دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای

عنوان:

راه‌اندازی دستگاه عمرسنجی پوزیترون و عمر سنجی نابودی پوزیترون در مواد کپه‌ای

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر مهمان دوست خواجه داد

تحقیق و نگارش:

صغری شمس الدینی لری

(این پایان‌نامه از حمایت مالی دانشگاه سیستان وبلوچستان بهره‌مند شده است)

بهمن ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان‌نامه با عنوان **راه اندازی دستگاه عمر سنجی پوزیترون و عمر سنجی نابودی پوزیترون در مواد کپه‌ای** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد، رشته‌ی فیزیک هسته‌ای توسط دانشجو **صغری شمس الدینی لری** تحت راهنمایی استاد پایان نامه **دکتر علی اکبر مهمان دوست خواجه داد** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)

این پایان‌نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:			
استاد راهنما:			
استاد مشاور:			
داور ۱:			
داور ۲:			
نماینده تحصیلات تکمیلی:			

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب صغری شمس الدینی‌لری تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: صغری شمس الدینی لری

امضاء

تقدیم به:

فرشتگان محبت (پدر و مادر مهربانم)

همسر گرامی‌ام :

فرزند عزیزم :

آنان که دعای خیرشان قوت قلبم و بدرقه راهم در زندگی است:

سپاسگزاری

شاکرم خداوند منان را که هادی نور است و بانی هستی، تا به من بیاموزد و مرا رهنمون باشد بـه علـم، تـا دریابم علم او را در تقابل وقیاس با آنچه می‌دانم که اقیانوسی است در مقابل ذره‌ای.

در ابتدا از استاد محترم جناب آقای دکتر مهمان دوست، استاد راهنما که همواره با سعه صدر و دقت نظر بسیار بالا راهنمایی پایان‌نامه اینجانب را بر عهده داشتند، سپاس فراوان دارم و از درگاه خداوند منان هستی، سـلامتی وتوفیق روز افزون برای ایشان آرزومندم.

از پدر بزرگوار و مادر مهربانم و بویژه همسر گرامی‌ام و تمـامی اعضـای خـانواده کـه در تمـامی دوران تحصـیل همواره مشوق و حامی من بوده اند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

از همکاری همکلاسی‌ام آقای حامد نیکو کمال تشکر دارم و از درگاه خداوند منان هستی، توفیق روزافزون برای ایشان آرزومندم.

در نهایت بر خود لازم می‌دانم که از تمامی اساتید محترم که در محضرشان کسب علم نمودم تشکر و قدر دانـی نمایم.

چکیده:

یکی از روش‌های آزمایشگاهی طیف سنجی نابودی پوزیترون، طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون است که بر مبنای اندازه گیری طول عمر نابودی پوزیترون در محیط استوار است. طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون، به توزیع چگالی الکترونی محیط، به شدت حساس است. عیوبی با چگالی الکترونی کمتر، نظیر جابجا شدگی، جاهای خالی و خوشه‌ها، منجر به طول عمرهای بیشتری می‌شود. از روش طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون، می‌توان اطلاعاتی نظیر نوع و غلظت عیوب بلوری موجود در محیط را به دست آورد. در این پژوهش، نظریه طیف سنجی طول عمر نابودی مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس آرایشی از راه اندازی دستگاه طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون گزارش شده است. تفکیک پذیری زمانی سیستم در حدود ۲۷۰ پیکوثانیه است. در نهایت طیف طول عمر برای نمونه آلومینیوم تجاری،تحلیل شده است.

