١٢٨٧٠

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده‌ی علوم

گروه فیزیک

پایان‌نامه:

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی فیزیک (گرایش هسته‌ای)

عنوان:

معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای با پتانسیل اِسکرم

استاد راهنما:

دکتر سعیده زریونی

استاد مشاور:

دکتر فریدون سموات

پژوهشگر:

صادق مسعودی

۱۳۸۸/۱۰/۲۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی یزد

شماره مدرک

زمستان ۸۶

۱۲۸۷۶۰

همه‌ی امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی‌سینا همدان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی‌سینا (یا استاد یا استادان راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

بار الها

به من توفیق تلاش در شکست، صبر در نومیدی، رفتن بی همراه، جهاد بی سلاح، کار بی پاداش، فداکاری در سکوت، دین بی دنیا، مذهب بی عوام، عظمت بی نام، خدمت بی نان، ایمان بی ریا، خوبی بی نمود، گستاخی بی خامی، مناعت بی غرور، عشق بی هوس، تنهایی در انبوه جمعیت و

دوست داشتن بی آنکه دوست بداند، روزی کن.

((دکتر علی شریعتی))

آنگاه که برای نخستین بار چشم گشودم،
تصویر دو فرشته در افق نگاهم پدیدار شد

آنگاه که تن نحیف من یارای ایستادن نداشت،
دستان مرا گرفتند

یکی تکیه‌گاه زندگیم،
و دیگری آموزگار محبتم شد

اینک ثمره‌ی تلاشم را که دفتریست کوچک،
به این دو فرشته‌ی مهر

پدر و مادر عزیزم

تقدیم می‌کنم

تقدیم به

خواهران مهربان

و

برادران خوبم

که شریک لحظه‌های تلخ و شیرینم بوده‌اند.

«به نام دوست»

شکر خدا هر چه طلب کردم از خدا　　بر منتهای همت خود کامران شدم

سر بر آستان جلال پروردگار بی‌همتا می‌سایم که دگر بار توفیق اندختن دانشی هر چند اندک را روزیم فرمود. اینک که توفیق جمع آوری و تهیه‌ی این مجموعه را یافته‌ام، بر خود واجب می‌دانم که از تمام عزیزان و سرورانی که در طی انجام این پژوهش به بنده لطف داشته‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

بر خود لازم می‌دانم از استاد راهنمای بزرگوارم، سرکار خانم **دکتر سعیده زریونی** که در طول انجام این تحقیق با سعه صدر، مزاحمت‌های وقت و بی‌وقت مرا تحمل نموده و با حمایت‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های خود مرا در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی کنم.

از استاد مشاور گرامی‌ام، جناب آقای **دکتر فریدون سموات** که همواره مدیون حسن برخورد و دلسوزی‌های ایشان بودم، بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای **دکتر علیرضا درودی** و جناب آقای **دکتر مهدی حاج‌ولیئی** که زحمت قرائت و داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

از اساتید محترم گروه فیزیک خصوصاً جناب آقای **دکتر محمد حسین توکلی** و **دکتر سعید سهیلی**، سپاسگزارم.

از دوست عزیزم، جناب آقای **مهدی غضنفری**، دانشجوی مقطع دکترای فیزیک هسته‌ای دانشگاه تهران بسیار سپاسگزارم.

از کلیه‌ی دوستان خوبم در دانشگاه بوعلی سینا، هم‌کلاسی‌ها، هم‌اتاقی‌ها و کلیه‌ی کسانی که در طی گذراندن این مقطع کوتاه از زندگی، بنده را مورد لطف و عنایت خود قرار داده‌اند، کمال تقدیر و تشکر را دارم و آرزومندم در تمام مراحل زندگی موفق و سربلند باشند.

