

## فیزیک جدید آزمایش ۵: پراکندگی رادرفورد

### تئوری:

رادرفورد تابش ذرات آلفا را به وسیله‌ی مواد پرتوزا (رادیواکتیو) مورد مطالعه قرار داده بود ذرات آلفای پرانرژی به سهولت از ورقه‌های نازک فلز، یا صفحات نازک شیشه، یا سایر مواد عبور می‌کنند. قدرت نفوذ این ذرات آلفا فکر و ذهن رادرفورد را بسیار تحت تأثیر قرار داد و به نظرش رسید هنگامی که باریکه‌ای از این ذرات پرانرژی آلفا به یک ورقه‌ی فلز برخورد می‌کنند، به داخل اتم نفوذ می‌کنند و از طریق برخورد با ساختارهای زیر اتمی بازتاب می‌یابند با مقدار و توزیع زاویه‌ای مشاهده شده این بازتاب‌ها کلید راهنمایی در خصوص ساختارهای زیراتمی در اختیار ما قرار می‌دهند.

رادرفورد با حیرت مشاهده کرد که بعضی از ذرات آلفا با زاویه‌ی تقریباً  $180^\circ$  درجه منحرف می‌شوند و در جهت رو به عقب ظاهر می‌شوند. به قول خود او:

«این باورنکردنی ترین رویدادی بود که در زندگی برایم پیش آمده بود. این پیشامد تقریباً همانقدر باور نکردنی است که یک گلوله‌ی توپ ۱۵ اینچی را به یک تکه دستمال کاغذی شلیک کنید و پس از برخورد با آن، برگردد و به خود شما اصابت کند، رادرفورد به زودی پی برد که این انحراف زیاد باید ناشی از رودرویی نزدیک بین ذره‌ی آلفا و یک مغز خیلی کوچک اما خیلی پرجرم در داخل اتم باشد. به این ترتیب، او مدل هسته‌ای به شرح زیر را پذیرفت:

اتم متشکل است از یک هسته‌ی بسیار کوچک به بار  $ze$  که تقریباً تمامی جرم اتم را شامل می‌شود: تعداد  $Z$  الکترون پیرامون این هسته را فرا گرفته‌اند.

با یک محاسبه‌ی نسبتاً ساده ثابت می‌شود که برای یک ذره‌ی آلفا با انرژی  $E$  و پارامتر برخورد  $b$  که بر هسته‌ی ساکنی به بار الکتریکی  $ze$  فرو می‌آید، زاویه‌ی انحراف عبارت است از<sup>۱</sup>:

$$\theta = 2 \cot^{-1} \left( \frac{4\pi\epsilon_0 E b}{ze^2} \right)$$

برای اینکه ذره‌ی آلفا دستخوش انحراف زیاد می‌شود، باید با پارامتر برخورد بسیار کمی،  $10^{-13} m$  یا کمتر، با اتم اصابت کند، از آنجا که ذرات آلفا در باریکه به طور کاتوره‌ای با برگی فلزی برخورد می‌کنند، فقط تعداد بسیار کمی از آنها در چنین برخورد نزدیکی شرکت می‌کنند.

انحراف ذرات یک باریکه در برخورد با یک هدف را پراکندگی می‌گویند.

فرمول پراکندگی رادرفورد به صورت زیر است. توجه کنید که  $d\sigma$  سطح مقطع موثر برای پراکندگی در زوایای بین  $\theta$  و  $\theta + d\theta$  است.

---

<sup>۱</sup>. به کتاب «آشنایی با مکانیک کلاسیک»، آتم - پ - آریا - فصل هشتم مراجعه شود، و یا کتاب «فیزیک جدید» تألیف هانس اوهانیان فصل هشتم.

$$d\sigma = 2\pi \left( \frac{KQq}{2mv_0^2} \right)^2 \frac{\sin\theta}{\sin^4(\theta/2)} d\theta$$

که در آن:

K: ثابت، q بار ذره  $\alpha$  و Q بار مرکز پراکنده است.

چون فرض بر این است که مرکز پراکندگی (ورقه طلا یا آلومینیوم) ثابت باقی می ماند فرمول برای محاسبه سطح مقطع فقط هنگامی صحیح است که ذره  $\alpha$  با هسته ای به مراتب سنگین تر از خودش برخورد کند، درست است ذرات  $\alpha$  با الکترون ها نیز برخورد می کند ولی الکترون ها چنان سبک می باشند که نمی توانند ذرات  $\alpha$  را به میزان قابل ملاحظه ای منحرف کنند.

