

السيد محمد صالح المنجد



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکزی
دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : ذرات بنیادی و نظریه میدانها

عنوان :

آهنگ واپاشی نیمه لپتونی مزون B ، $B \rightarrow D^{(*)} l \nu_l$

استاد راهنما:

دکتر حسین مهربان

استاد مشاور:

دکتر ناصر زارع

پژوهشگر:

رخساره امیدی

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به:

به دو آیهی رحمت و برکت زندگی

پدر و مادر عزیزم

قدردانی

شکر و سپاس بی کران به درگاه خداوند علم ، که رهنمای راه معرفت است. برخود لازم می دانم از خانواده ام و همه ی کسانی که مرا در به انجام رساندن این تحقیق مساعدت و پشتیبانی نموده اند سپاسگزاری کرده و همچنین از راهنمایی های جناب آقای دکتر مهربان تشکر و قدردانی می کنم .

تعهد نامه‌ی اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب رخساره امیدی طرازکوهی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره‌ی دانشجویی ۸۷۰۰۰۲۴۴۳۰۰ در رشته فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها که از پایان نامه تحت عنوان محاسبه آهنگ واپاشی های نیمه لپتونی مزون B با کسب نمره ۱۸ و درجه عالی دفاع نموده‌ام بدینوسیله متعهد می‌شوم:

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و رویه‌های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده‌ام.

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۰/۰۴/۳۰

دانشجوی کارشناسی ارشد رخصساره امیدی طرازکوهی از پایان نامه خود دفاع نموده و

با نمره ۱۸ به حروف هجده تمام و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

دانشکده علوم پایه

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه‌ی دانشگاه تهیه شده است)

| | |
|--|---|
| نام واحد دانشگاهی: تهران مرکز کد واحد: ۱۰۱ | کد شناسایی رساله: ۱۰۱۳۰۲۲۵۸۱۱۰۰۳ |
| نام و نام خانوادگی دانشجو: رخساره امیدی طرازکوهی شماره دانشجویی: ۸۷۰۰۰۲۴۴۳۰۰ | سال و نیمسال اخذ رساله: اول ۸۹-۸۸ تاریخ اتمام پایان نامه: نیمسال دوم ۹۰-۸۹ |
| رشته تحصیلی: فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدانها | |
| عنوان پایان نامه: محاسبه آهنگ واپاشی های نیمه لپتونی مزون B | |
| نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر حسین مهربان نام و نام خانوادگی استاد مشاور: دکتر ناصر زارع دهنوی | |
| <p>چکیده پایان نامه: در این پایان نامه، یک تحقیق تفصیلی در خصوص تصحیحات مراتب بالاتر در واپاشی ضعیف غیرانحصاری هادرون سنگین، با تمرکز بر واپاشی نیمه لپتونی مزون B ارائه شده است. پایه تئوری محاسبات آهنگ واپاشی کل، بسط تولید اپراتور (OPE) است که برگرفته از بسط کوآرک سنگین و یک بسط متقارن از توانهای معکوس جرم کوآرک b می باشد. در این راستا، محاسبات تحلیلی تا مرتبه $1/m_b^5$ و $1/m_b^4$ در سطح درختی، بدون محاسبه تصحیحات α_s برای توان های ممنوع شده ضرایب ویلسون بسط داده شده و نتایج فاکتوریزشن برای همه پارامترهای دیمانسیون هفت و هشت بر حسب پارامترهای غیر اختلالی ρ_{LS}^3 و ρ_D^3 و μ_G^2 و μ_π^2 و یک انرژی تحریک \bar{E} ارائه گردید. نتایج عددی نشان می دهد که سریهای توانی برای $\Gamma(b \rightarrow cl\nu)$ به خوبی عمل می کند مشروط به اینکه مقادیر چشمداشتی غیر اختلالی با یک درصد قابل قبول برآورد شده باشند.</p> <p>تجزیه و تحلیل دوم صورت گرفته، تشریح فرایند انحصاری مربوط به انتقال کوآرکی $b \rightarrow c$، برای نمونه $B \rightarrow Dl\bar{\nu}_l$ و $B \rightarrow D^*l\bar{\nu}_l$ می باشد. روش انحصاری براساس واپاشی نیمه لپتونی B به حالت پایه مزونهای D^*, D با حد $m_{b,c} \gg \Lambda_{QCD}$ است، زمانی که جرم کوآرک b, c به سمت بینهایت میل می کند تنها یک فرم فاکتور تکتایی مشاهده می شود که وابسته به تولید چاربردار سرعت حالات اولیه و نهایی مزونهای $B, D^{(*)}$، $w = v \cdot \hat{v}$ است. فرم فاکتورها از روش های تئوری محاسبه می شوند بنابراین سهم فرم فاکتور می تواند در استخراج عناصر ماتریس CKM موثر باشد و همچنین اختلاف بین اندازه گیری انحصاری و غیرانحصاری را توضیح دهد.</p> | |

