بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده فیزیک

طیف نمایی طول عمر پوزیترون

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک هسته ای

سجاد عابدی

استاد راهنما

دکتر احمد شیرانی

۱۳۹۰

تشکر و قدردانی

سپاس خداوندی را که سخنوران از ستودن او عاجزند، و حساب گران از شمارش نعمت های او ناتوان و تلاش گران از ادای حق او درمانده‌اند خدایی که افکار ژرف اندیش، ذات او را درک نمی‌کنند و دست غواصان دریای علوم به او نخواهد رسید. پروردگاری که صفات او حد و مرزی ندارد، و تعریف کاملی نمی توان یافت. مخلوقات را با قدرت خود آفرید، و با رحمت خود بادها را به حرکت درآورد و به‌وسیله‌ی کوه‌ها اضطراب و لرزش زمین را به آرامش تبدیل کرد.

ستایش می کنم خداوند را، برای تکمیل نعمت‌های او و تسلیم بودن برابر بزرگی او و ایمن ماندن از نافرمانی او و در رفع نیازها از او یاری می‌طلبم، زیرا آن کس را که خدا هدایت کند، هرگز گمراه نگردد، و آن را که دشمن دارد، هرگز نجات نیابد و هر آن کس را که او بی‌نیاز گرداند، نیازمند نخواهد شد. پس ستایش خداوند، گران سنگ‌ترین چیز است و برترین گنجی است که ارزش ذخیره شدن دارد.

از او هدایت می‌طلبم چون راهنمای نزدیک است، و از او یاری می‌طلبم که توانا و پیروز است، و به او توکل می‌کنم چون تنها یاور و کفایت کننده است.

در ابتدا برخود لازم می‌دانم که از خانواده‌ی عزیزم که در تمامی مراحل زندگی، مشوق و پشتیبان من بودند و من را از حمایت خویش محروم نکردند، تشکر و قدردانی نمایم. درود بر مادر و پدرم و خواهر و برادرانم. درودی که با فداکاری‌ها و فضل و بزرگواری از آنها برابری کند، و پاداش اعمال آنها قرار گیرد.

از زحمات استاد ارجمندم ، جناب آقای دکتر احمد شیرانی، که زحمت راهنمایی این جانب را در امر تهیه پایان نامه برعهده داشته و همچنین جناب آقای دکتر محمد حسن علامت ساز، که در این امر، مشاور این جانب بودند، کمال قدردانی را دارم. از جناب آقای دکتر اکبر پروازیان و جناب آقای دکتر سید ظفرالله کلانتری به خاطر داوری و مطالعه پایان نامه تشکر و قدردانی می‌کنم.

همچنین از جناب آقایان مهندس جعفر زاده و مهندس حیدری به‌دلیل زحمات‌شان در طی انجام این تحقیق تشکر می-نمایم.

در آخر از تمام دوستانی که در شروع، ادامه و پایان یافتن این پایان نامه من را یاری کردند، تشکر می‌کنم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

معمار عشق و زندگی: مادرم

و

همکلاسی‌های زندگی: خواهر و برادرانم و....

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
چکیده ۱
فصل اول : مقدمه
۱-۱چشمه پوزیترون ۴
۱-۲ طیف‌نمایی طول عمر پوزیترون ۵
فصل دوم :گیراندازی و نابودی پوزیترون
۲-۱ مقدمه ۸
۲-۲ بلورها ۹
۲-۳ نقص در مواد بلوری ۹
۲-۴ نقص‌های نقطه‌ای ۱۱
۲-۴-۱تهی‌جاهای کاتیون وآنیون ۱۲
۲-۵ نقص‌های خطی ۱۳
۲-۵-۱ نابجایی لبه‌ای ۱۳
۲-۵-۲نابجایی پیچی ۱۴
۲-۶ نقص‌های حجمی ۱۵
۲-۷ فرایندهای نابودی پوزیترون در جامدات ۱۶
۲-۷-۱پس پراکندگی ۱۷
۲-۷-۲ فرایندهای گرمایی پوزیترون در جامدات بلوری ۱۸
۲-۷-۳ فرایند پخش ۱۹
۲-۸گیراندازی پوزیترون ۲۰
۲-۸-۱ مدل گیراندازی ساده ۲۲
۲-۸-۲ مدل‌گیراندازی با دو نوع نقص مستقل و وابسته ۲۳
۲-۹ گیراندازی پوزیترون در نابجایی‌ها ۲۴
۲-۱۰پوزیترونیوم ۲۶
۲-۱۰-۱ فرایند انتخاب اورتوپوزیترونیوم ۲۷
۲-۱۱معادله طیف طول عمر حاصل از نابودی پوزیترون و پوزیترونیوم ۲۸
۲-۱۲ مشخص کردن اندازه نقص با استفاده از طول عمر نابودی پوزیترونیوم ۳۰
۲-۱۲-۱مدل تاو-الدروپ ۳۰
۲-۱۲-۱ توسعه مدل تاو-الدروپ برای حفره‌های بزرگ(مدل RTE) ۳۴
۲-۱۲ محاسبه طول عمر پوزیترون به صورت تئوری ۳۷

فصل سوم :اندازه گیری طول عمر پوزیترون با استفاده از سیستم همزمانی

۳-۱ مقدمه ۴۰

۳-۲ آشکارساز ۴۱

۳- ۳ تفاوت بین سوسوزن‌های باریم فلوراید و پلاستیکی ۴۱

۳-۳ لامپ تکثیرکننده فوتون ۴۲

۳-۴ تبعیض‌گر کسر ثابت ۴۵

۳-۵ آنالیزور تک کاناله ۵۰

۳-۵-۱ مد انتگرالی ۵۱

۳-۵-۲ مد *دیفرانسیلی* ۵۱

۳-۶ آنالیزور تک کاناله زمانی ۵۲

۳-۷ مبدل زمان به دامنه ۵۲

۳-۸ تابع استراب مبدل زمان به دامنه ۵۲

۳-۸-۱ مد داخلی ۵۳

۳-۸- ۲ مد خارجی ۵۳

۳- ۹ تقویت‌کننده ۵۵

۳-۱۰ سیستم همزمانی (همفرودی) ۵۶

۳-۱۱ کالیبره کردن مبدل زمان به دامنه و آنالیزور چند کاناله زمانی ۵۸

۳-۱۲ قرار دادن چشمه بین دو آشکارساز باریم فلوراید ۵۹

۳-۱۳ اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون با استفاده از سیستم‌های همزمانی ۶۱

