محاسبه توابع ترکش پروتون

عاطفه مکتوبیان[۱]، مریم سلیمانی‌نیا[۲]، محمد موسوی‌نژاد[۱و۲]

[۱] دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، یزد

[۲] پژوهشکده فیزیک ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی **(IPM)**

چکیده

*هدف ما در این مقاله محاسبه توابع ترکش یکی از هادرون‌های تولید شده در نابودی الکترون-پوزیترون، e^-e^+، می‌باشد. توابع ترکش پروتون $D_i^P(z,Q^2)$ برای طعم‌های مختلف سبک و سنگین با استفاده از برازش نتایج تئوری با سطح مقطع‌های گزارش شده توسط گروه‌های مختلف آزمایشگاهی در مقیاس اولیه در مرتبه **LO** محاسبه می‌شوند و سپس با استفاده از معادلات **DGLAP** در هر مقیاس انرژی قابل دسترس می‌باشند.*

مقدمه

باتوجه به مدل استاندارد در هر سیستم هادرونی یکی از کمیت‌های قابل مشاهده سطح مقطع پراکندگی است که می‌توان آن را برحسب توابع ترکش و توابع توزیع بیان کرد. توابع ترکش در فرآیندهای برهم‌کنش انرژی بالا که با تولید هادرون همراه هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فرآیندها شامل برهم‌کنش‌های مربوط به تولید هادرون در نابودی الکترون-پوزیترون، پراکندگی لپتون-نوکلئون و برخوردهای پروتون-پروتون هستند [۱و۲]. چنین برهم‌کنش‌هایی به منظور بدست آوردن اطلاعاتی درباره‌ی پارتون‌های سازنده‌ی هادرون‌ها و همچنین اسپین پروتون مورد استفاده قرا می‌گیرند. توابع ترکش به جنبه غیراختلالی QCD مربوط می‌شوند و فقط با استفاده از محاسبات تئوری قابل محاسبه نمی‌باشند. توابع ترکش با تجزیه و تحلیل داده‌های تولید هادرون در نابودی الکترون-پوزیترون مشخص می‌شوند. سطح مقطع برای واکنش $e^- + e^+ \to h + x$ توسط فرایند دو مرحله‌ای توضیح داده می‌شود. اولین بخش ایجاد یک جفت کوارک-پادکوارک توسط واکنش $e^-e^+ \to q\bar{q}$ در مرتبه‌ی LO را نشان می‌دهد و در مراتب بالاتر با تولید گلوئون $(e^-e^+ \to q\bar{q}g)$ همراه است. دومین بخش مربوط به ایجاد یک هادرون h از کوارک q و پادکوارک $\bar{q}$ یا گلوئون g است و این فرآیند ترکش نامیده می‌شود. تابع ترکش کل همان سطح مقطع کلی تولید هادرون است [۳]:

$$F^h(z,Q^2) = \frac{1}{\sigma_{tot}}\frac{d\sigma(e^-e^+\to hx)}{dz}. \qquad (۱)$$

فرآیند ترکش از کوارک‌ها و پادکوارک‌های اولیه و گلوئون‌ها رخ می‌دهد، به طوری که $F^h(z,Q^2)$ توسط مجموع سهم‌های آنها بیان می‌شود:

$$F^h(z,Q^2) = \sum_i C_i(z,\alpha_s) \otimes D_i^h(z,Q^2), \qquad (۲)$$

که در آن $D_i^h(z,Q^2)$ تابع ترکش هادرون h از یک پارتون $i(=u,d,s,\ldots,g)$ و $C_i(z,\alpha_s)$ ضرایب ویلسون هستند. تابع $D_i^h(z,Q^2)$ احتمال پیدا کردن هادرون h از یک پارتون i با کسر انرژی z را نشان می‌دهد و در QCD غیراختلالی محاسبه می‌شود.

توابع ترکش پارتونی پروتون

توابع ترکش از نظر پارامترها برای $Q^2(=Q_0^2)$ اولیه مانند تجزیه و تحلیل توابع توزیع پارتونی بیان می-شوند بطوریکه در مقیاس اولیه و با توجه به قیود موجود بر روی این توابع فرم چند جمله‌ای‌های مختلفی را می‌توان برای آن در نظر گرفت [۸-٤]. در این مقاله مدل ما یر اساس فرم ساده سه پارامتری زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$D_i^h(z,Q_0^2) = N_i^h z^{\alpha_i^h}(1-z)^{\beta_i^h}, \qquad (۳)$$

که در آن N_i^h، α_i^h و β_i^h پارامترهایی هستند که توسط برازش داده‌های آزمایشگاهی محاسبه می‌شوند. با توجه به کوارک‌های تشکیل دهنده پروتون (uud) توابع ترکش برای کوارک‌های $\bar{u},\bar{d},s,\bar{s}$ در $Q_0^2 = 1\mathrm{GeV}^2$ یکسان هستند

$$D_{\bar{u}}^P(z,Q_0^2) = D_{\bar{d}}^P(z,Q_0^2) = D_{\bar{s}}^P(z,Q_0^2) = D_{\bar{s}}^P(z,Q_0^2) = N_{\bar{u}}^P z^{\alpha_{\bar{u}}^P}(1-z)^{\beta_{\bar{u}}^P}. \qquad (٤)$$

