دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک هسته ای

عنوان:

مطالعه اثر موسبائر و بررسی برخی کاربردهای آن

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر مهمان دوست خواجه داد

استاد مشاور:

دکتر محمد گشتاسبی راد

تحقیق و نگارش:

غلامحسن خواجه داد

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان مطالعه اثر موسبائر و بررسی برخی کاربردهای آن قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد فیزیک هسته ای توسط دانشجو غلامحسن خواجه داد تحت راهنمایی آقای 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.

(غلامحسن خواجه داد)

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۳۱ توسط هیئت داوران بررسی و درجه بسیار خوب به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکترعلی اکبر مهمان دوست خواجه داد		
استاد مشاور:	دکتر محمد گشتاسبی راد		
داور ۱:	دکتر عبدالمحمود داورپناه		
داور ۲:	دکتر میثم نوروزی فر		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر مجید رشیدی هویه		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب غلامحسن خواجه داد تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه 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 پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

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

غلامحسن خواجه داد

تقدیم به:

همسر و فرزندانم

سپاسگزاری

اکنون که به لطف و یاری خداوند مهربان توفیق اتمام این پایان نامه میسر شده است لازم است خداوند منان را شکرگزار باشم. آفریدگار توانا، فطرت خداجویی را در انسان به ودیعه نهاد و مسیر تربیت صحیح را فراروی او گشود.

بر خود واجب می دانم که از راهنمایی های مشفقانه و علمی، استاد گرامی جناب آقای دکتر علی اکبر مهمان دوست خواجه داد و جناب آقای دکتر محمد گشتاسبی راد سپاسگزاری کنم.

چکیده:

کشف اثر موسبائر، که همان جذب و نشر تشدیدی بدون پس زنی تابش گاما بوسیله هسته است، منجر به ارائه طیف سنجی موسبائر شد. این طیف سنجی بدلیل قدرت تفکیک بسیار بالا ($۱۰^{-۱۲}$eV) نسبت به طیف سنجی های دیگر، توانایی زیادی در بدست آوردن اطلاعاتی در زمینه فیزیک و شیمی، مانند اسپین هسته، تغییرات شعاع هسته، تعیین ساختار مولکول و ساختار شبکه بلوری برخی مواد، تعیین خواص مغناطیسی و الکتریکی برخی بلورها و آلیاژها را دارد. در راستای اهداف این پایان نامه برخی روشهای طیف سنجی متداول را فقط برای یادآوری، توضیح داده و سیستم طیف سنجی موسبائر را مورد بررسی دقیق قرارمی دهیم با توجه به دقت این طیف سنج و کاربرد های وسیع آن در علوم متفاوت، امکان ساخت آن در داخل کشور را بررسی و توصیه کرده ایم.

کلمات کلیدی: اثر موسبائر - جذب تشدیدی گاما - طیف سنجی – روش های تحلیلی اندازه گیری هسته ای

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **۱**
۱-۱- مقدمه ۲
فصل دوم: برخی روش های تحلیلی اندازه گیری هسته ای **۵**
۲-۱- XRF ۶
۲-۱-۱- روشهای برانگیختن نمونه برای تحلیل XRF ۷
۲-۲- PIXE ۱۲
۲-۳- NAA ۱۶
۲-۴- NMR ۱۹
۲-۴-۱- اثر متقابل بین اسپین هسته و میدان مغناطیسی ۱۹
۲-۴-۲- طیف گیری NMR ۲۲
۲-۴-۳- طیف سنجی NMR موج پیوسته ۲۳
۲-۴-۴- طیف سنجی NMR تبدیل فوریه ۲۴
فصل سوم: اثر موسبائر **۲۶**
۳-۱- پراکندگی تشدیدی نورمرئی ۲۷
۳-۲- پراکندگی تشدیدی گاما ۲۸
۳-۳- روش های غلبه بر افت انرژی گاما ناشی از پس زنی هسته ۳۲
۳-۳-۱- کشف اثر موسبائر ۳۴
۳-۴- خصوصیات چشمه موسبائر ۳۸
۳-۵- نحوه عملکرد سیستم طیف سنج موسبائر ۴۰
۳-۵-۱- چشمه رادیو اکتیو و بخش راه اندازی ۴۴
۳-۵-۲- آشکار سازی و سیستم ثبت ۴۶
۳-۵-۳- کاهش و اصلاح شمارش های زمینه ۴۹
۳-۶- طیف سنجی موسبائر الکترون تبدیل ۵۰
فصل چهارم: تحلیل طیف موسبائر **۵۴**
۴-۱- بر همکنش تک قطبی الکتریکی وجابجایی ایزومری ۵۵
۴-۲- شکافتگی چهار قطبی الکتریکی ۶۴
۴-۳- شکافتگی دو قطبی مغناطیسی ۶۹
فصل پنجم: زمینه های کاربرد طیف سنجی موسبائر **۷۴**