کلمات کلیدی : طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون – دستگاه همزمانی- تفکیک پذیری زمانی سیستم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- پیش گفتار ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق و اهمیت آن ۳

۱-۳- مراحل انجام تحقیق ۴

۲- فصل دوم: معرفی نظری طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون ۵

۲-۱- چشمه پوزیترون ۶

۲-۲- مبانی نظری اندازه‌گیری طول عمر نابودی پوزیترون ۶

۲-۳- شکل گیری پوزیترونیوم و نابودی آن ۱۰

۲-۴- مدل‌های گیراندازی پوزیترون ۱۲

۲-۴-۱- مدل گیراندازی استاندارد (STTM) ۱۳

۲-۴-۲- مدل گیراندازی انتشار (DTM) ۱۳

۲-۵- طول عمر پوزیترون در عیوب متفاوت و وابستگی‌های آن ۱۴

۲-۶- طول عمر پوزیترون برای عناصر جدول تناوبی ۱۵

۲-۷- چیدمان آزمایشگاهی طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون ۱۷

۲-۸- تحلیل داده‌ها ۱۸

۲-۹- روش‌های برازش طیف نابودی پوزیترون ۲۱

۲-۹-۱- روش بیشینه آنتروپی MELT ۲۱

۲-۹-۲- تحلیل طیف با برنامه POSITRONFIT EXTENDED ۲۱

۲-۹-۳- تحلیل طیف با برنامه CONTIN (PALS-2) ۲۲

۲-۱۰- کاربردهای طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون ۲۲

۳- فصل سوم: طیف سنجی نابودی پوزیترون در مواد کپه‌ای ۲۴

۳-۱- نمونه نیمرسانا: طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون در نمونه‌های حجمی ZnO ۲۵

۳-۱-۱- شرح آزمایش ۲۶

۳-۱-۲- گیراندازی پوزیترون در عیوب ۲۶

۳-۱-۳- تحلیل طیف در نمونه‌های اکسید روی ZnO ۲۸

۳-۲- نمونه رسانا: طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون در مس ۴۰

۳-۲-۱- روش آزمایش ۴۱

۳-۲-۲- تحلیل طول عمر و نتایج ۴۲

۳-۳- نمونه پلیمر: توصیف نابودی پوزیترون در یک پلیمر شامل نانوذرات نقره ۵۱

۳-۳-۱- روش آزمایشگاهی و تهیه نمونه ۵۲

۳-۳-۲- اندازه گیری پهن شدگی دوپلری و طول عمر نابودی پوزیترون ۵۳

۳-۳-۳- میکرو ساختار ۵۴

۳-۳-۴- طول عمرهای پوزیترون در نمونه پلیمری ۵۶

۳-۳-۵- نابودی پوزیترون در پلیمر شامل نانوذرات نقره ۵۷

۳-۳-۶- اثر بازپخت بر طول عمر در نمونه ها ۶۲

۳-۳-۷- اندازه گیری‌های طول عمر نابودی پوزیترون و اندازه گیری پهن شدگی دوپلری در دمای پایین ۶۷

۴- فصل چهارم: راه‌اندازی دستگاه عمر سنجی و تحلیل داده‌ها ۷۶

۴-۱- مفهوم تابش ۷۷

۴-۲- آشکارساز ۷۷

۴-۳- پیش تقویت کننده ۷۸

۴-۴- تقویت کننده ۸۰
۴-۵-- تبعیض‌گر ۸۱
۴-۶- تحلیل‌گر تک کاناله ۸۱
۴-۷- مبدل آنالوگ به رقم ۸۳
۴-۸- تحلیل‌گر چند کاناله ۸۴
۴-۹- مبدل زمان به دامنه ۸۶
۴-۱۰- واحد همزمانی ۸۷
۴-۱۱- آشکارساز سوسوزن BaF_2 ..... ۸۸
۴-۱۲- تبعیض‌گر کسر ثابت ۸۹
۴-۱۳- چیدمان آزمایشگاهی دستگاه طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون ۹۱
۴-۱۴- بررسی دستگاه و نحوه کار کردن با آن ۹۴
۴-۱۴-۱- مشاهده ارتفاع تپ چندین چشمه و کالیبره کردن سیستم بر حسب انرژی ۹۴
۴-۱۴-۲- تفکیک پذیری زمانی کل سیستم ۹۶
۴-۱۴-۳- اندازه گیری طیف طول عمر نابودی پوزیترون ۹۷
۴-۱۴-۴- تحلیل طیف و نتایج ۹۹
۴-۱۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۱
مراجع ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱. طرح کلی فرایندهای کندشدن، حرارتی شدن، انتشار و نابودی پوزیترون در یک محیط ۳

