بسم الله الرّحمن الرّحيم

دانشکده علوم پایه

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد فیزیک گرایش ذرات بنیادی

اثر پارامترهای غیراستاندارد لاگرانژی نظریه ابرتقارن حداقلی روی طیف جرمی و ثابتهای جفت شدگی در تقریب دوحلقه ای

استاد راهنما:

احمد فرزانه کرد

استاد مشاور:

سید علی اصغر علوی

پژوهشگر:

الهه نجات

زمستان ۹۲

دانشگاه حکیم سبزواری

شماره :

تاریخ :

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد/دکتری

با تلاوت آیاتی چند ازکلام ا... مجید جلسه دفاع از پایان نامه آقای /خانم الهه نجات دانشجوی رشته فیزیک ذرات بنیادی به شماره دانشجویی ۹۰۱۳۷۳۱۰۳۹ با عنوان **اثر پارامترهای غیراستاندارد لاگرانژی نظریه ابرتقارن حداقلی روی طیف جرمی و ثابتهای جفت شدگی در تقریب دوحلقه ای** در ساعت ۹ مورخه ۱۳۹۲/۱۰/۲۵ در محل دانشکده ادبیات کلاس ۲۴۵ تشکیل گردید .

پس از استماع گزارش ارائه شده توسط دانشجو و استاد راهنما هیات داوران و حاضران سئوالاتی را مطرح و خانم الهه نجات به دفاع از موضوع پرداخت وبه سئوالات آنها پاسخ گفت .

سپس پایان نامه توسط هیات داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و نمره ۱۸/۷۵ برابر درجه بسیار خوب برای آن تعیین گردید .

به این ترتیب ضمن تصویب پایان نامه مزبور از این تاریخ آقای/ خانم الهه نجات به عنوان کارشناس ارشد در رشته فیزیک ذرات بنیادی شناخته می شود .

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	امضا
	احمد فرزانه کرد	**استاد راهنما**	
	دکتر سید علی اصغر علوی	**استاد مشاور**	
	دکتر کاظم بی تقصیر	**استاد داور**	
	دکتر براتعلی فیض آبادی	**نماینده تحصیلات تکمیلی**	

نام و نام خانوادگی وامضای مدیر گروه

رونوشت

۱- معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه جهت اطلاع

۲- معاونت پژوهشی دانشگاه جهت اطلاع

۳- آموزش دانشکده جهت درج در پرونده دانشجو

۴- دانشجو

سوگند نامه دانش آموختگان دانشگاه تربیت معلم سبزوار

به نام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه بر نگذرد

اینک که به خواست آفریدگار پاک ، کوشش خویش و بهره گیری از دانش استادان و سرمایه های مادی و معنوی این مرز و بوم، توشـــه ای از دانش و خرد گردآورده ام، در پیشـــگاه خداوند بزرگ ســـوگند یاد می کنم که در به کارگیری دانش خویش، همواره بر راه راســـت ودرســـت گام بردارم. خداوند بزرگ، شـــما شاهدان، دانشجویان و دیگر حاضران را به عنوان داورانی امین گواه می گیرم که ازهمه دانش و توان خود برای گســـترش مرزهای دانش بهره گیرم و از هیچ کوششی برای تبـــدیـــل جهـــان به جایی بهتر برای زیســـــتن، دریغ نورزم. پیمان می بندم که همواره کرامت انسانی را در نظر داشته باشم و همنوعان خود را در هر زمان و مکان تا سر حد امکان یاری دهم. ســـــوگند می خورم که در به کارگیری دانش خویش به کاری که با راه و رســـــم انســـــانی، آیین پرهیزگاری، شـــرافت و اصـــول اخلاقی برخاســـته از ادیان بزرگ الهی، به ویژه دین مبین اســـلام، مباینت دارد دســـت نیازم. همچنین در سایه اصول جهان شمول انسانی و اسلامی، پیمان می بندم از هیچ کوششی برای آبادانی و سرافرازی میهن و هم میهنانم فروگذاری نکنم و خداوند بزرگ را به یاری طلبم تا همواره در پیشـــگاه او و در برابر وجدان بیدار خویش و ملت ســـرافراز ، بر این پیمان تا ابد استوار بمانم.

