



دانشکده فیزیک و مهندسی هستهای

پایاننامه کارشناسی ارشد فیزیک هستهای

بررسی طیف هیپرون ۸منفرد با استفاده از تقارنهای اسپینی و شبه اسپینی

نگارنده: ملیحه مرادی

استاد راهنما

دکتر حسن حسن آبادی

... نقديم به : نقديم به :

بانوی بی نشانه حضرت فاطمه زمرا (س)

9

سکان دارکشی نجات و اسطوره شجاعت امام حسین (ع)

9

سلطان طوس على ابن موسى الرضا (ع)

که بی شک اکر سایه نور در حمت این بزرگان نبوداین تحقیق راه به جایی نمی برد. . .

خدای رایسی شاکرم که از روی لطف و رحمت، پدرو مادری نصیبم ساخته ما دسایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از سایه وجودشان در راه

كسب علم ودانش تلاش غايم .

از پردومادر عزیزم که در سختی ؛ و دشواری بای زندگی بهواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برای من بودند کال تشکر و قدردانی را

دارم و بمچنین از اساد فریخته و فرزانه جناب آقای دکتر حن آبادی که را بنایی پهی دلسوزانه و راه کشای خود را از این بنده حقسر دریغ نگردند

صيلة تقدير وشكر مى كنم .

اینجانب ملیحه مرادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته فیزیک هستهای دانشکده فیزیک و مهندسی هستهای دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایاننامه بررسی طیف هیپرون ۸منفرد با استفاده ازتقارنهای اسپینی و شبه اسپینی تحت راهنمائی دکتر حسن حسن آبادی متعهد میشوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
 - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
 - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده
 است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و
 یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایح اصلی پایاننامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایاننامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود میباشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایاننامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیدہ:

چند دهه گذشته هیپروهسته و بررسی ویژگیهای آنها ، موضوع پژوهشهای بسیاری در زمینههای مختلف فیزیک بوده است.

در این پایان نامه در ابتدا به معرفی ذرات مختلف و نیروهای بین ذرات می پردازیم و سپس به معرفی هیپرون و انواع هیپرونها و معرفی هیپروهستهها و بیان ویژگیهای استاتیکی هیپروهسته می پردازیم. جرم و انرژی بستگی هیپروهستههای مختلف هم با روشهای تحلیلی و هم با روشهایی نیمه تجربی به دست آوردیم و این مقادیر به دست آمده با مقادیر تجربی مقایسه می شود.

در نهایت با استفاده از معادله دیراک مستقل از زمان، ویژه مقادیر انرژی را به ازای پتانسیلهای شعاعی و تانسوری و پتانسیل می ^۱در تقارن اسپینی و شبه اسپینی به دست میآوریم و با برازش دادهها، فرم مناسبی برای پتانسیل تعیین میکنیم.

کلید واژهها: هیپرون، هیپروهسته، انرژی بستگی هیپروهسته، انرژی جدایی هیپرون، معادله دیراک، تقارن اسپینی، تقارن شبه اسپینی

. فهرست مطالب

ل، م	فهرست جداول
ن، س	فهرست اشكال
١	فصل ۱ مقدمهای بر ذرات بنیادی
۲	۱–۱ مقدمه
٣	۲-۱ دستهبندی ذرات با مدل استاندارد
٣	۱– ۳ نیروهای بین ذرات
۴	۱-۴ دستهبندی کلی ذرات
۴	۱-۴-۱ ذرات میدانی
۵	۱-۴-۲ لپتون
۶	۱-۴-۳ مزون
٩	۱–۴–۴ باریون
۱۱	۱–۴–۵ کوارک
۱۳	فصل ۲ هیپرون
۱۵	۲-۱ تعریف هیپرون و معرفی انواع آن
14	۲–۱–۱ هیپرون لاندا
۱۵	۲–۱–۲ هیپرون سیگما
18	۲–۱–۳ هیپرون امگا

	۲-۳-۴ هیپرون کسی	18
è	فصل ۳ هيپروهسته	۱۹
	۲–۱ مقدمه	۲.
,	۲-۲ تاریخچه کشف هیپروهسته	71
,	۲-۳ تعريف هيپروهسته	٢٢
,	۲-۴ هیپروهستههای دو هیپرونی	74
,	۳–۵ هیپروهستههای آینه ای	۲۵
,	۲-۶ هیپروهسته زوج و فرد	78
,	۲-۷ تولید هیپروهسته	79
	۳–۷–۱ تبدیل یک نوترون به هیپرون	75
	۳–۷–۲ تبدیل یک پروتون به هیپرون	۲۷
	۳-۷-۳ جذب هیپرون	۲۷
,	۳–۸ واپاشی هیپروهسته	۲۸
	۳-۸-۱واپاشی هیپروهستههایی که درمحصول واپاشی دارای مزون هستند	79
	۳–۸–۲ واپاشی هیپروهستههایی که درمحصول واپاشی مزون ندارند	٣٠
	۳-۹ خواص استاتیکی هیپروهسته	٣٠
	۲-۹-۳ ابعاد	٣١
	۳–۹–۲ چگالی	٣٢
	۳–۹–۳ مدل پوستهای	٣٢
	۳-۹-۴ مدل گاز فرمی	٣٣
	۵-۹-۳ مدل قطره مایع	۳۵

٣٧	۳–۹–۶ مدل تجمعی
47	۳-۱۰ گشتاور مغناطیسی
47	فصل ۴ انرژی بستگی هیپروهسته
۴۸	۴–۱ مقدمه
۴۸	۲-۴ جرم هیپروهسته
۵۴	۴-۳ انرژی جداسازی پروتون از هیپروهسته
۵۴	۴-۴ انرژی جداسازی نوترون از هیپروهسته
۵۵	۴–۵ انرژی جداسازی هیپرون از هیپروهسته
۵۵	۴-۶ محاسبه انرژی جدایی در هیپروهسته های آینهای
۵۸	۴-۷ محاسبه انرژی جدایی هیپرون با استفاده از مرجع [۱۶]
۶۷	۴-۸ مقایسه انحراف معیار روشهای نیمه تجربی
۷۱	فصل ۵ بررسی هیپرون با در نظر گرفتن تقارن اسپینی و شبه اسپینی
٧٢	۵–۱ مقدمه
٧۴	۵-۲ معرفی تقارن اسپینی و شبه اسپینی
٧۴	۵-۳ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی
۷۵	۵–۳–۱ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی در تقارن اسپینی
٨٠	۵-۳-۲ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی در تقارن شبه اسپینی
۸۳	۵-۴ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی و تانسوری در تقارن اسپینی و شبه اسپینی
٩١	۵–۵ بررسی هیپرون با پتانسیل می برای تقارن اسپینی
٩٣	۵-۶ بررسی هیپرون با پتانسیل می برای تقارن شبه اسپینی

٩٧	نتيجه گيرى
۱۰۱	مراجع

فهرست جداول

۵	جدول ۱–۱ انواع لپتون
٧	جدول ۱-۲ مشخصات مزونهای با اسپین ۱
٨	جدول ۱–۳ مشخصات مزونهای با اسپین صفر
٩	جدول ۲-۴ مشخصات باریونهای با اسپین ۳ ۲
١٠	جدول ۱–۵ مشخصات باریون.های با اسپین ۲ ۲
۱۱	جدول ۱-۶ مشخصات کوارکھا
۱۷	جدول ۲-۱ ویژگی های هیپرونهای مختلف
۲۳	جدول ۳-۱ ویژگی های بعضی از هیپروهستهها
۲۵	جدول ۳-۲ ویژگی هیپروهستههای دو هیپرونی
۳٩	جدول ۳-۳ توابع لژاندر
44	جدول ۳-۴ مقادیر <i>g₁,g</i> برای پروتون و نوترون
۵۰	جدول ۴-۱ جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-فرد با عدد جرمی A=۱۰
۵١	جدول ۴-۲ جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-فرد با عدد جرمی A=۱۲
۵۲	جدول ۴–۳ جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-زوج با عدد جرمی A= ۲۵
۵۳	جدول۴-۴ جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای فرد-فرد با عدد جرمی A= ۲۵

۹۶
 جدول ۴–۵ محاسبه
$$_{n}$$
 ۶ و $_{n}$ ۵*Δ* برای هیپروهستههای آینه ای

 ۹۸
 جدول ۴–۹ محاسبه $_{n}$ ۶ و $_{n}$ ۵*Δ* برای هیپروهستههای آینه ای

 ۹۹
 جدول ۴–۹ محاسبه انرژی بستگی تعدادی از هیپروهستهها با استفاده از رابطه(۴–۱۱)

 ۹۹
 جدول ۴–۸ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۵)

 ۹۰
 محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۵)

 ۹۰
 جدول ۴–۹ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۱۵)

 ۹۰
 جدول ۴–۹ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۱۹)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۱)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۲)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۲۱)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۲)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۲)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۱۹۰)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۲)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی جدایی از رابطه (۴–۹۲)

 ۹۰
 جدول ۴–۱۰ محاسبه انرژی بستگی هیپروهسته از رابطه (۵–۲۴)

فهرست انثكال

	شكل ٣-١ عكس امولسيون كشف هيپروهسته
	Λ شکل ۳-۲ هیپروهسته Λ
$^{6}_{\Lambda\Lambda}H$	شکل ۳-۳ عکس امولسیون تولید و واپاشی Ie
ته تک هیپرونی	شکل ۴-۳ هیپروهسته دو هیپرونی، هیپروهس
	شکل ۳-۵ نمایش کلی واپاشی هیپروهسته
دن هيپرون لاندا	شکل ۳-۶ کاهش اندازه هسته بعد از اضافه ش
رون	شکل ۳-۷ افزایش چگالی موثر در حضور هیپ
ی هیپرون	شکل ۳-۸ حالت های جانشینی و غیر جانشین
برون	شکل ۳-۹ نمایش چاه پتانسیل نوکلئون و هیب
	شکل ۳-۱۰ مربوط به مد تک قطبی
	شکل ۳-۱۱ مربوط به مد دو قطبی
	شکل ۳-۱۲ مربوط به مد چهار قطبی
ای زوج-فرد به ازای ۸۰=A	شکل ۴–۱ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستهه
ای زوج-فرد به ازای A=۱۲	شکل ۴-۲ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستهه
ای زوج- زوج با عدد جرمی A= ۲۵	شکل ۴-۳ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستهه
های فرد-فرد با عدد جرمی A= ۲۵	شکل۴-۴ جرم محاسبه شده برای هیپروهسته

فصل ۱ : مقدمه ای بر ذرات بنیادی

۱–۱ مقدمه :

فیزیک ذرات^۲ با برهم کنشهای بین ذرات سروکار دارد. در این شاخه از فیزیک، بررسی و تحقیقاتی روی ذرات زیر اتمی و ساختار آنها توسط شتابدهندههای بزرگ انجام میشود.

ذرات مورد بررسی در این شاخه را میتوان توسط آشکارسازهای ذرات نشان داد. این ذرات را به صورت مستقیم نمیتوان آزمایش کرد چون این ذرات به اندازهای کوچک هستند که قابل تقسیم به ذرات دیگر نیستند و برای بررسی آزمایشگاهی بر روی آنها، از اثرات آنها استفاده میشود. فیزیک ذرات همچنین میدانهای نیروهای بنیادی، را بررسی میکند. بسیاری از اثرات پیشبینی شده در این نظریات در انرژیهای بالا رخ میدهد از این رو به این شاخه از فیزیک، فیزیک انرژیهای بالا نیز گفته میشود.

دانشمندان به دنبال کشف بنیادی ترین اجزای ماده و توضیح قواعد حاکم بر، رفتار آنها هستند که در این روند باید برهم کنشها را در گستره هر چه کوچکتر مطالعه کنند.

تعداد زیاد ذرمها و عدم توانایی در دسته بندی ذرات، سردرگمی زیادی در فیزیک ذرات بنیادی به وجود آورد. در ابتدای این فصل به بررسی دسته بندی ذرات با مدل استاندارد پرداختیم. در بخش ۲-۲ به مطالعه انواع ذرات و برهم کنشهای بین آن ها پرداختیم و سپس در بخش بعدی انواع نیروهایی که بین ذرات وجود دارد را بررسی میکنیم و دربخش آخر این فصل ذرات مختلف را دسته بندی میکنیم.

^{&#}x27;particle physics

۱–۲ دسته بندی ذرات با مدل استاندارد:

در ۱۹۷۸ سرانجام یک توصیف همهجانبه از ذرات بنیادی بهوجود آمد که این توصیف، مدل استاندارد ذرات بنیادی نام دارد. مدل استاندارد هنوز هم در فیزیک ذرات کاربرد دارد. این مدل توصیفگر تمام ذرات بنیادی شناخته شده کنونی است.

مدل استاندارد شامل ۶ مزه از کوارکها با نامهای بالا (u) پایین (d) افسون (c) شگفت (s) سر(t) ، و ته (b) میباشد. پاد ذرههای کوارکها را پادکوارک مینامند که نماد آنها شبیه نماد کوارک متناظرشان است با این تفاوت که یک خط بالای آن قرار می گیرد. پادکوارکها از نظر میانگین طول عمر و اسپین و جرم با کوارک متناظرشان یکسان هستند، اما بار الکتریکی مخالف هم دارند.

در این مدل ذرات بنیادی به عنوان ذراتی نقطه گونه و فاقد ساختار در سه خانواده اصلی کوارک ها و لپتونها، و واسطهها تعریف می شود. به حالت مقید کوارکها، هادرون گفته می شود که دو زیر مجموعه هادررون عبارتند از باریونها که از کوارک تشکیل شده است و مزونها که متشکل از کوارک و پادکوارک می باشد.

۱–۳ نیروهای بین ذرات :

در حالت کلی چهار نوع نیروی بنیادی وجود دارد که بین ذرات عمل می کند و به صورت زیر می باشد. الف) نیروی گرانشی که برد آن بینهایت است و بین همه ذرات اثر می کند ولی از نیروی گرانش چون هیچ اثری در برهم کنش ها، ندارد صرف نظر می شود.

ب) نیروی هسته ای ضعیف که برد آن بیشتر از $(m)^{-1}$ می باشد و بین لپتونها و هادرونها اثر می گذارد.

ج) نیروی الکترومغناطیسی که برد آن بینهایت است و اثر آن بین تمام ذرات باردار میباشد. د)نیروی هسته ای قوی که برد آن $(m)^{\circ -1}$ است واثرگذاری، آن بین هادرونها میباشد.

۱-۴ دسته بندی کلی ذرات:

ذرات را در حالت کلی به دو دسته بدون ساختار و با ساختار تقسیم می شود. ذرات بدون ساختار مثل لپتونها و ذرات واسطه و کوارکها می باشد و ذرات با ساختار مانند مزون و باریون می باشد. پس پنج گروه مختلف ذرات وجود دارد که به ترتیب به معرفی هر یک می پردازیم [۱]. ذرات میدانی، لپتون، مزون، باریون، کوارک

- **۱–۴–۱ ذرات میدانی:** ذرات میدانی شامل χ^{\pm}, χ, z_0 گلوئون ها و گراویتون، می باشد که مشخصات هر یک به صورت زیر ذکر شده است.
 - الف) ذره λ' که ذره ای بدون بار و جرم است و اسپین آن یک میباشد.
 - ب) ذره $\frac{d}{dw}$ که جرم آن $\left(\frac{Gev}{c^2}\right)$ ۸۱ و بار t^{\pm} و دارای اسپین یک میباشد.
 - ج) ذره $\frac{Gev}{c^{r}}$ ذره ای بدون بار و اسپین یک و دارای جرم $\left(\frac{Gev}{c^{r}}\right)$ می باشد.
 - د) گلوئون ذره ای بدون بار و بدون جرم و با اسپین یک می باشد.
 - ه)گراویتون ذره ای بدون بار و بدون جرم می باشد که اسپین آن ۲ است[۲].

1-۴-1 لپتونها:

در سال ۱۹۶۳، گلمان نظریهای ارائه کرد مبنی بر آن ذراتی مانند پروتون و نوترون، از ذرات کوچکتری تشکیل شدهاند که بار آنها، مضربی از ثلث بار الکترون است. طبق این مدل، مواد اطراف ما از ۲ گروه اصلی تشکیل شده اند(۱) لپتونها و (۲) هادرونها.

لپتون، خانواده ای از ذرات بنیادی با اسپین نیمه صحیح (اسپین $\frac{1}{7}$) می باشند و این ذرات ساختار ندارند و تحت تاثیر نیروی هستهای قوی نیستند برای کاوش ساختار و شناخت نوکلئون از لپتونها استفاده می شود زیرا در برهم کنش لپتون-هادرون، ساختار هادرون تغییر نمی کند. در حال حاضر ۶ لپتون الکترون، میون، تاو، نوترینوی الکترون، نوترینوی میون و نوترینوی تاو شناخته شده است که به همراه پاد ذرات آنها ۱۲عدد می شوند. سه دسته مختلف لپتون به صورت زیر می باشد که به معرفی آن ها می پردازیم:

جدول ۱-۱ : انواع لپتون

لپتون های گروه ۳	لپتون های گروه ۲	لپتون های گروه ۱		
$\begin{pmatrix} T\\ \mu_T \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \mu \\ \mu_e \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} e \\ v_e \end{pmatrix}$		

گروه اول ، لپتونهای الکترونی هستند که شامل الکترون e و الکترون نوترینو میباشد. پاد ذره الکترون پوزیترون و پاد ذره الکترون پوزیترون و پاد ذره الکترون و پاد ذره الکترون و پاد ذره الکترون پاد نوترینو میباشد.

. جرم لپتون الکترون
$$-e$$
 میباشد. و بار الکتریکی آن e میباشد.

گروه دوم لپتونهای میونی هستند که شامل میون و میون نوترینو میباشد و پادذرات این لپتونها، به ترتیب پاد میون و میون پاد نوترینو، میباشد.

لپتون میون دارای جرم $\left(\frac{MeV}{c^{\gamma}}\right)$ ۱۰۵٬۶۶ است و بار الکتریکی (e^-) میباشد. گروه سوم لپتونهای تائونی هستند که در سال ۱۹۷۵ از آزمایشهای انجام شده در مرکز شتاب دهنده خطی استانفورد کشف شد[۲] و شامل لپتون تاو و لپتون تاو نوترینو میباشد و پاد ذرات این لپتون ها، به ترتیب لپتون پاد تاو و لپتون تاو پاد نوترینو میباشد. جرم لپتون تاو $\left(\frac{MeV}{c^{\gamma}}\right)$ ۱۷۸۴ و بار الکتریکی آن (e^-) میباشد.

۱–۴–۳ مزون: مزونها، ذراتی با بر هم کنش قوی و اسپین صحیح هستند گروهی از مزونها دارای اسپین یک و گروهی دیگر از مزونها، دارای صفر میباشند و با نوکلئونها از طریق نیروی قوی، بر هم کنش

می کنند. مزون ها را در ساده ترین حالت متشکل از کوارک و پاد کوارک می دانند. در جدول ۱-۲ مشخصات مزون های با اسپین یک ذکر شده است و در جدول ۱-۳ مشخصات مزون های با اسپین صفر ذکر شدهاست.

مزون	ساختار کوارکی	جرم	بار	نيمه عمر	مدهای واپاشی اصلی
		$\left(\frac{MeV}{c^{r}}\right)$		(S)	
ρ	$u\overline{d}, d\overline{u}, \frac{(u\overline{u} - d\overline{d})}{\sqrt{\gamma}}$	۷۷۰	+1,-1,0	4×1**	ππ
<i>K</i> *	$u\overline{s}, s\overline{u}, d\overline{s}, s\overline{d}$	٨٩٢	+١,-	1×1.	$K\pi$
			١,٥,٥		
$\overline{\omega}$	$\frac{(u\overline{u} + d\overline{d})}{\sqrt{Y}}$	۷۸۳	0	Υ×۱٠ ^{-۳۳}	$\pi^+\pi^-\pi^{\circ},\pi^{\circ}\gamma$
Φ	ss	1.2.	0	۲ •×1• ^{-۳۳}	$K^{\circ}K^{-},K^{\circ}\overline{K}^{\circ}$
$\frac{J}{\Psi}$	$c\overline{c}$	۳۰۹۷	0	1×1 ^{-r.}	$e^+e^-,\mu^+\mu^-,\Delta\pi,$ Y π
D^{*}	$c\overline{d}, d\overline{c}, c\overline{u}, u\overline{c}$	۲۰۱۰	+۱,-	> 1 •-**	$D\pi, D\gamma$
			١,٥,٥		
$\Upsilon(1s)$	$b\overline{b}$	945.	0	۲×۱۰ ^{-۲.}	$\overline{ au^+ au^-}, \mu^+\mu^-, e^+e^-$

جدول ۱-۲: مشخصات مزونهای با اسپین ۱[۱۷]

مزون	ساختار کوارکی	جرم	بار	نيمه عمر	تابش اساسی
		(MeV)		(S)	
π^{\pm}	$u\overline{d}$, $d\overline{u}$	189,089	+1,-1	۲,۶×۱۰ ^{-۸}	μu_{μ}
π°	$\frac{(u\overline{u} - d\overline{d})}{\sqrt{\tau}}$	184,984	0	۳,٧×۱۰-۱۲	YY
K^{\pm}	$u\overline{s}, s\overline{u}$	498,87	+1,-1	•,74×1•-^ ×1•- ^{1•} •,897	$\mu, \pi^{\pm}\pi^{\circ}, \pi^{\pm}\pi^{\pm}\pi^{\pm}$ $\pi^{+}\pi^{-}, \pi^{\circ}\pi^{\circ}$
$K^{\circ}, \overline{K}^{\circ}$	$d\overline{s}, s\overline{d}$	497,77	060	$\Delta, 1 \Lambda \times 1 \cdot^{-\Lambda}$	$\pi e V_e, \pi \mu V_\mu, \pi \pi \pi$
η	$\frac{(u\overline{u} + d\overline{d} + \mathrm{Y} s\overline{s})}{\sqrt{\mathrm{P}}}$	۵۴۸,۸	۰	Υ×۱٠ ^{-۱۹}	$\pi^{\circ}\pi^{\circ}\pi^{\circ},\pi^{+}\pi^{-}\pi^{\circ}$
η'	$\frac{(u\overline{u} + d\overline{d} + s\overline{s})}{\sqrt{r}}$	907,8	٥	۳×۱۰-۲۱	$\eta\pi\pi, ho^{\circ}\gamma$
D^{\pm}	$c\overline{d}$, $d\overline{c}$	1889	+1,-1	۹×۱۰ ^{-۱۳}	Κππ
$D^{\circ}, ar{D}^{\circ}$	$c\overline{u},u\overline{c}$	1880	040	۴×۱۰ ^{-۱۳}	Κππ

جدول ۱- ۳ : مشخصات مزونهای با اسپین صفر [۱۷]
۱–۴–۴ باریون : باریونها ذراتی سنگین با برهم کنش قوی و اسپین نیمه صحیح هستند و سبکترین اعضای آن ها پروتون و نوترون هست. در جدول ۱-۴ مشخصات باریونهای، با اسپین $\frac{\pi}{7}$ آورده شده است و در جدول ۱–۵ باریونهای با اسپین $\frac{1}{7}$ ذکر شده است.

