

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

تأثیر جرم مزون در محاسبه تابع ترکش

سید محمد موسوی نژاد^{۱،۲}، آیدا آرمات^۱، مریم مستاجران^۱

۱. دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، یزد

۲. پژوهشکده فیزیک، ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)، تهران

پست الکترونیک: mmoosavi@yazduni.ac.ir

چکیده

تابع ترکش توصیف کننده بخش هادرونی یا به عبارتی بخش غیر اختلالی برهمکنش‌های انرژی بالا می‌باشد. در این مقاله با در نظر گرفتن نظریه QCD اختلالی برای اولین بار اثر جرم هادرون در محاسبه تابع ترکش را در نظر می‌گیریم و نشان خواهیم داد که اثرات جرمی علاوه بر آنکه تابع ترکش را افزایش می‌دهند، آستانه‌ای برای تولید هادرون نیز تعیین می‌کنند. میزان افزایش در تابع ترکش به شدت به تکانه عرضی پارتون اولیه بستگی دارد.

The effect of meson mass in the calculation of Fragmentation function

Moosavi Nejad, Seyed Mohammad^{1,2}; Armat, Ayda¹; Mostajeran, Maryam¹

¹ Department of Physics, University of Yazd, Yazd,

² School of particles and accelerators, Institute for research in fundamental science (IPM), Tehran

Abstract

Fragmentation function describes the hadron part or non-perturbative section of high energy interactions. In this work we, for the first time, impose the effect of meson mass in the fragmentation function and it is shown that the effect of mass is to increase the size of fragmentation function and it creates a threshold to produce a hadron. The value of increasing extremely depends on the transverse momentum of the initial parton.

PACS NO. 13

مقدمه

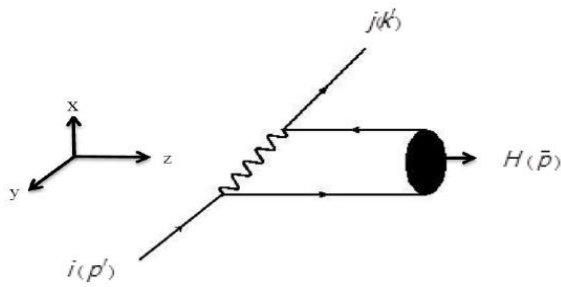
توزیع و توابع ترکش به عنوان توابع احتمال تفسیر می‌شوند. تابع توزیع احتمال یافتن یک پارتون در درون یک هادرون است که کسر معینی از تکانه‌ی هادرون توسط پارتون حمل می‌شود در حالی که تابع ترکش احتمال تولید هادرون از یک پارتون است که کسر معینی از تکانه‌ی پارتون را حمل می‌کند. به طور کلی می‌توان گفت که توابع توزیع پارتونی ذرات اولیه را توصیف می‌کنند و توابع بدون بعد ترکش ذرات حالت نهایی را توصیف می‌کنند. بطور معمول این توابع را به کمک داده‌های آزمایشگاهی استخراج می‌کنند اما مشخص شده است که در حد جرم کوارکهای سنگین

ترکش کوارک‌ها و گلوئون‌ها (پارتونها) به هادرونی‌هایی که در آشکارسازها ردیابی می‌شوند به فرایندهای هادرونی شدن^۱ معروف هستند. کوارک‌ها و گلوئون‌ها به محض تولید سریعاً به حالت‌های مقیدی چون مزون‌ها و باریون‌های بدون رنگ و قابل مشاهده در آزمایشگاه تبدیل می‌شوند. در حالت کلی فرآیندی که در آن می‌توانیم هادرون‌ها را در حالت نهایی مشاهده نماییم، بر اساس سطح مقطع اختلالی (در سطح پارتونی) و دو تابع غیراختلالی به نام تابع توزیع^۲ و تابع ترکش^۳، توصیف می‌شود [۱-۳]. توابع