نام و نام خانوادگی وامضای دانشجو:

الهه نجات

مجوز بهره برداری از پایان نامه

بهره برداری از این پـایـان نامه در چهار چوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می شود بلامانع است :

- بهره برداری از این پایان نامه برای همگان بلامانع است
- بهره برداری از این پایان نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما بلامانع است
- بهره برداری از این پایان نامه تا تاریخ ..... ممنوع است .

استاد راهنما : استاد راهنمای اول

تاریخ :

امضاء:

تاییدیه ی صحت و اصالت نتایج

بسمه تعالی

اینجانب الهه نجات به شماره دانشجویی ۹۰۱۳۷۳۱۰۳۹ رشته فیزیک ذرات بنیادی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تایید می نمایم که کلیه نتایج این پایان نامه حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف و موارد نسخه برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده ام در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مولفان و مصنفان قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی ضوابط و مقررات آموزشی پژوهشی و انضباطی) با اینجانب رفتار خواهد شد . و حق هر گونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می نمایم . در ضمن مسئولیت هر گونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت .

نام و نام خانوادگی : الهه نجات

تاریخ و امضاء:

تقدیم به

همسر عزیزم و پدر و مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

در اینجا لازم می دانم از زحمات فراوان و هدایت های ارزنده اســـتاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر احمد فرزانه کرد و راهنمایی های اسـتاد مشـاور گرامی آقای دکتر سـید علی اصغر علوی کمال تشکر را بنمایم.

از اسـاتید گرامی که زحمت داوری این رسـاله را تقبل نمودند و از راهنمایی های ارزنده آنها استفاده گردید کمال تشکر را دارم.

از تمامی عزیزان بویژه خانم ها اعظم السـادات افضلی فر، مریم السادات دهقانیان و نرگس قاسم پور که به هر نحوی یاریم کرده اند قدردانی می نمایم.

با تمام وجود از همسر عزیزم، پدر و مادر بزرگوارم و برای تمام زحمات و محبتهایشان، برای همیشه از صمیم قلب ممنون و سپاسگزارم.

الهه نجات

فرم چکیده‌ی پایان‌نامه‌ی دوره‌ی تحصیلات تکمیلی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

نام خانوادگی دانشجو: نجات	**نام:** الهه	**ش دانشجویی: ۹۰۱۳۷۳۱۰۳۹**
استاد راهنما: احمد فرزانه کرد	**استاد مشاور:** سید علی اصغر علوی	
دانشکده: علوم پایه	**رشته:** فیزیک	**گرایش:** ذرات بنیادی
مقطع: کارشناسی ارشد	**تاریخ دفاع:**	**تعداد صفحات:۹۵**

عنوان پایان‌نامه: اثر پارامترهای غیراستاندارد لاگرانژی نظریه ابرتقارن حداقلی روی طیف جرمی و ثابتهای جفت شدگی در تقریب دوحلقه ای

کلیدواژه‌ها: مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی، پارامترهای غیراستاندارد شکست ابرتقارن، جرم هیگز، لاگرانژی ابرتقارن

چکیده

هدف از پژوهش حاضر پیدا کردن جرم ذرات ابرتقارنی در مقیاس انرژی بالا و نیز تعیین شرایط مرزی مناسب برای دستیابی به جرم بوزون هیگزی در حدود GeV ۱۲۵ که اخیرا در LHC بدست آمده است می باشد. شرایط مرزی بدست آمده می تواند در محاسبه تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن استفاده گردد.

