

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

مطالعه پدیده‌شناسی تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته در تقریب NLO

حمزه خانپور^{۱،۲}، محمد گوهری‌پور^۳

^۱گروه فیزیک، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، مازندران

^۲پژوهشکده‌ی ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)

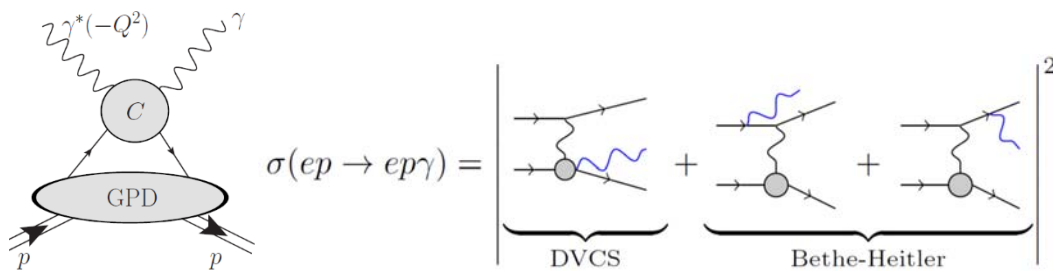
^۳دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان

چکیده

در این مقاله، تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته (GPDs) در تقریب NLO و در رهیافت‌های DGLAP و ERBL مورد مطالعه قرار گرفته است. نشان داده می‌شود که در محدوده‌ی سینماتیکی مشاهده‌پذیرهای اندازه‌گیری شده در برخورددهنده‌های HERA ($\zeta = 0.0001$) و HERMES ($\zeta = 0.1$), در فرآیند پراکندگی ناکشسان ژرف تولید فوتون حقیقی توسط لپتون (DVCS), توابع توزیع پارتونی (PDFs) گروه‌های پدیده‌شناسی جدید سازگاری خوبی را نشان می‌دهند.

مقدمه

در طول سال‌های اخیر، فرآیند لپتونی تولید فوتون حقیقی در فرآیندهای پراکندگی ژرف کامپتون مجازی (DVCS) و نیز فرآیندهای تولید مزون برداری (DVMP و DVMP ν) به طور گسترده‌ای از دید نظری و آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته‌اند. نمودارهای فرآیندهای ذکر شده عموماً به صورت دو سهم توصیف کننده‌ی فرآیند DVCS بر پایه‌ی فرآیندهای سخت پارتونی و فرآیند نرم می‌باشند (شکل ۱) که مورد دوم با کمک توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته (GPDs) مدل‌بندی می‌گردد.



شکل ۱: توصیف پارتونی فرآیند DVCS (سمت چپ) و دامنه‌ی کل پراکندگی این فرآیند (سمت راست).

دامنه‌ی این فرآیند به صورت زیر محاسبه می‌شود [۲ و ۱]:

$$T^2 = |T_{BH} + T_{DVCS}|^2 = |T_{BH}|^2 + |T_{DVCS}|^2 + T_{BH}^* T_{DVCS} + T_{BH} T_{DVCS}^*, \quad (1)$$

که دامنه‌ی T_{DVCS} برحسب عامل‌های شکل کامپتون (CFFs) غیرقطبیده \mathcal{H} ، \mathcal{E} و قطبیده $\tilde{\mathcal{H}}$ ، $\tilde{\mathcal{E}}$ نوشته می‌شود. به دلیل اینکه بیشتر مشاهده‌پذیرهای DVCS به عامل‌های شکل \mathcal{H} و $\tilde{\mathcal{H}}$ حساس هستند، از این رو در این آنالیز صرفاً این دو عامل شکل در نظر گرفته شده‌اند. عامل شکل کامپتون \mathcal{H} به صورت زیر بر حسب تابع توزیع پارتونی تعمیم یافته H و ضرایب ویلسون T [۳] نوشته می‌شود،

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

$$\mathcal{H} = \int_{-1}^1 dx \left(\sum_q^{n_F} T^q(x) H^q(x) + T^g(x) H^g(x) \right), \quad (2)$$

که در تقریب LO برای حالت غیرقطبیده و قطبیده خواهیم داشت،

$$\mathcal{H}(\varepsilon, t) = \int_{-1}^1 dx \left(e_u^2 H^u + e_d^2 H^d + e_s^2 H^s \right) \times \left[\frac{1}{\xi - x - i\varepsilon} - \varepsilon_f \frac{1}{\xi + x - i\varepsilon} \right], \quad (3)$$

$$\tilde{\mathcal{H}}(\varepsilon, t) = \int_{-1}^1 dx \left(e_u^2 \tilde{H}^u + e_d^2 \tilde{H}^d + e_s^2 \tilde{H}^s \right) \times \left[\frac{1}{\xi - x - i\varepsilon} + \varepsilon_f \frac{1}{\xi + x - i\varepsilon} \right]. \quad (4)$$

تابع توزیع پارتونی تعمیم یافته H معمولاً در مقیاس اولیه‌ی Q_0^2 از برازش داده‌های تجربی فرآیندهای DVCS و DVMP بدست می‌آید.

تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته

در مقاله پیش‌رو، توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته (GPDs) بر اساس مدل توزیع دوگانه RDDA پارامتربندی شده‌اند که این نوع مدل‌بندی می‌تواند قید بسیار خوبی را برای آنالیز GPDs فراهم آورد. در این مدل، GPDs به صورت یک انتگرال دوگانه بر روی پارامترهای α و β موجود در توزیع دوگانه‌ی f_i تعریف می‌شود [۴-۶].

$$H(x, \xi, t) = \int_{-\beta}^{\beta} d\beta \int_{-1+|\beta|}^{1-|\beta|} d\alpha \delta(\beta + \xi\alpha - x) f_i(\beta, \alpha, t) + D_i^H\left(\frac{x}{\xi}, t\right) \Theta(\xi^2 - x^2) \quad (5)$$

که زیرنویس i به نوع طعم (کوارک‌های ظرفیت، دریا و گلوئون) اشاره دارد. تابع توزیع دوگانه‌ی f_i برحسب تابع پروفایل $\pi(\alpha, \beta)$ تابع GPDs وابسته به t و تابع توزیع پارتونی (PDFs) قطبیده و غیرقطبیده نوشته می‌شود،

$$f_i(\beta, \alpha, t) = g_i(\beta, t) h_i(\beta) \pi(\beta, \alpha). \quad (6)$$

تابع $g_i(\beta, t)$ بر اساس نوع مدل اولیه در Q_0^2 از برازش داده‌های تجربی DVCS و DVMP بدست می‌آید و تابع پروفایل $\pi(\alpha, \beta)$ به صورت زیر بیان می‌گردد،

$$\pi(\beta, \alpha) = \frac{\Gamma(2b+1) [(1-|\beta|)^2 - \alpha^2]^b}{2^{2b+1} (1-|\beta|)^{2b+1}}, \quad (7)$$

که پارامتر b برای کوارک‌ها برابر با ۱ و برای گلوئون برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود. اگرچه این پارامتر می‌تواند از برازش داده‌های تجربی نیز تعیین گردد.

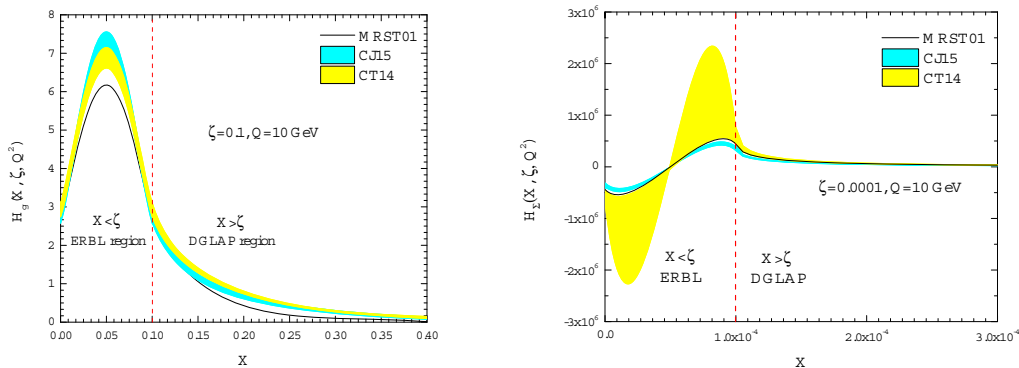
در این مقاله، ما تحول تابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته را در تقریب NLO و در دو رهیافت DGLAP و ERBL در محدوده‌ی سینماتیکی مشاهده‌پذیرهای اندازه‌گیری شده در HERA ($\zeta = 0.0001$) و HERMES ($\zeta = 0.1$) مورد مطالعه قرار داده‌ایم. نتایج عددی حاصل از تحول GPDs در تقریب NLO برای GPDs غیرقطبیده‌ی گلوئونی و یکتا در شکل (۲) نشان داده شده است. برای انجام تحول از مدل توزیع دوگانه استفاده شده است. ما در این آنالیز از نتایج گروه‌های پدیده‌شناسی MRST [۷]، CT14 [۸] و CJ15 [۹] برای تابع توزیع پارتونی استفاده کرده‌ایم. همان‌طور که از این شکل پیداست در ناحیه‌ی ERBL (متناظر با $\zeta < x$)، برای GPDs گلوئونی سهم غالب با تابع توزیع پارتونی CJ15 بوده و برای GPDs یکتا، تابع توزیع پارتونی CT14 سهم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. اثرات ناشی از عدم قطعیت در تابع توزیع پارتونی در معادله‌ی تحول GPDs نیز در شکل نمایش داده شده است که عدم قطعیت ناشی از آنالیز CT14 در ناحیه BREL بسیار بزرگ‌تر از گروه CJ15 می‌باشد.

