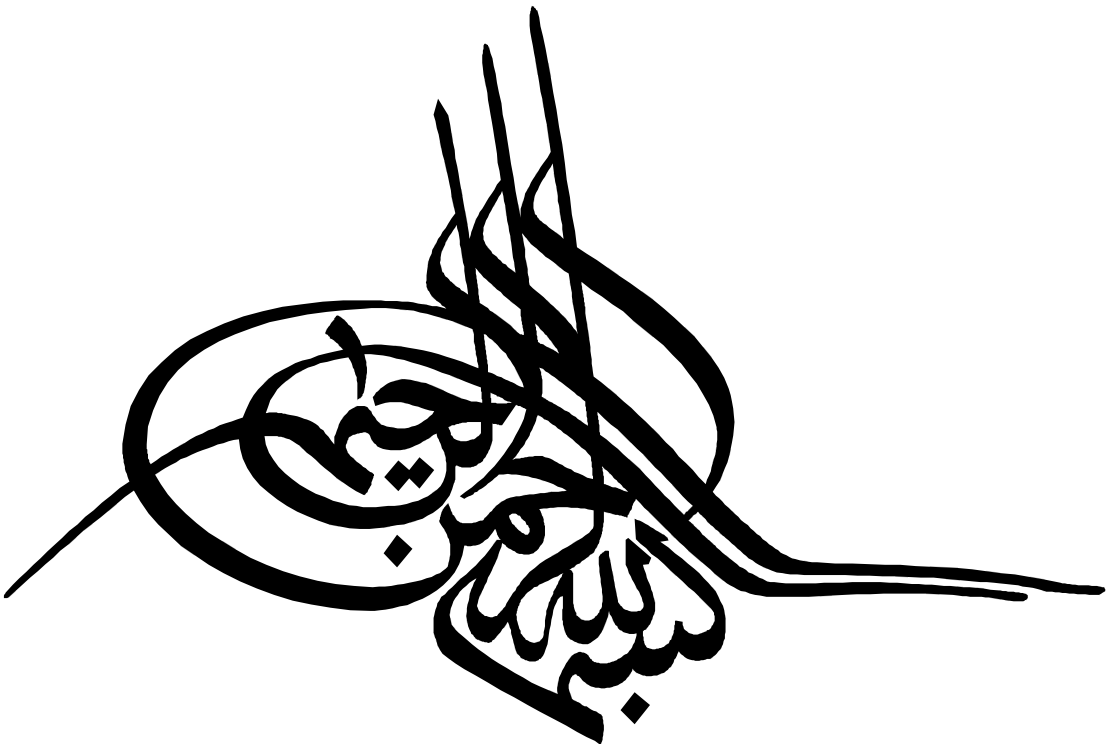
بسم الله الرحمن الرحيم

همه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلـق دارد. در صـورت اسـتفاده از تمـام یـا بخشـی از مطالب پایان نامه در مجلات، کنفرانس ها و یا سخنرانی‌ها، بایـد نـام دانشـگاه بـوعلی (یـا اسـتاد یـا اسـاتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

گرایش هسته‌ای

عنوان:

پیش‌بینی تکانه‌ی زاویه‌ای هسته‌های شکافت‌پذیر با استفاده از توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت

استاد راهنما:

دکتر سعید سهیلی

استاد مشاور:

دکتر قاسم فروزانی

پژوهشگر:

معصومه خامه‌چی

آذر ۱۳۸۸

تقدیم به خانواده عزیزم

که وجودشان دلیل زیستن و تلاشم است.

و تقدیم به استاد عزیزم، جناب آقای دکتر سعید سهیلی

به پاس زحمات فراوان و محبت های بی دریغشان

سپاس و قدردانی

از استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر سعید سهیلی که با راهنمایی های ارزنده و دقت نظر منحصر به فرد خود مرا در انجام این تحقیق یاری فرمودند، بسیار سپاسگزارم.

