



محاسبه سهم حضور ابر پایون و ذره دلتا بعنوان اثرهای محیط هسته ای در تابع ساختار هسته

های دوترون، تریتیوم و هلیوم ۳

سیده فاطمه گلنازی*، فرهاد ذوالفقارپور

دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده

در این مقاله نقش سهم ابر پایونی و سهم ذره دلتا را در تابع ساختار هسته های سبک به عنوان اثرات ناشی از قرار گرفتن نوکلئون ها در یک محیط هسته ای بررسی می کنیم. ابتدا سهم حرکت فرمی و اثر بستگی را بررسی می کنیم، سپس سهم ابر پایونی را محاسبه و به آن اضافه می کنیم همچنین سهم حضور ذره ی دلتا را در داخل هسته های مورد نظر محاسبه و جداگانه به تابع ساختار حاصل اضافه می کنیم. نتایج حاصل نشان می دهند که حضور ابر پایونی و ذره دلتا تا $4/3\%$ درصد تابع ساختار را می تواند در x های میانی تغییر دهد.

کلید واژه

تابع ساختار، حرکت فرمی، انرژی بستگی، ابر پایونی، ذره دلتا.

مقدمه

نوکلئون های درون هسته توسط ابر پایونی احاطه می شوند وقتی یک فوتون مجازی به یک نوکلئون داخل هسته برخورد می کند، فوتون مجازی با ابر پایونی اطراف نوکلئون داخل هسته برهمکنش انجام می دهد این برهمکنش عمدتاً در ناحیه $0.3 \leq x$ اتفاق می افتد [۱،۲]. پایون ها حدود 3.8% درصد از تکانه ی کل را با خود حمل می کنند و این باعث می شود که سهم ابر پایونی در هسته های سنگین تر بیشتر گردد. چگالی ابر پایونی با افزایش عدد جرمی هسته ها در داخل هسته افزایش می یابد یعنی پایون درون هسته، نسبت به پایون نوکلئون بیشتر می باشد. وقتی که پایون به پروتون برخورد می کند در حالت های خاص انرژی پروتون به دلیل وجود ساختار داخلی برای آن به حالت برانگیخته رسیده و این مسئله باعث می شود که در انرژی های خاص حالت های تشدیدی در سطح مقطع دیفرانسیلی پراکندگی پایون از پروتون پیش آید که در آن، حالت میانه همان ذره تشدید دلتا است. در داخل هسته به دلیل نیروی قوی هسته ای و اصل عدم قطعیت، نوکلئون ها در داخل یک ابر پایونی غوطه ور هستند و نوکلئون ها در داخل یک سوپ پایونی (مزونی) قرار دارند، بنابراین احتمال حضور ذرات دلتا در داخل هسته وجود دارد که در این مقاله سهم ابر پایونی و سهم حضور ذره دلتا در محیط میان نوکلئونی داخل هسته های ^2H ، ^3H و ^3He و در توابع ساختار آنها مورد بررسی و محاسبه قرار می گیرد.

روش کار

اگر فرض کنیم که هسته شامل نوکلئون ها و پایون ها باشد، سهم پایون توسط رابطه ی زیر اعمال می شود [۳]:



$$\delta F_{\nu}^N(x, A) = \int_x^{\frac{M_A}{m}} dz f_{\pi}(z) F_{\nu}^{\pi} \left(\frac{x}{z} \right) \quad (1)$$

$$f_{\pi}^A(z) = \frac{rg^{\nu}}{16\pi^{\nu}} \Delta \lambda \left(\frac{1}{\lambda} \exp\left(\nu \lambda \frac{t. + m_{\pi}^{\nu}}{m_{\pi}^{\nu}}\right) + \frac{1}{\nu} E_i\left(-\nu \lambda \frac{t. + m_{\pi}^{\nu}}{m_{\pi}^{\nu}}\right) \right) \quad (2)$$

$$E_i(-z) = \int_z^{\infty} dt \frac{e^{-t}}{t} \quad (3)$$

$$F_{\nu}^{\pi}(x) = \int_0^x V_{\pi}(x) + \int_0^x S_{\pi}(x) \quad (4)$$

$$x V_{\pi} \quad (X) = \quad \frac{r(\alpha + \beta + 1)}{r(\alpha)r(\beta + 1)} \quad x^{\alpha} \quad (1-x)^{\beta} \quad (5)$$

$$x S(x) = \frac{1}{\nu} A(1 + P)(1-x)^P \quad (6)$$

$$\alpha = 0.36 - 0.074\bar{s}, \beta = 0.99 + 0.6\bar{s} \quad (7)$$

$$A = 0.2 \text{ GeV } C^{\nu}, P = 8.7 \quad (8)$$

$$\bar{s} = \ln \left\{ \ln \frac{(Q^{\nu}/\Lambda^{\nu})}{(Q^{\nu}/\Lambda^{\nu})} \right\}, Q^{\nu} = 20 (\text{GeV } C^{-1})^{\nu} \quad (9)$$

$$A = 0.51 - \frac{2\alpha}{(\alpha + \beta + 1)} \quad (10)$$

که در آن $g=13.5$ ثابت جفت شوندگی است و $F_{\nu}^{\pi}(x)$ تابع ساختار پایون است. $m_{\pi} = 139.570 \text{ Mev}$ است که همان جرم پایون می باشد و $\lambda = 0.026$ در نظر گرفته میشود. $\Delta \lambda$ به ترتیب برای دوترون 0.0031 و برای تریتیوم و هلیوم 3 برابر 0.00367 در نظر گرفته می شود.

سهم ذره دلتا

برای تابع توزیع ذره ی دلتا در هسته ${}^3\text{He}$ از رابطه ی ذیل استفاده میکنید [۴].

$$F(z) = A \left(\frac{z}{\epsilon} \right)^{\nu} \left[1 - (z - \langle z \rangle_{r_{\text{He}}})^{\nu} / V_F^{\nu} \right] \times \theta(V_F - |z - \langle z \rangle_{r_{\text{He}}}|) \quad (11)$$

$$\langle z \rangle_{r_{\text{He}}} = 1 + \nu / (m_{\text{delta}} + 3P_F / 1 \cdot m_{\text{delta}}) \quad (12)$$

که در آن $V_F = P_F / m_{\text{delta}}$ و m_{delta} جرم ذره دلتا می باشد و P_F تکانه فرمی و A عدد جرمی هسته مورد نظر می باشد. همچنین از رابطه (۱۱) برای تابع توزیع ذره ی دلتا در هسته های تریتیوم و دوترون استفاده میکنیم. برای تابع ساختار ذره ی دلتا داریم:



$$F_{\gamma}^{ep}(x, Q^2) = \sum_q e_{\gamma}^2 \{q(x, Q^2) + q(x, Q^2) + x_s(Q^2) / (\gamma\pi) (c_{q,c}^{*(q+\bar{q})} + \gamma c_{g,\gamma}^{*g})\} + \left(\frac{1}{x}\right) F_{\gamma}^{c(x, m_c^2)} \quad (13)$$

$$C_{g,\gamma} = \left(\frac{1}{2}\right) [(z^{\gamma} + (1-z)^{\gamma}) \ln \frac{1-z}{z} - 1 + \gamma z (1-z)] \quad (14)$$

$$C_{q,\gamma}^* = \int_x^1 \frac{dy}{y} c\left(\frac{x}{y}, Q^2\right) q(y, Q^2) \quad (15)$$

$$\frac{x_s(Q^2)}{2\pi} = \frac{2}{\beta_0 \ln(Q^2/\Lambda^2)} - \frac{2\beta_1}{\beta_0^3 (\ln(Q^2/\Lambda^2))^2} \quad (16)$$

$$C_{q,\gamma} = \left(\frac{4}{3}\right) \left[\frac{1+z^2}{1-z^2} \left(\ln \frac{1-z}{z} - \frac{3}{4} \right) + \frac{1}{4} (1+\gamma z) \right] \quad (17)$$

که معادلات ۱۳ تا ۱۷ از مرجع [۵] گرفته شده و $\beta_0 = 11 - \frac{2}{3}f$ و $\beta_1 = 102 - 38\frac{f}{3}$ است. شکل زیر توابع ساختار را برای پروتون، نوترون، پایون و دلتا نشان می دهد.

مدل درهم روی هسته ای و تابع ساختار هسته ها

تابع ساختار هسته ها در مدل درهم روی هسته ای توسط جمع روی توابع ساختار نوکلئون های تشکیل دهنده ی هسته [۴] با استفاده از رابطه ی زیر در نظر می گیریم:

$$F_{\gamma}^A(x) = \sum_{N=n,p} \sum_{nl} \int_0^{\infty} dz g_{nl}^N f^N(z)_{nl} f_{\gamma}^N\left(\frac{x}{z}\right) \quad (18)$$

$$F^A(z) = \sum_{\lambda} \int_{|m_N - (z-1) - \varepsilon_{nl}|}^{\infty} dp p m_N |\Phi_{\lambda}(P)|^2 / (\gamma\pi)^{\gamma} \quad (19)$$

که در آن $X = Q^2/m_N$ و $z = p_{\lambda} q / q \cdot m_N$ و اثرات تکانه و انرژی توزیع شده ی نوکلئون داخل هسته به ترتیب توسط ε_{nl} و $\Phi_{\lambda}(P)$ وارد می شوند.

تابع ساختار با در نظر گرفتن سهم ابر پایونی و سهم ذره دلتا

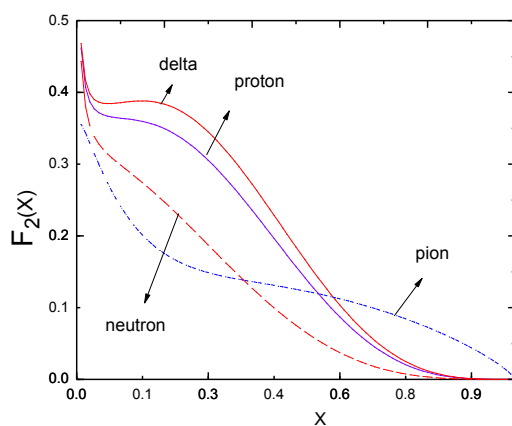
برای تابع ساختار با در نظر گرفتن مجموع سهم پایون و سهم دلتا می توان رابطه ای به صورت زیر نوشت:

$$F_2^A(x, Q^2) = \int_x^{\infty} dz f_{\pi}^A(z) F_2^{\pi}\left(\frac{x}{z}, Q^2\right) dz + \int_x^{\infty} f_{\Delta}^A(y) F_2^{\Delta}\left(\frac{x}{y}, Q^2\right) dy + \int_x^{\infty} dz f_N^A(z) F_2^N\left(\frac{x}{z}, Q^2\right) dz \quad (20)$$

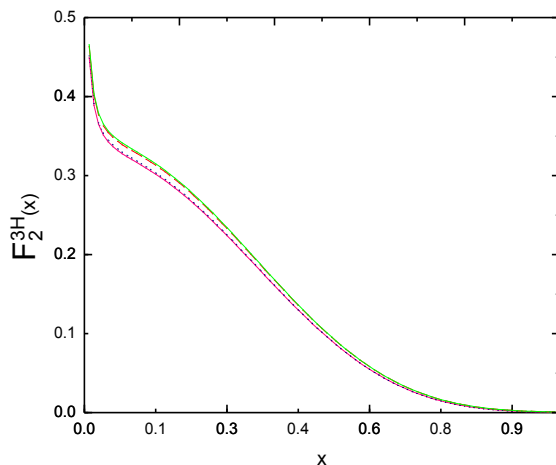
که در آن جمله اول مربوط به تابع ساختار پایون و جمله دوم مربوط به تابع ساختار دلتا می باشد. با استفاده از برنامه فرترن نمودارهای مربوط به توابع ساختار رسم شده و در قسمت نتایج آورده شده است.

نتایج

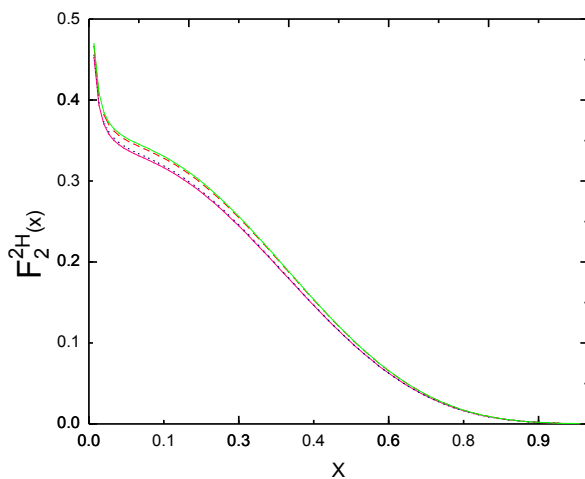
توابع ساختار که در این تحقیق برای محاسبه توابع ساختار هسته های دوترون، تربیتیوم و هلیوم ۳ استفاده شده است در شکل ۱ آمده و در شکل های ۲ تا ۴ توابع ساختار هسته های فوق الذکر بدون حضور اثر ابر پایونی و ذره دلتا در داخل هسته و فقط با در نظر گرفتن اثر حرکت فرمی و انرژی بستگی و به همراه سهم اثر ابر پایونی و ذره دلتا در توابع ساختار آنها رسم شده اند.



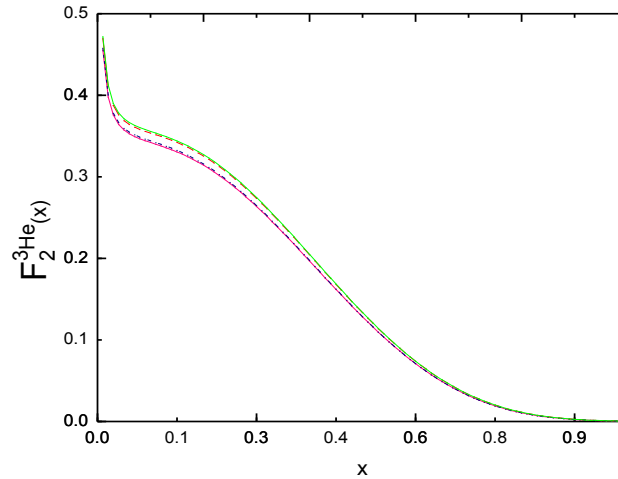
شکل ۱: توابع ساختار را با خط پر آبی برای پروتون، خط چین قرمز برای نوترون، خط چین آبی برای پایون و خط پر قرمز برای ذره دلتا را نشان می دهند.



شکل ۲: تابع ساختار تریتیوم را با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی با خط پر صورتی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی با خط نقطه چین آبی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی و انرژی بستگی و سهم ذره ی دلتا با خط نقطه چین قرمز و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی و سهم ذره ی دلتا با خط پر سبز کم رنگ که محاسبه کرده ایم، نشان داده ایم. حضور ابر پایونی و ذره دلتا x های میانی ($x \approx 0.2$) تا $4/4$ درصد تابع ساختار را در هسته ی تریتیوم در تغییر می دهد.



شکل ۳: تابع ساختار دوتریون را با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی با خط پر صورتی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی با خط نقطه چین آبی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی و انرژی بستگی و سهم ذره ی دلتا با خط نقطه چین قرمز و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی و سهم ذره ی دلتا با خط پرسبز کم رنگ نشان می دهد. حضور ابر پایونی و ذره دلتا x های میانی ($x \approx 0.2$) تا $4/5$ درصد تابع ساختار را در هسته ی دوتریون در تغییر می دهد.



شکل ۴: تابع ساختار هلیوم ۳ را با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی با خط پرسبزی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی با خط نقطه چین آبی و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ذره ی دلتا با خط نقطه چین قرمز و با در نظر گرفتن حرکت فرمی و انرژی بستگی و سهم ابر پایونی و سهم ذره ی دلتا با خط پرسبز کم رنگ نشان می دهد. حضور ابر پایونی و ذره دلتا x های میانی ($x \approx 0.2$) تا $4/4$ درصد تابع ساختار را در هسته ی هلیوم ۳ تغییر می دهد.

نتیجه گیری و بحث

حضور ذره دلتا و ابر پایونی در تابع موج هسته ها و در داخل محیط هسته ای توابع ساختار هسته ها را که از پراکندگی الکترون - پروتون بدست می آید تغییر می دهد. محاسبات ما نشان می دهند که حضور ابر پایونی و ذره دلتا به عنوان اثرات ناشی از قرار گرفتن نوکلئون ها در یک محیط هسته ای حدود $4/5$ درصد توابع ساختار را در هسته های سبک در x های میانی تغییر می دهد.

مراجع

- [۱] T. Uchiyan. a, K. Satio, European Muon Collaboration effect in deuteron and in three-body nuclei
Phys. Rev. C۳۸, ۲۲۴۵, ۱۹۸۸
- [۲] E. L. Berger, F. Coester, etal. Pion density in nuclei and deep-inelastic lepton scattering
, Phys. Rev. D۲۹, ۳۹۸, ۱۹۸۴
- [۳] Nazli Hamdolahi, Farhad Zolfagharpur, Negin Sattari Nikkhoo. Differential cross section of electron scattering from ${}^3\text{He}$ and ${}^3\text{H}$ nuclei with considering pionic contribution. world Journal of Nuclear Science and Technology, doi:۱۰.۴۲۳۶/wjnst.۲۰۱۲
- [۴] S. V. AKULINCHEV, S. A. KULAGIN and G. M. VAGRADOV. THE ROLE OF NUCLEAR BINDING LEPTON-NUCLEON SCATTERING. PHYSICS LETTERS ۱۵۸B, ۶. ۴۸۵, ۱۹۸۵
- [۵] M. Gluck, E. Reya, A. Vogt. Dynamical Parton distribution of the proton and small-x PHYSICS. Z Phys C۶۷,۴۳۸.۱۹۹۵