باريون	ساختار کوارک	بار	جرم	نيمه عمر(s)	تابش ها
			(MeV)		
Δ	uuu,uud,udd,ddd	+7,+1,0,-1	1787	• , ۶×1• ^{-٣٣}	Νπ
Σ^*	uus,uds,dds	+1,0,-1	١٣٨۵	$r \times 1 \cdot rr$	$\Lambda \pi, \Sigma \pi$
۳. ۳	uss,dss	۰,-۱	۱۵۳۳	$Y \times I \cdot V^{-rr}$	Ξπ
Ω^{-}	SSS	- 1	1887	•, \ Y ×1• ^{-1.}	$\Lambda K^{-}, \Xi^{\circ}\pi^{-}, \Xi^{-}\pi^{\circ}$

جدول ۱-۴: مشخصات باریونهای با اسپین ^۳ ^{[۱۷}]

باريون	ساختار کوارک	بار	جرم	نيمه عمر (s)	واپاشی
			(MeV)		
		+)	۹۳۸,۲۸۰	00	_
n, p	uud udd	o	٩٣٩,۵٧٣	٩٠٠	Pev _e
Λ	uds	0	1110,8	۲, ۶۳ ×1 ^{-1.}	$P\pi^-,\pi\pi^+$
Σ^*	uus	+)	1174'£	•, \ • × \ • ^{-\.}	$P\pi^{\circ},\pi\pi^{+}$
Σ°	uds	٥	۱۱۹۲,۵	۶×۱۰ ^{-۲.}	Λγ
Σ-	dds	-1	۱۱۹۷,۳	1,4X ×11.	$n\pi^-$
Ξ°	USS	o	1816,9	7,9. X11.	$\Lambda\pi^{\circ}$
Ξ^-	dss	-1	1871,8	1,84 ×11.	$\Lambda\pi^-$
Λ_c^+	udc	+ \	2221	$\Upsilon \times I \cdot ^{{Ir}}$	ناپايدار

جدول ۱-۵: مشخصات باریونهای با اسپین $\frac{1}{7}$ [۱۷]

۱-۴-۵ کوارک: کوارکها اجزای بنیادی ماده هستند که مجزا کردن آن غیر ممکن است اما ترکیب
 ۱-۴-۵ کوارک تشکیل ذراتی به نام هادرون میدهد و هادرونها به دو دسته مزونی که متشکل از

کوارک و پاد کوارک است و باریونی که متشکل از سه کوارک است تقسیم می شود و در جدول زیر به ذکر برخی از ویژگیهای کوارک پرداختیم.

کوار ک	طعم کوارک	بار (e)	I_3	جرم
				$(\frac{MeV}{c^2})$
U	Up	+۲/۳e	+) / ۲	۳۳۰
D	Down	-1/٣e	- 1/۲	۳۳۰
С	Charm	+۲/۳e	•	10
S	Strange	-1/٣e	•	۵۰۰
Т	Tob	+۲/۳e	•	172
В	bottom	-1/٣e	•	40

جدول ۱-۶: مشخصات کوارکها

فصل۲:هیپرون

۲-۱ تعریف هیپرون^۳و معرفی انواع آن:

هیپرون ذره زیر اتمی میباشد و در خانواده باریون ها، قرار دارد که در سال های ۱۹۴۷ تا ۱۹۶۴ کشف شد[۳].

به باریونی که متشکل از یک، یا دو و یا سه کوارک شگفت باشد هیپرون می گویند. هیپرون ها، فرمیون هستند و از آمار فرمی دیراک پیروی می کنند بنابراین اسپین آن، نیمه صحیح است و جرم آن از جرم پروتون و نوترون بیشتر است. دربر هم کنشهای هستهای، هیپرون هنگام واپاشی به نوکلئونها، تجزیه می شود.

در حالت کلی هیپرونها به ۴گروه تقسیم میشود:

- (۱) هيپرون لاندا (۸)
- (۲) هيپرون سيگما(∑)
 - (۳) هيپرون امگا((Ω))
- (۴) هيپرون کسی (Ξ)

۲–۱–۱ هيپرون لاندا (۸):

هیپرون لاندا در سال ۱۹۴۷ در آزمایش اشعه کیهانی توسط راچستر^۴ کشف شد. این هیپرون دارای ساختار کوار کی (uds) و جرم سکون (MeV/c²) ۱۱۱۵٫۶۸ میباشد و طبق واکنش زیر تولید میشود:

 $p + \pi^{-} \rightarrow \Lambda + K^{0}$

^r hyperon

[£] Rochester

جرم هیپرون لاندا از جرم پروتون و نوترون بیشتر است واین نوع از هیپرون از سه گروه دیگر هیپرونها سبکتر است. هیپرون لاندا به دو دسته مزونی و لپتونی واپاشی میکند که به صورت زیر دسته اول واپاشی مزونی (۱) و دسته دوم واپاشی لپتونی (۲) میباشد.

$$\begin{cases} \Lambda^{\circ} \to p + \pi^{-} \\ \Lambda^{\circ} \to n + \pi^{\circ} \end{cases}$$
$$\begin{cases} \Lambda^{\circ} \to p + e^{-} + \overline{v}_{e} \\ \Lambda^{\circ} \to p + \mu^{-} + \overline{v}_{u} \end{cases}$$

واپاشی هیپرون لاندا از نوع برهم کنشهای ضعیف است و در برهم کنشهای ضعیف، عدد شگفتی پایسته نیست ولی پایستگی بار در برهم کنشهای بالا برقرار است.

۲-۱-۲ هيپرون سيگما (Σ):

سه نوع از این هیپرون به صورت
$$(\Sigma^{-}), (\Sigma^{-}), (\Sigma^{+})$$
 وجود دارد که هر یک به ترتیب دارای ساختار کوارکی (سه نوع از این هیپرون به صورت $(\frac{MeV}{c^{\tau}}), 1197.87 \left(\frac{MeV}{c^{\tau}}\right), 1197.87 \left(\frac{MeV}{c^{\tau}}\right), 1197.87 \left(\frac{MeV}{c^{\tau}}\right)$

هيپرون
$$(\Sigma^{-})$$
 طی واکنش زير توليد میشود:

 $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$

[°] Gell-Mann

Glashow

^v Behrends

واپاشی هیپرون (Σ^{\pm}) به یک پیون و پروتون یا نوترون ویک پیون منتهی میشود.

۲–۱–۳ هیپرون امگا (Ω):

در سال ۱۹۶۴ هیپرون (
$$\Omega$$
) که دارای سه کوارک شگفت به صورت به صورت (sss) و دارای جرم سکون $(\frac{Mev}{c^2})$

$$K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+$$

۲−۱−۲ هيپرون کسی(Ξ):

این نوع هیپرون در سال ۱۹۶۲ توسط دو گروه بچرو^۸ و برتانزا^۹ کشف شد. این هیپرون در دو حالت $(\Xi^0), (\Xi^0)$ وجود دارد که (Ξ^-) دارای ساختار کوارکی (dss) و جرم سکون $(\frac{MeV}{c^2})$ ۱۳۲۱,۳۱ و $(\Xi^0), (\Xi^0)$ و جرم سکون (Ξ^0) و جرم سکون (Ξ^0) و جرم سکون ($\Xi^0)$ میباشد. هیپرون کسی (Ξ) طی (Ξ^0) ساختار کوارکی آن (uss) و جرم سکون (Ξ^0)

$$K^{-} + p \rightarrow \Xi^{-} + \pi^{0} + k^{+}$$
$$K^{-} + p \rightarrow \Xi^{-} + \pi^{+} + k^{0}$$

این هیپرون به صورت مستقیم به نوکلئون واپاشیده نمی شود و ابتدا به هیپرون لاندا تبدیل می شود و بعد نوکلئون واپاشی می کند و واپاشی آن به صورت واکنش صفحه بعد است.

$$\Xi^{-} \to \Lambda^{0} + \pi^{-}$$
$$\Xi^{0} \to \Lambda^{0} + \pi^{0}$$

[^] Pjerrou

¹ Ber Tanza

در جدول ۲-۱ تعدادی از ویژگیهای، هیپرونهای مختلف، مانند شگفتی و ایزواسپین، نیمه عمر، اسپین پاریته و بار الکتریکی ذکر شدهاست.

هيپرون	شگفتی	ايزواسپين	نیمه عمر (s)	اسپين	بار الكتريكي
				پاريته	
Λ^0	- 1	•	۲.۶۰×۱۰ ^{-۱.}	<u> </u> ۲	o
Σ+	- 1	١	(λ.• \뱕.•٢۶)×1• ⁻¹¹	$\frac{1}{r}$	+ \
Σ^{-}	- 1	١	(1.۴۷۹±۰.۰۱1)×1۰ ^{-1.}	<u> </u> + Y	- 1
Σ^0	- 1	١	(٧.۴±•.٧)×1• ⁻ ''	<u>1</u> +	٥
Ω	-٣	0	(∧.٢١±•.١١)×1・ ⁻¹¹	$\frac{r}{r}$	-1
Ξ	-7	<u> </u> T	(1.989±•.•1۵)×1• ^{−1.}	$\frac{r}{r}$	- 1

جدول ۲-۱ : ویژگی های هیپرون های مختلف[۲۷]

فصل سوم : هيپروهسته

۳–۱ مقدمه:

فیزیک هیپروهسته ۱۰ یکی از شاخههای مهم فیزیک است که در طول دهه های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کردهاست. فیزیک هیپروهسته مرز بین فیزیک هسته ای و فیزیک ذرات میباشد [۴].

در حال حاضر فیزیک هیپروهسته در حال پیشرفت در زمینه تجربی و در زمینه تئوری میباشد با این که هیپروهسته در ۶۰ سال اخیر کشف شدهاست اما بسیاری از خصوصیات آن توسط آزمایشات اخیر مشخص شدهاست[۷-۵].

با کمک پرتوهای کیهانی کشف هیپروهسته صورت گرفت و به دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد هیپروهسته با کمک پرتوهای مصنوعی ساخته شده در آزمایشگاه انجام شد. یکی از راه های بررسی هیپروهسته ها مطالعه برهم کنشهای بین هیپرون –هیپرون و هیپرون –نوکلئون میباشد چون هیپرون موجود در هیپروهسته نقش یک جستجوگر را ایفا میکند. در ابتدای این فصل به مروری در مورد تاریخچه کشف هیپروهسته میپردازیم و در قسمت بعد هیپروهسته و انواع آن را معرفی میکنیم. در بخش ۶-۳ به معرفی روشهایی که هیپروهسته تولید می شود میپردازیم در بخش۸ –۳ انواع واپاشی هیپروهسته ها را توضیح میدهیم و در بخش آخر این فصل به معرفی خواص استاتیکی هسته میپردازیم.

[`] hypernuclei

۲-۳ تاریخچه کشف هیپروهسته:

کشف اولین هیپروهسته به سال ۱۹۵۲ برمی گردد که از مشاهده یک واکنش ایجاد شده و واپاشی یک سیستم، جرزی پنیوسکی^{۱۱} و ماریان دانیسز^{۱۲} اولین هیپروهسته را شناسایی کردند. [۸].

این دو دانشمند طی آزمایشی، یک رویداد مهم در عکس امولسیون در آزمایش اشعه کیهانی مشاهده کردند. در واقع در این رویداد اولین واپاشی هیپروهسته اتفاق میافتد.

این آزمایش به این صورت انجام می شود که در ابتدا پروتون موجود در اشعه کیهانی که حامل انرژی زیادی است به یک هسته از امولسیون برخورد می کند و برهم کنشی در انرژی بالا صورت می گیرد. ذرات تولید شده در این برهم کنش بعد از مدت کوتاهی و بعد از طی مسیری بسیار کوتاه متوقف می شود.

دو نقطه A وB در این شکل مشاهده می شود. نقطه A برهم کنش بین ذره باردار (پروتون) و هسته امولسیون می باشد که این برهم کنش در انرژی بالا صورت می گیرد.



شكل ٣-١: عكس امولسيون كشف هيپروهسته [٩]

^{&#}x27;' Pniewski

[&]quot; Denys

در نقطه A، نوزده مسیر از تابش ذرات وجود دارد که وارد امولسیون می شود و در انتهای یکی از این مسیرها، نقطه B قرار می گیرد که این نقطه مربوط به واپاشی ذره سنگین خارج شده از نقطه A می باشد که این ذره سنگین همان هیپروهسته می باشد. بنابراین یکی از دستاوردهای مهم این آزمایش کشف سیستم هستهای، به نام هیپروهسته می باشد [۸].

۳–۳تعریف هیپروهسته: هستههای معمولی متشکل از پروتون و نوترون میباشد، در حالی که هیپروهسته ها از یک سیستم مقید از نوکلئونها، و یک یا چند باریون شگفت تشکیل شدهاست.

شکل (۳-۲) نمایش یک هیپروهسته است.



 Λ شکل ۲–۲: هیپروهسته

 $A = N_n + N_P + N_Y$ هيپروهسته به صورت M_B^A نمايش داده می شود، که X نمادشيميايی عنصر و N_R ورت B تعداد نوترون است و N_R تعداد باريونها، را مشخص می کند. N_Y تعداد هيپرون و N_P تعداد پروتون و N_n تعداد نوترون است و B نوع هيپرون را نشان می دهد.

دو نمونه از واکنشهایی که در آن هیپروهسته تولید میشود به صورت زیر میباشد.

 $\Upsilon p + \eta n + \Sigma \rightarrow_{\Sigma}^{*} He$ $\Upsilon p + \Upsilon n + \eta \Lambda \rightarrow_{\Lambda}^{\vee} Li$ در زیر جدول ۳-۱ تعدادی از هیپروهستهها به همراه ویژگیهای آن، آورده شده است.

هيپروهسته	ساختارکوارکی	فوق بار	I ₃	Ι	J^P	جرم
	هيپروهسته					$\left(\frac{MeV}{c^2}\right)$
${}^{4}_{\Lambda}H(pnn\Lambda)$	uud,udd,udd,uds	١	- <u>1</u> 7	$\frac{1}{r}, \frac{r}{r}$	•+,1+	8977
${}^{4}_{\Omega}H(pnn\Omega)$	uud,udd,udd,sss	٥	$\frac{-1}{r}$	$\frac{1}{7}, \frac{\pi}{7}$	۱+,۲+	4977
$\int_{\Sigma^0}^4 H(pnn\Sigma^0)$	uud,udd,udd,uds	١	$\frac{-1}{r}$	$\frac{1}{r}, \frac{r}{r}, \frac{\Delta}{r}$	•*,1*	۳۹۲۲
$\int_{\Sigma^{-}}^{4} H(pnn\Sigma^{-})$	uud,udd,udd,dds	٥	<u>-۳</u> ۲	$\frac{r}{r}, \frac{\Delta}{r}$	• ⁺ , ⁺	39.4
$\frac{4}{\Sigma^+}H(pnn\Sigma^+)$	udd,udd,udd,uus	٢	$\frac{1}{r}$	$\frac{1}{r}, \frac{r}{r}, \frac{\Delta}{r}$	• ⁺ , ⁺	۳۹۳۳
$\frac{4}{\Xi^{-}}H(pnn\Xi^{-})$	uud,udd,udd,dss	0	- 1	١, ٢	• ⁺ , ⁺	41.8
$\frac{4}{\Xi^0}H(pnn\Xi^0)$	uud,udd,udd,sss	١	0	•,1,7	• ⁺ , ⁺	4171

جدول ۳-۱: ویژگی های بعضی از هیپروهستهها [۲۳]

همانطور که در جدول بالا مشاهده می کنید هیپروهسته H_{Λ}^{4} دارای یک پروتون و دو نوترون یک هیپرون لاندا می باشد و هیپروهسته H_{Ω}^{4} دارای یک پروتون و دو نوترون و یک هیپرون امگا می باشد و تفاوت جرم این دو هیپروهسته ناشی از تفاوت این دو هیپرون در هیپروهسته است.

اکنون به معرفی هیپروهسته دو هیپرونی و هیپروهسته آینهای میپردازیم.

-7 هیپروهسته های دو هیپرونی: هیپروهسته هایی که شامل دو هیپرون باشد هیپروهسته دو هیپرونی نام دارند. مطالعه در مورد هسته های دو هیپرونی اطلاعات مفیدی در مورد نیروی بین هیپرون دو هیپرونی نام دارند. مطالعه در مورد هسته های دو هیپرونی اطلاعات مفیدی در مورد نیروی بین هیپرون – هیپرون در اختیار ما قرار می دهد. اولین هیپروهسته دو هیپرونی در سال ۱۹۶۵ از آزمایش امولسیون کشف شد این آزمایش به این صورت انجام شد که از به دام افتادن هیپرون – = توسط C^{12} ، هیپروهسته دو هیپرونی در سال ۱۹۶۵ از آزمایش امولسیون کشف شد این آزمایش به این صورت انجام شد که از به دام افتادن هیپرون $= \frac{6}{44}$

 $^{12}C + \Xi^{-} \rightarrow^{6}_{\Lambda\Lambda} He + t + \alpha$

شکل ۳-۳ امولسیون تولید و واپاشی هیپروهسته ⁶ مهان میدهد.



[۱۰] $_{\Lambda\Lambda}^{6}He$ شکل ۳-۳ : عکس امولسیون تولید و واپاشی He

شکل ۳-۴ نمایی کلی از هیپروهسته تک هیپرونی لاندا و هیپروهسته دو هیپرونی لاندا را نشان میدهد.



شکل ۳–۴: هیپروهسته دو هیپرونی هیپروهسته تک هیپرونی

در جدول ۳-۲ مشخصات هیپروهستههای دوهیپرونی همراه با ویژگیهایشان، آورده شدهاست.

هيپروهسته	ساختار کوارکی	فوق بار	I ₃	Ι	J^P	جرم
	هيپروهسته					$\left(\frac{MeV}{c^2}\right)$
${}^{4}_{\Lambda\Lambda}H(pn\Lambda\Lambda)$	uud udd uds uds	١	٥	•.1	• ⁺ ,1 ⁺	4118
$\frac{4}{\Sigma^0\Sigma^0}H(pn\Sigma^0\Sigma^0)$	uud udd uds uds	١	0	•.1.7.٣	• ⁺ ,1 ⁺	4117
$\int_{\Sigma^{-}\Sigma^{-}}^{4} He(pp\Sigma^{-}\Sigma^{-})$	uud uud dds dds	•	- 1	۱،۲،۳	• •	410.
$\int_{\Sigma^+\Sigma^-}^4 He(pp\Sigma^+\Sigma^-)$	uud uud uus dds	٢	١	۱،۲،۳	• ⁺ , ⁺	41.0

جدول ۳-۲ : ویژگی هیپروهسته های دو هیپرونی[۲۳]

- a **هیپروهستههای آینهای** : هیپروهستههایی هستند که دارای هیپرونهایی از یک نوع، با عدد جرمی برابر، که مشابه هسته های آینهای درفیزیک هستهای تعداد پروتون یکی ازهیپروهستهها با تعداد نوترون هیپروهستهی، دیگری برابر باشد و بلعکس، برای مثال دو هیپروهسته زیر را در نظر می گیریم : $\sum_{X_{1}}^{A} X_{1}$ () $\sum_{Y_{1}}^{A_{1}} X_{2}$

این دو هیپروهسته، هیپروهستههای آیینهای یکدیگرند در صورتی که سه شرط زیر را داشته باشد:

1) $z_1 = n_r$ 7) $z_r = n_1$ 7) $Y_1 = Y_r$

۳-۶ هیپروهستههای زوج و فرد:

در هستههای معمولی از روی تعداد نوترون و پروتون هستهها به هستههای زوج –زوج، فرد –فرد و زوج-فرد تقسیم میشود. در هیپروهستهها، اگر تعداد پروتون و نوترون زوج باشد هیپروهسته زوج –زوج و اگر تعداد پروتون و نوترون فرد باشد هیپروهسته فرد –فرد و اگر تعداد پروتون زوج (فرد) و تعداد نوترون فرد (زوج) باشد هیپروهسته زوج-فرد است.

۳-۷ تولید هیپروهسته:

هیپروهستهها، به سه صورت تولید می شود ۱- تولید هیپروهسته با تبدیل یک نوترون به هیپرون، ۲-تولید هیپروهسته با تبدیل یک پروتون به هیپرون ۳-جذب هیپرون [۱۱].