^۳ Fragmentation function

^۱ Hadronization process

^۲ Distribution function

شکل ۱. فرایند ترکش پارتون i به هادرون H

با در نظر گرفتن جرم هادرون و پارتون اولیه، پارامتر ترکش به جای تعریف ارئه شده در رابطه (۲) به صورت $z = (\bar{p}_0 + \bar{p}_1)_H / (p_0 + p_1)_i$ کردن تنها اثر جرم هادرون خروجی در تابع ترکش، پارامتر ترکش را به صورت $\bar{z} = (\bar{p}_0 + \bar{p}_1) / (2p'_0)$ باز تعریف می‌کنیم. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\bar{z} = \frac{\bar{p}_0 + \sqrt{\bar{p}_0^2 - m_H^2}}{2p'_0} \quad (5)$$

با جایگذاری تعریف قدیم پارامتر ترکش ($z = \bar{p}_0 / p'_0$) در رابطه (۵) داریم:

$$\bar{z} = \frac{z}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{m_H}{zp'_0} \right)^2} \right] \quad (6)$$

همانگونه که مشخص است با صرف نظر از جرم هادرون نهایی ($m_H = 0$) متغیر جدید \bar{z} به متغیر قدیم z تبدیل می‌شود. اکنون با در نظر گرفتن چار-بردارهای پارتون اولیه i داریم:

$$m_i^2 = p'_\mu p'^\mu = p_0'^2 - (k_\perp'^2 + p_1'^2) \quad (7)$$

که m_i جرم پارتون اولیه است. از آنجایی که هادرون سنگین تولید شده به کندی در جهت محور z حرکت می‌کند لذا تکانه طولی هادرون کوچک خواهد بود. بنابراین با در نظر گرفتن قانون پایستگی مؤلفه‌های تکانه، p_1' کوچک خواهد بود و لذا با دقت خوبی می‌توان فرض کرد که $p_0' \gg p_1'$. بنابراین رابطه (۷) را می‌توان به صورت $m_i^2 \approx p_0'^2 - p_\perp'^2 = p_0'^2 - k_\perp'^2$ نوشت، آنگاه:

$$\bar{z} = \frac{z}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{m_H^2}{z^2 (m_i^2 + k_\perp'^2)}} \right] \quad (8)$$

اکنون تابع ترکش با توجه به متغیر جدید \bar{z} به صورت زیر باز تعریف می‌شود:

می‌توان با به کاربردن QCD اختلالی توابع ترکش را به طریق تئوری به دست آورد [۴].

تعریف اولیه تابع ترکش به صورت زیر بیان می‌شود [۱]:

$$D_j^H(z, \mu) = \frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma(z)}{dz} \quad (1)$$

که در این رابطه H بیانگر هادرون نهایی، j پارتون مولد و μ مقیاس اولیه ترکش می‌باشد که بیانگر حداقل انرژی لازم جهت انجام فرایند است. در رابطه فوق z پارامتر ترکش است که بیانگر کسری از انرژی پارتون اولیه است که توسط هادرون نهایی حمل می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$z = \frac{E_H}{E_j} \quad (2)$$

همچنین $\frac{d\sigma(z)}{dz}$ در رابطه (۱) سطح مقطع دیفرانسیلی فرایند تولید هادرون می‌باشد. اکنون با در نظر گرفتن تعریف ارایه شده در رابطه (۱)، شکل کلی تابع ترکش را به صورت زیر می‌توان نوشت [۱]:

$$D(z, \mu) = \int |T_M|^2 \delta^3 \left(\sum_f p_f - p_i \right) \Pi d^3 p_f \quad (3)$$

