پراکندگی رادرفورد

هدف آزمایش:

بررسی پراکندگی رادرفورد ذرات آلفا از روی ورقه نازک آلومینیمی یا طلا

محاسبه انرژی ذرات آلفا

مقدمه:

شاید بتوان اولین فعالیت تجربی موفق و مهم به منظور کشف دنیای درون اتم را به کار ارنست رادرفورد (E.Ratherford) و همکارانش نسبت داد. وی با تحلیل آزمایشهای پراکندگی ذرات، مدل هندوانه‌ای تامسون برای اتم را نارسا دانسته و نشان داد که بار مثبت در ناحیه بسیار کوچک یعنی هسته‌ها متمرکز است (سال۱۹۱۱). این نتایج بعلت مشاهده پراکندگی قابل توجه ذرات آلفا در زوایای بزرگتر از یک درجه بود. برای بدست آوردن توزیع زاویه‌ای پراکندگی ذرات آلفا از اتم‌های یک هدف، الگوی رادرفورد را در نظر می‌گیریم. بعلت نیروی رانشی کولنی بین ذره آلفا با بار مثبت هسته، مسیر ذرات هذلولی خواهند بود؛ بطوریکه هسته اتم در مرکز هذلولی قرار می‌گیرد. زاویه انحراف ذره آلفا از رابطه زیر بدست می‌آید (شکل۱):

$$\cot\frac{\theta}{2} = \frac{2b}{D} = \frac{8\pi\varepsilon_0 . Eb}{ze^2} \qquad (۱)$$

E انرژی جنبشی و b پارامتر برخورد است که تعیین کننده زاویه انحراف ذرات می‌باشند. D کوتاهترین فاصله از هسته در یک برخورد رودرو (b=0) است. در این نوع برخورد زاویه پراکندگیπ بوده و سطح مقطع برخورد، $\delta = \pi b^2$ صفر است.

برای یافتن توزیع فضائی تعداد ذرات پراکنده شده می‌توان هدف را ورقه نازکی به ضخامت t و مساحت A با دانسیته ρ تعداد هسته در سانتیمتر مکعب در نظر گرفت و سطح آشکارساز چرخان را S انتخاب کرد. می‌توان نشان داد که تعداد ذراتی که به آشکارساز واقع در زاویه θ می‌رسد برابر است با:

N_i تعداد ذرات آلفا گسیل شده به هدف می‌باشد.

$$N(\theta) = \frac{N_i \rho t Z^2 e^4 S}{(4\pi\epsilon_0)^2 4E^2 L^2 \sin^4\frac{\theta}{2}} \qquad (۲)$$

وسایل آزمایش:

شکل۲ شمای هندسی انحراف ذرات α را نشان می‌دهد. منبع به کار برده شده از نوع Am–۲۴۱ است. آشکارساز و منبع ثابت، اما شکافی که هدف در آن قرار می‌گیرد، به یک بازوی گردان نصب شده‌اند. ذرات آلفا پس از رسیدن به آشکارساز تولید سیگنال کرده و پس از تقویت به شمارنده دیجیتال می‌رسند. شکل۳ الف و ب اجزای محفظه انحراف و شکل۴ تقویت کننده و منبع تغذیه آن را نشان می‌دهد. پالس‌ها پس از تقویت در دستگاه شمارنده (شکل۵) قابل مقایسه و ارزیابی می‌باشند. بعلت *کوتاه بودن برد ذرات آلفا در هوا* محفظه می‌بایستی توسط پمپ کوچکی تخلیه شود (شکل۶).

روش کار با شمارنده:

این شمارنده برای حالت‌های مختلفی از ورودی‌ها قابل استفاده است و باید آن را برای شرایط آزمایش خودمان آماده کنیم. برای این کار بعد از روشن کردن دستگاه و برقراری مدار دکمه ***Function*** را چند بار فشار دهید تا دستگاه در حالت S^{-1} قرار گیرد. دکمه ***Level*** برای تنظیم محدوده تعداد پالس ورودی است که آن را باید طوری تنظیم کنید که محدوده شمارش با تعداد پالس‌های شمارش شده یکی باشند (این تنظیم فقط مربوط به *نمایش* در زمان انجام آزمایش است. و در صورتی که آن را انجام ندهید، اشکالی در شمارش پیش نمی‌آید). دکمه ۱ نیز برای تنظیمات حالت پالس‌های ورودی است. دکمه ۱ را چند بار فشار دهید تا در حالت ***AC*** و ***T=10sec*** قرار گیرد و این حالت را برای تمام آزمایش‌ها حفظ کنید. پس از این تنظیمات می‌توانید با فشار دکمه ***Run*** شمارش را شروع کنید. در این صورت دستگاه شروع به شمردن تعداد پالس‌های ورودی می‌کند و در هر ۱۰ ثانیه تعداد را ثبت می‌کند (فقط تا ۱۰ بار داده جدید ذخیره می‌شود). برای مشاهده نتایج بعد از گذشت چند ده ثانیه، دکمه ***Stop*** را بزنید و سپس دکمه ***Result*** را بزنید. با هر بار زدن این دکمه ***Result*** نتیجه در یکی از ۱۰ثانیه‌ها نشان داده می‌شود. در صورتی که به فشردن این دکمه ادامه دهید، پس از اتمام نتایج شمارش ۱۰ثانیه‌ای،مقدار میانگین را برای شما نمایش می‌دهد. توجه کنید که اگر تعداد کمی۱۰ثانیه شمارش را انجام می‌دهید، خطای آزمایش زیاد می‌شود.

