

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

**SONLU TEMPERATURDA a_1 MEZON-NUKLON QARŞILIQLI
TƏSİR SABİTİNƏ ÜÇLÜ QARŞILIQLI TƏSİR
LAQRANJIANININ ƏLAVƏSİ**

Ş.A.MƏMMƏDOV^{1,2}, Ş.İ.TAĞIYEVA²

¹*Fizika Problemləri İnstitutu və Nəzəri Fizika kafedrası,*

²*Bakı Dövlət Universiteti,*

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

Sonlu temperaturda AdS/KXD-nin yumşaq divar modeli əsasında üçlü qarşılıqlı təsir həddinin a_1 aksial vektor mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinə əlavəsini öyrənmişik. Holoqrafik uyğunluq prinsipindən və sonlu temperaturda yumşaq divar modelində nuklonun, a_1 aksial-vektor mezonun profil funksiyalarından istifadə edərək a_1 aksial vektor mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti üçün integral ifadəsi alınmışdır və bu sabitin temperaturdan asılılıq qrafiki qurulub.

Açar sözlər: AdS/ KSN uyğunluğu, yumşaq-divar modeli, nuklon.

Müxtəlif modellər əsasında nəzəri və təcrübi olaraq elementar zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin və form faktorların hesablanması hadronlar fizikasının bir sıra problemlərini həll edir. Bu cür metodlardan biri AdS/KXD-nin sərt divar modeli və yumşaq divar modelləridir. [3,4,11-14] işlərdə AdS/KXD-nin sərt divar modeli və yumşaq divar modellərindən istifadə olunaraq elementar zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri hesablanmışdır. [9,15] işlərində isə müəlliflər sonlu temperaturda yumşaq divar modelində AdS/Şvarşild yavaşmasında mezon və baryonların kütlə spektrinin öyrənilməsinə və hadronların form faktorlarının hesablanması məsələsinə toxunulub. Bu məqalələrdə qeyd olunduğu kimi, AdS/Şvarşild metrikası aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$ds^2 = e^{2A(z)} \left[f_T(z) dt^2 - (d\vec{x})^2 - \frac{dz^2}{f_T(z)} \right] \quad (1)$$

Burada $x = (t, \vec{x})$ Minkovski koordinatlarıdır, z holoqrafik koordinatdır, $A(z) = \log(R/z)$, $f_T(z) = 1 - z^4/z_H^4$ kimi təyin olunurlar [9], R AdS fəzasının radiusudur.

Sonlu temperaturda yumşaq divar modelində AdS/Şvarşild yavaşması

əsasında a_1 aksial mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitini hesablammaq üçün ilk öncə, sonlu temperaturda yumşaq divar modelində nuklonun və a_1 aksial-vektor mezonun profil funksiyası müəyyən edilmişdir. Növbəti mərhələdə, a_1 aksial vektor mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin təyin olunma qaydasını qeyd edərək, nəticə etibarilə, aldığımız qarşılıqlı təsir sabitinin temperaturdan asılılıq qrafikini qurmuşuq.

Sonlu temperaturda yumşaq divar modelində profil funksiyaları

a) Nuklonların sonlu temperaturda yumşaq divar modelində profil funksiyaları.

Yumşaq divar modelində AdS/Şvarsşild yanaşması əsasında nuklonlar üçün profil funksiyasını təyin etmək üçün ilk öncə $B_{N_1\dots N_J}(x, r, T)$ iç fermion sahəsi üçün təsiri yazmaq:

$$S = \int d^4 x dr \sqrt{g} \bar{B}_{N_1\dots N_J}(x, r, T) \hat{D}_\pm(r) B^{N_1\dots N_J}(x, r, T) \quad (2)$$

$$\hat{D}_\pm(r) = \frac{i}{2} \Gamma^M \overleftrightarrow{\partial}_M - \frac{1}{4} \omega_M^{ab} \Gamma_a \Gamma_b \mp \mu(r, T) + U_F(r, T) \quad (3)$$