از این رو در این پژوهش با استفاده از مدل ابرگرانش کمینه، شرایط مرزی در حد انرژی های بالا بر پایه قیدهای فیزیکی شکست ابرتقارن، تعیین شده است. همچنین داده های آزمایشگاهی مربوط به جرم Z به عنوان شرایط مرزی در انرژی های پایین اعمال شده است تا بدین وسیله به محاسبه جرم ذرات و ثابت های جفت شدگی از طریق معادلات گروه بازبهنجارش پرداخته شود. محاسبه جرم ذرات ابرتقارنی در مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی و تحت تاثیر عبارتهای غیر استاندارد شکست، در مرتبه اول و دوم انجام پذیرفته است. بدین منظور در لاگرانژی مورد استفاده جملات غیر استاندارد شکست وارد شده است، که این امر موجب عمومیت بخشی بیشتر لاگرانژی مورد نظر نسبت به حالت متعارف لاگرانژی نظریه ابرتقارن حداقلی می گردد. جملات اضافه شده شامل عبارات نقض بقای پاریته R و عبارات حافظ پاریته R است که حضور این جملات در معادلات گروه بازبهنجارش سبب تغییر در جرم ذرات ابرتقارنی نسب به حالت متعارف می گردد. با در نظر گرفتن این لاگرانژی، جرم ذرات ابرتقارنی در مرتبه اول و دوم توابع بتا محاسبه گردید. نتایج حاصل از محاسبات برای مقادیر مختلف عبارتهای غیراستاندارد شکست به صورت کمی در جداول و سپس به صورت کیفی و مقایسه ای در نمودارها بیان شده است. همچنین جرم ذره هیگز در شرایط مرزی در نظر گرفته شده GeV ۱۲٤ بدست می آید.

امضای استاد راهنما

فهرست مطالب:

مقدمه ۱
فصل اول ۳
مدل استاندارد ۳
۱-۱ معرفی مدل استاندارد ۳
۱-۲میدان های مدل استاندارد ٦
۱-۳ لاگرانژی مدل استاندارد ۷
۱-٤ شکست خودبخودی تقارن ۸
۱-۵ میدان هیگز ۹
۱-۵-۱ مشکلات مدل استاندارد ۱۰
۱-۵-۲ بوزون هیگز در مدل استاندارد ۱۱
۱-۵-۲-۱ در جستجوی هیگز ۱۱
۱-۵-۳ جستجوی برای بوزون هیگز در برخورد دهنده ها ۱۲
۱-٦ مکانیزم هیگز ۱٤
۱-٦-۱ بخش های مکانیزم هیگز ۱٤
۱-٦-۲ واپاشی های بوزون هیگز ۱۵
فصل دوم ۱۷
ابرتقارن ۱۷
۲-۱ معرفی ابرتقارن ۱۷
۲-۱-۱ ابرتقارن چیست؟ ۱۷
۲-۱-۲ هدف از معرفی ابرتقارن در فیزیک ذرات: ۱۸
۲-۲ جبر ابرتقارن : ۱۸
۲-۳ ابر فضا و ابر میدان: ۲۰
۲-٤ ساختار لاگرانژی ابرتقارن: ۲۳
۲-۵ شکست ابرتقارن ۲٤
۲-۵-۱ کلیات شکست ابرتقارن ۲٤
۲-۵-۲ لاگرانژی شکست نرم ۲۵
۲-٦ مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی: ۲٦
۲-٦-۱ مضمون میدان: ۲۸
۲-٦-۲ لاگرانژی مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی ۲۹
۲-٦-۳ خاصیت برهم کنش های پاریته R : ۳۱

۲-۷ شکست ابرتقارن درمدل ابرتقارن حداقلی (MSSM) ۳۱
۲-۸ مکانیزم های شکست *MSSM* ۳۲
۲-۹ بررسی لاگرانژی شکست نرم ابرتقارن : ۳٤
۲-۱۰ جرم بوزون هیگز در مدل ابرتقارن حداقلی ۳٦
۲-۱۰-۱ مشاهده بوزون هیگز در LHC ۳۷
فصل سوم ۳۹
محاسبات ۳۹
۳-۱ محاسبه جرم ذرات در مرتبه اول و دوم ۳۹
۳-۱-۱ محاسبه طیف جرمی ذرات ابرتقارن ۳۹
۳-۲ جملات غیر استاندارد شکست نرم ابرتقارن ٤۱
۳-۲-۱ لاگرانژی شکست نرم با اضافه کردن جملات غیر استاندارد ٤۱
۳-۲-۲ لاگرانژی جملات غیر استاندارد شکست با حفظ بقای پاریته R ٤۲
۳-۲-۳ لاگرانژی جملات غیر استاندارد شکست با نقض بقای پاریته R ٤۳
۳-۳ ساز وکار محاسبه جرم ذرات ابرتقارنی با استفاده از زبان برنامه نویسی Maple..... ٤٥
۳-٤ نتایج و بحث ٤۹
۳-٤-۱ تحلیل تاثیر عبارتهای غیر استاندارد شکست ناقض پاریته R ٥۳
۳-٤-۱-۱تاثیر عبارت R_1 بر طیف جرمی ذرات در مرتبه اول و دوم ٥۳
۳-٤-۱-۲ تاثیر عبارتR_2 روی طیف جرمی ذرات در مرتبه اول و دوم ٥٦
۳-٤- ۲ اثر عبارت R_3 روی طیف جرمی ذرات در مرتبه اول و دوم ٥۸
۳-٤-۳ اثر عبارت R_4 روی طیف جرمی ذرات در مرتبه اول و دوم ٦۰
۳-٤-٤ تحلیل تاثیر عبارت های غیر استاندارد با پایستگی پاریته ی R ٦۲
۳-٤-٤-۱ اثر عبارت R_6 روی طیف جرمی ذرات ٦۲
۳-٤-٤-۲ اثر عبارت R_7 روی طیف جرمی ذرات ٦٤
۳-٤-٤-۳ اثر عبارت R_9 روی طیف جرمی ذرات ٦۷
۳-٤-٥ بررسی تغییرات جرم Stop با حضور عبارتهای غیراستاندارد ۷۰
۳-٤-٦ مقایسه نتایج بدست آمده از تاثیر عبارتهای غیراستاندارد در لاگرانژی در مرتبه اول و دوم ۷۹
۳-٤-٦-۱ نمودارهای ستونی درصد تغییرات جرم ذرات تحت تاثیر جملات غیر استاندارد مختلف..... ۸۱
فصل چهارم..... ۸٦
نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۸٦
٤-۱ نتیجه گیری کلی..... ۸٦
٤-۲پیشنهادها..... ۸۸
منابع و مراجع ۸۹

پیوست الف ۹۱
الف-۱-ماتریس های جرمی در حالت بقای پاریته R ۹۱
الف-۱-۱ماتریس های جرمی گیجینوها ۹۱
الف-۱-۲ ماتریس جرمی شارژینو ۹۲
الف-۱-۳ ماتریس های جرمی هیگزینو ۹۲
الف-۲-ماتریس های جرمی ناقض بقای پاریته: ۹٤
الف-۲- ۱جرم بوزون های پیمانه ای ۹٤
الف-۲-۲ بوزون هیگز باردار-اس لپتون ۹٤
الف-۲-۳ جرم اس کوارک ها ۹۵

فهرست جداول:

جدول ۲-۱ ذرات حاضر در مدل ابرتقارن حداقلی ۲۹

جدول ۳-۱تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارنی با افزایش عبارت R_1 در مرتبه اول ۷۲

جدول۳-۲تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_1 در مرتبه دوم ۷۲

جدول ۳-٤ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_2 در مرتبه دوم..... ۷۳

جدول ۳-۵ تغییر طیف جرمی ذرات ابرتقارنی با افزایش عبارت R_3 در مرتبه اول..... ۷٤

جدول ۳-٦ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_3 مرتبه دوم..... ۷٤

جدول ۳-۸ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_4 در مرتبه دوم ۷۵

جدول ۳-۹ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارنی با افزایش عبارت R_5 در مرتبه اول..... ۷٦

جدول ۳-۱۰تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_5 در مرتبه دوم..... ۷٦

جدول ۳-۱۱ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارنی با افزایش عبارت R_7 در مرتبه اول..... ۷۷

جدول ۳-۱۲ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_7 در مرتبه دوم..... ۷۷

جدول ۳-۱٤ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_9 در مرتبه دوم..... ۷۸

جدول۳-۱۵ مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_1 در مرتبه اول و دومSPS۲ ... ۷۹

جدول ۳-۱٦ مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_2 در مرتبه اول و دومSPS۲ .. ۷۹

جدول ۳-۱۷ مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_3 در مرتبه اول و دومSPS۲ . ۸۰

جدول ۳-۱۸ مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_4 در مرتبه اول و دومSPS۲ .. ۸۰

جدول۳-۱۹ مقایسه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_5 در مرتبه اول و دومSPS۲..... ۸۰

جدول ۳-۲۰ مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_9 در مرتبه اول و دومSPS۲ .. ۸۰

جدول ۳-۲۱مقایسه بیشینه تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_7 در مرتبه اول و دومSPS۲ ... ۸۱

جدول ٤-۱ بیشینه درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی در مرتبه اول و دوم ۸۷

فهرست اشکال:

شکل ۱-۱ -ذرات حاضر در مدل استاندارد ٤

شکل ۱-۲ خلاصه سه برهم کنش پیمانه ای [٦]..... ٦

شکل ۱-۳ : پتانسیل هیگز برای $o > \mu^2$,(a) $o > \mu^2$ (b) ϕ_1 , ϕ_2 سمت حقیقی و مجازی میدان هیگز است. ١٤

شکل ۱-٤ واپاشی های مختلف بوزون هیگز و احتمال رخداد آن ها ١٦

شکل ۲-۳ - طرح بخش مخفی ٣٢

شکل ۲-٤ –جرم ذره هیگز به عنوان تابعی از $\tan\beta$ ٣٧

شکل ۲-٥ واپاشی های مختلف بوزون هیگز ٣٧

شکل ۲-٦ مدهای مختلف واپاشی بوزون هیگز ٣٨

شکل ۳-۱- جرم ذرات ابرتقارنی به دست آمده در شرایط مرزی $SPS2$ بدون در نظر گرفتن جملات غیراستاندارد شکست ابرتقارن..... ٥٠

شکل ۳-۲ - نمودار تغییرات جرم ذره هیگز بر حسب $m_{1/2}$..... ٥٠

شکل ۳ -۳ -نمودار تغییرات جرم ذره هیگز بر حسب جرم های اسکالر m_o ٥١

شکل ۳ -٤- نمودار تغییرات جرم ذره هیگز بر حسب $tan\beta$ ٥٢

شکل ۳ - ٥ - نمودار جرم هیگز بر حسب جرم کوارک بالا ٥٣

شکل ۳-٦- نمودار تغییرات جرم کوارک بالای اسکالر سبک t_2 برحسب عبارت غیر استاندارد R_1 در مرتبه اول و دوم ٥٤

شکل ۳ - ۷ - نمودار تغییرات جرم کوارک بالای اسکالر سنگین t_1 بر حسب عبارت غیر استاندارد R_1 در مرتبه اول و دوم ٥٥

شکل ۳ -۸ - نمودار تغییرات جرم نوترینوی تاو بر حسب عبارت غیر استاندارد R_1 در مرتبه اول و دوم ٥٥

شکل ۳-۹ - نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سبک بر حسب عبارت غیر استاندارد R_1 در مرتبه اول ٥٦

و دوم ٥٦

شکل ۳-۱۰- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استاندار R_2 در مرتبه اول ٥٧

و دوم ٥٧

شکل ۳-۱۱- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استاندارد R_2 در مرتبه اول ٥٨

و دوم ٥٨

شکل۳-۱۲-نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سبک بر حسب عبارت غیر استاندارد R_3 در مرتبه اول و دوم .. ٥٩

شکل ۳-۱۳- نمودار تغییرات جرم کوارک اسکالر تاو سنگین بر حسب عبارت غیر استاندارد R_3 در مرتبه اول و دوم ٥٩

شکل ۳-١٤- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استاندارد R_3 در مرتبه اول و دوم ٦٠

شکل ۳-۱۵- نمودار تغییرات جرم کوارک سر سبک بر حسب عبارت غیر استاندارد R_4 در مرتبه اول و دوم .. ۶۱
شکل۳-۱۶- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استانداردR_4 در مرتبه اول و دوم ۶۲
شکل ۳-۱۷- نمودار تغییرات جرم نوترینوی تاو بر حسب عبارت غیر استاندارد R_5 در مرتبه اول و دوم ۶۳
شکل ۳-۱۸- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سبک بر حسب عبارت غیر استاندارد R_5 در مرتبه اول و دوم ۶۳
شکل۳-۱۹- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استاندارد R_5 در مرتبه اول و دوم ۶۴
شکل۳-۲۰- نمودار تغییرات جرم کوارک اسکالر سنگین بالا بر حسب عبارت غیر استاندارد R_7 در مرتبه اول و دوم ۶۵
شکل ۳-۲۱- نمودار تغییرات جرم چارجینو بر حسب عبارت غیر استاندارد R_7 در مرتبه اول و دوم..... ۶۵
شکل۳-۲۲- نمودار تغییرات جرم لپتون اسکالر سنگین بر حسب عبارت غیر استاندارد R_7 در مرتبه اول و دوم ۶۶
شکل ۳-۲۳- نمودار تغییرات جرم $H \pm$ بر حسب عبارت غیر استاندارد R_7 در مرتبه اول و دوم..... ۶۷
شکل ۳-۲۴ نمودار تغییرات جرم t_2 بر حسب عبارت غیر استاندارد R_7 در مرتبه اول و دوم..... ۶۸
شکل ۳-۲۵- نمودار تغییرات جرم χ_4 بر حسب عبارت غیر استاندارد R_9 در مرتبه اول و دوم..... ۶۸
شکل ۳-۲۶- نمودار تغییرات جرم A بر حسب عبارت غیر استاندارد R_9 در مرتبه اول و دوم ۶۹
شکل ۳-۲۷ درصد تغییرات جرمی سه ذره h, t_1, t_2 در مرتبه اول در حضور عبارت R_5..... ۷۱
شکل ۳-۲۸ درصد تغییرات جرمی سه ذره h, t_1, t_2 در مرتبه دوم در حضور عبارت R_5..... ۷۱
جدول۳- ۳ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارنی با افزایش عبارت R_2 در مرتبه اول..... ۷۳
جدول ۳-۷ تغییرات طیف جرمی ابرتقارن با افزایش عبارت R_4 در مرتبه اول ۷۵
جدول ۳-۱۳ تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن با افزایش عبارت R_9 در مرتبه اول ۷۸
شکل ۳-۲۷ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_1 ..... ۸۱
شکل ۳-۲۸ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_2 ..... ۸۲
شکل ۳-۲۹ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_3 ..... ۸۳
شکل ۳-۳۰ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_4 ..... ۸۳
شکل ۳-۳۱ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارت R_5 ..... ۸۴
شکل ۳-۳۲ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارتR_7 ..... ۸۴
شکل ۳-۳۳ نمودار درصد تغییرات جرمی ذرات ابرتقارنی تحت تاثیر عبارتR_9 ..... ۸۵

مقدمه

مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی[1] (MSSM) شامل بسط ابرتقارنی مدل استاندارد، به همراه تعدادی از جرم های شکست ابرتقارن دو بعدی و سه بعدی اضافه شده و عبارتهای برهم کنشی می باشد. مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی، یکی از عمومی ترین نظریه میدان بازبهنجارش پذیر سازگار با شرط ناوردایی پیمانه ای می باشد. در MSSM، نظریه شکسته نشده به وسیله یک تقارن جدا (R-parity) برای کنار گذاشتن یک سری برهم کنش های ناقض عدد باریونی وعدد لپتونی اضافه می شود. بخش شکسته ی ابرتقارن، عبارت های نرم نقض R-parity و یک سری از عبارت های غیر استاندارد شکست نرم[2] (NS) را حذف می کند. بسط ابرتقارنی مدل استاندارد چارچوبی برای ارتباط بین فیزیک انرژی پایین و فیزیک در مقیاس انرژی بالا را فراهم می کند. از سوی دیگر برای محاسبه جرم ذرات ابرتقارنی و جفت شدگی های بین دو مقیاس ضعیف و وحدت پیمانه ای از گروه توابع بتا بازبهنجارش پذیر استفاده می شود. از طریق این توابع می توان جرم ذرات بنیادی را محاسبه کرد.

مبحث دیگر محاسبه جرم ذره هیگز می باشد، که در مدل استاندارد وجود این ذره پیش بینی شده است. بعد از تعقیب واپاشی ها در برخورد دهنده های لپتونی و هادرونی ، یک ذره شبیه بوزون هیگز در برخورد دهنده ی بزرگ هادرونی[3] (LHC) مشاهده شده است.در واقع پیدا کردن بوزون هیگز

---

[1] Minimal Susersymmetry Standard Model

[2] Non– Standard breaking terms

[3] Large Hadron Collider

مدل استاندارد یکی از اهداف مهم این برخورد دهنده است. در حال حاضر به دنبال تولید بوزون های هیگز مدل استاندارد در برخورد دهنده های پروتون–پروتون می باشند. جستجو های انجام شده در ۵ مد واپاشی شامل $b\bar{b}$ و $\gamma\gamma$، ZZ، WW ، $\tau^{+}\tau^{-}$ در گستره جرمی ۱۱۰ GeV تا ۱۶۰ GeV برای بوزون هیگز انجام شده است. سرانجام جستجو های انجام شده در LHC نتیجه بخش شد و شبه بوزون هیگزی با جرم حدودی ۱۲۵ GeV کشف شد.

هدف در این پژوهش پیدا کردن جرم ذرات ابرتقارنی در مقیاس انرژی بالا می باشد. برای این منظور از توابع بتا که رابط بین انرژی در مقیاس پایین و مقیاس انرژی بالا می باشند، استفاده شده است. به کمک این توابع امکان سیر از یک گستره انرژی به گستره ی دیگر فراهم می شود. در این پژوهش جملات غیر استانداردی که قبلا از حضور آنها در توابع بتا صرف نظر می شده است، به این توابع اضافه شده و سپس اثر اضافه شدن این جملات غیر استاندارد به توابع بتا، در تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن بررسی شده است.

یکی دیگر از اهداف مهم این پژوهش تعیین شرایط مرزی مناسب برای دستیابی به جرم بوزون هیگزی در حدود ۱۲۵ GeV که اخیرا در LHC بدست آمده است می باشد. شرایط مرزی بدست آمده می تواند در محاسبه تغییرات طیف جرمی ذرات ابرتقارن استفاده گردد.

این پایان نامه در چهار بخش تدوین شده است :

در فصل اول به معرفی مدل استاندارد، قسمت های مختلف این مدل و همچنین معرفی بخش مربوط به ذره هیگز در این مدل پرداخته شده است. فصل دوم مربوط به معرفی مدل ابرتقارن و مدل استاندارد ابرتقارن حداقلی می باشد. در فصل سوم به بیان نتایج و بحث های مربوط به اهداف این پژوهش پرداخته شده است. در این فصل به روش پیدا کردن جرم ذرات و معادلات مربوط به آن اشاره شده است و نتایج به دست آمده از محاسبات طیف جرمی ذرات ابرتقارنی بیان شده است. در فصل چهارم نتیجه گیری های مهم حاصل از این پژوهش ارائه شده است.

فصل اول

مدل استاندارد

۱-۱ معرفی مدل استاندارد

نظریه مدل استاندارد (SM) ذرات بنیادی چارچوبی برای توصیف فرآیند های انرژی پایین است. این نظریه به طور مضـاعف توضـیحی برای فیزیک زیر اتمی و برخی از جنبه های کیهانی در لحظه های اولیه ی جهان (فرایند انرژی بالا) بیان می کند.

مدل استاندارد حاوی توصیف ذرات بنیادی و نیروهاست. ذرات موجود در این مدل شامل ۱۲ لپتون، ۳۶ کوارک (و آنتی کوارک)، ۱۲ ذره واسـطه و ذره هیگز، یعنی جمعا ۶۱ ذره بنیادی می باشـد. این ذرات قالب ساختار جهان را تشکیل می دهد.

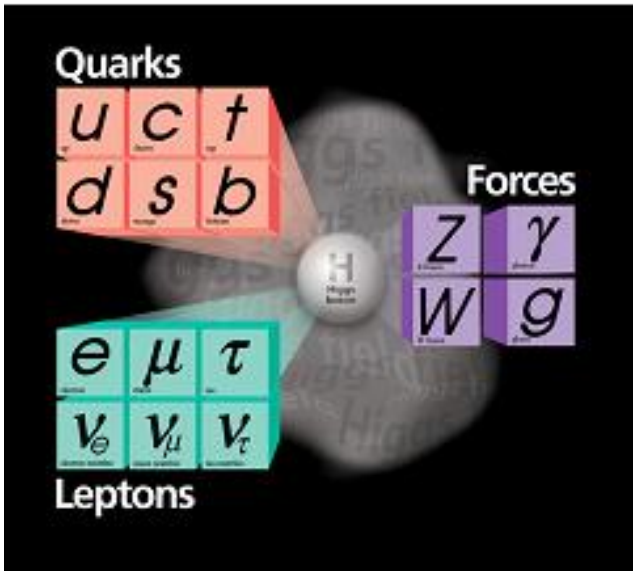
اجزای اسـاسـی مدل استاندارد فیزیک ذرات شامل : کوارک ها و لپتون ها، اجزای اصلی ماده هستند. کوارک های d و u و لپتون های e^-, ν_e متعلق به اولین خانواده اسـت ؛s و c μ^-, ν_μ جزء دومین خانواده اسـت ؛ t و b , τ^-, ν_τ در سومین خانواده قرار دارند. تنها e^-، و u, d بخش های عادی ماده است ؛ سایر قسمتها ناپایدار هستند و در برخوردهای انرژی بالا تولید می شوند [۱] .

سایر بخش های بنیادی SM حامل نیروها است، که بوزون هایی با اسپین ۱ هستند؛ فوتون های بدون جرم مسـئول برهم کنش های الکترومغناطیس (QED)، ۸ گلوئون بدون جرم برای برهم کنش های قوی (QCD) و بوزون های سنگین W^-،W^+وZ° مسئول برهم کنش های ضعیف است.

اجزای مدل استاندارد به صورت زیر است :

٦ کوارک که بر طبق QCD در سه رنگ امده است (در مجموع ۱۸ ذره)، که شامل ٦ لپتون و ۱۲ نیروی مسئول است (در حالت کلی ۳۵ ذره و اغلب به طور مشابه آنتی کوارک و آنتی لپتون در نظر گرفته می شود).

حالت کلی SM براساس تقارن پیمانه ای است، که نیاز به جرم صفر دارد. بنابراین برای توصیف مشاهده جرم ها باید حداقل یک بوزون هیگز اسکالر که برای شکست خودبخودی تقارن مورد نیاز است و سبب تولید جرم می شود، در نظر گرفته شود. جفت شدگی بوزون هیگز بوسیله مدل استاندارد پیش بینی شده است، اما جرم ندارد [۱].



شکل۱-۱ -ذرات حاضر در مدل استاندارد

برای رسیدن به یک نظریه ی پیمانه ای مانند مدل استاندارد نیاز به گام هایی است که در ادامه بیان شده است [۲] :

- انتخاب یک گروه پیمانه ای بر اساس تقارن برهم کنش های مشاهده شده
- نیاز به ناوردایی پیمانه ی موضعی تحت تبدیلات گروه تقارنی
- انتخاب بخش هیگز برای معرفی شکست خودبخودی تقارن که اجازه می دهد خانواده ی جرم ها بدون شکست صریح ناوردایی پیمانه ای تولید شود. اضافه کردن عبارت های جرمی

که ناوردایی پیمانه ای ندارند منجر به غیر باز بهنجارش پذیری نظریه های میدان می شود. با استفاده از مکانیزم هیگز که در ادامه بیان خواهد شد نظریه بازبهنجارش پذیر می شود.

مدل استاندارد برای چندین دهه مورد استفاده قرار گرفته و توانسته است پدیده های فیزیکی زیادی را به درستی پیش بینی کند. این مدل توصیف کننده سه دسته برهم کنش قوی،ضعیف و الکترومغناطیسی است که بر مبنای اصل پیمانه ای بنا شده است که بر اساس آن برهم کنش های موجود در طبیعت به وسیله تبادل میدان های بوزون پیمانه ای با اسپین یک بیان می شود. گروه تقارنی حاضر در مدل استاندارد به صورت زیر است [۳, ٤]:

$$.SU_{colour}(۳)\otimes SU_{left}(۲)\otimes U_{hepercharge}(۱)$$

که گروه های شرکت کننده در گروه تقارنی مدل استاندارد به صورت زیر تعریف می شود [۵] :

گروه $U(۱)$ توصیف کننده ی برهم کنش های الکترو مغناطیسی است و ناوردایی یک بر هم کنش تحت این گروه به معنای بقای کمیت ابربار است.

گروه $SU(۲)$ توصیف کننده ی برهم کنش ضعیف است. این گروه که به گروه ایزواسپین معروف است، سه مولد مستقل دارد که یکی از این مولد ها قطری است. ویژه مقادیر این مولد، حالت های فرمیونی را مشخص می کند. فرمیون های چپگرد در دوگانه ی $SU_L(۲)$ و فرمیون های راستگرد در یگانه ی $SU_R(۲)$ قرار دارند.

گروه $SU(۳)$ توصیف کننده ی برهم کنش های قوی است و دارای ۸ مولد مستقل است که ۲ تای آن ها قطری هستند. ویژه مقادیر مولدهای قطری در واقع نشان دهنده ی عدد کوانتومی رنگ میدان هاست.