۳-۷-۱ تبدیل یک نوترون به هیپرون:

در هسته اصلی، یک نوترون تبدیل به هیپرون میشود سپس با کم شدن یکی از نوترونهای هسته یک هیپرون تولید میشود. در این مکانیسم عدد اتمی هیپروهسته تولید شده با عدد اتمی هسته اصلی برابر است.

 $^{p+n}Z \rightarrow^{p+(n-1)+Y}_{Y}Z$ $K^{-} +^{12}C \rightarrow^{12}_{\Lambda}C + \pi^{-}$

۳-۷-۳ تبدیل یک پروتون به هیپرون:

در هسته هدف، یک پروتون تبدیل به هیپرون می شود و هیپروهسته تولید می شود و یکی از پروتونهای هسته کم می شود در این روش هیپروهسته ای که تولید می شود عدد اتمی متفاوت از هسته ای که از آن تولید شده دارد.

۳-۷-۳ جذب هیپرون:

در این روش تولید هیپروهسته با جذب هیپرون توسط هیپروهسته هدف، هیپروهسته دو هیپرونی از هیپروهسته تک هیپرونی تولید میشود برای مثال میتوانیم به برهم کنش زیر اشاره کنیم. $\Xi^- + {}^{12}_{\Lambda} C \rightarrow {}^{12}_{\Lambda\Lambda} B + n$

به عنوان مثال هیپروهسته لاندا از یکی از دو روش زیر تولید میشود:

(۱) تبادل شگفتی: از واکنش (K^-, π^-) بین نوترون و کائون، کوارک شگفت (S) به صورت زیر، مبادله می شود و نوترونی که در هسته وجود دارد تبدیل به هیپرون لاندا می شود. $K^-(\bar{u} \ s) + n(d \ d \ u) \to \pi^-(\bar{u} \ d) + \Lambda(s \ d \ u)$ (۲) تولید شگفتی: از واکنش (π^+, K^+) بین کوارک b نوترون و \overline{b} برهم کنش انجام می شود و کوارک $\overline{s}, \overline{s}$ تولید می شود.

 $\pi^+(u \ \overline{d}) + n(d \ d \ u) \to K^+(u \ \overline{s}) + \Lambda(s \ d \ u)$

۳-۸ واپاشی هیپروهسته ها:

هیپروهستهها ناپایدارند و برای اینکه به پایداری برسند واپاشی می کنند. هیپروهستههای برانگیخته معمولا از طریق واکنش $(\pi^+, K^-), (\pi^-, \pi^-), (\pi^+, K^+)$ از طریق واکنش (الکترومغناطیسی به حالت پایهاش واپاشی می کند و سپس از طریق بر هم کنش ضعیفی که تابش آن شامل پیون و نوکلئون است واپاشی می کند. واپاشی ضعیف هیپروهستهها به دو صورت مزونی و غیر مزونی انجام می شود که شکل π -۵ نمای کلی از آن نشان داده شدهاست



شكل ٣-٥ : نمايش كلي واپاشي هيپروهسته

۳–۸–۱ واپاشی هیپروهستههایی که درمحصول واپاشی دارای مزون اند(مزونی):

در این نوع از واپاشی هیپروهسته، در محصول واپاشی مزون وجود دارد و عدد شگفتی پایسته نیست.

واپاشی مزونی شبیه واپاشی لاندا آزاد میباشد فقط با این تفاوت که در واپاشی لاندا آزاد اصل طرد پائولی مانع از تولید نوکلئون نمی شود ولی در واپاشی مزونی چون تکانه نوکلئون تولید شده از تکانه فرمی کوچکتر است اصل طرد پائولی مانع از ادامه فرایند واپاشی می شود.

واپاشی مزونی به یکی از شکلهای زیر انجام میشود:

 $\Lambda \to p + \pi^{-}$ $\Lambda \to n + \pi^{0}$

واکنش زیر مثالی از یک واپاشی مزونی میباشد.

 ${}^{*}_{\Lambda}H \rightarrow {}^{*}He + \pi^{-}$

در زیر واپاشی تعدادی از هیپروهستههای دو هیپرونی به تک هیپرونی را نشان میدهد که طی این واپاشی هیپروهسته دو هیپرونی به یک هیپروهسته تک هیپرونی و هسته سبک و یک مزون واپاشی میکند

 ${}^{\mathsf{q}}_{\Lambda\Lambda} Li \rightarrow^{\mathsf{A}}_{\Lambda} Li + {}^{\mathsf{H}} H + \pi^{-}$ ${}^{\mathsf{A}}_{\Lambda\Lambda} Li \rightarrow^{\mathsf{V}}_{\Lambda} Li + {}^{\mathsf{H}} H + \pi^{-}$ ${}^{\mathsf{H}}_{\Lambda\Lambda} Be \rightarrow^{\mathsf{H}}_{\Lambda} Be + {}^{\mathsf{H}} H + \pi^{-}$ ${}^{\mathsf{H}}_{\Lambda\Lambda} Be \rightarrow^{\mathsf{q}}_{\Lambda} Be + {}^{\mathsf{H}} H + \pi^{-}$

۳–۸–۲ واپاشی هیپروهستههایی که درمحصول واپاشی مزون ندارند(غیر مزونی) :

در این نوع واپاشی یک برهم کنش بین نوکلئون و هیپرون درون هسته صورت می گیرد و در محصول واپاشی مزون وجود ندارد و فقط دو نوکلئون وجود دارد.

اصل طرد پائولی در واپاشی غیر مزونی تاثیری بر ادامه فرآیند، ندارد چون تکانه نوکلئون تولید شده از تکانه فرمی بزرگتر است. این واپاشی به صورت زیر انجام میشود:

$${}^{A}_{\Lambda}Z \rightarrow {}^{A-r}(Z-r) + n + p$$
$${}^{A}_{\Lambda}Z \rightarrow {}^{A-r}Z + n + n$$

برای مثال واپاشی زیر یک واپاشی غیر مزونی میباشد:

 ${}^{\flat}_{\Lambda}He \rightarrow {}^{\flat}He + n + n$

۳-۹ خواص استاتیکی هیپروهسته:

هیپرون بدون هیچ گونه محدویتی میتواند به علت داشتن عدد شگفتی و رعایت نکردن اصل طرد پائولی، وارد هسته شود و ویژگی های هسته را تحت تاثیر قرار بدهد.

وقتی هیپرون وارد هسته می شود، بعضی از ویژگیهای هسته تغییر می کند، از جمله ویژگیهایی که با ورود هیپرون به هسته تغییر می کند:

- ۱) ابعاد
- ۲) چگالی
- ۳) قطبش مرکزهسته

- ۴) مدل پوسته ای
- ۵) مدل گاز فرمی
- ۶) مدل قطره مايع
- ۷) حرکت تجمعی
- ۸) گشتاور مغناطیسی
 - ۹) انرژی بستگی
 - ۱۰)انرژی جداسازی

که ما در اینجا به بررسی بعضی از این ویژگیها میپردازیم :

۳-۹-۱ ابعاد : وجود هیپرون در یک هسته باعث به وجود آمدن قید در هسته می شود و این موجب می شود ابعاد هسته کمی کوچکتر به نظر برسد. درواقع هیپرون با جذب نوکلئون های اطراف خود باعث کوچکتر شدن شعاع هسته می شود .



شکل ۳-۶: کاهش اندازه هسته بعد از اضافه شدن هیپرون لاندا

همانطور که در شکل بالا ملاحظه می کنیم اندازه هسته بعد از اضافه شدن هیپرون لاندا، کاهش پیدا می کند. ۳-۹-۲چگالی: بررسیهای انجام شده نشان داده است که چگالی هستهای که هیپرون به آن اضافه شده است از چگالی هستهی معمولی بیشتر است و وجود هیپرون باعث افزایش چگالی میشود. شکل زیر، افزایش چگالی را در اثر ورود هیپرون به هسته نشان میدهد.



شکل ۳-۷: افزایش چگالی موثر در حضور هیپرون

۳–۹–۳مدل پوستهای: این مدل بیان می کند که هسته ساختاری لایهای دارد و هریک از این لایهها یک سطح انرژی معینی دارد و هر نوکلئون در سطح خاصی از انرژی قرار می گیرد برای مثال تعدادی نوکلئون با انرژی مشخص وجود دارد، نوکلئونی که انرژی آن کم تر از بقیه باشد در پایین ترین لایه قرار می گیرد و بقیه الکترونها، با رعایت اصل طرد پائولی به ترتیب در لایههای بالاتر قرار می گیرد.

از بررسیها وآزمایشات انجام شده ساختار پوسته ای برای هیپروهستههای سنگین ثابت شدهاست. هیپروهسته با تعداد باریون ۳و۴و۵ پوسته ۶ هیپروهسته را اشغال میکند و هیپروهسته با تعداد باریون های بیشتر بقیه پوستهها، را با توجه ظرفیت پوسته، اشغال میکند.

اگر هیپرون در اولین تراز یعنی ¹3 قرار بگیرد هیپروهسته پایدار است و در غیر این صورت

هیپروهسته برانگیخته میباشد.

هیپرونها به دو روش در ترازهای انرژی قرار می گیرد: ۱- جانشینی و ۲- غیر جانشینی اگر هیپرون در ترازی قراربگیرد که نوکلئون در آن قرار داشته است هیپرون به روش جانشینی در هیروهسته قرار گرفته است ولی اگر هیپرون در ترازی غیر از ترازی که نوکلئون در آن قرار داشته قرار بگیرد به روش غیر جانشینی در هیپروهسته قرار گرفته است. وقتی هیپرون به روش جانشینی در هیپروهسته قرار بگیرد $0 = I\Delta$ است و هنگامی که هیپرون به روش غیرجانشینی در هیپروهسته قرار بگیرد $1 = I\Delta$ می باشد. شکل زیر حالت های جانشینی و غیر جانشینی هیپرون لاندا را در هیپروهسته را نشان میدهد.



شکل ۳–۸ : حالت های جانشینی و غیر جانشینی هیپرون . . .

۳–۹–۴ مدل گاز فرمی: مطابق این مدل، نوترونها و پروتونها به صورت آزادانه در چاه پتانسیل به ابعاد هسته حرکت میکنند.

نمودار زیر نمایش چاه پتانسیل، برای نوترون و پروتون و هیپرون لاندا است همانطور که ملاحظه می شود عمق چاه پتانسیل برای نوترون ۵۵*MeV و بر*ای پروتون به علت وجود دافعه کولنی کمتر از ۵۵*MeV و* برای هیپرون لاندا ، ۲۶*MeV* می باشد.



شکل ۳-۹: نمایش چاه پتانسیل نوکلئون وهیپرون

حال به بررسی پتانسیلی که بین نوکلئون و هیپرون وجود دارد می پردازیم : الف) پتانسیلی که به هیپرون لاندا در هیپروهسته وارد می شود ناشی از پتانسیل هیپرون _ نوکلئون $V_{\scriptscriptstyle \Lambda N}$ می باشد.

ب) پتانسیلی که نوترون در هیپروهسته حس می کند ناشی از پتانسیل هیپرون _ نوکلئون $V_{\Lambda N}$ و پتانسیل نوکلئون _ $V_{\Lambda N}$

ج) پتانسیلی که به پروتون در هیپروهسته وارد می شود ناشی از پتانسیل هیپرون ـ نوکلئون $V_{\scriptscriptstyle \Lambda N}$ و پتانسیل نوکلئون ـ نوکلئون $V_{\scriptscriptstyle \Lambda N}$ می باشد و پتانسیل کولنی می باشد.

۳-۹-۵ مدل قطره مایع:

مدل قطره مایع از روی قطرههای مایع توسط بور پیشنهاد شد. وایتسکر ^{۱۳} ملاحظه کرد که چگالی هسته و و متوسط انرژی بستگی و متوسط انرژی بستگی ثابت است و بر همین اساس وایتسکر در ۱۹۳۵ رابطه ای را، برای انرژی بستگی هسته ارائه کرد که این رابطه، اولین و معروفترین فرمول نیمه تجربی جرم برای هستهها، میباشد و در ادامه به بیان آن می پردازیم.

همانطور که میدانیم انرژی بستگی هسته مقدار انرژی لازم برای تجزیه یک هسته به نوکلئونهای سازنده آن است با استفاده از مدل قطره مایع هسته میتوان مقدار این انرژی را بر حسب عدد جرمی (A) و عدد اتمی (Z) حساب کرد. فرمول انرژی بستگی تعمیم یافته بته وایستکر به صورت زیر میباشد :

$$B(A,Z) = a_{v}A - a_{s}A^{\frac{v}{v}} - a_{c}\frac{Z(Z-v)}{A^{\frac{v}{v}}} - \frac{a_{sym}(n-z)^{v}}{(v+\exp(\frac{-A}{v}))A} + \delta_{new}$$
(v-v)

 ${
m A}$ جمله اول رابطه بالا عبارت حجمی میباشد و نشان میدهد که انرژی بستگی برای یک هسته با تعداد ${
m A}$ نوکلئون متناسب با ${
m A}$ (عدد جرمی) میباشد .

عبارت دوم جمله سطحی نام دارد که متناسب با مساحت سطح هسته است، نوکلئونهای سطحی تحت جاذبه یکسان از اطراف خود قرار نمی گیرد و پیوندهای کمتری دارد و این عبارت انرژی بستگی را کاهش میدهد.

عبارت سوم جمله کولنی میباشد و به علت نیروی دافعهای که بین پروتونها وجود دارد این جمله اثر منفی روی انرژی بستگی دارد.

[&]quot; Whitsacker

علاوه بر این باید جمله ای معرفی شود که به هستههای (N =Z) بیشترین بستگی را نسبت بدهد این جمله به علت تاثیرش در متقارن نگه داشتن هسته جمله تقارنی نام دارد.

جمله آخر جمله تزویج نام دارد برای هسته های n و z (زوج _ زوج)مثبت و برای هسته های با n و z (فرد_ فرد) منفی میباشد و از مقدار انرژی بستگی کم میکند و برای هسته هایی با n وz (فرد _ زوج) یا برعکس، صفر میباشد. رابطه انرژی بستگی برای هیپروهسته به صورت زیر میباشد که تعمیم یافته رابطه (۵) است [۲۷].

$$B(A,Z)_{hypernuclei} = a_v - a_s A^{\frac{r}{r}} - a_c \frac{Z(Z-v)}{A^{\frac{v}{r}}} - \frac{a_{sym}(n-z)}{(v+exp(\frac{-A}{vy}))A} + (v-exp(\frac{-A}{vy})) \&$$
$$+ n_y [\cdots rr\Delta(m_y) - r \beta \cdot v - f \lambda \cdot v |S| A^{\frac{-r}{r}}] \qquad (r-r)$$

انرژی بستگی برای هیپروهسته شامل n نوترون و z پروتون است .
$$B(A,Z)_{hypernuclei}$$
 تعداد هیپرون را نشان میدهد و در این رابطه هیپرون ها از یک نوع میباشد و ${f S}$ عدد شگفتی است و
برای هسته معمولی صفر میباشد.

$$B(A,Z,\Lambda) = a_{v}A_{C} - a_{s}A_{C}^{\frac{v}{v}} - a_{c}\frac{Z(Z-v)}{A_{C}^{\frac{1}{v}}} - a_{sym}\frac{(N-Z)^{v}}{A_{C}} + \delta - \frac{b}{A_{C}^{\frac{v}{v}}}[v - \frac{b}{A_{v}^{\frac{v}{v}}}] + b_{v} \qquad (v-v)$$

در رابطه بالا ، A عدد جرمی و A_c عدد جرمی بدون در نظر گرفتن هیپرون میباشد و Z تعداد پروتون و A میباشد و R تعداد پروتون و N تعداد نوترون میباشد. a_v, a_s, a_c, a_{sym} مقادیر ثابت هستند که از برازش دادهها به دست میآید

جمله اول، جمله حجمی نام دارد که با عدد جرمی هسته رابطه مستقیم دارد و جمله دوم سهم کاهش انرژی بستگی به علت یکسان نبودن اثر جاذبه روی نوکلئونهای سطحی از طرف دیگر نوکلئونهاست. جمله سوم اثر کاهشی دافعه کولنی پرتونها بر روی انرژی بستگی را نشان میدهد و جمله چهارم جمله تقارنی نام دارد که برای هستههایی که تعداد پروتون و نوترون برابر داشته باشد بیشترین مقدار انرژی بستگی را دارد و جمله پنجم پارامتری است که برای هستههای زوج-زوج بیشترین مقدار و برای هسته های فرد-فرد کمترین مقدار انرژی بستگی و برای هستههای با عدد جرمی فرد صفر است و جمله تزویج نام دارد و جمله آخر ناشی از وجود هیپرون است و این مقادیر ثابت به ترتیب برابر:

$$\begin{aligned} a_v &= \mathsf{N} \Delta. \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV), a_s = \mathsf{N} \Delta. \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV), a_c = \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV), a_{sym} = \mathsf{Y} \mathsf{Y} \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV) \\ b_v &= \mathsf{N} \mathsf{Y} \mathsf{Y} \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV) \\ b_v &= \mathsf{Y} \mathsf{Y} \mathsf{Y} \cdot \mathsf{Y} \mathsf{Y} (MeV) \\ A &= N + Z + \Lambda \\ A_c &= N + Z \end{aligned}$$

۳–۹–۶ مدل تجمعی: هستهها تغییر شکل یافته هستند و شکل متقارن کروی ندارند پس باید مدلی ارئه شود که بتواند رفتار و ویژگیهای این هستهها راتوجیه کند این مدل حرکت های نوسانی و دورانی هسته های تغییر شکل یافته شعاع هسته برحسب هماهنگهای کروی به صورت (۳–۴) به دست میآید:

$$R = R_{\cdot}(1 + \sum_{\lambda,\mu}^{\lambda,\mu} a_{\lambda,\mu} Y_{\lambda,\mu}(\theta,\varphi))$$
((4-17))

در رابطه بالا R_0 شعاع هسته در حالت تعادل کروی است و $\mu = -\lambda, ..., +\lambda$ و $\mu_{\lambda,\mu}$ مختصاتی است که R_0 ابطه بالا R_0 شعاع هسته در حالت تعادل کروی است و $\chi_{\lambda,\mu}(\theta, \phi)$ مختصاتی است که به صورت زیر تعریف می شود.

$$Y_{\lambda,\mu}(\theta,\varphi) = N \, e^{im\varphi} P_l^m(\cos\theta) \tag{$\Delta-r$}$$

در رابطه بالا N ثابت بهنجارش نام دارد اگر نسبت به محور Z تقارن وجود نداشته باشد توابع لژاندر، در حضور m توابع لژاندر وابسته است و به صورت زیر نوشته می شود:

$$P_l^m(\cos\theta) = (-1)^m(\sin\theta) \frac{d^m}{d(\cos\theta)^m} (P_l(\cos\theta))$$
(8-7)

در توابع چند جملهایهای لژاندر به ازای مقادیر مختلف *m*,*l* توابع متفاوتی به دست میآید که در جدول ۳-۳ صفحه بعد به ذکر تعدادی از آن ها پرداختهایم:

جدول ۳-۳ : توابع لژاندر

$P_l^m(\cos\theta)$	m	l
$P_{0}^{0}(\cos\theta) = 0$		
		0
$P_1^0(\cos\theta) = \cos\theta$	•	١
$P_1^0(\cos\theta) = -\sin\theta$	۱ ۱	١
$P_2^0(\cos\theta) = \frac{1}{2}(3\cos^2\theta - 1)$	0	۲
$P_2^1(\cos\theta) = -3\cos\theta\sin\theta$)	٢
$P_2^2(\cos\theta) = 3\sin^2\theta$	۲	٢

سه نوع تغییر شکل مختلف، برای هستهها وجود دارد که به صورت زیر میباشد:

۱) مد تک قطبی :

مد تک قطبی یا مد تنفس که در این مد $0 = \lambda$ و $Y_{00} = \frac{1}{4\pi}$ اگر $a_{00} = 0$ باشد شعاع هسته تغییر نمی کند، ولی اگر $0 = a_{00} \neq 0$ باشد شعاع هسته تغییر می کند.





شکل ۳-۱۰ : مربوط به مد تک قطبی

۲) مد دو قطبی : در این مد $\lambda = 1$ است و در این مد مرکز جرم هسته جابجا می شود.



شکل ۳–۱۱: مربوط به مد دو قطبی

) مد چهار قطبی : این مد مربوط به تغییر شکل چهار قطبی است که در آن $2 = \lambda$ و شکل هسته (۳) مد چهار قطبی به بیضی گون تغییر می کند.



شکل ۳-۱۲: مربوط به مد چهار قطبی

حضور هیپرون در هسته شکل هسته را از حالت پخت به کروی تغییر میدهد. مدل هارتر- فو^{۲۰} تغییر شکل هستهای که به آن اضافه شده است را پیش بینی میکند. پارامتر تغییر شکل یافته β به صورت زیر، تعریف می شود این پارامتر میزان تغییر شکل هیپروهسته را نشان میدهد[۱۲].

$$\beta = \frac{\epsilon \pi}{r A R^r} Q_r. \qquad (r-r)$$

در رابطه بالا A عدد جرمی و R شعاع هسته است. Q_{20} گشتاور مغناطیسی چهارقطبی است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$Q_{r.} = \sqrt{\frac{\Delta}{18\pi}} \int d^{r} r (\tau z^{r} - x^{r} - y^{r}) \rho_{tot}(r) \qquad (\Lambda - \tau)$$

. چگالی کل میباشد که شامل چگالی هیپرون، نوترون و پروتون میباشد. $ho_{tot}(r)$

اگر مقدار محاسبه شده β مثبت باشد هیپروهسته به صورت یک بیضیوار کشیده و طویل است و اگر منفی باشد هیپروهسته شکل بیضیوار پخت و پهن دارد.