Burada, $\mu(r, T) = \frac{\mu}{f_T^{3/10}(r)}$ AdS fermionun beş ölçülü kütləsidir, $\omega_M^{ab} = (\delta_M^a \delta_r^b - \delta_M^b \delta_r^a) / r f_T^{3/10}(r)$ spin əlaqədir, Γ^M beş ölçülü matrislərdir və $\Gamma^M = \epsilon_a^M \Gamma^a$, $\Gamma^a = (\gamma^\mu, -i\gamma^5)$ kimi təyin olunur $\Gamma^M \overleftrightarrow{\partial}_M$ -qismən törəmə aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$\Gamma^M \overleftrightarrow{\partial}_M = \Gamma^M (\overleftarrow{\partial}_M - \overrightarrow{\partial}_M) = g^{MN} \epsilon_N^a \Gamma_a (\overleftarrow{\partial}_M - \overrightarrow{\partial}_M), \quad (4)$$

$$\epsilon_N^a = \frac{R}{z} \delta_N^a. \quad (5)$$

$U_F(r, T) = \varphi_T(r) / f_T^{3/10}(r)$ temperaturdan asılı olan dilaton potensialıdır, $\varphi_T(r)$ dilaton sahəsi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\varphi_T(r) = K_T^2 r^2 = (1 + \rho_T) k^2 r^2, \quad (6)$$

$$\rho_T = \left(\frac{9\alpha\pi^2}{16} + \delta_{T_1} \right) \frac{T^2}{12F^2} + \delta_{T_2} \left(\frac{T^2}{12F^2} \right)^2, \quad (7)$$

$$\delta_{T_1} = -\frac{N_f^2 - 1}{N_f}, \quad (8)$$

$$\delta_{T_2} = -\frac{N_f^2 - 1}{2N_f^2}. \quad (9)$$

N_f kvarkın rəyihə nömrəsidir. AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində k dilaton parametri ilə (7) ifadəsinə daxil olan F parçalanma sabiti arasında aşağıdakı əlaqə mövcuddur [1,2]:

$$F = k \frac{\sqrt{3}}{8}. \quad (10)$$

$B_z(x, r, T) = 0$ aksial kalibrəmə şərtindən istifadə edərək AdS fəzasında fermion sahəsinin 4-ölçülü eninə komponentləri üçün Kaluza-Kleyn ayrılışını yazmaq:

$$B_{\mu_1\dots\mu_J}^{L\setminus R}(x, r, T) = \sum_n B_{\mu_1\dots\mu_J}^{L\setminus R}(x, r, T) \Phi_{nJ}^{L\setminus R}(r, T), \quad (11)$$

$$B^{L\setminus R} = \frac{1 \mp \gamma^5}{2} B, \quad \gamma^5 B^{L\setminus R} = \mp B^{L\setminus R},$$

(11) ifadəsindəki $\phi_{nJ}^{L/R}(r, T)$ həddi nuklonun temperaturdan və holoqrafik koordinatdan asılı olaraq dəyişən profil funksiyasıdır. $\phi_{nJ}^{L/R}(r, T)$ profil funksiyası

$$\Phi_{nJ}^{L/R}(r, T) = e^{A(r)(J-2)} \phi_{nJ}^{L/R}(r, T) \quad (12)$$

əvəzləməsini ödədiyindən Şredinger tip hərəkət tənliyindən təyin olunur:

$$-\partial_z^2 + U_{L/R}(r, T) \phi_{nJ}^{L/R}(r, T) = M_n^2(T) \phi_{nJ}^{L/R}(r, T). \quad (13)$$

(13) hərəkət tənliyi ultrabənövşəyi və infraqırmızı oblastda, uyğun olaraq, aşağıdakı sərhəd şərtləri əsasında həll olunur:

$$\phi_{nJ}^{L/R}(r, T) \sim r^{N+L\pm 1/2}, \quad (14)$$

$$\phi_{nJ}^{L/R}(r, T) \rightarrow 0. \quad (15)$$

Sonlu temperaturda (13) hərəkət tənliyinin həlli, başqa sözlə desək, nuklonlar üçün sonlu temperatur halda yumşaq divar modelində profil funksiyası aşağıdakı kimi ifadə olunacaqdır [9,15]:

$$\phi_{nJ}^{L/R}(r, T) = \sqrt{\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+m_{L/R}+1)}} K_T^{m_{L/R}+1} r^{m_{L/R}+1/2} e^{-K_T^2 r^2/2} L_n^{m_{L/R}}(K_T^2 r^2). \quad (16)$$

(16) profil funksiyasına uyğun kütlə spektri aşağıdakı şəkildədir:

$$M_{nJ}^2(T) = 4K_T^2 \left(n + m + \frac{1}{2} \right) = 4k^2 (1 + \rho_T) \left(n + m + \frac{1}{2} \right). \quad (17)$$

b) Sonlu temperaturda a_1 aksial vektor mezonun profil funksiyası.

Aksial vektor mezonun yumşaq divar modelində profil funksiyası (buna bəzən iç-sərhəd-propaqatoru da deyilir) aşağıdakı kimi təyin edilmişdir [4,5]:

$$A_n^{yum.div.}(z) = e^{-k^2 z^2/2} (kz)^{m+1/2} \sqrt{\frac{2n!}{(m+n)!}} L_n^m(k^2 z^2) \quad (18)$$

Biz a_1 aksial vektor mezon üçün $m = 1$ qəbul etmişik. Bu əsas halda a_1 vektor mezon üçün profil funksiyası aşağıdakı kimi ifadə olunacaqdır:

$$A_n^{yum.div.}(z) = k^2 z^2 \sqrt{\frac{2}{n+1}} L_n^1(k^2 z^2). \quad (19)$$

Analoji olaraq sonlu temperatur halda a_1 aksial vektor mezon üçün profil funksiyası (20) şəklində ifadə olunacaq:

$$A_0^{yum.div.}(z, T) = K_T^2 z^2 \sqrt{\frac{2}{n+1}} L_n^1(K_T^2 z^2). \quad (20)$$

Sonlu temperatur halda $g_{a_1 NN}$ qarşılıqlı təsir sabitinin hesablanması.

Məlum olduğu kimi, yumşaq divar modelində AdS fəzasında təsir (21) şəklində ifadə olunur:

$$S_{q/t} = \int_0^\infty d^5 x \sqrt{G} e^{-K_T^2 z^2} \mathcal{L}_{q/t} \quad (21)$$

$L_{q/t}$ a_1 mezon-nuklonlar arasındakı qarşılıqlı təsir laqranjianıdır. AdS/KSN uyğunluğuna görə AdS fəzasının törədici funksiyası sərhəd KXD-nin törədici funksiyası ilə eynilik təşkil edir:

$$Z_{AdS} = Z_{KXD}. \quad (22)$$

İç aksial-vektor cərəyanı Z_{AdS} törədici funksiyasının ifadəsindən təyin olunur:

$$Z_{AdS} = e^{iS_{int}}. \quad (23)$$

Digər tərəfdən, AdS fəzasının sərhədində nuklonlar üçün 4-ölçülü aksial-vektor cərəyan törədici funksionalın ultrabənövşəyi sərhəddəki 4-ölçülü sahənin vakuüm qiymətinə görə funksional törəməsinə bərabərdir:

$$\langle J_\mu \rangle = -i \frac{\delta Z_{KXD}}{\delta \tilde{A}_\mu^0} \Big|_{\tilde{A}_\mu^0=0} \quad (24)$$

Burada, $\tilde{A}_\mu^0 = \tilde{A}_\mu(q, z=0) = A_\mu(q)$ aksial-vektor sahənin ultrabənövşəyi sərhəddəki qiymətidir ($A(q, z=0) = 1$). Aksial vektor cərəyanın (24) ifadəsini

$$J_\mu(p', p) = g_{a_1 NN} \bar{u}(p') \gamma_\mu \frac{\tau^a}{2} u(p) \quad (25)$$

ifadə ilə müqayisə edərək sonlu temperatur halda yumşaq divar modelində a_1 aksial vektor mezon-nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti təyin edilir. Bunun üçün ilk öncə (21) təsirində daxil olan $L_{q/t}$ qarşılıqlı təsir laqranjianını aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$L_{q/t} = \frac{i}{2} k_2 (\bar{\Psi}_1 X \Gamma^{MN} (F_R)_{MN} \Psi_2 - \bar{\Psi}_2 X^+ \Gamma^{MN} (F_L)_{MN} \Psi_1). \quad (26)$$

(26) laqranjianını (21) təsirində nəzərə alıb Z_{AdS} törədici funksiyasını müəyyən edib (24) düsturuna əsasən AdS fəzasının sərhədində nuklonlar üçün 4-ölçülü aksial-vektor cərəyanı təyin edirik. Alınan aksial vektor cərəyanı ilə (25) ifadəsini müqayisəsindən sonlu temperaturda yumşaq divar modelində a_1 aksial vektor mezon-nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabitini aşağıdakı kimi təyin etmiş oluruq:

$$g_{a_1 NN}(z, T) = 2g_Y \int_0^\infty \frac{dz}{z^4} A_0(z, T) v(z) \phi_R(z, T) \phi_L(z, T). \quad (27)$$

Ədədi hesablamalar

Beləliklə, a_1 aksial –vektor mezon və nuklonlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti üçün (27) inteqralı təyin edildi. Bu inteqralın hesablanması üçün MATHEMATİCA proqramından istifadə edilir.

$g_{a_1 NN}(z, T)$ qarşılıqlı təsir sabitinə daxil olan parametrlərin ədədi qiymətləri üçün $m_q = 8.3 \text{ MeV}$, $\Sigma = (0.213 \text{ MeV})^3$, $g_Y = 9.182$ qiymətləri təyin edilmişdir [6,7,8]. $v(z, T)$ funksiyası aşağıdakı şəkildədir:

$$v(z, T) = \frac{1}{2} m_q b z + \frac{\Sigma(T) z^3}{2b}.$$

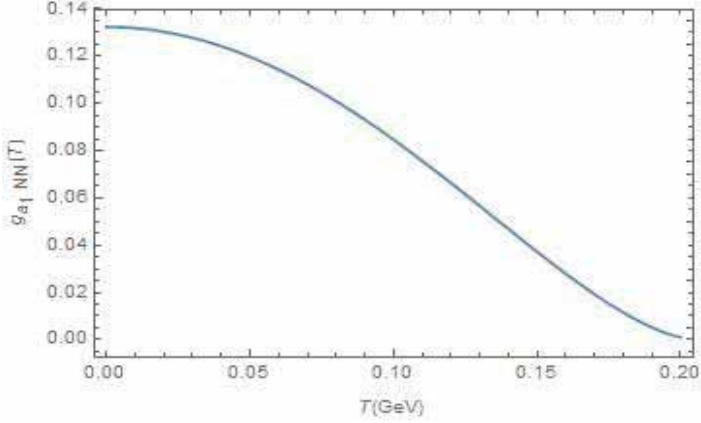
Burada $b = \sqrt{3}/2\pi$ AdS/KSN uyğunluğuna əsasən normallaşma sabiti-

dir, m_q kvark kütləsidir, $\Sigma(T)$ sonlu temperatur halda kiral kondensatıdır və aşağıdakı kimi təyin olunur:

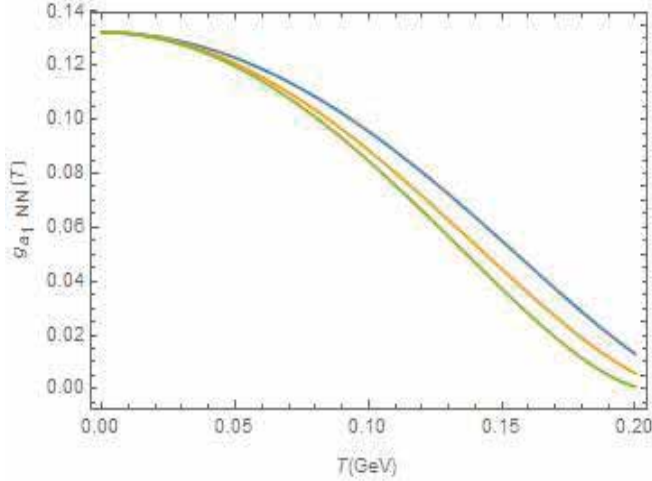
$$\Sigma(T) = \Sigma(1 + \Delta_T + O(T^6)).$$

Qrafik 1 –də $N_f = 3$, $F = 100 \text{ MeV}$ halda $g_{a_1 NN}(z, T)$ qarşılıqlı təsir sabitinin qrafikini qurmuşuq. Qrafik 2-də N_f kvarkın rəyihə nömrəsiylə F parçalanma sabitinin müxtəlif hallarına uyğun qrafiklər qurulmuşdur. Kvark

rayihə nömrəsinə uyğun olan parçalanma sabitinin ədədi qiymətləri [9,10] ədəbiyyatlarından götürülmüşdür.



Qrafik 1. $N_f = 3, F = 100 \text{ MeV}$ halı üçün $g_{a_1 NN}(z, T)$ qarşılıqlı təsir sabiti.



Qrafik 2. $G_{a_1 NN}(z, T)$ qarşılıqlı təsir sabitinin $N_f = 2, F = 87 \text{ MeV}, N_f = 3, F = 100 \text{ MeV}, N_f = 5, F = 140 \text{ MeV}$ hallarının müqayisəli şəkildə tədqiqi.

ƏDƏBİYYAT

1. S.J.Brodsky and G.F.de Teramond, Phys. Rev.Lett. 96, 201601(2006); Phys.Rev. D 77, 056007 (2008).
2. T.Branz, T.Gutsche, V.E. Lyubovitskij, İ.Schmidt and A.Vega, Phys. Rev. D 82, 074022 (2010).
3. N. Huseynova, Sh. Mamedov arxiv:1907.13477v1 [hep-ph] 30 Jul 2019.
4. Zh.Fang, D.Li, Y.L.Wu, IR-improved Soft wall AdS/ QCD Model for Baryons, [arxiv:1602.00379[hep-ph]].
5. H.J. Kwee, R. Lebed, JHEP 0801, 027, (2008), [arxiv: 0708.4054 [hep-ph]].
6. H.C.Ahn, D.K.Hong, C.Park and S.Siwach Phys. Rev.D, 80, 054001 [arxiv: 0904.3731].
7. A.Cherman, T.D.Cohen and E.S.Werbos, Phys. Rev. C 79, 045203, [arxiv: 0804.1096[hep-ph]].
8. D.K. Hong, H.C. Kim, S. Siwach, and H.U.Yee J.High Energy Phys. 0711, 036, [arxiv: 0709.0314 [hep-ph]].
9. Th.Gutsche, V.E.Lyubovitskij, İ.Schmidt and A.Y.Trifonov, Phys.Rev. D 99, 114023 (2019).

10. J.Gasser and H.Leutwyler, Phys. Lett. B 184, 83 (1987).
11. Sh.A. Mamedov, Sh. İ. Taghiyeva, Journal of Radiation Researches, vol.№2, 2019, Baku.
12. Sh. A.Mamedov, Sh.İ.Taghiyeva, GESJ Physics 2018 No.2(20).
13. Sh.A. Mamedov, Sh. İ. Taghiyeva, Journal of Baku Engineering University-Physics, 2019, Volume 3, Number 2.
14. D.K.Hong, T.Inami and H.U.Yee, Phys. Lett. B 646(2007).
15. Th. Gutsche, V.E.Lyubovitskij, İ.Schmidt and A.Y.Trifonov, Phys.Rev. D 99, 054030 (2019).

**CONTRIBUTION OF THE THREESOME INTERACTION LAGRANJIAN
TO THE CONSTANT OF a_1 MESON-NUCLEON INTERACTION
AT FINITE TEMPERATURE**

Sh.A.MAMEDOV, Sh.I.TAGHIYEVA

SUMMARY

We defined the contribution of the threesome interaction to the a_1 axial vector meson-nucleon coupling constant in the framework of the soft wall model of AdS/QCD at finite temperature. Using the AdS/CFT correspondence and profile functions of the nucleon, a_1 axial vector meson in the framework of the soft wall model at finite temperature the integral expression was obtained for the a_1 meson-nucleon coupling constant and we plot the graphic of dependence from the temperature of the coupling constant.

Key words: AdS/CFT correspondence, soft-wall model, nucleon.

**ВКЛАД ЛАГРАНЖИАНА ТРОЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ К КОНСТАНТЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ a_1 МЕЗОН-НУКЛОНА ПРИ КОНЕЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

Ш.А.МАМЕДОВ, Ш.И.ТАГИЕВА

РЕЗЮМЕ

Установили вклад тройного взаимодействия в постоянную взаимодействия аксиально- векторного a_1 мезон-нуклона на основании мягкой стенной модели АдС/КХД при конечной температуре. С применением принципа голографического соответствия в модели мягкой стены при конечной температуре получено интегральное выражение для постоянного взаимодействия аксиально- векторного a_1 мезон- нуклона с применением профильных функций аксиального вектора a_1 мезона и нуклона., а также построили график зависимости от температуры этого постоянного.

Ключевые слова: АдС/КПТ соответствие, модель мягкой стены, нуклон.