

دستور کار آزمایشگاه هسته ای

تهیه و تدوین

دکتر هادی اسلامی زاده

ثبت طیف ذرات بتا با آشکارساز سوسوزن

ثبت طیف ذرات بتا با آشکارساز سوسوزن

هدف از انجام آزمایش:

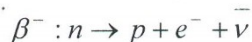
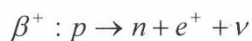
۱- ثبت طیف بتا هسته ^{90}Sr با یک آشکارساز سوسوزن، ۲- تعیین کاهش انرژی ذرات بتا در واحد طول آلومینیوم، ۳- تعیین انرژی واپاشی E_0 .

وسایل مورد نیاز:

چشمه ^{90}Sr ، آشکارساز سوسوزن، سینسور *cassy*، پوسته استوانه‌ای از جنس پلاستیک، محافظ‌های استوانه‌ای از جنس سرب، پایه و گیره‌های نگهدارنده.

تئوری آزمایش

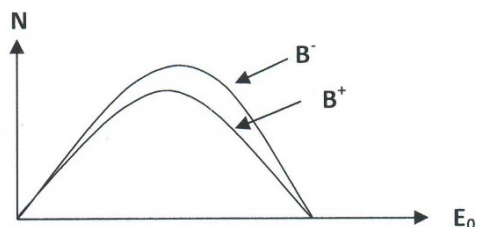
در فرایند واپاشی بتا یک هسته رادیواکتیو عدد اتمی هسته به میزان یک واحد تغییر می‌نماید، در حالی که عدد جرمی هسته بدون تغییر باقی می‌ماند. طی فرایند بتا مثبت و منفی ذرات نوترینو و آنتی‌نوترینو نیز خلق می‌گردند



که مقداری از انرژی را نیز با خود حمل می‌نمایند بطوریکه همواره مجموع انرژی حمل شده توسط ذره پوزیترون و نوترینو یا الکترون و آنتی نوترینو همواره ثابت می‌ماند یعنی:

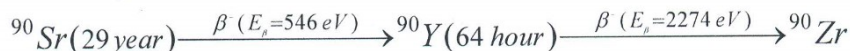
$$E_\beta + E_\nu = E_0$$

که انرژی ذره بتا مثبت یا منفی همواره در بازه صفر تا E_0 قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که طیف ذرات بتای مثبت و منفی با توجه به میدان الکتریکی که در فضای اطراف هسته وجود دارد با همدیگر متفاوت می‌باشند.



شکل ۱- طیف انرژی مربوط به الکترون‌ها و پوزیترون‌ها

در آزمایش حاضر قصد داریم از چشمه ^{90}Sr که به شکل زیر واپاشی می‌نماید استفاده نماییم.



که اگر طیف را توسط یک آشکارساز سوسوزن مورد بررسی قرار دهیم طیف ثبت شده، ناشی شده از هر دو نوع ذره با انرژی‌های واپاشی مختلف E_0 می‌باشد.

برای بررسی نحوه افت انرژی ذرات β در ماده می‌توان صفحاتی از جنس آلومینیوم را بین چشمه و آشکارساز قرار داد و با افزایش صفحات آلومینیومی میزان افت انرژی در واحد طول یعنی $\frac{dE}{dx}$ را تعیین نمود.

شرح آزمایش

کامپیوتر را روشن نموده و سینسور **cassy** را به برق وصل نمائید. برنامه **cassy lab** را راه‌اندازی نمائید و تعداد کانال‌های اندازه‌گیری را برای ۲۵۶ کانال تنظیم نمائید و زمان اندازه‌گیری را ۳۰۰ ثانیه انتخاب نمائید. ابتدا چشمه ^{22}Na را به گیره وصل نمائید بطوریکه دقیقاً در مقابل دهانه آشکارساز قرار گیرد و سپس شروع به اندازه‌گیری نمائید. بعد از سپری شدن زمان ۳۰۰ ثانیه و پایان زمان اندازه‌گیری، **cursor** را روی قله اول قرار داده و سیستم اندازه‌گیری را با وارد نمودن $E_\gamma = 511\text{ keV}$ و سپس با قرار دادن **cursor** روی قله دوم و وارد نمودن انرژی $E_\gamma = 1275\text{ keV}$ کالیبره نمائید.

چشمه ^{22}Na را با چشمه ^{90}Sr تعویض نموده، و بعد از حذف اندازه‌گیری قبل، شروع به اندازه‌گیری جدید برای چشمه ^{90}Sr نمائید. با قرار دادن **cursor** در انتهای دیاگرام مقدار ماکزیمم انرژی ذرات β را تعیین و آنرا در جدول ذیل یادداشت نمائید.

در مرحله بعد استوانه پلاستیکی را بگونه‌ای قرار دهید که آشکارساز در داخل آن قرار گیرد، سپس یک صفحه آلومینیومی به ضخامت **mm** ۰.۵ را روی دهانه استوانه پلاستیکی قرار داده و با نصب چشمه ^{90}Sr در مجاورت صفحه آلومینیومی مجدداً اندازه‌گیری را تکرار نمائید و مقدار ماکزیمم انرژی ذرات β را تعیین نمائید. با افزایش ضخامت آلومینیم اندازه‌گیریها را تکرار نموده و نتایج را در جدول ذیل وارد نمائید.

