

VEKTOR MEZON –NUKLON QARŞILIQLI TƏSİR SABİTİNİN AdS/KXD-nin SƏRT DİVAR MODELİNDƏ YENİDƏN HESABLANMASI

ŞAHİN MƏMMƏDOV, ŞAHNAZ TAĞIYEVA

Fizika Problemləri İnstitutu və Nəzəri Fizika kafedrası, Bakı Dövlət Universiteti,

Z. Xəlilov küç., 23, Bakı, 1048 Azərbaycan

e-mail: sh.mamedov62@gmail.com, shahnaz.ilqarzadeh.92@mail.ru

AdS/KXD-nin sərt divar modeli əsasında ρ mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti hesablanmışdır. AdS fəzasının içində vektor və psevdoskalyar sahələr ilə spinor sahə arasındakı qarşılıqlı təsir laqranjianından istifadə olunmuşdur. Holoqrafik uyğunluq prinsipi pindən istifadə edərək ρ mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti üçün inteqral ifadə alınmışdır və bu sabitin ədədi qiyməti hesablanmışdır.

Açar sözlər: Mezon, nuklon, AdS/KXD, profil funksiyalar.

PACS: 11.25.Tq, 11.25.Wx, 13.75.Lb

GİRİŞ.

Son dövrdə elementar zərrəciklərin qarşılıqlı təsirinin AdS/KXD modellərində öyrənilməsi nəzəri fizikada böyük marağa səbəb olmuşdur.

AdS/KSN duallığı ideyası supersim nəzəriyyəsiəndən yaranıb. Supersim nəzəriyyəsi dörd fundamental qarşılıqlı təsiri-qravitasiya, elektromaqnit, zəif və güclü qarşılıqlı təsiri özündə cəmləşdirir. Bu duallıq aşağıdakı iki nəzəriyyə arasındakı ekvivalentliyi tələb edir: dördölçülü kalibrəşmə nəzəriyyəsi və beşölçülü AdS fəza-zamanında qravitasiya nəzəriyyəsi.

Kalibrəşmə nəzəriyyəsi qravitasiya qüvvəsi istisna olmaqla, digər qarşılıqlı təsir qüvvələri – elektromaqnit, zəif və güclü qarşılıqlı təsir qüvvələrilə təsvir olunur. Məsələn, elektromaqnit qarşılıqlı təsir $U(1)$ kalibrəşmə nəzəriyyəsilə, güclü qarşılıqlı təsir $SU(3)$ kalibrəşmə nəzəriyyəsilə (bu nəzəriyyə kvant xromodinamikası – KXD adlanır) təsvir olunur.

De-Sitter fəzası sabit müsbət əyriliklə Eynşteyn tənbəliyinin həllidir. AdS (Anti-de Sitter fəzası) sabit mənfi əyrilik fəza-zamanıdır. AdS/KSN uyğunluğu dördölçülü fizika ilə beşölçülü fizika arasında əlaqə yaradır və bu nəzəriyyə holoqrafik nəzəriyyə adlanır.

Elementar zərrəciklərin qarşılıqlı təsiri AdS/KXD-nin əsasən iki modelində hesablanır. Sərt divar modeli bu modeldə fəzanın üzərinə z dəyişənininə 0 və z_m nöqtələrində sərhəd şərti qoyulur və bu zaman nəzəriyyə məhdud oblastda qurulmuş olur.

Yumşaq divar modelində miqyas simmetriyasını pozmaq üçün dilaton adlanan əlavə sahə daxil edilir $D(z)=\lambda^2 z^2$ və Laqranjian $e^{D(z)}$ həddinə vurulur.

Bu məqalədə AdS/KXD-nin sərt divar modeli əsasında mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti tədqiq edilmişdir. Bu məsələyə əvvəlki məqalələrdə baxılmışdır [4,7,8]. Lakin bu işlərdə qlüon kondensatı psevdoskalyar X sahəsində nəzərə alınmamışdır. Bu işdə isə [1] işində dəqiqləşdirilmiş X sahəsini daxil etməklə ρNN qarşılıqlı təsir sabiti yenidən hesablanmışdır.