- ☜ فلش زدن عدد نشان داده شده بر روی صفحه دستگاه هنگام اندازه گیری نشان از این است که برای یک ۱۰ ثانیه دیگر داده گیری شده است.
- ☜ در تنظیمات دستگاه دقت کنید در غیر این صورت شمارش به درستی انجام نمی گیرد. مخصوصاً در تنظیم دستگاه به حالت ***AC***.

☠ در هنگام کار برداشتن و حمل کردن چشمه آلفا از انبر دم باریک استفاده کنید .

☚ آشکارساز را در معرض نور، بخصوص نور فلورسنت قرار ندهید.

☚ قبل از شروع آزمایش اثر فلورسنت روی آشکارساز را مشاهده کرده و در گزارش کار ذکر نمایید.

💣 در هنگاه خاموش کردن پمپ ابتدا شیر محفظه را بسته و شیر یک ضرب پمپ را باز کنید تا هوا وارد لوله شود. در غیر این صورت به علت فشار پایین درون لوله، روغن پمپ به درون محفظه وارد خواهد شد.

☝ از دستیار آزمایشگاه بخواهید تا در تخلیه محفظه شمار را یاری کند. دقت کنید در تمامی مراحل فشار دستگاه یکسان باشد.

شرح آزمایش:

آزمایش ۱: شمارش زمینه

شکل۷ شمایی از کل آزمایش را نشان می‌دهد. برای اولین آزمایش ابتدا دقت کنید که منبع در داخل محفظه نباشد. محفظه را تخلیه کرده و شمارنده را روشن کرده و تقویت کننده را بر روی محدوده مناسب قرار دهید. تعداد ذرات زمینه دریافتی را برای مدت زمان مناسب($\Delta t=10sec$) اندازه‌گیری کنید. در خاتمه محفظه را به آرامی هوا دهید.

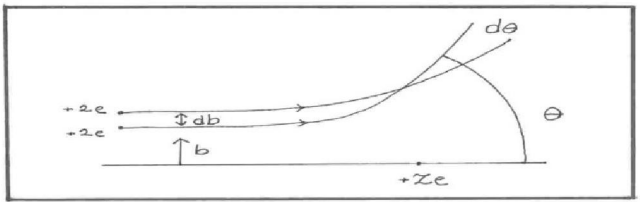
آزمایش ۲: شمارش چشمه

چشمه$Am-۲۴۱$ را در محل خود در محفظه قرار داده، محفظه را به آرامی تخلیه کرده و تعداد ذرات دریافتی را برای مدت زمان مناسب ($\Delta t=10\ sec$) و در زوایای مندرج در جدول ثبت کنید. دقت کنید که شکاف در محل قرار داشته باشد، تنظیم دقیق زاویه بسیار مهم می‌باشد. در خاتمه محفظه را به آرامی هوا دهید.

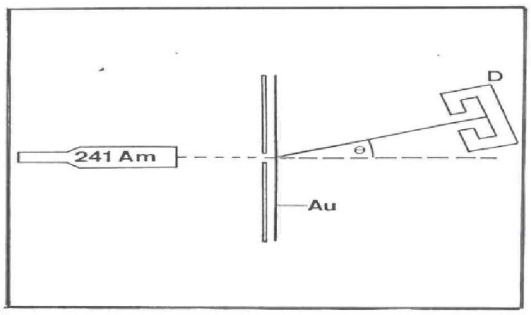
آزمایش ۳: شمارش ذرات پراکنده شده از هدف

هدف آلومینیوم و یا طلا را در محل خود قرار دهید. پس از تخلیه آزمایش دوم را با وجود هدف تکرار کنید و نتایج را در جدول ۲ ثبت کنید.