۳-۱۳-۱ سیستم همزمانی سریع/کند ۶۱

۳-۱۳-۲ سیستم همزمانی سریع ۶۲

فصل چهارم : برنامه LT

۴-۱ مقدمه ۶۶

۴-۲ مدل تئوری استفاده شده در برنامه LT ۶۷

۴-۳ مدل‌های تابع تفکیک استفاده شده در برنامهLT ۶۸

۴-۳-۱جمع تابع‌های گوسی ۶۸

۴-۳-۲ تابع گوسی جهت‌دار نمایی ۶۸

۴-۴ روش‌های تجزیه و تحلیل طیف‌های طول عمر پوزیترون درجامدات توسطLT ۷۰

۴-۴-۱ مدل معمولی ۷۰

۴-۴-۲ مدل گیراندازی ساده ۷۰
۴-۵ فرمت داده‌های تجربی برای برنامه LT ۷۲
۴-۶ تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی به‌وسیله برنامهLT ۷۳
۴-۷ تصحیح منبع ۷۸
فصل پنجم : نتایج و بحث
۵-۱ مقدمه ۸۲

۵-۲ روش اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون ۸۳
۵-۲-۱ قسمت سریع مدار همزمانی..... ۸۴
۵-۲-۲ قسمت کند مدار همزمانی..... ۸۴
۵-۲-۳ تنظیم شرط انرژی در آنالیزور تک کاناله زمانی ۸۵
۵-۲-۳ تنظیم مقدار تاخیر زمانی در آنالیزور تک کاناله زمانی..... ۸۷
۵-۲-۴ کالیبره کردن زمانی مبدل زمان به دامنه ۸۹
۵-۲-۵ محاسبه تفکیک زمانی سیستم همزمانی..... ۹۱
۵-۲-۶ تنظیم تبعیض‌گر کسر ثابت..... ۹۲
۵-۳ اندازه‌گیری طیف طول عمر پوزیترون..... ۹۳
۵-۴ تجزیه و تحلیل طیف‌های طول عمر پوزیترون در آلومینیوم و مس..... ۹۶
۵-۵ تجزیه و تحلیل طیف‌های طول عمر پوزیترون در پلی تترا فلوراتیلن، پلی اتیلن و پلی متیل متا کریلیت ۹۹
۵-۶ مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده با نتایج کارهای انجام شده با استفاده از نرم افزارهای دیگر و روش‌های محاسباتی ۱۰۷
۵-۶ مشخص کردن اندازه نقص با استفاده از طول عمر اورتوپوزیترونیوم..... ۱۱۰
۵-۷ نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۲
مراجع..... ۱۱۳

چکیده

یکی از روش‌های بررسی نقص‌های موجود در جامدات فلزی و غیر فلزی، اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون (طیف نمایی طول عمر پوزیترون) در این مواد است. در این تحقیق با استفاده از چشمه ^{22}Na ، که یک پرتوگامای ۱/۲۷۴ مگاالکترون ولت تقریباً همزمان با پوزیترون گسیل می کند، نقص‌های موجود در نمونه های فلزی آلومینیوم و مس و در نمونه های پلیمری پلی اتیلن، پلی متیل متاکریلیت و پلی تترا فلور اتیلن(تفلون) مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این کار از یک سیستم همزمانی پیشرفته سریع/کند که شامل آشکارسازهای باریم فلوراید، آنالیزورهای تک کاناله زمانی، تبعیض‌گرهای کسر ثابت، تقویت کننده، پیش تقویت کننده سریع، مبدل زمان به دامنه، آنالیزور چند کاناله و دستگاه همزمانی سریع می-باشد، استفاده شد. در ابتدا هر کدام از دستگاه های موجود در سیستم همزمانی با استفاده از یک اسیلوسکوپ پیشرفته تنظیم و مقدار قدرت تفکیک زمانی(FWHM) سیستم همزمانی با استفاده از یک چشمه کبالت ۶۰ که دو پرتو گامای ۱/۳۳ و ۱/۱۷ مگاالکترون ولت تقریباً به طور همزمان گسیل می‌کند، برابر با ۱۵۶/۷۴ پیکوثانیه به دست آمد. بعد از تنظیما ت سیستم همزمانی، چشمه ^{22}Na بین نمونه های مورد مطالعه قرار داده شد. پرتوی گامای ۱/۲۷۴ مگاالکترون ولت که تقریباً همزمان با پوزیترون گسیل می‌شود به عنوان پرتو شروع و یکی از پرتوهای گامای ۰/۵۱۱ مگاالکترون ولت که از نابودی پوزیترون با الکترون های موجود در حجم و یا در نقص‌های موجود در نمونه‌ها ایجاد می شود به عنوان پرتو توقف در نظر گرفته شد و به درون آشکارسازهای باریم فلوراید هدایت شدند. با استفاده از اختلاف زمانی بین پرتوهای گامای ۱/۲۷۴ و ۰/۵۱۱ مگاالکترون ولت طیف های طول عمر پوزیترون در نمونه‌های مورد مطالعه اندازه گیری شدند. طیف های به دست آمده با استفاده از نرم افزار LT9-2 و روش های Ser وAuto برای نمونه های فلزی و روش آنالیز چهار مولفه ای برای نمونه های پلیمری تجزیه و تحلیل شدند و مولفه های طول عمر پوزیترون و پوزیترونیوم (پارا و اورتو پوزیترونیوم) و شدت آنها به دست آمدند. سپس با استفاده از مولفه های طول عمر پوزیترون به دست آمده در نمونه های فلزی آلومینیوم و مس وجود نقص های تهی‌جا در این نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از مولفه های اورتوپوزیترونیوم به دست آمده در نمونه های پلیمری پلی اتیلن، پلی متیل متا کریلیت و پلی تترا فلوراتیلن اندازه حفره های موجود در این نمونه ها در مقیاس ۰/۱ نانومتر تعیین شدند.