و از استاد مشاور گرانقدرم، جناب آقای دکتر قاسم فروزانی به پاس آنچه به من آموخته اند و اینکه همواره مرا مورد لطف و محبت خویش قرار داده اند، بسیار تشکر می کنم.

نام خانوادگی دانشجو: خامه‌چی نام: معصومه
عنوان پایان نامه: پیش‌بینی تکانه‌ی زاویه‌ای هسته‌های شکافت‌پذیر با استفاده از توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت
استاد راهنما: دکتر سعید سهیلی استاد مشاور: دکتر قاسم فروزانی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: فیزیک گرایش: هسته‌ای دانشگاه: بوعلی سینا دانشکده: علوم تاریخ پایان تحصی‌لات: آذر ۸۸ تعداد صفحه: ۸۰
کلید واژه ها: توزیع اسپین هسته‌ی مرکب- شکافت- یون سنگین- توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت
چکیده: در این تحقیق، توزیع اسپین هسته‌ی مرکب تعدادی سیستم واکنش شکافت القایی با نوکلئون و یون سنگین محاسبه شده است. تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب براساس انطباق داده‌های تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت با پیش بینی مدل آماری نقطه‌ی زینی صورت گرفت. نتایج مبتنی بر دو حالت، یکی بدون در نظر گرفتن گسیل نوترون و دیگری با در نظر گرفتن تصحیح گسیل نوترون بود. نتایج حاصل از این روش با نتایج حاصل از روش کانال‌های جفت شده و نیز نتایج حاصل از مدل ونگ مقایسه شد. براساس بحث‌های کوانتومی-کلاسیکی نیز یک رابطه‌ی تقریبی برای پیش بینی توزیع اسپین هسته‌ی مرکب تولید شده در شکافت القایی ارائه شد. باید دانست که براساس بررسی‌های به عمل آمده، تاکنون تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب تولید شده در شکافت القایی، از طریق پیش‌بینی مدل آماری نقطه‌ی زینی صورت نگرفته و این مسئله اهمیت محاسبات انجام شده در این پایان‌نامه را مشخص می کند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه..... ۱

فصل اول: روش‌های تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب

۱-۱- مقدمه..... ۳
۱-۲- روش چندگانگی اشعه‌ی گاما..... ۳
۱-۳- روش نسبت‌های ایزومری..... ۳
۱-۴- روش جمعیت تراز چرخشی..... ۴
۱-۵- روش توزیع xN باقیمانده تبخیری..... ۴
۱-۶- روش کانال‌های جفت شده..... ۴
۱-۷- مدل ونگ..... ۴
۱-۸- روش توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت..... ۵

فصل دوم: تئوری توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت

۲-۱- مقدمه..... ۷

۲-۲- مدل آماری نقطه‌ی زینی استاندارد..... ۹

۲-۲-۱- توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت ناشی از کانال منفرد
K, M, I در مدل آماری نقطه زینی استاندارد..... ۱۰

۲-۲-۲- توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت هسته‌های هدف زوج-زوج
توسط باریکه ذرات تابشی زوج-زوج..... ۱۲

۲-۲-۳- رابطه‌ی دقیق توزیع زاویه ای پاره های شکافت..... ۱۸

۲-۳- محاسبه ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت..... ۲۰

۲-۴- تاثیر نوترون‌های پیش‌شکافت در محاسبه نوزیع زاویه‌ای..... ۲۱

۲-۵- توصیف رفتار غیرعادی در ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت..... ۲۴

عنوان **صفحه**

فصل سوم: محاسبات و نتیجه گیری

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- تعیین $\langle I^2 \rangle$ با استفاده از روابط کوانتومی-کلاسیکی ۲۸

