دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک گرایش هسته ای

ممان اینرسی و توزیع اسپینی ترازهای هسته ای

به وسیله‌ی:
اعظم انبارکی

استاد راهنما:
دکتر زهره کارگر

شهریور ۱۳۸۸

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب اعظم انبارکی (۸۵۰۸۴۷) دانشجوی رشته فیزیک گرایش هسته ای دانشکده علوم پایه اظهارمی کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام .همچنین اظهارمی کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم . کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی :اعظم انبارکی

تاریخ و امضاء: ۱۳۸۸/۸/۲

به نام خدا

ممان اینرسی و توزیع اسپینی ترازهای هسته ای

به وسیله ی:

اعظم انبارکی

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:
فیزیک هسته ای

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر زهره کارگر، استادیار بخش فیزیک (استاد راهنما).....

دکتر نادر قهرمانی، استاد بخش فیزیک.....

دکتر عبد الناصر ذاکری، استاد بخش فیزیک.....

شهریورماه ۱۳۸۸

تقدیم به :

پدر، مادر و همسر عزیز و مهربانم که در سایه سار

نخل وجودشان زیستم.

و فرزند نازنینم "شایان" که گیرایی نگاهش ، تفسیر

معصومیت آسمانی اوست.

سپاسگزاری

بر خود لازم می دانم، نخست از استاد و پژوهنده صبور و نکته سنج سرکار خانم دکتر زهره کارگر که در مقام استاد راهنما، پرتو هدایت و روشنگری بر این پایان نامه افکندند، و مرا وامدار محبت بی دریغ خویش نمودند از جان و دل سپاسگزاری نمایم و از خداوند منان سلامت و شادکامی ایشان را آرزومندم.

همچنین از اساتید فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر نادر قهرمانی و جناب آقای دکتر عبدالناصر ذاکری که مشاورت این پایان نامه را برعهده گرفتند و من را از نظرات ارزشمند خویش بهره مند ساختند بی نهایت سپاسگزارم.

در نهایت از همسرم که با صبر و شکیبایی خویش زمینه انجام این پژوهش را فراهم نمودند از صمیم دل سپاسگزارم.

چکیده

ممان اینرسی و توزیع اسپینی ترازهای هسته ای

به کوشش

اعظم انبارکی

علم دقیق از چگالی ترازهای هسته ای(NLD) رکن اصلی برای توصیف فرایندهای گیر اندازی نوترون در تشکیل هسته ها در اختر فیزیک است. اما اطلاعات خیلی کمی راجع به وابستگی اندازه حرکت زاویه ای NLD در دسترس است. اگر چه اکنون مدلهای میکروسکوپی در دسترس هستند، اما در بیشتر کاربردهای عملی مدل پس جابجایی گاز فرمی (BSFG) برای تخمین وابستگی اسپینی استفاده شده است بخصوص در نگاهی به توانایی این مدل در ایجاد فرمولهای تحلیلی ساده این موضوع بیشتر مشخص می شود.

پارامتر قطع اسپین (σ^2) چگالی ترازهای هسته ای در محدوده وسیعی از جرم هسته ای با استفاده از مدل BSFG مورد بررسی قرار گرفته اند. مشخص شده که مقادیر پارامتر قطع اسپین از رابطه $\sigma^2 = 0.31A^{0.7}$ پیروی می کند. پیشنهاد می شود که این رابطه مناسبی برای برون یابی به هسته های ناشناخته باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱ کلیات..... ۱

۱-۲- گفتارهای پایان نامه..... ۵

فصل دوم: چگالی ترازهای هسته ای

۲-۱- رفتار آماری ترازهای هسته ای..... ۷

۲-۲- نفوذ ساختار لایه ای یک طیف تک ذره ای روی مشخصه های آماری هسته..... ۹

۲-۲-۱- مدل گاز فرمی و استفاده اش در تحلیل داده های آزمایشگاهی..... ۹

۲-۳- اثبات رابطه $\rho(E,J)$ (چگالی تراز)..... ۱۹

۲-۳-۱- مدل قطره مایع..... ۲۰

۲-۳-۲- مدل ذره آزاد..... ۲۴

فصل سوم: توزیع اسپینی ترازهای هسته ای

۳-۱- مدلهای هسته ای..... ۳۲

۳-۱-۱- مدل لایه ای..... ۳۲

۳-۱-۲- هسته های Z زوج و N زوج و ساختار جمعی..... ۳۷
۳-۲- پارامتر قطع اسپین ۴۰
فصل چهارم: تغییر شکل هسته ها و بررسی مدلهای هسته ای کامل تر
۴-۱- گشتاور الکترومغناطیسی هسته..... ۴۴
۴-۲- تغییر شکل هسته ها..... ۴۸
۴-۲-۱- ارتعاشات هسته ای..... ۴۹
۴-۲-۲- دورانهای هسته ای..... ۵۲
۴-۳- مدل پوسته ای چند ذره ای..... ۵۶
۴-۴- حالتهای تک – ذره ای در هسته های تغییر شکل یافته..... ۵۷
۴-۵- آزمونهای مجدد جهت یافتن چیرگی شکلهای کشیده – پخت ۵۹
۴-۶- رقابت شکلهای کشیده – پخت در کاواک کروی گونه برای ۶۵
فصل پنجم: روش انجام محاسبات
۵-۱- فرمول های آماری..... ۶۹
۵-۲- روش انجام محاسبات..... ۷۰
۵-۳- محاسبات..... ۷۲
فصل ششم: نتایج
۶-۱- نتایج..... ۱۱۷
فهرست منابع..... ۱۱۹

فهرست جدول ها

عنوان و شماره **صفحه**

جدول شماره ۱- نسبت شکلهای کشیده به پخت.....۶۸
جدول شماره ۲- مقادیر محاسبه شده پارامتر چگالی تراز و انرژی.....۷۸
جدول شماره ۳- مقادیر محاسبه شده پارامتر قطع اسپین ۹۹
جدول شماره ۴- روابط پارامتر قطع اسپین به تفکیک هسته ها.....۱۱۸

فهرست شکلها

عنوان صفحه

شکل شماره ۱- ساختار پوسته ای حاصل از پتانسیلهای چاه نامتناهی و ۳۳

شکل شماره ۲- ترازهای انرژی حاصل از پتانسیل پیشنهادی مدل پوسته ای..... ۳۴

شکل شماره ۳- یک هسته در حال ارتعاش با شکل تعادل کروی..... ۵۰

شکل شماره ۴- چهار مد از پایینترین مدهای ارتعاشی هسته..... ۵۱

شکل شماره ۵- شکل تعادل هسته های با تغییر شکل دائمی..... ۵۳

شکل شماره ۶- نتیجه سمتگیریهای مختلف مدار $f_{7/2}$ ۵۸

شکل شماره ۷- شکاف ترازهای نشأت گرفته از لایه $1h$ ۶۲

شکل شماره ۸- انرژیهای تراز تک ذره کاواک کروی بصورت تابعی از ۶۲

شکل شماره ۹- انرژی های ترازهای تک ذره پتانسیل کروی بصورت تابعی از..... ۶۳

شکل شماره ۱۰- شکاف ترازهای نشأت گرفته از پوسته $1h$ که با قطع ارتباط..... ۶۴

شکل شماره ۱۱- مقادیر ویژه کاواک کروی در واحد های $2mR_0^2\,\varepsilon_{n1}/h^2$ ۶۶

شکل شماره ۱۲- انرژیهای کل در مینی موم انرژی مرتبط با انرژی ۶۷

شکل شماره -۱۳- انرژیهای کل در مینی موم انرژی مرتبط با انرژی..... ۶۷

شکل شماره ۱۴- مقادیر کامل پارامتر تغییر شکل در مینی موم انرژی..... ۶۸

شکل شماره ۱۵- مقادیر کامل پارامتر تغییر شکل در مینی موم انرژی..... ۶۸

شکل شماره ۱۶- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب انرژی ترازها..... ۷۳

