

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

جفت‌شدگی ناهنجار کوارک تاپ در پراکندگی پراشیده پروتون-پروتون در LHC

شیما فیاض‌بخش، سارا طاهری منفرد، مجتبی محمدی نجف‌آبادی

پژوهشکده ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

چکیده

در این پروژه فرایند تولید پراشیده زوج کوارک تاپ را در LHC بررسی کردیم و نشان دادیم که در این فرایند، به خوبی می‌توان قیود قابل قبول بر روی ممان دوقطبی ناهنجار کوارک تاپ را به دست آورد. روی داده‌های پراشیده محیطی بسیار تمیز و بدون پس‌زمینه را برای مطالعه سیگنال فراهم می‌آورند. محاسبات ما نشان داد که در مقایسه با مطالعات قبل، روی داده‌های پراشیده در LHC منجر به بهبود باند حساسیت جفت‌شدگی ناهنجار ممان دوقطبی از طریق تولید جفت تاپ می‌شوند.

مقدمه

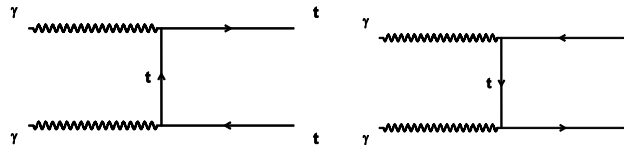
مدل استاندارد چارچوبی است که تا کنون توانسته ماده و واکنش‌های آن را به خوبی توصیف کند. بنابراین ارائه هر نوع نظریه‌ای برای معرفی فیزیک جدید، باید در حد انرژی پایین به نتایج مدل استاندارد منتهی شود. این امر در اکثر نظریه‌های پیشنهادی و رای این مدل، با خارج شدن ذرات سنگین از برخی برهمکنش‌ها در انرژی‌های پایین، اتفاق می‌افتد. بنابراین انگیزه مناسبی، برای تمرکز بر فیزیک کوارک‌های سنگین در انرژی‌های بالا و انجام محاسبات پدیده‌شناختی در این زمینه، وجود دارد. نتایج حاصل از LHC و Tevatron تا حد چند TeV توافق خوبی با پیش‌بینی‌های مدل استاندارد دارد. افزایش انرژی منجر به افزایش دقت آزمایش‌ها خواهد شد که این امر احتمال یافتن ردی از فیزیک جدید را بالا می‌برد. LHC ویژگی‌های خاصی برای مطالعه ممان دوقطبی الکترومغناطیسی کوارک تاپ دارد زیرا در آنجا کوارک تاپ از دو طریق تولید زوج یا کوارک تک، به وفور تولید می‌شود. علاوه بر این، تاپ سنگین‌ترین کوارک است و به خوبی می‌توان در برهمکنش‌های آن، به عنوان مثال با میدان‌های پیمانه‌ای، فیزیک جدید را جستجو کرد.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

در این نوع محاسبات می توان تعدادی جمله برهمکنشی به لاگرانژی اصلی (به عنوان مثال مدل استاندارد) اضافه کرد که این جملات خود مستقل از نوع مدل مورد مطالعه هستند و از لحاظ تقارن های سیستم و یا نوع ذرات شرکت کننده در برهمکنش با مدل اولیه متفاوتند. هریک از این جملات پارامترهای جدیدی را معرفی می کنند و قیودی که بر این پارامترها اعمال می کنیم، در تأیید یا رد فیزیک جدید نقش دارد.

تحلیل تئوری

در روند کلی کار، ابتدا یک نوع برهمکنش خاص را انتخاب می کنیم، سپس به بررسی تفاوت هایی که در اندازه سطح مقطع این لاگرانژی مؤثر و مدل استاندارد وجود دارد، می پردازیم. در نهایت با مقایسه هر یک از سطح مقطع های مدل استاندارد و مدل پیشنهادی مان با نتایج آزمایشگاهی برای مشاهده پذیر موردنظر، بر روی پارامترهای لاگرانژی قیودی اعمال می کنیم. به بیانی دیگر اندازه های مجازی که این پارامترها می توانند اختیار کنند تا نتایج نظریه ما با آزمایش همخوانی داشته باشد، از طریق این قیود معرفی می شود [1-4]. در فرایند پراشیده $pp \rightarrow p\gamma p \rightarrow p\bar{t}t$ ، دو پروتون ورودی دو فوتون را ساطع می کنند. این فوتونها برهم کنش کرده و یک جفت کوآرک تاپ تولید می کنند که قابل مشاهده در آشکارساز مرکزی است. در انتها دو پروتون با از دست دادن کسر کوچکی از انرژی و تکانه به صورت دست نخورده خارج می شوند.



شکل ۱: دیاگرام فاینمن کانال t و \bar{t} در مرتبه درختی.