جدول ۱. ماکزیمم انرژی ذرات β بر حسب ضخامت ماده جاذب

d(mm)	E(keV)
0.0	
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	

پرسش:

- ۱- چه ویژگی بایستی وجود داشته باشد تا هسته‌های رادیو اکتیو تمایل به واپاشی بتای مثبت یا واپاشی بتای منفی را داشته باشند؟
- ۲- اگر زمان اندازه‌گیری را کوتاه در نظر بگیریم آیا نتایج دارای دقت کافی می‌باشند؟
- ۳- با رسم دیاگرام ماکزیمم انرژی ذرات β بر حسب ضخامت ماده جاذب شیب دیاگرام، dE/dx را تعیین نمائید.

آزمایش

اندازه گیری مشخصه های یک آشکارساز گایگرمولر

اندازه گیری مشخصه های یک آشکار ساز گایگرمولر

هدف از انجام آزمایش :

۱- تعیین نرخ شمارش ذرات ورودی (α, β, γ) بر حسب ولتاژ

۲- تعیین ولتاژ ناحیه گایگرمولر

۳- تعیین ولتاژ آستانه ناحیه گایگرمولر

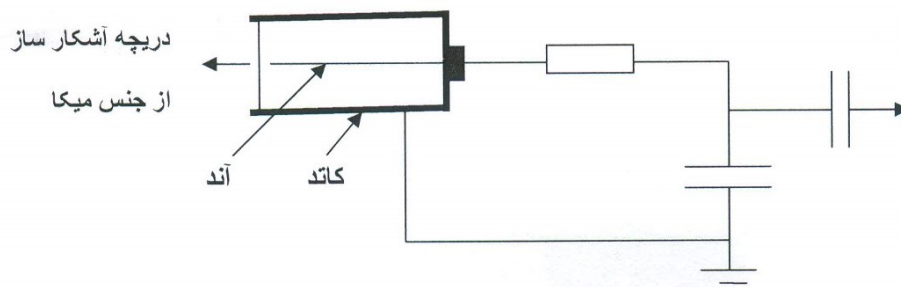
وسایل مورد نیاز:

۱- آشکار ساز گایگرمولر، ۲- چشمه ^{226}Ra ، ۳- شمارنده دیجیتالی، ۴- پایه های نگهدارنده

تئوری آزمایش

آشکار ساز گایگرمولر که توسط گایگر و همکارش مولر در ۱۹۲۸ ابداع گردید، وسیله بسیار مناسبی جهت آشکارسازی تابش های α, β, γ میباشد.

این وسیله شامل یک مخزن استوانه ای شکل (کاتد) و یک میله نازک (آند) که در امتداد محور استوانه قرار گرفته می باشد. مخزن آشکار ساز معمولاً توسط یکی از گازهای نادر در فشار 100 mb شارژ می گردد و یک اختلاف پتانسیل از مرتبه چند صد ولت بین کاتد و آند برقرار می گردد. حال هنگامی که تابشی از طریق پنجره که معمولاً از جنس میکا می باشد وارد آشکار ساز گردد سبب یونیزه شدن تعدادی از اتم های گاز شده که الکترون ها (با سرعت فوق العاده زیاد) و یونهای مثبت (با سرعت کم) بواسطه وجود اختلاف پتانسیل بین دیواره (کاتد) و میله مرکزی (آند) بسمت کاتد و آند شتاب می گیرند که این الکترون ها و یونها بواسطه کسب انرژی سبب یونیزه شدن اتم های دیگری در محیط می گردند، که خود این الکترون ها و یونهای ثانوی نیز با دریافت انرژی سبب ایجاد بهمنی از الکترون ها می گردند. با جمع آوری این الکترون ها توسط آند یک افت ولتاژ میان کاتد و آند بوجود می آید. باید توجه داشت که هنگامی که اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند کوچک باشد بهمن الکترون ها در اطراف آند حالت موضعی داشته ولی هنگامی که اختلاف پتانسیل زیاد می گردد این بهمن در کل مخزن گسترش می یابد. و اگر ولتاژ بین کاتد و آند خیلی افزایش یابد سبب خلق دشارژ در مخزن گاز می گردد که این سبب خراب شدن آشکار ساز می گردد.



شکل ۱. مدار یک آشکار ساز گایگر مولر

نکته: آشکار ساز گایگر مولر قادر به تشخیص نوع ذرات وارد شده نمی باشد.

نکته بسیار مهم:

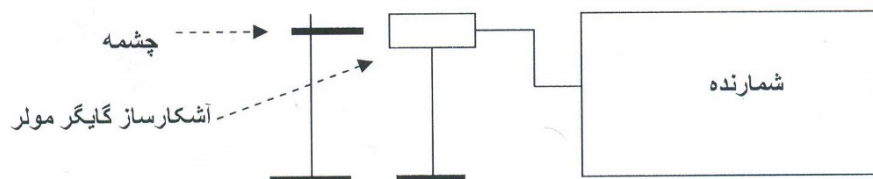
باید توجه داشت که پنجره یا مدخل ورودی آشکار ساز گایگر مولر از جنس میکا با ضخامت $12-15\mu\text{m}$ می باشد، لذا با کوچکترین ضربه خراب می گردد و آشکار ساز قادر به کار نخواهد بود، لذا از دست زدن به دهانه آشکار ساز جدا خوداری نمائید و بعد از استفاده در پوش را در مکان خود قرار دهید.

نکته:

جهت ممانعت از فرایند تخلیه الکتریکی در آشکار ساز که سبب تخریب آن می گردد ولتاژ اعمالی را بیشتر از 600 v انتخاب ننماید.