^{\coloreftee}Skyrme-Hartree-Fock

۳-۱۰ گشتاور مغناطیسی:

یکی از ویژگیهای مهم هستهها که در بررسی ساختار هسته مفید است گشتاور مغناطیسی هسته میباشد گشتاور مغناطیسی یکی از خواص استاتیک هسته است و اطلاعات مفیدی از ماهیت نیروی هستهای به دست میدهد. در این بخش به محاسبه گشتاور مغناطیسی هسته بدون در نظر گرفتن برهم کنش بین کوارکها، می پردازیم [۱۳].

برای محاسبه گشتاور دو قطبی مغناطیسی یک حلقه جریان الکتریکی با جریان الکتریکی i را در نظر می محاسبه گشتاور دو قطبی میباشد :

 $\vec{\mu} = iA$

اگر جریان عبوری از حلقه i باشد این جریان به صورت نسبت بار الکتریکی e+ عبوری از حلقه به مدت زمان چرخش به دور حلقه در نظر گرفته می شود و رابطه گشتاور به صورت زیر به دست می آید:

$$i = \frac{e}{\frac{\tau \pi r}{V}} = \frac{eV}{\tau \pi r}$$

$$\mu = iA = (\frac{eV}{\tau \pi r})(\pi r^{\tau}) = \frac{eVr}{\tau}$$
(1.-\mathbf{T})

با وارد کردن جرم پروتون در رابطه بالا، رابطه به شکل زیر می شود :

$$\mu = \frac{evr}{r} = \left(\frac{m_p evr}{rm_p}\right) = \left(\frac{e}{rm_p}\right)m_p vr \qquad (11-r)$$
$$L = m_p vr \to \mu = \left(\frac{e}{rm_p}\right)L \qquad (1r-r)$$

چگالی جریان برای پروتون های هسته به صورت زیر، تعریف می شود :

$$\vec{J}(\vec{x}) = \sum_{i} q_i \vec{v}_i \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \tag{17-7}$$

در نتیجه گشتاور مغناطیسی صورت زیر محاسبه می شود:

$$\vec{\mu} = \frac{1}{\gamma c} \int x' \vec{J}(\vec{x}') d^{\tau} x' \int f(\vec{x}') \,\delta(\vec{x} - \vec{x}') d^{\tau} x' = f(x_i) \right\} \rightarrow \vec{\mu} = \frac{m}{\gamma mc} \sum_i x_i \times q_i \,\vec{v}_i \qquad (14-7)$$

با توجه به این که
$$L = mxv = L$$
 است و مقدار $q = e$ است رابطه بالا به رابطه زیر تبدیل می شود.

$$\mu = \frac{e}{\mathrm{\gamma}mc} \sum_{i} \vec{L}_{i} = \frac{e\,\vec{L}}{\mathrm{\gamma}mc} \tag{10-7}$$

از دیدگاه مکانیک کوانتمی برای یک حالت معین l_z مولفه μ_z مطابق با بیشترین مقدار ممکن برای $l_z = m_l \hbar$

$$\mu_z = \frac{eh}{r_m} m_l \tag{19-7}$$

$$\mu_N = \left(\frac{e\hbar}{\tau m_p}\right) = \Delta \cdot \Delta 1 \times 1 \cdot \frac{J}{T}$$
(14-57)

و در نتيجه داريم :

$$\mu = g_l l (\mu_N) \tag{1A-T}$$

مقدار g₁ به مقدار تکانه زاویهای مداری بستگی دارد با توجه به این نکته که نوکلئونهای هسته اسپین ذاتی دارند، مقدار گشتاور مغناطیسی به صورت رابطه زیر نوشته می شود.

$$\mu = (g_l l + g_s s) (\mu_N) \tag{19-7}$$

مقدار g_i, g_s برای پروتون، نوترون در جدول زیر آورده شده است.

عدول ۲-۲ : مفادیر g_l,g_s برای پروتون و توترون	يتون و نو ترون	ور ای پرو <i>g_l,g_s برای پرو</i>	۳–۴ : مقادیر	جدول
--	----------------	---	--------------	------

نوع ذره	<i>g</i> ₁	g_s
پروتون	١	۵.۵۸
نوترون	٥	۳.۸

در نتیجه گشتاور مغناطیسی هر نوکلئون و هیپرون، از جمع گشتاورهای مغناطیسی کوارکهای تشکیل دهنده، به دست می آید.

$$\begin{split} \vec{\mu}_p &= \vec{\mu}_u + \vec{\mu}_u + \vec{\mu}_d \\ \vec{\mu}_n &= \vec{\mu}_u + \vec{\mu}_d + \vec{\mu}_d \\ \vec{\mu}_\Lambda &= \vec{\mu}_u + \vec{\mu}_d + \vec{\mu}_s \end{split} \tag{(Y - Y)}$$

 μ_s , μu گشتاور دوقطبی مغناطیسی پروتون، μn گشتاور دوقطبی مغناطیسی نوترون و μ_s , μ_a , μ_s , μ گشتاور دوقطبی مغناطیسی کوارکهای بالا و پایین و شگفت میباشد.

به طور کلی برای کوارک با اسپین S و بار الکتریکی Q ، عملگر گشتاور دوقطبی مغناطیسی به صورت تعریف میشود:
$$\vec{\mu}_q = \frac{Q\vec{S}}{M_qC} \tag{(1-7)}$$

اندیس q نشان دهنده طعم کوارک می باشد. برای کوارکهای بالا و پایین با توجه به بار الکتریکی آنها خواهیم داشت:

$$\mu_u = \frac{r}{r} \frac{e\hbar}{r m_u C} \tag{(TT-r)}$$

$$\mu_u = \frac{-1}{r} \frac{e\hbar}{r m_d C} \tag{(TT-T)}$$

گشتاور مغناطیسی هسته را نوکلئونهای ظرفیت تعیین میکند باید به این نکته توجه داشت نوکلئونهایی که در لایه ظرفیت به صورت زوج می باشد سهمی در تعیین گشتاور مغناطیسی ندارد چون نیروی تزویج در هسته، جفت شدگی میان نوکلئونها را طوری تنظیم میکند که برایند تکانه زاویه ای مداری و اسپینی هر زوج، صفر می شود. از این روش می توان برای محاسبه گشتاور مغناطیسی هیپروهستههایی که در لایه ظرفیت آنها الف) یک نوکلئون ویک هیپرون ب) دو نوکلئون و یک هیپرون ج)چهار نوکلئون و یک هیپرون وجود

فصل چهار: انرژی بستگی هیپروهسته ها

۴-۱ مقدمه :

انرژی بستگی هسته که شامل Z پروتون و عدد جرمی A است از رابطه بته وایستکر به دست میآید و همانطور که در فصل قبل اشاره شد این رابطه برای هیپروهستهها هم نوشته شدهاست.

در این فصل در بخش ۲–۴ ما به معرفی رابطه جرم هیپروهسته، محاسبه جرم برخی از هیپروهستهها، میپردازیم و نمودار جرم بر حسب عدد اتمی را رسم میکنیم. سپس در بخش ۳–۴ مقدار انرژی جدایی پروتون و نوترون هیپروهسته را با روابط مختلف محاسبه میکنیم و مقادیر به دست آمده را با مقدار تجربی مقایسه میکنیم و در انتهای این فصل انرژی جدایی هیپرون را برای هیپروهستههای مختلف محاسبه میکنیم.

۴–۲ جرم هیپروهسته: اندازه گیری های دقیق برای محاسبه جرم اتمها نشان میدهد که جرم یک هسته از مجموع جرم پروتون و نوترونهای تشکیل دهنده آن کمتر است. این اختلاف جرم معادل انرژی بستگی هسته میباشد به هنگام تشکیل هسته آزاد میشود. در هیپروهسته هم، جرم کل هیپروهسته از مجموع جرم باریونهای تشکیل دهنده آن، به اندازه انرژی بستگی هیپرون کمتر است.

جرم هیپروهسته از رابطه زیر به دست میآید:

$$M(A,Z) = M_{cor} + M_{Y} - B_{Y}(g,s)$$
 (1-4)

در رابطه بالا M_{cor} جرم هسته و M_{Y} جرم هیپرون و $B_{Y}(g,s)$ انرژی بستگی هیپرون است.

A عدد باریونی است که به صورت زیر تعریف میشود:

$$A = N + Z + n_{\gamma} \tag{(Y-f)}$$

که N تعداد نوترون و Z تعداد پروتون و n_{Y} تعداد هیپرون میباشد.

$$M_{cor} = Z_c m_P + Nm_n - \frac{B(A - \Sigma n_Y, Z_c)_{cor}}{c^{\gamma}} \qquad (\gamma - \gamma)$$
در رابطه بالا $m_n = R(A - \Sigma n_Y, Z_c)_{cor}$ ($\gamma - \gamma$) انرژی بستگی هسته میباشد.
 $B(R - \Sigma n_Y, Z_c)_{cor} = R(A - \Sigma n_Y, Z_c)$ انرژی بستگی هسته میباشد.
 $B_Y(g, s) = B(A - \Sigma n_Y, Z_c) = R(A - \Sigma n_Y, Z_c)$

$$B_{Y}(g,s) = B(A,Z)_{hypernuclei} - B(A - \sum_{Y} n_{Y}, Z)_{core}$$
(t-t)

انرژی بستگی هیپروهسته به صورت زیر نوشته میشود:

$$B(A,Z)_{hypernuclei} = a_v A - a_s A^{\frac{v}{v}} - a_c \frac{Z(Z-v)}{A^{\frac{v}{v}}} - \frac{a_{sym}(n-z)}{(v+\exp(\frac{-A}{v}))A} + (v-\exp(\frac{-A}{v}))\delta$$
$$+ n_y [\cdots \nabla \nabla \Delta(m_y) - \nabla S \cdot V - \nabla A \cdot V |S| A^{\frac{-v}{v}}] \qquad (\Delta - \nabla)$$

که رابطه بالا تعمیم یافته رابطه انرژی بستگی هسته میباشد و جمله آخر به علت وجود هیپرون ظاهر شده است.

$$B(A - \sum_{Y} n_{Y}, Z)_{core} = a_{v}(A - \sum_{Y} n_{Y}) - a_{s}(A - \sum_{Y} n_{Y})^{\frac{Y}{v}} - a_{c} \frac{Z(Z - 1)}{(A - \sum_{Y} n_{Y})^{\frac{1}{v}}} - \frac{A_{sym}(n - z)}{(A - \sum_{Y} n_{Y})^{\frac{1}{v}}} + (1 - \exp(\frac{-(A - \sum_{Y} n_{Y})}{v})) \& \qquad (9 - 4)$$

$$M(A,Z) = \left(\frac{1.\mathsf{fY}}{A^{\frac{1}{\mathsf{r}}}} + \frac{\mathsf{qY}.\mathsf{A}\mathfrak{f}}{A(\mathsf{1} + e^{\frac{-A}{\mathsf{1}\mathsf{V}}})}z^{\mathsf{T}} + (m_n + m_p - \frac{1.\mathsf{fY}}{A^{\frac{1}{\mathsf{r}}}} - \frac{\mathsf{qY}.\mathsf{A}\mathfrak{f}}{\mathsf{1} + e^{\frac{-A}{\mathsf{1}\mathsf{V}}}})z - \mathsf{T}(\mathsf{1} - e^{\frac{-A}{\mathsf{r}}})\delta + m_n + m_n n_\lambda + \mathsf{T}\mathsf{F}.\mathsf{F}.\mathsf{F}.\mathsf{A}^{\frac{\mathsf{r}}{\mathsf{r}}} + (-\mathsf{T}\mathsf{1}).\Delta\Delta\mathfrak{f} + \frac{\mathsf{T}\mathsf{T}^{\mathsf{T}}.\mathsf{T}}{\mathsf{1} + e^{\frac{-A}{\mathsf{1}\mathsf{V}}}} + m_n)A - \mathsf{T}n_\lambda(-\mathsf{T}\mathsf{F}.\mathsf{V} + \cdots \mathsf{T}\mathsf{T}\Delta m_\lambda - \frac{\mathsf{f}.\mathsf{A}.\mathsf{V}|S|}{A^{\frac{\mathsf{r}}{\mathsf{r}}}})$$

$$(\mathsf{V} - \mathsf{f})$$

هيپروهسته	Z	M(A,Z)
		(MeV)
	٣	98.8,78
$^{\prime \cdot}_{\Lambda}Be$	۴	۹۴۹۵,۳
$^{\vee}_{\Lambda}B$	۵	9498,94
$^{\prime \cdot}_{\Lambda}C$	۶	9611,17

A=۱۰ جدول ۴-۱: جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-فرد با عدد جرمی



A=1۰ شکل 4-1: نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج –فرد به ازای

شکل ۴-۱ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج -فرد که عدد جرمی آن A=۱۰ می باشد را نشان میدهد. در جدول ۴-۲ یک گروه از ایزوبارهای هیپروهستههای زوج-فرد با A=۱۲ ذکر شده است و نمودار زنجیره جرمی این هیپروهستهها بر حسب عدد اتمی Z رسم شدهاست.

هيپروهسته	Z	M(A,Z)
		(MeV)
$^{\prime\prime}_{\Lambda}Be$	۴	11881,0
$^{\prime\prime}_{\Lambda}B$	۵	11888,8
$^{_{\Lambda}}{}^{_{\Lambda}}C$	۶	11864,7
$^{\prime\prime}_{\Lambda}N$	Y	۱۱۳۶۷,۸

جدول ۴-۲: جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-فرد با عدد جرمی ۸=۱۲



 \mathbf{A} =۱۲ شکل ۴–۲: نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج–فرد به ازای

شکل ۴-۲ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج -فرد که عدد جرمی آن A=۱۲ می باشد بر حسب عدد اتمی Z را نشان میدهد.

همچنین در دو جدول ۴-۳ و ۴-۴ دو گروه از ایزوبارهای هیپروهستههای زوج-زوج و فرد-فرد با ۲۵=A ذکر شدهاست و نمودار زنجیره جرمی این هیپروهستهها بر حسب عدد اتمی Z رسم شدهاست.

جدول ۴–۳: جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای زوج-زوج با عدد جرمی ۸۵ 🗛

هيپروهسته	Z	Ν	M(A,Z)
			(MeV)
$O^{\scriptscriptstyle{\Delta7}}_{\Lambda}$	٨	18	78498
$^{\Lambda}_{\Lambda}Mg$	١٢	١٢	73479,1
$\int_{\Lambda}^{\gamma_{\Delta}} Si$	١۴	١.	22401



A= ۲۵ شکل 4-: نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج- زوج با عدد جرمی

شکل ۴-۳ نمودار زنجیره جرمی هیپروهسته های زوج -فرد بر حسب عدد اتمی \mathbb{Z} را نشان میدهد که عدد جرمی آن A= ۲۵ میباشد.

هيپروهسته	Z	N	M(A,Z)
			(MeV)
$\int_{\Lambda}^{\Lambda} F$	٩	۱۵	7844,7
$\Lambda^{r_{\Delta}} Na$	11	١٣	۲۳۴۲۷,۸
$\int_{\Lambda}^{\Upsilon_{\Delta}} Al$	١٣	11	73477

جدول۴-۴ : جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای فرد-فرد با عدد جرمی ۸۵ = A



شکل۴-۴: جرم محاسبه شده برای هیپروهستههای فرد-فرد با عدد جرمی ۸۵ = A

شکل ۴-۴ نمودار زنجیره جرمی هیپروهستههای زوج -فرد بر حسب عدد اتمی Z را نشان میدهد که عدد جرمی ۲۵ –A میباشد.

۴–۳ انرژی جداسازی پروتون از هیپروهسته (Sp):

انرژی که برای جدا کردن پروتون از هیپروهسته نیاز است و از رابطه زیر بهدست میآید. در این فرمول $B(A,Z)_{hypernuclei}$ انرژی بستگی هیپروهسته که در قسمت قبل به آن اشاره شد و $B(A,Z)_{hypernuclei}$ انرژی بستگی هیپروهسته که از تعداد عدد جرمی و عدد اتمی آن به علت جدا شدن پروتون، یک واحد کم شده است.

$$S_{p} = B(A, Z)_{hypernuclei} - B(A - 1, Z - 1)_{hypernuclei} \qquad (\lambda - \mathfrak{f})$$

۴-۴ انرژی جداسازی نوترون از هیپروهسته (S_n) :

انرژی که برای جدا کردن نوترون از هیپروهسته نیاز است از رابطه زیر به دست میآید:

$$S_n = B(A, Z)_{hypernuclei} - B(A - 1, Z)_{hypernuclei}$$
(9-4)

۴–۵ انرژی جداسازی هیپرون از هیپروهسته (۵٫٪):

انرژی مورد نیاز برای جداسازی هیپرون از هیپروهسته از رابطه زیر به دست میآید:

$$S_{Y} = B(A,Z)_{hypernuclei} - B(A - \sum_{Y} n_{Y}, Z)_{hypernuclei}$$
(1.- f)

۴-۶ محاسبه انرژی جدایی در هیپروهستههای آینهای:

همچنین در هیپروهسته آینهای برای مثال در دو هیپروهستهی آینهای $Be_{\Lambda}^{11} e = C^{11} e$ انرژی جدایی پروتون و نوترون و هیپرون به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta S_p = S_p(\Lambda Be) - S_p(\Lambda C) \tag{11-f}$$

$$\Delta S_n = S_n \binom{n}{\Lambda} Be - S_n \binom{n}{\Lambda} C \tag{17-F}$$

$$\Delta S_{\Lambda} = S_{\Lambda} \left({}^{\prime \prime}_{\Lambda} B e \right) - S_{\Lambda} \left({}^{\prime \prime}_{\Lambda} C \right) \tag{17-F}$$

در جدول (-9) و (-9) به ترتیب مقدار انرژی جدایی نوترون و ΔS_n و انرژی جدایی پروتون و ΔS_p . برای تعدادی از هیپروهستهها محاسبه شدهاست[1۵].

هيپروهسته	B(A,Z)	S_n	هيپروهسته	B(A,Z)	S_n	$\left \Delta S_{n}\right (MeV)$
	(MeV)	(MeV)		(MeV)	(MeV)	
$^{10}_{\Lambda}Be$	۶۷,۳۷۹۵	۸,۳۷۸۶	$^{10}_{\Lambda}B$	84,7471	17,0778	۸,۶۵۹۸
$^{14}_{\Lambda}C$	1.8,848	٨,٩۶۴۶	$^{14}_{\Lambda}N$	1.7,111	18,7871	۷,۳۰۲۵
$^{18}_{\Lambda}O$	140,477	٩,۴١٨٢	$^{18}_{\Lambda}F$	141,147	18,•17	۶,۵۹۳۸
$^{22}_{\Lambda}Ne$	१४८,१८१	٩,٧٨٢٧	$^{22}_{\Lambda}Na$	178,871	10,9791	9,1484
$^{26}_{\Lambda}Mg$	777,••	10,0908	$^{26}_{\Lambda}Al$	718,74.	10,9049	۵٫۸۰۹۳
$^{30}_{\Lambda}Si$	789,878	1.,7990	$^{30}_{\Lambda}P$	203,220	10,9101	۵,۵۴۳۶
${}^{20}_{\Lambda}N$	184,7080	۵,۴۹۹۰	$^{20}_{\Lambda} Mg$	177,774.	21,7222	18,7777
$^{18}_{\Lambda}N$	141,8170	٨,١٩۶٢	$^{18}_{\Lambda} Ne$	178,808	17,9.97	१,४٠१۵
$^{16}_{\Lambda}N$	۱۲۶,۱۰۸	11,8480	$^{16}_{\Lambda}O$	177,194	18,8888	2,.202
$^{14}_{\Lambda}N$	1.7,111	18,7871	$^{14}_{\Lambda}C$	1.8,848.	٨,٩۶۴۶	٧,٣٠٢۵
$^{12}_{\Lambda}N$	۶٩,٠٠٠	77,9174	$^{12}_{\Lambda}Be$	४१,८०७۶	۳,۷۹۸۶	19,1187
$^{10}_{\Lambda}Li$	۵۷,۴۱۸۶	4,9749	$^{10}_{\Lambda}C$	48,0+91	77,9704	17,8800

(MeV) جدول
4-۵ : محاسبه S_n و S_n برای هیپروهستههای آینه
ای بر حسب (MeV) جدول

هيپروهس	B(A,Z)	$S_{p}(MeV)$	هيپروهس	B(A,Z)	$S_{p}(MeV)$	$\Delta S_p(MeV)$
تە	(MeV)	T	تە	(MeV)	r	
$^{10}_{\Lambda}Be$	۶۷,۳۷۹۵	14,8981	${}^{10}_{\Lambda}B$	84,7421	۵,۷۳۵۲۲	9,104
$^{14}_{\Lambda}C$	1.8,848	18,1091	$^{14}_{\Lambda}N$	۱۰۳,۱۱۱	۵,۴۲۹۶	۷,۷۲۹۵
$^{18}_{\Lambda}O$	140,471	17,0879	$^{18}_{\Lambda} F$	141,147	۵,۰۸۳۵	<i>۶</i> ,१ ७ १७
$^{22}_{\Lambda}Ne$	١٨٣,٩٣٩	11,7149	$^{22}_{\Lambda}Na$	۱۷۸,۸۷۱	۴,۷۱۷۵	۶,۴۹۷۱
	•					
$^{26}_{\Lambda} Mg$	۲۲۲,۰۰	۱۰,۴۸۷۹	$^{26}_{\Lambda}Al$	۲18,74,۸	4,8479	۶,۱۴۴۳۵
				•		
$^{30}_{\Lambda}Si$	209,822	٩,٨٢٨٩	$^{30}_{\Lambda}P$	208,220	٣,٩۶٨۴	۵٫۸۶۰۵
${}^{20}_{\Lambda}N$	184,708	۱۸,۱۳۳۳	$^{20}_{\Lambda} Mg$	177,774.	• ,• ۵۱۳	۱۸,۰۸۲
	•					
$^{18}_{\Lambda}N$	141,817	14,8470	$^{18}_{\Lambda} Ne$	۱۲۸,۶۰۸	8,4881	۱۰,۸۶۵۹
	•					
$^{16}_{\Lambda}N$	۱۲۶,۱۰۸	۱۰,۱۲۷۹	${}^{16}_{\Lambda}O$	177,194	Y,۶٩ ۸ ٣	٢,۶٨٩٨
${}^{14}_{\Lambda}N$	۱۰۳,۱۱۱	۵,۴۲۹۶	$^{14}_{\Lambda}C$	1.8,848.	۱۳,۱۵۹۱	۷,۷۲۹۵
$^{12}_{\Lambda}N$	۶٩,٠٠٠	۰,۲۳۱۸	$^{12}_{\Lambda}Be$	४१,८०७९	۲۰,۷۲۳۱	۲۰,۴۸۱
$^{10}_{\Lambda}Li$	۵۷,۴۱۸۶	۲۰,۹۷۲۳	$^{10}_{\Lambda}C$	48,0091	۱,۸۰۴۳	19,188