SƏRT DİVAR MODELİ

Sərt divar modelində qarşılıqlı təsir üçün təsirin ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$S_{q/t}(V(q, z)) = \int d^4x dz \sqrt{g} \mathcal{L}_{q/t} \quad (1)$$

$g = |\det g_{MN}|$ ($M, N = 0, 1, 2, 3, 5$) z $0 \leq z \leq z_m$ intervalında dəyişir. $\mathcal{L}_{q/t}$ -isə AdS fəzasının daxilindəki vektor sahə ilə fermion sahələri arasındakı qarşılıqlı təsir laqranjianıdır. AdS fəzasının metrikası Puankare koordinatları ilə verilir:

$$ds^2 = \frac{1}{z^2} (-dz^2 + \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu)$$

$\eta_{\mu\nu}$ - dörd ölçülü Minkovski metrikasıdır

$\eta_{\mu\nu} = \text{diag}(1, -1, -1, -1)$.

Holoqrafik dual nəzəriyyədə AdS fəzasının daxilində $SU(2)_L \times SU(2)_R$ kiral simmetriyanın Hiqqs mexanizminə görə pozulmasını təmin etmək məqsədilə vektor və fermion sahələrindən başqa psevdoskalyar X sahəsi də daxil edilir.

$$S_{5D} = \int d^4x \int dz \sqrt{G} \text{Tr} [|DX|^2 + 3X^2]$$

Burada, $|DX|^2 = (D_M X)^\dagger (D^M X)$, $D_M X$ -kovariant törəmədir və aşağıdakı kimi təyin olunur

$$D_M X = \partial_M X - iL_M X + iR_M X.$$

$z \rightarrow 0$ limit qiymətində X üçün asimptotik həll aşağıdakı şəkildədir:

$$X(z) \approx \frac{1}{2} am_q z + \frac{1}{2a} \sigma z^3 = v(z). \quad (2)$$

Burada, m_q - u və d kvarkların kütləsi, σ -isə kiral kondensatın qiymətidir. m_q və σ psevdoskalyar X sahəsinə görə həllərin ultrabənövşəyi və infraqırmızı sərhəd şərtlərindən fiksə edilir. $m_q = 0.0083 \text{ GeV}$, $\sigma = (0.213)3 \text{ GeV}^3$ və $a = N_c/(2\pi)$ [1].

Sərt divar modelində nuklonun profil funksiyası üçün

$$\begin{aligned} f_{1L}^n &= c_1^n z^{\frac{5}{2}} J_2(pz), f_{1R}^n = c_1^n z^{\frac{5}{2}} J_3(pz), \\ f_{2L}^n &= -c_2^n z^{\frac{5}{2}} J_3(pz), f_{2R}^n = c_2^n z^{\frac{5}{2}} J_2(pz). \end{aligned} \quad (3)$$

ifadəsi [7] işində tapılmışdır. (3) ifadələrindəki normallaşma sabitləri

$$\int_0^{z_m} \frac{dz}{z^5} f_{1L}^{(n)}(z) f_{1L}^{(m)}(z) = \delta_{nm}, \quad (4)$$

(4) normallaşma şərtindən tapılmış və aşağıdakı şəklədir:

$$|c_{1,2}^n|^2 = \frac{\sqrt{2}}{z_m J_2(m_n z_m)}. \quad (5)$$

İÇ QARŞILIQLI TƏSİR VƏ $g_{\rho NN}$ - MEZON-NUKLON QARŞILIQLI TƏSİR SABİTİ.

AdS/KSN uyğunluğuna əsasən 4-ölçülü KSN-dəki törədici funksional 5-ölçülü AdS₅ fəzasında aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$Z_{KXD}(V_\mu^0) = e^{iS_{q/t}(\tilde{V}_\mu(q,z))} \quad (6)$$

Burada, $\tilde{V}_\mu^0(q, z)$ 5-ölçülü AdS fəzasında vektor sahə, $\tilde{V}_\mu^0 = \tilde{V}_\mu(q, z=0) = V_\mu(q)$ isə 5-ölçülü fəzada olan $\tilde{V}_\mu^0(q, z) = V_\mu^0(q)V(q, z)$ vektor sahənin $(V(q, z=0) = I$ ultrabənövşəyi sərhəddəki qiymətidir. Digər tərəfdən məlumdur ki, AdS fəzasının sərhəddində nuklonlar üçün 4-ölçülü vektor cərəyan törədici funksionalın ultrabənövşəyi sərhəddəki 4-ölçülü sahənin vakuüm qiymətinə görə funksional törəməsinə bərabərdir.

$$\langle J_\mu \rangle = -i \frac{\delta Z_{KXD}}{\delta V_\mu^0} |_{V_\mu^0=0} \quad (7)$$

$$\Gamma^5 = -i\gamma^5 = \begin{pmatrix} -i & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}, \Gamma^0 = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \Gamma^i = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^i \\ -\sigma^i & 0 \end{pmatrix}, (i=1,2,3).$$

(8) düsturu ilə verilmiş cərəyanın ifadəsini nəzərə alsaq, onda (9) qarşılıqlı təsir laqranjianından vektor mezon-

$$g_{\rho NN}^{(0)nm} = \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^4} V_0(z) \left(f_{1L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) + f_{2L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) \right). \quad (10)$$

$V_0(z) = (kz)^2 \sqrt{2} L_0^{(1)}(k^2 z^2)$ vektor sahənin Kaluza-Kleyn modasının profil funksiyası, $f_{1L}^{(n)}$ və $f_{1R}^{(m)}$ isə nuklonların profil funksiyalarıdır. Nuklonlar üçün profil funksiyaların aşkar ifadələri (3) düsturları vasitəsilə verilmişdir.

$$\mathcal{L}_{FNN}^{(1)} = ik_1 e_A^M e_B^N (\bar{N}_1 \Gamma^{AB} (F_L)_{MN} N_1 - \bar{N}_2 \Gamma^{AB} (F_R)_{MN} N_2). \quad (11)$$

Burada, i -kompleks ədəd, k_1 -sabit əmsal, e_A^M və e_B^N əyrixətli fəzadan düzxətli fəzaya keçid veylbeyni olub, $e_M^A = \frac{1}{z} \eta_M^A$ şəklində təyin olunur. N_1 və N_2 uyğun olaraq 5-ölçülü Dirak fermion sahələridir. $\Gamma^{MN} F_{MN}$ matrisləri $\Gamma^{5\nu} F_{5\nu}$ və $\Gamma^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$ iki həddinin cəmindən ibarətdir.

$$g_{\rho NN}^{(1)nm} = -2 \int_0^\infty \frac{dz}{z^3} e^{-k^2 z^2} V_0(z) [k_1 \left(f_{1L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) - f_{2L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) \right) + k_2 v(z) \left(f_{1L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) + f_{2L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) \right)]. \quad (12)$$

Burada, J_μ nuklonlar üçün vektor cərəyan olub, ρ mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti vasitəsilə (8) şəklində ifadə olunur:

$$J_\mu(p', p) = g_{\rho NN} \bar{u}(p') \gamma_\mu u(p) \quad (8)$$

\tilde{V}_μ^0 isə J_μ cərəyanı üçün mənbə rolunu oynayır. 4-ölçülü impulsar olan q, p', v və p arasında enerji-impuls saxlanma əlaqəsi var: $q = p' - p$. Burada p' və p AdS fəzasının daxilindəki spinor sahələrin vektor sahə ilə qarşılıqlı təsirindən əvvəl və sonrakı impulsarıdır. KXD nəzəriyyə-sində isə p' və p uyğun olaraq, başlanğıc və son nuklonun 4-ölçülü impulsarıdır. ρNN mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitini hesablamaq üçün AdS fəzası daxilində vektor sahə ilə fermion sahələri arasındakı qarşılıqlı təsiri xarakterizə edən 5-ölçülü (1) təsirindən istifadə olunur. Bunun üçün (1) təsirinə daxil olan qarşılıqlı təsir Laqranjianının aşkar şəkildə ifadəsi qeyd olunmalıdır. Bu Laqranjian istifadə etdiyimiz modelin kalibrləşmə invariantlığına əsasən qurulur.

$$\mathcal{L}_{\rho NN}^{(0)} = \bar{N}_1 e_A^M \Gamma^A V_M N_1 + \bar{N}_2 e_A^M \Gamma^A V_M N_2. \quad (9)$$

Burada, N_1 və N_2 uyğun olaraq 5-ölçülü Dirak fermion sahələridir və $SU(2)_L \times SU(2)_R$ kiral kalibrləşmə qrupuna nəzərən (2,1) və (1,2) təsviri üzrə çevrilirlər.

e_A^M əyrixətli fəzadan düzxətli fəzaya keçid veylbeyni olub, $e_M^A = \frac{1}{z} \eta_M^A$ şəklində təyin olunur. V_M -vektor sahəni göstərir. Γ^A isə 5-ölçülü Dirak matrisləri olub, $\Gamma^A = (\gamma^\mu, -i\gamma^5)$ şəklində təyin olunur.

nuklon $g_{\rho NN}$ qarşılıqlı təsir sabitinə verdiyi aşağıdakı əlavəni almış olarıq:

5-ölçülü AdS fəzasının daxilindəki spinorlar maqnit momentinə malikdirlər. Bu səbəbdən onlar bu maqnit momenti vasitəsilə də vektor sahə ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu qarşılıqlı təsirə uyğun laqranjian 4-ölçülü nəzəriyyə-dəkinə analogi olaraq qurulur və aşağıdakı şəkllə malikdir:

$\mathcal{L}_{FNN}^{(1)}$ qarşılıqlı təsir laqranjianından istifadə edərək vektor mezon-nuklon $g_{\rho NN}$ qarşılıqlı təsir sabitinə verdiyi aşağıdakı əlavələri alarıq:

ƏDƏDİ HESABLAMALAR.

Beləliklə, AdS/KXD-nin sərt divar modelində ρ mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti $g_{\rho NN}$ üçün iki (10) və (12) integral ifadələrini alırıq. Yekun qarşılıqlı təsir sabiti bu iki ifadənin cəmi olacaqdır:

$$g_{\rho NN}^{s.d.} = g_{\rho NN}^{(0)nm} + g_{\rho NN}^{(1)nm}. \quad (13)$$

(13) ədədi hesablamalar isə MATHEMATİCA proqramından istifadə edərək hesablanır. A sabiti üçün $SU(2)$ simmetriyasında $a = 0.2757$ hesablanır. Parametrlər toplusu üçün aşağıdakı qiymətlər götürülür: $m_n=0.94$ (GeV), $\sigma=(0.213)^3$ GeV³, $m_q=0.0083$ GeV, $k_1=-0.98$ GeV³, $k_2 = 0.5$ GeV³. Sabitlərin bu qiymətləri nəzərə alınaraq yekun hesablamalar $g_{\rho NN}^{s.d.}=0,078$ qiymətini verir.

- | | |
|---|---|
| [1] <i>A. Cherman, T.D. Cohen, E.S. Werbos.</i> Phys. Rev. C79, 2009, 045203. | [6] <i>J. Erlich, E. Katz, D.T. Son and M.A. Stephanov.</i> Physics Review Letters 95:261602, 2005. |
| [2] <i>Makoto Natsuume.</i> ADS/CFT Duality User Guide, Lecture Notes in Physics 903, Springer. | [7] <i>N.Huseynova, Sh. Mamedov.</i> Int. J.Th. Phy. 2015, № 54, pp. 3799-3810 |
| [3] <i>D.K. Hong, T. Inami and H.U. Yee.</i> Physics Letters B646:165-171, 2007. | [8] <i>N. Maru and M. Tachibana.</i> Eur. Phys. J. C, 2009, v.63, pp. 123-132. |
| [4] <i>H.C. Ahn, D.K. Hong, C.Park and S. Siwach.</i> Physics Review D 80, 2009, 054001. | [9] <i>Z. Abidin and C. Carlson.</i> Physics Review D 79, 2009, 115003. |
| [5] <i>H.R. Grigoryan and A.V. Radyushkin.</i> Physics Review D 76, 2007, 095007. | [10] <i>A. Karch, E.Katz, D.T.Son and M.A. Stephanov.</i> Physics Review D 74, 2006, 015005. |

Sh. Mammadov, Sh. Tagiyeva

REVIEW OF INTERACTION CONSTANT OF MESON-NUCLEON VECTOR IN THE FRAMEWORK OF AdS/QCD HARD WALL MODEL

In the framework of AdS/QCD hard wall model ρ meson-nucleon interaction constant is calculated by us. Langrangian interaction is used between spinor, vector and pseudo-scalar fields in the internal part of AdS space. Using AdS/QCD correspondence principle the integral expression for meson-nucleon interaction constant is obtained and its numerical value is calculated.

Шахин Мамедов, Шахназ Тагиева

ПЕРЕСМОТР КОНСТАНТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕКТОРА МЕЗОН-НУКЛОН В РАМКАХ МОДЕЛИ ЖЕСТКОЙ СТЕНКИ AdS/KXD

В рамках модели жесткой стенки АДС/КХД мы вычислили константу взаимодействия ρ мезон –нуклон. Во внутренней части АДС пространства был использован лагранжиан взаимодействия между спинорным, векторным и псевдоскалярными полями. Используя принцип АДС/КТП соответствия, было получено интегральное выражение для константы мезон-нуклонного взаимодействия и было рассчитано её численное значение.

Qəbul olunma tarixi: 03.10.2018