۵-۱- استفاده در تحقیقات فضایی ۷۵
۵-۲- استفاده در علوم زیستی..... ۷۹
۵-۳- استفاده در اقتصاد و امنیت ملی..... ۸۱
۵-۴- استفاده در باستان شناسی..... ۸۸
۵-۵- استفاده درفناوری نانو..... ۹۳
۵-۶- پیشنهاد..... ۱۰۳
مراجع **۱۰۳**
پیوست..... **۱۰۷**

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱. برخی چشمه های محرک مورد استفاده در XRF ۷

جدول ۲-۲. لبه جذب برای لایه های K و L برای بعضی عناصر ۱۰

جدول ۲-۳. خواص بعضی از هسته های مورد استفاده در NMR ۲۱

جدول ۳-۱. مقایسه میان فوتون های تابشی هسته آهن و اتم سدیم ۳۲

جدول ۳-۲. چشمه های مهم مورد استفاده در طیف سنجی موسبائر ۴۱

جدول ۳-۳. آشکار سازهایی که در طیف سنجی موسبائر مورد استفاده قرار می گیرند ۴۹

جدول ۳-۴. فوتونها یا الکترون های تابشی بوسیله ایزوتوپ آهن ۵۵

جدول ۵-۱. پارامترهای فوق ریزحالت های متفاوت در دی اکسید تیتانیوم با جانشینی آهن ۱۰۲

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱. نحوه تابش اشعه گاما به نمونه در تحلیل XRF ۸