واژه‌های کلیدی : طیف نمایی طول عمر پوزیترون، پوزیترونیوم، چشمه سدیم ۲۲، طول عمر پوزیترون در مواد، دستگاه همزمانی، قدرت تفکیک زمانی، تهی‌جا، نقص در جامدات و تاو–الدروپ.

فصل اول
مقدمه

روش‌های هسته‌ای یکی از روش‌های مهم برای بررسی مواد در ابعاد خیلی کوچک هستند. در این میان طیف نمایی نابودی پوزیترون[1] نقش‌مهمی داشته و هنوز یکی ازابزارهای قدرتمند در این نوع تحقیقات است. بحث نابودی پوزیترون کاربرد-های گسترده‌ای در تصویربرداری پزشکی، تصویربرداری‌های مختلف مانند دوربین‌های گاما، علم مواد و فیزیک حالت جامد دارد. با استفاده از طیف‌نمایی نابودی پوزیترون می‌توان ساختار الکترونی و اتمی جامدات را بررسی و چگالی و نوع نقص‌های موجود در آنها را تا ابعاد ۰/۱ نانومتر مشخص کرد[۱و۲و۳]. طیف‌نمایی نابودی پوزیترون با استفاده از روش‌های مختلف طیف نمایی طول عمر پوزیترون[2](اختلاف زمان بین پرتو گامای تولید شده همراه با پوزیترون با یکی از پرتوهای گامای نابودی پوزیترون با الکترون)، پهن شدگی دوپلری[3](اندازه‌گیری انرژی یا تکانه پرتوگامای نابودی) و همبستگی زاویه‌ای پرتوهای گاما[4](اندازه‌گیری زاویه بین پرتوهای گامای نابودی پوزیترون با الکترون) خصوصیات جامدات مختلف را بررسی می‌کند(شکل ۱-۱)[۴]. یکی از مزیت‌های طیف‌نمایی طول عمر پوزیترون نسبت به دو روش دیگر این‌است که

---

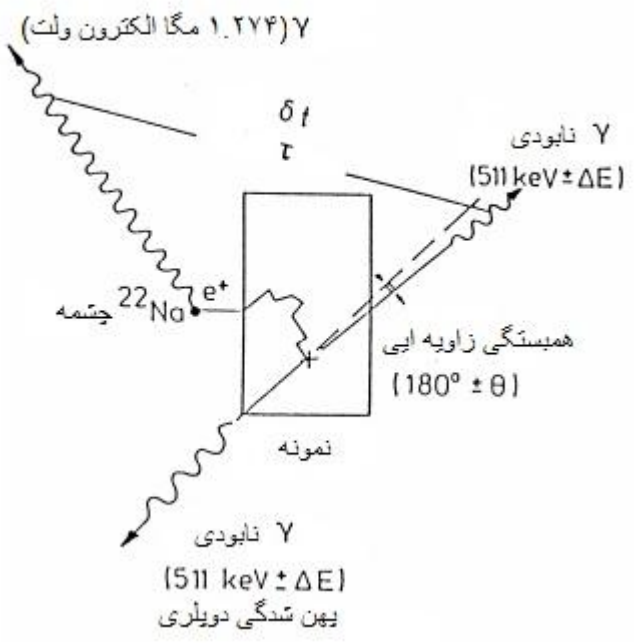
۱. Positron Annihilation Spectroscopy

۲. Positron Lifetime Spectroscopy

۳. Doppler Broadening

۴. Angular correlation

در این روش نوع و چگالی ماده تحت بررسی به‌طور مستقل با استفاده از یک اندازه‌گیری به‌دست می‌آید. در این پایان‌نامه روش‌طیف‌نمایی طول عمر پوزیترون(اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون) در نمونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. برای اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون باید از یک چشمه پوزیترون‌دهنده مناسب استفاده کرد، که در بخش ۱-۱ توضیح داده شده است.



شکل ۱-۱ : نابودی پوزیترون در یک نمونه جامد[۴].

پوزیترون به‌عنوان پاد ذره الکترون در سال ۱۹۲۸ به‌وسیله دیراک پیش‌بینی شد. در سال ۱۹۳۲ در آزمایش‌هایی که به‌وسیله اندرسون انجام شد، یک ذره نامشخص در عکس‌های اتاقک ابر پرتوهای کیهانی مشاهده شد، که این ذره بعدها پوزیترون نامیده شد و اولین پاد ذره در فیزیک بود. نابودی پوزیترون با الکترون در سال ۱۹۴۰ بررسی شد و مشخص شد که بقای تکانه زاویه‌ای در طی فرایندهای نابودی پوزیترون با الکترون می‌تواند برای بررسی نقص‌های موجود در جامدات مورد استفاده قرار گیرد. هنگامی‌که یک پوزیترون با یک الکترون برخورد می‌کند می‌تواند یک حالت مقید الکترون - پوزیترون (پوزیترونیوم) تشکیل شود، که خیلی شبیه به اتم هیدروژن است، که پروتون آن به‌وسیله یک پوزیترون تعویض شده است. حالت مقید الکترون-پوزیترون در سال ۱۹۳۴ به‌وسیله موهورویک[۱] پیش‌بینی شد و در سال ۱۹۵۱ توسط دتسچ[۲] کشف شد[۳و۵].

۱. Mohorovicic

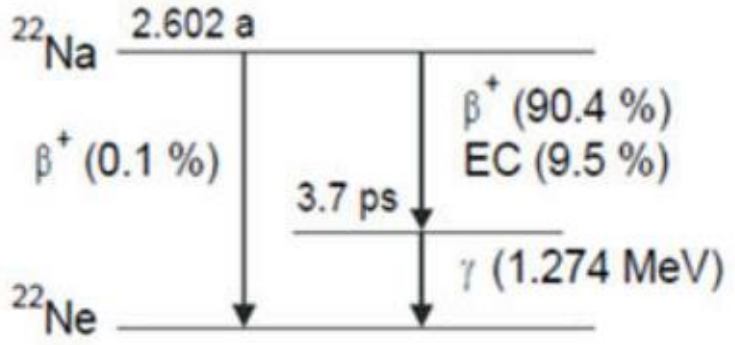
۲. Deutsch

۱-۱چشمه پوزیترون

برای تولید پوزیترون می‌توان از واپاشی ایزوتوپ‌های پرتوزا مانند ^{22}Na ، ^{58}Co و ^{64}Cu استفاده کرد. تولید پوزیترون با استفاده از چشمه سدیم ۲۲ نسبت به چشمه‌های دیگر برای اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون در مواد مزیت دارد. ایزوتوپ سدیم ۲۲ در مقایسه با ایزوتوپ‌های دیگر یک نسبت بالایی(حدود ۹۰/۴ درصد) از پوزیترون تولید می‌کند(شکل۱-۲)، وجود یک پرتو گامای ۱/۲۷۴ مگاالکترون ولت تقریباً همزمان با پوزیترون، اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون به‌وسیله سیستم‌های همزمانی شروع-توقف[۱](فصل ۳) را ممکن می‌کند. ساخت آزمایشگاهی چشمه سدیم۲۲ آسان می‌باشد، نیمه عمر ۲/۶ سال و قیمت مناسب آن باعث شده است که چشمه سدیم ۲۲ نسبت به چشمه‌های دیگر برتری داشته باشد. تولید زوج الکترون پوزیترون از فوتون‌های انرژی بالا روش دیگر برای به‌دست آوردن پوزیترون است، این روش به‌دلیل نیاز به شتاب‌دهنده‌های مناسب کاربرد گسترده‌ای ندارد[۶و۷].

در شکل۱-۲ واپاشی ایزوتوپ ^{22}Na نشان داده شده است . با توجه به شکل ۹۰/۴ درصد واپاشی به‌وسیله گسیل یک پوزیترون(β^+) و یک نوترینوی الکترون(ν_e) به حالت برانگیخته ^{22}Ne می‌باشد که بعد از ۳/۷ پیکوثانیه به‌وسیله گسیل یک پرتو گامای ۱/۲۷۴ مگاالکترون ولت به حالت پایه می‌رسد. فرایندهای دیگر با احتمال کمتر در واپاشی سدیم ۲۲ گیر اندازی الکترون[۲] و انتقال مستقیم به حالت پایه ^{22}Ne می‌باشد

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + \beta^+ + \nu_e + \Upsilon \qquad (۱-۱)$$



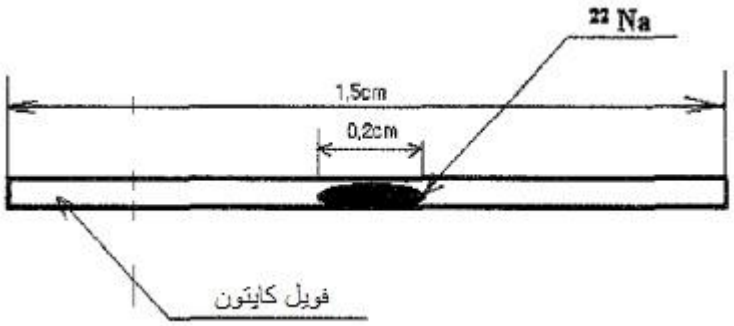
شکل۱-۲ : طرح واپاشی ایزوتوپ سدیم ۲۲ [۶و۷].

برای تهیه چشمه سدیم ۲۲ چند قطره محلول ^{22}NaCl پرتوزا بر روی فویل هایی ازجنس کاپتون، مایلار یا آلومینیوم قرار داده می‌شود. اصولاً در تهیه چشمه‌های سدیم ۲۲ برای طیف نمایی طول عمر پوزیترون از فویل‌های کاپتون استفاده می-

۳. Start-Stop

۴. Electron Capture(EC)

شود، چون فویل‌های کاپتون بادوام اند و یک مولفه طول عمر نابودی پوزیترون مشخص بین ۳۶۰ تا ۴۷۰ پیکوثانیه دارند. ضخامت فویل‌هایی که در تهیه چشمه سدیم ۲۲ استفاده می‌شوند، در محدوده میکرومتر است. بعد از قرار دادن محلول کلرید سدیم روی فویل، محلول را در مجاورت نور لامپ خشک می‌کنند و سپس ورقه فویل دیگر روی آن قرار داده می‌شود(شکل۱-۳). در هنگام تهیه چشمه باید دقت کرد فعالیت چشمه طوری باشد که در هر زمان یک پوزیترون وارد نمونه شود، چون وجود پوزیترون‌های اضافی در نمونه باعث تداخل پرتوهای گامای حاصل از نابودی پوزیترون‌ها با الکترون‌های موجود در ماده می‌شوند. به‌عنوان مثال یک چشمه یک مگا بکرلی سدیم ۲۲ در هر ثانیه $۱۰^{۶}$ واپاشی انجام می‌دهد، با توجه به اینکه ۹۰/۴ درصد این واپاشی‌ها پوزیترون تولید می‌شود، چشمه یک مگابکرلی هر ثانیه حدود۹×۱۰^{۵} پوزیترون می‌دهد. یعنی هر میکرو ثانیه یک پوزیترون تولید می‌شود که در مقایسه با کوچکترین مولفه‌های طول عمر پوزیترون در ماده نسبتاً بالا است[۷].

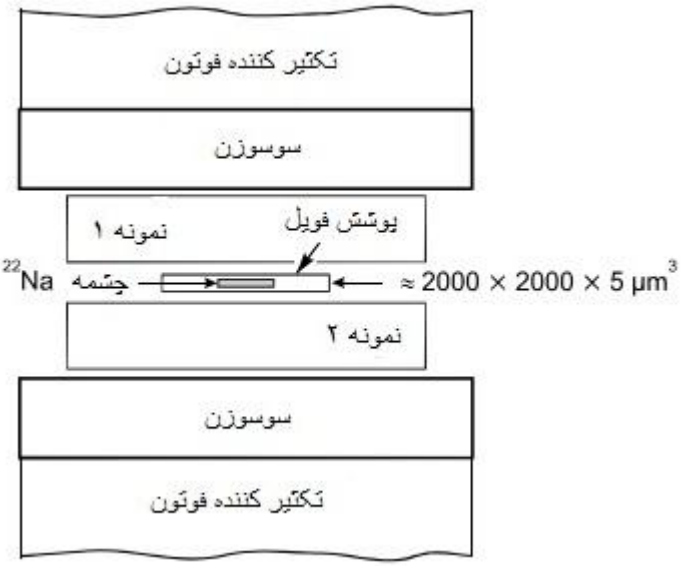


شکل۱-۳: روش تهیه چشمه سدیم۲۲ [۸].

۱-۲ طیف‌نمایی طول عمر پوزیترون

پوزیترون‌ها در محیط خلا می‌توانند زمان زیادی عمر کنند(حدود $۱۰^{۲۱}$ سال) ولی در مواد مختلف پوزیترون‌ها تا زمانی که یک الکترون پیدا نکرده اند، می‌توانند زنده بمانند. طول عمر پوزیترون برابر است با مدت زمانی که پوزیترون در یک ماده صرف می‌کند تا اینکه نابود شود[۵]. برای اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون چشمه پوزیترون دهنده سدیم ۲۲ را بین نمونه-های جامد قرار می‌دهند(شکل۱-۴)، پوزیترون‌ها وارد نمونه جامد می‌شوند. با توجه به اینکه در جامدات بلوری نقص‌های مختلفی وجود دارد. این نقص‌ها باعث گیراندازی پوزیترون‌ها می‌شوند، پوزیترون‌های گیرافتاده با الکترون‌های موجود در ماده واکنش کرده و نابود می‌شوند، یا اینکه می‌توانند با الکترون‌ها حالت مقید پوزیترونیوم تشکیل دهند(این حالت بیشتر در پلیمرها اتفاق می‌افتد). ازنابودی پوزیترون‌ها در مواد دو پرتو گامای ۰/۵۱۱ مگاالکترون ولتی گسیل می‌شوند. اختلاف زمان بین پرتوهای گامای ۰/۵۱۱ مگاالکترون ولتی ناشی از نابودی پوزیترون با الکترون‌های موجود در نمونه و پرتوهای گامای ۱/۲۷۴ مگاالکترون ولتی همراه با تولید پوزیترون برابر با طول عمر پوزیترون است. برای اندازه‌گیری طول عمر

پوزیترون از سیستم‌های همزمانی مختلفی مانند سیستم همزمانی سریع و یا سیستم همزمانی سریع/کند استفاده می‌شود(فصل سوم).



شکل ۱-۴ : قراردادن چشمه سدیم ۲۲ بین نمونه‌های جامد برای ثبت پرتوهای گامای۱/۲۷۴ و ۰/۵۱۱ مگاالکترون ولت در آشکارسازها[۷].

در این پایان نامه ابتدا جامدات بلوری مورد بحث قرار گرفته اند و نقص‌های مهم مانند نقص‌های نقطه‌ای، خطی و حجمی که نقش مهمی در گیراندازی پوزیترون‌ها دارند و فرایند های مختلف گیراندازی پوزیترون‌ها در نقص‌ها به طور کامل توضیح داده شده‌اند. همچنین تشکیل پوزیترونیوم در جامدات پلیمری و اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون به‌صورت تئوری بررسی شده است و دو مدل تاو-الدروپ[۱] وتاو-الدروپ مستطیلی[۲] که با استفاده از آنها می‌توان اندازه نقص‌های موجود در پلیمرها را بررسی کرد، به‌طور کامل توضیح داده شده اند(فصل دوم). در فصل سوم اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون با استفاده از سیستم همزمانی سریع/کند بررسی شده است. با توجه به پیچیدگی سیستم‌های همزمانی استفاده شده در اندازه-گیری‌های طول عمر پوزیترون، تمام سیستم‌ها شامل آشکارساز باریم فلوراید، تقویت کننده، آنالیزور تک کاناله زمانی، همزمانی سریع ، مبدل زمان به دامنه و تبعیض‌گر کسر ثابت که برای اندازه‌گیری طول عمر پوزیترون در این پایان نامه استفاده شده است، به‌طور کامل توضیح داده شده است. برای تجزیه و تحلیل طیف‌های طول عمر پوزیترون مدل‌های-گیراندازی مختلفی مانند مدل‌های گیراندازی معمولی، دوحالتی و سه حالتی با استفاده از نرم افزار LTاستفاده شده ، که در

۱. Tao-Eldrup

۲. Rectangular Tao-Eldrup (RTE)

فصل چهارم به‌طور کامل توضیح داده شده است. درفصل پنجم طیف‌های طول عمر پوزیترون در نمونه‌های آلومینیوم، مس، پلیمر پلی متیل متاکریلیت و پلی اتیلن اندازه‌گیری شده‌اند و با استفاده از نرم افزار LT ابتدا سهم نابودی پوزیترون در چشمه سدیم ۲۲ اندازه‌گیری شده است و سپس هر یک از طیف‌های طول عمر پوزیترون به‌دست آمده از سیستم همزمانی تجزیه و تحیل شده اند و طول عمر و شدت آنها در نقص‌های موجود در این نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از مولفه‌های به‌دست آمده نوع نقص‌هایی که پوزیترون‌ها در آنها نابود شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با استفاده از مدل تاو-الدروپ اندازه‌حفره‌های موجود در پلیمرهای پلی اتیلن و پلی متیل متا کریلیت بررسی شده-اند.

فصل دوم
گیراندازی و نابودی پوزیترون

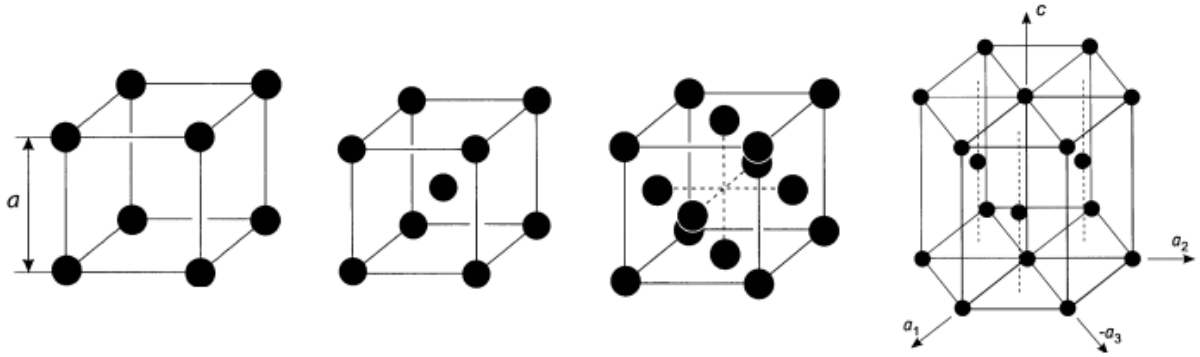
۲-۱ مقدمه

جامدات بلوری موجود در طبیعت اصولاً در اثر اغتشاشات گرمایی ساختار ایده‌ال خود را از دست می‌دهند و دچار نقص-هایی مانند نقص‌های نقطه‌ای، خطی و حجمی می‌شوند که این نقص‌ها محلی برای گیراندازی پوزیترون‌ها می‌باشند، هنگامی‌که پوزیترون‌ها به درون یک ماده وارد می‌شوند، بسته به نوع ماده و نقص‌های موجود در آن با الکترون‌های موجود در ماده واکنش انجام داده و نابود می‌شوند و یا اینکه با الکترون‌ها حالت مقید پوزیترونیوم تشکیل داده و سپس نابود می-شوند. در این فصل ابتدا جامدات بلوری و نقص‌های موجود در آنها بیان شده است و سپس معادلات گیراندازی پوزیترون-ها در نمونه‌های با نقص‌های مختلف بررسی شده است. در بخش ۲-۱۲مدل‌های تاو-الدروپ و RTE که با استفاده ازآنها می‌توان رابطه بین اندازه حفره‌ها در نمونه‌های پلیمری را به‌دست آورد، به‌طور کامل بررسی شده اند و در آخر معادله طول عمر پوزیترون به‌صورت تئوری بیان شده است.

۲-۲ بلورها

بسیاری از جامدات فلزی و غیرفلزی موجود در طبیعت به صورت بلوراند ، یعنی اتم‌های تشکیل دهنده آنها طوری قرار گرفته‌اند،که به طور متناوب در سه بعد تکرار می شوند. سه تا از ساختارهای مهم بلورها عبارتند از : مکعبی مرکز دار[۱]که یک اتم در مرکز مکعب وجود دارد، مکعبی با وجوه مرکز دار[۲] که هر یک از وجه‌های مکعب حاوی یک اتم در مرکزش می‌باشد و شش وجهی متراکم(شکل۲-۱)[۹].

جامدات بلوری معمولاً از تعداد زیادی دانه با جهت‌گیری تصادفی تشکیل شده‌اند. که به وسیله مرز دانه‌ها از هم جدا می-شوند. هر دانه یک تک بلور بوده و دارای نقص‌هایی می‌باشد که در بخش‌های بعد توصیف می‌شوند. یک روش ساده برای مشخص کردن ترتیب اتم‌ها به کار بردن مدل‌های حبابی است که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.نابجایی‌های حبابی را می‌توان در سمت راست و پایین شکل دید[۹].



شکل۲-۱ : از سمت راست ساختارهای شش وجهی متراکم، مکعبی با وجوه مرکز دار ، مکعبی مرکز دار و ساختار مکعبی ساده[۹].

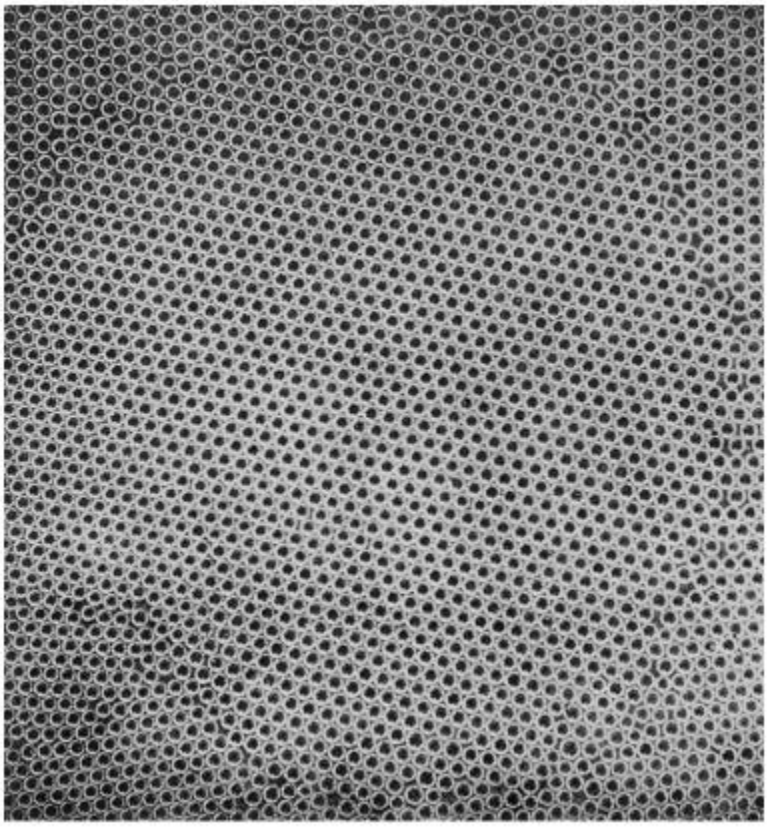
۲-۳ نقص در مواد بلوری

در طبیعت بلور بدون نقص بسیار کم یا اصلاً وجود ندارد. در هنگام ساختن بلورها در اثر گرم کردن، سرد کردن و نیروهای تنشی ممکن است بسیاری از اتم های موجود در شبکه بلور در محل خود قرار نگیرند . بدین‌صورت بعضی از سلول‌ها اتم های کمتر یا بیشتر از سلول ایده‌ال خواهند داشت. این کار باعث ایجاد نقص‌ها درجامدات بلوری می‌شود که محلی برای جذب پوزیترون و نابودی درآنها است که در بخش‌های بعد بیشتر مورد بررسی قرارمی گیرد(شکل۲-۳). حضور این نقص‌ها خواص جامدات بلوری را به طور کامل تغییر می‌دهد. در اینجا چند تا از نقص‌های مهم موجود در جامدات بلوری مورد بررسی قرار گرفته اند، که عبارتند از : نقص‌های نقطه ای، خطی، دو وجهی، حجمی و...[۱۰].

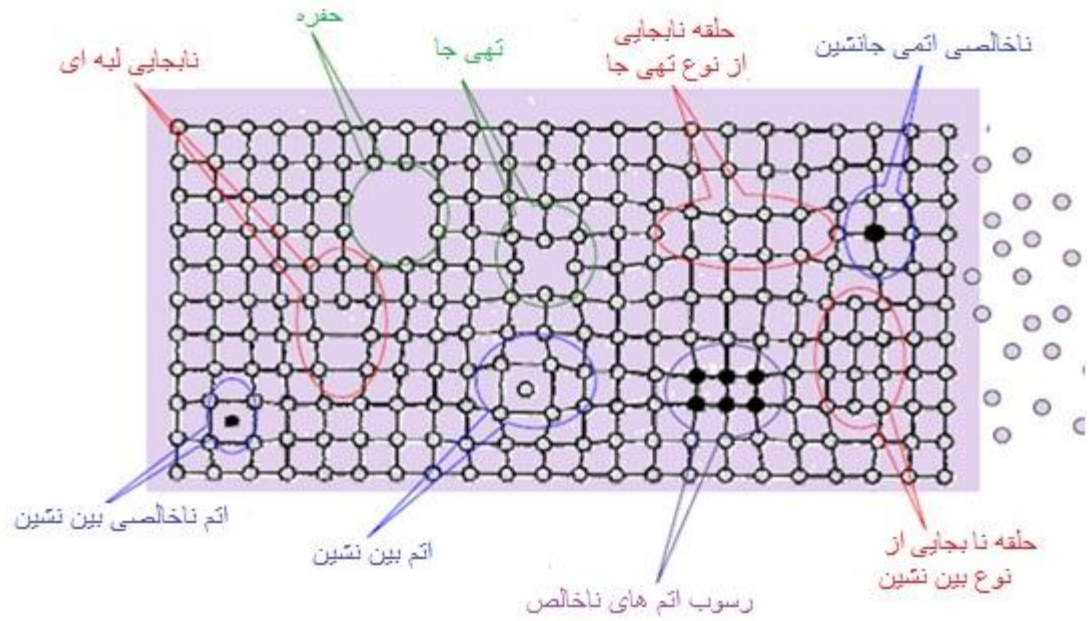
---

۱. bcc

۲. fcc



شکل۲-۲ :دانه‌های بلوری که به‌وسیله مدل حبابی نشان داده شده‌اند[۹].



شکل ۲-۳ : نمایشی از نقص‌های مختلف در جامدات بلوری[۱۰].

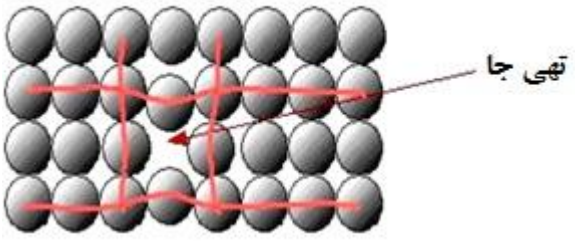
۲-۴ نقص‌های نقطه‌ای

همان طور که در بخش ۲-۲ بیان شد، یک جامد بلوری با آرایش کامل اتمها نمی‌تواند وجود داشته باشد. همیشه یک سری نقص‌ها دربلورها وجود دارند، که مهمترین آنها نقص‌های نقطه‌ای است. دو نوع نقص نقطه‌ای وجود دارد که عبارت‌اند از: تهی‌جا[۱] که وقتی یک اتم درشبکه بلور ناپدید شود، یک جای خالی ایجاد می‌شود که به آن نقص تهی‌جا گفته می‌شود(شکل۲-۴) و نقص بین‌نشین[۲]، وقتی که یک اتم در جایگاه نامناسبی قرار گرفته باشد، باعث می‌شود در آن قسمت از ماده آرایش اتم‌ها از بین رود و باعث ایجاد نقص در ماده شود(شکل۲-۵).