شکل شماره ۱۷- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب انرژی ترازها.....۷۴
شکل شماره ۱۸- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب انرژی ترازها.....۷۵
شکل شماره ۱۹- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب انرژی ترازها.....۷۶
شکل شماره ۲۰- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب انرژی ترازها.....۷۷
شکل شماره ۲۱- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1... بر حسب عدد جرمی.....۸۷
شکل شماره ۲۲- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1 ... بر حسب عدد اتمی.....۸۸
شکل شماره ۲۳- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1 ... بر حسب عدد نوترونی.....۸۹
شکل شماره ۲۴- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1 ... بر حسب عدد جرمی (A).....۹۰
شکل شماره ۲۵- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1 ... بر حسب عدد اتمی.....۹۱
شکل شماره ۲۶- نمودار پارامتر چگالی تراز، a و E1 ... بر حسب عدد نوترونی.....۹۲
شکل شماره ۲۷- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۳
شکل شماره ۲۸- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۴
شکل شماره ۲۹- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۵
شکل شماره ۳۰- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۶
شکل شماره ۳۱- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۷
شکل شماره ۳۲- برازش نمودار تعداد تراز بر حسب اسپین ترازها.....۹۸
شکل شماره ۳۳- نمودار پارامتر قطع اسپین ... بر حسب عدد جرمی (A).....۱۰۹
شکل شماره ۳۴- نمودار پارامتر قطع اسپین ... بر حسب عدد جرمی (A).....۱۱۰
شکل شماره ۳۵- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با اعداد ۱۱۱
شکل شماره ۳۶- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با اعداد ۱۱۲
شکل شماره ۳۷- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با اعداد ۱۱۳
شکل شماره ۳۸- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با اعداد ۱۱۴
شکل شماره ۳۹- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با اعداد ۱۱۵
شکل شماره ۴۰- نمودار پارامتر قطع اسپین هسته های با عدد ۱۱۶

۱- مقدمه

۱-۱- کلیات:

رفتار آماری خصوصیات هسته ای نه فقط به این خاطر که اطلاعات طیف سنجی شده دقیقی در انرژیهای برانگیختگی بالاتر در دسترس نیست بلکه به علت آشکار ساختن خصوصیات ذاتی جدید هسته ها بسیار پر اهمیت هستند [۱،۲،۳،۴]. پارامترهای بدست آمده بوسیله توصیف های آماری نتایج آزمایشگاهی و وابستگی این پارمترها به عدد جرمی A، انرژی جفتیدگی و دیگر داده های هسته ای ممکن است منجر به ساختارها و روابط جدیدی در هسته ها شوند. معمولاً اولین ترازهای هسته ای به علت وجود پیکربندیهای خاص، در بحثهای آماری جایی ندارند [۵].

چنانچه ذکر شد چگالی ترازهای هسته ای یکی از مهم ترین نوع داده های مورد نیاز است که کاربردهای گوناگونی دارد. بطور مثال در اختر فیزیک هسته ای چگالی ترازهای هسته ای برای محاسبات فرایندهای گیراندازی نوترون و پروتون مورد نیاز است [۶]. در فیزیک هسته ای چگالی ترازهای هسته ای جهت انجام محاسبات دقیق سطح مقطع بسیار مهم هستند [۷]، و به همین صورت در مطالعه واانگیختگی هسته های مرکب [۸]، و محاسبه سرعت تولید عناصر فوق سنگین [۷] مهمترین محدودیت، ناشناخته ماندن چگالی ترازهاست. همچنین اطلاعات راجع به چگالی ترازهای هسته ای و وابستگی آن به انرژی و اسپین، جهت خلق توصیف تئوریکی مناسبی برای هسته های برانگیخته بسیار مهم است [۹].

اخیراً طرح ترازها[1] بطور گسترده مورد تائید قرار گرفته اند و فرض بر این است که ایـن طرحهـا در بازه انرژی و اسپینی داده شده که شامل اکثر حالتهای اسپینی و پاریته ای معین بوده، معتبـر و کامل باشند [۱۰] طرح ترازهـا بـه همـراه داده هـای تـشدید نـوترونی شـرط لازم جهـت بررسـی تئوریهای آماری و تعیین پارامترهای آماری در انرژیهای کمتر از انرژی بستگی نوترونی را ارائه مـی دهند [۵].