۳-۳- شکافت القایی با یون سنگین ۲۹

۳-۴- محاسبه‌ی $\langle I^2 \rangle$ سیستم‌های شکافت القایی با یون سنگین ۲۹

۳-۴-۱- نمونه‌ی محاسبات برای سیستم $^{16}O+^{232}Th$ ۳۳

۳-۴-۲- مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت ۳۹

۳-۴-۳- محاسبه‌ی $\frac{\Im_{eff}}{\hbar^2}$ ۴۸

۳-۴-۴- محاسبه‌ی B_f و E_R ۴۹

۳-۵- واکنش شکافت القایی با پرتابه‌های سبک ۷۰

۳-۶- بحث و نتیجه‌گیری ۷۵

منابع ۷۷

چکیده .....

انگلیسی .....

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱) ترکیب اندازه حرکت‌های زاویه ای
یک هسته‌ی تغییر شکل‌یافته..... ۸
شکل(۲-۲) یک سیستم شکافت‌پذیر، بر اساس
مدل آماری نقطه زینی استاندارد یا مدل نقطه انقطاع..... ۹
شکل (۲-۳) توزیع نوترون‌های شکافت..... ۲۳
شکل (۳-۱) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{16}O+^{232}Th$..... ۳۷
شکل (۳-۲) ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت
برای سیستم $^{16}O+^{232}Th$..... ۳۸
شکل (۳-۳) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{12}C+^{236}U$..... ۵۳
شکل (۳-۴) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{11}B+^{237}Np$..... ۵۴
شکل (۳-۵) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{14}N+^{232}Th$..... ۵۵
شکل (۳-۶) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{11}B+^{235}U$..... ۵۶
شکل (۳-۷) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{12}C+^{232}Th$..... ۵۷
شکل (۳-۸) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{19}F+^{232}Th$..... ۵۸
شکل (۳-۹) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{19}F+^{197}Au$..... ۵۹
شکل (۳-۱۰) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{10}B+^{232}Th$..... ۶۰
شکل (۳-۱۱) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{9}Be+^{232}Th$..... ۶۱
شکل (۳-۱۲) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{12}C+^{237}Np$..... ۶۲

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۱۳) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{16}O+^{208}Pb$ ۶۳
شکل (۳-۱۴) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{16}O+^{209}Bi$ ۶۴
شکل (۳-۱۵) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{19}F+^{208}Pb$ ۶۵
شکل (۳-۱۶) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{24}Mg+^{208}Pb$ ۶۶
شکل (۳-۱۷) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{28}Si+^{208}Pb$ ۶۷
شکل (۳-۱۸) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{32}S+^{208}Pb$ ۶۸
شکل (۳-۱۹) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $^{11}B+^{238}U$ ۶۹
شکل (۳-۲۰) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $P+^{197}Au$ ۷۳
شکل (۳-۲۱) توزیع اسپین هسته‌ی مرکب
برای سیستم $P+^{209}Bi$ ۷۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) سیستم‌های شکافت القایی با یون سنگین..... ۳۱
جدول (۳-۲) مقدار Q محاسبه شده..... ۳۲
جدول (۳-۳) ارتفاع سد شکافت برای سیستم‌های شکافت القایی با یون سنگین..... ۳۳
جدول (۳-۴) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{16}O+^{232}Th$..... ۳۴
جدول (۳-۵) وابستگی $\langle I^2 \rangle$ به $\frac{E_{com}}{V_b}$ برای
سیستم $^{16}O+^{232}Th$..... ۳۶
جدول (۳-۶) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{12}C+^{236}U$..... ۳۹
جدول (۳-۷) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{11}B+^{237}Np$..... ۴۰
جدول (۳-۸) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{14}N+^{232}Th$..... ۴۰
جدول (۳-۹) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{11}B+^{235}U$..... ۴۱
جدول (۳-۱۰) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌ها ی شکافت برای سیستم $^{12}C+^{232}Th$..... ۴۱
جدول (۳-۱۱) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{19}F+^{232}Th$..... ۴۲
جدول (۳-۱۲) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{19}F+^{197}Au$..... ۴۲
جدول (۳-۱۳) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{10}B+^{232}Th$..... ۴۳
جدول (۳-۱۴) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{9}Be+^{232}Th$..... ۴۳
جدول (۳-۱۵) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{12}C+^{237}Np$..... ۴۴

