پژوهشگاه دانشهای بنیادی

شماره مقاله (سخنرانی) : ۷

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

تحول اختلالی توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته با استفاده از تناظر AdS/QCD

مجید دهقانی[۱]

[۱]دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، یزد

چکیده:

در اینجا با استفاده از توابع توزیع تعمیم یافته که از تناظر AdS/QCD بدست آمده‌اند، اثرات اختلالی وارد فرمول بندی هولوگرافی می‌شود. تحول اختلالی توابع توزیع تعمیم یافته بوسیله معادلات شبه-DGLAP انجام می‌شود. برای انجام این کار نیاز به استفاده ازهولوگرافی جبهه-نوری، برای بدست آوردن ثابت جفت شدگی فیزیکی، نیز می‌باشد. توابع توزیع تعمیم یافته پروتون با یک مدل پدیده‌شناختی مقایسه می‌شود. در این گزارش نشان داده می‌شود که ترکیب مدل هولوگرافی و اثرات اختلالی می‌تواند به طرز جالبی با توابع توزیع پدیده‌شناختی مطابقت داشته باشد.

مفاهیم اولیه

برای وارد کردن اثرات اختلالی نیاز به ترکیب سه فرمولبندی یعنی مدل هولوگرافی دیوار-نرم(Holographic Soft-Wall) از تناظر AdS/QCD، هولوگرافی جبهه-نوری(Holographic Light-Front) و تحول اختلالی توابع توزیع تعمیم یافته، می‌باشد. مدل هولوگرافی دیوار-نرم تناظر بین مدل گرانشی در پنج بعد و نظریه شبه کرومودینامیک کوانتومی چهار بعدی، می‌باشد. در مدل هولوگرافی دیوار-نرم، شکستن تقارن همدیس به واسطه یک فاکتور پیچش یا زمینه دیلتونی در طرف گرانشی تناظر صورت می گیرد. متریک مدل هولوگرافی دیوار-نرم، برهمکنشها را به قسمت خاصی از فضای AdS محدود می‌کند و بنابراین به طور ذاتی، نظریه ای حبس‌کننده می باشد. در این مدل بوزون‌ها و فرمیون‌های نظریه پیمانه‌ای (شبه کرومودینامیک کوانتومی) به وسیله بوزون‌ها و فرمیون‌های لاگرانژی طرف پنج بعدی گرانشی، بدست می‌آیند. آنگاه طبق تناظر AdS/CFT جواب‌های هنجار پذیر طرف گرانشی ۵-بعدی به حالتهای پیمانه‌ای طرف ٤-بعدی، ربط داده می شود. در مدل هولوگرافی دیوار-نرم متریک ۵-بعدی فضای AdS در مختصات پوانکاره به فرم زیر می باشد:

$$ds^2 = g_{MN}dx^M dx^N = \frac{1}{z^2}(\eta_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu) - dz^2 \qquad (۱)$$

که $\mu\nu = 0,1,2,3$ و z مختصه شعاعی هولوگرافی است که از صفر تا بینهایت امتداد دارد. فرمیون‌ها در مدل هولوگرافی نرم-دیوار برای نخستین بار در [۱] معرفی شدند. فرم فاکتور(Form Factor) پروتون در مدل هولوگرافی دیوار-نرم به صورت زیر می باشد:

$$F_1^p(Q^2) = C_1(Q^2) + \eta_p C_2(Q^2)$$
$$F_2^p(Q^2) = \eta_p C_3(Q^2) \qquad (۲)$$

که $Q^2 = -t$ و $C_i(Q^2)$ها در مرجع [۲] معرفی شده‌اند. برای بدست آوردن ثابت جفت شدگی فیزیکی در نظریه پیمانه‌ای متناظر با مدل گرانشی بالا، از فرمول‌بندی هولوگرافی جبهه-موجی [۳] استفاده می‌شود. در این روش تناظر فیزیکی دقیقی بین کمیت هولوگرافی شعاعی (z) از قسمت گرانشی و پارامتر برخورد ناوردا (ζ) از قسمت پیمانه‌ای، برقرار می‌شود. نتیجه اینکه بستگی ثابت جفت شدگی به انرژی به صورت زیر است:

$$\alpha_s^{AdS}(Q^2) = \alpha_s^{AdS}(0)e^{-Q^2/4\kappa^2} \qquad (۳)$$

توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته

توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته هم شامل اطلاعات تابع ساختار و هم توابع توزیع پارتونی یک قالب می باشند. از طریق این توابع اثرات اختلالی به فرمول‌بندی هولوگرافی وارد می‌شود. برای جزئیات بیشتر در مورد توابع توزیع تعمیم یافته پارتونی به مرجع [۴] مراجعه کنید. در اینجا فقط به ارتباط بین فرم فاکتورهای نوکلئون و توابع توزیع تعمیم یافته اشاره می‌کنیم:

$$F_1^p(t) = \int_0^1 dx(\frac{2}{3}H_v^u(x,t) - \frac{1}{3}H_v^d(x,t)) \qquad (٤)$$

توابع پارتونی تعمیم یافته به دوقسمت، یکی اختلالی و قابل محاسبه و دیگری غیر اختلالی و غیر قابل محاسبه تقسیم می شود. قسمت غیر اختلالی توابع پارتونی تعمیم یافته از معادلات DGLAP تبعیت می‌کند، که برای کوارک والانس تحول توابع به شکل زیر می‌باشد:

$$\mu^2 \frac{d}{d\mu^2} H_v^q(x,t,\mu^2) = \int_x^1 \frac{dz}{z}[P(\frac{x}{z})]_+ H_v^q(z,t,\mu^2) \qquad (٥)$$

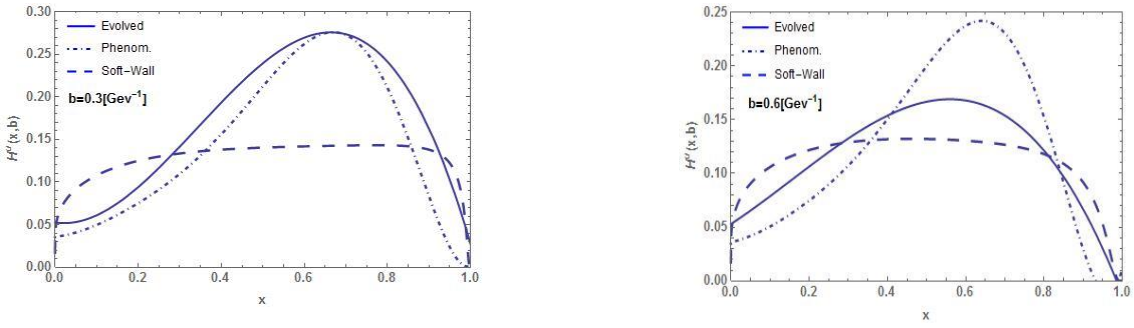
که $P(z) = \frac{\alpha_s}{2\pi} C_f \frac{1+z^2}{1-z}$، تابع شکافت کوارک می باشد. در رهیافت هولوگرافی دیوار-نرم عبارت زیر برای توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته بدست می‌آید:

$$H_v^q(x,Q^2) = q(x)x^a \qquad (٦)$$

برای نحوه بدست آوردن این روابط و شکل تابعی عبارت‌های بالا به مرجع [۲] رجوع کنید. برای محاسبه توابع شکافت کوارک در معادله بالا به محاسبه تغییر ثابت جفت شدگی بر حسب انرژی از معادله *(۳)* نیاز داریم. اکنون به مرحله اصلی در انجام این تحقیق می‌رسیم که با داشتن ثابت جفت-شدگی، تحول توابع پارتونی تعمیم یافته در *(٦)* را می توان با استفاده از معادله*(٥)* محاسبه کرد.

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

بهترین نتایج با انجام تبدیل فوریه و رفتن به فضای پارامتر برخورد(Impact parameter) بدست می آید. در فضای پارامتر برخورد تعبیر این توابع توزیع پارتونی تعمیم یافته به عنوان توزیع امکان پذیر می باشد، در صورتی که تعبیر به عنوان توزیع بدون انجام تبدیل فوریه امکان پذیر نمی باشد. در شکل (۱) توابع $H_q^q(z,t,\mu^2)$ و تحول یافته آنها با مدل پدیده شناختی مرجع[۵] مقایسه شده اند. همان طور که از شکل می توان دید، توابع تحول یافته تطابق بسیار بهتری با مدل پدیده شناختی دارند. در دو نمودار شکل (۱) تابع $H^u(x,b)$ هیچ برامدگی در هیچ ناحیه ای از پارامتر x تدارد، ولی تابع تحول یافته در همان مقدار مطابق با نمودار پدیده شناختی داری بیشینه می باشد.



شکل۱: مقایسه مدل هولوگرافی دیوار-نرم، تحول یافته اختلالی آن و مدل پدیده شناختی در دو پارامتر برخورد مختلف

نتیجه‌گیری:

در اینجا ثابت جفت‌شدگی قسمت پیمانه‌ای تناظر، بوسیله هولوگرافی جبهه-نوری بدست آمد. نکته جالب اینکه ترکیب روش هولوگرافی و اثرات اختلالی تا حد زیادی می‌تواند به مدل پدیده‌شناختی یا به عبارت دیگر داده‌های تجربی نزدیک شود. برای وارد کردن اثرات اختلالی به فرمول‌بندی هولوگرافی از تناظر گرانشی-پیمانه‌ای، تناظر هولوگرافی جبهه-نوری و معادلات اساسی کرومودینامیک کوانتومی اختلالی، با هم ترکیب شدند.

مرجع‌ها:

[1] Abidin, Z. and C.E. Carlson, ***Nucleon electromagnetic and gravitational form factors from holography.*** Physical Review D, 2009. 79(11): p. 115003.
[2] Vega, A., et al., ***Generalized parton distributions in AdS/QCD.*** Physical Review D, 2011. 83(3): p. 036001.
[3] de Teramond, G.F. and S.J. Brodsky, ***Hadronic form factor models and spectroscopy within the gauge/gravity correspondence***. arXiv preprint arXiv:1203.4025, 2012.
[4] Diehl, M., ***Generalized parton distributions.*** Physics Reports, 2003. 388(2–4): p. 41-277.
[5] Ahmad, S., et al., ***Generalized parton distributions from hadronic observables: Zero skewness.*** Physical Review D, 2007. 75(9): p. 094003.