شکل ۲-۲. طیف اشعه ایکس از هدف سربی با چشمه پرتوزای ^{241}Am ۹

شکل ۲-۳. تغییر ضریب جذب فوتوالکتریک بر حسب انرژی ۱۰

شکل ۲-۴. طیفXRF از ذرات معلق در هوا ۱۲

شکل ۲-۵. طیف پیکسی از ذرات معلق در هوا ۱۳

شکل ۲-۶. نحوه فعال سازی نوترون ۱۶

شکل ۲-۷. طیف NAA از یک نمونه کوزه ۱۹

شکل ۲-۸. اجزای یک طیف سنج NMR موج پیوسته ۲۴

شکل ۲-۹. طیف NMR بر حسب زمان، همراه با تبدیل فوریه آن ۲۵

شکل ۳-۱. طرح پراکندگی تشدیدی نور زرد ۲۸

شکل ۳-۲. نحوه پس زنی هسته پس از تابش اشعه گاما ۲۹

شکل ۳-۳. طرح واره طیف جذبی و تابشی اشعه گاما در صورتی که هسته ساکن باشد ۳۱

شکل ۳-۴. طرح تابشی از چشمه ^{191}Os ۳۶

شکل ۳-۵. منحنی جذب تشدیدی اشعه گاما توسط هسته ایریدیم ۳۷

شکل ۳-۶. شمائی از تابش و جذب تشدیدی با همپوشانی کامل ۳۸

شکل ۳-۷. طرحواره گذار تابشی ^{119}Sn و ^{57}Co ۳۹

شکل ۳-۸. جدول تناوبی و مکان عناصر موسبائر ۴۰

شکل ۳-۹. شمائی از دستگاه طیف سنج موسبائر ۴۴

شکل ۳-۱۰. تپ های کنترلی در یک طیف سنج موسبائر ۴۵

شکل ۳-۱۱. مراحل گوناگون از تابش های فرعی گاما از چشمه کبالت ۴۸

شکل ۳-۱۲. طیف موسبائر در حالت گذار و جذب ۵۰
شکل ۳-۱۳. طرح کلی از طیف سنجی موسبائر الکترون تبدیل داخلی ۵۴
شکل ۴-۱. جابجایی ایزومری همراه با طیف موسبائر مربوطه ۶۳
شکل ۴-۲. جابجایی ایزومری برای برخی از عناصر ۶۵
شکل ۴-۳. برهمکنش چهار قطبی الکتریکی در حالت پایه و برانگیخته ۶۸
شکل ۴-۴. طیف موسبائر شکافتگی چهار قطبی الکتریکی ۶۹
شکل ۴-۵. اثر برهمکنش دو قطبی مغناطیسی در شکافتگی ترازهای آهن همراه با طیف موسبائر ۷۲
شکل ۴-۶. دیاگرام شکافتگی ترازهای انرژی با ترکیب بر همکنش های فوق ریز همراه با طیف ۷۵
شکل ۵-۱. طرح واره طیف سنج موسبائر در حالت گذار و پس پراکندگی ۷۸
شکل ۵-۲. نمای کلی از کاوشگری که به مریخ فرستاده شده است ۷۹
شکل ۵-۳. اولین طیف موسبائر که از سطح مریخ به زمین فرستاده شده است ۸۰
شکل ۵-۴. طیف گرفته شده از یک سنگلاخ مریخ ۸۱
شکل ۵-۵. طیف موسبائر از هموگلوبین ۸۳
شکل ۵-۶. طیف موسبائر از اسکناس ۱۰۰ دلاری واقعی و جعلی ۸۴
شکل ۵-۷. طیف موسبائر از اسکناس ۵۰ دلاری جعلی ۸۷
شکل ۵-۸. طیف اشعه ایکس از اسکناس ۵ یورویی ۸۸
شکل ۵-۹. طیف اشعه ایکس از اسکناس های ۵ و ۱۰۰ یورویی ۸۸
شکل ۵-۱۰. طیف موسبائر در دمای اتاق از اسکناسهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ یورویی ۹۰
شکل ۵-۱۱. طیف موسبائر از کوزه قدیمی ۹۲
شکل ۵-۱۲. طیف موسبائر از خاک رس در دمای اتاق و دمای هلیوم مایع ۹۳
شکل ۵-۱۳. طیف موسبائر گرفته شده از یک سفال ۹۴
شکل ۵-۱۴. طیف موسبائر از یک سفال در دماها و میدان های مغناطیسی متفاوت ۹۵
شکل ۵-۱۵. تصویر TEM از دی اکسید تیتانیوم با جانشینی آهن ۹۷
شکل ۵-۱۶. الگوی XRD از دی اکسید تیتانیوم با جانشینی آهن ۹۸

شکل ۵-۱۷. طیف موسبائر از دی اکسید تیتانیوم با جانشینی آهن ۹۹

شکل ۵-۱۸. نمودار نحوه توزیع یونهای آهن بر حسب مقدار آهن جانشینی در دی اکسید تیتانیوم ۱۰۳

فهرست علائم

علامت	نشانه
$c(m/s)$	سرعت نور
$E(J)$	انرژی
$m(kg)$	جرم
$R(m)$	شعاع
eV	الکترون ولت
keV	کیلو الکترون ولت
MeV	مگا الکترون ولت

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

روش های اندازه گیری، در آزمایشگاه های فیزیک هسته ای و دیگر موسسه های تحقیقاتی، همواره اساس انجام آزمایش های مختلف در زمینه های گوناگون بوده است. این آزمایشگاهها دارای تجهیزات مدرن برای آشکار سازی و اندازه گیری تابش های آلفا، بتا و گامای تابشی از چشمه های گوناگون بوده و همچنین مجهز به سیستمهایی برای آشکارسازی، اندازه گیری و تحلیل تابش های هسته ای می باشند. آشکار سازهای نیمه رسانا و سوسوزن مانند Ge(Li) و NaI(Tl) همراه با وسایل الکترونیکی مورد نیاز برای انجام آزمایش ها مورد استفاده قرار می گیرند. برای تحلیل داده های تجربی، یک رایانه شخصی که نرم افزار تحلیل بر روی آن نصب شده است، مورد نیاز است. بیشتر تحقیقات فیزیک اتمی و فیزیک هسته ای مربوط به آزمایش هایی با انرژی پایین می باشد. تحقیقات علمی فیزیک اتمی و هسته ای در محدوده ای گسترش یافته، که روش های مختلف تحلیل، مانند NMR, NAA, PIXE, XRF و طیف سنجی موسبائر را در رشته های مختلف علمی مورد مطالعه قرار داده اند و برای تحلیل کیفی و کمی عناصر گوناگون در صنعت، علوم زیستی، استخراج و ذوب فلزات باستان شناسی، هوا و فضا و اقتصاد و امنیت ملی مورد استفاده قرار گرفتند.

در طیف سنجی XRF ابتدا اشعه ایکس اولیه که می تواند توسط لامپ اشعه ایکس ایجاد شود به هدف (نمونه) برخورد کرده و باعث تحریک الکترون های نمونه می شود در این فرایند معمولا" یک یا چند الکترون از مدار خود جدا شده و اتم یونیزه می شود متعاقب این عمل یک یا چند اشعه ایکس معین منتشر می شود.