شکل ۲-۱. ترازهای انرژی و واپاشی هسته های ^{22}Na و ^{22}Ne ۶

شکل ۲-۲. تغییرات دوره‌ای حجم اتمی، طول‌عمر حجمی و طول عمر نابودی پوزیترون در یک تهی جا برحسب عدد اتمی ۱۶

شکل ۲-۳. طرح کلی دستگاه اندازه گیری طول عمر نابودی پوزیترون. ۱۷

شکل ۲-۴. طیف طول عمر نابودی پوزیترون در دو نمونه خالص Si و GaAs ۲۰

شکل ۲-۵. طیف طول عمر نابودی پوزیترون برای نمونه GaAs. ۲۰

شکل ۳-۱. تغییرات طول عمر میانگین پوزیترون برحسب دما در نمونه‌های اکسید روی که در شرایط جوی متفاوتی در گستره دمایی ۱۰ تا ۵۰۰ درجه کلوین باز پخت شده‌اند ۲۹

شکل ۳-۲. تغییرات مولفه‌های برازش شده از تحلیل طیف برحسب دما برای نمونه‌های مورد آزمایش در کل گستره دما ۳۱

شکل ۳-۳. مقایسه تغییرات دمایی τ_1 برازش شده از تحلیل طیف با دو مولفه طول عمر به عنوان پارامترهای آزاد و τ_1^* برازش شده از مدل گیراندازی یک جای خالی (خطوط مشکی) در همه نمونه‌ها ۳۲

شکل ۳-۴. برازش τ_1 با استفاده از مدل یک نوع جای خالی در کل گستره دمایی ۲۰۰تا ۵۰۰ درجه کلوین نشان داده شده است ۳۴

شکل ۳-۵. نمایش لگاریتمی K_{ion} تخمین زده شده برحسب دما برای دمای زیر ۲۰۰ درجه کلوین ۳۸

شکل ۳-۶. تغییرات دمایی دو مولفه τ_1 و τ_2 بدست آمده از برازش طیف برای نمونه Cu ۴۳

شکل ۳-۷. تغییرات طول عمر میانگین برحسب دما برای نمونه Cu ۴۳

شکل ۳-۸. وابستگی دمایی τ_f' محاسبه شده با داده‌های آزمایشگاهی از طریق رابطه۳-۱۲ ..... ۴۵

شکل ۳-۹. تفاوت τ_f' محاسبه شده از مقادیر آزمایشگاهی و برون یابی خطی τ_f با افزایش غلظت جای خالی نسبی مقایسه شده است[۲۵]. ۴۶

شکل ۳-۱۰. تصویر لگاریتمی نسبت‌های اندازه گیری شده $\frac{I_2}{I_1}$ و $I_2(\lambda_1-\lambda_2)$ برحسب دما..... ۵۰

شکل ۳-۱۱. تصویر TEM از نمونه شماره چهار با استفاده از میکروسکوپ نوعی JEM 200 CX..... ۵۵

شکل ۳-۱۲. الگوی پراش پرتو X از تصویر شکل ۳-۱۱ گرفته شده به وسیله پراش سنج اتوماتیک نوع ۱۸۸۷ PW..... ۵۵

شکل ۳-۱۳. طیف طول عمر نابودی پوزیترون برای نمونه پلیمر خالص پلی آمید آکریل و نمونه پلیمری نانو ذرات نقره ۵۸

شکل ۳-۱۴. طول عمرهای تخمین زده شده از پوزیترون‌های نابود شده در خوشه‌های جای خالی انتشار یافته روی سطح ریزدانه τ_1' و در سطح داخلی ریزدانه پلیمر برحسب اندازه ریزدانه..... ۶۰