شرح آزمایش:

آشکار ساز و چشمه ^{226}Ra را مطابق شکل زیر بر روی میله های نگهدارنده سوار نمائید و خروجی آشکار ساز را به دستگاه شمارنده متصل نمائید و چشمه را در فاصله 1 mm از آن قرار دهید و شمارنده را روشن و gate time را 1 s انتخاب نمائید و دکمه بلندگو را فشار دهید، سپس شمارش را آغاز نمائید. ولتاژ آشکار ساز را کاهش دهید تا فرایند شمارش متوقف گردد. سپس ولتاژ را یادداشت نمائید که این همان ولتاژ آستانه محدوده گایگر مولر می باشد.



شکل ۲

سپس **gate time** را 10 s انتخاب نمائید و برای فواصل حدود 1mm ، 10mm و 20mm، چشمه نسبت به آشکارساز جدول ذیل را تکمیل نمائید.

	d=1 mm	d=10 mm	d=20 mm
U(v)	R(s ⁻¹)	R(s ⁻¹)	R(s ⁻¹)
240			
280			
320			
360			
400			
440			
480			
520			
560			
600			
640			

پرسش:

۱- ولتاژ آستانه شروع به کار آشکار ساز کایگر مولر چند ولت می باشد؟

۲- دیاگرامی برای نرخ شمارش بر حسب ولتاژ (جدول بالا) برای فواصل 1mm و 10mm و 20mm رسم نمائید.

۳- نتایجی که از دیاگرام می توان ارائه نمود را بر شمارید؟

اسپکتروسکوپی
(برآورد کاهش انرژی تابش α در هوا)

اسپکتروسکوپی

برآورد کاهش انرژی تابش α در هوا

هدف از انجام آزمایش:

۱- ثبت طیف حاصل از یک نمونه ^{241}Am در اتاقک خلاء

۲- اندازه گیری افت انرژی تابش α بصورت تابعی از فشار محفظه برای حالتی که فاصله بین نمونه ^{241}Am و آشکارساز ثابت است.

۳- اندازه گیری افت انرژی تابش بصورت تابعی از فاصله در فشار استاندارد

۴- تعیین برد تابش α در هوا

وسایل مورد نیاز:

چشمه ^{241}Am (330 kBq)، اتاقک پراکندگی رادرفورد، پمپ خلاء، تقویت کننده اولیه دستگاه اندازه گیری فشار 'vacuum meter'،

MCA-Cassy ، کامپیوتر، آشکارساز نیمه رسانا

تئوری آزمایش:

افت انرژی ذرات α در ماده را میتوان برحسب برخوردهای غیرکشسان این ذرات با الکترونها تفسیر نمود، که با توجه به جرم ذرات α نسبت به الکترونها مطمئناً جهت حرکت ذرات α بابت این برخوردها تغییر نمی نماید و مسیر ذرات α تقریباً مستقیم الخط خواهد بود و با توجه به اینکه ذرات α طی برخورد با الکترون ها انرژی خیلی کمی را از دست می دهند بنابراین تعداد بسیار زیادی برخورد جهت کاهش انرژی ذرات α لازم می باشد.

باید دقت نمود که یک ذره α با سرعت زیاد در یک برخورد با الکترون انرژی کمتری را از دست می دهد نسبت به ذره α ای که با سرعت کم حرکت می کند، چرا که ذره α با سرعت زیاد برای مدت کوتاهی در ناحیه برهمکنش قرار می گیرد نسبت به ذره آلفایی که دارای سرعت کمتر می باشد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که کاهش انرژی وابسته به انرژی ذره آلفا می باشد.

برای تعیین برد ذرات آلفا در یک محیط مادی میتوان از رابطه زیر استفاده نمود.

$$R = \int_{E_0}^0 \frac{dx}{dE} . dE \quad (1)$$

که E_0 انرژی ذره آلفا هنگام ورود به محیط مادی می باشد.

بر حسب نتایج آزمایشات تجربی ارتباط بین انرژی E_0 و R برای ذرات α را میتوان برحسب قانون گایگر بشکل زیر ارائه نمود

$$R \propto E_0^{3/2} \quad (2)$$

که برای هوا رابطه گایگر را میتوان بشکل زیر در نظر گرفت

$$R(cm) = 0.46(E_0(MeV))^{1.5} \quad (3)$$

البته باید دقت نمود که اگر ذره الفا در فشار استاندارد P_0 در هوا فاصله X_0 را طی نماید، آنگاه فاصله‌ای را که در فشار P میتواند طی کند را میتوان برحسب رابطه زیر ارائه نمود.

$$x = \frac{P}{P_0} x_0 \quad (4)$$

شرح آزمایش:

پمپ خلاء را روشن نموده و اجازه دهید که فشار داخل اتاقک کاهش یابد پس از افت فشار در اتاقک تا مقدار مورد نظر شیر را بسته و سریع پمپ خلاء را خاموش نمایید.

برنامه MCA را در کامپیوتر راه‌اندازی نماید و Resolution اندازه‌گیری را 256 channels و زمان اندازه‌گیری را 300 S انتخاب نماید، سپس پنجره را بسته و با کلیک روی دکمه شروع اندازه‌گیری، اندازه‌گیری را آغاز نماید. بعد از اتمام اندازه‌گیری ابتدا مقیاس محور X ها را با کلیک نمودن روی N_1 بر حسب انرژی تنظیم نماید، سپس روی نمودار کلیک راست نموده و نمودار را برای چشمه بکاربرده شده ^{241}Am کالیبره نماید.