تاریخ و امضا

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش نامه‌ی دانشگاه مناسب است
مناسب نیست

فهرست مطالب

فصل اول مفاهیم کلی فیزیک مزون B

- ۱-۱ مقدمه ۱
- ۲-۱ اندازه گیری پارامترهای CKM ۲
- ۳-۱ واپاشی مزون B ۶
- ۴-۱ سینماتیک واپاشی مزون B ۹

فصل دوم پدیدار شناسی واپاشی نیمه لپتونی مزون B

- ۱-۲ باز بهنجارش ۱۱
- ۲-۲ پدیدار شناسی ۱۴
- ۱-۲-۲ احتمال واپاشی ۱۵
- ۲-۲-۲ کاربرد برای واپاشی مزون B ۱۶
- ۳-۲ واپاشی غیرانحصاری $inclusive$ ۲۰
- ۴-۲ واپاشی انحصاری $exclusive$ ۲۱
- ۵-۲ ارتباط با پارامترهای CKM ۲۴

فصل سوم فاکتوری کردن و عملگرها

- ۱-۳ بسط تولید عملگر و محاسبه اختلال ۲۷
- ۱-۱-۳ سطح حلقه ۲۸
- ۲-۱-۳ گروه بازبهنجارش و دیمانسیون غیر عادی ۲۹

- ۲-۳ عملگرهای مؤثر ضعیف ۳۱
- ۱-۲-۳ واپاشی $b \rightarrow c$: سطح درختی ۳۱
- ۲-۲-۳ واپاشی $b \rightarrow s$: سطح حلقه ای ۳۲
- ۳-۳ تصحیحات غیر اختلالی ۳۶
- ۱-۳-۳ بسط کوآرک سنگین ۳۷
- ۲-۳-۳ ویژگی های خاص واپاشی غیرانحصاری ۴۰
- ۳-۳-۳ تابع آیزگر-وایز واپاشی انحصاری ۴۱

فصل چهارم تحلیل واپاشی نیمه لپتونی مزون B

- ۱-۴ واپاشی غیرانحصاری $B \rightarrow X_c e \nu_e$ ۴۳
- ۱-۱-۴ آهنگ واپاشی ۴۴
- ۱-۱-۱-۴ قسمت لپتونی ۴۶
- ۲-۱-۱-۴ قسمت هادرونی ۴۷
- ۳-۱-۱-۴ فضای فاز ۵۰
- ۲-۱-۴ بسط کوآرک سنگین ۵۵
- ۱-۲-۱-۴ ضرایب غیر اختلالی ۵۷
- ۲-۲-۱-۴ تصحیحات مربوط به اختلال ۶۴
- ۳-۲-۱-۴ بررسی کلی تصحیحات ۶۵
- ۳-۱-۴ نمایش حالت میانی برای عناصر ماتریس ۶۷
- ۴-۱-۴ طرح کلی محاسبات ۷۴
- ۵-۱-۴ مقادیر چشم داشتی برای $O(\Lambda_{QCD}^4)$ و $O(\Lambda_{QCD}^5)$ ۷۸
- ۲-۴ واپاشی انحصاری $B \rightarrow X_c l \nu_l$: ۸۴
- ۱-۲-۴ آهنگ واپاشی ۸۴

- ۱-۲-۴-۱ قسمت لیتونی ۸۶
- ۲-۲-۴-۱ فضای فاز ۸۶
- ۳-۲-۴-۱ آهنگ دیفرانسیلی واپاشی ۸۹
- ۲-۲-۴-۲ تئوری موثر برای فیزیک جدید ۸۹
- ۱-۲-۲-۴ عملگر پایه ۹۰
- ۲-۲-۲-۴ قسمت هادرونی ۹۱
- ۳-۲-۲-۴ آهنگ دیفرانسیلی واپاشی ۹۴
- ۳-۲-۴-۳ تصحیحات تابشی برای عملگرهای واپاشی ۹۷
- ۱-۳-۲-۴ تصحیحات راس ۹۸

فصل پنجم محاسبات و نتایج

- ۱-۵ واپاشی غیرانحصاری $B \rightarrow D^{(*)}l\nu_l$ ۱۰۴
- ۲-۵ واپاشی انحصاری $B \rightarrow D^{(*)}l\nu_l$ ۱۰۸
- مراجع ۱۱۳
- چکیده ۱۱۶

فهرست جدولها

- جدول ۱-۱: داده های ماتریس CKM ۳
- جدول ۱-۲: عملگرهای P و C برای کمیت های مختلف مشاهده شده در لاگرانژین پیمانہ ای مدل استاندارد ۲۵
- جدول ۱-۴: پارامترهای مربوط به دیمانسیونها ۵۷
- جدول ۲-۴: داده های ورودی برای برآورد فاکتوریزیشن ۷۷
- جدول ۳-۴: برآورد برای پارامترهای دیمانسیون ۷ ۷۸
- جدول ۴-۴: برآورد پارامترهای تکتایی برای دیمانسیون ۸ ۷۸
- جدول ۴-۵: برآورد پارامترهای سه تایی برای دیمانسیون ۸ ۷۹
- جدول ۱-۵: مقایسه مقادیر تئوری محاسبه شده کسر تناسبی نیمه لپتونی مزون B برای واپاشی $B \rightarrow D^{(*)}l\nu$ ۱۰۶
- جدول ۲-۵: مقادیر تجربی کسر تناسبی نیمه لپتونی مزون B برای واپاشی $B \rightarrow D^{(*)}l\nu$ ۱۰۷
- جدول ۳-۵: میانگین نتایج اختصاصی $|V_{cb}|G(1)$ تعیین شده از واپاشی $B \rightarrow Dl\nu_l$ ۱۱۱
- جدول ۴-۵: میانگین نتایج اختصاصی $|V_{cb}|F(1)$ تعیین شده از واپاشی $B \rightarrow D^*l\nu_l$ ۱۱۲

فهرست شکلها

- شکل ۱-۱: نمودار هندسی واپاشی $b \rightarrow ce\nu_e$ ۲
- شکل ۲-۱: نمونه واپاشی های مورد استفاده در اندازه گیری پارامترهای CKM ۴
- شکل ۳-۱: واپاشی های نیمه لپتونی مزون B ۵
- شکل ۴-۱: انواع واپاشی مزون B ۷
- شکل ۵-۱: نمودار سیمانتیک واپاشی نیمه لپتونی مزون B ۹
- شکل ۱-۲: همه نمودارهای لازم برای محاسبه تابع β ، QCD و ثابتهای ضعیف برای سطح حلقه ای اول در سنجش میدان پیش زمینه ۱۲
- شکل ۲-۲: نمودارهای سطح درختی واپاشی مزون B ۱۸
- شکل ۱-۳: نمودارهای فایمن برای انتقال نیمه لپتونی $b \rightarrow c$ ۳۱
- شکل ۲-۳: نمودارهای فایمن جریان - جریان برای انتقال $b \rightarrow s$ ۳۲
- شکل ۳-۳: یک نمودار از مدل استاندارد کامل و عملگر مؤثر وابسته $O_{7\gamma}$ مربوط به انتقال $b \rightarrow s\gamma$ ۳۳
- شکل ۴-۳: نمودارهای فایمن پنگوئنی برای انتقال $b \rightarrow s$ ۳۵
- شکل ۵-۳: طرح شماتیک بسط کوآرک سنگین ۳۷
- شکل ۱-۴: نمودار فایمن پراکندگی پیشرو کوآرک b در سطح درختی بسط $1/m_b$ ۴۹
- شکل ۲-۴: مرتبه های محاسبه شده در α_s (سطرها) و HQE (ستونها) برای واپاشی غیرانحصاری ۶۶
- شکل ۳-۴: وضعیت جریان محاسبات غیر اختلالی نیمه لپتونی غیرانحصاری ۶۷
- شکل ۴-۴: تصحیحات واقعی و مجازی ۸۲
- شکل ۵-۴: نمودارهای حلقه اول برای باز بهنجارش جریانهای متمایز ۹۷
- شکل ۶-۴: نمودارهای باز بهنجارش تابع موج حلقه اول ۹۹
- شکل ۷-۴: راس کوآرک-کوآرک-گلوئون-بوزون ۹۹

فصل اول

مفاهیم کلی فیزیک مزون B

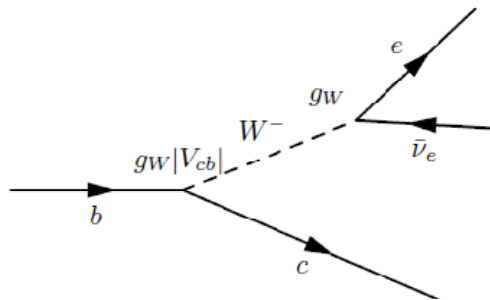
۱-۱ مقدمه

در این تحقیق آهنگ واپاشی نیمه لپتونی مزون B از طریق تئوری مؤثر میدان محاسبه شده و با نتایج حاصله از مقادیر بدست آمده در شتابدهنده های $CERN$ و $SLAC$ مقایسه می گردد. این مدل فوق العاده موفق بوده است اگرچه نتایج هنوز ملاحظاتی برای پیش بینی حیطه کاربرد این مدل وجود دارد.

فیزیک تجربی اخیراً روی پیش بینی های مدل استاندارد و آثاری که تاکنون توصیف نشده اند متمرکز شده است. پارامتری از مدل استاندارد که در این تحقیق برآورد می گردد $|V_{cb}|$ است. عناصر ماتریس CKM به وسیله مدل استاندارد پیش بینی نمی شوند بلکه با اندازه گیری تعیین می گردند، اگرچه مدل استاندارد ارتباط بین این پارامترها را پیش بینی می کند. هدف این بررسی ایجاد یک آگاهی کلی از مدل استاندارد می باشد، با تمرکز روی قوانینی که عناصر ماتریس CKM از جمله $|V_{cb}|$ در آن نقش دارند و آثار نیروی قوی که نقش مهمی در واپاشی مزون B داشته و به آسانی قابل محاسبه نمی باشد.

واپاشی ذرات یکی از فرآیندهای مطالعه شده بسیار عمومی در فیزیک ذرات بنیادی است. یک واپاشی می تواند در مورد ذرات شرکت کننده اطلاعات مهمی را در اختیار ما قرار دهد. قصد داریم آهنگ واپاشی کوارک b به کوارک c ، الکترون و نوترینو الکترون را که به صورت $b \rightarrow ce\bar{\nu}_e$ نوشته

می شود را اندازه گیری نماییم. در واقع آنچه مشاهده می شود $B \rightarrow X_c e \bar{\nu}_e$ است که در آن X_c هادرونی تشکیل شده از کوآرک c است، که در قبال آن $|V_{cb}|$ را نیز بدست خواهیم آورد. این فرآیند به شکل هندسی در شکل (۱-۱) نمایش داده شده است:



شکل ۱-۱: نمودار هندسی واپاشی $b \rightarrow c e \bar{\nu}_e$

ذرات مختلف در مدل استاندارد ویژگی هایی دارند که همانند عدد کوانتومی ثابت حرکتند. ثابت حرکت بودن عدد کوانتومی به این معنی است که مجموع این عدد قبل و بعد از فرآیند یکسان است. هر نوع کوآرک می تواند با یک عدد کوانتومی در واکنش قوی یا الکترومغناطیس (به غیر از نیروی ضعیف) شرکت داده شود. برای مثال عدد کوانتومی کوآرک s ، شگفتی است. هر کوآرک s شگفتی $+1$ دارد. نیروی ضعیف تنها نیرویی است که می تواند یک نوع عدد کوانتومی را به نوع دیگر تغییر دهد.

۲-۱ اندازه گیری پارامترهای CKM

با توجه به ماهیت غیراختلالی نیروی قوی در انرژی های کم، اغلب محاسبه رابطه ی بین مشاهده پذیرهای فیزیکی و پارامترهای CKM دشوار است. برای مثال تشریح آهنگ واپاشی $\Gamma(B \rightarrow X_c l \bar{\nu}_l)$ برای پارامتر $|V_{cb}|$ ماتریس CKM نیاز به درگیر شدن در محاسبات و داده های ورودی تجربی دارد. برای ایجاد رابطه بین مقادیر اندازه گیری شده در آزمایشگاه و پارامترهای CKM از انواع تقارن و بسط استفاده می شود. محاسبات تقارنی در مدهای واپاشی غالب هادرونی

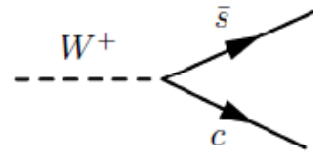
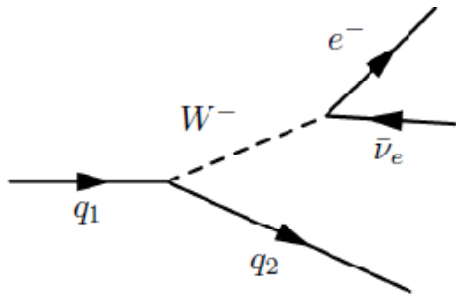
بکار می رود و تقارن در نسبت حالت‌های اولیه و نهایی مورد استفاده واقع می شود. در برخی از موارد تصحیحات منجر به نقض تقارن، می تواند محاسبه گردد. واپاشی هایی که می تواند از واکنش ضعیف ناشی شده باشد در ادامه مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

تنوع روش‌های مورد استفاده در اندازه گیری پارامترهای CKM در نمودار (۱-۲) نشان داده شده و تعدادی از نتایج اندازه گیری در جدول (۱-۱) خلاصه شده است:

جدول ۱-۱: داده های ماتریس CKM [۱]

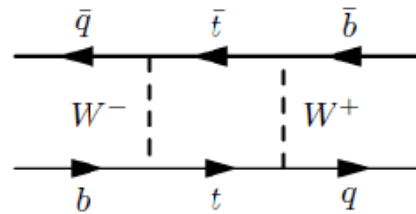
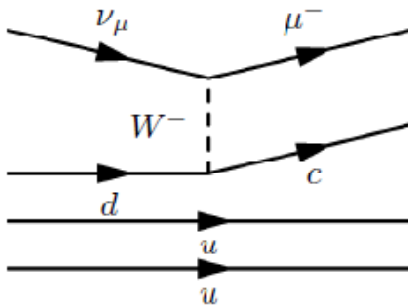
| V_{CKM} | فرآیند توصیفی | مقدار | PDG |
|-----------------------------|---|---|------|
| $ V_{ud} $ | واپاشی های پایون ، نوترون و هسته ای ابر مجاز | 0.9728(30) | 2010 |
| $ V_{us} $ | واپاشی هادرونی و نیمه لپتونی کائون | 0.2259(5)(13) | 2010 |
| $ V_{cb} $ | واپاشی انحصاری و غیرانحصاری | 0.0415 ± 0.0007 <i>inc</i> 0.0387 ± 0.0011 <i>exc</i> 0.0406 ± 0.0006 <i>ave</i> | 2010 |
| $ V_{ub} $ | نیمه لپتونی مزون B | 0.0427 ± 0.00038 <i>inc</i> 0.0338 ± 0.00036 <i>exc</i> 0.0389 ± 0.00044 <i>ave</i> | 2010 |
| $ V_{cs} $ | واپاشی نیمه لپتونی مزون D (واپاشی W) | 1.04 ± 0.06 | 2008 |
| $\frac{ V_{td} }{ V_{ts} }$ | نسبت آهنگ واپاشی $B \rightarrow \rho\gamma$ و $k^*\gamma$ | 0.21 ± 0.04 | 2008 |
| $ V_{tb} $ | سهم حلقه t در آهنگ واپاشی $\Gamma(Z \rightarrow b\bar{b})$ | 0.77 ^{+0.18} _{-0.24} | 2008 |

برای انتقال بین کوارک های سبک از تقارن طعم^۱ و ایزواسپین^۲ $SU(3)$ استفاده شده است. این تقارنها ارتباط بین ساختار درونی و بیرونی هادرونها را برای انجام محاسبه رافراهم می سازد. مد ویژه $n \rightarrow p^+ e^- \nu_e$ برای محاسبه $|V_{ud}|$ و $n \rightarrow \pi^+ e^- \nu_e$ برای $|V_{us}|$ استفاده شده است.



واپاشی کوارک: $|V_{ud}|, |V_{us}|, |V_{cb}|, |V_{ub}|, |V_{tb}|$

واپاشی W: $|V_{cs}|$



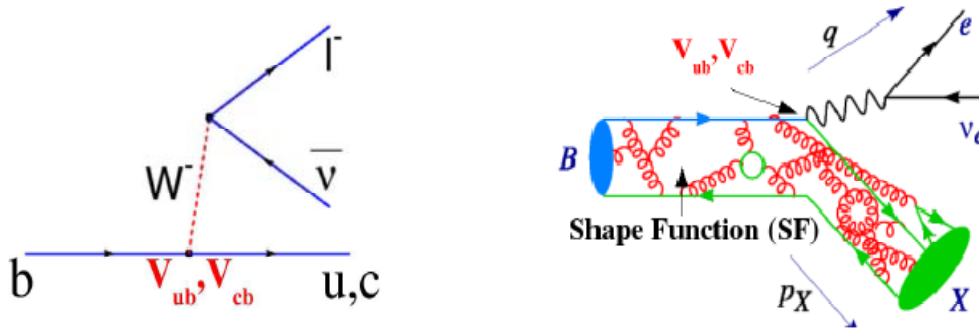
پراکندگی نوترینو: $|V_{cd}|$

آمیختگی: $|V_{ts}|, |V_{td}|, \sin 2\beta$

شکل ۱-۲: نمونه واپاشی های مورد استفاده در اندازه گیری پارامترهای CKM

¹flavor symmetry
²isospin

پارامتر $|V_{cd}|$ می تواند در فرآیند $\nu_{\mu}p \rightarrow X_c\pi^+$ که اجازه می دهد یک انرژی بزرگ از نوترینو به سیستم هادرونی جهت فرآیند تولید انتقال یابد، محاسبه می شود. پارامتر $|V_{cs}|$ می تواند در واپاشی W که جرم آن یک انرژی بزرگ برای فرآیند فراهم می کند، محاسبه گردد. برای انتقال $b \rightarrow c$ ، یک تقارن بین مزونهای B, D از طریق آهنگ واپاشی فرآیند $B \rightarrow X_c l \nu_l$ رخ می دهد که برای استخراج $|V_{cb}|$ استفاده می گردد و $|V_{ub}|$ را می توان از واپاشی فرآیند $B \rightarrow X_u l \nu_l$ بدست آورد.



شکل ۱-۳: واپاشی های نیمه لپتونی مزون B

فیزیک مزون B همچنین می تواند برای اندازه گیری پارامترهای $|V_{td}|$ و $|V_{ts}|$ و فازهای مربوط به آنها مورد استفاده قرار گیرد. این پارامترها به ترتیب در آهنگ واپاشی ترکیب $B^0 - \bar{B}^0$ و $B_S - \bar{B}_S$ ظاهر می شوند. متأسفانه هیچ روش قابل اعتمادی برای محاسبه فیزیک هادرونی مورد بحث در آهنگ کلی این فرآیندها وجود ندارد.

سرانجام باید گفت که موقعیت های مختلفی برای واپاشی مزون B داریم که فاز عناصر ماتریس CKM می تواند از تداخل در فرآیند استخراج شوند، در این حالت ترکیب اینها می تواند تنها به استناد نقض CP در نیروی قوی، به صورت تئوری شفاف گردد.

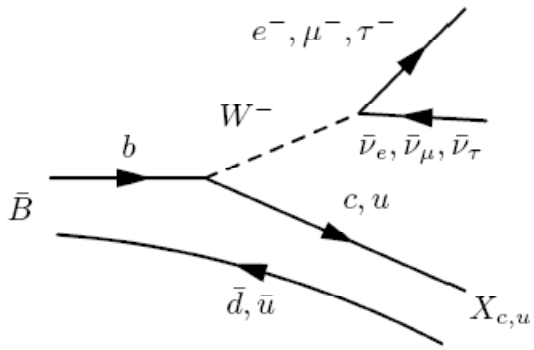
۳-۱ واپاشی مزون B

یکی از اهداف اولیه مطالعه مزون B جستجو آثاری است که به وسیله مدل استاندارد تشریح نشده اند که اغلب هم به فیزیک جدید منسوب هستند. مزون B به ویژه محیط مناسبی برای این مورد است، چون مدل استاندارد سهم کمی برای کوارک b دارد. در مدل استاندارد واپاشی مزون B می تواند توسط یک تنوع بسیار زیاد از فرآیندها را ناشی شود. فرآیندهای نیمه لپتونی، هادرونی و برخی از واپاشی های خالص مزون B در نمودار (۳-۱) نشان داده شده است.

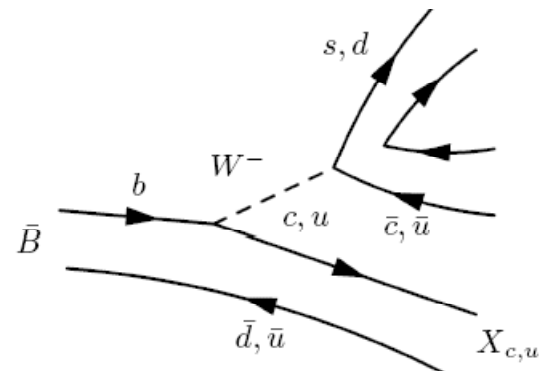
این فرآیندها می تواند به وسیله تعامل سطح پارتون به نیمه لپتونی ($B \rightarrow X_u l \nu_l$)، هادرون با یک کوارک c در حالت نهایی ($B \rightarrow X_c$)، هادرون با دو کوارک c در حالت نهایی ($B \rightarrow X_{cc}$) و برخی از فرآیندهای خالص (*rare*) طبقه بندی شود. از فرآیندهای واپاشی های خالص می توان به نمودارهای حلقه ای $b \rightarrow sg$ ، $b \rightarrow sy$ ، $b \rightarrow sl^+ l^-$ و $b \rightarrow sv^+ v^-$ اشاره کرد. در این فرآیندها کوارک s به جای کوارک b جایگزین می شود. خواهیم دید که آهنگ واپاشی متناسب با مربع پارامترهای ماتریس CKM است، به دلیل این که $|V_{ub}|$ ده مرتبه کوچکتر از $|V_{cb}|$ است فرآیندهای $b \rightarrow u$ تقریباً تنها یک درصد واپاشی کوارک b و آهنگ واپاشی خالص مطرح شده را تشکیل می دهد.

واپاشی نیمه لپتونی مزون B جالب توجه است زیرا عناصر ماتریس مورد بحث در واپاشی از لحاظ تئوری مناسب تر از بسیاری دیگر از مدهای واپاشی B هستند. این مورد ما را به دو منظور هدایت می کند:

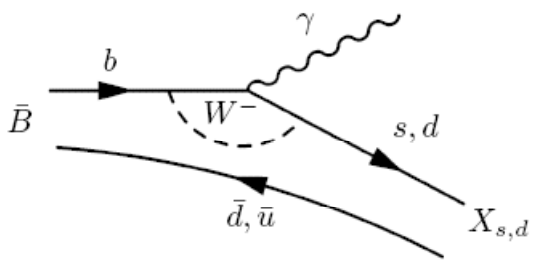
استخراج پارامترهای $|V_{ub}|$ و $|V_{cb}|$ ماتریس CKM



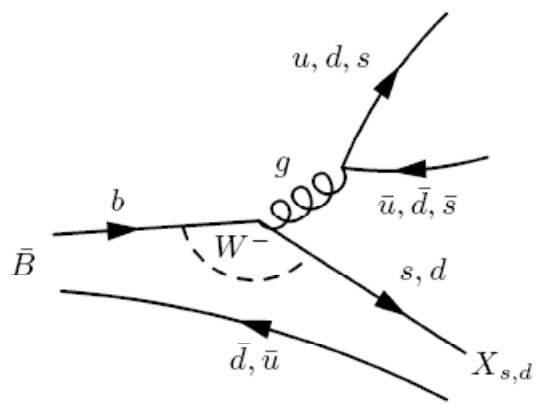
نیمه لپتونی



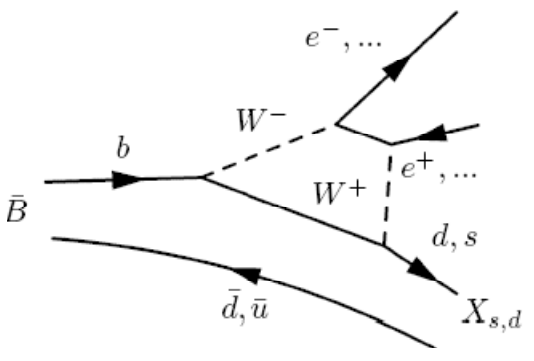
هادرونی



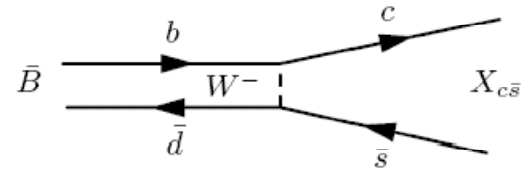
پنگوئنی تابشی



پنگوئنی گلئونی



دیاگرام جعبه



تبادل W

شکل ۱-۴: انواع واپاشی مزون B

در مطالعه ی فیزیک هادرونی، درصد شاخه $B \rightarrow X_c l \nu_l$ خیلی بزرگتر از درصد شاخه

$B \rightarrow X_u l \nu_l$ است و واپاشی $B \rightarrow X_c l \nu_l$ با جزئیات بیشتری قابل مطالعه است.

در $B \rightarrow X_c l \nu_l$ سهم انحصاری¹ می تواند به صورت $X_c = D, D^*, D^{**}$ و X_c غیر رزنانسی

طبقه بندی شود. بیشتر رزنانس های برانگیخته سهم بسیار کوچکی دارند .

چهار مزون D^{**} وجود دارند که می توانند به صورت دو حالت باریک D_1, D_2^* طبقه بندی

شوند و به علاوه تنها یکی از حالت های D_1, D^{**} ، به طور تجربی در واپاشی نیمه لپتونی مزون B

مشاهده شده است. اندازه گیری این آهنگ ها به وسیله درصدهای شاخه ای کوچک وبدون آثار

واضح، پیچیده خواهد بود. این موقعیت برای حالت نهایی غیر رزنانسی X_c که احتمالاً شامل تعدادی

از ترکیبات مختلف که هرکدام سهم خیلی کوچکی از آهنگ واپاشی کلی را دارند، بسیار بدتر است.

کسر درصد تناسبی واپاشی $B \rightarrow D^{**} l \nu_l$ خیلی خوب شناخته شده نیست. به علاوه به نظر

می رسد که چهار مزون D^{**} منحصراً به حالات نهایی $D\pi$ و $D^*\pi$ که تا حد زیادی به سختی

اندازه گیری می شوند، واپاشی نمایند.

به وسیله انتگرال گیری از آهنگ های واپاشی دیفرانسیلی، کسر تناسبی برای $B \rightarrow D^{(*)} l \nu_l$

را می توان با دقت زیادی محاسبه نمود. مجموع کسر درصدهای تناسبی برای واپاشی $B \rightarrow D l \nu_l$ و

$$B \rightarrow D^* l \nu_l \text{ و } B \rightarrow D^* \pi l \nu_l \text{، برای } B^+ \text{، } [1] \text{ } 9.5 \pm 0.3\% .$$

واپاشی مزون B در شاخه نیمه لپتونی از موارد جالب است، چون الکترونها و موئونها اثر بسیار

متمایزی در آشکارسازی دارند و اندازه گیری درصد شاخه ای با دقت زیاد امکان پذیر است. البته τ که

یک لپتون است اغلب رده واپاشی های نیمه لپتونی را شامل نمی شود. واپاشی های نیمه لپتونی

بخصوص در این تحقیق فقط مدهای الکترون و موئون را شامل می شود. قسمت هادرونی حالت

نهایی در فرآیند $B \rightarrow X_u l \nu_l$ تعداد زیادی از حالت های نهایی انحصاری را به صورت $X_u =$

$\pi, \rho, \omega, \eta, \dots$ را شامل می شود. حالات نهایی انحصاری، π, ρ, η

¹ exclusive