

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

شکست تقارن توزیع کوارک‌های شگفت با استفاده از مدل‌های کوارک ذاتی

مارال سلاجقه، علی نقی خرمیان

دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان

چکیده

در این مقاله، از مدل ابر مزونی (MCM) برای به دست آوردن توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت در پروتون و در نتیجه عدم تقارن آن‌ها استفاده می‌کنیم. نتایج محاسبات ما نشان داد که مدل ابر مزونی بهترین نظریه برای شکست تقارن توزیع‌های پارتونی پروتون است. در این راستا، سه مدل کوارک ذاتی BHPS پنج-کوارکی اسکالر و مزون-باریون برای به دست آوردن توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت در باریون‌ها و مزون‌های شگفت‌دار مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن‌ها باهم مقایسه شده است.

مقدمه

از زمانی که چگونگی توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت در پروتون برای درک تعداد زیادی از فرآیندها در برخوردهای هادرونی در انرژی‌های بالا اهمیت پیدا کرد، مطالعه و تحقیق درباره این توزیع‌ها مورد علاقه و توجه زیادی قرار گرفته است. برای مثال، رسیدن به یک فهم دقیق از سطح مقطع تولید W در LHC، آشکارا به توزیع دریای شگفت در ناحیه x های کوچک بستگی دارد [۱]. عدم تقارن تابع توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت برای اولین بار در مرجع [۲] پیش‌بینی شد و پس از آن توسط دیگر محققین به صورت نظری مورد بررسی قرار گرفت [۳-۵]. تأثیر شکست تقارن توزیع شگفت در دریای نوکلئون می‌تواند در مطالعات پدیدارشناسی توابع توزیع پارتونی غیر قطبیده (PDFs) [۶] و قطبیده (PPDFs) [۷-۸] حائز اهمیت باشد.

مدل ابر مزونی

در مدل ابر مزونی (MCM)، نوکلئون را به صورت تراز سه کوارکی $|uud\rangle$ به اضافه حالت‌های فوک مزون-باریون که نتیجه‌ای از افت و خیز پروتون به یک مزون و یک باریون مجازی است، در نظر می‌گیریم [۹-۱۱]. بر اساس این مدل، کوارک و پاد کوارک موجود در حالت‌های فوک مزون-باریون می‌توانند در توزیع‌های پارتونی نوکلئون سهم داشته باشند. برای توزیع‌های پارتونی غیرقطبیده می‌توان نشان داد که سهم توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت در نوکلئون، به صورت پیچش توابع شکافتگی با توزیع‌های پارتونی طرفیت موجود در باریون و مزون شگفت‌دار نوشته می‌شود. در چنین حالتی برای توزیع‌های شگفت و پاد شگفت در پروتون داریم [۱۲]

$$x s_N(x) = \sum_{B,M} \int_x^1 d\bar{y} f_{BM}(\bar{y}) \frac{x}{\bar{y}} s_B\left(\frac{x}{\bar{y}}\right), \quad x \bar{s}_N(x) = \sum_{M,B} \int_x^1 dy f_{MB}(y) \frac{x}{y} \bar{s}_M\left(\frac{x}{y}\right), \quad (1)$$

طوری که $\bar{y} = 1 - y$ و توابع شکافتگی به صورت

$$f_{BM}(\bar{y}) = \sum_{\lambda\lambda'} \int_0^{\infty} dk_{\perp}^2 \left| \phi_{BM}^{\lambda\lambda'}(\bar{y}, k_{\perp}^2) \right|^2, \quad f_{MB}(y) = f_{BM}(\bar{y}), \quad (2)$$

و s_B و \bar{s}_M به ترتیب توزیع شگفت و پاد شگفت در باریون و مزون هستند. دامنه احتمال است که برای محاسبه آن باید از نظریه اختلال ترتیب زمانی که در چارچوب تکانه نامتناهی بررسی می‌شود استفاده کرد. برای محاسبه توزیع کوارک و پاد کوارک شگفت، شکافتگی به