صادق مسعودی

S_Masoudi@basu.ac.ir
Masoudi34@gmail.com

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

گرایش هسته‌ای

عنوان:

معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای با پتانسیل اِسکرم

استاد راهنما:

دکتر سعیده زریونی

استاد مشاور:

دکتر فریدون سموات

پژوهشگر:

صادق مسعودی

کمیته ارزیابی پایان‌نامه

۱- استاد راهنما: **دکتر سعیده زریونی** ..... استادیار فیزیک

۲- استاد مشاور: **دکتر فریدون سموات** ..... استادیار فیزیک

۳- استاد مدعو: **دکتر علیرضا درودی** ..... استادیار فیزیک

۴- استاد مدعو (داخلی) : **دکتر مهدی حاج‌ولیئی** ..... استادیار فیزیک

دانشکده علوم

گروه‌فیزیک

جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تحت عنوان:

معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای با پتانسیل اِسکرم

پژوهشگر:

صادق مسعودی

به‌ارزش ۶ واحد در روز دوشنبه مورخ ۸۶/۱۲/۱۳ ساعت ۱۶-۱۴ درمحل آمفی تئاتر۱ و با حضور اعضای هیأت داوران زیر برگزار گردید و با نمره...۱۸٫۸۸..درجه.....عالی.....ارزیابی شد.

ترکیب اعضای هیأت داوران:

ردیف	سمت در هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی ـ گروه/ دانشکده/ دانشگاه	محل امضاء
۱.	استاد راهنما	دکتر سعیده زریونی	استادیار – فیزیک/علوم/بوعلی سینا	
۲.	استاد مشاور	دکتر فریدون سموات	استادیار – فیزیک/علوم/بوعلی سینا	
۳.	استاد مدعو	دکتر علیرضا درودی	استاد یار – پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای	
۴.	استاد داور (داخلی)	دکتر مهدی حاج‌ولیئی	استادیار – فیزیک/علوم/بوعلی سینا	

نام خانوادگی دانشجو: مسعودی **نام:** صادق

عنوان پایان‌نامه: معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای با پتانسیل اِسکرم

استاد راهنما: دکتر سعیده زریونی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** فیزیک **گرایش:** هسته‌ای
دانشگاه: بوعلی سینا- همدان **دانشکده:** علوم **تاریخ دفاعیه:** ۸۶/۱۲/۱۳
تعداد صفحه: ۱۰۶

کلید واژه‌ها: معادله‌ی حالت، ماده‌ی هسته‌ای، پتانسیل اِسکرم، ماده‌ی نوترونی قطبیده، نفوذپذیری

چکیده:

معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای را در دمای صفر($T = 0$)، با استفاده از چند پتانسیل اِسکرم بدست آوردیم. رفتار پتانسیل‌های SkI3، SkI4 و SLy6 تقریباً یکسان و با تجربه سازگار است. در حالی که پتانسیل‌های SkP، BSk1 و *SkM به ناپایداری در ماده‌ی نوترونی قطبیده منجر می‌شود. به همین دلیل پتانسیل‌های مناسبی در محاسبات مربوط به اخترفیزیک نیستند. بعلاوه نفوذپذیری ماده‌ی نوترونی قطبیده، هیچ نوع گذار فاز فرومغناطیسی را نشان نمی‌دهد.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