نکته:

به هیچ وجه در هنگام تخلیه نمودن هوای اتاقک، اندازه‌گیری انجام ندهید. چرا که در غیر اینصورت آشکارساز خراب می‌گردد.

اندازه‌گیری طیف آلفا وابسته به فشار

جهت اندازه‌گیری طیف آلفا در فشارهای مختلف شیر را با دقت باز نمود تا فشار افزایش یابد و در فشارهای مختلف اندازه‌گیری‌های جدیدی برای طیف ذرات α بعد از سپری شدن زمان اندازه‌گیری ارائه نماید و جدولی مشابه جدول ۱ را تکمیل نماید (برای تعیین انرژی طیف مکان‌نما در قله پیک قرار داده و انرژی متناظر با تعداد ماکزیمم را قرائت نماید) سپس برحسب رابطه $X = \frac{P}{P_0} X_0$ ، X متناظر با انرژی‌های مختلف را برآورد نموده و دیاگرامی برای E برحسب X رسم نماید.

جدول ۱- مقادیر اندازه گیری شده انرژی ذرات آلفا در فشارهای مختلف و فاصله $X_0 = 5.2 \text{ Cm}$

P(mbar)	E(MeV)	$x(\text{cm}) = (p/p_0)x_0$
1		
290		
380		
480		
670		
760		
860		
880		
900		
920		
940		
970		

پرسش:

۱- مطلوب است رسم دیاگرام $E(\text{MeV})$ بر حسب $X(\text{cm})$.

۲- تعیین شیب دیاگرام یعنی dE/dx برای ناحیه ای که تغییرات کم می باشد.

۳- تعیین برد ذرات آلفا (مقدار X به ازاء $E=0$ همان برد ذرات آلفا محسوب می گردد).

آزمایش

یونیزاسیون هوا بوسیله مواد رادیواکتیو

یونیزاسیون هوا بوسیله مواد رادیواکتیو

هدف از انجام آزمایش

یونیزاسیون مولکولهای هوا میان دو الکترود متصل به ولتاژ بوسیله مواد رادیواکتیو و آشکارسازی انتقال بار میان الکترودها

وسایل مورد نیاز:

چشمه ^{241}Am ، تقویت کننده الکترومتر، صفحات تخت از جنس روی، میله اتصال، مقاومت $10\text{G}\Omega$ ، ولت‌متر، منبع تغذیه ۴۵۰ ولت، سیمهای رابط

تئوری آزمایش:

صرفنظر از یونهای کمی که توسط تابش کیهانی در هوا خلق می‌گردد محیط هوا را میتوان از نظر الکتریکی بعنوان یک عایق در نظر گرفت. بنابراین بطور مثال اگر میان دو صفحه فلزی تخت که به موازات همدیگر قرار گرفته‌اند و به یک ولتاژ خارجی متصل می‌باشند هوا وجود داشته باشد تا زمانی که ولتاژ اعمالی کمتر از ولتاژ لازم برای تخلیه الکتریکی باشد هیچ یونی بین صفحات جابجا نمی‌گردد.

بکرل در ۱۸۹۵ خاصیت رادیواکتیو را برای نمکهای اورانیم کشف نمود و مشاهده نمود که مواد رادیواکتیو سبب یونیزاسیون مولکولهای هوا می‌گردند و نتیجه گرفت که برای تشخیص رادیواکتیو بودن مواد میتوان از امکان یونیزاسیون مولکولهای هوا استفاده نمود.

شرح آزمایش:

صفحات فلزی را به منبع تغذیه ۴۵۰ ولت متصل نمائید، میله اتصال را در دست بگیرید و با قرائت ولتاژ روی تقویت کننده الکترومتر جریان را از رابطه زیر محاسبه نمائید.

$$I = \frac{U}{10\text{G}\Omega} \quad (1)$$

سپس چشمه ^{241}Am را میان صفحات گرفته و مجدداً جریان را اندازه‌گیری نمائید.

پرسش:

۱- علت در دست گرفتن میله اتصال چیست؟

۲- جریان خلق شده میان صفحات به چه عواملی بستگی دارد؟

طرز تعیین نیمه عمر $^{137}\text{Ba}^m$
(ثبت و ارزیابی دیاگرام واپاشی)

طرز تعیین نیمه عمر $^{137}\text{Ba}^m$

ثبت و ارزیابی دیاگرام و اپاشی

هدف از آزمایش:

اندازه گیری فعالیت $^{137}\text{Ba}^m$ بر حسب زمان و تعیین نیمه عمر آن

وسایل مورد نیاز

چشمه ^{137}Cs ، آشکار ساز گایگرمولر، پایه و گیره های نگهدارنده، لوله آزمایش، سینسور cassy، کامپیوتر، نرم افزار cassy lab

تئوری آزمایش:

همانطور که میدانیم احتمال واپاشی هسته های رادیواکتیو از یک نوع معین با همدیگر برابر بوده و واپاشی هر کدام مستقل از دیگری می باشد و همچنین زمان دقیق واپاشی هر هسته رادیواکتیو را نمی توان بطور دقیق مشخص نمود. اگر فرض نمائیم که در لحظه $t=0$ تعداد هسته های موجود در نمونه N_0 باشد با گذشت زمان تعداد هسته ها را می توان بر حسب رابطه زیر ارائه نمود.