رأس $t\bar{t}\gamma$ در مرتبه درختی فرم $L_t^{EM} = -g_e Q_t \bar{\psi}_t \Gamma_e^\mu \psi_t A_\mu$ را دارد. در اینجا A_μ و Q_t میدان پیمانه ای فوتون و بار الکتریکی کوآرک تاپ هستند. این عبارت با ایده گیری از تقارن های مدل استاندارد و توجه به برقراری تقارن لورنتس و ارضای اتحاد وارد (Ward Identity)، به شکل ساختار کلی زیر در فضای دیراک ارائه می شود،

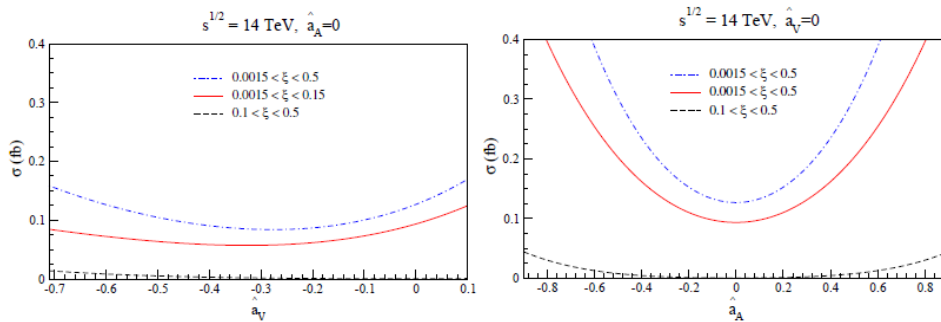
$$\Gamma_e^\mu = \gamma^\mu + \frac{i}{2m_t} (\hat{a}_V + i\hat{a}_A \gamma^5) \sigma^{\mu\nu} k_\nu.$$

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

در این رابطه عملگرهای غیراستاندارد را با کمک ضرایب جفت‌شدگی نابهنجار \hat{a}_V, \hat{a}_A نشان داده‌ایم. k_V چهاربردار تکانه فوتون و $m_t = 173.21 \text{ GeV}$ جرم کوارک تاپ است.

محاسبات عددی

در رویدادهای پراشیده کسر انرژی کاهش‌یافته در پروتون‌ها با پارامتر ξ نشان داده می‌شود. بر مبنای شرایط استاندارد آشکارسازهای CMS و ATLAS، مطالعات ما در سه بازه پذیرش $0.0015 < \xi < 0.5$ ، $0.0015 < \xi < 0.15$ و $0.1 < \xi < 0.5$ انجام شده است. در شکل (۲)، حساسیت سطح مقطع کل به جفت‌شدگی‌های نابهنجار در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ بررسی شده است. در نمودار سمت راست (چپ)، حساسیت به جفت‌شدگی نابهنجار الکترونیکی (مغناطیسی) نشان داده شده است. جدول (۱) قیود جفت‌شدگی نابهنجار را برای سه مقدار مختلف داده‌های جمع‌آوری شده $L = 100, 300, 3000 \text{ fb}^{-1}$ با $68\% C.L.$ نشان می‌دهد. هر قسمت جدول شامل اطلاعات مربوط به یک ناحیه پذیرش است.



شکل ۲: سطح مقطع کل فرایند به صورت تابعی از \hat{a}_V, \hat{a}_A در $pp \rightarrow p\gamma\gamma p \rightarrow pt\bar{t}p$ در $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ منحنی‌ها حساسیت به سه بازه پذیرش مختلف را نشان می‌دهند.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

ξ	$L_{int}(fb^{-1})$	\hat{a}_V $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$	$ \hat{a}_A $ $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$	\hat{a}_V $\sqrt{s} = 33 \text{ TeV}$	$ \hat{a}_A $ $\sqrt{s} = 33 \text{ TeV}$
0.0015-0.5	100	-0.7542, 0.1045	0.2662	-0.5237, 0.0788	0.1916
	300	-0.6911, 0.0670	0.2021	-0.4888, 0.0477	0.1484
	3000	-0.6389, 0.0233	0.1158	-0.4588, 0.0168	0.0815
0.0015-0.15	100	-1.0530, 0.1234	0.3078	-0.6493, 0.0788	0.2055
	300	-0.9452, 0.0780	0.2264	-0.6145, 0.0542	0.1540
	3000	-0.8368, 0.0278	0.1342	-0.5413, 0.0161	0.0899
0.1-0.5	100	-0.4157, 0.3008	0.3467	-0.2348, 0.2069	0.2237
	300	-0.3380, 0.2325	0.2773	-0.1918, 0.1655	0.1796
	3000	-0.2128, 0.1324	0.1639	-0.1218, 0.1036	0.1101

جدول ۱ : قیود جفت‌شدگی

نابهنجار در سه بازه پذیرش مختلف.

نتیجه گیری

همه محاسبات در چارچوب مرکز جرم دو پروتون انجام شده‌است. قیودی که در آنالیز به‌دست آمد بسیار قوی‌تر از حدود ثبت شده تا الان هستند.

نتایج اولیه این محاسبات در مرجع [5] ارائه شده و مقاله‌ای شامل نتایج کامل در دست نگارش است.

مرجع‌ها

- [1] A.A.Billur and M.Koksal, arXiv:1311.5326 [hep-ph].
- [2] A.A.Billur, Europhys. Lett. 101, 21001 (2013).
- [3] I. Sahin, A.A.Billur, S.C.Inan, B.Sahin, M.Koksal, P.Tektas, E.Alici and R. Yildirim, Phys. Rev. D 88, 095016 (2013), [arXiv:1304.5737 [hep-ph]].
- [4] H. Sun, Eur. Phys. J. C 74, no. 8, 2977 (2014) [arXiv:1406.3897 [hep-ph]].
- [5] S. Taheri Monfared and S. Fayazbakhsh, Acta Phys. Polon. Supp. 7, no. 3, 579 (2014).