مقدمه ۲

فصل اول: نیروی برهمکنش نوکلئون- نوکلئون

مقدمه ۸

۱-۱- دوترون ۱۰

۱-۲- پراکندگی نوکلئون- نوکلئون ۱۳

۱-۳- خواص نیروی نوکلئون- نوکلئون ۱۶

۱-۴- نظریه‌ی مزونی نیروهای هسته‌ای ۲۰

۱-۵- نیروهای تبادلی ۲۳

فصل دوم: پتانسیل‌های دو نوکلئونی

مقدمه ۲۹

۲-۱- خواص پتانسیل هسته‌ای ۳۰

۲-۲- پتانسیل یوکاوا ۳۰

۲-۳- انواع پتانسیل‌های هسته‌ای ۳۲

۲-۴- پتانسیل اِسکرم ۳۸

عنوان | صفحه

فصل سوم: ماده‌ی هسته‌ای

مقدمه ۴۴

۳-۱- ماده‌ی هسته‌ای ۴۵

۳-۲- مدل ذره‌ی مستقل ۴۸

۳-۳- مدل جفت مستقل ۴۹

۳-۴- تئوری هارتری- فوک ۵۰

فصل چهارم: معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای

مقدمه ۵۴

۴-۱- محاسبه‌ی انرژی ماده‌ی هسته‌ای ۵۵

۴-۲- معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای ۵۷

۴-۲-۱- ماده‌ی هسته‌ای متقارن ۵۷

۴-۲-۲- ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن ۶۷

۴-۲-۳- ماده‌ی نوترونی ۷۹

۴-۲-۴- ماده‌ی نوترونی قطبیده ۸۲

۴-۲-۵- نفوذپذیری مغناطیسی ۹۲

۴-۳- بحث و نتیجه‌گیری ۹۵

مراجع ۹۹

عنوان | صفحه

پیوست ۱۰۳

چکیده انگلیسی ۱۰۶

فهرست شکل‌ها

عنوان | صفحه

فصل اول: نیروی برهمکنش نوکلئون- نوکلئون

شکل ۱-۱: سطح مقطع پراکندگی نوترون- پروتون بر حسب انرژی ذرات فرودی ۱۶

شکل ۱-۲: پتانسیل برهمکنشی با مغزی دافعه ۲۰

شکل ۱-۳: تبادل یک پیون بین دو نوکلئون ۲۲

شکل ۱-۴: سطح مقطع دیفرانسیلی در پراکندگی np ۲۴

فصل دوم: پتانسیل‌های دو نوکلئونی

شکل ۲-۱: پتانسیل یوکاوا ۳۲

فصل چهارم: معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای

شکل ۴-۱: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای متقارن بر حسب چگالی برای نیروهای مختلف اِسکرم ۶۶

شکل ۴-۲-۱: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 0$ (ماده‌ی نوترونی) ۷۲

شکل ۴-۲-۲: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 0.2$ ۷۲

شکل ۴-۲-۳: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 0.4$ ۷۳

شکل ۴-۲-۴: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 0.6$ ۷۳

شکل ۴-۲-۵: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 0.8$ ۷۴

شکل ۴-۲-۶: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\beta = 1$ (ماده‌ی هسته‌ای) ۷۴

شکل ۴-۲-۷: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای SkM*، به ازای مقادیر مختلف β ۷۵

شکل ۴-۲-۸: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای SkP، به ازای مقادیر مختلف β ۷۵

شکل ۴-۲-۹: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای BSk1، به ازای مقادیر مختلف β ۷۶

شکل ۴-۲-۱۰: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای SkI3، به ازای مقادیر مختلف β ۷۶

شکل ۴-۲-۱۱: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای SkI4، به ازای مقادیر مختلف β ۷۷

شکل ۴-۲-۱۲: نمودار انرژی ماده‌ی هسته‌ای پادمتقارن برای SLy6، به ازای مقادیر مختلف β ۷۷

شکل۴ -۲-۱۳: نمودار انرژی تقارنی برای نیروهای مختلف اِسکرم ۷۸

شکل ۴-۳: نمودار معادله‌ی حالت ماده‌ی نوترونی برای نیروهای مختلف اِسکرم ۸۱

شکل۴-۴-۱: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 0$ ۸۶

شکل ۴-۴-۲: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 0.2$ ۸۶

شکل ۴-۴-۳: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 0.4$ ۸۷

شکل ۴-۴-۴: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 0.6$ ۸۷

شکل ۴-۴-۵: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 0.8$ ۸۸

شکل ۴-۴-۶: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای نیروهای مختلف اِسکرم، به ازای $\gamma = 1$ (ماده نوترونی) ۸۸

شکل ۴-۴-۷: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای SkM*، به ازای مقادیر مختلف γ ۸۹

شکل ۴-۴-۸: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای SkP، به ازای مقادیر مختلف γ ۸۹

شکل ۴-۴-۹: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای SkI3، به ازای مقادیر مختلف γ ۹۰

شکل ۴-۴-۱۰: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای SkI4، به ازای مقادیر مختلف γ ۹۰

شکل ۴-۴-۱۱: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای BSk1، به ازای مقادیر مختلف γ ۹۱

شکل ۴-۴-۱۲: نمودار انرژی ماده‌ی نوترونی قطبیده برای Sly6، به ازای مقادیر مختلف γ ۹۱

شکل ۴-۵: نسبت نفوذپذیری مغناطیسی گاز فرمی به نفوذپذیری مغناطیسی ماده‌ی نوترونی، برحسب چگالی کل سیستم ۹۴

فهرست جداول

عنوان | صفحه

فصل دوم: پتانسیل‌های دو نوکلئونی

جدول۲-۱: پارامترهای نیروهای مختلف اِسکرم ۴۲

فصل چهارم: معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای

جدول۴-۱: تراکم‌ناپذیری، چگالی اشباع‌شدگی و انرژی بر نوکلئون نیروهای مختلف اِسکرم ۶۵

معادله‌ی حالت ماده‌ی هسته‌ای با
پتانسیل اِسکرم

مقدمه

مقدمه

بررسی خواص سیستم‌های بس‌ذره‌ای به علت داشتن تعداد زیاد ذرات و برهمکنش‌های مختلف بین آنها، مسئله‌ای پیچیده است. در بسیاری از موارد که با ساختار هسته‌ای ماده سروکار داریم، زمان دخالتی ندارد و باید معادله‌ی مستقل از زمان شرودینگر را حل نمود. در یک هسته که از بیش از دو نوکلئون ساخته شده باشد برهمکنش کل، جمع برهمکنش‌های بین همه‌ی جفت نوکلئون‌ها است. در یک سیستم هسته‌ای که از A نوکلئون تشکیل شده است، هامیلتونی به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$H=\sum_{i=1}^{A}T(i)+\sum_{i<j}V(i,j) \qquad (م - ۱)$$

که در آن $T(i)=-(\frac{\hbar^2}{2m})\nabla_i^2$ عملگر انرژی جنبشی تک ذره، m (متوسط) جرم نوکلئون است و $V(i,j)$ پتانسیل برهمکنش بین دو نوکلئون است و به صورت پدیده‌شناختی بدست می‌آید و اگر با خواص شناخته شده سیستم‌های دو نوکلئونی (داده‌های پراکندگی $p-p$, $n-n$, $n-p$ و خواص دوترون) مطابقت داشته باشد یک پتانسیل واقعی و حقیقی نامیده می‌شود. برای محاسبه‌ی انرژی این سیستم باید معادله‌ی شرودینگر را حل کنیم.

$$H\psi(1,2,...,A)=E\psi(1,2,...,A) \qquad (م - ۲)$$

که در آن $\psi(1,2,...,A)$ تابع موج سیستم و E انرژی سیستم A ذره‌ای است. اگر تعداد ذرات کم باشد، می‌توان معادله‌ی شرودینگر را به طور دقیق حل کرد و انرژی سیستم و تابع موج مربوط به آن را بدست آورد. اما حل دقیق معادله‌ی شرودینگر برای سیستم‌هایی که تعداد زیادی از ذرات را دربر می‌گیرند امکانپذیر نیست[۱]. یکی از این سیستم‌های بس‌ذره‌ای، **ماده‌ی هسته‌ای** است.

ماده‌ی هسته‌ای یک سیستم فرضی است و به صورت ماده‌ی آرمانی سازنده مراکز هسته‌های سنگین، که تا بی‌نهایت ادامه یافته، تعریف می‌شود. این سیستم بس‌ذره‌ای، یک سیستم نامحدود از نوکلئون‌ها است که از طریق نیروهای هسته‌ای با هم برهمکنش می‌کنند و برهمکنش کولنی بین ذرات آن وجود ندارد. از این تعریف می‌توان برخی از خواص مهم هسته‌های پیچیده را بدست آورد[۲].

از آنجا که در ماده‌ی هسته‌ای حجم سیستم بی‌نهایت است، مسئله را در حد ترمودینامیکی بررسی می‌کنیم، یعنی برای محدود ماندن چگالی سیستم، تعداد نوکلئون‌ها نیز باید بی‌نهایت باشد. حد ترمودینامیکی به صورت زیر بیان می‌شود[۳]:

$$\rho=\lim_{\substack{A\to\infty\\V\to\infty}}\frac{A}{V} \qquad (م - ۳)$$

اگر چگالی پروتون‌ها و نوترون‌ها در ماده‌ی هسته‌ای یکسان باشد، ماده‌ی هسته‌ای متقارن و اگر