
[برای ورقه های $^{197}\text{Au}^{79}$, $^{27}\text{Al}^{13}$]

$^{\circ}\theta$	n/90 sec	n/1 sec	$^{\circ}\theta$	n/90 sec	n/1 sec	

جدول مربوطه به آزمایش پراکندگی رادرفورد

نمودار تغییرات فی مابین n و $4 \sin \alpha$ را بر روی کاغذ تمام لگاریتمی رسم نموده، V سرعت ذره آلفا را با توجه به نمودارها محاسبه نمایید.

با اعداد بدست آمده از آزمایش منحنی توزیع زاویه‌ای پراکندگی را درفورد را در روی کاغذ میلی‌متری و نیم لگاریتمی رسم نمایید.



(محاسبه مقدار عددی حاصلضرب $N \times \sin^4 \frac{\theta}{2}$ برای زاویای مختلف انجام شود.) و همچنین محاسبه مقدار عددی حاصلضرب $N \times V^4$ صورت گیرد.

$$(1-10) \quad N = \frac{QntK^2(Ze)^2E^2}{4r^2(MV^2)^2 \sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad \left(K = 1, \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)$$

N تعداد ذرات آلفا در هر واحد سطح

Z_e بار هسته

E بار ذره آلفا

V سرعت ذره آلفا

n تعداد اتم در واحد حجم ورقه

t ضخامت ورقه

r فاصله پرده از نقطه پراکندگی (فاصله آشکار ساز تا صفحه فلزی)

Q تعداد کل ذرات آلفا که به ورقه برخورد می کند

θ زاویه پراکندگی است.

$$V^2 = \left(\frac{QntK^2(Ze)^2E^2}{4N(M_{\alpha r})^2 \sin^4 \frac{\theta}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-10)$$

$$V = \left(\left(\frac{QntK^2(Ze)^2(z_e e)^2}{4N(M_{\alpha r})^2 \sin^4 \frac{\theta}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3-10)$$

با توجه به اینکه می توان Q را که رابطه رادرفورد تعداد کل ذرات آلفای منبع اشعه بدون وجود ورقه برخورد کننده می باشد. برای بدست آوردن Q ورقه را بر داشته و تعداد کل را که آشکار ساز می رسند توسط شمارنده تعیین کرد.

N تعداد ذرات پراکنده شده نسبت به تغییر زاویه می باشد که مقادیر آن برای زوایای مختلف توسط آزمایش تعیین می شود. البته برای هر یک از ورقه ها با جنس مختلف و با توجه به اطلاعات موجود در زیر می توان V سرعت ذره آلفای آزمایش را محاسبه نمود.

$$\text{Al:} \quad \text{عدد جرمی} = 27 \quad Z = 13 \quad \text{عدد اتمی}$$

$$\text{AU:} \quad \text{عدد جرمی} = 197 \quad Z = 79 \quad \text{عدد اتمی}$$

$$M_{\alpha} = \text{جرم ذره آلفا} = 6.62 \times 10^{-24} \text{ گرم}$$

$$Z_{\alpha} = 2 \quad \text{بار ذره آلفا}, \quad E = q_{\alpha} = 2e$$

$$n \text{ تعداد اتم های موجود در واحد حجم ورقه از رابطه: } \frac{m}{M} = \frac{n}{N_a} \text{ محاسبه می شود.}$$

m جرم ورقه، M جرم مولکولی و N_a عدد ثابت آووگادرو می باشد.

$$N_a = 6.0234 \times 10^{23}$$

محاسبه سرعت ذره آلفا منبع اشعه ${}^{226}\text{Ra}_{88}$:

با در نظر گرفتن اینکه ضخامت ورقه طلا $t_{AU} = 0.0005\text{mm}$ و جرم آن $m_{AU} = 0.05\text{ gr}$ و همچنین ضخامت ورقه آلومینیوم موجود $t_{Al} = 0.06\text{mm}$ و جرم آن $m_{Al} = 0.05\text{ gr}$ می باشد، سرعت ذره آلفا منبع اشعه ^{226}Ra را از رابطه (۴-۱۰) به دست می آورید.

$$V^2 = \left(\frac{QntK^2(Ze)^2E^2}{4Nr^2M^2 \sin^4\frac{\theta}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (۴-۱۰)$$

$$V = \left(\left(\frac{QK^2t(Ze)^2E^2}{4r^2NM^2 \sin^4\frac{\theta}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (۵-۱۰)$$

در روابط (۴-۱۰) و (۵-۱۰) مقدار K در سیستم CGS برابر با یک و در دستگاه SI برابر $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ است. و ۲ در روابط فوق فاصله ورقه از آشکار ساز می باشد. مقدار v را برای دو ورقه با جنس های مختلف طلا و آلومینیوم تعیین کنید.

تعیین مقدار یا اندازه شعاع هسته اتمها:

از نتایج آزمایش های مربوط به انحراف یا پراکندگی ذرات آلفا و با در دست داشتن سرعت ذرات آلفا v می توان شعاع هسته اتم ها را محاسبه نمود. اگر b را کمترین فاصله نزدیکی ذره آلفا هسته اتم فرض کنیم، می توان برای لحظه ای انرژی پتانسیل هسته را برابر انرژی جنبشی ذره در نظر گرفت. لذا با در نظر گرفتن تقریب $b=r$ می توان نوشت:

$$\frac{KZeQ}{b} = \frac{1}{2}MV^2 \quad (۶-۱۰)$$

$$\frac{KZeQ}{r} = \frac{1}{2}MV^2 \quad (۷-۱۰)$$

$$r = \frac{2KZeQ}{MV^2} \quad (۸-۱۰)$$

و همچنین شعاع هسته اتم را از رابطه تجربی:

$$r = r_0A^{1/3} \quad (۹-۱۰)$$

که در آن مقدار ثابت r_0 برابر است با:

$$r_0 = 1.2 \times 10^{-11} \text{ cm}$$

و A جرم اتمی می باشد. مقدار شعاع هسته اتم را از دو روش فوق محاسبه نموده و مقادیر حاصل را باهم مقایسه نمایید و درصد اختلاف نسبی آنها را محاسبه نمایید.