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱۶) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{16}O+^{208}Pb$ ۴۴
جدول (۳-۱۷) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{16}O+^{209}Bi$ ۴۵
جدول (۳-۱۸) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{19}F+^{208}Pb$ ۴۵
جدول (۳-۱۹) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{24}Mg+^{208}Pb$ ۴۶
جدول (۳-۲۰) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{28}Si+^{208}Pb$ ۴۶
جدول (۳-۲۱) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{32}S+^{208}Pb$ ۴۷
جدول (۳-۲۲) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $^{11}B+^{238}U$ ۴۷
جدول (۳-۲۳) مقادیر $\frac{\Im_{eff}}{\hbar^2}$ برای سیستم‌های شکافت
القایی با یون سنگین ۴۸
جدول (۳-۲۴) مقادیر B_f برای سیستم‌های شکافت
القایی با یون سنگین ۴۹
جدول (۳-۲۵) مقادیر E_R برای سیستم‌های شکافت
القایی با یون سنگین ۵۰
جدول (۳-۲۶) وابستگی $\langle I^2 \rangle$ به $\frac{E_{com}}{V_b}$ برای سیستم‌های
شکافت القایی با یون سنگین، بدون در نظر گرفتن گسیل نوترون ۵۱
جدول (۳-۲۷) وابستگی $\langle I^2 \rangle$ به $\frac{E_{com}}{V_b}$ برای سیستم‌های
شکافت القایی با یون سنگین، با در نظر گرفتن گسیل یک و دو نوترون ۵۲
جدول (۳-۲۸) سیستم‌های شکافت القایی با پروتون ۷۰
جدول (۳-۲۹) مقادیر Q و V_b سیستم‌های شکافت القایی با پروتون ۷۰
جدول (۳-۳۰) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $P+^{197}Au$ ۷۱

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۳۱) مقادیر تجربی ناهمسانگردی زاویه‌ای
پاره‌های شکافت برای سیستم $P+^{209}Bi$ ۷۱
جدول (۳-۳۲) وابستگی $\langle I^2 \rangle$ به E_{com} سیستم‌های
شکافت القایی با پروتون..... ۷۲

توزیع اسپین هسته‌ی مرکب یکی از مهم‌ترین کمیت‌ها در تعیین دینامیک شکافت-همجوشی می‌باشد که معمولا توصیف آن به وسیله‌ی گشتاور اول و گشتاور دوم که متناظر با میانگین I و میانگین مربع I است، مفید می‌باشد.

در فصل اول، روش‌های تئوری و تجربی موجود در پیش‌بینی توزیع اسپین، به همراه معایب و محاسن هریک، بررسی می‌شود.

با توجه به آنکه تاکنون تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب تولید شده در شکافت القایی، از طریق مدل آماری نقطه‌ی زینی انجام نگرفته است، در این پژوهش برای تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب از روش توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت که براساس انطباق داده‌های تجربی با پیش‌بینی مدل آماری نقطه‌ی زینی است، استفاده می‌شود. بنابراین در فصل دوم به بررسی تئوری توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت پرداخته و مدل آماری نقطه‌ی زینی استاندارد توضیح داده می‌شود، سپس با توجه به این مدل، تابع توصیف کننده‌ی توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت را بدست آورده و رابطه‌ی ناهمسانگردی زاویه‌ای پاره‌های شکافت تعیین می گردد. در نهایت برخی علل رفتار غیرعادی در ناهمسانگردی زاویه‌ای بررسی می‌گردد.

