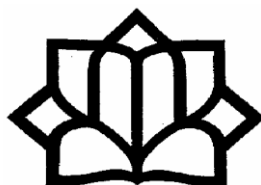




بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کاشان

دانشکده ی فیزیک

گروه فیزیک هسته ای

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک هسته ای

عنوان:

روش های اندازه گیری میزان برهم کنش های هادرونی در آشکارسازهای سوسوزن

پلاستیکی

استاد راهنما:

دکتر احمد رضائی مقدم

به وسیله ی :

کلثوم نظری

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به عزیزانی که یاور سختی هایم بودند

و با مهربانی های خود شوق تحصیل را در من زنده نگاه داشتند

پدر و مادر

و

حامد عزیزم

## تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر خود لازم می دانم از تمامی اساتید بزرگوار که مرا در تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده اند تقدیر و تشکر نمایم. از استاد گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر احمد رضانی مقدم که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده اند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم. جناب آقای دکتر رضانی مقدم ، به خاطر همه ی چیزهایی که به من آموختید، همه ی لحظات نابی که به من هدیه نمودید و همه ی آن چه را که در واژه نمی گنجد صمیمانه و با همه ی وجودم سپاسگزارم . سپاس فراوان خود را به هیأت داوران آقایان دکتر زاهدی فر و دکتر غضنفری به خاطر خواندن صبورانه ی این پایان نامه و نظرات ارزشمندشان در بهبود آن تقدیم می دارم. در پایان از جناب آقای دکتر بهرامیان که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه قبول زحمت نموده اند سپاسگزاری می نمایم.



تاریخ :  
شماره:  
پیوست :

## مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو : خانم کلثوم نظری  
شماره دانشجویی : ۸۸۱۱۵۵۰۰۰۳  
رشته : فیزیک گرایش هسته ای  
عنوان پایان نامه :  
" روش های اندازه گیری میزان برهم کنش های هادرونی در آشکارسازهای سوسوزن پلاستیکی "

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارائه می گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۰ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره ۱۹/۷ به عدد و نوزده و هفت به حروف و درجه ب به تصویب رسید.

## اعضای هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما :	دکتر احمد رضانی مقدم	استادیار	
۲. متخصص و صلب نظر داور دانشگاه :	دکتر مصطفی زاهدی فر	دانشیار	
۳. متخصص و صلب نظر داور دانشگاه :	دکتر مهدی غضنفری	استادیار	
۴. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه :	دکتر بهرامیان	استادیار	

ابراهیم نعمتی لای  
مدیر تحصیلات تکمیلی

## چکیده

انجام آزمایش های پراکندگی الاستیک پروتون-دوترون و تجزیه سه جسمی دوترون-دوترون در مؤسسه تحقیقاتی هلند به منظور بررسی نیروی سه جسمی و اثر نیروی سه جسمی در برهمکنش بین نوکلئون ها با مجموعه آزمایشگاهی BINA از سال ۲۰۰۵ آغاز گردیده است. یکی از مشاهدات پذیرهای مورد بررسی در این آزمایش ها، کمیت سطح مقطع می باشد. اندازه گیری دقیق آهنگ ذراتی که در آشکارساز به ثبت می رسند، جهت دستیابی به کمیت مذکور، با دقت بالا مورد نیاز است. از آنجایی که در آشکارسازهای سوسوزن اندازه گیری تعداد ذرات رسیده به آشکارساز بر مبنای اندازه گیری انرژی پایه گذاری شده است، ذرات فقط در صورتی که انرژی کافی در آشکارساز بجا گذرانند، شمارش می شوند. در مواردی ذرات حتی با داشتن انرژی کافی به دلیل انجام برهم کنش های هادرونی تمام انرژی خود را در آشکارساز بجا نمی گذارند و این عامل باعث می شود که این گونه ذرات به شمار نیایند. به منظور تصحیح خطای حاصل از این عدم شمارش، پیدا کردن مقدار دقیقی از ذراتی که برای آن ها پدیده ی برهم کنش هادرونی اتفاق می افتد، از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا بر آن شدیم که میزان برهم کنش های مذکور را اندازه گیری کرده تا بتوانیم برای پراکندگی های مورد نظر سطح مقطع دیفرانسیلی را با خطای حداقل اندازه گیری کنیم. در این پایان نامه دو روش برای محاسبه ی میزان برهمکنش های هادرونی برای پروتون ها و دوترون ها در سوسوزن های پلاستیکی بکار گرفته شده است.