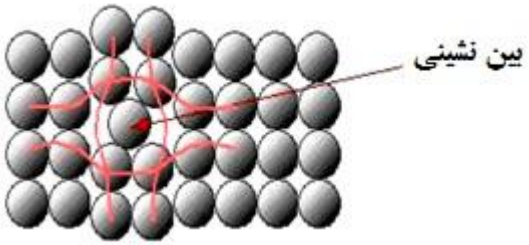
افزایش دما باعث رفتن یک اتم از یک محل به محل دیگرشبکه بلورها می‌شود و در نتیجه یک جای خالی ایجاد می شود که با دما رابطه نمایی دارد[۱۱].

$$N_v = N_s \exp(-\frac{E_v}{k_B T}) \qquad (۱-۲)$$

که N_v تعداد جای خالی(تهی‌جا) موجود در شبکه بلور، N_s تعداد محل‌های شبکه‌ای منظم و κ_B ثابت بولتزمن است.



شکل۲-۴ : نمایشی از نقص تهی‌جا موجود در جامد بلوری[۱۱].



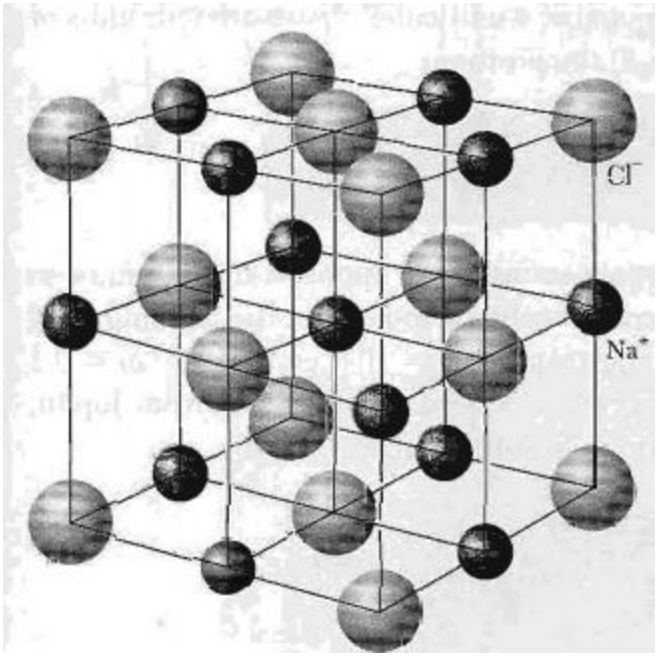
شکل ۲- ۵ : نمایشی از نقص نقطه ای بین نشینی موجود در جامد بلوری[۱۱].

۱. Vacancy

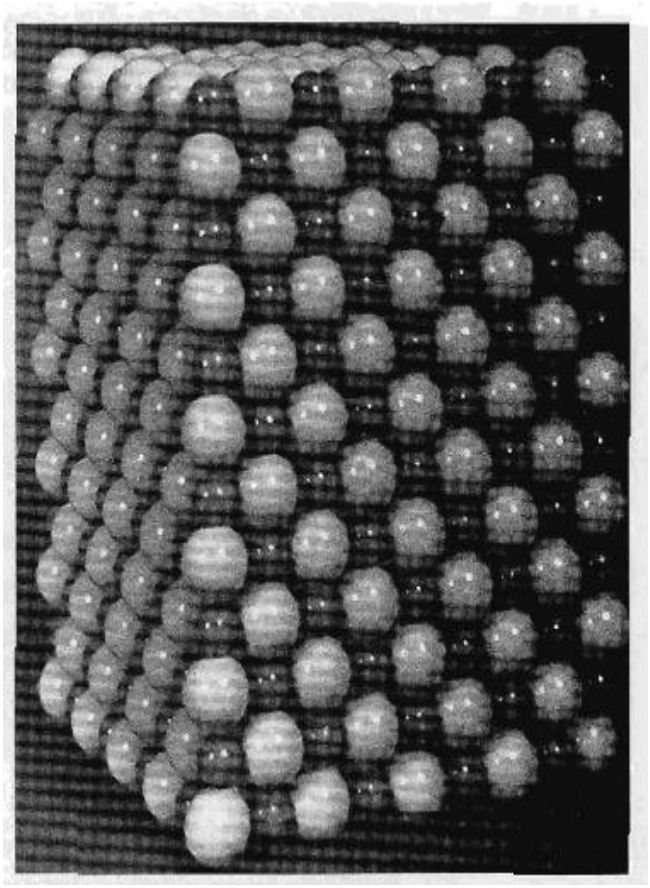
۲. Self-Interstitial

۲-۴-۱ تهی‌جاهای کاتیون وآنیون

در بعضی از جامدات بلوری مانند جامدهای یونی که از یون‌های مثبت و منفی تشکیل شده‌اند، از بین رفتن یک اتم در شبکه بلوری باعث تغییر در بار الکتریکی می‌شود. مانند کلرید سدیم که هر یون منفی کلر توسط شش یون مثبت احاطه شده است(شکل‌های ۲-۶ و ۲-۷). حال اگر در اثر ایجاد نقص یک یون سدیم یا کلر برداشته شود . باعث ایجاد تهی-جاهای کاتیون و آنیون می‌شوند. تهی‌جاهای آنیون به‌دلیل پتانسیل جاذبه‌شان باعث افزایش گیراندازی پوزیترون‌ها می-شوند. همچنین بار مثبت تهی‌جاهای کاتیون باعث می‌شوند پوزیترون‌های کمتری در آنها گیر بیفتند (شکل ۲-۸)[۱۱و۱۲].



شکل۲-۶ : ساختار بلوری سدیم کلراید که با قرار دادن یون‌های Na^+ و Cl^- به طور یک در میان روی نقاط یک شبکه مکعبی ساده ایجاد شده است[۱۲].



شکل ۲-۷ : مدل سدیم کلراید[۱۲]