در فصل سوم، ابتدا با استفاده از روابط کوانتومی-کلاسیکی یک رابطه‌ی تقریبی برای $\langle I^2 \rangle$ ارائه می-گردد، سپس با استفاده از روش توزیع زاویه‌ای، مقادیر $\langle I^2 \rangle$ برای تعدادی سیستم که دستخوش شکافت القایی با نوکلئون یا یون سنگین شده‌اند، تعیین می‌گردد. تعیین $\langle I^2 \rangle$ از روش توزیع زاویه‌ای مبتنی بر دو حالت یکی بدون در نظر گرفتن گسیل نوترون و دیگری با در نظر گرفتن تصحیح گسیل نوترون می‌باشد.

فصل اول

روش‌های تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب

۱-۱- مقدمه:

توزیع اسپین هسته‌ی مرکب یکی از مهمترین کمیت‌ها در تعیین دینامیک شکافت-همجوشی است. به طور کلی روش‌های مختلفی برای تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب وجود دارد [۱] که در اینجا به بررسی این روش‌ها می پردازیم:

۱-۲- روش چندگانگی اشعه‌ی گاما:

با توجه به آنکه بیشتر اندازه حرکت زاویه‌ای هسته‌ی مرکب توسط اشعه‌ی گاما در آخرین مرحله‌ی واانگیختگی حمل می‌شود، اندازه‌گیری توزیع اسپین هسته‌ی مرکب با استفاده از روش چندگانگی اشعه‌ی گاما اطلاعاتی را در مورد توزیع اسپین هسته‌ی اولیه در اختیار ما قرار می دهد. البته در این روش، این نکته که مقداری از اندازه حرکت زاویه‌ای بوسیله‌ی نوترون‌ها حمل می شود و نیز تفاوت در الگوی واپاشی هسته‌ی زوج-زوج در مقایسه با هسته‌ی زوج-فرد و فرد-فرد درنظر گرفته نشده است.

۱-۳- روش نسبت‌های ایزومری:

جمعیت نسبی ترازهای پایه و ایزومری با اسپین‌های مختلف، انعکاسی از توزیع اسپین اولیه است. مزیت این روش دقت بالای آن است و اشکال آن حساسیت به پارامترهای آماری به خصوص وابستگی توزیع اسپین به چگالی تراز هسته‌ی مرکب و به موقعیت ترازهای بالای حالت ایزومری است. ایراد دیگر این روش اینست که فقط یک کانال خروجی با یک حالت ایزومری وجود دارد، بنابراین این روش فقط روی یک گستره‌ی محدود انرژی کاربرد دارد.

۱-۴- روش جمعیت تراز چرخشی:

با استفاده از روش جمعیت تراز چرخشی که در اصل مشابه روش نسبت‌های ایزومری است، مدل آماریی برای استخراج توزیع اسپین هسته‌ی مرکب پیشنهاد می گردد. در این روش به جای اندازه‌گیری جمعیت دو تراز، جمعیت تعداد زیای از ترازها در نظر گرفته می شود. البته این روش همان اشکالات روش نسبت‌های ایزومری را دارد. این روش فقط برای کانال‌های خاصی مفید است.

۱-۵- روش توزیع xN باقیمانده تبخیری:

این روش براساس این واقعیت است که نسبت دو کانال با تبخیر $x+1$ نوکلئون در مقایسه با x نوکلئون با افزایش $\langle I^2 \rangle$ در یک انرژی برانگیختگی معین، کاهش می یابد. بنابراین نسبت تبخیر $x+1$ به x نوکلئون وابسته به توزیع اسپین هسته‌ی مرکب است که استنتاج کمی اندازه حرکت-زاویه‌ای از طریق سطح مقطع جزئی است.

۱-۶- روش کانال‌های جفت شده:

در روش کانال‌های جفت شده توزیع اسپین هسته‌ی مرکب با استفاده از معادله‌ی شرودینگر تعیین می شود [۱]. در فصل سوم مقادیر $\langle I^2 \rangle$ بدست آمده از روش توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت با مقادیر $\langle I^2 \rangle$ حاصل از روش کانال‌های جفت شده مقایسه می‌گردد.