شکل ۳-۱۵. بخش حجم آزاد تخمین زده شده به عنوان تابعی از دما برای نمونه شماره یک..... ۶۴

شکل ۳-۱۶. تغییرات مولفه‌های طول عمر(دایره‌های پر) و شدت‌های مربوطه (دایره‌های خالی) در اثر بازپخت به طور هم دما در دمای ۴۷۳ درجه کلوین برای نمونه شماره یک..... ۶۶

شکل ۳-۱۷. نمودار توزیع اندازه نانو ذرات نقره در یک نانوترکیب، گرفته شده توسط TEM قبل (a) و بعد (b) از انجام آزمایش در دمای پایین..... ۶۷

شکل ۳-۱۸. تغییرات پارامتر S برای نمونه پلیمر خالص و نمونه نانوترکیب پلیمر خالص..... ۶۹

شکل ۳-۱۹. تغییرات دمایی پارامتر S_m که در این شکل نشان داده شده است، بیانگرگذار فاز فلز به حالت شبه نیمه رسانا و جابجایی دمای گذار است..... ۷۱

شکل ۴-۱. نحوه الکترونیکی یک تبعیض‌گر ۸۱

شکل ۴-۲. نحوه عملکرد الکترونیکی یک تحلیل‌گر تک کاناله ۸۲

شکل ۴-۳. چگونگی روش ویلکنسون در مبدل آنالوگ به رقم ۸۴

شکل ۴-۴. نحوه عملکرد یک مبدل زمان به دامنه ۸۷

شکل ۴-۵. روش دروازه خطی برای تعیین همزمانی دو تپ ۸۸

شکل ۴-۶. شکل طیف گسیلی آشکارساز سوسوزن BaF_2 در دماهای گوناگون..... ۸۹

شکل ۴-۷. روش راه اندازی کسر ثابت، با استفاده از تبعیض‌گر کسر ثابت ۹۰

شکل ۴-۸. چیدمان آزمایشگاهی دستگاه طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون..... ۹۲

شکل ۴-۹. نمایی از دستگاه عمرسنجی راه اندازی شده در آزمایشگاه..... ۹۳
شکل۴-۱۰. طیف تفکیک پذیری زمانی کل سیستم ۹۷
شکل۴-۱۱. روش قراردادن چشمه بین دو آشکارساز BaF_2..... ۹۹
شکل ۴-۱۲. طیف طول عمر نابودی گرفته شده از نمونه آلومینیوم..... ۹۹
شکل ۴-۱۳.برازش کردن طیف نهایی طول عمر به داده‌های آزمایشگاهی ۱۰۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱. آهنگ‌های گیراندازی در دمای ۳۰۰ درجه کلوین و غلظت‌های جای خالی برای نمونه‌ها..... ۳۶

جدول ۳-۲. آهنگ‌های گیر اندازی در دمای ۳۰۰ درجه کلوین و غلظت عیب خوشه‌های جای خالی..... ۳۷

جدول ۳-۳. انرژی بستگی برای پوزیترون‌ها در دام‌های یونی (E_b)، ضریب‌های قانون توان از آهنگ گیراندازی (n در T^{-n}) و غلظت دام‌های یونی (C_{ion})..... ۳۹

جدول ۳-۴. آنتالپی تشکیل جای خالی برای نمونه مس که از تحلیل داده‌های اندازه گیری طول عمر بدست آمده است..... ۴۷

جدول ۳-۵. آنتالپی‌های تشکیل جای خالی برای نمونه Cu که توسط روش‌ها و نویسندگان متفاوت بدست آمده است..... ۴۸

جدول ۳-۶. آنتالپی‌های تشکیل جای خالی بدست آمده توسط روش‌های ارزیابی متفاوت، از داده‌های طول عمر..... ۴۹

