

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## MÜHİTDƏ VƏ VAKUUMDA MEZON VƏ NUKLONLARIN QARŞILIQLI TƏSİRİNİN $AdS/KXD$ MODELLƏRİNDƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

İxtisas: 2212.01-Nəzəri fizika

Elm sahəsi: Fizika

İddiaçı: **Şahnaz İlqar qızı Tağiyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

### AVTOREFERATI

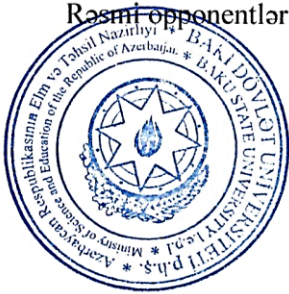
**Bakı-2025**

Dissertasiya işi Elm və Təhsil Nazirliyi Bakı Dövlət Universitetinin “Nəzəri fizika” kafedrasında və N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Nəzəri astrofizika və kosmologiya” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent  
**Şahin Əlisəttar oğlu Məmmədov**

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor  
**Təhmasib Məmməd oğlu Əliyev**

Rəsmi rəhbərlər: AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-riyaziyyat  
elmləri doktoru, professor  
**Oqtay Əbil oğlu Səmədov**



fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Gülnarə Hüseyn qızı Quliyeva**

fizika üzrə fəlsəfə doktoru  
**Ruslan Ağarza oğlu Nuriyev**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.19 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının sədri: fizika elmləri doktoru, dosent  
**Hüseyn Mikayıl oğlu Məmmədov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: fizika üzrə fəlsəfə doktoru  
**Şəhla Nəbi qızı Hacıyeva**

Elmi seminarın sədri: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor  
**Sərhəddin Məhəmməd oğlu Abdullayev**

Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi  
**BAKİ DÖVLƏT UNIVERSİTETİ** p.h.ç.  
Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan  
Baku State University i.e.p.  
**ELMI KATIB**  
SCIENTIFIC SECRETARY  
İmzalı təsdiq edilmişdir.  
“ 10 ” 03 2025

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Elementar zərrəciklər fizikasında vacib məsələlərdən biri də mühitdə və vakuumda, əsas və həyəcanlaşmış hallarda elementar zərrəciklər arasındakı güclü qarşılıqlı təsir sabitlərinin və əsas haldan həyəcanlaşmış hala keçid formfaktorlarının təyini məsələləridir. Mövcud dissertasiya işində bu kimi məsələlərə AdS/KSN (Anti de Sitter/Konform Sahə Nəzəriyyəsi) uyğunluğuna əsaslanan AdS/KXD (Anti de Sitter/Kvant Xoromodinamikası) modellərində baxılmışdır. AdS/KSN uyğunluğuna əsasən beşölçülü AdS fəzasında qravitasiya nəzəriyyəsinə dördölçülü Minkovski fəzasında kalibrəmə nəzəriyyəsi uyğun qoyulur.

AdS/KSN uyğunluğunun kvant xromodinamikasındakı fenomenoloji məsələlərinin araşdırılmasında xüsusi əhəmiyyətə malik olduğunu qeyd etmək lazımdır. Bu cür fenomenoloji məsələlərə elementar zərrəciklərin yaşama müddətinin təyini, müxtəlif növ parçalanma sabitinin və qarşılıqlı təsir sabitinin müəyyən edilməsi, həmçinin, müxtəlif növ formfaktorların təyini məsələləri daxildir. Bu məsələlərin həllində ortaya çıxan çətinliklər onunla əlaqədardır ki, KXD-də güclü qarşılıqlı təsir sabiti ötürülən impulsun kiçik qiymətlərində böyük qiymətlər aldığından,  $S$ -səpilmə matrisi nəzəriyyəsi güclü qarşılıqlı təsirin fenomenoloji məsələlərinə tətbiq edilmir. Məhz bu çətinlik səbəbindən, belə məsələlər nəzəri olaraq qeyri-həyəcanlaşma metodları əsasında həll edilir. Holoqrafik KXD-nin aşağıdan yuxarıya yanaşmasının AdS/KXD modellərində ötürülən enerji-impuls oblastına məhdudiyət qoyulmur. Ona görə də bu modellərdə digər qeyri-həyəcanlaşma metodları ilə müəyyən edilən hesablamalar ilə təcrübi hesablamalar arasındakı ədədi qiymətlər arasında böyük fərqlərə rast gəlinmir. Bu səbəbdən də həmin modellər qarşılıqlı təsir sabitlərinin, müxtəlif formfaktorların müəyyən edilməsi məsələlərində və kvark-qlion plazma məsələlərinin araşdırılmasında mühüm nəzəri əhəmiyyətə malikdir. Bu nöqtəyi nəzərdən, mövcud dissertasiya işində mühitdə və vakuumda mezon və barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin, həmçinin nuklon-həyəcanlaşmış nuklon keçidləri üçün