زمانی که الکترون های داخلی توسط اشعه ایکس از اتم خارج می شوند، حفره های ایجاد شده در این عمل توسط الکترون های تراز بالا تر پر می شوند. انرژی منتشر شده در ناحیه اشعه ایکس و با فرکانسی پایین تر از اشعه تحریکی، پدیدار می شود. به دلیل آن که الگوی ترازهای انرژی هر اتم کاملا" مختص خودش می باشد، طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس روشی عالی، سریع و معمولا" بدون ابهام برای آشکار سازی و ارزیابی اتم های خاص یک نمونه بشمار می رود.

اما اگر اشعه ایکس مشخصه تابیده شده از نمونه در اثر تحریک با پروتون یا ذرات آلفا باشد در این صورت روش استفاده شده پیکسی نامیده می شود. از آنجائیکه احتمال برهمکنش بین پروتون و اتم زیاد است، در این روش نیاز به مقدار زیادی از نمونه نمی باشد. این روش بیشتر برای بررسی سطح مورد استفاده قرار می گیرد زیرا قدرت نفوذ ذرات باردار بسیار کم است. NAA یک روش توانا برای تحلیل و تشخیص عناصر موجود در نمونه به صورت کیفی و کمی می باشد. این روش بر اساس اصل تبدیل عناصرگوناگون نمونه به ایزوتوپ های

پرتوزا بوسیله تابش نمونه با شار نوترونی است. در مدت زمانی که نمونه تحت تاثیر شار نوترونی قرار می گیرد، ایزوتوپ های پایدار نمونه، بوسیله جذب نوترون به ایزوتوپ های پرتوزا تبدیل می شوند. این روش را می توان در جامدات، مایعات و گازها مورد استفاده قرار داد. بعد از پرتو افکنی نمونه در راکتور، و تابش گاما های مناسب از نمونه ها، اشعه های گامای تابشی با آشکارساز$Ge(Li)$ شمارش می شود. این آشکارساز به یک سیستم رایانه اصلی طیف سنج اشعه گاما متصل شده است که توانایی پیدا کردن انرژی گاماهای تابیده شده از نمونه را دارد. اطلاعات در مورد انرژی اشعه های گاما که توسط هسته های پرتوزای گوناگون تابیده می شود قبلا" بدست آمده که برای مقایسه مورد استفاده قرار می گیرد این اطلاعات یا به صورت جدول یا به صورت نمودار گرد آوری شده است.

وقتی دو قطبی مغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد بین آن دو اثر متقابل ایجاد شده و باعث می شود که تراز انرژی اسپین، تحت تاثیر این نیرو تغییر کند و چون اسپین در حالت جدید خود نمی تواند مدت طولانی پایدار باشد در نتیجه با تابش انرژی به حالت اولیه برگشته و تابش می کند. این موارد، اساس روش طیف سنجی NMR را تشکیل می دهد. از آنجا که فرکانس تابشی متناسب با اندازه میدان خارجی است، می توان میدان را طوری انتخاب کرد که بتوان طیف های اسپینی را در هر ناحیه دلخواه از طیف الکترومغناطیسی مورد مطالعه قرار داد. از آنجا که NMR اثر میدان بر اسپین هسته می باشد می توان این روش را جهت شناسایی حضورهسته های اسپین دار در یک ترکیب بکار برد و از آنجا که شدت علائم NMR نسبت مستقیم با تعداد هسته های تشدید شونده دارد، می توان آنها را به طور کمی تخمین زد.

در سال ۱۹۲۹، کوهن تاکید کرد که مشابه پراکندگی تشدیدی نور، پراکندگی تشدیدی اشعه گاما برای هسته نیز وجود دارد. به هر حال پژوهش ها و نتایج آزمایش ها در بیست سال بعدی نتوانست نتیجه رضایت بخشی برای آن پیش گوئی ها داشته باشد. دلیل کاملا" واضح بود، بدلیل قانون بقای تکانه، هسته بعد از تابش اشعه گاما پس زده می شود و بر اساس قانون بقای انرژی، انرژی گامای تابشی کمتر از اختلاف انرژی ترازهای عامل می شود.