ترازهای هسته ها را می توان به دو بازه انرژی تقسیم کرد، که این دو بازه را می تـوان بـصورت انرژی های برانگیختگی کم و زیاد نام برد. بطور طبیعی ایـن تقـسیم بنـدی از نگرشـهای متفـاوت بکارگرفته جهت تحلیل هسته ها در این بازه ها نشأت گرفته است. که نگرش طیـف سـنجی بـرای ترازهای کم انرژی و نگرش آماری برای ترازهای با انرژی بالا بکار گرفتـه مـی شـود. از نقطـه نظـر آماری مناسبترین کمیت توصیف خصوصیات آماری هسته ای، چگالی تراز سیستم است که بصورت تابعی از ثابتهای متفاوت حرکت مانند اندازه حرکت زاویه ای، انرژی برانگیختگی و عدد جرمی بیان می شود [۱۱].

اطلاعات آزمایشگاهی راجع به چگالی ترازهای هسته ای بطور عملی از شمارش ترازهای گسسته بدست می آید [۱۲]. چگالی حالتهای با اسپین خاص نزدیک انرژی بستگی نوترونی را می توان بـا شمارش تشدیدهای نوترونی [۵]، و همچنین بطور دقیق از میانگین فاصله ترازهای نزدیک تشدید در انرژی بستگی نوترونی بدست آورد [۱۲].

تئوری چگالی ترازهای هسته ای چندین دهه پیش برای اولـین بـار توسـط Bethe ارائـه شـد [۱۳] بنابراین پس از آن مشاهدات آزمایشگاهی روی چگالی ترازهای هسته ای در چارچوب مـدل گاز فرمی توصیف شده است و در اکثر محاسبات مدل آماری، فرمول چگالی تراز های هسته ای که توسط این مدل تعریف شده را بکار گرفته اند [۱۴].

Ericson [۹] بیست سال پس از Bethe دریافت که برازش چگالی حالتهای مقید کم انرژی[2] و حالتهای غیر مقید پر انرژی[3] با مدل گاز فرمی کار دشواریست. او به دلایل بنیادی که گمان مـی

[1] Level Schemes
[2] Low-Lying Bound State
[3] High Energy Unbound State

کرد فقط برای نواحی با انرژی بالا قابل کاربرد است بر این اعتقاد بود [۱۵]. در آن زمان نظر بر این بود که مدل دمای ثابت قادر است [۱۶،۱۷] به خوبی داده های آزمایشگاهی زیر انرژی بستگی نوترونی را توصیف کند [۱۵]. سپس در یک تحلیل ارائه شده توسط Gilbert و Cameron [۱۸] سعی شد دو ناحیه بطور مجزا با این دو مدل، و با یک روش ویژه مرتبط کننده دو رابطه، چگالی تراز مورد بحث قرار گیرد. رابطه Gilbert و Cameron محتوی چهار پارامتر است بنابراین بسیاری ترجیح دادند از مدل پس جابجایی گاز فرمی [۱۹] که فقط شامل دو پارامتر است استفاده کنند [۱۵]. مدل پس جابجایی گاز فرمی شکل تعدیل شده فرمول اصلی Bethe [۱۳] برای سیستمی که شامل فرمیونهای غیر برهمکنشی محدود به حجم هسته ای با حالتهای تک ذره متساوی الفاصله است، می باشد [۲۰].

فرمول چگالی ترازها معمولاً بر روی کار Bethe [۱۳] (کسی که از فرض استقلال چگالی حالتهای تک ذره g از انرژی استفاده کرد) پایه گذاری شده است. Bethe فرمول چگالی حالتها را بصورت زیر نشان داد:

$$\rho(U)=\frac{\sqrt{\pi}\,e^{2\sqrt{aU}}}{12\,a^{1/4}(U)^{5/4}} \qquad ۱$$

که $a=\frac{\pi^2}{6}g$ است پارامتر چگالی تراز نامیده می شود و U انرژی برانگیختگی است. انتظار می رود که پارامتر g متناسب با عدد جرمی A باشد طبق این نظریه، نتیجه می شود که پارامتر a بطور کلی مرتبط با ساختار لایه ای، شکل هسته ها و انرژی برانگیختگی [۲۰] و همچنین متناسب با عدد جرمی هسته ها است [۶]. چگالی تراز گاز فرمی اغلب در تحقیق و مطالعات واکنش های یونی سنگین مورد استفاده قرار می گیرد [۱۵،۲۱،۱۸]. اما به هر حال این مدل در بازه دماهای مناسب با واکنش های یونی سنگین کافی نیست [۲۲،۲۳]. همچنین عبارت مرتبه صفرم این مدل بطور گسترده در تحلیل داده ها بکار گرفته شده است [۱۱]. در کل چگالی حالتهای تک فرمیونی بوسیله انرژی و تصویر اندازه حرکت زاویه ای روی محور z، m_z (در حالت هسته های تغییر شکل یافته روی محور تقارن هسته ای) توصیف شده است [۲۴].

آگاهی از توزیع اندازه حرکت زاویه ای بسیار ضروری است [۲۱] زیرا نقش اساسی در تحلیل برهمکنشهای هسته ای مانند نسبت سطح مقطع ایزومری، فهم تئوریکی برهمکنشهای آماری هسته ای و ناهمسانگردی های زاویه ای پاره های شکافت بازی می کند [۱۱].

وابستگی چگالی ترازهای هسته ای ρ به اندازه حرکت زاویه ای J، صراحتاً در رابطه زیر نشان داده شده است [۹]:

$$\rho(U,J)=\rho(U)\left(e^{-\frac{J^2}{2\sigma^2}}-e^{-\frac{(J+1)^2}{2\sigma^2}}\right) \qquad ۲$$

که کمیت σ^2 پارامتر قطع اسپین[1] نامیده می شود و گستره توزیع تصویر اندازه حرکت زاویه ای M را تعیین می کند [۲۵].

اگر همه ترازها بوسیله نوکلئونها بطور کامل پر شوند اندازه حرکت زاویه ای سیستم باید صفر باشد. مشاهده اندازه حرکتهای دیگر بایستی از تغییر در تعداد نوکلئونهای درون تراز از مقدارشان ناشی شود [۲۶]. اگر پوسته بیرونی، اندازه حرکت زاویه ای بزرگتری داشته و بطور نیمه، پر شده باشد نوکلئونهای این لایه می توانند با انرژیهای برانگیختگی خیلی کم در حالتهای مختلفی قرار گیرند [۲۷].

عبارت چگالی تراز مدل گاز فرمی از چگالی کل حالتها با فرض جفتیدگی اندازه حرکت زاویه ای به دست آمده است. این رفتار، پارامتر قطع اسپین (σ^2) را بصورت پارامتر دیگری جهت توصیف توزیع اسپینی ترازها تعریف می کند. که این پارامتر را بصورت زیر می توان بیان کرد.

$$\sigma^2=g\left\langle m_j^2\right\rangle t \qquad ۳$$

در این رابطه $\left\langle m_j^2\right\rangle$ مقدار میانگین مربع تصویر اسپین است که این مقدار جهت تقریب تابع انرژی فرمی مناسب می باشد [۲۱]، g چگالی حالتهای تک ذره نزدیک انرژی فرمی و t دمای ترمودینامیکی داده شده توسط رابطه $t=\sqrt{\frac{U}{a}}$ است. بنابراین σ^2 را می توان بصورت زیر نیز بیان نمود:

[1] Spin Cut-Off Parameter

$$\sigma_{rgb}{}^2 = \frac{\Im_{rgd} t}{\hbar^2} \qquad ۴$$

در این رابطه $\Im_{rgd}$ گشتاور لخت جسم صلب می باشد که این گشتاور لخت به توزیع جرمی وابسته است و برای یک چاه پتانسیل نامتناهی $\Im_{rgd} = \frac{2}{5} mAr^2$ می باشد[۲۱].