elektromağnit formfaktorlarının müəyyən edilməsində, eyni zamanda həyəcanlaşmış halda nuklonun elektromağnit xüsusiyyətlərinin araşdırılmasında AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərindən istifadə olunmuş və hesablamaların aparılması, müəyyən olunan nəticələrin vizuallaşdırılması üçün “MATHEMATİCA 9” proqram paketinin imkanlarından istifadə edilmişdir.

Dissertasiya işinin işlənmə dərəcəsi nöqtəyi nəzərindən qeyd etmək olar ki, elementar zərrəciklər arasında qarşılıqlı təsir sabitlərinin mühitdə və vakuumda müəyyən edilməsi başqa metodlarla digər nəzəri tədqiqatlarda da öyrənilmişdir. Nuklonların əsas və rezonans hallarının elektromağnit qarşılıqlı təsirinin dəqiq təyini üçün hazırda Jlab (Jeferson Lab) və MAMI (The Mainzer Microtron) kimi eksperimentlərin nəticələri mövcuddur. Ancaq bu nəticələrin müasir nəzəri tədqiqatlarla da təsdiq olunmasına ehtiyac var. Elə bu aspektdən, bir sıra müəlliflər tərəfindən müxtəlif modellərdə sıfır və sonlu temperatur hallarında nuklon-rezonans nuklon keçidinin Dirak və Pauli formfaktorları, elektrik və maqnit formfaktorları, spiral amplitudları, nuklonu təşkil edən proton və neytron üçün yük, maqnit radiusları, maqnit momenti və nuklonun rezonans elektrodoğulması prosesi öyrənilmişdir. Eləcə də, nuklon daxilində yükün fəza paylanması, nuklonu təşkil edən proton və neytronun elektrik və maqnit radiuslarını eksperimental olaraq tədqiq edən təcrübələr də mövcuddur<sup>12</sup>.

Elementar zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirin öyrənilməsi məsələsi nəinki sıfır temperatur halında, həmçinin sonlu temperatur halında da müstəsna əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, sonlu temperatur halında hadronların xassələrinin öyrənilməsi Kainatın ilkin təkamülü, hadron maddəsinin əmələ gəlməsi və onun faza keçidlərini başa düşməkdə əhəmiyyətli rol oynayır. Bu məsələlərə

---

<sup>1</sup> Arrington, J. Evaluation of the proton charge radius from e-p scattering / Sick I. // Journal of Physical and Chemical Reference Data, -2015, №3, 44, -p. 031204-031209.

<sup>2</sup> Zyla, P. A. Particle Data Group / P. A. Zyla, R.M. Barnett, J. Beringer [et al.] // Progress of Theoretical and Experimental Physics, -2020, 083C01, -p. 1823-2014.

digər modellərlə yanaşı, holoqrafik KXD-də də baxılır<sup>3</sup>.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqat işinin obyektı oktet mezon və oktet barionlardır. Tədqiqatın predmeti isə oktet mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir təpələrinə uyğun qarşılıqlı təsir sabitlərini və elektromaqnit keçid formfaktorlarını tədqiq etməkdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Dissertasiya işində əsas məqsəd AdS/KSN nəzəriyyəsinə əsaslanan AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərində, sıfır və sonlu temperatur hallarında mezon və barionlar arasında qarşılıqlı təsir sabitlərini təyin etmək, eləcə də, nuklon-həyəcanlaşmış nuklon keçidinin elektromaqnit formfaktorlarını, nuklonun rezonans hallarının elektromaqnit xassələrini tədqiq etməkdir və əldə edilən nəticələri məlum təcrübi faktlar və digər modellərdən alınmış nəticələrlə müqayisəli təhlil etməkdir. Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr yerinə yetirilmişdir:

1. AdS/KXD-nin sərt divar modelində nuklon-həyəcanlaşmış nuklon keçidi üçün elektromaqnit formfaktorlarının riyazi ifadələrinin alınması, bunların əsasında spiral amplitudları, elektrik və maqnit formfaktorlarını müəyyən edərək, ötürülən impulsun kvadratından asılılıqlarının qurulması;

2. AdS/KXD-nin sərt divar modelində  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1440, 1535, 1710)$  keçidlərinin hər biri üçün yük və maqnit radiuslarının hesablanması;

3. AdS/KXD-nin sərt divar modelində oktet mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin riyazi ifadələrinin alınması və onların ədədi qiymətlərinin hesablanması;

4. AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərinə daxil olan sərbəst parametrlərin müxtəlif qiymətlərində  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin tapılması;

5. Sonlu temperaturda, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində  $a_1$  və  $\pi$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitlərinin,  $a_1$ -mezon parçalanma sabitinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinin

---

<sup>3</sup> Chen, J. Critical exponents of finite temperature chiral phase transition in soft-wall AdS/QCD models / J. Chen, S. He, M. Huang [et al.] // Journal of High Energy Physics, -2019, №1, 1901,-p. 165-197

araşdırılması.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində nuklon-həyəcənlaşmış nuklon keçidinin elektromaqnit xüsusiyyətlərinin araşdırılması, həmçinin mühitdə və vakuumba mezonlar və barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin hesablanması holoqrafik KXD-nin aşağıdan-yuxarıya yanaşmasına aid olan AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modelləri daxilində edilmişdir.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:**

1.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1440)$  keçidində Dirak və Pauli formfaktorları üçün sərt divar modelində alınan nəticə  $1 < Q^2(GeV^2) < 5$  intervalında MAİD parametrləşdirməyə, CLAS təcrübi məlumatlara və valent kvark əlavələri modelinin verdiyi nəticələrə uyğun gəlir.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidinin Dirak formfaktorunu  $Q^2 = 1.75 GeV^2$  qiymətindən başlayaraq MAİD parametrləşdirmə, həmçinin CLAS, JLab/Hall C təcrübi nəticələrlə, eyni zamanda yarırelyativistik yanaşmanın verdiyi nəticələrlə uzlaşır. Həmin keçid üçün sərt divar modelində Pauli formfaktorunu üçün alınan nəticə  $Q^2 = 1 GeV^2$ -dan başlayaraq yarırelyativistik yanaşmaya nisbətən MAİD parametrləşdirmə ilə, CLAS və JLab/Hall C təcrübi nəticələr ilə daha çox uyğunluq təşkil edir.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  keçidi üçün isə Dirak və Pauli elektromaqnit formfaktorları uyğun olaraq  $Q^2 = 1.3 GeV^2$  və  $Q^2 = 0.8 GeV^2$  qiymətlərindən başlayaraq MAİD parametrləşdirmə ilə, CLAS təcrübi nəticələrlə uyğunluq təşkil edir.

2.  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  keçidi üçün  $A_{1/2}(Q^2)$ ,  $S_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudlarının  $Q^2$ -dan asılılığı MAİD parametrləşdirmə ilə, CLAS təcrübi nəticə ilə və valent kvark əlavələri modeli ilə müəyyən uyğunluq təşkil edir.  $N^*(1535)$  rezonans nuklon-nuklon keçidi üçün uzununa  $A_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudunun  $Q^2$ -dan asılılıq əyrisi ötürülən impulsun kvadratının  $Q^2 = 0.25 GeV^2$  qiymətindən və eninə  $S_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudu isə  $Q^2 = 1 GeV^2$  qiymətindən başlayaraq qeyd edilən təcrübi nəticələrlə yanaşı, PDG məlumatları və yarırelyativistik modelin nəticəsi ilə uyğunluq təşkil edir.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  keçid üçün  $A_{1/2}(Q^2)$  və  $S_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudların  $Q^2$ -dan asılılıq əyriləri təcrübi nəticələrlə və qeyri-

relativistik kvark modelində alınmış əyri ilə uyğunluq təşkil edir.

3.  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  ,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  nuklon rezonansları üçün  $G_E(Q^2)$  ayrıları təcrübi nəticələrlə və işıq cəbhəsi holoqrafik modeli daxilində əldə edilən nəticələrlə uyğunluq təşkil edir.  $G_M(Q^2)$  maqnit formfaktoru ötürülən impulsun kvadratının  $Q^2 = 0.5 \text{ GeV}^2$  qiymətindən başlayaraq hər iki keçid üçün sərt divar modelində əldə edilən nəticələr təcrübi nəticələrə və işıq cəbhəsi holoqrafik modelinin verdiyi nəticələrə uyğun gəlir.

4. AdS/KXD-nin sərt divar modelində  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1440, 1535, 1710)$  keçidləri üçün proton və neytronun yük və maqnit radiuslarının ədədi qiymətləri üçün alınan nəticələr əsas hal üçün yumşaq divar modelinin və təcrübələrin verdiyi nəticələrdən kiçik fərqlə fərqlənir.