کشف موسبائر موفق ترین و مفیدترین روش برای غلبه بر مشکل پس زنی است. درسال ۱۹۵۸رودولف موسبائر آزمایش جذب تشدیدی با استفاده از چشمه ^{191}Ir را مورد بررسی قرار داد، وکشف کرد که اگر هسته های گسیل دهنده و جاذب در شبکه ای از بلور مقید شوند در این حالت پس زنی کاملا" برطرف شده و جذب تشدیدی به سادگی مشاهده می شود. در این روش از جذب و گسیل تشدیدی بدون پس زنی تابش گاما

بوسیله هسته ها، برای بدست آوردن اطلاعاتی در قلمرو فیزیک و شیمی، مانند طول عمر حالت برانگیخته برخی هسته ها، اسپین هسته ها، گشتاور چهار قطبی هسته و تغییرات شعاع هسته و تعیین ساختار مولکول و ... استفاده می شود. در این روش با توجه به سرعتی که به چشمه داده می شود باعث می شود که حتی اگر تفاوت انرژی بین دو تراز از درجه $10^{-12}\mathrm{ev}$ باشد این طیف سنجی قادر به تشخیص آن می باشد. این دقت اندازه گیری در سایر روش های طیف سنجی وجود ندارد. این طیف سنجی با دقت بسیار بالا قادر به تشخیص نوع محیط شیمیایی پیرامون جاذب موسبائر، ظرفیتی که هسته موسبائر وارد واکنش شده ، درصد عناصر، نسبت هسته های موسبائر و.... را می تواند مشخص کند. در فصل دوم برخی روش های تحلیلی اندازه گیری هسته ای که به نوعی مشابهت با روش طیف سنجی موسبائر دارد را مورد بررسی قرار داده، سپس در فصل سوم به معرفی اثر موسبائر، خصوصیات چشمه موسبائر و سیستم های متداول طیف سنجی موسبائرمی-پردازیم. در فصل چهارم مهمترین مشاهده پذیرهای مورد مطالعه در طیف سنجی موسبائر را توضیح داده و بالاخره در فصل پنجم به مهمترین کاربرد های طیف سنجی موسبائر در زمینه های تحقیقات فضایی، باستان شناسی، اقتصاد وامنیت ملی و فناوری نانو اشاره خواهیم کرد.

فصل دوم

برخی روش های تحلیلی اندازه گیری هسته ای

مقدمه:

در این فصل به برخی روش های تحلیلی اندازه گیری اتمی و هسته ای که به نحوی شباهت هایی با طیف-سنجی موسبائر دارند می پردازیم. و سعی می شود مختصرا" نحوه عمل و نقاط ضعف و قوت هر یک از این روش ها توضیح داده شود. البته هدف مقایسه بین این طیف سنجی ها نیست زیرا ساختار کلی این طیف سنجی ها با هم متفاوت است.

۲-۱- طیف سنجی *فلوئورسانس اشعه ایکس*[۱] (XRF)

از سالها قبل طیف نشری اشعه ایکس به عنوان ابزاری برای تحلیل نمونه ها، مورد استفاده قرار گرفته است. این عمل بیشتر بوسیله تحریک نمونه با پرتو ایکس همراه بوده است. تا اینکه در سال ۱۹۷۰، *یوهانسون*[۲] به صورت تجربی نشان داد که با استفاده از تحریک یک نمونه با ذرات پروتون و آشکاری سازی اشعه ایکس ایجاد شده، توسط یک آشکار ساز Si(Li) می توان یک وسیله پر قدرت و بسیار مفید برای تحلیل نمونه ها راه اندازی کرد. بعدها محققان این عمل را بوسیله بمباران نمونه توسط ذرات آلفا نیز انجام دادند. در طیف سنجی XRF انرژی تابشی به نمونه باید از انرژی بستگی الکترون ها در ترازها یا زیر ترازها بیشتر باشد تا توانایی جدا کردن الکترون از اتم را داشته باشد.

طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس یکی از روش های تجزیه و تحلیل غیر تخریبی است. در این روش ماده مورد آزمایش در تمام مدت تحلیل بدون تغییر می ماند. ابتدا اشعه ایکس اولیه که می تواند توسط لامپ اشعه ایکس ایجاد شود به هدف (نمونه) برخورد کرده و باعث تحریک الکترون های نمونه می شود در این فرایند معمولا" یک یا چند الکترون از مدار خود جدا شده و اتم یونیزه می شود متعاقب این عمل یک یا چند اشعه ایکس مشخصه منتشر می شود.

زمانی که الکترون های داخلی توسط اشعه ایکس از اتم خارج می شوند، حفره های ایجاد شده در این عمل توسط الکترون های تراز بالا تر پر می شوند. انرژی منتشر شده در ناحیه اشعه ایکس و با فرکانسی پایین تر از اشعه تحریکی، پدیدار می شود. به دلیل آن که الگوی ترازهای انرژی هر اتم کاملا" مختص خودش می باشد، طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس روشی عالی، سریع و معمولا" بدون ابهام برای آشکار سازی و ارزیابی اتم های خاص یک نمونه بشمار می رود.

---

[۱] .X-ray Fluorescence
[۲] .Johansson