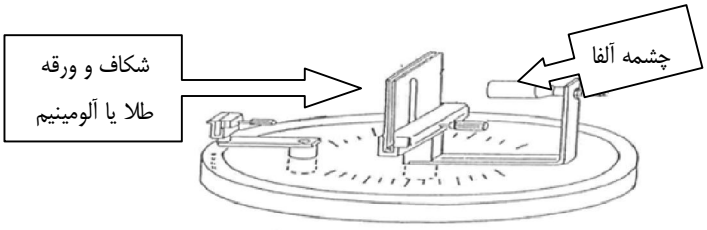
تصاویر:



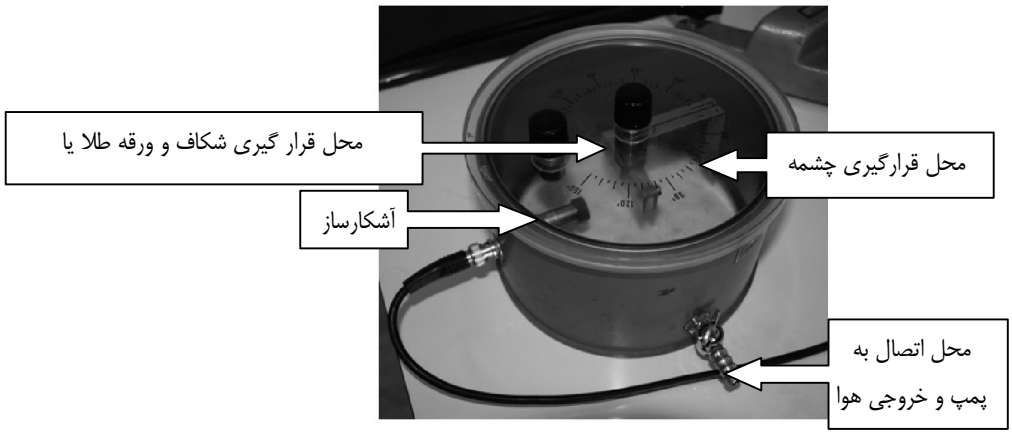
شکل۱. مسیر هذلولی ذرات که از مجاورت یک هسته با بار مثبت می‌گذرند.



شکل۲. شمای هندسی انحراف ذرات α

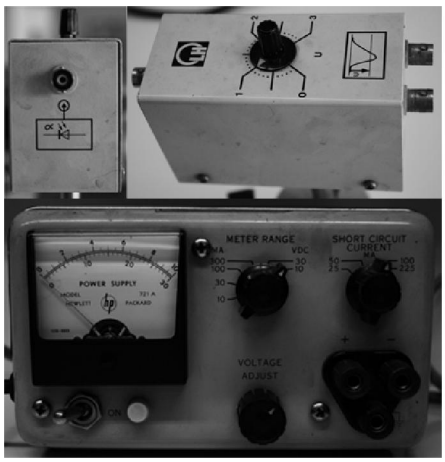


(الف)

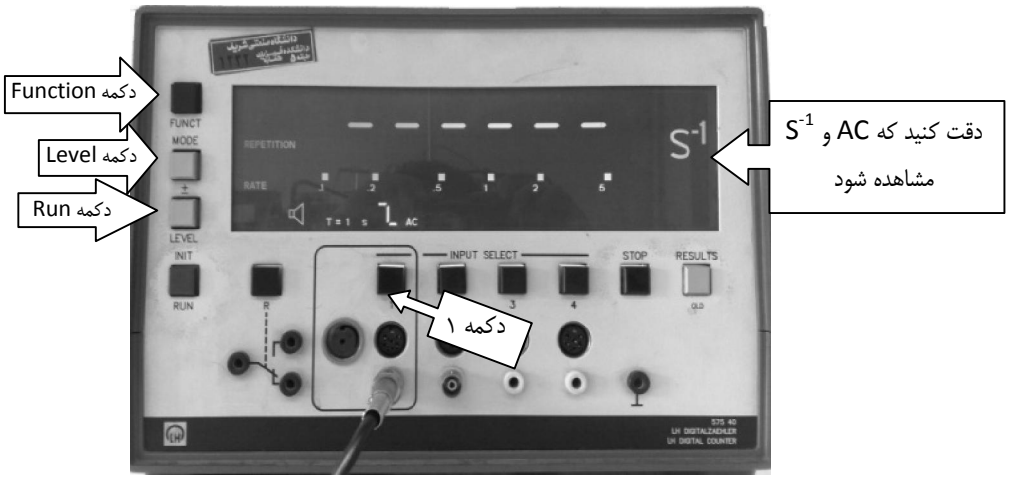


(ب)