5. İlk dəfə olaraq  $K$  -mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir sabitlərinin qiymətləri təyin edilmişdir və bu qarşılıqlı təsir sabitləri üçün nə təcrübi, nə də nəzəri nəticələr mövcud deyil. Həmçinin, müəyyən edilmişdir ki, AdS/KXD-nin sərt divar modelində  $\rho$ -mezon və  $\omega$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin qiymətləri U&A, ESC modellərinin nəticələri ilə uzlaşır.

6. AdS/KXD-nin sərt divar modelində  $\pi$  -mezon və oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin ədədi qiymətləri hesablanmışdır.  $g_{\pi NN}$  və  $g_{\pi \Sigma^0 \Sigma^0}$  üçün alınan nəticələr kiral soliton modeli ilə,  $g_{\pi \Xi^0 \Xi^0}$  qarşılıqlı təsir sabiti üçün alınan nəticə isə KXD cəm qaydası ilə uyğunluq təşkil edir.

7. AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərində  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlanmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri nuklonun əsas halında hesablanmış ədədi qiymətlərdən kifayət qədər böyükdür.

8. Sonlu temperatur halında, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində  $a_1$  və  $\pi$ - mezonlar ilə nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin, həmçinin,  $a_1$ -mezon parçalanma sabitinin qiymətləri temperatur artdıqca azalır və kritik temperatura yaxın qiymətdə sıfıra bərabər olur. Bu isə  $a_1$  və  $\pi$ -mezonların kritik temperaturda kvark və qlüonlara parçalanmasına uyğundur.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Dissertasiya işində ilk dəfə olaraq:

1. AdS/KXD-nin sərt divar modelində müsbət cütlüklü  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  (1440,1710) və mənfi cütlüklü  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  (1535) keçidləri üçün elektromaqnit formfaktorlarının analitik ifadələri alınaraq, ötürülən impulsun kvadratından asılılıqları müəyyən edilmişdir.

2. AdS/KXD-nin sərt divar modelində Dirak və Pauli formfaktorları əsasında  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  (1440, 1535, 1710) keçidləri üçün spiral amplitudlar, elektrik və maqnit formfaktorları müəyyən edilərək, onların ötürülən impulsun kvadratından asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

3.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  (1440, 1535, 1710) keçidlərində proton və neytronun, yük və maqnit radiuslarının ədədi qiymətləri hesablanaraq, nuklonun rezonans hallarının elektromaqnit xassələri müəyyən edilmişdir.

4. AdS/KXD-nin sərt divar modelində oktet mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin riyazi ifadələri müəyyən edilərək, ədədi qiymətləri hesablanmışdır.

5. AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərində  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri tapılmışdır;

6. Sonlu temperatur halında, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində  $a_1$ -mezon-nuklon və  $\pi$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitlərinin, eyni zamanda  $a_1$ -mezon parçalanma sabitinin temperaturdan asılılıqları tədqiq edilmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Dissertasiya işində vakuumba nuklon- həyəcanlaşmış nuklon keçidləri üçün elektromaqnit formfaktorları, oktet mezon-oktet barion,  $\rho$ -mezon-nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri və sonlu temperatur halında isə  $a_1$ -mezon-nuklon və  $\pi$ -mezon-nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri üçün aldığımız nəticələr effektiv kəsiklərin hesablanmasında istifadə oluna bilər. Bu effektiv kəsiklərin hesablanması elementar zərrəciklərin güclü qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Gələcəkdə CEBAF (Continuous Electron Beam Accelerator Facility-Davamlı Elektron Şüa Sürətləndirici Qurğu) sürətləndiricisində həyəcanlaşmış halda elementar zərrəciklər



arasındaki qarşılıqlı təsir sabitlərinin hesablanması nəzərdə tutulduğundan, bu işdə  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti üçün alınan nəticələr nəzəri olaraq bir etalon kimi götürülə bilər. Həmçinin, dissertasiya işində nəzəri olaraq alınan nəticələr Avropa Nüvə Tədqiqatları Mərkəzində, Böyük Hadron Kollayderində qarşılıqlı təsir sabitləri üçün təyin edilmiş təcrübi qiymətlər ilə müqayisə oluna bilər.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri aşağıdakı konfranslarda və elmi seminarlarda müzakirə olunmuş və onların materiallarında dərc edilmişdir:

➤ Gənc alimlər üçün “İnnovasiyaların idarə edilməsi” mövzusunda təcrübə proqramı (Dubna, Rusiya, 19-27 Sentyabr-2017);

➤ “Sənaye Tətbiqləri ilə Nəzarət və Optimallaşdırma” VI Beynəlxalq Konfrans (BDU, 11-13 İyul, 2018 Bakı);