T. Von Egidy و همکارانش در مقاله هایشان انرژی، اسپین و پاریته تعداد زیادی از طرح ترازها را جهت تعیین پارامتر قطع اسپین برای ترازهای کم انرژی بصورت تابعی از A بکار برده اند. و نشان دادند که برای انرژیهای کم σ^2 فقط به A بستگی دارد و به انرژی برانگیختگی E بستگی ندارد. بنابراین، تقریب مقدار صفر σ^2 برای انرژیهای کم بر خلاف پیش بینی Gilbert و Cameron درست نیست [۱۸]. در این بازه از انرژیها پارامتر قطع اسپین و گشتاور لخت موثر از تقریب توزیع اسپینی آزمایشگاهی ترازهای کم انرژی مشخص و بوسیله رابطه (۲) تعیین می شوند.

در مدل غیر برهمکنشی فرمیونها گشتاور لخت موثر مستقل از انرژی و مساوی مقدار گشتاور لخت یک کره صلب با جرم و شعاع هسته ها است [۹].

۱-۲- گفتارهای پایان نامه:

هدف از انجام این تحقیق بررسی ممان اینرسی (گشتاور لخت) و توزیع اسپینی ترازهای هسته-ای می باشد از این رو جهت نیل به این مقصود در فصل دوم به توصیف اجمالی چگالی ترازها، روابط و وابستگی های آنها و بررسی مدل گاز فرمی و استفاده از آن در تحلیل داده های آزمایشگاهی پرداخته شده و سپس در خصوص اثبات رابطه چگالی ترازها با استفاده از دو مدل متفاوت ذره آزاد و قطره مایع بحث شده است. در فصل سوم راجع به بررسی توزیع اسپینی ترازهای هسته ای صحبت شده است لذا در این فصل در ابتدا به توصیف مدل لایه ای و پتانسیل مرتبط با آن و نارساییهای آن جهت توصیف یافته های تجربی پرداخته شده و سپس جهت رفع این نواقص

به معرفی ساختارهای جمعی و در نهایت تعریف و اثبات پارامتر قطع اسپین پرداخته ایم. در فصل چهارم بحث راجع به تغییر شکل هسته ها و بررسی مدل های کامل تر هسته ای به میان آمده است، از این رو در ابتدای این فصل از گشتاورهای الکترومغناطیسی هسته ای و تأثیر آنها بر تغییر شکل هسته ها صحبت شده و سپس به بررسی انواع تغییر شکل هسته ها یعنی ارتعاشات هسته ای و دورانهای هسته ای و توصیف حالتهای تک ذره ای در هسته های تغییر شکل یافته پرداخته ایم. در فصل پنجم روش انجام کار بیان ودر فصل ششم نتایج بدست آمده در این تحقیق مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

۲- چگالی ترازهای هسته ای

چگالی ترازها در فیزیک هسته ای به دلایل زیادی قابل اهمیت است. طبق یک نظریه بنیادی، جهت پیش بینی توزیع انرژی همه ترازهای برانگیخته هسته ها نیازمند فهم تئوریکی برهمکنشهای هسته ای هستیم. ارتباط تعدادی از بخشهای فیزیک و تکنولوژی وابسته به مطالعات مربوط به چگالی ترازهاست. که این موضوع شامل مطالعات تجزیه هسته ای در اختر فیزیک، کاربردهای دارویی فیزیک هسته ای، و طراحی راکتور شکافت و همجوشی هسته ای است [۲۸].

۲-۱- رفتار آماری ترازهای هسته ای:

در همه تئوریهای آماری مناسبترین کمیت توصیف خصوصیات آماری هسته ای چگالی تراز سیستم است و نقش اساسی در مطالعه ساختار هسته ای بازی می کند [۲۹]. مدل گاز فرمی یا مدل غیر برهمکنشی اغلب در مطالعه رفتار آماری خصوصیات هسته ای استفاده می شوند [۳۰] تا کنون چگالی ترازهای[1] هسته ای و توابع ترمودینامیکی هسته های سبک با در نظر گرفتن برهمکنش جفتیدگی هسته ای و از طریق مدل میکروسکوپیک بدست آمده است.