۱. استفاده مستقیم از داده های آزمایشگاهی

۲. انجام شبیه سازی بر پایه روش مونت-کارلو با استفاده از نرم افزار GEANT<sup>۳</sup>

در مورد روش اول داده های مربوط به کانال الاستیک پروتون- دوترون و همچنین دوترون- دوترون و همچنین کانال تجزیه سه جسمی در پراکندگی دوترون- دوترون مورد بررسی قرار گرفته و میزان برهمکنش هادرونی برای پروتون ها و دوترون ها بدست آمده است. روش دوم برهمکنش هایی را که در روش اول مورد بررسی قرار گرفته بودند را شبیه سازی کرده و نتایج حاصل از شبیه سازی نیز بدست می آید. مقایسه داده های تجربی و داده های حاصل از شبیه سازی بیانگر آن است که مقادیر بدست آمده از دو روش در محدوده ی خطاهای اندازه گیری با یکدیگر توافق دارد. بنابراین برای محاسبه میزان برهمکنش های هادرونی در سوسوزن های مورد استفاده می توان به نتایج حاصل از شبیه سازی اطمینان نمود. واضح است که روش شبیه سازی روشی آسان تر و از نظر اقتصادی نیز به صرفه تر از روش انجام آزمایش است.

کلمات کلیدی: برهم کنش هادرونی، کانال تجزیه سه جسمی، آشکارسازهای سوسوزن، زمان پرواز

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۱-۱- طرح کار..... ۳

فصل دوم: تئوری

۱-۲- آشنایی با انواع برهم کنش ها در فیزیک زیر اتمی..... ۴

۱-۱-۲- بررسی ویژگی های متفاوت سه برهم کنش..... ۶

۲-۲- برهم کنش هادرونی..... ۹

۱-۲-۲- خواص برهم کنش نوکلئون - نوکلئون..... ۱۰

۳-۲- کانال های واکنش دوترون - دوترون..... ۱۳

۴-۲- معرفی آشکارسازهای سوسوزن..... ۱۶

۵-۲- لامپ تکثیر کننده ی فوتون..... ۲۲

۶-۲- هدایت کننده نور..... ۲۴

۷-۲- آشکارساز های چند سیمی ..... ۲۶

۸-۲- اتلاف انرژی و نفوذ تابش در ماده..... ۳۰

فصل سوم: مجموعه آزمایشگاهی

۱-۳- معرفی BINA..... ۳۵

۳-۲- هدف..... ۴۳

۳-۳- کنترل شدت باریکه..... ۴۴

۴-۳- الکترونیک..... ۴۵

۵-۳- شروع کننده..... ۴۷

فصل چهارم: آنالیز داده ها به منظور اندازه گیری میزان برهم کنش هادرونی

۱-۴- معرفی آزمایش های انجام شده در KVI..... ۴۹

۲-۴- کانال های واکنش دوترون-دوترون..... ۵۰

۱-۲-۴- کانال های با دو ذره در حالت نهایی..... ۵۱

۲-۲-۴- کانال تجزیه..... ۵۳



۵۴.....	۳-۴- بسته نرم افزاری root
۵۴.....	۴-۴- کالیبراسیون انرژی
۵۶.....	۵-۴- شناسایی ذرات با استفاده از آشکارسازهای $E - \Delta E$
۵۷.....	۶-۴- شناسایی ذرات با استفاده از زمان پرواز TOF
۶۵.....	۷-۴- انتخاب داده های پراکندگی برای کانال الاستیک
۶۶.....	۸-۴- انتخاب داده های پراکندگی برای کانال تجزیه ی سه جسمی
۶۷.....	۹-۴- روش های مختلف اندازه گیری برهم کنش های هادرونی در سوسوزن
۸۰.....	۱۰-۴- نتایج
۸۳.....	فهرست منابع

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۶.....	شکل ۱-۲- ذرات واسطه در برهم کنش های الکترومغناطیسی، هادرونی و ضعیف
۸.....	شکل ۲-۲- سطح مقطع کل برهم کنش های هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف
۱۰.....	شکل ۳-۲- تقسیم بندی پتانسیل های دو نوکلئونی به سه ناحیه متفاوت بر حسب فاصله و نوع ذرات مبادله شده
۱۴.....	شکل ۴-۲: متغیرهای مناسب برای واکنش تجزیه ی سه جسمی
۱۵.....	شکل ۵-۲: ارتباط بین انرژی دوترون و پروتون در واکنش تجزیه ی سه جسمی در انرژی $65 \text{ MeV/nucleon}$
۱۶.....	شکل ۶-۲: ارتباط میان انرژی پروتون و دوترون (که به طور همزمان آشکارسازی شده اند) به عنوان منحنی S برای چندین پیکربندی مختلف در واکنش تجزیه ی سه جسمی در پراکندگی دوترون-دوترون
۱۷.....	شکل ۷-۲: فرایند های اساسی در یک آشکار ساز سوسوزن
۱۹.....	شکل ۸-۲: نوارهای مجاز و ممنوع انرژی یک بلور
۲۱.....	شکل ۹-۲: نمودار ساده شده ی انرژی یک مولکول
۲۲.....	شکل ۱۰-۲: نمودار طرح وار بخش درونی یک لامپ تکثیرکننده ی فوتونی
۲۴.....	شکل ۱۱-۲: دو آرایش مختلف برای داینود ها در لامپ های تکثیرکننده ی فوتون
۲۵.....	شکل ۱۲-۲: وفق دادن سطح صاف سوسوزن به سطح دایره ای PMT از طریق هدایت کننده نوری
۲۵.....	شکل ۱۳-۲: نوارهای زیادی از هدایت کننده های نوری به لبه ی سوسوزن چسبیده اند و پس از پیچ خوردن با سطح PMT متناسب شده اند

- شکل ۲-۱۴ : ترکیب اصلی یک آشکارساز چند سیمی تناسبی..... ۲۷
- شکل ۲-۱۵ : خطوط میدان الکتریکی و پتانسیل ها در یک آشکارساز چند سیمی تناسبی..... ۲۷
- شکل ۲-۱۶ : یک تلسکوپ ردیابی ذره..... ۲۸
- شکل ۲-۱۸ : تغییرات  $\frac{dE}{dx}$  بر حسب انرژی جنبشی ذره..... ۳۲
- شکل ۳-۱ : نمایی از مجموعه آزمایشگاهی موجود در انستیتو تحقیقاتی فیزیک هسته ای هلند..... ۳۴
- شکل ۳-۲ : نمای کلی از دستگاه BINA..... ۳۵
- شکل ۳-۳ : نمای الگو وار از دستگاه BINA..... ۳۶
- شکل ۳-۴ : سوسوزن های انرژی در بخش دیوار جلویی BINA..... ۳۷
- شکل ۳-۵ : آشکارساز های  $\Delta E$  در بخش دیوار جلویی BINA..... ۳۹
- شکل ۳-۶ : MWPC در BINA..... ۴۰
- شکل ۳-۷ : پوشش زوایای قطبی برای آشکارساز های دیوار جلویی..... ۴۱
- شکل ۳-۸ : بخش توپ پشتی در BINA..... ۴۲
- شکل ۳-۹ : ارتباط میان انرژی دوترون آشکارسازی شده در دیوار جلویی و انرژی پروتون پراکنده شده در زاویه  $125^\circ$  در توپ پشتی برای واکنش الاستیک دوترون-پروتون در انرژی  $135\text{MeV}$ ..... ۴۳
- شکل ۳-۱۰ : سلول هدف..... ۴۴
- شکل ۳-۱۱ : نمایی از الکترونیک دیوار جلویی BINA..... ۴۵
- شکل ۳-۱۲ : الکترونیک توپ پشتی BINA..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳ : طرحی از الکترونیک MWPC در BINA..... ۴۷
- شکل ۴-۱ : ارتباط بین زاویه پراکندگی و انرژی به جا گذاشته در قسمت جلویی BINA برای انتخاب داده ها..... ۵۰
- شکل ۴-۲ : ارتباط بین انرژی اندازه گیری شده ی ذراتی که به سمت جلو پراکنده شده اند و انرژی ذراتی که به سمت توپ پشتی پراکنده شده اند..... ۵۱
- شکل ۴-۳ : زمان پرواز ذرات آشکارسازی شده در دیوار جلویی..... ۵۳
- شکل ۴-۴ : انرژی از دست داده شده ی ذرات پراکنده شده به سمت دیواره ی جلویی در آشکارسازهای  $\Delta E$  را بر حسب انرژی در آشکارسازهای E..... ۵۷
- شکل ۴-۵ : اختلاف بین اندازه گیری زمان پرواز توسط PMT در سمت چپ و PMT در سمت راست برای ذرات یافت شده در آشکارساز E شماره ۴ ، بر حسب موقعیت اندازه گیری شده در MWPC..... ۵۹
- در سمت چپ، مختصه ی X با استفاده از زمان پرواز رسیده از PMTs چپ و راست، بر حسب مختصه ی X ذرات یافت شده در MWPC رسم شده است. طیف  $X_{\text{MWPC}} - X_{\text{TOF}}$  در سمت راست نشان داده شده است..... ۶۰

- شکل ۴-۷: مقدار  $(TOF_1 - TOF_2)$  برای یک مقدار خاص  $S$  ( $190 \text{ MeV} < S < 200 \text{ MeV}$ ) ..... ۶۱
- شکل ۴-۸: دامنه بردار  $r$  برای چندین زاویه ی پراکندگی بر حسب زاویه ی سمتی  $\phi$  ..... ۶۲
- شکل ۴-۹: مقدار  $\Delta TOF$  بر حسب زاویه ی سمتی  $\phi$  در سمت چپ و شکل سمت راست طیف تصویر شده ی  $\Delta TOF$  روی محور  $y$  ..... ۶۳
- شکل ۴-۱۰: ارتباط میان انرژی دو ذره قبل و بعد از شناسایی نوع ذرات ..... ۶۴
- شکل ۴-۱۱: ارتباط بین انرژی و زاویه پراکندگی برای داده های ثبت شده در دیواره جلویی BINA با شرط همزمانی یک دره انتخاب شده در توپ عقبی ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۲: ارتباط میان انرژی دوترون و پروتون حاصل از پراکندگی تجزیه ی سه جسمی ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۳: نتایج آزمایشگاهی پراکندگی الاستیک پروتون-دوترون در انرژی  $135 \text{ MeV}$  ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۴: این شکل تصویر طیف انرژی دوترون بر حسب پروتون در پراکندگی الاستیک پروتون-دوترون بر محور  $E_d$  ..... ۷۰
- شکل ۴-۱۵: کسری از پروتون ها و دوترون هایی که با تمام انرژی شان در آشکارساز های مجموعه آزمایشگاهی BINA یافت شده اند ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۶: کسری از دوترون هایی که در پراکندگی الاستیک دوترون-دوترون با تمام انرژی شان در آشکارساز های مجموعه آزمایشگاهی BINA یافت شده اند ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۷: مقایسه کسری از دوترون هایی که در پراکندگی الاستیک  $pd$  و  $dd$  با تمام انرژی در آشکارساز یافت می شوند، بر حسب انرژی ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۸: نمودار  $D$  بر حسب  $\Delta TOF$  برای پیکربندی خاصی که در آن هر دو ذره ی دوترون و پروتون با زاویه ی  $\theta_d = \theta_p = 28^\circ$  و اختلاف زوایای سمتی  $\phi_{12} = 180^\circ$  به سمت دیوار جلویی BINA ..... ۷۸
- شکل ۴-۱۹: نمودار  $D$  بر حسب  $\Delta TOF$  برای دو پیکربندی مختلف ..... ۷۹
- شکل ۴-۲۰: تصویر طیف حاصل از نمودار  $D$  بر حسب  $\Delta TOF$  را بر روی محور  $D$  ..... ۸۰
- شکل ۴-۲۱: مقایسه ی نتایج به دست آمده از روش زمان پرواز و نتایج حاصل از شبیه سازی به روش مونت کارلو ..... ۸۱

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۵.....	جدول ۱-۲- طبقه بندی ذرات زیر اتمی.....
۳۸.....	جدول ۱-۳- مشخصات سوسوزن های پلاستیکی BICRON.....

## علائم و اختصارات

BINA	Big Instrument for Nuclear – polarization Analysis
KVI	Kernfysisch Versneller Institute
PID	Particle IDentification
TOF	Time Of Flight
PMT	PhotoMultiplier Tube
MWPC	Multi Wire Proportional Chamber
TDC	Time to Digital Converter
ADC	Analysis Digital Converter
CFD	Constant Fraction Discriminator

## فصل اول: مقدمه

آزمایش های پراکندگی در فیزیک زیراتمی برای بررسی خواص هسته ها و تعیین ویژگی های هسته های مختلف انجام می شوند. برای مطالعه ی برهمکنش نوکلئون- نوکلئون در پیکربندی های مختلف، می توان آزمایش های پراکندگی نوکلئون- نوکلئون را که در آن ها باریکه ای از نوکلئون های فرودی توسط هدف نوکلئونی پراکنده می شوند را بررسی کرد. دوترون ( هسته ی  $^2\text{H}$  )، ساده ترین هسته در فیزیک هسته ای است که از گردهمایی یک نوترون و یک پروتون تشکیل می شود. این هسته ساده ترین حالت مقید نوکلئون هاست و به همین دلیل سیستمی ایده آل برای مطالعه ی برهمکنش نوکلئون - نوکلئون به شمار می رود. دوترون برای متخصصان فیزیک هسته ای همان نقشی را دارد که اتم هیدروژن برای متخصصان فیزیک اتمی داشته است. بررسی این هسته می تواند اطلاعات پایه ای و مفید را در خصوص برهمکنش دو نوکلئون در اختیار قرار دهد. اندازه گیری کمیت هایی مانند انرژی بستگی، اسپین، پاریتته، گشتاورهای چند قطبی الکتریکی و مغناطیسی بخشی از ویژگی های هسته را آشکار می کند، این اطلاعات گرچه مفید ولی محدود هستند. همچنین آزمایش های پراکندگی که در آن دوترون وجود دارد نقش مهمی در فیزیک زیر اتمی ایفا می کنند. مهم ترین نتیجه ای که از آزمایش های پراکندگی حاصل می شود، به دست آوردن اطلاعاتی از برهم کنش بین نوکلئون هاست که در نهایت باید منجر به شناخت کامل نیروی هسته ای و خواص هسته ای مختلف گردد.

یکی از مهم ترین مشاهده پذیرهای مورد علاقه در آزمایش های پراکندگی کمیت سطح مقطع می باشد. اندازه گیری دقیق آهنگ ذراتی که در آشکارساز به ثبت می رسند جهت دستیابی به کمیت مذکور با دقت بالا مورد نیاز است. از آنجایی که در آشکارسازهای سوسوزن اندازه گیری تعداد ذرات رسیده به آشکارساز بر مبنای اندازه گیری انرژی، پایه گذاری شده است، ذرات فقط در صورتی که انرژی کافی در آشکارساز به جا بگذارند شمارش می شوند. در مواردی ذرات حتی با داشتن انرژی کافی به دلیل انجام برهمکنش های هادرونی تمام انرژی خود را در آشکارساز بجا نمی گذارند و این عامل باعث می شود که این گونه ذرات احتمالاً به شمار نیایند. به منظور تصحیح خطای حاصل از این عدم شمارش، پیدا کردن تعداد دقیقی از ذراتی که برای آن ها در داخل آشکارساز پدیده ی برهمکنش هادرونی اتفاق می افتد، از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا بر آن شدیم که

میزان برهمکنش های مذکور را اندازه گیری کرده تا بتوانیم با اطلاعات حاصل از پراکندگی های مورد نظر (پروتون- دوترون و دوترون- دوترون)، سطح مقطع دیفرانسیلی مطلق را با حداقل خطا اندازه گیری کنیم. در سال ۲۰۰۸ آزمایش های پراکندگی پروتون- دوترون با پروتون های با انرژی جنبشی  $135 \text{ MeV}$  و دوترون- دوترون با دوترون های با انرژی  $65 \text{ MeV}$  در مؤسسه تحقیقات فیزیک هسته ای هلند (KVI)<sup>۱</sup> به منظور بررسی نیروی سه جسمی و اثر نیروی سه جسمی در برهمکنش بین نوکلئون ها بررسی شدند. این آزمایش ها با مجموعه آزمایشگاهی که با همکاری دانشگاه آزاد آمستردام و KVI ساخته شده است انجام شداند [۱].

این آزمایش ها با مجموعه آزمایشگاهی <sup>۲</sup> BINA با باریکه ی فرودی قطبیده پروتون و دوترون و هدفی که در این آزمایش ها دوتریم مایع بود، انجام شدند. با استفاده از داده های جمع آوری شده در این آزمایش ها و تجزیه و تحلیل آن ها با کمک نرم افزار root می توان به هدف این پایان نامه که به دست آوردن درصدی از پروتون ها و دوترون هایی است که متحمل برهمکنش هادرونی می شوند، دست یافت. تعیین میزان برهمکنش های هادرونی در آشکارسازهای سوسوزن پلاستیکی به روش های متفاوت مانند روش زمان پرواز ، روش اندازه گیری انرژی و همچنین شبیه سازی کامپیوتری قابل اندازه گیری است. در این پایان نامه این روش ها برای پراکندگی الاستیک پروتون-دوترون در انرژی  $135 \text{ MeV}$  و همچنین کانال تجزیه سه جسمی در پراکندگی دوترون- دوترون در انرژی  $65 \text{ MeV/nucleon}$  مورد بررسی قرار می گیرند. نرم افزار root یکی از پرکاربردترین نرم افزارها در زمینه ی فیزیک هسته ای است. root یک نرم افزار جامع برای تجزیه و تحلیل داده های هسته ای است که توسط مؤسسه Cern پایه گذاری و توسعه داده شده است و توسط همین مؤسسه پشتیبانی و به روز می شود و در اختیار کاربران قرار گرفته است. در فصل چهار در مورد این نرم افزار توضیحات بیشتری ارائه می دهیم.

---

<sup>۱</sup> Kernfysisch Versneller Instituut

<sup>۲</sup> Big Instrument for Nuclear – polarization Analysis

## ۱-۱ طرح کلی کار

پس زمینه های تئوری این کار یعنی آشنایی با انواع برهمکنش ها در فیزیک زیراتمی و مقایسه ی آن ها و همچنین آشنایی با برهمکنش های هادرونی و بررسی خواص آن ها در فصل بعد توضیح داده می شود. علاوه بر آن به معرفی آشکارسازهای سوسوزن و انواع آن و نحوه ی آشکارسازی ذرات توسط این آشکارساز ها نیز در فصل دوم می پردازیم.

در فصل سوم، به معرفی آزمایش، دستگاه و مشخصات آن پرداخته و همچنین انجام آزمایش و اجزاء مختلف سیستم آشکارسازی به طور مختصر توضیح داده می شود.

فصل چهارم، شامل آشنایی با کانال های مختلف پراکندگی dd در انرژی  $65 \text{ MeV/nucleon}$  و همچنین شناسایی کانال های تجزیه و الاستیک و روش تجزیه و تحلیل داده ها با جزئیات کامل است. در نهایت نتایج به دست آمده در انتهای فصل ۴ ارائه می گردد.

## فصل دوم: تئوری

### ۱-۲ آشنایی با انواع برهمکنش ها در فیزیک زیراتمی

فیزیک زیراتمی عرصه نمود سه برهمکنش قوی، الکترومغناطیسی و ضعیف است که دوتای آنها یعنی قوی و ضعیف فقط وقتی ظاهر می شوند که ذرات خیلی به هم نزدیک باشند. در زیست شناسی، شیمی، فیزیک اتمی و حالت جامد، نیروهای بلندبرد الکترومغناطیسی حاکم اند، و بر پدیده های جهان دو نیروی بلندبرد الکترومغناطیسی و گرانشی حاکم اند. با این همه فیزیک زیراتمی ارتباط ظریفی است بین سه برهمکنش هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف، به طوری که برهمکنش های هادرونی و ضعیف در فواصل اتمی و بزرگتر محو می شوند.

از این برهمکنش ها می توان برای طبقه بندی ذرات زیراتمی استفاده کرد.

به عنوان نمونه می توان گفت الکترون تابع برهمکنش الکترومغناطیسی است، زیرا حامل بارالکتریکی بوده و در میدان های الکترومغناطیسی منحرف می شود.

آیا این ذره در برهمکنش ضعیف شرکت می کند؟ نخستین نمونه از یک فرآیند ضعیف واپاشی نوترون است. اگر واپاشی نوترون را یک تلاشی ضعیف بنامیم، به این معناست که الکترون به صورت ضعیف نیز برهمکنش می کند.

آیا الکترون به صورت هادرونی برهم کنش می کند؟ برای پی بردن به این امر هسته ها را بوسیله الکترون بمباران کرده و رفتار الکترون های پراکنده را بررسی می کنیم، معلوم می شود که پراکندگی الکترون ها را می توان تنها بوسیله نیروی الکترومغناطیسی تشریح کرد در این صورت می توان گفت الکترون در برهمکنش های هادرونی شرکت نمی کند.

مطابق جدول ۱-۲ ذرات زیر اتمی به سه گروه فوتون، لپتون ها و هادرون ها تقسیم می شوند.



فوتون علی‌رغم نداشتن بار الکتریکی در برهمکنش الکترومغناطیسی شرکت می‌کند. این واقعیت از گسیل فوتون توسط ذرات باردار شتاب گرفته نتیجه می‌شود. نوترینو، الکترون و میون همگی در گروه لپتون ها قرار دارند. تمام لپتون ها برهمکنش ضعیف دارند، بعلاوه لپتون های باردار تابع نیروی الکترومغناطیسی نیز هستند. تمام ذرات دیگر، از جمله تمام هسته ها هادرون هستند. هادرون ها را می‌توان به دو گروه مزون ها و باریون ها تقسیم کرد که رفتار آنها تابع برهمکنش های هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف است. هنگامی که جرم های تمام ذرات را در نظر می‌گیریم، یک واقعیت قابل ملاحظه پدیدار می‌شود. به نظر می‌رسد که رابطه ای بین جرم و برهمکنش وجود داشته باشد. سبک ترین هادرون ها، پیون، از سنگین ترین لپتون ها، میون، سنگین تر است.

جدول ۱،۲ : ذرات زیراتمی را براساس نوع برهمکنش طبقه بندی شده اند [۲].

ذره	نوع	ضعیف	الکترومغناطیسی	هادرونی
لپتونها				
فوتون	بوزون	خیر	آری	خیر
نوترینو	فرمیون	آری	خیر	خیر
الکترون	فرمیون	آری	آری	خیر
میون	فرمیون	آری	آری	خیر
هادرونها				
مزونها	بوزون	آری	آری	آری
باریونها	بوزون	آری	آری	آری

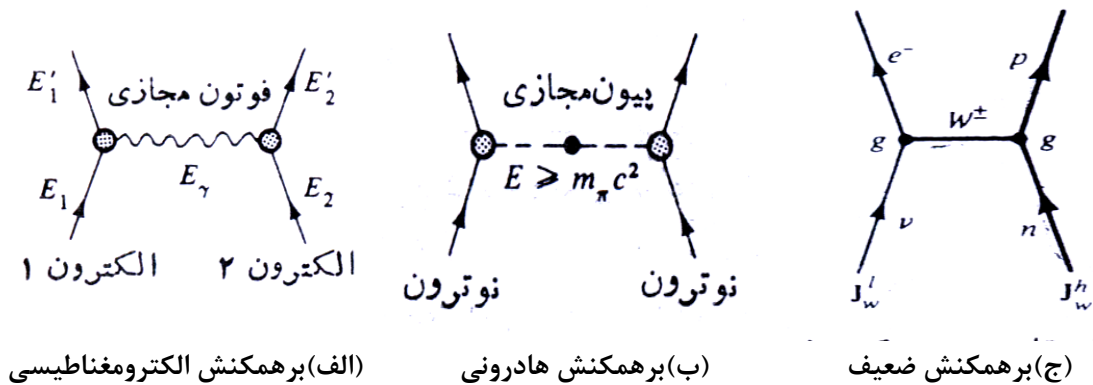
به دو دلیل برهمکنش الکترومغناطیسی در فیزیک زیراتمی اهمیت دارد: نخست اینکه هرگاه یکی از ذرات باردار به عنوان یک کاونده به کار می‌رود، این برهمکنش وارد می‌شود. ثانیاً این برهمکنش تنها برهمکنشی است که شکل آن را می‌توان در فیزیک کلاسیک مطالعه کرد و مدلی به دست می‌دهد که بر مبنای آن می‌توان سایر برهمکنش ها را شناخت.

## ۱-۱-۲ بررسی ویژگی های متفاوت سه برهمکنش هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف

### (۱) ذره واسطه در تبادل نیرو:

معمولاً فرض می شود که تبادل نیروی بین دو ذره توسط یک ذره واسطه انجام می گیرد. به گونه ای که جرم با برد ذره رابطه معکوس دارد.

- در برهمکنش الکترومغناطیسی نیرو بوسیله یک فوتون مجازی منتقل می شود ( شکل ۱-۲ الف ). همانطور که در شکل نشان داده شده است فوتون مجازی از یکی از الکترون ها گسیل و به وسیله الکترون دیگر جذب می شود.
- در برهمکنش هادرونی یک مزون سنگین ذره واسطه است. البته در بعضی برهمکنش ها این مزون یک پيون و در بعضی برهمکنش های دیگر دو یا چند پيون و یا حتی مزون های سنگین دیگری ذره واسطه می باشند ( شکل ۱-۲ ب ).
- در برهمکنش ضعیف یک بوزون فرضی نیرو را منتقل می کند که هنوز شناسایی نشده است، به همین دلیل این بوزون واسطه با  $W$  که معرف نیروی ضعیف است، وارد شده است (شکل ۱-۲ ج ).



شکل ۱-۲ : ذرات واسطه در برهمکنش های الکترومغناطیسی، هادرونی و ضعیف را از چپ به راست نشان می دهد [ ۲ ].

## (۲) برد:

برد یکی دیگر از ویژگی هایی است که این سه برهمکنش را از یکدیگر متفاوت می سازد. در واقع می توان گفت برد متناسب با عکس جرم ذره واسطه است. به عبارتی اگر ذره مبادله شده خیلی سنگین شود، برد نیرو نیز به همان نسبت کم خواهد شد.

- مسافتی که فوتون در طول آن می تواند برهمکنش الکترومغناطیسی را منتقل کند بطور دلخواهی بزرگ است و فرض بر این است که تا بی نهایت گسترش می یابد.

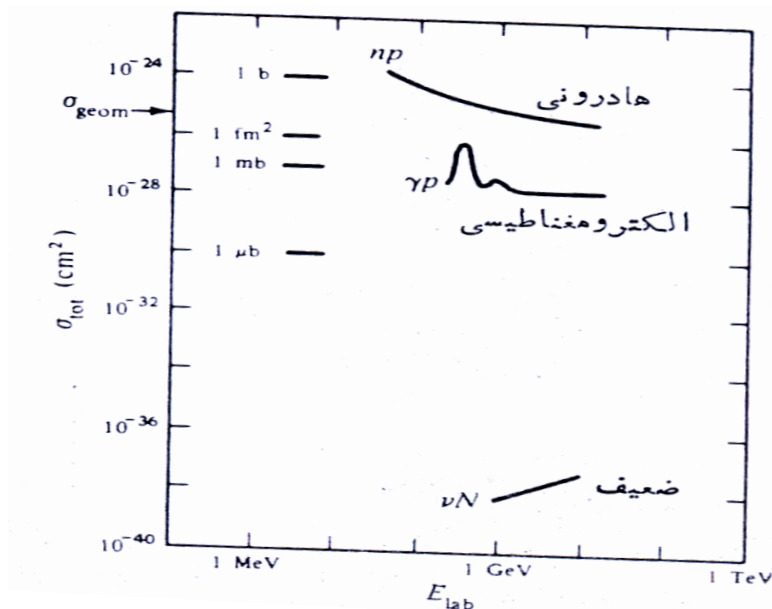
- ماکزیمم مسافتی که یک پیون به عنوان ذره واسطه در برهمکنش هادرونی مجاز است طی کند با توجه به رابطه ی عدم قطعیت  $R \leq CT \approx \hbar / m_{\pi} c \cong 1/4 \text{ fm}$  در حدود یک فرمی است. بنابراین برد نیروی قوی فقط در حدود چند فرمی است [۲].

- ماکزیمم مسافتی که  $W$  ذره واسطه در برهمکنش ضعیف می تواند در آن نیروی ضعیف را منتقل کند طبق اصل عدم قطعیت  $R_w \cong \hbar / mc \leq 0.1 \text{ fm}$  باید کمتر از  $0.1$  فرمی باشد [۲].

## (۳) قدرت

با مقایسه سطح مقطع کل برهمکنش های مختلف می توان، قدرت نیروهای هادرونی را با نیروهای الکترومغناطیسی و ضعیف مقایسه کنیم. شکل ۲-۲ سطح مقطع کل بر حسب انرژی را برای سه برهمکنش هادرونی و الکترومغناطیسی و ضعیف را نشان می دهد. می توان قدرت های نسبی این سه برهمکنش را تا حدودی به صورت خارج قسمت سطح مقطع ها در انرژی چند گیگا الکترون ولت در نظر گرفت که در این صورت

$\approx 10^{-12} / 10^{-2} / 10^{-1} \approx$  ضعیف / الکترومغناطیسی / هادرونی



شکل ۲-۲: سطح مقطع کل برهمکنش های هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف را بر حسب انرژی آزمایشگاه نشان می دهد. با توجه به شکل برهمکنش ها به ترتیب افزایش قدرت ضعیف، الکترومغناطیسی و هادرونی هستند [۲].

#### ۴) پایستگی پاریته:

ناوردایی پاریته، به بیان تقریبی، به معنای ناوردایی تحت مبادله راست به چپ و عکس آن، یا تقارن تصویر آینه ای و جسم است. لی و یانگ<sup>۱</sup> در سال ۱۹۵۶ نشان دادند که در برهمکنش های ضعیف هیچ گواهی بر پایستگی پاریته موجود نیست. ولی در برهمکنش های هادرونی و الکترومغناطیسی پایسته است [۲].

#### ۵) ناوردایی وارونی زمان:

با آزمودن ناوردایی وارونی زمان که پیش بینی می کند که احتمال گذار برای یک واکنش و معکوس آن مساوی است، در برهمکنش های مختلف هادرونی، الکترومغناطیسی و ضعیف هیچ نقضی مشاهده نشده است. پس از مقدمه ای که در مورد انواع برهمکنش های موجود در فیزیک زیراتمی و بررسی ویژگی های متفاوت آنها بیان شد، به منظور آشنایی بیشتر با برهمکنش های هادرونی که هدف ما در این پایان نامه می باشد باید به بررسی مفصل تر این برهمکنش و همچنین خواص برهمکنش نوکلئون- نوکلئون بپردازیم.

<sup>۱</sup> Lee and C.N.Yan