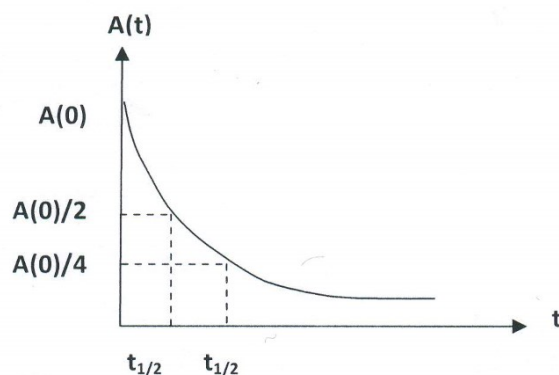
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

بر حسب رابطه فوق براحتی می توان نشان داد که نیمه عمر را میتوان از رابطه زیر برآورد نمود.

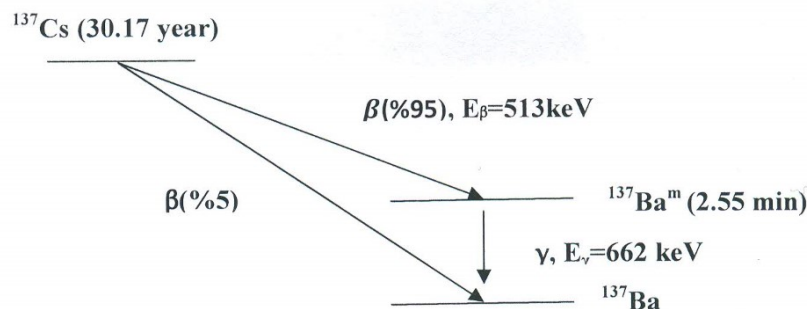
$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (2)$$

بطور تجربی اگر بخواهیم نیمه عمر را تعیین نمائیم می توان فعالیت نمونه را بر حسب زمان مشخص نمود و سپس براحتی نیمه عمر نمونه رادیواکتیو را برآورد نمود.

$$A(t) = N(t)\lambda = N_0\lambda e^{-\lambda t} \Rightarrow A(t) = A(0)e^{-\lambda t} \quad (3)$$



در این آزمایش قصد داریم دیاگرام واپاشی حالت $^{137}\text{Ba}^m$ metastable (ایزوتوپ ^{137}Ba را رسم و نیمه عمر آنرا تعیین نماییم. ^{137}Ba محصول واپاشی ^{137}Cs طی واپاشی β با احتمال ۹۵٪ به $^{137}\text{Ba}^m$ تبدیل می گردد و با یک نیمه عمر ۲.۵۵ دقیقه با واپاشی γ به حالت پایه ^{137}Ba میرسد و با احتمال ۵٪ ^{137}Cs طی واپاشی β مستقیماً به حالت پایه ^{137}Ba میرسد.



شرح آزمایش :

کامپیوتر را روشن نموده و سنسور **cassy** را به برق وصل نمائید.

برنامه **cassy lab** را راه اندازی نمائید، ۲ تا ۳ میلی لیتر محلول شستشو را در سرنج وارد نموده و آنرا در تیوپ پلاستیکی (isotop generator) (از طرفی که دارای رنگ آبی می باشد) تزریق نمائید. زمان تزریق بایستی آهسته و طی زمان ۲۰ تا ۳۰ ثانیه صورت پذیرد.

برنامه **cassy lab** را راه اندازی نموده و در پنجره **sensor input setting** کمیت **quantity** را R_{A1} انتخاب نمائید و **measurement range** را ۱۰۰ و **gate time** را ۱۲ ثانیه انتخاب نمائید و پنجره را ببندید، سپس روی آیکون **setting** کلیک نموده و در پنجره **setting** روی آیکون **display** کلیک نموده و محور **X**ها را برای اندازه گیری زمان (**t**) تنظیم نمائید و محور **y**ها R_{A1} . بعد از اتمام زمان اندازه گیری روی دیاگرام کلیک راست نموده و گزینه **Fit function** را انتخاب نمائید و سپس **Exponential function e^x** و محدوده ای که میخواهید تابع **e^x** روی دیاگرام **fit** گردد را مشخص نمائید (کلیک چپ نموده مکان نما را روی دیاگرام حرکت دهید تا ابتدا و انتهای محدوده ای از دیاگرام که می خواهیم دیاگرام **fit** گردد مشخص گردد) سپس از روی دیاگرام نیمه عمر را مشخص نمائید.

پرسش:

۱- آیا از روش ارائه شده در این آزمایش میتوان برای تعیین نیمه عمر هر هسته ای استفاده نمود؟

آزمایش

تشدید مغناطیسی هسته در پلی استرین و تفلون

تشدید مغناطیسی هسته در پلی استرین و تفلون

هدف از انجام آزمایش:

۱- تشدید مغناطیسی هسته‌های هیدروژن و فلور در نمونه‌های جامد و مایع

۲- اندازه‌گیری پهنای پیک رزونانس فلور

وسایل مورد نیاز:

۱- منبع تغذیه NMR ۲- هسته U شکل و yoke ۳- دو پیچه با 450 دور سیم ۴- منبع تغذیه 0 تا 16 ولت (0 تا 5A) ۵- اسیلوسکوپ آنالوگ ۶- کابل‌های رابط

تئوری آزمایش:

تشدید مغناطیسی هسته (NMR) در 1945 به وسیله بلوخ و پارسل کشف گردید. اسپکتروسکوپی NMR امروزه یکی از روش‌های مهم در شیمی و زیست‌شناسی محسوب می‌گردد. در پزشکی از این روش جهت عکس‌برداری MIR استفاده می‌گردد که یک روش تکمیلی جهت تشخیص بیماری نسبت به روش‌های عکس‌برداری x-ray و ultra sound می‌باشد.