۱-۷- مدل ونگ:

در این روش توزیع اسپین هسته‌ی مرکب با استفاده از انطباق تابع برانگیختگی همجوشی با داده های تجربی تعیین می شود [۱]. در فصل سوم مقادیر $\langle I^2 \rangle$ بدست آمده از روش توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت با مقادیر $\langle I^2 \rangle$ حاصل از مدل ونگ مقایسه می‌شود.

۱-۸- روش توزیع زاویه‌ای پاره های شکافت:

با توجه به آن که در این روش از مقادیر تجربی توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت استفاده می‌شود، می‌توان گفت این روش دقت بسیار بالایی در محاسبه‌ی توزیع اسپین هسته‌ی مرکب دارد، هرچند تاکنون توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت به عنوان یک روش در تعیین توزیع اسپین هسته‌ی مرکب چندان به کار گرفته نشده است [۲]. در فصل دوم به بررسی تئوری توزیع زاویه‌ای پرداخته و در فصل سوم به منظور محاسبه‌ی توزیع اسپین هسته‌ی مرکب از روش توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت استفاده می‌شود.

فصل دوم

تئوری توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت

۲-۱-مقدمه:

امروزه تولید عناصر ابر سنگین جدید یکی از شاخه‌های اصلی در فیزیک هسته‌ای می باشد. برای تولید این عناصر به داشتن اطلاعاتی در زمینه‌ی شکافت-همجوشی نیاز داریم.

توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت منبع غنی از اطلاعات را در مورد دینامیک شکافت-همجوشی در اختیار ما قرار می دهد. از طرف دیگر با مطالعه‌ی توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت می توان خصوصیات حالت های گذار را تعیین کرد.

توزیع زاویه‌ای پاره‌های شکافت با استفاده از انواع مختلف آشکارسازها اندازه‌گیری می‌شود. این آشکارسازها ممکن است غیرفعال مانند میکا، لگزان و شیشه یا مانند گاز و دتکتور سد سطحی سیلیکان فعال باشند. آشکارسازها به طریقی حرکت می‌کنند که تمامی گستره‌ی زاویه‌ای مورد بررسی را بپوشانند. برای جدایی بهتر پاره‌های شکافت از ترکیب آشکارسازهای گازی و سیلیکانی استفاده می شود که پاره‌های شکافت همفرود را در گستره‌ی زاویه‌ای با قرار گرفتن در سمت راست و چپ جهت باریکه‌ی ورودی آشکار می‌سازند. این تکنیک اندازه‌گیری پاره‌های شکافت همفرود با قرار دادن آشکارسازها در دو طرف راستای پرتابه، به تکانه‌ای که توسط هسته‌ی شکافت پذیر حمل می‌شود، بسیار حساس است.

توزیع زاویه‌ای در مناطق برانگیختگی بالا تا چند ده مگا الکترون ولت برای بسیاری از هدف‌ها و همچنین پرتابه‌های مختلف نظیر نوترون، پروتون،...و یون‌های سنگین مطالعه شده است. برخی ویژگی‌های برجسته توزیع زاویه ای پاره‌های شکافت در مشاهدات آزمایشگاهی به شرح زیر است:

۱- گسیل پاره‌های شکافت رو به جلو و عقب نسبت به راستای باریکه تابشی بیشترین احتمال را دارد.

۲- برای سنگین‌ترین پرتابه‌ها، ناهمسانگردی زاویه‌ای بزرگتر از ناهمسانگردی زاویه‌ای مشاهده شده برای پرتابه‌های سبکتر نظیر پروتون و نوترون است.

۳- در انرژی آستانه‌ی شکافت، ناهمسانگردی زاویه‌ای بسیار زیاد است.