[1] Level density

با بررسی مدلهای مختلف چگالی تراز به این نتیجه می رسیم که هر چهار مدل مختلف چگالی تراز، شامل سه مدل پدیده شناختی[1] و یک مدل میکروسکوپیک به طور پارامتری با مشاهدات آزمایشگاهی سازگاری دارند [۳۱].

عبارات مختلف تئوریکی برای چگالی تراز $\rho(E,J)$ بر اساس مدلهای خاص هسته ای بدست آمده است. مدل فواصل مساوی متداول ترین مدلی است که برای این امر استفاده شده است. تخمین فواصل تک تک نوکلئونها مستلزم محاسبه چگالی ترازهاست که معمولاً با بکار گیری مدل گاز فرمی یا مدل پوسته ای چگالی نوکلئونها، که حول انرژی نزدیک به انرژی فرمی میانگین گیری شده است بدست می آید [۱۹].

در اغلب نوشته ها رابطه چگالی ترازها با عبارت $\rho(U,J)$ نشان داده شده است. که در بیان تئوریکی می توان آن را بصورت زیر نشان داد:

$$\rho(U,J)=f(J)\rho(U) \qquad ۱$$

که در این رابطه:

$$f(J)=e^{-J^2/2\sigma^2}-e^{-(J+1)^2/2\sigma^2} \qquad ۲$$

و:

$$\rho(U)=\frac{\sqrt{\pi}\,e^{2\sqrt{aU}}}{12\,a^{1/4}(U)^{5/4}} \qquad ۳$$

بنابراین $\rho(U,J)$ چگالی ترازی است که انرژی U و اسپین J دارد. چگالی ترازها با پاریته π فقط نیمی از این مقدار است. در عبارات مربوط به $\rho(U,J)$، U انرژی برانگیختگی موثر است که به سادگی با E (انرژی هر تراز) رابطه دارد و $\sigma^2=\frac{\Im t}{\hbar^2}$ فاکتور قطع اسپین[2] است که دراین رابطه $\Im$ ممان اینرسی (گشتاور لخت) هسته هاست. بنابراین σ^2 مرتبط با توزیع اسپینی تراز است. و t دمای ترمودینامیکی است، a پارامتر مشخصی است که با فاصله نوکلئونها از هم در انرژی فرمی رابطه دارد [۱۹].

[1] phenomenological
[2] Spin cut- off factor

بطور کلی مقایسه تئوری با آزمایشات معمولاً با تحلیلات زیر انجام می شود [۱۹]:

(i) :داده های تشدید نوترون کند [۳۲،۱۷،۳۳]; (ii) : طیف انرژی برهمکنشهای آماری [۳۳]; (iii) : توزیع ترازهای کم انرژی [۱۷-۱۶].

اغلب تحلیلها رفتار چگالی ترازها را با عدد جرمی هسته مرتبط می کنند. نتایج آزمایشگاهی وابستگی ملایم پارامتر a به عدد جرمی A در حالت هسته های سبک $(A \leq 70)$، و اثرات پوسته ای قوی را برای هسته های سنگین تر نشان می دهند [۱۹].

۲-۲- نفوذ ساختار لایه ای یک طیف تک ذره ای روی مشخصه های آماری هسته:

در این بخش در مورد بسط مفاهیم مدل لایه ای جهت پوشش توضیح آماری خواص هسته های برانگیخته بحث می کنیم.

۲-۲-۱- مدل گاز فرمی و استفاده اش در تحلیل داده های آزمایشگاهی:

در این قسمت از مدل گاز فرمی به عنوان یک مثال جهت تحلیل چگالی تراز هسته های برانگیخته استفاده می کنیم. با توجه به اینکه بسیاری از مفاهیم این مدل بسیار ساده شده اند لذا از این روش جهت توضیح خصوصیات پایه ای روشهای تئوریکی محاسبات چگالی تراز استفاده می کنند. بعلاوه بخاطر سادگی روابط این مدل، از آن بطور گسترده در تحلیل و طبقه بندی داده های آزمایشگاهی مربوط به خصوصیات آماری هسته ها استفاده می شود [۳۴].