داده‌های تجربی

داده‌های تجربی و مشاهده‌پذیرهای مختلفی که با کمک آن‌ها می‌توان اطلاعات نسبتاً دقیقی را در مورد GPDs استخراج کرد عموماً حاصل از نتایج برخورددهنده‌های HERA و JLAB می‌باشند. علاوه بر این، JLAB12 به زودی در انرژی 12 GeV جمع‌آوری داده‌های تجربی را آغاز خواهد کرد.

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

گروه COMPASS در CERN نیز به زودی مطالعه بر روی فرآیند DVCS و انتشار داده‌های آن را آغاز می‌کند. تابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته GPDs و کانال طلایی آن یعنی DVCS یکی از اهداف اصلی برخورددهنده‌ی نسل آینده الکترون-یون (EIC) خواهد بود. این مشاهده‌پذیرها شامل سطح مقطع کل فرایند تولید فوتون حقیقی (و مزون برداری) توسط یک لپتون ($ep \rightarrow ep\gamma$)، عدم تقارن بار در باریکه‌ی لپتونی $A_C(\phi)$ ، عدم تقارن در اسپین باریکه‌ی لپتونی $A_{LU}^{el}(\phi)$ می‌باشد که در این رابطه ϕ زاویه‌ی بین صفحه‌ی لپتونی و صفحه‌ی فوتون حقیقی تولید شده است [۴].



شکل ۲: تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته H_g و H_Σ در دو ناحیه‌ی مورد مطالعه‌ی ERBL و DGLAP

نتیجه‌گیری

یکی از اساسی‌ترین کمیت‌ها در محاسبات نظری مشاهده‌پذیرهای فیزیکی در طی فرآیندهای ژرف تولید لپتونی فوتون‌های حقیقی و مزون‌های برداری، توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته (GPDs) هستند که کمیت‌هایی غیراختلالی بوده و باید با آنالیز داده‌های آزمایشگاهی فرآیندهای ذکر شده تعیین گردند. این کمیت‌ها به‌عنوان ابزاری ضروری در مطالعات نظری متناظر با این داده‌های آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ما در این مقاله تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته گلوئونی H_g و یکتا H_Σ را در دو ناحیه‌ی ERBL و DGLAP مورد مطالعه قرار دادیم. در این آنالیز از توابع توزیع پارتونی (PDFs) به‌روز گروه‌های CT14 و CJ15 برای انجام تحول استفاده کرده‌ایم. معادلات تحول توابع توزیع پارتونی تعمیم‌یافته می‌تواند در مطالعات پدیده‌شناسی و آزمایشگاهی فرآیندهای متناظر که در آزمایش‌های JLAB12 و COMPASS-II در سرن انجام خواهد شد، مورد استفاده قرار گیرد. مرحله بعدی، استفاده از معادلات تحول بدست آمده برای مطالعه‌ی مشاهده‌پذیرهای فیزیکی و انجام آنالیز جهت تعیین GPDها و مطالعه‌ی آنها خواهد بود.

مرجع‌ها

- [1] Kresimir Kumericki, Simonetta Liuti, and Herve Moutarde, *arXiv: 1602.02763v1 [hep-ph]*.
- [2] B. Berthou, D. Binosi, N. Chouika, M. Guidal, C. Mezrag, H. Moutarde, F. Sabatié, P. Sznajder, J. Wagner, *arXiv:1512.06174 [hep-ph]*.
- [3] B. Pire, L. Szymanowski, and J. Wagner, *Phys. Rev. D* **83** (2011) 034009.
- [4] P. Kroll, H. Moutarde, F. Sabatié, *Eur. Phys. J. C* **73** (2013) 2278.
- [5] H. Moutarde, B. Pire, F. Sabatie, L. Szymanowski, J. Wagner, *Phys. Rev. D* **87** (2013) 054029.
- [6] D.Müller, T.Lautenschlager, K.Passek-Kumericki, A. Schäfer, *Nuclear Physics B* **884** (2014) 438-546
- [7] A. D. Martin, R. G. Roberts, W. J. Stirling, R. S. Thorne, *Eur. Phys. J. C* **23** (2002) 73-87.
- [8] Sayipjamal Dulat, Jun Gao, Marco Guzzi, Joey Huston, Pavel Nadolsky, Jon Pumplin, Carl Schmidt, Daniel Stump, C.P. Yuan, *Phys. Rev. D* **93** (2016) 033006.
- [9] A. Accardi, L.T. Brady, W. Melnitchouk, J. F. Owens, N. Sato, *arXiv: 1602.03154 [hep-ph]*.