ولی توابع ترکش اولیه u و d یکسان نیستند و به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند:

$$D_u^P(z,Q_0^2) = 2D_d^P(z,Q_0^2) = N_u^P z^{\alpha_u^P}(1-z)^{\beta_u^P}. \qquad (٥)$$

و همچنین تابع ترکش گلوئون به صورت زیر و مجزا تعریف می‌شود:

$$D_g^P(z,Q^2) = N_g^P z^{\alpha_g^P}(1-z)^{\beta_g^P} \qquad (٦)$$

اگر پروتون از کوارک‌های سنگین c و b تولید شود به دلیل تفاوت جرم آنها با کوارک‌های سبک $(Q_0^2 = m_b^2, m_c^2)$ توابع ترکش مجزا برای آنها تعریف می‌کنیم:

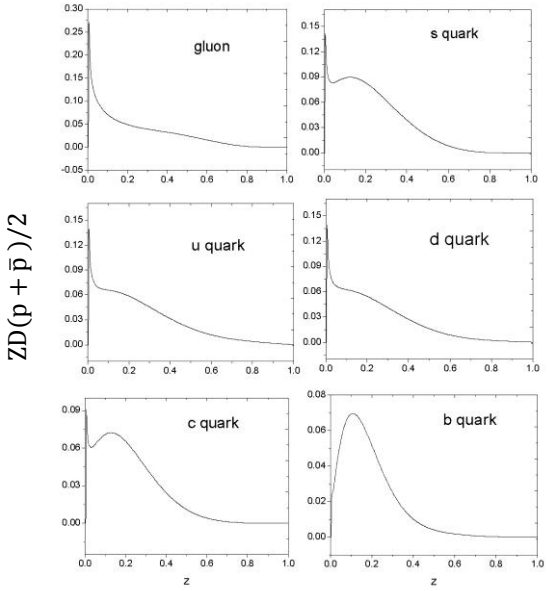
$$D_c^P(z,m_c^2) = D_{\bar{c}}^P(z,m_c^2) = N_c^P z^{\alpha_c^P}(1-z)^{\beta_c^P} \qquad (٧)$$

$$D_b^P(z,m_b^2) = D_{\bar{b}}^P(z,m_b^2) = N_b^P z^{\alpha_b^P}(1-z)^{\beta_b^P} \qquad (٨)$$

در اینجا به دنبال توضیح ضریب ۲ در این رابطه $D_u^P(z,Q_0^2) = 2D_d^P(z,Q_0^2)$ هستیم که به سادگی با توجه به ساختار کوارک ظرفیتی پروتون قابل توضیح است. به منظور تولید یک باریون در یک فرآیند هادرونی، دو جفت $q\bar{q}$ نیاز است. اگر کوارک اولیه، کوارک بالا باشد، دو فرآیند ایجاد، $(u\bar{u})(d\bar{d})$ یا $(d\bar{d})(u\bar{u})$ برای تشکل پروتون لازم است. اگر کوارک پایین در اولین مرحله تولید شود، تنها فرآیند $(u\bar{u})(u\bar{u})$ باعث تولید پروتون می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله توابع ترکش باریون پروتون مربوط به طعم‌های مختلف سبک و سنگین و گلوئون را به صورت مجزا محاسبه نمودیم. توابع ترکش غیرقطبیده این باریون از برازش داده‌های مربوط به سطح مقطع دبفرانسیلی $e^-e^+ \to P + X$ با مدل ما محاسبه می‌شوند. در شکل ۱ مجموع توابع ترکش پروتون و پادپروتون در مقیاس Q=10GeV در مرتبه LO نشان داده شده‌اند.



شکل ۱: توابع ترکش پروتون-پادپروتون $z(D_i^P + D_i^{\bar{P}})/2$ در Q=10GeV در مرتبه LO.

مرجع‌ها

[1] A. Airapetian et al. (HERMES Collaboration), *Phys. Rev. D* **71**, 012003 (2005); S. Kretzer, E. Leader, and E. Christova, *Eur. Phys. J.* C **22**, 269 (2001).

[2] S. S. Adler et al. (PHENIX Collaboration), *Phys. Rev. Lett*. **91**, 241803 (2003); M. Hirai and K. Sudoh, *Phys. Rev. D* **71**, 014022 (2005).

[3] R. K. Ellis, W. J. Stirling, and B. R. Webber, QCD and Collider Physics (Cambridge University Press, Cambridge, England, 1996).

[4] M. Soleymaninia, A. N. Khorramian, S. M. Moosavi Nejad and F. Arbabifar, *Phys. Rev. D* **88**, 054019 (2013), arXiv:1306.1612 [hep-ph].

[5] M. Soleymaninia, A. Khorramian and M. Moosavi Nejad, F. Arbabifar, *Physics of Particles and Nuclei* **45**, 46–48 (2014).

[6] M. Soleymaninia, A. Khorramian and M. Moosavi Nejad, F. Arbabifar, will be appeared in *Acta Physica Polonica B* (2014).

[7] M.Soleymaninia, Ali N. Khorramian, and M. Moosavi Nejad, *J. Phys. Conf. Ser*. **347**, 012017 (2012).

[8] M. Soleymaninia, A. Khorramian, and M. Moosavi Nejad, *AIP Conf. Proc*. **1492**, 67-70 (2012).