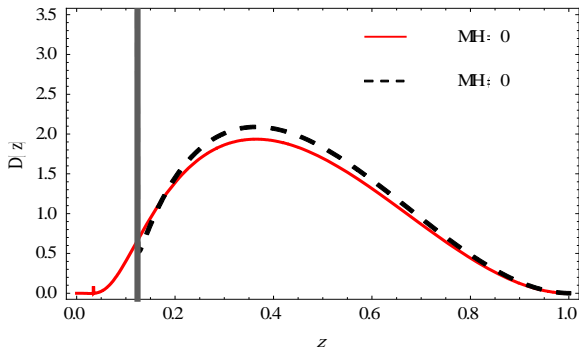
در رابطه فوق p_f تکانه ذرات خروجی، p_i تکانه ذره ورودی و T_M دامنه احتمال پراکندگی کوآرک به هادرون مورد نظر می‌باشد. رهیافت نظری یکی از روشهای موجود در تعیین تابع ترکش است که ما با به کار گرفتن این رهیافت تابع ترکش کوآرک سنگین به مزون با طعم سنگین را در مرجع [۵] به دست آورده‌ایم. در روش معمول که به روش پدیده شناسی مشهور است این توابع به کمک داده‌های آزمایشگاهی همراه با محاسبات نظری محاسبه می‌شوند. برای اطلاع بیشتر از این روش به مرجع [۶] و [۷] رجوع نمایید.

اثر جرم مزون روی تابع ترکش

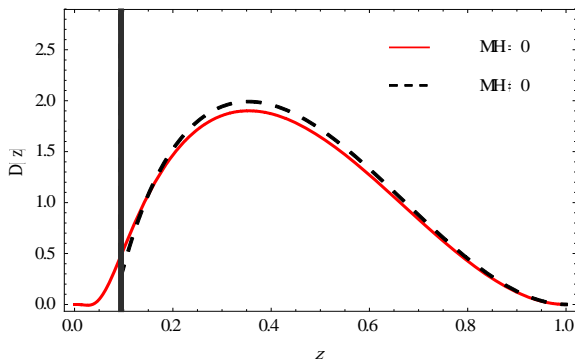
در ترکش پارتون i به هادرون H چار-بردار این فرایند را مطابق شکل ۱ به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$p'_\mu = [p'_0, \vec{k}_\perp, p'_1] \quad , \quad \bar{p}_\mu = [\bar{p}_0, \vec{0}, \bar{p}_1] \\ k'_\mu = [k'_0, \vec{k}_\perp, k'_1] \quad (4)$$

ارائه شده‌اند. برای به دست آوردن تابع ترکش در مقیاسهای بالاتر انرژی از دسته معادلات تحول DGLAP استفاده می‌کنیم.



شکل ۲ مقایسه نمودار تابع ترکش مزون D برای حالت $M_D \neq 0$ و $M_D = 0$ به ازای $\langle k_{\perp} \rangle = 15 GeV$. در حضور جرم مزون، آستانه ترکش به ازای $z = 0.13$ رخ می‌دهد.



شکل ۳ مقایسه نمودار تابع ترکش مزون D برای حالت $M_D \neq 0$ و $M_D = 0$ به ازای $\langle k_{\perp} \rangle = 20 GeV$. در حضور جرم مزون، آستانه ترکش به ازای $z = 0.093$ رخ می‌دهد.

نتیجه گیری

توابع ترکش بیانگر احتمال تولید هادرون از پارتون اولیه بوده و به بخش غیر اختلالی فرایند هادرونی مربوط می‌باشند. توابع ترکش توابع بدون بعد و جهانی هستند و ثابت شده است که به کمک نظریه کرومودینامیک اختلالی می‌توان آنها را استخراج کرد. در این مقاله به کمک رهیافتهای تئوری موجود اثر جرم هادرون را در محاسبه تابع ترکش، که پیش از این انجام داده بودیم، مطالعه کرده و توابع اصلاح شده را به دست آوردیم. نشان دادیم که چگونه اثر جرم منجر به افزایش نتایج در مقادیر بزرگ از پارامتر ترکش می-

$$D_i^H(\bar{z}, \mu) = \frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma(\bar{z})}{d\bar{z}} \quad (9)$$

اما از آنجایی که مشاهده‌پذیر آزمایشگاهی کمیت $D_i^H(z, \mu)$ است لذا رابطه قبل را به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$D_i^H(\bar{z}, \mu) = \frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma(z(\bar{z}))}{dz} \frac{dz}{d\bar{z}} \Rightarrow D_i^H(z, \mu) = D_i^H(\bar{z}, \mu) \frac{d\bar{z}}{dz} \quad (10)$$

لذا تابع ترکش در حضور جرم هادرون به صورت زیر اصلاح می‌گردد:

$$D_i^H(z, \mu) = D_i^H(\bar{z}, \mu) \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{m_H^2}{z^2(m_i^2 + k_{\perp}^2)}}}{\sqrt{1 - \frac{m_H^2}{z^2(m_i^2 + k_{\perp}^2)}}} \quad (11)$$

در مقاله مرجع [۵] ما تابع ترکش $D_i^H(z, \mu)$ را برای مزون سنگین بدون در نظر گرفتن جرم هادرون نهایی محاسبه کرده‌ایم که اکنون تابع $D_i^H(\bar{z}, \mu)$ در رابطه (۱۱) از جایگزینی متغیر سنجه z با متغیر سنجه جدید \bar{z} (رابطه ۵) به دست می‌آید.

همچنین اعمال اثر جرم هادرون در تابع ترکش منجر به مقادیر خاص حدقلی برای تغییرات z خواهد شد (آستانه ترکش). به عبارتی برای تغییرات z داریم:

$$\frac{m_H}{\sqrt{m_i^2 + k_{\perp}^2}} < z \leq 1 \quad (12)$$

نتایج عددی

در ادامه، برای مقایسه‌ی تغییر رفتار تابع ترکش در حضور جرم هادرون، فرایند ترکش کوارک سنگین c به مزون سنگین D (فرایند $c \rightarrow D + u$) را با توجه به نمودار فاینمن شکل ۱ برای هر دو حالت $m_D = 0$ و $m_D \neq 0$ در نظر می‌گیریم و نمودار تابع ترکش را به ازای $k_{\perp} = 15, 20 GeV$ در مقیاس اولیه $\mu_0 = m_c = 1/25 GeV$ رسم می‌نماییم. نتایج در شکل ۱ و ۲

شود. همچنین نشان دادیم که حضور جرم هادرون آستانه‌ای را برای فرایند ترکش ایجاد می‌کند.

مرجع‌ها

- [^۱] M.Soleymaninia, Ali N. Khorramian, and M. Moosavi Nejad, *J. Phys. Conf. Ser.* **347**, 012017 (2012).
- [^۲] M. Soleymaninia, A. Khorramian, and M. Moosavi Nejad, *AIP Conf. Proc.* **1492**, 67-70 (2013).
- [^۳] M. Soleymaninia, A. Khorramian and M. Moosavi Nejad, will be appeared in *the Journal Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei (PEPAN)* (2012).
- [^۴] M. Suzuki. *Phys. Rev.* **D33**, 676 (1986).
- [^۵] موسوی نژاد، سید محمد؛ آرمات، آیدا « محاسبه تابع ترکش مزون B با در نظر گرفتن ... » پذیرفته شده جهت چاپ در مجله پژوهش فیزیک ایران.
- [^۶] G. Corcella and A. D. Mitov, *Nucl. Phys.* **B 623** (2002) 247.
- [^۷] B. Mele and P. Nason, *Nucl. Phys.* **B361** (1991) 626.
- [^۸] آرمات، آیدا؛ (مطالعه و بررسی تابع ترکش در رهیافت نظری)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، (۱۳۹۱)، دانشگاه یزد.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

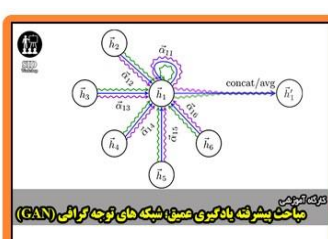


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی