۳۹۵۰۵

۱۳۸۰ /۱۰/ ۲۱

دانشگاه صنعتی شریف

رساله پایان نامه کارشناسی ارشد

016332

موضوع :

اندازه‌گیری سطح مقطع کلی عناصر کرافیت ، آلومینیوم ، آهن ، مس و سرب در انرژی حدود ۱۵MeV به روش نوترون زمان پروازی و مقایسه با محاسبات مدل اپتیکی

استاد راهنما :

دکتر حسین آفریده

استاد مشاور :

دکتر جلال صمیمی

نگارش :

سیده زهرا شورشینی

۱۳۷۰

۳۹۵۰۶

تقـــــــدیم به :

پـــــــدر

و

مـــــــادرم

"که با تمام وجود، مشوق من درکلیه مراحل تحصیلیم بوده‌انـــــد"

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
مقدمه : اهمیت اندازه‌گیری سطح مقطع پراکندگی نوترون		۱
فصل اول : اطلاعات و روش لازم برای اندازه‌گیری سطح مقطع		
۱-۱	رده‌بندی واکنشهای هسته‌ای	۴
۱-۲	تئوری آزمایش وروشهای رفع خطاهای موجود	۶
۱-۲-۱	سطح مقطع	۶
۱-۲-۲	روش استفاده در اندازه‌گیری سطح مقطع	۸
۱-۲-۳	تصحیحات لازم‌در اندازه‌گیری سطح مقطع	۹
۱-۲-۳-۱	تصحیح زمینه	۹
۱-۲-۳-۲	تصحیح پراکندگی به داخل	۱۰
۱-۲-۳-۳	تصحیح Hardening Effects	۱۳
۱-۳	وسایل اصلی آزمایش	۱۴
۱-۳-۱	روشهای تولیدنوترون	۱۴
۱-۳-۱-۱	تولیدنوترون توسط شتابدهنده‌ها	۱۵
۱-۳-۱-۲	انواع مختلف واکنشهای تولیدنوترون	۱۶
۱-۳-۱-۳	هدف تولیدنوترون	۲۱
۱-۳-۲	نمونه‌پراکننده	۲۱

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
فصل دوم : آشکارسازی نوترون		
۲-۱	اندرکنش های نوترون در آشکارسازی	۲۴
۲-۲	آشکارسازهای مبتنی برپراکندگی نوترونهای سریع	۲۵
۲-۲-۱	سینماتیک پراکندگی نوترون	۲۶
۲-۲-۲	توزیع انرژی هسته پس زده	۲۷
۲-۳	روشهای آشکارسازی	
۲-۳-۱	شمارندهٔ گازی تناسبی	۲۸
۲-۳-۳	تلسکوپ پروتون پس زده	۲۹
۲-۳-۳	آشکارسازهای سوسوزن	۳۰
۲-۳-۳-۱	اساس کارسوسوزنهای پروتون پس زده	۳۱
۲-۴	انتخاب آشکارساز مناسب	۳۴
۲-۵	خصوصیات آشکارساز NE-213	۳۵
۲-۶	فتومولتی پلایر	۳۷
۲-۷	تابع جواب آشکارساز	۴۲
۲-۸	درجه‌بندی (کالیبراسیون) انرژی و تست خطی بودن تابع جواب آشکارساز در مقابل اشعهٔ گاما	۴۶