۴-۷ محاسبه انرژی جدایی هیپروهسته از روشهای نیمه تجربی:

قبل از محاسبه انرژی جدایی هیپروهسته ابتدا انرژی بستگی هیپروهسته را با استفاده از رابطه زیر [۱۸] که یک رابطه نیمه تجربی میباشد محاسبه میکنیم :

$$B(A,Z,\Lambda) = a_v A_C - a_s A_C^{\frac{\gamma}{v}} - a_c \frac{Z(Z-v)}{A_C^{\frac{1}{v}}} - a_{sym} \frac{(N-Z)^v}{A_C} + \delta - \frac{b_v}{A_C^{\frac{\gamma}{v}}} [v - \frac{b_v}{A_C^{\frac{\gamma}{v}}}] + b_v$$
(14-4)

در رابطه بالا ، A عدد جرمی و A_c عدد جرمی بدون در نظر گرفتن هیپرون میباشد و Z تعداد پروتون و N تعداد نوترون میباشد. مقادیر ثابت به ترتیب برابر :

$$a_{v} = 1 \Delta . \forall \P (Mev), a_{s} = 1 \Lambda . \forall \P (Mev), a_{c} = \cdot . \forall 1 (Mev), a_{sym} = \forall \forall . \forall 1 (Mev)$$

$$b_{c} = 1 1 \P . \forall \P \Delta (Mev)$$

$$b_{r} = \forall \forall \cdot . \forall \P (Mev)$$

$$b_{r} = \forall \forall \cdot . \forall \P (Mev)$$

$$A = N + Z + \Lambda$$

$$A_{c} = N + Z$$

مقدار δ برای هستههایی با نوترون زوج و پروتون فرد و بلعکس صفر، و برای هستههای با نوترون زوج و پروتون زوج $\frac{\delta}{r}$ برای هستههای با نوترون زوج و پروتون فرد و $\frac{1}{r}$ میباشد. پروتون زوج $\frac{1}{r}$ برای عدادی از هیپروهستههای با نوترون فرد و پروتون فرد و $\frac{1}{r}$ میباشد. انرژی بستگی برای تعدادی از هیپروهستههای تک هیپرونی که از فرمول نیمه تجربی به دست میآید در جدول ۴-۷ ذکر شدهاست.

هيپروهسته	انرژی بستگی	هيپروهسته	انرژی بستگی
$^4_{\Lambda}H$	٨,١٧٩٧٨	$^{12}_{\Lambda}B$	۸۹,۶·۷۵
${}^4_{\Lambda}He$	٧,١٩۵٢١	$^{12}_{\Lambda}C$	۸۹,۶۰۷۵
⁵ _A He	29,2424	$^{13}_{\Lambda}C$	1.٣,٣٢٧
⁶ _Λ He	۲۸,۹۸۳	$^{14}_{\Lambda}C$	1.9,474
$7_{\Lambda}He$	۳۲,۸۵۰۶	$^{14}_{\Lambda}N$	۱۰۵,۸۵
$\frac{8}{\Lambda}He$	74,774	$^{15}_{\Lambda}N$	116,989
	22,7771	$^{16}_{\Lambda}O$	170,114
$\frac{7}{\Lambda}Li$	27,7790	$^{17}_{\Lambda}O$	141,448
$^{8}_{\Lambda}Li$	47,410	$^{28}_{\Lambda}Si$	۲۳۹,۰۰۲
⁹ _A Li	47,0971	$^{32}_{\Lambda}S$	778,078
$^{7}_{\Lambda}Be$	79,8.59	$^{40}_{\Lambda}Ca$	347,007
$\frac{^{8}}{^{\Lambda}}Be$	47,177	$^{41}_{\Lambda}Ca$	۳۶۴,۰۴۸
⁹ _Λ Be	80,0731	$^{51}_{\Lambda}V$	409,014
$^{10}_{\Lambda}Be$	<i>৯</i> ঀ,۵ঀঀ৻	$^{56}_{\Lambda}Fe$	۵۰۳,۵۶۸
⁹ Λ	47,0971	$^{89}_{\Lambda}Y$	۷۸۹,۸۵
$^{10}_{\Lambda}B$	<i>۶۶</i> ,۸۶۹۱	$^{139}_{\Lambda}La$	۱۱۸۱٫۵۸
	78,7478	$^{208}_{\Lambda}Pb$	1801,99

جدول ۴–۷ انرژی بستگی هیپروهستهها از رابطه ۱۴–۴

همچنین در این قسمت انرژی بستگی هیپروهستههای دوهیپرونی را از رابطه ۴-۵ محاسبه کرده و در مقادیر آن در جدول ۴-۸ ذکر شدهاست.

هيپروهسته	B(A,Z) (M eV)	هيپروهسته	$\mathbf{B}(\mathbf{A},\mathbf{Z})\;(M\;eV)$
$\frac{5}{\Lambda\Lambda}H$	٨,٣٨٧۵۶	$9 \\ \Lambda \Lambda Be$	۵۳,۷۰۰۱
$\frac{5}{\Lambda\Lambda}He$	٧,۵۵۷١٣	$^{10}_{\Lambda\Lambda}Be$	۷۰,۱۳۰۷
$9 \\ \Lambda \Lambda He$	۲۷,۶۴۳	$^{11}_{\Lambda\Lambda}Be$	४४,४४९
$\frac{7}{\Lambda\Lambda}Li$	81,7187	$^{12}_{\Lambda\Lambda}Be$	٢٩,٩٢۵۵
⁸ _{AA} Li	48,7880	$^{13}_{\Lambda\Lambda}Be$	76,1224
$\frac{9}{\Lambda\Lambda}Li$	۵۵,۷۴۸۱	$11 \atop \Lambda\Lambda B$	74,5707
$\frac{10}{\Lambda\Lambda}Li$	۵۵,۷۸۹۲	$^{12}_{\Lambda\Lambda}B$	٨٨,۶١٨٨

جدول ۴-۸ انرژی بستگی هیپروهستههای دوهیپرونی با استفاده از رابطه(۴-۵)

همچنین انرژی جدایی هیپرون S_{Λ} را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می کنیم که انرژی بستگی از رابطه (۱۴–۴) به دست می آید.

 $S_{\Lambda} = BE(^{A}_{\Lambda}X) - BE(^{A-1}X)$ (1Δ-F)

اکنون سه رابطه جدید برای به دست آوردن انرژی جدایی هیپرون از هیپروهسته ارائه داده می شود. الف) انرژی جدایی هیپروهسته از رابطه زیر هم به دست می آید که انحراف قابل توجهی با دادههای تجربی

دارد[۱۶].

$$S_{\Lambda} = a - be^{\frac{-A}{C}} \tag{19-4}$$

در رابطه بالا مقادیر a,b,c ثابت می باشد و به صورت زیر تعریف می شود.

$$a = \mathsf{TF.IAT}(M \ eV), \ b = \mathsf{T.IAT}(M \ eV), \ c = \mathsf{TI.IF}(M \ eV)$$

در جدول (۴–۹) جدول صفحه بعد، انرژی جدایی هیپرون تعدادی از هیپروهستهها، با استفاده از رابطه (۴–۱۶) آورده شدهاست.

هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربى	هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربى
	$(M \ eV)$	(M eV)		$(M \ eV)$	$(M \ eV)$
${}^4_\Lambda H$	9,78477	7,•4	${}^{12}_{\Lambda} B$	17,0808	11,07
$^{4}_{\Lambda}He$	9,78477	۲,۳۹	$^{12}_{\Lambda}C$	17,0808	۱۱,۵۲
$^{5}_{\Lambda}He$	۷,۵۱۰۸۵	٣,١٢	$^{13}_{\Lambda}C$	17,8007	۱۱,۹۸
$^{6}_{\Lambda}He$	۸,۲۵۲۸۶	4,11	$^{14}_{\Lambda}C$	18,1104	17,17
$^{7}_{\Lambda}He$	٨,٩۶١٨	۵٫۵۵	$^{14}_{\Lambda}N$	18,1104	17,17
$^{8}_{\Lambda}He$	१,९८१८	۷,1۶	$^{15}_{\Lambda}N$	١٣,۶٠٨٢	١٣,٨٠
$^{6}_{\Lambda}Li$	۸,۲۵۲۸۶	۴,۵۰	$^{16}_{\Lambda}O$	14,0789	١٣,٠٢
$\int_{\Lambda}^{7} Li$	۸,٩۶۱۸۵	۵,۸۲	$^{17}_{\Lambda}O$	14,0778	۱۳,۵۹
$\frac{8}{\Lambda}Li$	१,९८१८१	۶,۸۰	$^{28}_{\Lambda}S$	۱۸,۳۳۲	18,00
$^{9}_{\Lambda}Li$	1.,7898	٨,٣۶	$^{32}_{\Lambda}S$	19,7091	۱۷,۵۰
$^{7}_{\Lambda}Be$	٨,٩۶١٨۵	۵,۱۶	$^{40}_{\Lambda}Ca$	20,7947	۱۸,۲۰
$\frac{8}{\Lambda}Be$	9,5897	۶,۸۴	$^{41}_{\Lambda}Ca$	70,9408	19,74
$^{9}_{\Lambda}Be$	1.,788	۶,۳۰	$^{51}_{\Lambda}V$	22,1298	١٩,٩٠
$^{10}_{\Lambda}Be$	۱۰,۹۰۵	٨,۶٠	$^{56}_{\Lambda}Fe$	22,0478	۲١
$^{9}_{\Lambda}B$	۱۰,۲۸۶۶	۷,۸۸	⁸⁹ Y	۲۳٫۸۱۹	77,10
$^{10}_{\Lambda}B$	۱۰,۹۰۵	٨,٧٠	$^{139}_{\Lambda}La$	24,1409	۲۳٫۸۰
$^{11}_{\Lambda}B$	11,498	۱۰,۲۸	$^{208}_{\Lambda} Pb$	24,1814	۲۶,۵۰



شکل۴-۵: نمودار انرژی جدایی هیپرون بر حسب عدد جرمی با استفاده از رابطه (۴-۱۶)

شکل ۴–۵ نمودار انرژی جدایی هیپرون بر حسب عدد جرمی با استفاده از رابطه (۴–۱۶) را نشان میدهد. میزان انحراف معیار برای محاسبه انرژی جدایی هیپرون ازرابطه (۴–۱۶)، برابر ۲٫۳۷۲۷۵ میباشد. ب) رابطه ای دیگر برای محاسبه، انرژی جدایی هیپرون ارائه شده است که به صورت زیر میباشد در این فرمول مقادیر میرای مابت و برابر مقادیر زیر است[۱۶].

$$S_{\Lambda} = a_{\cdot} + \frac{a_{\cdot}}{A^{\frac{r}{v}}} + \frac{a_{\tau}}{A^{\frac{r}{v}}}$$

$$(1V - F)$$

$$a_{\cdot} = FA.FFT(M eV), \ a_{\cdot} = -119.FF\Delta(M eV), \ a_{\tau} = 1FT.F\Delta(M eV)$$

در جدول ۴–۱۰ جدول صفحه بعد انرژی بستگی تعدادی از هیپروهستهها، با استفاده از رابطه (۴– ۱۷) آورده شدهاست.

هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربی	هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربى
	(M eV)	$(M \ eV)$		$(M \ eV)$	$(M \ eV)$
${}^4_\Lambda H$	٢,• ٨٨٩٣	۲,۰۴	$^{12}_{\Lambda}B$	۱۰,۵۱۸۴	11,07
$^{4}_{\Lambda}He$	٢,• ٨٨٩٣	٢,٣٩	$^{12}_{\Lambda}C$	۱۰,۵۱۸۴	۱۱٫۵۷
$^{5}_{\Lambda}He$	٣,٢٢۴٣	٣,١٢	$^{13}_{\Lambda}C$	11,71+1	۱۱,۹۸
$^{6}_{\Lambda}He$	4,07917	4,18	$^{14}_{\Lambda}C$	11,88.8	17,17
$^{7}_{\Lambda}He$	۵,۷۸۱۵۸	۵٫۵۵	$^{14}_{\Lambda}N$	11,88.8	17,17
$^{8}_{\Lambda}He$	<i>७</i> ,१۳۳۹۴	٧,١۶	$^{15}_{\Lambda}N$	17,4194	۱۳٫۸۰
$^{6}_{\Lambda}Li$	4,07917	۴,۵۰	$^{16}_{\Lambda}O$	17,9808	۱۳,۰۲
$^{7}_{\Lambda}Li$	۵,۷۸۱۵۸	۵,۸۲	$^{17}_{\Lambda}O$	17,6777	١٣,۵٩
$^{8}_{\Lambda}Li$	<i>७</i> ,१۳۳۹۴	۶,۸۰	$^{28}_{\Lambda}S$	14,.8.1	۱۶,۰۰
$^{9}_{\Lambda}Li$	٧,٩٧۵٠١	٨,٣۶	$^{32}_{\Lambda}S$	17,9.71	۱۷٫۵۰
$^{7}_{\Lambda}Be$	۵,۷۸۱۵۸	۵,۱۶	$^{40}_{\Lambda}Ca$	19,7.88	۱۸,۷۰
$^{8}_{\Lambda}Be$	<i>۶</i> ,१۳۳۹۴	۶,۸۴	$^{41}_{\Lambda}Ca$	19,8417	19,74
$^{9}_{\Lambda}Be$	٧,٩٧۵٠١	۶,۳۰	${}^{51}_{\Lambda}V$	20,4822	۱۹,۹۰
$^{10}_{\Lambda} Be$	٨,٩١١٨٨	٨,۶٠	$^{56}_{\Lambda}Fe$	۲۰,۹۰۹۵	۲۱
${}^9_{\Lambda}B$	٧,٩٧۵٠١	۷,۸۸	$^{89}_{\Lambda}Y$	22,7782	۲۲,۱۰
$^{10}_{\Lambda}B$	٨.٩١١٨٨	٨,٧٠	$^{139}_{\Lambda}La$	74,1787	۲۳٫۸۰
$^{11}_{\Lambda}B$	٩,٧۵۵٨٣	۱۰,۲۸	$^{208}_{\Lambda}Pb$	27,187	78,00

جدول ۴-۱۰: محاسبه انرژی جدایی هیپرون از رابطه (۴-۱۷)

نمودار انرژی جدایی بر حسب عدد جرمی که انرژی جدایی از رابطه (۴–۱۶) محاسبه می شود، در شکل ۴– ۶ رسم شدهاست.



شکل۴-۶: نمودار انرژی جدایی هیپرون بر حسب عدد جرمی با استفاده از رابطه (۴-۱۷)

میزان انحراف معیار برای محاسبه انرژی جدایی هیپرون از رابطه (۴–۱۷)، ۷۷۱۸ میباشد.

ج)رابطه ای دیگر، برای به دست آوردن انرژی جدایی هیپرون وجود دارد که تفاوت آن با رابطه (ب) این است که جمله سوم آن، حذف شدهاست [۱۶].

$$S_{\Lambda} = b_{\cdot} + \frac{b_{\cdot}}{A^{\frac{r}{r}}} \qquad (1\Lambda - f)$$

$$b_{\cdot} = fr.frg(MeV), \ b_{\cdot} = -\Delta 9.F1f(MeV)$$

در جدول ۴–۱۱ انرژی بستگی تعدادی از هیپروهستهها، با استفاده از رابطه (۴–۱۸) آورده شدهاست.

هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربى	هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربي
	(M eV)	$(M \ eV)$		$(M \ eV)$	$(M \ eV)$
${}^4_\Lambda H$	-•,٣١٢٧٧۶	۲,۰۴	$^{12}_{\Lambda}B$	11,9•97	11,07
$^{4}_{\Lambda}He$	-•,٣١٢٧٧۶	۲,۳۹	$^{12}_{\Lambda}C$	11,9097	۱۱,۵۲
$^{5}_{\Lambda}He$	८,१६०१	٣,١٢	$^{13}_{\Lambda}C$	17,4978	۱۱,۹۸
$^{6}_{\Lambda}He$	۵,۲۶۲۵۵	۴,۱۸	$^{14}_{\Lambda}C$	18,.149	17,17
$^{7}_{\Lambda}He$	٧,٠ ١۶٩ ١	۵٫۵۵	$^{14}_{\Lambda}N$	18,.149	17,17
$^{8}_{\Lambda}He$	٨,٣٩٧۵	٧,١۶	$^{15}_{\Lambda}N$	18,4089	۱۳,۸۰
$^{6}_{\Lambda}Li$	۵,۲۶۲۵۵	۴,۵۰	$^{16}_{\Lambda}O$	18,1149	۱۳,۰۲
$^{7}_{\Lambda}Li$	٧,٠ ١۶٩ ١	۵,۸۲	$^{17}_{\Lambda}O$	14,7848	١٣,۵٩
$^{8}_{\Lambda}Li$	۸,۳۹۷۵	۶,۸۰	$^{28}_{\Lambda}Si$	18,7986	18
$^{9}_{\Lambda}Li$	9,81777	۸,۳۶	$^{32}_{\Lambda}S$	17,7417	۱۷,۵۰
$^{7}_{\Lambda}Be$	٧,٠ ١۶٩ ١	۵,۱۶	$^{40}_{\Lambda}Ca$	18,1844	۱۸,۷۰
$^{8}_{\Lambda}Be$	٨,٣٩٧۵	۶,۸۴	$^{41}_{\Lambda}Ca$	18,7840	19,74
$^{9}_{\Lambda}Be$	9,51777	۶,۳۰	$^{51}_{\Lambda}V$	١٨,٩١٣	19,90
$^{10}_{\Lambda}Be$	1.,4477	٨,۶٠	$^{56}_{\Lambda}Fe$	19,1777	71
$^{9}_{\Lambda}B$	9,81777	۷,۸۸	$^{89}_{\Lambda}Y$	۲۰,۲۵۰۵	77,10
$^{10}_{\Lambda}B$	1.,447	٨,٧٠	$^{139}_{\Lambda}La$	51,0108	۲۳,۸۰
$^{11}_{\Lambda}B$	11,7779	۱۰,۲۸	$^{208}_{\Lambda} Pb$	51,088	78,00

جدول ۴–۱۱ : محاسبه انرژی جدایی هیپرون از رابطه (۴–۱۸)

در نهایت نمودار انرژی جدایی هیپرون که از رابطه (۴–۱۸) به دست میآید بر حسب عدد جرمی به صورت زیر میباشد.



شکل۴-۷: نمودار انرژی جدایی هیپرون بر حسب عدد جرمی با استفاده از رابطه (۴–۱۸)

میزان انحراف معیار برای محاسبه انرژی جدایی هیپرون از رابطه (۴–۱۸)، ۱٬۶۹۸۸ میباشد.

۴-۸ مقایسه انحراف معیاردر روشهای نیمه تجربی :

میزان انحراف معیار برای محاسبه انرژی جدایی هیپرون از روش (الف)۲٫۳۷۲۷ از روش (ب) ۲٫۳۷۱۸ و از روش (ج)۱٫۶۹۸۸ میباشد. همانطور که ملاحظه میشود روش (ب) روش مناسب تری است چون انحراف معیار آن کوچکتر است و به مقدار تجربی نزدیک تر میباشد.

روش نیمه تجربی، دیگر برای محاسبه انرژی جدایی معرفی می شود که به صورت زیر می باشد که در این رابطه در جمله سوم و چهارم اختلاف تعداد پروتون و نوترون هم در نظر گرفته شده است.

$$S_{\Lambda} = a_{\cdot} + \frac{a_{\gamma}}{A^{\frac{r}{r}}} + \frac{a_{\gamma}}{A^{\frac{r}{r}}} + a_{\gamma} \frac{N-Z}{A} + a_{\gamma} (\frac{N-Z}{A})^{\gamma}$$
(19-4)

در رابطه بالا $a_{r},a_{r},a_{r},a_{r},a_{r}$ مقادیر ثابت است که از برازش دادهها به دست آمدهاست.

$$\begin{aligned} a_{r} &= \mathsf{TA.TTGN}(MeV) & a_{r} &= -\mathsf{IIV.ST} \cdot \mathsf{f}(MeV) & a_{r} &= \mathsf{IITA.STTS}(MeV) \\ a_{r} &= \cdot.\mathsf{FVTIS}(MeV) & a_{r} &= -\cdot.\mathsf{TGAGG}(MeV) \end{aligned}$$

در جدول ۴–۱۲ در صفحه بعد انرژی بستگی تعدادی از هیپروهستهها، با استفاده از رابطه (۴–۱۹) آورده شدهاست.

هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدار تجربی	هيپروهسته	انرژی جدایی	مقدارتجربي
	$(M \ eV)$	$(M \ eV)$		$(M \ eV)$	$(M \ eV)$
${}^4_{\Lambda}H$	۲,۰۵۳۵	۲,۰۴	$^{12}_{\Lambda}B$	1.,8770	11,87
$^{4}_{\Lambda}He$	١,٨١۶٩	٢,٣٩	$^{12}_{\Lambda}C$	1.,0427	۱۱٫۵۷
$^{5}_{\Lambda}He$	٣,١٨۵١	٣,١٢	$^{13}_{\Lambda}C$	11,7787	۱۱,۹۸
$^{6}_{\Lambda}He$	4,8041	۴,۱۸	$^{14}_{\Lambda}C$	11,9870	17,17
$^{7}_{\Lambda}$ He	۵,۹۲۳۴	۵٫۵۵	$^{14}_{\Lambda}N$	11,8899	17,17
$^{8}_{\Lambda}He$	٧,١١٢٢	٧,١۶	$^{15}_{\Lambda}N$	17,48	١٣,٨٠
$^{6}_{\Lambda}Li$	4,4494	۴,۵۰	$^{16}_{\Lambda}O$	17,9787	۱۳,۰۲
$^{7}_{\Lambda}Li$	۵٫۸۱۷۵	۵٫۸۲	$^{17}_{\Lambda}O$	18,4977	١٣,۵٩
$\frac{8}{\Lambda}Li$	۷,۰۳۸۷	۶,۸۰	$^{28}_{\Lambda}Si$	18,0484	١۶
$^{9}_{\Lambda}Li$	٨,١٢٢۴	۸,۳۶	$^{32}_{\Lambda}S$	۱۷,۹۱۸۵	۱۷٫۵۰
$^{7}_{\Lambda}Be$	۵,۶۵۳۰	۵,۱۶	$^{40}_{\Lambda}Ca$	19,7•87	۱۸,۷۰
$^{8}_{\Lambda}Be$	۶,97۰۵	۶,۸۴	$^{41}_{\Lambda}Ca$	19,8089	19,74
$^{9}_{\Lambda}Be$	٨,٠٣۵٠	۶,۳۰	$^{51}_{\Lambda}V$	20,4972	19,90
$^{10}_{\Lambda}Be$	٩,٠٢٠٢	٨,۶٠	$^{56}_{\Lambda} Fe$	70,9747	۲۱
⁹ _Λ B	٧,٩١٢١	۷,۸۸	$^{89}_{\Lambda}Y$	22,8.619	۲۲,۱۰
$^{10}_{\Lambda}B$	٨,٩٢۵۶	٨,٧٠	$^{139}_{\Lambda}La$	24,20140	۲۳,۸۰
$^{11}_{\Lambda}B$	۹٫۸۲۲۵	۱۰,۲۸	$^{208}_{\Lambda} Pb$	20,17180	۲۶.۵۰

جدول ۴-۱۲ : محاسبه انرژی جدایی هیپرون از رابطه (۴–۱۹)



شکل۴–۸ : نمودار انرژی جدایی هیپرون بر حسب عدد جرمی با استفاده از رابطه (۴–۱۹)

شکل۴–۸ نمودار انرژی جدایی هیپرون که از رابطه (۴–۱۹) به دست میآید بر حسب عدد جرمی در شکل ۸–۴ رسم شدهاست.

انحراف معیار با استفاده از رابطه ۴–۱۹ ، ۵۲۲۷۸۳ ، میباشد که دقت این روش از سه روش ارائه شده در بالا، بیشتر میباشد.

فصل پنجم:بررسی هیپرون با در نظر گرفتن تقارن های اسپینی و شبه اسپینی

۵- ۱ مقدمه:

معادله دیراک در سال ۱۹۲۸توسط دیراک به دست آمد دیراک این معادله را بر مبنای معادله کلاین گوردون^{۱۵} گسترش داد. این معادله در مکانیک کوانتومی و تعمیم یافته معادله شرودینگر است، اگر انرژی ذرات نسبت به انرژی سکون آن زیاد نباشد و ابعاد ذرات مورد بررسی،کوچک باشد از معادله شرودینگر استفاده میکنیم ولی اگر ابعاد ذرات کوچک باشد و انرژی ذرات نسبت به انرژی سکون آن قابل ملاحظه باشد این ذرات در کوانتوم نسبیتی بررسی میشود[۲].

دراین فصل به بررسی هیپرون می پردازیم. از آنجایی که اسپین هیپرون یک دوم است آنها را در دو حالت اسپینی و شبه اسپینی در کوانتوم نسبیتی بررسی خواهیم کرد.

فرم معادله دیراک برای یک ذره به جرم μ که در حال حرکت در پتانسیل برداری V(r) و یک پتانسیل اسکالر S(r) است به فرم زیر میباشد. μ جرم کاهش یافته میباشد و به صورت زیر تعریف میشود در این تعریف m_{Λ} جرم هیپرون لاندا و m_{cor} جرم هسته میباشد[۱۷].

$$\mu = \frac{m_{\Lambda} m_{cor}}{m_{\Lambda} + m_{cor}}$$
(1- Δ)
$$[\vec{\alpha}.\vec{p} + \beta(\mu + S(r)) + V(r)]\psi_{nk}(\vec{r}) = E_{nk}\psi_{nk}(\vec{r})$$
(1- Δ)

که در معادله بالا E_{nk} اپراتور انرژی نسبیتی سیستم است و $\overline{p} = -i \nabla$ اپراتور اندازه حرکت در سه بعد میباشد.

: $i = 1, 7, \pi$ ماتریس دیراک $+ \times +$ است که به صورت زیر تعریف می شود که β, α

^{\°} Klein Gordon

$$\alpha = \begin{pmatrix} \cdot & \sigma_i \\ \sigma_i & \cdot \end{pmatrix}$$

$$\beta = \begin{pmatrix} I & \cdot \\ \cdot & -I \end{pmatrix}$$
(\mathbf{(m-d)})

ماتریس یکانی ۲×۲ میباشد و σ_i سه ماتریس پائولی ۲×۲ به صورت زیر میباشد. I

$$\sigma_{r} = \begin{pmatrix} \cdot & 1 \\ 1 & \cdot \end{pmatrix} \qquad \sigma_{r} = \begin{pmatrix} \cdot & -i \\ i & \cdot \end{pmatrix} \qquad \sigma_{r} = \begin{pmatrix} 1 & \cdot \\ \cdot & -1 \end{pmatrix}$$

اسپنورهای دیراک به صورت زیر نوشته میشود:

$$\psi_{nk}(\vec{r}) = \begin{pmatrix} f_{nk}(\vec{r}) \\ g_{nk}(\vec{r}) \end{pmatrix}$$
(4-5)

که در رابطه بالا $g_{nk}(\vec{r}), f_{nk}(\vec{r})$ به ترتیب مولفه بالایی اسپینور دیراک و مولفه پایینی اسپینور دیراک میباشد.

با جایگذاری معادله (۵–۳) در معادله (۵–۱) دو معادله جفت شده زیر به دست میآید.

$$(\sigma \cdot p)g_{nk}(\vec{r}) = [E - \mu - \Sigma(\vec{r})]f_{nk}(\vec{r}) \qquad (\Delta - \Delta)$$

$$(\sigma \cdot p)f_{nk}(\vec{r}) = [E + \mu - \Delta(\vec{r})]g_{nk}(\vec{r}) \qquad (\gamma - \Delta)$$

در معادله بالا $\Delta(\vec{r}) = V(\vec{r}) - S(\vec{r}) \in \Sigma(\vec{r}) = V(\vec{r}) + S(\vec{r})$ مىباشد.

اگر $\Sigma(\vec{r}) = C_{ps} = const$ اگر $\Sigma(\vec{r}) = C_{ps} = const$ دیراک اتفاق میافتد و تقارن اسپینی در معادله دیراک در معادله دیراک زمانی اتفاق میافتد که $\Delta(\vec{r}) = C_s = const$ دیراک زمانی اتفاق میافتد که

با حذف $g_{nk}(ec{r}), f_{nk}(ec{r})$ به دو معادله غیر جفت شده زیر می سیم: $g_{nk}(ec{r}), f_{nk}(ec{r})$

$$(\sigma.p)\frac{1}{[E-\mu-\Sigma(\vec{r})]}(\sigma.p)-[E+\mu-\Delta(\vec{r})]g_{nk}(\vec{r}) \qquad (\Upsilon-\Delta)$$

$$(\sigma.p)\frac{1}{[E+\mu-\Delta(\vec{r})]}(\sigma.p)-[E-\mu-\Sigma(\vec{r})]f_{nk}(\vec{r}) \qquad (\lambda-\Delta)$$

۵-۲ معرفی تقارن های اسپینی و شبه اسپینی :

تبهگنیهای بین ذرات منفرد درهستهها به دو دسته تقسیم میشود :

-) دو تاییهای تبهگنی که مربوط به اعداد کوانتمی $(\frac{1}{r}, n, l, j = l \frac{1}{r}), (n, l, j = l \frac{1}{r})$ می باشد و دوتایی اسپینی، نام دارند.
- ۲) دو تاییهای تبهگنی که مربوط به اعداد کوانتمی $\binom{n}{r}$, $(n,l,j=l+\frac{n}{r})$, $(n,l,j=l+\frac{n}{r})$ می (۲) باشد و دوتایی شبه اسپینی، نام دارند.

۵-۳ بررسی هیپرون در پتانسیل شعاعی :

معادله دیراک برای پتانسیلهای شعاعی را بررسی میکنیم. وقتی معادله دیراک را برای این نوع از پتانسیل بررسی میکنیم. و $\Sigma(\vec{r}) = p(\vec{r})$ در تقارن اسپینی $\Sigma(\vec{r}) = C_{ps}$ و $\Delta(\vec{r}) = P(\vec{r})$ در تقارن اسپینی $\Sigma(\vec{r}) = C_{rs}$ در $\Sigma(\vec{r}) = C_{rs}$ در تقارن اسپینی $\Delta(\vec{r}) = C_{rs}$ در تقارن اسپینی $\Delta(\vec{r}) = C_{rs}$

$$(\sigma.p)(\sigma.p) - [E - \mu - C_{ps}][E + \mu - P(\vec{r})]g_{nk}(\vec{r}) \qquad (9-\Delta)$$

$$(\sigma.p)(\sigma.p) - [E + \mu - C_{s}][E - \mu - p(\vec{r})]f_{nk}(\vec{r}) \qquad (1 \cdot -\Delta)$$

$$\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k-1)}{r^{\mathsf{r}}} - [\mu + E_{nk} - P(\vec{r})][\mu - E_{nk} + C_{ps}]G_{nk}(r) = \cdot$$
(11- Δ)

$$\frac{d}{dr^{\tau}} - \frac{k(k+1)}{r^{\tau}} - [\mu + E_{nk} - C_s][\mu - E_{nk} + p(\vec{r})]F_{nk}(r) = \cdot$$
(17- Δ)

۵-۳-۱ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی در تقارن اسپینی :

اکنون هیپرون را در تقارن اسپینی و پتانسیل شعاعی زیر را بررسی میکنیم [۱۸].برای این منظور از معادله دیراک استفاده میکنیم. همچنین پتانسیل را به صورت زیر در نظر میگیریم چون پتانسیل زیر پتانسیلهای نوسانی، خطی، کولنی، کراتزر و شبهنوسانی و نوسانگر جابجا شده را در برمیگیرد.

$$V(r) = a_{\gamma} r^{\gamma} + b r + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^{\gamma}}$$

$$P(\vec{r}) = V(r)$$

$$\Sigma(\vec{r}) = P(\vec{r})$$
(17- Δ)

 $\Delta(r) = C_s = const$ در تقارن اسپینی

$$\{\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k+1)}{r^{r}} - [\mu + E_{nk} - C_{s}][\mu - E_{nk} + P(\vec{r})]\}F_{nk}(r) = \cdot$$
(14-4)

$$(14-4)$$

$$(14-4)$$

$$(14-4)$$

$$(14-4)$$

$$(14-4)$$

$$\{\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k+1)}{r^{r}} - [\mu + E_{nk} - C_{s}][\mu - E_{nk} + a_{r}r^{r} + br + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^{r}}]\}F_{nk}(r) = \cdot$$
(10-0)

در معادله بالا تغییر متغیرهای زیر را انجام میدهیم.

$$y_{n} = (\mu + E_{nk} - C_s)$$
$$\beta_{n}^{\tau} = (\mu + E_{nk} - C_s)(\mu - E_{nk})$$

$$\{\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k+1)}{r^{r}} - y_{1}(a_{1}r^{r} + br + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^{r}}) - \beta_{1}^{r}\}F_{nk}(r) = \cdot$$
(19- Δ)

$$\{\frac{d^{\mathsf{v}}F_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{v}}} + (-\beta_{\mathsf{v}}^{\mathsf{v}} - \frac{k(k+\mathsf{v}) + y_{\mathsf{v}}d}{r^{\mathsf{v}}} - \frac{y_{\mathsf{v}}c}{r} - y_{\mathsf{v}}br - y_{\mathsf{v}}a_{\mathsf{v}}r^{\mathsf{v}})\}F_{nk}(r) = \bullet$$
(1V- \diamond)

معادله (۵–۱۶) را با معادله هیون (۵–۱۷) مقایسه می کنیم و از مقایسه این دو معادله، ضرایب معادله هیون را به دست می آوریم [۱۹].

$$\left\{\frac{d^{\mathsf{r}}F_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{r}}} + \left(\varepsilon_{n\beta} - \frac{(\beta^{\mathsf{r}} - \frac{\mathfrak{r}}{\mathfrak{r}})}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{\mathfrak{r}y}{r} - \mathfrak{r}mar - a^{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}}\right)\right\}F_{nk}(r) = \cdot$$
(1A- Δ)

$$\varepsilon_{n\beta} = -\beta_1^{\mathsf{r}}$$
$$\beta^{\mathsf{r}} - \frac{\mathsf{i}}{\mathsf{r}} = k(k+\mathsf{i}) + y_{\mathsf{i}}d \to \beta = \sqrt{k(k+\mathsf{i}) + y_{\mathsf{i}}d + \frac{\mathsf{i}}{\mathsf{r}}}$$

$$\tau y = y_1 c \to y = \frac{y_1 c}{\tau}$$

 $\forall ma = y_1 b \rightarrow ma = \frac{y_1 b}{\forall}$ $a^{\forall} = y_1 a_1 \rightarrow a = \sqrt{y_1 a_1}$

در معادله (۵–۱۷) ، $F_{nk}(r) (۱۷-۵) ، را به صورت زیر در نظر می گیریم.$

$$F_{nk}(r) = r^{A_{i}} \exp(r(B_{i} + D_{i}r))u(r) \qquad (19-\Delta)$$

که ضرایب
$$D_{1}, B_{1}, D_{2}$$
 با مقایسه معادله هیون به صورت زیر تعریف می شود:

$$A_{\gamma} = \frac{\gamma}{\gamma} + \beta$$
$$D_{\gamma} = -\frac{\gamma}{\gamma}a$$
$$B_{\gamma} = \frac{ma}{\gamma D_{\gamma}}$$

:ضرایب A_{1}, D_{1}, B_{1} با جایگذاری مقادیر eta, a, ma به صورت زیر میباشد A_{1}, D_{1}, B_{1}

$$A_{\gamma} = \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k+1) + y_{\gamma}d + \frac{1}{r}}$$
$$D_{\gamma} = -\frac{1}{r}a = -\frac{1}{r}\sqrt{y_{\gamma}a_{\gamma}}$$
$$B_{\gamma} = \frac{ma}{rD_{\gamma}} = -\frac{y_{\gamma}b}{\sqrt{y_{\gamma}a_{\gamma}}}$$

با جایگذاری $F_{nk}(r)$ در معادله (۵–۱۷) ، معادله به شکل زیر تبدیل میشود:

$$\frac{d^{\mathsf{v}}u(r)}{dr^{\mathsf{v}}} + (\mathsf{v}B_{\mathsf{v}} + \mathsf{f}D_{\mathsf{v}}r + \frac{\mathsf{v}A_{\mathsf{v}}}{r})\frac{du(r)}{dr} + (\frac{\mathsf{v}A_{\mathsf{v}}B_{\mathsf{v}} - \mathsf{v}y}{r} + \mathsf{B}_{\mathsf{v}}^{\mathsf{v}} + \mathsf{f}A_{\mathsf{v}}D_{\mathsf{v}} + \mathsf{v}D_{\mathsf{v}} + \varepsilon_{B})u(r) = \cdot$$

$$(\mathsf{v} - \Delta)$$

با در نظر گرفتن
$$u(r)$$
 به صورت $\sum_{n=0}^{\infty} C_n r^{n+lpha}$ (مقدار $lpha$ صفر میباشد) و جایگذاری آن در رابطه (۵-
۲۰) سری زیر به دست میآید :

$$C_{j+\tau} = \frac{\tau B_{j}(j+\tau) - (-\tau A_{j}B_{j} + \tau y)}{(j+\tau)(j+\tau+\tau A_{j})}C_{j+\tau} + \frac{B_{j}^{\tau} + \tau A_{j}D_{j} + \tau D_{j} + \varepsilon_{n\beta} + \tau D_{j}j)}{(j+\tau)(j+\tau+\tau A_{j})}C_{j}$$
(\tag{\text{(1-\delta)}})

برای اینکه سری بازگشتی بالا ادامه پیدا نکند دو شرط زیر باید برقرار باشد.

$$\begin{cases} C_{1} = \frac{y - A_{1}B_{1}}{A_{1}}C_{.} \\ -(B_{1}^{r} + rA_{1}D_{1} + rD_{1} + \varepsilon_{n\beta}) = rD_{1}n \end{cases}$$
(77- Δ)

که در اینجا :

$$n \ge 1$$
 , $C_{n+1} = \cdot$
 $n \ge 1$, $C_{n+1} = \cdot$
 $n \ge 1$ معادله (۲۱-۵) به صورت زیر نوشته می شود :
 $-(B_1^r + fA_1D_1 + rD_1 + \varepsilon_{1\beta}) = fD_1$
 $\varepsilon_{1\beta} = ra + ra(\frac{1}{r} + \beta) - B_1^r$
(۲۳-۵)

با جایگذاری ضرایب، رابطه (۵–۲۳) به صورت زیر نوشته میشود که از این رابطه انرژی هیپروهسته به دست می آید:

$$-(\mu + E_{\lambda k} - C_{s})(\mu - E_{\lambda k}) = \mathfrak{r}\sqrt{(\mu + E_{\lambda k} - C_{s})a_{\lambda}}$$
$$+\mathfrak{r}\sqrt{(\mu + E_{\lambda k} - C_{s})a_{\lambda}} \left(\frac{\lambda}{\mathfrak{r}} + \sqrt{k(k+1) + (\mu + E_{\lambda k} - C_{s})d + \frac{\lambda}{\mathfrak{r}}}\right) \qquad (\mathfrak{r} - \mathfrak{r} - \mathfrak{r})$$
$$-\left(\frac{(\mu + E_{\lambda k} - C_{s})b}{\sqrt{(\mu + E_{\lambda k} - C_{s})a_{\lambda}}}\right)^{\mathfrak{r}}$$

هيپروهسته	جرم كاهيده	$B_{1s}^{Theory}(MeV)$	$B_{1s}^{Exp}(MeV)$
	(MeV)		
$^{16}_{\Lambda}N$	۱۰۳۳,۷۵	-17,74	-18,84
$^{16}_{\Lambda}O$	1.77,74	-17,77	-13
$^{28}_{\Lambda}Si$	1.88,87	-14,10	-14,7•
$^{32}_{\Lambda}S$	1.76,69	-7•,•7	-۱۲,۵۰
$^{40}_{\Lambda}Ca$	۱۰۸۳,۴۷	-18,10	-18,7•
${}^{51}_{\Lambda}V$	۱۰۸۹,۷۷	-23,10	-21,00
$^{139}_{\Lambda}La$	11.4,88	-20,19	-۲۵,1۰
$^{208}_{\Lambda} Pb$	11.9,77.	-78,81	-78,90

 $a_{1} = b = d = 1$ جدول ۵–۱ : محاسبه انرژی بستگی هیپروهسته از رابطه (۵–۲۴) با در نظر گرفتن -1

برای n=۲ در رابطه (۵-۲۰) سری زیر به دست میآید :

$$C_{\tau} = \frac{\tau B_{\tau} + \tau A_{\tau} B_{\tau} - \tau y}{\tau(\tau + \tau A_{\tau})} C_{\tau} + \frac{B_{\tau}^{\tau} + \tau A_{\tau} D_{\tau} + \tau D_{\tau} + \varepsilon_{\tau\beta}}{\tau(\tau + \tau A_{\tau})} C_{\tau}$$
(\tag{\Delta} - \Delta)

و با انتخاب $c_{\tau} = \cdot$, $C_{\tau} = \cdot$ دو رابطه (۵–۲۶) ،(۵–۲۷) به دست می آید که با جایگذاری ضرایب انرژی تراز دوم به دست می آید.

$$a(\frac{1}{r}+\beta) = m(\frac{r}{r}+\beta) + y(y+m(\frac{1}{r}+\beta))$$

$$(r - \Delta)$$

$$\varepsilon_{r\beta} = \Delta a + ra(\frac{1}{r}+\beta) - m^{r}$$

$$(r - \Delta)$$

$$-(\mu + E_{\tau k} - C_{s})(\mu - E_{\tau k}) = \Delta \sqrt{(\mu + E_{nk} - C_{s})a_{\gamma}} + \tau \sqrt{k(k+\gamma) + (\mu + E_{\tau k} - C_{s})d + \frac{\gamma}{4}} - (\frac{(\mu + E_{\tau k} - C_{s})b}{\tau \sqrt{(\mu + E_{\tau k} - C_{s})a_{\gamma}}})^{\tau}$$
(7A- Δ)

۲-۳-۵ بررسی هیپرون با پتانسیل شعاعی در تقارن شبه اسپینی:
اکنون معادله دیراک را برای تقارن شبه اسپینی و پتانسیل شعاعی ذکر شده بررسی میکنیم.
$$P(r) = a_1 r^r + br + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^r}$$

 $P(\vec{r}) = \Delta(r)$

$$\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k-1)}{r^{r}} - [\mu + E_{nk} - P(\vec{r})][\mu - E_{nk} + C_{ps}]G_{nk}(r) = \cdot$$
 (r - Δ)

با جایگذاری مقدار
$$P(\vec{r})$$
 در معادله (۵–۲۹)

 $\Sigma(r) = C_{ps} = const$ در تقارن شبه اسپینی

$$\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k-1)}{r^{r}} - [\mu - E_{nk} + C_{ps}][\mu + E_{nk} - a_{r}r^{r} - br - \frac{c}{r} - \frac{d}{r^{r}}]G_{nk}(r) = \cdot$$
(r) - $(r - \delta)$

در معادله بالا تغییر متغیرهای زیر را انجام میدهیم:

$$\begin{split} y_{1} &= -(\mu - E_{nk} + C_{Ps}) \\ \beta_{1}^{r} &= -(\mu - E_{nk} + C_{Ps})(\mu + E_{nk}) \\ &\{ \frac{d^{r}G_{nk}(r)}{dr^{r}} + (\beta_{1}^{r} - \frac{k(k-1) + y_{1}d}{r^{r}} - \frac{y_{1}c}{r} - y_{1}br - y_{1}a_{1}r^{r}) \}G_{nk}(r) = \cdot \end{split}$$
(77-4)
alue allow al

$$\left\{\frac{d^{\mathsf{r}}G_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{r}}} + \left(\varepsilon_{n\beta} - \frac{(\beta^{\mathsf{r}} - \frac{\mathfrak{l}}{\mathfrak{r}})}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{\mathfrak{r}y}{r} - \mathfrak{r}mar - a^{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}}\right)\right\}G_{nk}(r) = \boldsymbol{\cdot}$$
(\mathbf{r}-\Delta)
$$\begin{split} \varepsilon_{n\beta} &= \beta_1^r \\ \beta^r - \frac{i}{r} &= k(k-1) + y_1 d \to \beta = \sqrt{k(k-1) + y_2 d + \frac{i}{r}} \\ \gamma &= y_1 c \to y = \frac{y_1 c}{r} \\ \gamma &= y_1 b \to ma = \frac{y_1 b}{r} \\ a^r &= y_1 a_1 \to a = \sqrt{y_2 a_1} \\ \varepsilon_{nk}(r) &= r^A \exp(r(B_1 + D_1 r))u(r) \end{split}$$

که ضرایب
$$D_1, B_1, B_2$$
 به صورت زیر تعریف می شود:

$$\begin{split} A_{1} &= \frac{1}{r} + \beta \quad , \quad D_{1} = -\frac{1}{r}a \quad , \quad B_{1} = \frac{ma}{rD_{1}} \\ & \\ \mu &= \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k-1) + y_{1}d + \frac{1}{r}} \\ A_{1} &= \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k-1) + y_{1}d + \frac{1}{r}} \\ D_{1} &= -\frac{1}{r}a = -\frac{1}{r}\sqrt{y_{1}a_{1}} \\ B_{1} &= \frac{ma}{rD_{1}} = -\frac{y_{1}b}{r\sqrt{y_{1}a_{1}}} \end{split}$$

با جایگذاری $G_{\scriptscriptstyle nk}(r)$ در معادله (۵–۳۲)، معادله به شکل (۵–۳۵) تبدیل میشود.

$$\frac{d^{\mathsf{Y}}u(r)}{dr^{\mathsf{Y}}} + (\mathsf{Y}B_{\mathsf{Y}} + \mathsf{F}D_{\mathsf{Y}}r + \frac{\mathsf{Y}A_{\mathsf{Y}}}{r})\frac{du(r)}{dr} + (\frac{\mathsf{Y}A_{\mathsf{Y}}B_{\mathsf{Y}} - \mathsf{Y}y}{r} + B_{\mathsf{Y}}^{\mathsf{Y}} + \mathsf{F}A_{\mathsf{Y}}D_{\mathsf{Y}} + \mathsf{Y}D_{\mathsf{Y}} + \varepsilon_{B})u(r) = \cdot$$
(\mathbf{Y}\Delta - \Delta)

با در نظر گرفتن
$$u(r)$$
 به صورت $\sum_{n=0}^{\infty} C_n r^n$ و جایگذاری آن در رابطه (۵-۳۵) سری زیر به دست میآید.

$$C_{j+\Upsilon} = \frac{\Upsilon B_{i}(j+1) - (-\Upsilon A_{i}B_{i}+\Upsilon y)}{(j+\Upsilon)(j+1+\Upsilon A_{i})}C_{j+1} + \frac{B_{i}^{\Upsilon} + \Upsilon A_{i}D_{i}+\Upsilon D_{i}+\mathcal{E}_{n\beta} + \Upsilon D_{i}j)}{(j+\Upsilon)(j+1+\Upsilon A_{i})}C_{j}$$
(3.6)

برای اینکه سری بازگشتی بالا ادامه پیدا نکند دو شرط زیر باید برقرار باشد.

$$\begin{cases} -(B_{1}^{\gamma} + fA_{1}D_{1} + fD_{1} + \varepsilon_{n\beta}) = fD_{1}n \\ C_{1} = \frac{y - A_{1}B_{1}}{A_{1}}C_{1} \end{cases}$$
(77-5)

که در اینجا :

 $n \geq 1$, $C_{n+1} = \cdot$

برای n=۱ معادله (۵-۳۷) به صورت زیر نوشته می شود :

$$-(B_{1}^{\prime} + \mathbf{f}A_{1}D_{1} + \mathbf{f}D_{1} + \varepsilon_{1\beta}) = \mathbf{f}D_{1}$$
$$\varepsilon_{1\beta} = \mathbf{f}a + \mathbf{f}a(\frac{1}{\mathbf{f}} + \beta) - B_{1}^{\mathbf{f}}$$
(\text{TA} - \Delta)

که با جایگذاری ضرایب، رابطه (۵-۳۷) به صورت زیر نوشته می شود که از این رابطه انرژی هیپروهسته به دست می آید:

$$-(\mu - E_{vk} + C_{ps})(\mu + E_{vk}) = r\sqrt{-(\mu - E_{vk} + C_{ps})a_{v}} + r\sqrt{-(\mu - E_{vk} + C_{ps})a_{v}} + \sqrt{k(k-v) - (\mu - E_{vk} + C_{ps})d + \frac{v}{r}} - (-\frac{(\mu - E_{vk} + C_{ps})b}{r\sqrt{-(\mu - E_{vk} + C_{ps})a_{v}}})^{r}$$
(r9- Δ)

برای n=۲ در رابطه (۵-۳۷) سری زیر به دست میآید :

$$C_{\gamma} = \frac{\Upsilon B_{\gamma} + \Upsilon A_{\gamma} B_{\gamma} - \Upsilon y}{\Upsilon(\gamma + \Upsilon A_{\gamma})} C_{\gamma} + \frac{B_{\gamma}^{\gamma} + \Upsilon A_{\gamma} D_{\gamma} + \Upsilon D_{\gamma} + \varepsilon_{\beta}}{\Upsilon(\gamma + \Upsilon A_{\gamma})} C_{\gamma}$$
(\(\mathcal{F}\cdot - \Delta\))

با انتخاب •=j و $oldsymbol{C}_{ au} = oldsymbol{c}_{ au}$ دو رابطه زیر به دست میآید :

$$a(\frac{1}{r}+\beta) = m(\frac{r}{r}+\beta) + y(y+m(\frac{1}{r}+\beta))$$
(*1- Δ)

$$\varepsilon_{r\beta} = \Delta a + ra(\frac{1}{r} + \beta) - m^r$$
 (۴۲–۵)
همچنین انرژی تراز دوم از رابطه (۴۱–۵) به دست میآید:

$$-(\mu + E_{r_k} - C_s)(\mu - E_{r_k}) = \Delta \sqrt{-(\mu + E_{r_k} - C_s)a_r} + r_{\sqrt{-(\mu + E_{r_k} - C_s)a_r}} (\frac{1}{r} + \sqrt{k(k+1) - (\mu + E_{r_k} - C_s)d + \frac{1}{r}}) - (\frac{-(\mu + E_{r_k} - C_s)b}{r_{\sqrt{-(\mu + E_{r_k} - C_s)a_r}}})^r$$
(477- Δ)

$$H\Psi_{nk}(\vec{r}) = E\Psi_{nk}(\vec{r}) \tag{44}$$

H هامیلتونی دیراک است که به صورت زیر نوشته میشود:

$$H = \alpha . p + \beta \, \mu + W \tag{$ (4 - 2)}$$

W پتانسیل ماتریسی است و میتواند به صورت ترکیب خطی از شانزده ماتریس خطی جداگانه نوشته شود و به صورت زیر در نظر گرفته میشود.

$$W = \beta S(\vec{r}) + V(\vec{r}) - i\beta\alpha\hat{r}U(\vec{r}) \tag{$\mathbf{f}\mathbf{F}-\Delta$}$$

که در رابطه بالا
$$V(ec{r})$$
 پتانسیل برداری و $S(ec{r})$ پتانسیل اسکالر و $U(ec{r})$ پتانسیل تانسوری است.
با داشتن مقادیر $lpha,eta$ که در قسمتهای قبل معرفی شد و همچنین دو رابطه (۵–۴۶) و (۵–۴۷) و با
استفاده از مرجع [۱۸] معادله دیراک به دو معادله تبدیل میشود:

$$\Sigma(\vec{r}) = V(\vec{r}) + S(\vec{r})$$

$$\Delta(\vec{r}) = V(\vec{r}) - S(\vec{r})$$
(47-4)

$$[\sigma.p - i\sigma.\hat{r}U(\vec{r})] \frac{iG_{nk}(\vec{r})}{r} Y_{jm}^{\tilde{l}}(\theta, \varphi) = [E - \mu - \Sigma(\vec{r})] \frac{F_{nk}(\vec{r})}{r} Y_{jm}^{l}(\theta, \varphi)$$
(49-2)

$$[\sigma.p + i\sigma.\hat{r}U(\vec{r})]\frac{F_{nk}(\vec{r})}{r}Y_{jm}^{l}(\theta,\phi) = [E + \mu - \Delta(\vec{r})]\frac{iG_{nk}(\vec{r})}{r}Y_{jm}^{\tilde{l}}(\theta,\phi) \qquad (\Delta \cdot -\Delta)$$

با قرار دادن مقادیر σ,p که در قبل معرفی شده دو معادله زیر به دست میآید:

$$\left(\frac{d}{dr} + \frac{k}{r} - U(r)\right)F_{nk}(r) = (\mu + E_{nk} - \Delta(r))G_{nk}(r) \qquad (\Delta 1 - \Delta)$$

$$\left(\frac{d}{dr} - \frac{k}{r} + U(r)\right)G_{nk}(r) = (\mu - E_{nk} + \Sigma(r))F_{nk}(r) \qquad (\Delta 7 - \Delta)$$

از دو معادله بالا معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم به دست میآید.

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k-1)}{r^{\mathsf{r}}} + \frac{\mathsf{r}k}{r}U(r) + \frac{dU(r)}{dr} - U^{\mathsf{r}}(r) + \frac{\frac{d\Sigma(r)}{dr}}{\mu - E_{nk} + \Sigma(r)}\left(\frac{d}{dr} - \frac{k}{r} + U(r)\right)\right]G_{nk}(r) = \left(\mu + E_{nk} - \Delta(r)\right)\left(\mu - E_{nk} + \Sigma(r)\right)G_{nk}(r)$$

$$(\Delta \mathsf{r} - \Delta)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{d^{\mathsf{Y}}}{dr^{\mathsf{Y}}} - \frac{k(k+1)}{r^{\mathsf{Y}}} + \frac{\mathsf{Y}k}{r}U(r) - \frac{dU(r)}{dr} - U^{\mathsf{Y}}(r) + \frac{\frac{d\Delta(r)}{dr}}{\mu + E_{nk} - \Delta(r)}(\frac{d}{dr} + \frac{k}{r} - U(r))]F_{nk}(r) = (\mu + E_{nk} - \Delta(r))(\mu - E_{nk} + \Sigma(r))F_{nk}(r)$$

$$(\Delta \mathfrak{F} - \Delta)$$

روابط زیر بین
$$k, l$$
 و k, \tilde{l} وجود دارد.

$$k(k+1) = l(l+1)$$
 (۵۵–۵)

$$k(k-1) = \tilde{l}(\tilde{l}+1)$$

$$\Delta(r) = C_s \ , \ \Sigma(r) = P(\vec{r}) \ , \ \Delta(r) = P(\vec{r}) \ , \ \Delta(r) = P(\vec{r}) \ , \ \Delta(r) = P(\vec{r})$$
 است.

اکنون تقارن را اسپینی و پتانسیل تانسوری را به صورت زیر در نظر می گیریم:

$$U(r) = \frac{a'}{r}$$

 $\frac{dU}{dr} = \frac{-a'}{r^{r}}$ معادله زیر را در نظر می گیریم ،در تقارن اسپینی $\Delta(r) = C_s$ و پتانسیل $\Sigma(r)$ را به صورت (۵-۵۷) در نظر می گیریم:

$$\begin{bmatrix} \frac{d^{\mathsf{v}}}{dr^{\mathsf{v}}} - \frac{k(k+\mathsf{v})}{r^{\mathsf{v}}} + \frac{\mathsf{v}k}{r}U(r) - \frac{dU(r)}{dr} - U^{\mathsf{v}}(r) + \frac{\frac{d\Delta(r)}{dr}}{\mu + E_{nk} - \Delta(r)}(\frac{d}{dr} + \frac{k}{r} - U(r))]F_{nk}(r) = (\mu + E_{nk} - \Delta(r))(\mu - E_{nk} + \Sigma(r))F_{nk}(r)$$

$$(\Delta \mathcal{F} - \Delta)$$

$$\Sigma(r) = ar^{\mathsf{Y}} + br + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^{\mathsf{Y}}} \tag{(\Delta \mathsf{Y} - \Delta)}$$

بعد از جایگذاری پتانسیل
$$\Sigma(r)$$
 در معادله (۵–۵۶) معادله را به صورت زیر بازنویسی میکنیم :

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k+1)}{r^{\mathsf{r}}} + \frac{\mathsf{r}k}{r} \times \frac{a'}{r} + \frac{a'}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{a'^{\mathsf{r}}}{r^{\mathsf{r}}}\right]F_{nk}(r) = (\mu + E_{nk} - C_s)(\mu - E_{nk} + a_1r^{\mathsf{r}} + br + \frac{c}{r} + \frac{d}{r^{\mathsf{r}}})F_{nk}(r) \tag{4A-4}$$

مقادیر ثابت را به صورت زیر در نظر می گیریم:

 $(\mu + E_{nk} - C_s)(\mu - E_{nk}) = \beta_1^2$ $(\mu + E_{nk} - C_s) = \gamma_1$

با جایگذاری این مقادیر معادله (۵–۵۸) به شکل زیر نوشته می شود:

$$\left(\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \beta_{\mathsf{r}}^{\mathsf{r}} - \frac{(k(k+1) - \mathsf{r}ka' - a' + a'^{\mathsf{r}} + \gamma_{\mathsf{r}}d)}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{\gamma_{\mathsf{r}}c}{r} - \gamma_{\mathsf{r}}br - \gamma_{\mathsf{r}}a_{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}})F_{nk}(r) = \cdot$$
 (29-2)

معادله (۵–۵۹) را با معادله هیون (۵–۶۰) مقایسه می *کن*یم و از مقایسه این دو معادله، ضرایب معادله هیون را به دست می آوریم.

$$\frac{d^{\mathsf{v}}F_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{v}}} + (\varepsilon_{n\beta} - \frac{\beta^{\mathsf{v}} - \frac{1}{\mathfrak{v}}}{r^{\mathsf{v}}} - \frac{\mathfrak{r}\gamma}{r} - \mathfrak{r}mar - a^{\mathsf{v}}r^{\mathsf{v}})F_{nk}(r) = \cdot \qquad (\mathfrak{r} \cdot - \mathfrak{d})$$

$$\varepsilon_{n\beta} = -\beta^{\mathsf{v}}_{\mathfrak{l}}$$

$$\beta^{\mathsf{v}} = k(k+\mathfrak{l}) - \mathfrak{r}ka' - a' + a'^{\mathsf{v}} + \gamma, d \to \beta = \sqrt{k(k+\mathfrak{l}) - \mathfrak{r}ka' - a' + a'^{\mathsf{v}} + \gamma, d + \frac{1}{\mathfrak{v}}}$$

$$\gamma = \frac{\gamma, c}{\mathfrak{r}}$$

$$\mathfrak{r}ma = \gamma, b \to ma = \frac{\gamma, b}{\mathfrak{r}}$$

$$a^{\mathsf{v}} = \gamma, a_{\mathfrak{l}} \to a = \sqrt{\gamma, a_{\mathfrak{l}}}$$

، را به صورت زیر در نظر می گیریم. $F_{nk}(r) = r^A \exp(r(B_1 + D_1 r))u(r)$ (۶۱–۵)

$$\begin{split} A_{i} &= \frac{1}{r} + \beta \\ D_{i} &= -\frac{1}{r}a \\ B_{i} &= \frac{ma}{rD_{i}} \\ & \\ A_{i} &= \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k+1) - rka' - a' + a'^{r} + \gamma_{i}d + \frac{1}{r}} \\ A_{i} &= \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k+1) - rka' - a' + a'^{r} + \gamma_{i}d + \frac{1}{r}} \\ D_{i} &= -\frac{1}{r}a = -\frac{1}{r}\sqrt{\gamma_{i}a_{i}} \\ B_{i} &= \frac{ma}{rD_{i}} = -\frac{\gamma_{i}b}{r\sqrt{\gamma_{i}a_{i}}} \end{split}$$

با جایگذاری $F_{\scriptscriptstyle nk}(r)$ در معادله (۵–۶۰) ، معادله به شکل زیر تبدیل می شود:

برای اینکه سری بازگشتی بالا ادامه پیدا نکند دو شرط زیر باید برقرار باشد.

$$\begin{cases} -(B_{i}^{\gamma} + fA_{i}D_{i} + fD_{i} + \varepsilon_{n\beta}) = fD_{i}n \\ C_{i} = \frac{y - A_{i}B_{i}}{A_{i}}C_{i} \end{cases}$$
(877-3)

که در اینجا:

 $n \ge 1$, $C_{n+1} = 1$

برای n=۱ معادله(۶۳-۵) به صورت زیر نوشته می شود:

$$-(B_{1}^{r} + fA_{1}D_{1} + rD_{1} + \varepsilon_{1\beta}) = fD_{1}$$

$$\varepsilon_{1\beta} = ra + ra(\frac{1}{r} + \beta) - B_{1}^{r} \qquad (ff - \Delta)$$

$$\mu = l_{1}Z_{1}Z_{1}$$

$$\mu = l_{2}Z_{1}$$

$$\mu = l_{1}Z_{1}$$

$$\mu = l_{$$

$$-(\mu + E_{1k} - C_{s})(\mu - E_{1k}) = \mathbb{r}\sqrt{(\mu + E_{1k} - C_{s})a_{1}} + \mathbb{r}\sqrt{(\mu + E_{1k} - C_{s})a_{1}}$$
$$(\frac{1}{Y} + \sqrt{k(k+1) - \mathbb{r}ka' - a' + a'' + (\mu + E_{1k} - C_{s})d + \frac{1}{Y}}) - (-\frac{(\mu + E_{1k} - C_{s})b}{\mathbb{r}\sqrt{(\mu + E_{1k} - C_{s})a_{1}}})^{\mathbb{r}}$$
(\$\varphi - \varphi)

از معادله بالا مقدار E_{1k} را برای هیپروهسته های مختلف به دست می آوریم.

اکنون معادله دیراک را برای تقارن شبه اسپینی و پتانسیل تانسوری زیر در، نظر می گیریم :

$$U(r) = \frac{a'}{r}$$
$$\frac{dU}{dr} = \frac{-a'}{r'}$$

در تقارن شبه اسپینی
$$\Sigma(r) = C_{ps}$$
 و پتانسیل $\Delta(r)$ را به صورت معادله (۵–۵۷) در نظر می گیریم و در معادله (۵–۵۷) جایگذاری می کنیم.

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k-\mathsf{i})}{r^{\mathsf{r}}} + \frac{\mathsf{r}k}{r} \times \frac{a'}{r} - \frac{a'}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{a'^{\mathsf{r}}}{r^{\mathsf{r}}}\right]G_{nk}(r) = (\mu - E_{nk} + C_{ps})(\mu + E_{nk} - a_\mathsf{i}r^{\mathsf{r}} - br - \frac{c}{r} - \frac{d}{r^{\mathsf{r}}})G_{nk}(r) \tag{99-6}$$

$$-(\mu - E_{nk} + C_{ps})(\mu + E_{nk}) = \beta_1^2$$
$$-(\mu - E_{nk} + C_{ps}) = \gamma_1$$

با جایگذاری این مقادیر معادله (۵–۶۶) به شکل زیر نوشته میشود.

$$\frac{d^{\mathsf{r}}G_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{r}}} + (\beta_{\mathsf{r}}^{\mathsf{r}} - \frac{(k(k-\mathsf{r}) - \mathsf{r}ka' + a' + a'' + \gamma_{\mathsf{r}}d)}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{\gamma_{\mathsf{r}}c}{r} - \gamma_{\mathsf{r}}br - \gamma_{\mathsf{r}}a_{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}})G_{nk}(r) = \cdot$$
(\$\varphi - \varphi)

معادله (۵-۶۷) را با معادله هیون (۵–۶۸) مقایسه می *کن*یم و از مقایسه این دو معادله، ضرایب معادله هیون را به دست می آوریم.

$$\frac{d^{\mathsf{r}}G_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{r}}} + (\varepsilon_{n\beta} - \frac{\beta^{\mathsf{r}} - \frac{1}{\mathfrak{r}}}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{\mathfrak{r}\gamma}{r} - \mathfrak{r}mar - a^{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}})G_{nk}(r) = \cdot$$

$$(\mathfrak{F} \wedge - \Delta)$$

$$\begin{split} \varepsilon_{n\beta} &= \beta_{1}^{r} \\ \beta^{r} - \frac{1}{r} &= k(k-1) - rka' + a'r + \gamma_{1}d \rightarrow \beta = \sqrt{k(k-1) - rka' + a'r + \gamma_{2}d + \frac{1}{r}} \\ \gamma &= \frac{\gamma_{1}c}{r} \\ rma &= \gamma_{1}b \rightarrow ma = \frac{\gamma_{2}b}{r} \\ a^{r} &= \gamma_{1}a_{1} \rightarrow a = \sqrt{\gamma_{1}a_{1}} \end{split}$$

$$A_{\gamma} = \frac{1}{r} + \beta = \frac{1}{r} + \sqrt{k(k-1) - rka' + a' + a''} + \gamma_{\gamma}d + \frac{1}{r}$$
$$D_{\gamma} = -\frac{1}{r}a = -\frac{1}{r}\sqrt{\gamma_{\gamma}a_{\gamma}}$$
$$B_{\gamma} = \frac{ma}{r}D_{\gamma} = -\frac{y_{\gamma}b}{r\sqrt{y_{\gamma}a_{\gamma}}}$$

به صورت زیر تعریف میشود.
$$G_{\scriptscriptstyle nk}(r)$$

$$G_{nk}(r) = r^{A_1} \exp(r(B_1 + D_1 r))u(r)$$

با قرار دادن مقدار ($G_{nk}(r)$ در معادله (۵–۶۸)، معادله به صورت زیر تبدیل می شود.

$$\frac{d^{\mathsf{v}}u(r)}{dr^{\mathsf{v}}} + (\mathsf{v}B_{\mathsf{v}} + \mathsf{v}D_{\mathsf{v}}r + \frac{\mathsf{v}A_{\mathsf{v}}}{r})\frac{du(r)}{dr} + (\frac{\mathsf{v}A_{\mathsf{v}}B_{\mathsf{v}} - \mathsf{v}y}{r} + B_{\mathsf{v}}^{\mathsf{v}} + \mathsf{v}A_{\mathsf{v}}D_{\mathsf{v}} + \mathsf{v}D_{\mathsf{v}} + \varepsilon_{B})u(r) = \mathbf{v}$$
(99-2)

با در نظر گرفتن
$$u(r)$$
 به صورت $\sum_{n=1}^{\infty} C_n r^n$ و جایگذاری آن در رابطه (۵–۶۹) سری زیر به دست میآید.
 $C_{j+\tau} = \frac{\tau B_1(j+1) - (-\tau A_1 B_1 + \tau y)}{(j+\tau)(j+1+\tau A_1)} C_{j+1} + \frac{B_1^{\tau} + \tau A_1 D_1 + \tau D_1 + \varepsilon_{\beta} + \tau D_1 j}{(j+\tau)(j+1+\tau A_1)} C_j$

برای اینکه سری بازگشتی بالا ادامه پیدا نکند دو شرط زیر باید برقرار باشد.

$$\begin{cases} C_{i} = \frac{y - A_{i}B_{i}}{A_{i}}C_{.} \\ -(B_{i}^{r} + fA_{i}D_{i} + fD_{i} + \varepsilon_{n\beta}) = fD_{i}n \end{cases}$$
(Y \cdot - \Delta)

که در اینجا:

 $n \ge 1$, $C_{n+1} = \cdot$

برای
$$n=1$$
 معادله (۵–۷۰) به صورت زیر نوشته می شود:

$$-(B_{i}^{r} + f A_{j} D_{i} + f D_{j} + \varepsilon_{i\beta}) = f D_{i}$$

$$(Y1-\Delta)$$

با جایگذاری مقادیر ثابت معادله زیر به دست میآید و از این معادله میتوان ویژه مقدار انرژی را برای هیپروهسته های مختلف به دست آوریم.

$$-(\mu + E_{vk} - C_{ps})(\mu - E_{vk}) = r\sqrt{-(\mu + E_{vk} - C_{ps})a_{v}} + r\sqrt{-(\mu + E_{vk} - C_{s})a_{v}} (\frac{v}{r} + \sqrt{k(k-v) - rka' + a' + a'r} - (\mu + E_{vk} - C_{ps})d + \frac{v}{r}) - (\frac{(\mu + E_{vk} - C_{ps})b}{r\sqrt{(\mu + E_{vk} - C_{ps})_{v}a_{v}}})^{r}$$
(Y7- Δ)

۵-۵ بررسی هیپرون با پتانسیل می^۴ برای تقارن اسپینی :

$$V_{MT} = \frac{A_{\gamma}}{r^{\gamma}} - \frac{B}{r} + C \qquad (\forall \tau - \Delta)$$

ضریب A_1 به این شکل در نظر گرفته میشود:

$$A_{\gamma} = U_{.} + U_{\gamma} \frac{A - \gamma Z}{A}$$

معادله (۵–۵۴) که در بخش های قبلی این پایان نامه محاسبه شده در نظر می گیریم و با توجه به این که در تقارن اسپینی $\Delta = C_p = const$, $\frac{d\Delta}{dr} = 0$ است معادله (۵–۵۴) به معادله (۵–۷۴) تبدیل می شود.

¹¹ Mie

$$\left[\frac{d^{\mathsf{v}}}{dr^{\mathsf{v}}} - \frac{k(k+\mathsf{v})}{r^{\mathsf{v}}} - (\mu + E_{nk} - \Delta(r))(\mu - E_{nk} + \Sigma(r)) + \frac{\frac{d\Delta(r)}{dr}(\frac{d}{dr} + \frac{k}{r})}{\mu + E_{nk} - \Delta(r)}\right]F_{nk}(r) = \cdot$$
 (YF- Δ)

در معادله بالا تغییر متغیرهای زیر را انجام میدهیم:

$$\gamma = (\mu - E_{nk} + C_{ps})$$

$$\beta^{2} = (\mu + E_{nk})(\mu - E_{nk} + C_{ps})$$

$$\left[\frac{d^{r}}{dr^{r}} - \frac{k(k+1)}{r^{r}} - \gamma \left(\frac{A_{r}}{r^{r}} - \frac{B}{r} + C\right) - \beta^{r}\right]F_{nk}(r) = \cdot$$
(Y\Delta - \Delta)

در معادله بالا، تغییر متغیرهای زیر را انجام میدهیم.

$$\alpha = -k(k+1) - \gamma A_{1}$$
$$B_{1} = -\gamma B$$
$$C_{1} = \gamma C + \beta^{T}$$

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}F_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{r}}} + \left[\frac{\alpha - B_{\mathsf{r}}r - C_{\mathsf{r}}r^{\mathsf{r}}}{r^{\mathsf{r}}}\right]F_{nk}(r) = \cdot$$
 (YF- Δ)

معادله بالا را با روش NU حل می کنیم. [۲۳]

$$\alpha_{\gamma} = \cdot \qquad \alpha_{\gamma} = \cdot \qquad \alpha_{\gamma} = \cdot \alpha_{\gamma} = \frac{1}{\gamma} \qquad \alpha_{\Delta} = \cdot \qquad \alpha_{\gamma} = C_{\gamma} \alpha_{\gamma} = B_{\gamma} \qquad \alpha_{\Delta} = \frac{1}{\gamma} - \alpha \qquad \alpha_{\gamma} = C_{\gamma}$$

$$\alpha_{1,.} = 1 + \sqrt{\frac{1}{r} - \alpha} \qquad \alpha_{1,1} = r\sqrt{C_1}$$

$$\alpha_{1,r} = \frac{1}{r} + \sqrt{\frac{1}{r} - \alpha} \qquad \alpha_{1,r} = -\sqrt{C_1}$$

$$\alpha_{r} n - (rn+1)\alpha_{\Delta} + (rn+1)(\sqrt{\alpha_1} + \alpha_r\sqrt{\alpha_L}) + n(n-1)\alpha_r + \alpha_r + r\alpha_r\alpha_L + r\sqrt{\alpha_L\alpha_1} = \cdot$$
(YY- Δ)

با جایگذاری مقادیر ثابت در معادله بالا به معادله زیر میرسیم و از این معادله مقدار انرژی را به دست می آوریم.

$$\frac{\sqrt{(\mu + E_{nk} - C_{.})C + (\mu - E_{nk})(\mu + E_{nk} - C_{.})}}{\sqrt{(\mu + E_{nk} - C_{.})C + (\mu - E_{nk})(\mu + E_{nk} - C_{.})}\sqrt{(\frac{1}{2} + k(k+1) + (\mu + E_{nk} - C_{.})A_{1})}}{(\gamma h + 1)}$$
(YA - Δ)

$$\Delta -$$
۶ بررسی هیپرون با پتانسیل می ^{۱۷} برای تقارن شبه اسپینی: در اینجا معادله دیراک را برای پتانسیل قبلی و برای تقارن شبه اسپینی بررسی می کنیم.
معادله (۵–۵۳) که در بخش های قبلی این پایان نامه محاسبه شده در نظر می گیریم و با توجه به این که
در تقارن شبه اسپینی $0 = \frac{\Delta \Sigma}{dr}$, $S = C_{ps} = const$, $\frac{d\Sigma}{dr}$)، به معادله (۵–۹۷) تبدیل
می شود.

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k-\mathsf{N})}{r^{\mathsf{r}}} - (\mu + E_{nk} - \Delta(r))(\mu - E_{nk} + \Sigma) - \frac{\frac{d\Sigma}{dr}(\frac{d}{dr} - \frac{k}{r})}{\mu - E_{nk} + \Sigma}\right]G_{nk}(r) = \mathsf{r}$$
(Y9- Δ)

^v Mie

در معادله بالا تغییر متغیرهای زیر را انجام میدهیم و معادله بالا به معادله زیر، تبدیل می شود.

$$\gamma = \mu - E_{nk} + C_{ps}$$

$$\beta^{2} = (\mu + E_{nk})(\mu - E_{nk} + C_{ps})$$

$$\left[\frac{d^{\mathsf{v}}}{dr^{\mathsf{v}}} - \frac{k(k-\mathsf{v})}{r^{\mathsf{v}}} + \gamma \,\Delta(r) - \beta^{\mathsf{v}}\right] G_{nk}(r) = \cdot \qquad (\wedge \cdot - \Delta)$$

. پتانسیل $\Delta(r)$ را به صورت زیر در نظر میگیریم

$$\Delta(r) = \frac{A}{r^{r}} - \frac{B}{r} + C$$
 فرض می کنیم ضریب A_1 به این صورت نوشته شود :
 $A_{\gamma} = U \cdot + U_{\gamma} \frac{A - rZ}{A}$

با جایگذاری پتانسیل معرفی شده در معادله (۵-۸)

$$\left[\frac{d^{\mathsf{r}}}{dr^{\mathsf{r}}} - \frac{k(k-1)}{r^{\mathsf{r}}} + \gamma \left(\frac{A_{\mathsf{r}}}{r^{\mathsf{r}}} - \frac{B}{r} + C\right) - \beta^{\mathsf{r}}\right] G_{nk}(r) = \boldsymbol{\cdot}$$
 (A1- $\boldsymbol{\Delta}$)

$$\alpha = -k(k-1) + \gamma A_{1}$$
$$B_{1} = -\gamma B$$
$$C_{1} = \gamma C - \beta^{r}$$

$$\left[\frac{d^{\mathsf{Y}}G_{nk}(r)}{dr^{\mathsf{Y}}} + \left[\frac{\alpha + B_{\mathsf{Y}}r + C_{\mathsf{Y}}r^{\mathsf{Y}}}{r^{\mathsf{Y}}}\right]G_{nk}(r) = \cdot$$
 (AY- Δ)

$$\begin{aligned} \alpha_{\gamma} &= \cdot \qquad \alpha_{\gamma} = \cdot \qquad \alpha_{\gamma} = \cdot \\ \alpha_{\varphi} &= \frac{1}{\gamma} \qquad \alpha_{\Delta} = \cdot \qquad \alpha_{\varphi} = -C_{\gamma} \\ \alpha_{\gamma} &= -B_{\gamma} \qquad \alpha_{\Lambda} = \frac{1}{\gamma} - \alpha \qquad \alpha_{\eta} = -C_{\gamma} \\ \alpha_{\gamma} &= 1 + \gamma \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \alpha_{\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma}} \\ \alpha_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \alpha_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} - \alpha} \qquad \mu_{\gamma\gamma} = -\gamma \sqrt{C_{\gamma\gamma}} \\ \mu_{\gamma\gamma} &= \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \sqrt{\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} + \frac{1}$$

$$\frac{\sqrt{(\mu + E_{nk} - C_{.})C + (\mu - E_{nk})(\mu + E_{nk} - C_{.})}}{(\mu + E_{nk} - C_{.})C + (\mu - E_{nk})(\mu + E_{nk} - C_{.})(\frac{1}{5} + k(k-1) + (\mu + E_{nk} - C_{.})A_{1}}{(\gamma n + 1)} + \frac{(\mu + E_{nk} - C_{.})B_{1}}{(\gamma n + 1)}$$
(AF- Δ)

با جایگذاری مقادیر جرم کاهیده μ و مقدار n=1 می توان با استفاده از نرم افزار متمتیکا مقدار انرژی اولین تراز را برای هیپروهسته های مختلف محاسبه کنیم.

ذرات به ۴ گروه مختلف ذرات میدانی، لپتون، مزون و باریون تقسیم می شود که هر یک از این ذرات دارای بار اسپین و جرم و خصوصیات منحصر به فرد، می باشد. همچنین باریونی که دارای یک یا چند کوارک شگفت باشد هیپرون نام دارد تا کنون چهار نوع مختلف از هیپرون کشف شدهاست .

هیپروهسته، هستهای شامل یک یا چند هیپرون است در آزمایش امولسیون کشف شد. برای تولید هیپروهسته دو روش وجود دارد که به توضیح آن ها در این پایان نامه پرداختیم. هیپرون بدون هیچ گونه محدویتی میتواند به علت داشتن عدد شگفتی و رعایت نکردن اصل طرد پائولی، وارد هسته شود و ویژگی های هسته را تحت تاثیر قرار بدهد. در این حالت به مقایسه چاه پتانسیل و ترازهای مدل لایه ای برای نوکلئونها و هیپرونها پرداختیم و به صورت طرح وار اختلاف میان آنها را نمایش دادیم.

انرژی بستگی هیپروهسته و انرژی جدایی هیپرون در هیپروهسته ها را برای تعدادی از هیپرونها با استفاده از روشهای تحلیلی و نیمه تجربی محاسبه کردیم مقادیر به دست آمده را با مقادیر تجربی مقایسه کردیم. ملاحظه میشود که روشهای تحلیلی نیز دارای اشکالاتی است که بخشی از این اشکالات به خاطر تقریبهای در نظر گرفته شده و بخشی نیز به خاطر ناتوانی در حل سیستم های بس ذرهای میباشد. روشهای نیمه تجربی که معمولا بر اساس برازش بدست میآید نیز دارای اشکالاتی است که انترای می اشکالات به به خاطر در نظر نگرفتن تمامی عوامل تاثیرگذار در انرژی بستگی هیپروهسته و انرژی جداسازی نوکلئونها میباشد. به همین خاطر به سراغ محاسبه انرژی بستگی ها معادله دیراک میرویم. در واقع در بررسی هیپرون معادله دیراک هیپرون به عنوان یک فرمیون با اسپین نیم صحیح و هسته به عنوان یک در این پایان نامه به معرفی تقارنهای اسپینی وشبه اسپینی می پردازیم و در پایان معادله دیراک را برای تقارن اسپینی و شبه اسپینی با پتانسیلهای مختلف بررسی کردیم و ویژه مقدار انرژی و ویژه توابع هیپرون را به دست می آوریم. در این حالت نیز به مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج تجربی می پردازیم. [1] F.E .Close. (1 , 1). An Introduction to Quarks and protons ,Academic press, London 112,14, pp 5-1.

[۲]حسن آبادی ح،(۱۳۸۶) پایان نامه دکتری : " محاسبه ویژگیهای استاتیکی باریونها با استفاده از معادله دیراک" دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

[\mathfrak{P}]Armenteros.R,Barker.K.H,Butler.C.C,Cachon.A.and Chapmann.A.H. (1901),"Decay of V-Particle",**Nature** .,167,14,pp 5.1.

[\mathfrak{f}] Takashi .H.et al. ($\mathfrak{f} \cdot \mathfrak{f}$),"Observation of $a_{\Lambda\Lambda}$ He Double Hypernucleus", PRL.,11,87,pp 2125.2

[Δ] Danysz, M., & Pniewski, J. (1907). "Delayed disintegration of a heavy nuclear fragment", I. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, ff(35.), 348-35.

[۶] Hashimoto, O. (۲۰۰٦). O. Hashimoto and H. Tamura, Prog. Part. Nucl.
Phys. 57, 564 (2..6). Prog. Part. Nucl. Phys., 57, 564

[Y] Hasegawa, T., Hashimoto, O., Homma, S., Miyachi, T., Nagae, T., Sekimoto, M.,& Noumi, H. (1997). "Spectroscopic study of B Λ 1, C Λ 12, Si Λ 28, Y Λ 89, La Λ 139, and Pb $\Lambda^{\gamma} \cdot \Lambda$ by the (π +,K+) reaction". Physical Review C, 53(3), 121. [^A] Danysz .M. and Pniewski. J. (190°),"The first obsesvation of a neutron rich hypernucleus", philose.mag., 33, 44, pp 348.

[\P] Takashi .H.et al. ($\P \cdot \cdot \P$),"Observation of $a_{\Lambda\Lambda}$ He Double Hypernucleus", PRL.,11,87,pp 2125.2

[$\uparrow \bullet$] Takashi .H.et al.($\uparrow \bullet \bullet \uparrow$),"Observation of $a_{\Lambda\Lambda}$ He Double Hypernucleus",PRL.,11,87,PP 2125.2

[1] Waseem Ahmed.M. (1999), Study of the f B Hypernuclear system with the 17 $C_{\Lambda\Lambda}$ breaction", phys.depart.Houston university,

[$\uparrow\uparrow$]Hagino.k,($\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$),"structure of hypernuclei in relativistic approach",Nuclear Physics A,1,82,pp 96.

[14] C Samanta, P Roy Chowdhury and D N Basu($7 \cdot \cdot \circ$), "Generalized mass formula for non-strange and hypernuclei with SU(7) symmetry breaking" Journal of Physics G Nuclear and Particle Physics, Article (PDF Available) *in* Journal of Physics G Nuclear and Particle Physics 32(3):363

[14] A . Armat and H. Hassanabadi $(7 \cdot 17)$," Mass chains of light hypernuclei and separation energies of mirror hypernuclei from BWMH mass formula" *Canadian Journal of Physics* 94(4): 365–369

[19] K.P. Santhosha and C. Nithya $(7 \cdot 1^{\Lambda})$," New semi-empirical formulae for the binding and separation energies of single Λ hypernuclei" The European Physical Journal Plus, 133:343

۱۰۰

[19] M. Hosseini, H. Hassanabadi, S. Hassanabadi, and P. Sedaghatnia $(7 \cdot 1A)$

"Klein Gordon oscillator in the presence of a Cornell potential in the cosmic string Spacetime"Submitted

 $[\gamma \cdot]$ K.J.Oyewumi,Int.J.Theor.Phy. $\xi \circ (\gamma \cdot \gamma \cdot) \gamma \gamma \cdot$

[\uparrow] P.M.Morse, Phy.Rev. $\forall \xi (\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow) \circ \forall$.

[۲۲] آرمات آ.(۱۳۹۵) "مطالعه و بررسی سیستکاتیک هیپروهسته های سبک" دانشکده فیزیک، دانشگاه

صنعتى شاهرود

 $[\Upsilon m]$ H. Hassanabadi, Z. Derakhshani, S. Zarrinkamar $(\Upsilon \cdot \Upsilon)$ " Commutative vs. Noncommutative Space Statistical Properties of Two-Dimensional Harmonic Oscillator in Magnetic Field" Vol. $\Upsilon \Upsilon$

Abstract:

The past few decades, and their study of their properties, have been the subject of many studies in various fields of physics.

In this thesis, we first introduce different particles and forces between particles and then introduce the Hypernucleus and types of hypersensitivity, introduce Hyperons and express the hypersensitivity of the static properties. The mass and energy of the dependence of different Hypernucleus were obtained both by analytical methods and by semi-experimental methods, and these values are compared with experimental values.

Finally, using the independent Dirac equation of time, we obtain special values of energy for radial and tensor potentials and spin symmetry and spin-symmetry and, by fitting the data, determine the appropriate form for the potential.

Key words: Hyperon, Hypernucleus, Hypernucleus energy, Hyperion separation energy, Dirac equation, Spin symmetry, Pseudo spin symmetry.



Shahrood University of Technology

Faculty of Physics and Nuclear Engineering

Master's Degree in Nuclear Physics

Investigation of the single- Λ spectrum using spin and pseudospin symmetries

Mliheh Moradi

Supervisor: Dr. Hassn Hassnabadi

۲.19