بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مرتبط با نتایج مطالعات ، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه رازی است .

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه دکتری رشته‌ی فیزیک
گرایش ذرات بنیادی

عنوان پایان نامه

باریون های با طعم سنگین در مدل نسبیتی کوارک – دوکوارک

استاد راهنما:
دکتر محمد علی گومشی نوبری

نگارش:
جلیل ناجی دومیرانی

شهریور ماه – ۱۳۸۹

دانشگاه رازی
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه دکتری رشته‌ی فیزیک گرایش ذرات بنیادی

عنوان پایان نامه

باریون های با طعم سنگین در مدل نسبیتی کوارک – دوکوارک

در تاریخ ۸۹/۶/۲۴ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی بسیار خوب به تصویب نهایی رسید.

۱ – استاد راهنما با مرتبه‌ی علمی	پروفسور محمدعلی گومشی نوبری استاد	امضاء
۲ – استاد داور داخل گروه با مرتبه‌ی علمی	دکتر غلامرضا برون دانشیار	امضاء
۳ – استاد داور خارج از گروه با مرتبه‌ی علمی	دکتر رضا سپه‌وند استادیار	امضاء
۴ – استاد داور خارج از گروه با مرتبه‌ی علمی	دکتر شهریار بایگان دانشیار	امضاء

سپاسگزاری

از همه‌ی کسانی که در این مقطع تحصیلی به اینجانب کمک کردند صادقانه تشکر می‌کنم. از استاد راهنمای خود آقای دکتر نوبری و از اساتید داور پایان‌نامه آقایان دکتر سپهوند، دکتر برون و دکتر بایگان کمال تشکر را دارم. همچنین لازم می‌دانم از دوست گرامی و گرانقدر خود آقای توفیق اوسطی که در مسیر پژوهش‌های انجام شده بحث‌های مفصل و خاطره‌انگیزی داشتیم تشکر و قدردانی کنم.

تقدیم به خانواده‌ی گرامی و بزرگوارم

چکیده

راه‌کارهای مختلفی برای برآورد میزان حوادث جهت تولید آخرین نسل از باریون‌های مدل استاندارد وجود دارد. به خاطر اهمیت مطالعه‌ی این حالت‌ها و پایایی روش برودسکی - لپچ ما نگاهی به تولید ترکشی باریون‌های یک طعم و دو طعم سنگین داریم. در فصل‌های یک و دو به مرور مقدمات و ضروریات این بحث خواهیم پرداخت. در بخش سوم ما با استفاده از مدل کوارک - دوکوارک باریون‌ها نگاهی به تولید ترکشی حالات شناخته شده‌ی Λ_b و Λ_c می‌پردازیم و توابع ترکش آن‌ها را محاسبه می‌کنیم. در این فرآیند ما فرض می‌کنیم که کوارک‌های سبک یک دوکوارک اسکالر تشکیل می‌دهند و به کوارک‌های b و c در فرآیندهای ترکش آن‌ها متصل می‌شوند. این به کارگیری ضریب شکل‌های دوکوارک اسکالر را ایجاب می‌کند. در فصل بعد سعی شده است که به تولید باریون‌های دو طعم سنگین از جمله حالات Ξ_{cc} و Ξ_{bc} نگاهی داشته باشیم. از آن‌جایی که ما دو کوارک سنگین و یک کوارک سبک در ساختار آن‌ها داریم، کافی است تولید یک دوکوارک سنگین را تعیین کنیم که بسیار شبیه تولید مزون‌های دوطعم سنگین است، و فرض می‌کنیم که آن‌ها سرانجام با گرفتن یک کوارک سبک به یک باریون دوطعم سنگین تبدیل می‌شوند. در این‌جا ما به طور یکسان به تولید دوکوارک‌های اسکالر و برداری می‌پردازیم.