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
فصل سوم : محاسبات نظری سطح مقطع کل		
۳-۱	مدل اپتیکی	۵۲
۳-۲-۱	پتانسیلهای اپتیکی هسته‌ای یک شکل شده	۵۶
۳-۲-۲	رابطه پاشندگی	۵۸
۳-۲-۳	تعیین قسمت حقیقی میدان متوسط سرب برای نوترون	۶۱
۳-۳-۱	آنالیزهای امواج جزئی	۶۶
۳-۳-۲	استفاده از کدکامپیوتری درمحاسبه سطح مقطع کل با درنظرگرفتن پتانسیلهای اپتیکی	۷۰
فصل چهارم : الکترونیک وروشهای تجربی استفاده شده در آزمایش		
۴-۱-۱	مقدمه	۸۲
۴-۱-۲	هندسه آزمایش	۸۵
۴-۱-۳	تپ (پالس) زمان	۹۵
۴-۲-۱	تفکیک نوترون و گاما	۱۰۱
۴-۲-۳	سیستم الکترونیکی زمان پرواز	۱۱۵
۴-۲-۴	حذف شمارشهای اضافی بوسیله همزمانی (همفرودی)	۱۱۸
۴-۲-۵	خطا در اندازه‌گیری زمان ناشی از گستردگی انرژی ذرات آلفا	۱۲۸
۴-۲-۶	کالیبراسیون تحلیلگرچندکاناله MCA	۱۲۸

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل پنجم : نتایج آزمایش ومقایسه آنها با نتایج تئوری وتجربی دیگران		
۵ ـ ۱	سطح مقطع محاسبه‌شده حاصل از آزمایش حاضر	۱۳۴
۵ ـ ۲	محاسبه خطاهای آزمایش	۱۴۳
۵ ـ ۳	مقایسه با نتایج تجربی و تئوری	۱۴۹
۵ ـ ۴	نتیجه‌گیری	۱۶۰
ضمیمه الف	انتقالهای هیلبرت	۱۶۱
" ب	بررسی نمونه‌ها توسط پرتو ایکس	۱۶۴
" ج	نوع تپ خروجی از آشکارساز	۱۶۸
منابع و ماخذ		۱۶۹

تشکر و قدردانی

کلیه کارهای تحقیقاتی این پایان نامه در بخش فیزیک ذرات بردار مرکز تحقیقات هسته‌ای ، سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفته است . ضمن تشکر و قدردانی از مسئولین سازمان موفقیت آنان را در کمک به پیشبرد علوم و فنون هسته‌ای آرزومندم .

از راهنمائیهای ارزنده و انتقادات بموردِ استادم آقای دکتر حسین آفریده تشکر و قدردانی می نمایم . امیدوارم همیشه در جستجوی علم موفق بوده و روشنایی بخش رهروان علم باشند همچنین از آقای دکتر محمدلامعی رشتی که با کمکهای خود مرا در انجام آزمایشها همراهی نموده‌اند سپاسگزاری می نمایم .

از آقای دکتر جلال صمیمی استاد دانشگاه صنعتی شریف که موافقت نموده و سمت استادی مشاور اینجانب را بعهده گرفته‌اند کمال تشکر را دارم .

از آقای محمد فرمهینی فراهانی تکنیسین بخش که ساخت کلیه مراحل دستگاه حامل نمونه پراکننده را بعهده گرفته و بدین طریق یکی از بزرگترین منابع خطا در آزمایش را از بین برده و همچنین بخاطر کمکهای ارزنده ایشان در ارتباط با کلیه مراحل فنی در آزمایش سپاسگزارم . و معتقد هستم که پیشرفت در کارهای آزمایشگاهی بدون چنین همکاریهائی اگر غیرممکن نباشد ، بسیار مشکل خواهد بود .

از خانم فرح شکوهی کارشناس کامپیوتر بخش بخاطر کمکهای ایشان در ارتباط با کارهای کامپیوتری این پروژه و از همکاریهای مسئول بخش آقای دکتر سیدعلی موسوی بهبهانی و همچنین سایر کارشناسان بخش ، تکنیسینها و منشی بخش خانم نعیمی تشکر و قدردانی می کنم .

چکیده :

در این کار آزمایشگاهی یک اسپکترومتر زمان پرواز با تکنیک ذره همراه (Associated Particle Time-of-Flight) و واحدهای الکترونیکی مورد نیاز به منظور اندازه‌گیری سطح مقطع کل نوترونهای با انرژی حدود ۱۵ MeV برای عناصر کربن ـ آلومینیوم ـ آهن ـ مس و سرب طراحی گردیده است .

در فصل اول به تشریح مختصر واکنش‌های هسته‌ای پرداخته و سپس روشهای مختلف اندازه‌گیری سطح مقطع همراه با تصحیحات و خطاهای مربوطه بررسی گردیده است .

نوترونها از طریق برهم کنش $^{3}H(d,n)^{4}He$ با استفاده از شتاب دهنده واندوگراف و توسط آشکارساز سوسوزن NE213 که در فاصله ۳۰۷ سانتیمتری از هدف تولید نوترون قرار گرفته بود ، آشکار گردیدند . در فصل دوم به بحث مختصری در مورد آشکارسازی نوترون های سریع ، اساس کار این آشکارسازها و توابع جواب آنها پرداخته شده است .

بررسیهای مختصر نظری با استفاده از مدلهای اپتیکی و محاسباتی توسط کد کامپیوتری به منظور محاسبه سطح مقطع در فصل سوم به عمل آمده است .

در فصل چهارم الکترونیک مورد نیاز آزمایش و تصحیحات لازم تشریح گردیده است و سرانجام در فصل آخر سطح مقطعهای مورد نظر محاسبه و با نتایج نظری و تجربی بدست آمده توسط دیگران مقایسه شده است .

مقدمه :

اهمیت اندازه‌گیری سطح مقطع‌پراکندگی نوترون

از آنجا که نوترونها باری ندارند دچار برهمکنش با نیروهای بلند برد کولنی نمیگردند. این خاصیت باعث میشود که استفاده از آنها برای بررسی در انرژیهای پایین تری نسبت به ذرات بارداری مثل پروتون امکان پذیر باشد. از طرفی نوترونها تنها تحت برهمکنشهای قوی با برد کوتاه پراکنده میشوند، بنابراین پراکندگی نوترون میتواند اطلاعات مستقیمی در باره شدت برهمکنش و اطلاعاتی با جزئیات بیشتر در باره پتانسیل در مقایسه با سایر ذرات مثل پروتون در اختیار قرار دهد.

یکی از روشهای استاندارد اندازه‌گیری شعاع هسته‌ای استفاده ازسطح مقطع کل نوترونهای سریع میباشد. به هر حال شعاع بدست‌آمده از این طریق بستگی به مدل هسته‌ای استفاده شده دارد. بطور مثال در انرژیهای بالا فشباخ و وایسکوف سطح مقطع کل را به صورت زیر پیشگوئی میکنند.

(K. S. Krane 1988)

$$\sigma = 2\pi(R + \lambda)^2$$

و در نوترونها با انرژی بالا در محدوده MeV ۱۱۰-۴۰ مدل اپتیکی به منظور تعیین دقیق شعاع هسته‌ای بکار میرود.

به علاوه رفتار سیستماتیک سطح مقطع متوسط هسته اطلاعات مهمی در باره ساختار هسته در اختیار قرار میدهد. مشخص‌گردیده که سطح مقطع متوسط عناصر همسایه در جدول تناوبی مشابهت زیادی دارند و ماکزیمم و می نیمم‌ها بتدریج از یک عنصر به عنصر دیگر تغییر جزئی دارند. مشخصه پهنای ماکزیمم و می نیمم‌ها مستقل از خواص جزئی هسته‌ها میباشد. اما یک بستگی به جرم و اندازه موجود میباشد که نشان دهنده اهمیت سطح‌مقطع در فهم ساختار هسته میباشد (J. B. Marion et al 1960).

ازطرفی انرژی گداخت یکی ازمهمترین چشمه‌های پایان ناپذیر انرژی برای بشر در آینده میباشد مهمترین چرخه گداخت ، چرخه دوتریوم- تریتیوم (DT) میباشد . چرخه‌های دیگر عبارتند از چرخه دوتریوم- دوتریوم (D,D) و چرخه دوتریوم - He3 (D He3) .در این چرخه‌ها نوترون به عنوان اولین یا دومین محصول میباشد .از آنجا که طراحی ساختار مواد سازنده راکتورهای گداخت از مسائل عمده میباشد و تاکنون عناصر مشخصی که بتواند شرایط راکتورهای فوق را تامین کند شناسائی نگردیده . لذا نیاز به بررسی هر ساختاری از جمله هدفهای استفاده شده دراین آزمایش میباشد .

انواع اطلاعات هسته‌ای مورد نیاز برای تکنولوژی راکتورهای گداخت عبارتند از: (Smith et al 1991)

۱- تعیین شار نوترون - سطح مقطع کل و سطح مقطع دیفرانسیلی [(n,n), (n,n') , (n, 2n) و غیره] نوترون - سطح مقطع دزیمتری.

۲- سطح مقطع تولید تریتیوم Li (n,^{4}He) T , Li (n,n'^{4}He) T

که این سطح مقطعها در مورد مهمترین چرخه (DT) مورد نیاز میباشد.

۳-تکثیر نوترون ^{9}Be(n,2n) Pb(n,2n)

۴- تشعشعات تصادفی - سطح مقطعهای فعال سازی با نوترون.

۵- سطح مقطعهای آسیب ناشی از تشعشع

۶- برهمکنشهای گداخت DT , DD , D He-3 و سطح مقطع پراکندگی

این رساله فقط به اندازه‌گیری سطح مقطع کل عناصر احتمالی استفاده شونده در ساختار راکتورهای گداخت میپردازد .

فصل اول

اطلاعات و روش لازم برای اندازه‌گیری سطح مقطع

فصل اول

اطلاعات و روش لازم برای اندازه‌گیری سطح مقطع

۱-۱ رده‌بندی واکنشهای هسته‌ای

یکی از مهمترین و اساسی ترین براکنشها در مطالعه ساختار هسته براکنش بین نوکلئون ـ نوکلئونها میباشد. نوکلئونی که بر روی هدف هسته‌ای تابیده میشود ممکن است از چندین طریق با هدف برهمکنش کند. احتمال این براکنشها وابسته به ساختار هسته و انرژی ذره تابیده شده میباشد. این واکنشها به دو دسته تقسیم میشوند واکنش هسته‌ای مرکب و واکنش مستقیم.

مطابق با ایدهٔ بوهر زمانیکه ذره تابیده دارای انرژی مناسب باشد، جذب هسته شده و انرژی جنبشی آن تبدیل به انرژی پیوندی شده این انرژی بسرعت بین تعدادی از ذرات هدف تقسیم میشود، بطوری که هیچیک از آنها انرژی کافی برای فرار ندارند هسته مرکب باقی میماند تا زمانیکه بطور تصادفی انرژی کافی در روی یک نوکلئون یا مجموعه‌ای از نوکلئونها (مثلا" ذره آلفا) متمرکز شده و فرار رخ میدهد. واکنشی که از طریق تشکیل هسته مرکب صورت میگیرد. فرآیندی است دو مرحله‌ای: شامل فرآیند تشکیل و شکست. فرض براین است که زمان سپری شده میان این دو حادثه بقدری طولانی باشد که در زمان شکست اثری از طریقه تشکیل نباشد، به عبارتی هسته مرکب شکسته نمیشود تا زمانیکه فرآیند تشکیل آن فراموش شده باشد مرحله تلاشی، انتشار یک ذره میباشد که بسیار شبیه به تلاشی آلفایی ایزوتوپهای پرتوزای طبیعی است.

تجزیه هسته مرکب به راههای مختلف امکان دارد در مورد برخورد نوترون با هدف ممکن است یک نوترون با انرژی برابر انرژی نوترون اولیه

که توسط هدف جذب شده است از هسته مرکب خارج گردد. این عمـــــــل را پراکندگی الاستیک مرکب مینامند.

هسته مرکب همچنین میتواند با تابش یک یا چند فوتون گاما انـرژی تحریکی خود را از دست بدهد این پدیده را پدیده جذب پرتوزا و یا واکنش (n, γ) مینامند.

در حالتهائی که انرژی تحریکی هسته مرکب خیلی زیاد است، هستـــه مرکب میتواند ذرات باردار تابش کند مانند واکنشهای (n,p) , (n,α) (n , np) در مواردی که نوترونی با انرژی جنبشی کمتر از انـــــرژی جنبشی نوترون اولیه از هسته مرکب ساطع میگردد، هسته باقی مانده بـــه حالت تحریک میماند. این هسته انرژی تحریکی خود را به صورت اشعه گاما تابش میکند. این حالت را واکنش پراکندگی غیرالاستیک مینامند.

مدل هسته مرکب در حد انرژیهای پایین (۱۰–۲۰ MeV)، کـــه ذره تابیده شانس کمتری برای فرار از هسته دارد، بهتر قابل استفاده میباشد بخصوص برای هسته‌های سنگین یا متوسط که هسته‌های درونی برای جذب انرژی ذره تابیده، بقدر کافی زیاد میباشند. از مشخصات دیگر واکنشهایـی از نوع هسته مرکب، توزیع زاویه‌ای تولیدات واکنش میباشدبه دلیل رنـــدم بودن برهمکنش بین نوکلئونها، انتظار میرود که ذرات خروجی تقریبا" بـــا یک توزیع زاویه‌ای همگن منتشر شوند. (این انتظار توسط آزمایش تصدیـق گردیده (K. S. Krane 1988)).

حد متضاد برهمکنشهای هسته مرکب، واکنشهای مستقیم میباشد کـه در آنها ذره پرتابه و هسته هدف یک ارتباط اجمالی و فوری پیدا کـــــرده و بلافاصله بدون تشکیل هسته‌ای مرکب میانی، حاصل واکنش بدست میآیـــد. در چنین واکنشهای ذره تابیده ابتدا در سطح هسته هدف واکنش انجام میدهـد. زمانیکه انرژی ذره تابیده افزایش می یابد طول موج برگلی (λ) آن کاهش یافته تا به حد اندازه نوکلئون رسیده و بنابراین به جای برهمکنش بـــا

هسته با نوکلئون وارد برهمکنش میگردد. واکنش مستقیم اغلب شامل یک یا تعداد کمی از نوکلئونهای ظرفیت نزدیک به سطح هسته میباشد.

بسیاری از فرآیندهای واکنش از طریق هر دو مد صورت میگیرد منتهی واکنش مستقیم در زمان کوتاهتری صورت میپذیرد. زمان واکنش مستقیم از مرتبه لازم برای آنکه ذره قطر هسته را طی کند میباشد (10^{-22} ثانیه). در حالیکه زمان لازم برای تلاشی هسته مرکب بیشتر از 10^{-13} تا 10^{-18} ثانیه میباشد و تکنیکهای آزمایشی برای تشخیص بین این دو فاصله زمانی موجود میباشد. از طرفی فرآیندهای مستقیم دارای یک توزیع زاویه‌ای غیر همگن اغلب مشابه پراش میباشند (Krane 1988). در حالیکه توزیع واکنش مرکب اغلب تقریباً همگن میباشد و هر جا که مسئله رقابت بین واکنش مستقیم و مرکب مطرح باشد میتوان بوسیله سطح مقطع دیفرانسیلی آنرا مشخص نمود.

۱-۲- تئوری آزمایش و روشهای رفع خطاهای موجود

(۱-۲-۱) سطح مقطع

چون برهمکنشهای یک واکنش با تک تک هسته‌های هدف بطور مستقل از هم انجام میگیرد بهتر است که احتمال یک واکنش هسته‌ای را به یک هسته هدف نسبت دهیم. چنانچه در یک آزمایش هدف (با فرض توزیع یکنواخت در روی سطح) توسط یک باریکه تک انرژی شامل I_0 ذره در واحد زمان بمباران گردد میتوان این طور تصور کرد که با هر هدف، یک سطح (عمود بر باریکه فرودی) همراه است به طوری که اگر مرکز ذره پرتابه به داخل σ بخورد یک برخورد وجود خواهد داشت و یک واکنش تولید میگردد کمیت σ را سطح مقطع میگویند.

در حالت کلی، یک ذره پرتابه مفروض و هدف میتوانند به طرق مختلف