شکل۳. اجزای محفظه انحراف

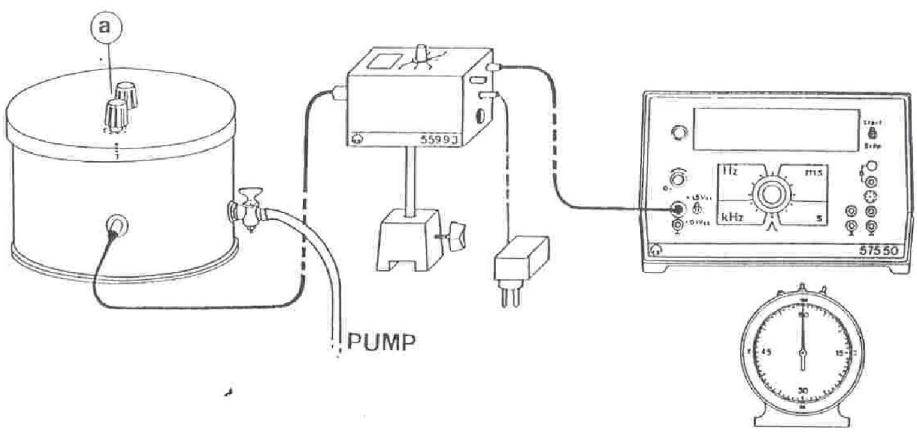


شکل٤. تقویت کننده و منبع تغذیه آن.



شکل٥. شمارنده

شکل٦. پمپ جهت تخلیه محفظه



شکل۷. شمایی از آزمایش رادرفورد

جداول و داده‌ها:

جدول۱

θ درجه	−۲۵	−۲۰	−۱۵	−۱۰	−۷/۵	−۵	−۲/۵	۰
$N(\theta)/sec^{-1}$								
θ درجه	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
$N(\theta)/sec^{-1}$								

جدول۲

θ درجه	−۲۵	−۲۰	−۱۵	−۱۰	−۷/۵	−۵	−۲/۵	۰
$N(\theta)/sec^{-1}$								
θ درجه	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
$N(\theta)/sec^{-1}$								

پرسش‌ها:

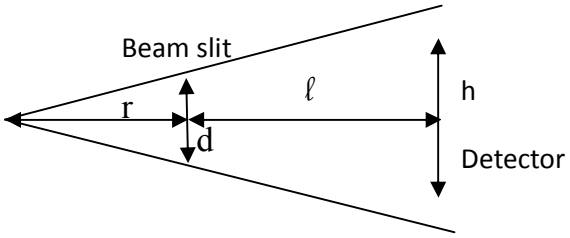
در زمان انجام آزمایش به سوالات زیر پاسخ دهید:

۱. آیا امکان اینکه اندازه‌گیری پراکندگی در زوایای بزرگ وجود ندارد، بررسی آزمایش رادرفورد را دچار مشکل نمی‌کند؟ توضیح دهید.

۲. تعداد متوسط ذرات زمینه آشکار شده در واحد زمان از آزمایش۱ چقدر است (I_1). چرا این آزمایش را انجام دادید؟

۳- با توجه به شکل زیر و مقادیر داده شده، مقدار N_i (تعداد ذرات گسیل شده به هدف) را بیابید. دقت کنید که سطح آشکارساز از سطح مقطع مخروط سایه ذرات کوچکتر است.

r = 2.6cm l = 2.96cm h =0.8cm d = 0.7cm



پاسخ سوالات زیر را در جلسه بعد تحویل دهید.

۱- منحنی $N(\theta)$ بدست آمده از آزمایش دوم را بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی و میلیمتری رسم کنید. این منحنی در چه زاویه‌ای بیشینه دارد. دلایل آن را ذکر کنید.

۲- منحنی $N(\theta)$ بدست آمده از آزمایش سوم را با کسر زمینه (I_2) از تعداد ذرات آشکار شده در واحد زمان بر حسب $Sin^{-4}\theta/2$ بر روی یک کاغذ تمام لگاریتمی رسم کنید. منحنی را تفسیر فیزیکی کنید.

۳- ضریب زاویه خط بدست آمده در سوال قبل را با روش کمترین مربعات و با استفاده از ماشین حساب بیابید و از روی آن انرژی ذرات α را محاسبه کنید.

۴- روابط ۱ و ۲ را اثبات کنید و فیزیک مربوط به هر کدام را توضیح دهید.

۵- برتری‌ها و نواقص مدل راترفورد را نسبت به مدل‌های مطرح در آن زمان بیان کنید.

۶- چرا در محاسبه توزیع زاویه‌ای پراکندگی فقط نیروی کولنی بین ذرات α و هسته را در نظر می‌گیریم و از سایر اندرکنش‌ها چشم پوشی می‌کنیم؟

یادداشت