جدول ۳-۷. اندازه متوسط ریزدانه و چگالی حجمی نمونه های متفاوت از نانوترکیب پلیمر نقره..... ۵۳

جدول ۳-۸. مقایسه فاصله بین صحفه‌ای بدست آمده از پراش الکترون و داده‌های استاندارد برای فلز نقره در نمونه شماره چهار..... ۵۶

جدول ۳-۹. مقادیر طول عمر و شدت‌های مربوطه برای نمونه‌های نانوترکیبات پلیمر نقره و نمونه پلیمر خالص پلی آمید آکریل..... ۵۹

جدول ۳-۱۰. طول عمر و شدت مولفه‌ها برای نمونه بازپخت شده نانوترکیب پلیمر نقره..... ۶۳

جدول ۳-۱۱. متوسط اندازه ریزدانه در نمونه شماره یک بعد از فرایند بازپخت..... ۶۵

جدول ۳-۱۲. طول عمر نابودی پوزیترون و شدت‌های مربوطه در دو نمونه به کاربرده شده در آزمایشات در دمای پایین قبل و بعد از انجام آزمایشات..... ۷۳

جدول ۴-۱. مولفه‌های طول عمر و شدت‌های مربوطه بدست آمده از تحلیل داده‌های آزمایشگاهی..... ۱۰۱

فصل اول

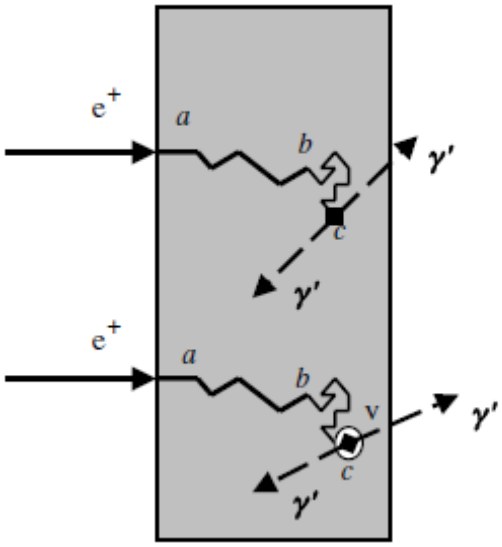
مقدمه

۱-۱- پیش گفتار

در واقع طیف سنجی نابودی پوزیترون[1]، طیف سنجی فوتون‌های ناشی از نابودی پوزیترون‌ها و الکترون‌ها است. پوزیترون‌ها در خلاء ذراتی پایدار هستند، اما وقتی در ماده‌ای وارد شوند، با ضد ذره‌اش، برهم‌کنش می-کنند. در نتیجه برهم‌کنش، یک جفت الکترون و پوزیترون نابود می‌شوند و جرم آنها تبدیل به انرژی الکترومغناطیسی شده و معمولاً دو فوتون بوجود می‌آید که در چارچوب مرجع مرکز جرم پوزیترون و الکترون، دو فوتون در یک راستا و در جهت مخالف هم حرکت کرده و انرژی تقریباً به طور مساوی بین آنها تقسیم می‌شود (این حالت در موقعی است که جفت الکترون و پوزیترون قبل از نابودی ساکن باشند) . اما در چارچوب آزمایشگاه، دو فوتون در یک راستا حرکت نمی‌کنند. تکانه خطی جفت الکترون و پوزیترون ساکن، که بیشتر به علت حرکت الکترون می‌باشد، باید به تابش‌های نابودی منتقل شود. به همین دلیل دو فوتون در یک راستا نمی باشند. که این خود روشی آزمایشگاهی از طیف سنجی نابودی پوزیترون، تحت عنوان اندازه گیری همبستگی زاویه‌ای فوتون‌های نابودی است. همچنین دو فوتون یک مقدار جابجایی انرژی با مقادیر مخالف هم به علت پهن شدگی دوپلری دارند که از مولفه طولی تکانه خطی جفت الکترون و پوزیترون ناشی می‌شودکه این خود روشی آزمایشگاهی از طیف سنجی نابودی پوزیترون به نام پهن شدگی دوپلری گاماهای نابودی است. یکی دیگر از روش‌های طیف سنجی نابودی پوزیترون، طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون می‌باشد که بر مبنای اندازه گیری طول عمر نابودی پوزیترون در محیط استوار است [۱].