سرانجام توابع ترکش Ω_{bbc} و Ω_{bcc} را به ترتیب در ترکش کوارک‌های b و c محاسبه کرده‌ایم. ما احتمال ترکش آن‌ها را به همراه آهنگ‌های تولید آن‌ها در شتاب‌دهنده‌های اخیر تعیین کرده‌ایم.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه

۱ – ۱- دسته‌بندی ذرات در مدل استاندارد ۲

۱ – ۲- برهم‌کنش‌ها ۶

۱ – ۳ - نظریه‌ی اختلال ۶

۱ – ۴- حبس و آزادی مجانبی ۱۵

۱ – ۵- مدل پارتون ۱۷

۱ – ۶- اصلاح مدل پارتون با استفاده از ۲۲

۱ -۷- تئوری میدان مؤثر کوارک سنگین ۲۹

۱-۸ - دوکوارک‌ها ۳۲

۱- ۹-

ترکش ۳۶

۱-۹-۱- توابع ترکش در مدل پارتونی .....

۱-۹-۲- اختلال و فرآیند تحرک QCD ۳۶
۱-۹-۳- مدل پیترسون ۳۸
۱-۹-۴- مدل سوزوکی ۳۹
۱-۹-۵- مدل اختلالی نوبری - سپه-وند ۴۵
۱-۱۰- حالت‌های باریونی با محتوای کوارک‌های سنگین ۴۲
۱-۱۱- ذرات اسپین ۱ و قطبش آن‌ها ۴۸
..... ۴۷
فصل دوم: تقارن‌های پیمانه‌ای ناآبلی
۲-۱- مقدمه ۵۱
۲-۲- ساختار تابع کنش ۵۱
۲-۳- لاگرانژی QCD ۵۵
فصل سوم: تولید باریون‌های یک طعم سنگین
۳-۱- مقدمه ۶۴
۳-۲- شرح موضوع .....

۶۴
۳-۳- نتایج ۶۸
فصل چهارم: محاسبه‌ی تابع ترکش باریون‌های دو طعم سنگین
۴-۱- مقدمه ۷۲
۴-۲- شرح موضوع ۷۳
۴-۲-۱- سینماتیک ۷۷
۴-۳- تابع ترکش باریون‌های دوطعم سنگین ۷۹
۴-۴- نتایج ۸۰

فهرست مطالب

عنوان صفحه
فصل پنجم: تولید باریون‌های سه طعم سنگین Ω_{bbc} و Ω_{ccb}
۵-۱- مقدمه ۸۶
۵-۲- شرح موضوع

۸۷ .....
۵-۲-۱- پارامتري كردن انرژي ذرات .....
۸۸ .....
۵-۳- محاسبه‌ی تابع ترکش.....
۹۱.....
۵-۴- توابع ترکش تحول یافته.....
۹۳.....
۵-۵- سطح مقطع پراکندگی .....
۹۴ .....
۵-۶- نتایج.....
۹۶ .....
فصل ششم: بحث و نتیجه‌گیری
۶-۱ بحث و نتیجه-گیری.....
۱۰۰ .....

فهرست شکل ها

عنوان
صفحه

شکل ۱-۱- نمودار چگونگی حمل طعم توسط کوارک‌ها در هادرون‌ها را نشان می‌دهد. ۳

شکل ۱-۲- نمودار برهم‌کنش الکترومغناطیسی فرآیند $e^+e^- \to hadrons$. ۴

شکل ۱-۳- نمودار برهم‌کنش الکترومغناطیسی فرآیند $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$ ۴

شکل ۱-۴- نمودار واپاشی $\pi^\circ \to 2\gamma$ ۵

شکل ۱-۵- نمودار برخورد الکترون –الکترون در اولین مرتبه‌ی اختلال. ۸

شکل ۱-۶ - نمودار برخورد الکترون – الکترون در دومین مرتبه‌ی اختلال. ۸

شکل ۱-۷ - اثر پوشانندگی محیط بر بار الکترون. ۱۰

شکل ۱-۸ - اثر پوشانندگی زوج های الکترون پوزیترون بر بار الکترون. ۱۰

شکل ۱-۹- نمودار برخورد کوارک- کوارک در اولین مرتبه‌ی اختلال. ۱۱

شکل ۱-۱۰ - نمودار رأس‌های موجود در مورد اندرکنش گلوئون‌ها با یکدیگر. ۱۲

شکل ۱-۱۱ - نمودار برخورد کوارک-کوارک در دومین مرتبه‌ی اختلال. ۱۳

شکل ۱-۱۲ - سهم حلقه‌های گلوئونی را در پوشانندگی بار نشان داده می‌شود. ۱۳

شکل ۱-۱۳ - شکل سمت چپ پراکندگی ذره‌ی آلفا از هسته و شکل سمت راست پراکندگی الکترون پر انرژی از کوارک‌ها را نشان می‌دهند..... ۱۴
شکل ۱-۱۴ - ئمودار حلقه‌های قطبشی در انتشارگر فوتون..... ۱۵
شکل ۱-۱۵- ئمودار ساده شده‌ی حلقه‌های قطبشی در انتشارگر فوتون..... ۱۵
شکل ۱-۱۶ - سینماتیک پراکندگی پروتون - لپتون در مدل پارتون..... ۱۷
شکل ۱-۱۷ - ناحیه‌ی مثلثی ناحیه‌ی مجاز سینماتیکی برای پراکندگی ژرف ناکشسان می‌باشد. خطوط نقطه - خط چین نمودارهای مربوط به زاویه‌ی پراکندگی ثابت و نمودار خط چین نمودار x ثابت هستند[۶]..... ۲۱
شکل ۱-۱۸ - نمونه‌ای از دیاگرام‌های فاینمن برای شکافت پارتون - پارتون در مرتبه‌ی پیشرو QCD. نمایش توابع شکافت که P تکانه‌ی ورودی و xP تکانه‌ی خروجی می‌باشد..... ۲۳
شکل ۱-۱۹ - توزیع‌های تکانه‌ی $xf(x,Q^2)$ گلوئون در پروتون که توسط آزمایش‌های ZEUS و H1 در Q^2های متفاوت اندازه‌گیری شده است..... ۲۵
شکل ۱-۲۰ - توزیع تکانه‌ی$xf(x,Q^2)$ اندازه‌گیری شده‌ی گلوئون، کوارک‌های ظرفیت و دریا در پروتون توسط آزمایش‌های ZEUS و H1 در $Q^2=10GeV^2$در مقایسه با پارامتربندی MSTW[۶]..... ۲۶
شکل ۱-۲۱ - توزیع تکانه‌ی$xf(x,Q^2)$ اندازه‌گیری شده‌ی گلوئون، کوارک‌های ظرفیت و دریا در پروتون توسط آزمایش‌های ZEUS و H1 در $Q^2=10GeV^2$در مقایسه با پارامتربندی CTEQ[۶]..... ۲۷
شکل ۱-۲۲ - تحول توزیع تکانه‌ی $xf(x,Q^2)$ گلوئون و کوارک‌ها در پروتون از مقیاس $Q^2=10GeV^2$ (شکل بالا) به مقیاس $Q^2=10^4GeV^2$ (شکل پایین)[۶]..... ۲۸
شکل ۱-۲۳ - ترکش کوارک سنگین Q به مزون یک طعم سنگین $H(Q\overline{q})$..... ۴۱

شکل ۱-۲۴- ترکش کوارک سنگین Q به مزون یک طعم سنگین $H(Q\overline{q})$ ۴۲

C

فهرست شکل ها

عنوان
صفحه

شکل ۱-۲۵ - دیاگرام‌های فاینمن سهیم در تولید حالت‌های مختلف Ω برای مرتبه پیشرو، در پایین‌ترین مرتبه‌ی اختلال QCD. نمودارهای (a) و (b) تولید حالت‌های باریونی با سه طعم سنگین یکسان Ω_{ccc} و Ω_{bbb} را به ترتیب درترکش از کوارک‌های سنگین c و b نشان می‌دهند. نمودارهای (c) و (d) تولید Ω_{ccb}، درترکش از کوارک c و (e) و (f) نیز تولید آن را در ترکش از کوارک b نشان می‌دهند. از تعویض b و c در (c) و (d) و تعویض آن‌ها در (e) و (f) می‌توان دیاگرام‌های فاینمن سهیم در تولید Ω_{cbb} را به ترتیب در ترکش ازکوارک های b و c بدست آورد. ۴۳