به هسته با اسپین I می‌توان یک ممان مغناطیسی به شکل زیر نسبت داد

$$\mu = -g\mu_n I \quad (1)$$

که g factor، g و μ_n مگنتون هسته می‌باشد. از طرفی از کوانتوم مکانیک می‌دانیم که ممان مغناطیسی μ در یک میدان مغناطیسی ایستا (مستقل از زمان) فقط می‌تواند جهت‌های به خصوصی را انتخاب نماید. یا به عبارت دیگر تصاویر به خصوصی در امتداد میدان مغناطیسی داشته باشد. انرژی متناظر به هر جهت اسپین را می‌توان برای هسته به شکل زیر ارائه نمود.

$$E_k = -g\mu_n B_0 k \quad k = -I, -I+1, \dots, I-1, I \quad (2)$$

حال اگر یک نمونه شامل تعداد زیادی اتم در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد اسپین آن‌ها بنا به معادله بولتزمن توزیع می‌گردد بطوریکه:

$$\frac{N_k}{N_{k+1}} = \exp\left(-\frac{E_{k+1} - E_k}{k_B T}\right) \quad (3)$$

ثابت بولتزمن: k_B

تعداد اسپین‌ها که دارای تصویر K می‌باشند: N_K

حال اگر هسته‌ها انرژی دریافت نمایند امکان برانگیخته شدن و تغییر اسپین سیستم وجود دارد.

بطور مثال اگر هسته در یک میدان مغناطیسی دیگر با شدت B_1 که عمود بر میدان اصلی B_0 است قرار گیرد امکان جذب انرژی و برانگیخته شدن هسته وجود دارد.

حال اگر میدان مغناطیسی بگونه‌ای تعریف گردد که انرژی کوانتم‌های میدان یعنی فوتون‌ها در رابطه زیر صدق نماید امکان برانگیخته شدن هسته وجود دارد.

$$h\nu = E_{k+1} - E_k = -g\mu_n B_0 \quad (4)$$

هنگامی که فرکانس بگونه‌ای تنظیم گردد که در رابطه فوق صدق نماید به این فرکانس رزونانس گویند.

در این آزمایش سعی داریم سیگنال‌های NMR هسته‌های هیدروژن (پروتون) و هسته‌های فلور را مشاهده نمائیم. هر دو هسته دارای اسپین $I=1/2$ می‌باشند و بنا به رابطه (۳) دارای فقط دو جهت‌گیری نسبت به میدان خارجی می‌باشند. حال برای دیدن برانگیختگی و انتقال از یک حالت به حالت دیگر، نمونه را در یک سیم‌لوله rf که در بین شکاف بین دو پیچه اصلی قرار دارد قرار می‌دهیم. حال اگر فرکانس را تغییر دهیم بطوریکه تساوی رابطه (۴) برقرار گردد هسته‌ها از میدان rf انرژی جذب می‌نمایند.

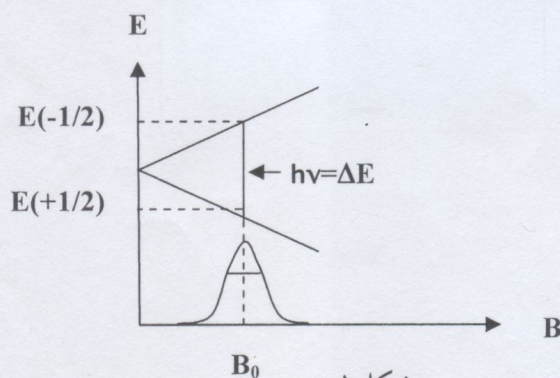
باید توجه داشت که سیگنال NMR متناسب با تعداد اسپین‌های N در نمونه می‌باشد.

هسته‌های هیدروژن دارای فرکانس تشدید حدود 42.5 MHz در یک میدان مغناطیسی خارجی می‌باشند. مقدار دقیق این فرکانس وابسته به عناصر شیمیایی دیگر که در اطراف هیدروژن یا در ترکیب می‌باشند دارد، و همچنین به میدان مغناطیسی B_0 و به میدان مغناطیسی الکترونها و هسته‌های مجاور هیدروژن.

باید توجه داشت که فرکانس رزونانس NMR وابسته به عناصر شیمیایی اطراف و دما می‌باشد و با تحلیل پهنای پیک رزونانس بر حسب فاکتورهای بالا میتوان اطلاعات جامعی در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مختلف بدست آورد.

با اندازه‌گیری پهنای پیک رزونانس (پهنا به ازاء نصف ارتفاع پیک مطابق شکل ۱) می‌توان زمان استراحت T_2 را بشکل زیر بر آورد نمود:

$$\Delta B \approx \Delta \nu \approx \frac{1}{T_2} \quad (5)$$



شکل ۱

طرز انجام آزمایش:

۱- اسلیسکوپ را روی حالت xy تنظیم نمائید.

۲- روی منبع NMR در قسمت B Modulation حالت fast sweep را انتخاب نموده و modulation amplitude روی ماکزیم مقدار تنظیم نمائید.

۳- در قسمت NMR oscillator فرکانس را روی مقدار ماکزیم تنظیم نموده و به آهستگی amplitude را افزایش دهید تا چراغ قرمز روشن گردد و فرکانس حدود ۱۹ MHz را نمایش دهد.

۴- فرکانس را تا مقدار ۱۸.۵ MHz کاهش دهید.

۵- نمونه را به آهستگی بطور عمود در محفظه اندازه گیری وارد نمائید.

۶- به آهستگی جریان منبع تغذیه سیم پیچ ها را افزایش دهید تا سیگنال NMR روی اسلیسکوپ ظاهر گردد.

۷- با تغییر آهسته دامنه HF سیگنال NMR را تنظیم نمائید.

۸- سیگنال NMR را با تغییر جریان پیچ ها یا فرکانس تنظیم modulation amplitude به مرکز اسلیسکوپ منتقل نمائید و با توجه به رابطه (۵) زمان استراحت T_2 را برآورد نمائید.

پرسش:

- ۱- به چه دلیل برای انجام این آزمایش احتیاج به میدان مغناطیسی می باشد؟
- ۲- علت اعمال میدان مغناطیسی دوم چیست؟
- ۳- به چه دلیل راستای میدان مغناطیسی دوم بطور عمود نسبت به میدان اول اعمال می گردد؟

آزمایش

آشکارسازی رد ذرات α در اتاق ابر ویلسون

آشکارسازی رد ذرات α در اتاق ابر ویلسون

هدف از انجام آزمایش:

مشاهده رد ذرات α به وسیله اتاقک ابر ویلسون

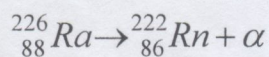
وسایل مورد نیاز:

آب مقطر، الکل، چراغ، دیافراگم، اتاقک ابر ویلسون، منبع تغذیه، چشمه رادیم

تئوری آزمایش

برای مشاهده رد ذرات α می توان از اتاقک ابر ویلسون محتوی بخار فوق اشباع آب و الکل استفاده نمود. برای تهیه بخار فوق اشباع می توان از انبساط بی درو استفاده نمود. انبساط بی درو سبب چگالش بخار آب و الکل گردیده و در نتیجه قطره های فوق العاده کوچک شکل می گیرد. حرکت ذرات α در چنین محیطی سبب ایجاد یونیزاسیون در حوالی مسیر ذره شده که این سبب تشدید فرایند چگالش در حوالی مسیر حرکت ذره می گردد، که این امر سبب قابل مشاهده شدن رد ذرات α در اتاقک ابر ویلسون گردد.

برای انجام آزمایش می توان از چشمه رادیم ^{226}Ra استفاده نمود که با نیمه عمر حدود 1602 سال به هسته رادون تبدیل می گردد.



$$E_{\alpha} = 4.78 \text{ MeV}$$

شرح آزمایش:

چراغ را روشن نموده و و آن را در فاصله حدود 10 الی 15 سانتیمتر از اتاقک ویلسون قرار دهید. بطور آهسته پیستون در زیر اتاقک ویلسون را به سمت پایین کشیده، تا سبب ایجاد بخار آب و الکل فوق اشباع در اتاقک گردد. حال در صورت حرکت ذرات α در محیط و ایجاد یون فرایند چگالش در نواحی که ذره α عبور می کند رد ذره α قابل مشاهده خواهد بود.

پرسش:

۱- به چه دلیل نمی توان از اتاق ابر ویلسون جهت مشاهده رد ذرات β و γ استفاده نمود؟

۲- به چه دلیل ذرات α فرایند چگالش را در حوالی نقاطی که عبور می کنند تشدید می نمایند؟

آزمایش

مطالعه نحوه جذب پرتو گاما در ماده

هدف از انجام آزمایش:

تعیین ضریب جذب خطی ورقه های سربی، آلومینیومی و آهنی.

مطالعه نحوه جذب پرتو گاما در ماده

هدف از انجام آزمایش

تعیین ضریب جذب خطی ورقه های سربی، آلومینیومی و آهنی.

وسایل مورد نیاز

چشمه کبالت، ^{60}Co ، آشکارساز گایگر مولر، پایه، گیره، شمارنده دیجیتالی، ورقه های آلومینیومی، آهنی و سربی با ضخامت های مختلف.

تئوری آزمایش

هنگامی که یک پرتو از فوتونها در محدوده فرکانس تابش گاما به یک توده از ماده برخورد می نماید، فوتونها به شکلهای مختلفی با ماده برهم کنش می نمایند که اینها عبارتند از:

۱- پدیده فوتو الکتریک

۲- پدیده کامپتون

۳- تولید زوج

اثر فوتوالکتریک پدیده ای است الکتروکوانتومی که در آن الکترون، بعد از جذب انرژی یک فوتون از ماده گسیل می شود. اثر فوتوالکتریک با فوتون هایی با انرژی پایین در حدود چند الکترون-ولت قابل مشاهده می باشد و اگر فوتون ها دارای انرژی بیشتری باشند (در حد چند کیلو الکترون-ولت) احتمال پدیده دیگری به نام پدیده کامپتون افزایش می یابد، و اگر انرژی آنها در حدود 1.02 مگا الکترون-ولت و یا بیشتر باشد احتمال رویداد تولید زوج افزایش می یابد.

هنگامی که فوتونی بر روی یک سطح فلز فرود می آید انرژی خود را میتواند به یکی از الکترون ها منتقل نموده و سبب آزادی الکترون گردد. که بنا به رابطه پیشنهادی انیشتین میتوان نوشت:

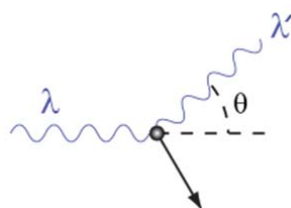
$$h\nu = W + K$$

که در این رابطه h ثابت پلانک، ν بسامد موج، W تابع کار فلز و K انرژی جنبشی الکترون می باشد.