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

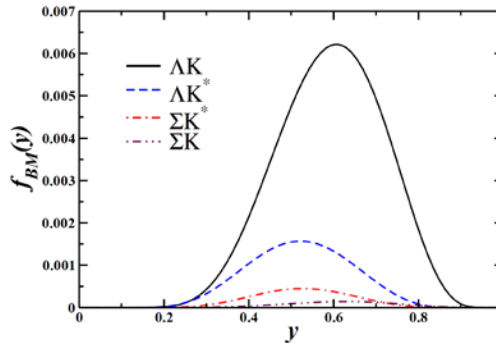
حالت‌های ΛK ، ΣK ، ΛK^* و ΣK^* را در نظر می‌گیریم. همچنین در محاسبه دامنه احتمال باید توابع رأس مزون-باریون را با وارد کردن یک عامل شکل تصحیح نمود که بازتابی از این حقیقت است که هادرون‌ها دارای اندازه متناهی می‌باشند. ما از عامل شکل نمایی برای این منظور استفاده می‌کنیم [۱۲]

$$G_{BM}(y, k_{\perp}^2) = \exp\left[\frac{m_N^2 - M_{BM}^2(y, k_{\perp}^2)}{2\Lambda_c^2}\right], \quad (3)$$

که در آن Λ_c بیان‌کننده پارامتر قطع است و ما در محاسبات خود مقدار آن را برابر 0.8 GeV در نظر گرفته‌ایم. همچنین در رابطه بالا، m_N جرم نوکلئون و M_{BM}^2 مجذور جرم ناوردای حالت فوک باریون-مزون است.

نتایج

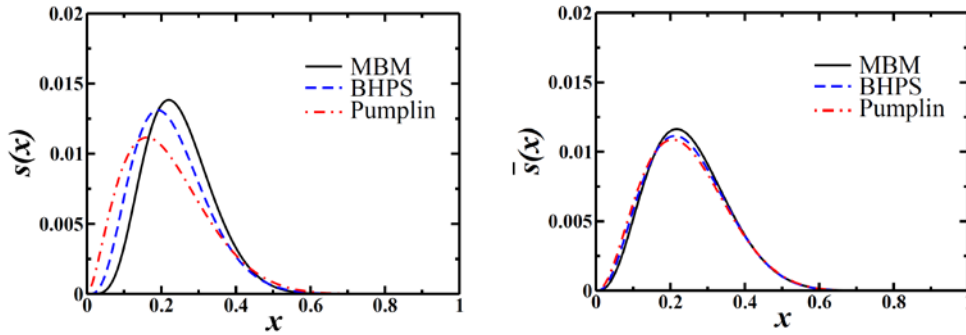
در شکل ۱، نتایج محاسبات ما چهار تابع شکافتگی اصلی که گسستگی پروتون را به حالت‌های مزون و باریون شگفت‌دار KB و K^*B (که B می‌تواند Λ و Σ باشد) توصیف می‌کند، نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، قله تابع شکافتگی مربوط به حالت ΛK نسبت به حالت‌های دیگر غالب است.



شکل ۱: توابع شکافتگی سهم در توزیع دریای شگفت.

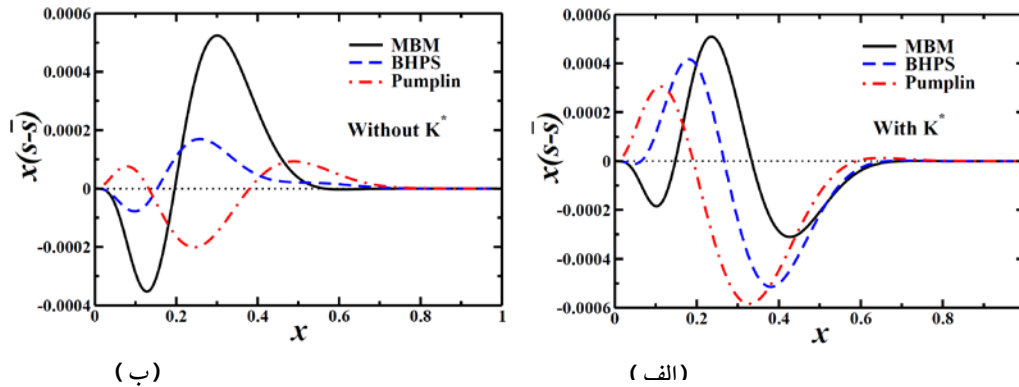
به‌منظور محاسبه توزیع‌های کوآرک و پاد کوآرک شگفت در پروتون با استفاده از مدل ابر مزونی، ما نیاز به دانستن توزیع کوآرک شگفت در باریون‌های Λ و Σ و نیز توزیع پاد کوآرک شگفت در مزون‌های K و K^* داریم. ما از سه روش، از مدل مزون-باریون [۱۳]، BHPS [۱۴] و پنج-کوآرکی اسکالر (Pumplin) [۱۵] برای به‌دست آوردن این توزیع‌ها استفاده کرده‌ایم. اکنون با در دست داشتن توابع شکافتگی و نیز توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت در باریون‌ها و مزون‌ها، می‌توان با استفاده از رابطه (۱) توزیع‌های متناظر را در پروتون به‌دست آورد. شکل ۲، توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت درون پروتون را نشان می‌دهد.