شکل ۱-۲۶ - دیاگرام‌های فاینمن در پایین‌ترین مرتبه اختلال QCD، که ترکش یک کوارک سنگین Q_i را به یک باریون سنگین Ω نشان می‌دهند. چون احتمال گذار کوارک سنگین اوّلیه به باریون حالت نهایی از طریق هر دو دیاگرام وجود دارد. دامنه‌ی گذار برای تولید هر حالت باریونی برابر مجموع دامنه دو دیاگرام (a) و (b) خواهد بود..... ۴۴

شکل ۲-۱ - شکل مربوط به جمله‌ی اول در رابطه‌ی (2.21b)..... ۵۴

شکل ۲-۲ - شکل مربوط به جمله‌ی دوم در رابطه‌ی (2.21b)..... ۵۴

شکل ۲-۳ - شکل مربوط به جمله‌ی سوم در رابطه‌ی (2.21b)..... ۵۵

شکل ۲-۴ - رأس کوارک - کوارک - گلوئون..... ۵۶

شکل ۲-۵ - رأس سه گلوئونی..... ۵۸

شکل ۲-۶ - رأس چهار گلوئونی.....

شکل ۲-۷ - حلقه‌ی گلوئونی که باعث ایجاد واگرایی می‌شود ۵۹
شکل ۲-۸ - حلقه‌ی شبح که باعث حذف عامل واگرایی می‌شود که خطچین‌ها مربوط به میدان غیر فیزیکی شبح می‌باشد ۶۰
شکل ۲-۹ - رأس شبح - گلوئون - شبح در نمودارهای فاینمن ۶۱
شکل ۲-۱۰ - انتشارگر کوارک در نمودارهای فاینمن ۶۱
شکل ۲-۱۱ - انتشارگر گلوئون در نمودارهای فاینمن ۶۱
شکل ۲-۱۲ - انتشارگر شبح در نمودارهای فاینمن ۶۱
شکل ۲-۱۳ - کوارک ورودی در نمودارهای فاینمن با چهار تکانه‌ی p و رنگ c ۶۲
شکل ۲-۱۴ - کوارک خروجی در نمودارهای فاینمن با چهار تکانه‌ی p و رنگ c ۶۲
شکل ۲-۱۵ - پادکوارک ورودی در نمودارهای فاینمن با چهار تکانه‌ی p و رنگ c ۶۲
شکل ۲-۱۶ - پادکوارک خروجی در نمودارهای فاینمن با چهار تکانه‌ی p و رنگ c ۶۲
شکل ۳-۱ - پایین‌ترین مرتبه از نمودارهای فاینمن سهیم در ترکش یک کوارک سنگین Q به یک باریون یک طعم سنگین $B(Qq'q'')$. چهار تکانه‌ها مشخص شده‌اند و دوکوارک D از دو طعم سبک q' و q'' و پاددوکوارک $\overline{D}$ از $\overline{q'}$ و $\overline{q''}$ تشکیل شده‌اند ۶۵

شکل ۳-۲ - نمودار تابع ترکش کوارک b به Λ_b در اولین مرتبه‌ی اختلال در مدل کوارک – دوکوارک..... ۶۸

D

فهرست شکل ها

عنوان
صفحه

شکل ۳-۳ - نمودار تابع ترکش کوارک c به Λ_c در اولین مرتبه‌ی اختلال در مدل کوارک – دوکوارک..... ۶۹

شکل ۳-۴ - نمودار تابع ترکش کوارک b به Σ_b در اولین مرتبه‌ی اختلال در مدل کوارک – دوکوارک..... ۶۹

شکل ۳-۵ - نمودار تابع ترکش کوارک c به Σ_c در اولین مرتبه‌ی اختلال در مدل کوارک – دوکوارک..... ۶۹

شکل ۴-۱ - نمودار ترکش کوارک Q در اولین مرتبه ي اختلال به مزون $Q\overline{Q'}$..... ۷۴

شکل ۴-۲ - نمودارهای تابع ترکش کوارک b. نمودار خط پرمربوط به این پایان‌نامه و نمودار خط چین مربوط به کار فاک و همکارانش [۶۱]می‌باشد. نمودار (a) مربوط به ترکش $b \to bb(1)$ ، نمودار (b) مربوط به ترکش $b \to bc(1)$ و نمودار (c) مربوط به ترکش$b \to bc(0)$ می‌باشد..... ۸۲

شکل ۴-۳ - نمودارهای تابع ترکش کوارک c. نمودار خط پرمربوط به این پایان‌نامه و نمودار خط چین مربوط به کار فاک و همکارانش [۶۱] می‌باشد. نمودار (a) مربوط به ترکش$c \to cc(1)$ ، نمودار (b) مربوط به ترکش $c \to cb(1)$ و نمودار (c) مربوط به ترکش$c \to cb(0)$ می‌باشد..... ۸۳

شکل ۵-۱ - ترکش کوارک سنگین Q به باریون سه طعم سنگین $\Omega_{QQ'Q'}$ در مدل کوارک-دوکوارک..... ۸۷

شکل ۵-۲ - نمودار تابع ترکش کوارک c به Ω_{bcc} در مدل کوارک-دوکوارک. نمودار خطپر مربوط به این کار در مدل کوارک – دوکوارک و نمودار خطچین مربوط به مدل کاملا اختلالی [۳۹] می‌باشد..... ۹۲

شکل ۵-۳ - نمودار تابع ترکش کوارک b به Ω_{bbc} در مدل کوارک-دوکوارک. نمودار خطپر مربوط به این کار در مدل کوارک - دوکوارک و نمودار خطچین مربوط به مدل کاملا اختلالی [۳۹] می-باشد..... ۹۲
شکل پ-۱. پایین‌ترین مرتبه از نمودارهای فاینمن سهیم در ترکش یک کوارک سنگین Q به یک باریون یک طعم سنگین $B(Qq'q'')$ در حالت دوکوارک برداری. چهار تکانه‌ها مشخص شده‌اند و دوکوارک برداری D از دو طعم سبک q' و q'' و پاددوکوارک $\overline{D}$ از $\overline{q'}$ و $\overline{q''}$ تشکیل شده-اند..... ۱۰۴ .....

E

E

فهرست جدول ها

عنوان
صفحه

جدول ۱-۱. در جدول زیر حالت‌های باریونی $J^P=\frac{1}{2}^+$ و $J^P=\frac{3}{2}^+$ کوارک c در نظر گرفته شده است. در اینجا I، I_3، S و C به ترتیب نشان‌گر عدد آیزواسپین، مؤلفه‌ی سوم آیزواسپین، عدد شگفتی و عدد افسون باریون می‌باشند..... ۴۶

جدول ۳-۱. در جدول زیر نتایج و کمیت های مربوط به احتمال کل ترکش کوارک ، پارامتر متوسط ترکش، ثابت واپاشی، ضریب جفت شدگی و مقدار تکانه‌ی عرضی برای تولیدترکشی باریون‌های Λ_b و Λ_c ارائه شده است..... ۷۰

جدول ۴-۱. در جدول زیر نتایج و کمیت های مربوط به این پایان‌نامه برای عبارات احتمال کل ترکش کوارک به سیستم‌های دوکوارک و باریون، پارامتر متوسط ترکش، تابع موج در مبدأ برای دوکوارک، ضریب جفت شدگی ومقدار تکانه‌ی عرضی برای حالت های مختلف ارائه شده است. عبارت داخل پرانتز در ستون اول از سمت چپ نشان‌گر اسپین دوکوارک می‌باشد..... ۸۰

جدول ۴-۲. در جدول زیر نتایج و کمیت های مربوط به مقاله‌ی فاک وهمکارانش[۶۱] برای عبارات احتمال کل ترکش کوارک به سیستم های دوکوارک و باریون، پارامتر متوسط ترکش، تابع موج در مبدأ برای دوکوارک، ضریب جفت شدگی ومقدار تکانه‌ی عرضی برای حالت‌های مختلف ارائه شده است. در این قسمت مقایسه نمودارهای تابع ترکش کوارک های b و c با کار فاک و همکارانش نشان داده شده است. عبارت داخل پرانتز در ستون اول از سمت چپ نشان‌گر اسپین دوکوارک می‌باشد..... ۸۱

جدول ۵-۱. پارامترهاي بسيار مهم در برخورد دهنده‌ي هادروني *LHC*..... ۹۵