به طور خلاصه می‌توان گفت که اگر امواج الکترومغناطیس بر سطحی (بویژه فلزات) بتابد از جسم تعدادی الکترون خارج خواهد شد که تعداد الکترون‌ها خروجی به شدت موج تابیده شده و انرژی الکترون‌ها، به طول موج موج تابیده شده بستگی دارد و اگر انرژی فوتونها از حد آستانه پایین‌تر باشد دیگر فرایند فوتو الکتریک روی نخواهد داد.

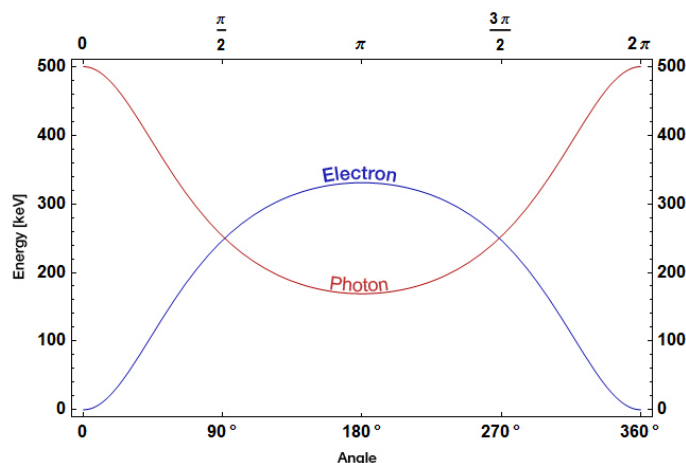
در پدیده کامپتون فوتونها بواسطه برخورد با الکترونهای تقریباً آزاد، مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند و از این رو طول موج منتسب به فوتون پراکنده شده افزایش می‌یابد. که تغییر طول موج فوتونها را می‌توان بصورت زیر در نظر گرفت

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$



که λ طول موج فوتون قبل از پراکندگی، λ' طول موج فوتون بعد از پراکندگی، m_e جرم سکون الکترون، θ زاویه پراکندگی فوتون، h ثابت پلانک، و c سرعت نور می‌باشد. اثر کامپتون را می‌توان بصورت برخورد یک فوتون با یک الکترون فرض نمود، که در آن انرژی و تکانه کل پایسته می‌ماند.

شایان ذکر می‌باشد که انرژی فوتون و الکترون پراکنده شده، وابسته به راستای حرکت آنها بعد از برخورد می‌باشند. بطور مثال انرژی فوتون و الکترون پراکنده شده برای فوتونهای فرودی با انرژی ۵۰۰ کیلو الکترون ولت بشکل زیر می‌باشد



شکل ۱: انرژی فوتون و الکترون پراکنده شده وابسته به زاویه پراکندگی برای فوتونهای فرودی با انرژی ۵۰۰ کیلو الکترون ولت.

اگر که فوتونها داری انرژی برابر یا بیشتر از $1/0.2$ مگا الکترون ولت باشند احتمال این وجود دارد که با عبور از کنار یک ذره مادی به یک ذره و پاد ذره تبدیل گردند، که به این فرایند تولید زوج گویند. شایان ذکر می باشد که هنگامی که فوتونها با یک شار معین به یک توده ماده برخورد می نمایند، بدلیل روی دادن پدیده های کامپتون، فوتوالکتریک و تولید زوج از تعداد آنها کاسته می گردد. برحسب کارهای تئوری می توان نشان داد که رابطه شار با ضخامت ماده بشکل زیر می باشد

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

که μ ضریب جذب خطی می باشد.

شرح آزمایش:

آشکار ساز گایگر مولر را در مقابل چشمه کبالت ^{60}Co قرار دهید ($E_\gamma = 1253\text{KeV}$) و ولتاژ آشکار ساز را روی 550 ولت تنظیم نمایید. زمان اندازه گیری را 60 ثانیه انتخاب نمایید و چندین بار تعداد ذرات ورودی را در این بازه زمانی اندازه گیری نمایید و شار متوسط اولیه را بر آورد نمایید. سپس بدون اینکه موقعیت چشمه و آشکار ساز را تغییر دهید صفحات با ضخامتهای مختلف را در مقابل آشکار ساز قرار دهید و برای هر صفحه چندین بار شمارش را تکرار نموده و متوسط گیری نمایید و جدول ذیل را تکمیل نمایید.

ماده جاذب	d(mm)	$\bar{N}$	μ	$\bar{\mu}$
Al	۰			
	۱۰			
	۲۰			
	۳۰			
	۴۰			
Fe	۳			
	۷			
	۱۰			
	۱۴			
	۱۷			
	۲۱			
	۲۴			
	۲۸			

Pb	۳			
	۵			
	۸			
	۱۰			
	۱۳			
	۱۵			
	۱۸			
	۲۰			

پرسش:

۱- هنگامی که با یک ضخامت خاص کار می کنیم به چه علت شمارش در هر بار اندازه گیری تغییر می نماید.

۲- ضخامتی را برای آهن، سرب و آلومینیم تعیین نماید که تعداد ذرات شمارش شده به نصف مقدار اولیه کاهش یابد.

۳- چه عواملی فیزیکی روی میزان جذب فوتونها در ماده تاثیر دارد.