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



شکل ۲: توزیع شگفت و پاد شگفت در پروتون با استفاده از مدل‌های مزون-باریون، BHPS و پنج کوآرکی اسکالر.

اکنون می‌توانیم عدم تقارن توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت را محاسبه کنیم. در شکل ۳ نتایج نهایی محاسبات با استفاده از سه مدل نشان داده شده است. ما برای به دست آوردن این عدم تقارن دو رهیافت مختلف را در پیش گرفتیم: انجام محاسبات با در نظر گرفتن سهم حالت‌های شامل مزون K^* و بدون در نظر گرفتن آن که نتیجه هر دو رهیافت به منظور مقایسه در شکل ۳ آورده شده است.



(ب)

(الف)

شکل ۳: عدم تقارن توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت با استفاده از سه مدل مزون-باریون، پنج کوآرکی اسکالر و BHPS برای دو حالت (الف) با در نظر گرفتن سهم مزون K^* و (ب) بدون در نظر گرفتن سهم مزون K^* .

نتیجه گیری

از آنجایی که سازوکار QCD اختلالی در تولید دریای کوآرک-پاد کوآرک شگفت هیچ‌گونه عدم تقارنی را برای آن‌ها نتیجه نمی‌دهد، شکست تقارن توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت در پروتون تنها با استفاده از مدل‌های غیر اختلالی کوآرک ذاتی همچون مدل ابر مزونی (MCM) امکان‌پذیر است. ما با استفاده از فرمول‌بندی این مدل و در نظر گرفتن همه حالت‌های مزون-باریونی ممکن برای شکستن تقارن توزیع کوآرک و پاد کوآرک شگفت در پروتون و نیز استفاده از سه مدل مزون-باریون، BHPS و پنج کوآرکی اسکالر برای به دست آوردن توزیع شگفت و پاد شگفت در مزون‌ها و باریون‌های شگفت‌دار، توانستیم تابعیت x این توزیع‌ها را به دست آورده و با هم مقایسه کنیم.

مرجع‌ها

۱. G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. Lett. **109**, 012001(2012)
۲. A.I. Signal, A.W. Thomas, Phys. Lett. B **191**, 205 (1987)

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

- S. Brodsky and B-Q Ma, Phys. Lett. B **381**, 317 (1996) ۳
F.G. Cao, A.I. Signal, Phys. Rev. D **60**, 074021 (1999) ۴
W. Melnitchouk, M. Malheiro, Phys. Lett. B **451**, 224 (1999) ۵
H. Khanpour, Ali N. Khorramian, S. Atashbar Tehrani, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **40** (2013) 045002 ۶
F. Arbabifar, Ali N. Khorramian and M. Soleymaninia, Phys. Rev. D **89**, 034006 (2014) ۷
M. Soleymaninia A. N. Khorramian, S. M. Moosavi Nejad, F. Arbabifar, Phys. Rev. **D 89**, 039901 (2014) ۸
A. W. Thomas, Phys. Lett. B **126**, 97 (1983) ۹
S. Kumano, Phys. Rep. **303**, 103 (1998) ۱۰
H. Holtmann, A. Szczurek, J. Speth, Nucl. Phys. A **569**, 631 (1996) ۱۱
F.-G. Cao and A. I. Signal, Phys. Lett. B **559**, 229 (2003) ۱۲
T. J. Hobbs et al., Phys. Rev. D **89**, 074008 (2014) ۱۳
S.J. Brodsky, P. Hoyer, C. Peterson, and N. Sakai, Phys. Lett. B **93**, 451 (1980) ۱۴
J. Pumplin, Phys. Rev. D **73**, 114015 (2006) ۱۵