از طرفی تعداد ذرات پراکنده شده از رابطه ی زیر پیروی می کند.

$$N(\theta) = \frac{N_i P t z^2 e^4 s}{(4\pi\epsilon)}$$

۱-  $N(\theta)$  تعداد ذراتی که به آشکارساز واقع در زاویه  $\theta$  می رسد.

۲- E انرژی جنبشی ذرات  $\alpha$ .

۳-  $N_i$  تعداد ذرات  $\alpha$  گسیل شده به هدف.

۴-  $\rho$  چگالی اتم های هدف در  $cm^3$  سانتی متر مکعب (دانستیه هسته هدف)

۵- t ضخامت ورقه نازک.

۶- e واحد بار الکتریکی ( $1/6 \times 10^{-19} C$ ).

۷- r فاصله ی بین چشمه تا آشکارساز.

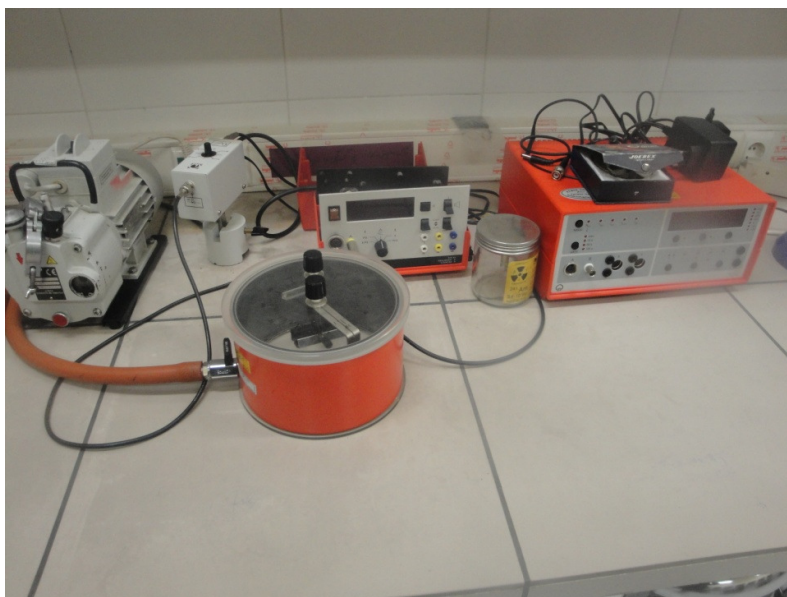
۸- s سطح چشمه.

۹-  $\epsilon_0$  ثابت دی الکتریک ( $8/85 \times 10^{-12} \frac{C}{v.m}$ )

۱۰- b پارامتر برخورد که معیاری از زاویه ی انحراف ذرات است.

۱۱- D پارامتری است که با کوتاهترین فاصله در یک برخورد رو در رو ( $b=0$ ) برابر است در این

نوع برخورد زاویه پراکندگی  $\pi$  بوده و سطح مقطع برخورد  $\sigma = \pi b^2$  صفر است.



### آشنایی با وسایل و دستگاه‌ها:

۱- **زمان سنج:** برای اندازه‌گیری فاصله‌ی زمان تشعشع ذرات بکار می‌رود و براساس دقیقه و ثانیه مدرج شده است.

۲- **آشکارساز:** برای آشکارسازی ذرات  $\alpha$  بکار می‌رود از جنس نیمه هادی هاست و اساس کار آن بدین ترتیب است که وقتی ذرات  $\alpha$  بر آن برخورد می‌کند باعث یونیزه شدن اتم‌های تشکیل دهنده آن می‌شود و در نهایت پالس‌های الکتریکی ضعیف از خود ارسال می‌کند که پس از تقویت قابل شمارش توسط شمارنده‌هاست.

۳- **آمپلی فایر:** جریان ضعیف را تقویت کرده و به شمارنده می‌فرستد.

۴- **شمارنده:** تعداد پالس‌ها را در یک ثانیه می‌دهد (هم خود پالس را اندازه می‌گیرد و هم تعداد پالس‌ها را).

۵- **پمپ خلاء:** برای تخلیه محفظه کاربرد دارد.

### نحوه‌ی تخلیه:

داخل پمپ روغن وجود دارد. شیلنگ محفظه را به پمپ وصل کنید و پمپ را روشن کنید باید شیر محفظه را هم باز باشد. سپس پمپ را روشن کنید تخلیه پس از ۶ الی ۷ دقیقه انجام می‌شود به طوری‌که نمی‌توان درب محفظه را باز کرد. همزمان با خاموش کردن پمپ تخلیه شیر محفظه را ببندید و شیلنگ محفظه را بلافاصله از پمپ باز کنید.

## شرح آزمایش:

محفظه را کاملاً تخلیه کنید. در مرحله اول هدف شمارش ذرات زمینه می‌باشد (بدون حضور چشمه و ورقه) سپس شمارنده را روشن کنید.

تقویت کننده (آمپلی فایر) را روی رنج مناسب قرار دهید و تعداد ذرات زمینه را تحت زاویه‌های مختلف از ۰ تا ۳۰ و از ۰ تا ۳۰- برای مدت زمان ۱ دقیقه اندازه‌گیری کنید و در جدولی مناسب یادداشت کنید، سپس شیر تخلیه را باز و خلاء سیستم را به آرامی از بین ببرید.

برای اینکه تعداد ذرات زمینه را شمارش کنید دستگاه شمارنده را روی پالس قرار دهید و قتی که یک ذره به آشکارساز می‌رسد و با آن برخورد می‌کند، باعث یونیزه شدن اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آشکارساز شده جریان ضعیفی را تولید می‌کند این جریان به صورت تپ‌هایی (puls) تولید می‌شود برای همین است که با آن پالس می‌گویند. جریان تولید شده یا پالس توسط آمپلی فایر تقویت شده و از طریق سیستم به منبع داده می‌شود.

### آزمایش ۲: (شمارش چشمه)

چشمه را در محل خود در محفظه قرار داده دقت کنید که ورقه در داخل شکاف نباشد محفظه را به آرامی تخلیه کرده و تعداد ذرات دریافتی را برای مدت ۱ دقیقه برای زوایای مندرج در جدول ۲ ثبت کنید و سپس شیر تخلیه را تحت زوایای مختلف باز کنید تا خلا سیستم را از بین برود.

### آزمایش ۳: (شمارش ذرات پراکنده شده از هدف)

ورقه‌ی طلا را به عنوان هدف در داخل محفظه مقابل منبع رادیواکتیو قرار دهید. منبع را تخلیه کنید و تعداد ذرات دریافتی را برای مدت ۱ دقیقه شمارش کرده و جدول ۳ را پر کنید.

### آزمایش ۴:

ورقه‌ی آلومینیم را به عنوان هدف قرار دهید و کارهای قبل را برای آلومینیم نیز انجام دهید. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که برای محاسبه تعداد ذرات  $\alpha$  رسیده به آشکارساز باید ذرات زمینه را از تعداد ذرات دریافتی کم کنیم. توجه: دقت محفظه تخلیه ۵ درجه می‌باشد.

## سوالات:

۱- چرا در محاسبه توزیع زاویه‌ای پراکندگی فقط نیروی کولنی بین ذرات  $\alpha$  و هسته را در

نظر می‌گیریم و از سایر اندر کنش‌ها چشم پوشی می‌کنیم؟

۲- ذرات آشکار شده زمینه ناشی از چه منابعی هستند؟

۳- منحنی  $N(\theta)$  بدست آمده از آزمایش‌های ۱، ۲، ۳ برحسب  $\sin^2 \theta/2$  را بر روی کاغذ نیم

لگاریتمی و میلیمتری رسم کنید.

۴- چرا بمباران توسط ذرات  $\alpha$  تحت زاویه ی  $90^\circ$  درجه به ماکزیمم تعداد می رسد؟

جدول (۱)

زاویه	-۳۰	-۲۵	-۲۰					۰	۵	۱۰	۱۵					۳۰
تعداد																

جدول (۲)

زاویه	-۳۰	-۲۵	-۲۰					۰	۵	۱۰	۱۵					۳۰
تعداد																

جدول (۳)

زاویه	-۳۰	-۲۵	-۲۰					۰	۵	۱۰	۱۵					۳۰
تعداد																

جدول (۴)

زاویه	-۳۰	-۲۵	-۲۰					۰	۵	۱۰	۱۵					۳۰
تعداد																