در واقع پوزیترون با انرژی جنبشی بیشتر از انرژی حرارتی به ماده نفوذ می‌کند. این پوزیترون طی چند پیکوثانیه به تعادل حرارتی با محیط می‌رسد که این زمان در مقایسه با زمانی که پوزیترون در محیط قبل از نابودی سپری می‌کند کم می‌باشد. به عنوان مثال در آلومینیوم ۱۶۲ps است. پوزیترون‌های استفاده شده در طیف سنجی نابودی پوزیترون برای کاویدن یک نمونه، ذراتی حرارتی بوده و شبیه ذرات کوانتومی رفتار می‌کنند که در دمای اتاق، طول موج دوبرویی در حدود ۶ nm و سرعتی حدود $۱۰^{۵}$ m/s دارند [۱].

[1] -Positron Annihilation Spectroscopy



شکل۱-۱. طرح کلی فرایندهای کند شدن، حرارتی شدن، انتشار و نابودی پـوزیترون در یـک محـیط. در مسیر بالاتر؛ نفوذ (a)، فرایند کندشدن (a تا b)، انتشارحرارتی (b تا c)، و نابودی پوزیترون با یک الکترون در حجم نمونه (c) را نشان می‌دهد. در مسیر پایین‌تر؛ تمامی فرایندها از a تا c مشـابه فراینـدهای مسـیر بالاتر است و به دنبال آن گیراندازی پوزیترون درc در یک جای خالی و در نهایت نابودی پـوزیترون در آن وگسیل دو گاما را نشان می‌دهد[۱].

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق و اهمیت آن

طیف سنجی پوزیترون یکی از روش‌های مطالعه مواد و اثر برخی عوامل نظیر تنش، حرارت، تابش و غیره بر آن‌ها است. طیف سنجی نابودی پوزیترون به علت کاربردهای گسترده آن در تصویر برداری‌های پزشکی، تصویر برداری‌های مختلف مانند دوربین‌های گاما و همچنین کاربردهای گسترده آن در علم مواد و فیزیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در نانو مواد، برای بررسی نقص‌های موجود در جامدات بلوری کاربرد دارد. جامدات بلوری در اثر اغتشاشات بلوری ساختاراتمی خود را از دست می‌دهند و دچار نقص‌هایی چون جابجاشدگی‌ها، حفره‌ها و غیره می‌شوند که یکی از روش‌های بررسی این‌ها، اندازه گیری طول عمر نابودی پوزیترون در این مواد است. چشمه پوزیترون دهنده ^{22}Na این خصوصیت را دارد که به محض تولید پوزیترون، یک تابش گاما با انرژی ۱۲۷۴کیلو الکترون‌ولت، به نام گامای تولد، نیز تولید می‌کند. اگر گسیل این گاما را زمان تولد پوزیترون فرض کرده و با ثبت گامای نابودی پوزیترون، زمان مرگ آن را ثبت کنیم، می‌توان عمر پوزیترون را در شرایط و مواد مختلف اندازه گرفت. با راه‌اندازی دستگاه طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون، می‌توان از آن در مطالعه برخی مواد در مطالعات مربوط به مهندسی مواد استفاده کرد. با استفاده از طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون، می‌توان اطلاعاتی از نوع و غلظت عیوب موجود در محیط بدست

آورد.

۱-۳- مراحل انجام تحقیق

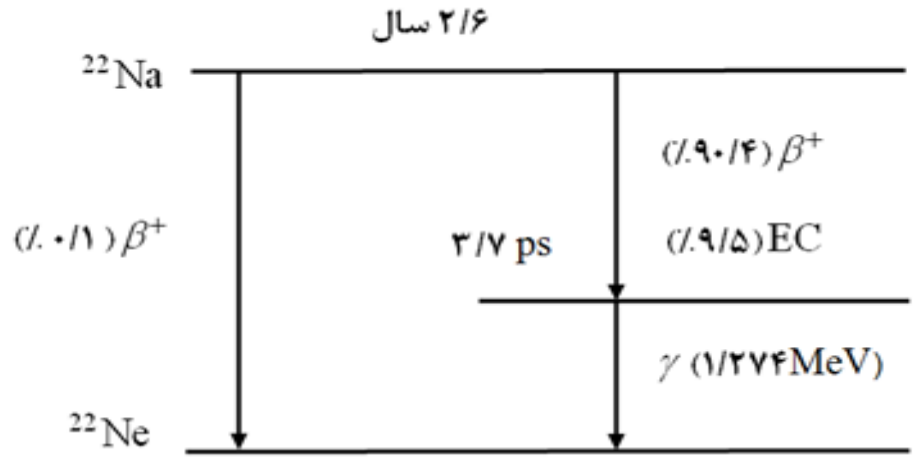
در فصل دوم این پایان نامه به طورکلی، نظریه طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون معرفی می‌گردد. آهنگ نابودی پوزیترون (معکوس طول عمر نابودی پوزیترون) با همپوشانی چگالی الکترون و پوزیترون متناسب است. عیوب جای خالی با حالت باری خنثی، منفی و مثبت به عنوان یک چاه پتانسیل کوانتومی برای پوزیترون عمل می‌کنند. هنگامی که پوزیترون در حالت‌های متفاوت قرار می‌گیرد چگالی‌های متفاوت الکترونی در مقابل خود می‌بیند که منجر به مقادیر متفاوتی برای طول عمر نابودی پوزیترون می‌گردد. در فصل سوم این تحقیق، سه مورد از نمونه‌هایی که به وسیله طیف سنجی نابودی پوزیترون مطالعه شده‌اند، معرفی می‌شود. در این نمونه‌ها به عوامل تاثیرگذار بر مولفه‌های طول عمر چون؛ دما، بازپخت نمونه در شرایط جوی متفاوت، جنس محیط مورد نظر و غیره اشاره شده است. همچنین با مطالعه این نمونه‌ها می‌توان به گوناگونی عیوب گیراندازی پوزیترون در محیط‌های متفاوت پی برد. در فصل چهارم این تحقیق در ابتدا خلاصه‌ای از نحوه کارکرد و معرفی واحدهای مورد نیاز در راه‌اندازی دستگاه طیف سنجی نابودی پوزیترون، آورده شده است. سپس مراحل راه‌اندازی این دستگاه و نحوه کارکردن با آن بیان شده است. در پایان، نابودی پوزیترون در یک محیط حاوی پلی‌استر، استیل ضدزنگ و آلومینیوم اندازه‌گیری شده و طول‌عمرهای بدست آمده با مقادیر موجود در منابع مقایسه و تحلیل می‌شود.

فصل دوم

معرفی نظری طیف سنجی طول عمر نابودی پوزیترون

۲-۱- چشمه پوزیترون

چشمه پرتوزای ^{22}Na یکی از پرکاربردترین چشمه‌های تولید پوزیترون است. مهم‌ترین ویژگی‌های این چشمه، نیمه عمر بالای ۲/۶ سال و گسیل یک گامای ۱/۲۷۴ MeV همزمان با تولید پوزیترون می‌باشد. این فوتون را به عنوان گامای تولد پوزیترون می‌نامند.



شکل ۲-۱. ترازهای انرژی و واپاشی هسته‌های ^{22}Na و^{22}Ne در این شکل نشان داده شده است. تقریباً تمامی پوزیترون‌ها قبل از رسیدن به حالت پایه ^{22}Ne ، به یک تراز برانگیخته می‌روند و با تابش یک پرتو گاما به حالت پایه می‌رسند [۲].

چشمه مورد استفاده در آزمایش، معمولا با تبخیر محلولی از نمک ^{22}Na بر روی ورقه نازکی از فلز یا پلیمر و پوشاندن آن با ورقه مشابه، تهیه می‌شود. جنس این ورقه ها معمولا آلومینیوم، نیکل، مایلر[1] یا کپتون[2] است.

۲-۲- مبانی نظری اندازه‌گیری طول عمر نابودی پوزیترون

چون نابودی یک فرایند تصادفی است، بازه زمانی بین ورود یک پوزیترون به یک نمونه و لحظه نابودی آن

[1] -Mylar
[2] -Kapton

با یک الکترون، یک توزیع آماری دارد که طیف طول عمر نامیده می‌شود. طیف‌سنجی طول‌عمر نابودی پوزیترون (PALS)[1] از پوزیترون‌های وارد شده به یک نمونه و اندازه‌گیری طول عمرشان تشکیل شده است.

اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون بر این اساس استوار است که همزمان با پوزیترون ساطع شده از چشمه پرتوزای ^{22}Na یک گامای ۱/۲۷۴ MeV تابش می‌شود. پوزیترون ساطع شده به درون جسم نفوذ کرده و طی برخوردهای غیرکشسان، در مدت زمان چند پیکوثانیه حرارتی شده و در همین مدت زمان کوتاه تا عمق چند صد میکرو متری ماده نفوذ می‌کند. اکنون پوزیترون به درون حجم ماده نفوذ کرده و در تعادل گرمایی با نمونه قرار دارد. پوزیترون حرارتی شده تحت تاثیر پتانسیل تناوبی شبکه انتشار می‌یابد. مسیری که پوزیترون طی فرایند انتشار می‌پیماید حدود ۱۰۰ نانومتر است و در طول این مسیر می‌تواند تعداد زیادی از اتم‌ها را مورد کاوش قراردهد و احتمالا در یکی از ناکاملی‌های شبکه به دام بیفتد. فرایندهای کندشدن، حرارتی‌شدن، انتشار و نابودی پوزیترون در یک محیط، بطور طرح وار در شکل (۱-۱) نشان داده شده است

طول عمر پوزیترون را می‌توان با ثبت گامای ۱/۲۷۴ MeV به عنوان لحظه تولد و گامای۵۱۱keV ناشی از نابودی پوزیترون به عنوان لحظه مرگ، تعیین نمود.

اغلب چشمه را بین دو نمونه مشابه از ماده قرار می‌دهند که به آن طرح ساندویچ‌کردن چشمه می‌گویند. ایجاد طرح ساندویچ‌کردن چشمه بین دو قطعه مشابه از نمونه، اطمینان کامل از نابودی پوزیترون درون نمونه را خواهد داد. البته ضخامت نمونه هم باید به اندازه کافی زیاد باشد.

فعالیت چشمه باید به اندازه کافی پایین باشد تا مطمئن شویم که قبل از مرگ پوزیترون موجود در ماده، پوزیترون دیگری وارد نمونه نشود. این موضوع سبب می شود که بین ثبت گامای شروع و پایان ناشی از فرایندهای مختلف، تداخل ایجاد نشود.

آهنگ نابودی پوزیترون که معکوس طول عمر پوزیترون است با همپوشانی چگالی الکترون و پوزیترون متناسب است [۳].

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \pi r_0^2 c \int \left|\psi(r)\right|^2 n_-(r)\gamma dr \qquad (۱-۲)$$

τ طول عمر پوزیترون، r_0 شعاع چرخش کلاسیکی الکترون، c سرعت نور، $n_-(r)$ چگالی الکترونی و $\gamma\left[n_-(r)\right]$ ضریب افزایشی چگالی الکترون در مکان پوزیترون است. فرمول‌های تناسبی متعددی برای

[1] -Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy