



دانشگاه سمنان

دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

محاسبه فرم فاکتورهای مزون **B** به مزون های بردار محور
به روش **ISGW2**

توسط:

زهرا بلوچی

استاد راهنما

دکتر حسین مهربان

استاد مشاور

دکتر مهرداد قمی نژاد

مهر ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

تحت عنوان

محاسبه فرم فاکتورهای مزون **B** به مزون های بردار محور
به روش **ISGW2**

ارائه شده توسط:

زهرا بلوچی

در تاریخ ۳ مهر ۱۳۹۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| دکتر حسین مهربان | ۱- استاد راهنما |
| دکتر مهرداد قمی نژاد | ۲- استاد مشاور |
| دکتر داود ثانوی خشنود | ۳- استاد داور داخلی |
| دکتر حسین غفار نژاد | ۴- استاد مدعو |

تقدیم به :

همه آنهایی که دوستشان دارم

به خصوص

پدر و مادر عزیزم و مهربان همسرم

که وجودشان همواره آرامش دهنده روح و

تسلی بخش خاطر من

بوده است.

قدردانی

سپاس خدای را که به ید قدرت بی منتهایش دریای آفرینش را جاری کرد و به اراده ازلی اش همه خلق را صورت بخشید؛ هر کس را در سایه اراده اش به راهی راهرو گردانید و آتش عشق خود را در وجودشان برانگیخت؛ نه از آن سوی که پیش فرستادشان توان برگشت دارند و نه در این سوی که بازشان داشت توان سبقت.

شایسته است حق شناسی خود را از جناب آقای دکتر حسین مهربان، دکتر مهرداد قمی نژاد، آقای بهنام محمدی و سرکار خانم سیاحی به خاطر تشویق ها، حمایت ها و پیگیری های بی وقفه ایشان ابراز نمایم، که به حق کار علمی و اخلاق متعالی ایشان بر کسی پوشیده نیست.

محاسبه فرم فاکتورهای مزون B به مزون های بردار محور

به روش ISGW2

چکیده

فرم فاکتورها به وسیله ساختار درونی هادرون ها توصیف می شوند. آنها توابع اسکالر متغیری هستند که از تجزیه عناصر ماتریس هادرونی به دست می آیند. فرم فاکتورها مهم هستند، چون می توان از آنها برای تعیین پارامترهای ماتریس CKM ، مطالعه واپاشی های نیمه لپتونی و غیر لپتونی مزون ها، کشف ساختار پیشرفته QCD و . . . استفاده کرد. در این پایان نامه فرم فاکتورهای گذار $A \rightarrow B$ یک مزون بردار محور (است) با استفاده از روش تقریبی ایسگور-اسکرا-گرینستاین-وایز ۲ (ISGW2) که بر مبنای تقارن کوارک سنگین و انرژی مؤثر کوارک سنگین پایه ریزی شده است، محاسبه می شود. نتایج به دست آمده در این روش با نتایج موجود سازگاری خوبی دارد.

واژه های کلیدی: مزون B ، فرم فاکتور ، تقارن کوارک سنگین و روش ISGW و ISGW2

فهرست مندرجات

۱ مفاهیم اساسی

۷	..... ۱-۱ مدل استاندارد
۱۲	..... ۲-۱ ماتریس CKM
۱۳	..... ۲-۱-۱ پارامتر گذاری استاندارد
۱۳	..... ۲-۲-۱ پارامتر گذاری ولفن اشتاین
۱۵	..... ۳-۱ مزون ها
۱۶	..... ۴-۱ مزون B
۱۶	..... ۱-۴-۱ واپاشی های مزون B

- ۱۸ ۲-۴-۱ نمودارهای فاینمن (درختی و پنگوئنی)
- ۲۰ ۳-۴-۱ مدهای گذار کوآرک b

۲ تقارن کوآرک سنگین

- ۲۲ ۱-۲ تقارن کوآرک سنگین
- ۲۴ ۲-۲ تئوری مؤثر کوآرک سنگین
- ۲۶ ۱-۲-۲ بسط $1/m_Q$
- ۲۶ ۳-۲ بسط ضربی عملگری (OPE)
- ۲۸ ۴-۲ هامیلتونی مؤثر
- ۳۰ ۵-۲ مفاهیم اساسی فاکتوری کردن
- ۳۱ ۱-۵-۲ فاکتوری کردن ساده
- ۳۲ ۲-۵-۲ فرم فاکتور
- ۳۴ ۶-۲ عملگرهای C و p
- ۳۵ ۱-۶-۲ نقض CP

۳ محاسبه فرم فاکتورها به روش ISGW2

۳۷	..... ۱-۳ تاریخچه
۳۹	..... ۲-۳ مروری بر اساس مدل ISGW
۴۱	..... ۳-۳ مدل ISGW2
۴۱	..... ۱-۳-۳ قیود تقارن کوارک سنگین
۴۶	..... ۲-۳-۳ چند تصحیح نسبیته در مدل کوارک
۴۷	..... ۳-۳-۳ چند فرم فاکتور دیگر
۴۸	..... ۴-۳ فرم فاکتورها برای $B \rightarrow A$ در مدل ISGW2

۴ بحث و نتیجه گیری

۵۳	..... ۱-۴ محاسبات عددی
۵۴	..... ۱-۱-۴ جرم های سازنده
۵۶	..... ۲-۱-۴ ضریب جفت شدگی α_s
۵۷	..... ۳-۱-۴ شعاع بار r^2
۵۹	..... ۴-۱-۴ پارامترهای F_5 و $F_5^{(\alpha)}$
۶۰	..... ۵-۱-۴ فرم فاکتورها
۶۱	..... ۲-۴ نتیجه گیری
۶۳	..... مراجع

فصل ۱

مفاهیم اساسی

مدل استاندارد^۱ یک مدل بنیادی برای فیزیک ذرات می باشد، با توضیحی درباره این مدل این فصل را آغاز می کنیم و سپس به معرفی ماتریس CKM و روش های پارامتر گذاری آن می پردازیم، و بعد از آن نیز درباره مزون ها بخصوص مزون B و مدهای واپاشی های آن بحث خواهیم کرد.

۱-۱ مدل استاندارد

مدل استاندارد یک نظریه موفق و جامع در مورد برهمکنش ذرات در زمان کنونی می باشد و اجزای متشکله مواد را توضیح می دهد. این اجزای سازنده (ذرات بنیادی) با یکدیگر در اشیاء بزرگ و بزرگتر ترکیب می شوند تا مواد اطراف ما شکل بگیرد. قسمت عمده مواد از اتم ها تشکیل شده است، و آنها نیز از الکترون ها و نوکلئون ها تشکیل یافته اند، این زنجیره ساختار تا نوکلئون ها که شامل پروتون ها و نوکلئون ها است و همه اینها متشکل از کوارک ها هستند، ادامه پیدا می کند.

در مدل استاندارد شش نوع کوارک وجود دارد که در سه گروه کلی می توانند دسته بندی شوند:

دسته اول: کوارک بالا^۲ (u) و کوارک پایین^۳ (d)

دسته دوم: کوارک عجیب^۴ (s) و کوارک چارم^۵ یا افسون (c)

^۱ standard model

^۲ up quark

^۳ down quark

^۴ strange quark

^۵ charm quark

دسته سوم: کوارک تحتانی^۱ (b) و کوارک فوقانی^۲ (t)

کوارک b با عنوان زیبا^۳ نیز بیان می شود.

کوارک ها به وسیله نیرویی که نیروی قوی است یکدیگر را نگه می دارند، همان طور که این نیرو پروتون ها و نوترون ها را در هسته نگه می دارد. نیروی قوی یکی از سه نیرویی است که توسط مدل استاندارد شرح داده می شود. دو نیروی دیگر نیروی الکترومغناطیس و ضعیف هستند. مدل استاندارد نیروی گرانش را توضیح نمی دهد. نیروی الکترومغناطیس نقش مهمی را در حجم کلی ماده^۴ بازی می کند، این نیرو الکترون ها و نوکلئون های اتم ها را کنار یکدیگر نگه می دارد و همچنین باعث می شود که اتم ها در کنار یکدیگر قرار گیرند. نیروی ضعیف تنها نیرویی است که می تواند یک نوع کوارک را به نوع دیگر تبدیل کند [1].

چهار نیروی بنیادی در طبیعت به ترتیب شدت نزولی در جدول زیر فهرست بندی شده اند [2].

نیرو	شدت	واسطه
قوی	10	گلوئون
الکترومغناطیسی	10^{-2}	فوتون
ضعیف	10^{-13}	W, Z
گرانشی	10^{-42}	گراویتون

جدول ۱-۱: فهرست نیروها در طبیعت

گروه دیگر از ذرات در مدل استاندارد لپتون ها هستند بر خلاف کوارک ها لپتون ها با نیروهای قوی اثر نمی پذیرند بلکه با نیروهای ضعیف و الکترومغناطیس سروکار دارند. شش نوع لپتون وجود دارد که در سه جفت ظاهر می شوند. در هر یک از این جفت ها یک لپتون باردار که از هر دو نیروی ضعیف و الکترومغناطیس اثر می پذیرد و یک نوترینو که فقط از نیروی ضعیف اثر می پذیرد وجود دارد. سه جفت لپتون ها شامل:

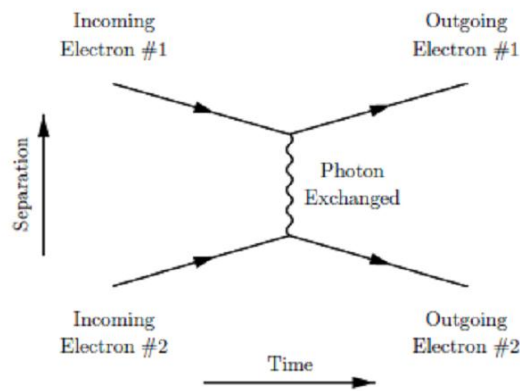
^۱ bottom quark
^۲ top quark
^۳ beauty
^۴ Balk matter

۱- الکترون (e) نوترینو الکترون (ν_e)

۲- میون (μ) نوترینو میون (ν_μ)

۳- تاو (τ) نوترینو تاو (ν_τ)

نیروها همچنین می توانند بر حسب ذراتی که حامل های آن نیرو نامیده می شوند شرح داده شوند. فوتون حامل نیرو در نیروی الکترومغناطیس است. وقتی دو الکترون با هم برهمکنش می کنند بین آنها یک فوتون مبادله می شود شکل ۱-۱ را ببینید



شکل ۱-۱: نمودار فوتون به مانند حامل نیرو در نیروی الکترومغناطیس

به طور مشابه حامل های نیروی قوی، گلئون ها و نیروی ضعیف، بوزون های W^\pm و Z هستند. جدول ۱-۱ یک نمای کلی از ذرات و نیروهای مدل استاندارد را نشان می دهد.

		EM Charge	Strong	Weak	Spin	Mass (GeV/c ²)
Quarks:						
Up	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$	$\frac{2}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	0.0015 to 0.0045
Down	$\begin{pmatrix} d \\ s \end{pmatrix}$	$-\frac{1}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	0.005 to 0.0085
Charm	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$	$\frac{2}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	1.0 to 1.4
Strange	$\begin{pmatrix} s \\ b \end{pmatrix}$	$-\frac{1}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	0.080 to 0.155
Top	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$	$\frac{2}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	174.3 ± 5.1
Bottom	$\begin{pmatrix} b \\ t \end{pmatrix}$	$-\frac{1}{3}$	•	•	$\frac{1}{2}$	4.0 to 4.5
Leptons:						
Electron	$\begin{pmatrix} e \\ \nu_e \end{pmatrix}$	-1		•	$\frac{1}{2}$	0.000510
Electron Neutrino	$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$	0		•	$\frac{1}{2}$	$< 3 \times 10^{-9}$
Muon	$\begin{pmatrix} \mu \\ \nu_\mu \end{pmatrix}$	-1		•	$\frac{1}{2}$	0.105
Muon Neutrino	$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$	0		•	$\frac{1}{2}$	$< 3 \times 10^{-9}$
Tau	$\begin{pmatrix} \tau \\ \nu_\tau \end{pmatrix}$	-1		•	$\frac{1}{2}$	1.777
Tau Neutrino	$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$	0		•	$\frac{1}{2}$	$< 3 \times 10^{-9}$
Higgs	H	0		•	0	> 114.3
Force Mediators:						
Electromagnetic	γ	0			1	0
Strong	g	0	•		1	0
Weak	W^+	+1		•	1	80.423
	W^-	-1		•	1	80.423
	Z	0		•	1	91.188

جدول ۱-۲: ذرات و نیروهای مدل استاندارد

جرم های نشان داده شده از گروه اطلاعاتی ذرات^۱ (PDG) [3] است. عدم قطعیت در جرم ها فقط برای کوارک ها نشان داده شده است که قابل ارزیابی هستند.

^۱ Particle data group

نیروی قوی بزرگترین جفت شدگی که α_s نامیده می شود را دارد. جفت شدگی الکترومغناطیس α_{EM} صدها برابر کوچکتر و جفت شدگی نیروی ضعیف α_w هزاران برابر کوچکتر است [1]. ضریب جفت شدگی α_s از رابطه زیر بدست می آید [4]

$$\alpha_s(\mu) = \frac{4\pi}{\beta_0 \ln(\mu^2/\Lambda_{QCD}^2)} \left[1 - \frac{\beta_1 \ln(\ln(\mu^2/\Lambda_{QCD}^2))}{\beta_0^2 \ln(\mu^2/\Lambda_{QCD}^2)} \right] \quad (1-1)$$

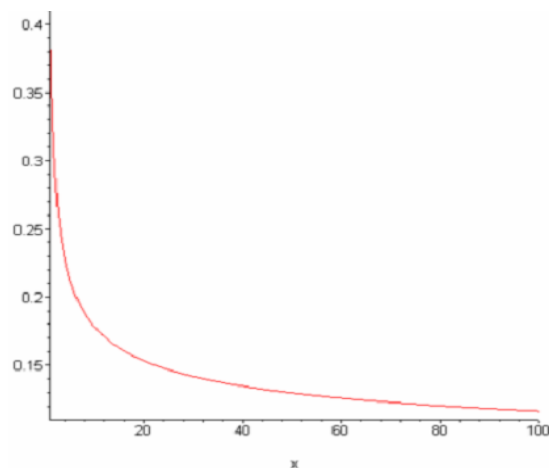
در رابطه فوق:

$$\beta_1 = \frac{(34N_c^2 - 10N_c n_f)}{3} - 2C_F n_f \quad (2-1)$$

$$\beta_0 = \frac{(11N_c - 2n_f)}{3} \quad (3-1)$$

$$C_F = \frac{(N_c^2 - 1)}{2N_c} \quad (4-1)$$

N_c عدد رنگ است و n_f تعداد طعم فعال (تعداد کوارک های d, u که در واپاشی شرکت دارند). شکل ۲-۱ نمودار ضریب جفت شدگی بر حسب مقیاس انرژی را نشان می دهد، که محور افقی مقیاس انرژی و محور عمودی ضریب جفت شدگی می باشد.



شکل ۲-۱: نمودار $\alpha_s(\mu)$ بر حسب مقیاس انرژی μ

ذره ای که دارای جرم است، می تواند واپاشیده شود. واپاشی فرآیندی است که ذره مادر زندگی اش پایان می پذیرد و جرم آن به صورت جرم یا انرژی به دو یا بیشتر ذره که در فرآیند واپاشی تولید شده اند منتقل می شود.

واپاشی ذره ای به طور عادی بیشترین موضوع برای مطالعه فیزیک ذرات است. نمودارهای یک واپاشی می تواند اطلاعاتی در مورد ذرات درگیر به ما بدهد. آهنگی که ذره واپاشی می شود به وسیله جفت شدگی کنترل می شود. به طور مثال آهنگی که کوآرک b با یک کوآرک u بر همکنش می کنند به وسیله $|V_{ub}|$ و G_F کنترل می شود، که $|V_{ub}|$ از عناصر ماتریس CKM و G_F ثابت فرمی^۱ هستند.

۲-۱ ماتریس CKM

ماتریس CKM (V_{CKM}) ماتریس کابیو-کوبایاشی-ماسکاوا^۲ است، که یک ماتریس یکانی 3×3 می باشد. ویژه حالت های ضعیف کوآرک های s, b و d که قبلا به شکل (d, s, b) به وسیله این ماتریس به (d', s', b') ربط داده می شود و اجازه می دهد بین نسل جدید کوآرک های تولید شده گذار صورت گیرد [5].

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix} \quad (5-1)$$

برای پارامتربندی کردن ماتریس CKM سه زاویه کابیو و یک فاز مختلط نیاز است این فاز مختلط به ما اجازه می دهد که نقض CP را در مدل استاندارد بدست آوریم، همان طور که این کار توسط کوبایاشی و ماسکاوا در سال ۱۹۷۳ انجام گرفت.

راههای بسیاری برای پارامتربندی ماتریس CKM بر حسب چهار پارامتر وجود دارد. در ادامه عمومی ترین نمایش ها را برای پارامتربندی کردن آنها بیان می کنیم.

۱-۲-۱ پارامترگذاری استاندارد

^۱ Fermi constant

^۲ Cabibo-Kobayashi-Maskawa

پارامتربندی استاندارد به وسیله چاو^۱ و کیانگ^۲ محاسبه شد و توسط گروه ذرات (PDG)^۳ [6] مورد حمایت قرار گرفت. این پارامترگذاری با سه دوران که به وسیله سه زاویه θ_{12} ، θ_{13} ، θ_{23} و فاز کلی δ که فاز لازم برای نقض CP است داده می شود. در پارامترگذاری استاندارد مقادیر $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$ و $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$ را با شاخص های i و j ($i < j = 1, 2, 3$) تعریف می شوند که s_{ij} و c_{ij} می توانند همگی مثبت انتخاب شوند و δ باید در بازه $0 \leq \delta \leq 2\pi$ تغییر کند در واپاشی های K باید $0 \leq \delta \leq \pi$ باشد. پارامترگذاری استاندارد به صورت زیر می باشد. [7]

$$V = \begin{pmatrix} c_{12}c_{13} & s_{12}c_{13} & s_{13}e^{-i\delta} \\ -s_{12}c_{23} - c_{12}s_{23}s_{13}e^{i\delta} & c_{12}c_{23} - s_{12}s_{23}s_{13}e^{i\delta} & s_{23}c_{13} \\ s_{12}s_{23} - c_{12}c_{23}s_{13}e^{i\delta} & -s_{23}c_{12} - s_{12}c_{23}s_{13}e^{i\delta} & c_{23}c_{13} \end{pmatrix} \quad (6-1)$$

۲-۲-۱ پارامترگذاری ولفن اشتاین^۴

با پیروی از تناظر بین عناصر ماتریسی مختلف، ولف اشتاین بسط ماتریس CKM را در چهار پارامتر ρ, η, A, λ (که $\lambda \approx 0.22$) پارامتر بسط می باشد) محاسبه کرد. این پارامترگذاری تقریبی از ماتریس CKM است که هر عنصر آن با سری های توانی در پارامتر کوچک λ بسط داده می شود [8]. می توان اعضای ماتریس رابطه (۶-۱) را با استفاده از پارامترهای ولف اشتاین به صورت زیر بازنویسی کرد [9].

$$V_{ud} = 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 - \frac{1}{8}\lambda^4 + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{us} = \lambda + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{ub} = A\lambda^3 (\rho - i\eta)$$

$$V_{cd} = -\lambda + A^2\lambda^5 \left[\frac{1}{2} - (\rho + i\eta) \right] + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

^۱ Chau

^۲ Keung

^۳ Particle data group

^۴ Wolfenstein

$$V_{cs} = 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 - \frac{1}{8}\lambda^4(1 + 4A^2) + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{cb} = A\lambda^2 + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{td} = A\lambda^3 \left[1 - (\rho + i\eta) \left(1 - \frac{1}{2}\lambda^2 \right) \right] + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{tb} = 1 - \frac{1}{2}A^2\lambda^4 + \mathcal{O}(\lambda^6)$$

$$V_{ts} = -A\lambda^2 + A\lambda^4 \left[\frac{1}{2} - (\rho + i\eta) \right] + \mathcal{O}(\lambda^6) \quad (7-1)$$

این روابط در رابطه پارامتر گذاری استاندارد (۶-۱) به فرم زیر جایگذاری می شوند.

$$V = \begin{pmatrix} 1 - \frac{\lambda^2}{2} & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \frac{\lambda^2}{2} & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix} + \mathcal{O}(\lambda^4) \quad (8-1)$$

چهار پارامتر ولف اشتاین که ماتریس CKM با آنها نوشته می شود عبارتند از:

$$A = 0.814_{-0.022}^{+0.021}, \quad \lambda = 0.2257_{-0.0010}^{+0.0009}, \quad \bar{\rho} = 0.135_{-0.016}^{+0.031}, \quad \bar{\eta} = 0.349_{-0.017}^{+0.015}$$

رابطه بین (ρ, η) و $(\bar{\rho}, \bar{\eta})$ به قرار زیر می باشد [10]:

$$\bar{\eta} \equiv \left(1 - \frac{\lambda^2}{2} \right) \eta \quad (9-1)$$

$$\bar{\rho} \equiv \left(1 - \frac{\lambda^2}{2} \right) \rho \quad (10-1)$$

$$\rho + i\eta = \frac{\sqrt{1 - A^2\lambda^4}(\bar{\rho} + i\bar{\eta})}{\sqrt{1 - \lambda^2[1 - A^2\lambda^4(\rho + i\eta)]}} \quad (11-1)$$

۳-۱ مزون ها

در فیزیک ذرات مزون ها ذراتی با جرم متوسط هستند که از یک کوارک و یک پاد کوارک ساخته شده اند. آنها جزئی از هادرون ها می باشند و عضو دیگر هادرون های آشنا باریون ها هستند، که ذراتی مرکب از سه کوارک اند. تفاوت اصلی بین مزون ها و باریون ها این است که مزون ها بوزون هستند، یعنی اسپین صحیح دارند در حالی که باریون ها جزء فرمیون ها هستند و اسپین نیمه صحیح دارند [1].

در سال ۱۹۴۹ یوکاوا^۱ برای پیشگویی وجود مزون جایزه نوبل دریافت کرد. اولین مزونی که کشف شد مزون π بود. همه مزونهای شناخته شده شامل جفت کوارک و پاد کوارک اند (که در اصطلاح کوارکهای ظرفیت نامیده می شوند) که در دریائی از جفت کوارکها و پاد کوارک های مرئی و گلئونها قرار دارند. مزون ها را می توان بر اساس $n^{2s+1}L_J$ و J^{PC} طبق جدول ۱-۳ دسته بندی کرد. که در آن n : عدد کوانتومی شعاعی (محوری)، l : اندازه حرکت مداری، s : اسپین و J : تکانه زاویه ای کل می باشد و C, P عملگرهای پاریته و همیوگی بار هستند. [11]

n	l	s	J	$n^{2s+1}L_J$	J^{PC}	Meson
	0	0	0	1^1S_0	0^{-+}	Pseudoscalar (P)
		1	1	1^3S_1	1^{--}	Vector (V)
		0	1	1^1P_1	1^{+-}	Axial-vector (A')
1	1		0	1^3P_0	0^{++}	Scalar (S)
		1	1	1^3P_1	1^{++}	Axial-vector (A)
		2		1^3P_2	2^{++}	Tensor (T)
2	0	0	0	2^1S_0	0^{-+}	$P(2S)$
		1	1	2^3S_1	1^{--}	$V(2S)$

جدول ۱-۳: انواع مزون ها

دسته بندی دیگری برای نامگذاری مزون ها وجود دارد: مزونهای بدون طعم^۲ و مزونهای طعم دار^۳. مزونهای بدون طعم: که عدد کوانتومی آنها برابر صفر است و کوارکهای این مزونها در حالت های کوارکونیوم^۴ (جفت کوارک - پاد کوارک با طعم یکسان) یا ترکیبی از این حالتها هستند. مانند: η, π

مزونهای طعم دار: مزونهایی هستند که نام آنها به واسطه سنگین ترین کوارک تشکیل دهنده مزون نامگذاری می شود. مانند: B, K, D . [2]

¹ Yukawa² Flavorless³ Flavored⁴ quarkonium

با وجود اینکه هیچ مزونی پایدار نیست، با این حال مزون های با جرم کمتر نسبت به بیشتر مزون های سنگین پایدارتر هستند و نسبت به آنها راحت تر مشاهده می شوند. آنها همچنین دارای جرم کمتری نسبت به باریون ها هستند، این به این معنی است که در آزمایشات بسیار ساده تر تولید می شوند و پدیده های انرژی بالا را بسیار زودتر از باریون ها نمایش می دهند. مثلاً کوارک c اولین بار در مزون (J/ψ) در سال ۱۹۷۴ دیده شد. و کوارک b در مزون (Y) آپسیلون در سال ۱۹۷۷ دیده شد [1].

۴-۱ مزون B

مزون های B از ترکیب کوارک های معین ساخته می شوند. مزون B ای که شامل پاد کوارک b و یکی از دو کوارک d یا u است (که هر دو کوارک های سبکی هستند) به ترتیب مزون های B^0 و B^+ را تشکیل می دهند. مزون B_s نیز از ترکیب $s\bar{b}$ تولید می شود. پاد ذره مزون B که پاد مزون B یا \bar{B} نامیده می شود از یک کوارک b و پاد کوارک های d یا u ساخته می شود. معمولاً مزون های B و \bar{B} تحت عنوان کلی مزون B شناخته می شوند. مزون B از آنجا که از کوارک سنگین b ساخته می شود مزون سنگین است.

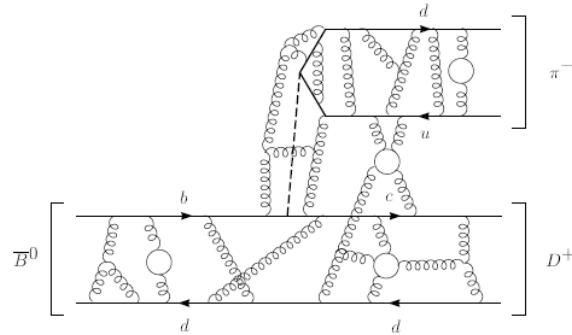
۱-۴-۱ واپاشی های مزون B

یکی از برجسته ترین ویژگی کل ذرات غیر بنیادی تمایل آنها به فروپاشی است، این را می توان به شکل یک اصل کلی بیان کرد: « هر ذره به ذرات سبکتر واپاشیده می شود، مگر اینکه اصول پایستگی مانع از انجام آن شود.» هر ذره ناپایدار دارای عمر میانگین مشخصه τ است. یکی از اهداف نظریه ذرات بنیادی محاسبه این طول عمر ها و نسبت های انشعابی^۱ در هر واپاشی است اما در ابتدا باید نوع واپاشی را تعیین کرد [2].

در جهان واقعی، کوارکها درون هادرونها به وسیله گلوئونهای کم انرژی^۲ به یکدیگر مقیدند. سادگی اندرکنشهای ضعیف با پیچیدگیهای اندرکنشهای قوی تحت الشعاع قرار می گیرد. اثر متقابل پیچیده بین نیروهای ضعیف و قوی، پدیدارشناسی واپاشی های ضعیف هادرونی را توصیف می کند. برای مثال تصویری واقعی تر از واپاشی غیر لپتونی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

¹ Branching Ratio

² soft



شکل ۱-۳: بیان واقعی تر واپاشی غیر لپتونی $B^0 \rightarrow D^+ \pi^-$

مطابق با ساختار بر هم کنش جریان بار واپاشی های ضعیف هادرون ها را می توان به سه دسته تقسیم کرد: واپاشی های لپتونی: که در این نوع واپاشی کوارک های ناشی از واپاشی هادرونی یکدیگر را نابود می کنند، و تنها در حالت نهایی لپتون ها ظاهر می شوند. واپاشی های نیمه لپتونی: در این مورد، هم هادرون ها و هم لپتون ها در حالت نهایی ظاهر می شوند. واپاشی های غیر لپتونی: در این نوع واپاشی حالت نهایی فقط شامل هادرون ها است. نمونه هایی از این واپاشی ها در شکل ۱-۴ نشان داده شده است [12].