➤ “Fizikada müasir trendlər” VII Beynəlxalq Konfrans (BDU, 15-17 Dekabr, 2021);

➤ “Holoqrafiya və onun tətbiqləri” I Beynəlxalq Konfrans (İran, Damghan Universiteti, 9-10 Mart, 2022);

➤ Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Ümumrəsədxana” elmi seminarı (18 May 2022);

➤ Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsinin elmi seminarı (25 May, 2022);

➤ Gənc alim və mütəxəssislər şurasının elmi seminarı (AMEA, 23 Sentyabr, 2022);

➤ “Mərkəzi Asiya və Qafqazın dinamika günləri” adlı Beynəlxalq Konfrans (BDU, 28-30 Sentyabr, 2022);

➤ “Canlı Kainat - Planetlərdən Qalaktikalara” Virtual Beynəlxalq Konfrans (ETN, ŞAR, 12-14 Oktyabr, 2022);

➤ “Holoqrafiya və onun tətbiqləri” II Beynəlxalq Konfrans (İran, Damghan Universiteti, 25-26 Yanvar, 2023);

➤ Fizika Problemləri İnstitutunun elmi seminarı (BDU, 2 Mart 2023);

➤ Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Ümumrəsədxana” elmi seminarı (12 Aprel 2023);

➤ Fizika İnstitutunun elmi seminarı (11 May, 2023);

➤ “Fizikada müasir trendlər” VIII Beynəlxalq Konfrans (BDU, 30 Noyabr-1 Dekabr, 2023);

➤ Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının Ümumrəsədxana və Gənc Alim və Mütəxəssislərinin genişləndirilmiş seminarı (3 May, 2024);

➤ “Kompyuter elmləri və qravitasiya-2024” Beynəlxalq Konfrans (Xəzər Universiteti, 19-23 Avqust, 2024).

### **Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Bakı Dövlət Universiteti və Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında yerinə yetirilmişdir.

**İddiənin şəxsi töhfəsi:** Holoqrafik nəzəriyyədə keçid formfaktorlarının təcrübi nəticələrə uyğun olduğu ötürülən impuls intervalları tapılmışdır. Nuklonlarla aksial vektor mezonun qarşılıqlı təsir sabitinin temperatur asılılığı nəzəri olaraq müəyyən edilmişdir. Bir neçə zərrəcik üçün güclü qarşılıqlı təsir sabitlərinin nəzəri qiymətləri holoqrafik nəzəriyyədə hesablanmışdır.

**Nəşrlər.** Dissertasiya işinin mövzusunə aid 14 elmi iş-9 elmi məqalə və 3 konfrans materialı, 2 tezis dərc edilmişdir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, eyni zamanda ixtisarların və şərti işarələrin siyahısı daxil olmaqla 180 səhifədən ibarətdir. İşin əsas hissəsi (şəkillər, cədvəllər və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla) 179435 işarədən (Giriş-17866, I fəsil-38614, II fəsil-41341, III fəsil-48344, IV fəsil-30950, Nəticə-2320) ibarətdir. O cümlədən, dissertasiyaya istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısına istinad olunan 152 adda mənbə və nəticələri əks etdirən 22 qrafik, 7 cədvəl daxildir.

## **İŞİN QISA MƏZMUNU**

**Girişdə** mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, tədqiqat metodları, dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiqi, işin quruluşu və həcmi, dissertasiyanın əsas

məzmunu, dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla, dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi haqqında məlumatlar əks olunmuşdur. Həmçinin, tədqiqatın elmi yeniliyi, dissertasiya işinin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar şərh olunmuşdur.

**Birinci fəsil**də Eynşteyn tənliyi, AdS fəza-zamanı və AdS/KSN uyğunluğu, elementar zərrəciklərin təsnifatı, Şvarzsild metrikası, qara dəlik və termodinamika qanunları arasındakı uyğunluq haqqında ümumi məlumatlar qeyd edilmişdir.

**İkinci fəsil**də AdS/KXD-nin sərt divar modelində nuklonların profil funksiyalarının, vektor sahəsinin daxilən-sərhədə propaqatorunun ifadəsinin müəyyən edilməsi haqqında məlumatlar geniş təfəssilatı ilə verilmişdir. O cümlədən,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidi üçün Dirak və Pauli formfaktorlarının riyazi ifadələri alınmışdır. Bu formfaktorlar əsasında elektrik və maqnit formfaktorların, spiral amplitudların ifadələri müəyyən edilərək, onların hər birinin ötürülən impulsun kvadratından asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  (1440, 1535, 1710) keçidlərində proton və neytronun yük və maqnit radiusları tapılaraq, həmin keçidlərin elektromaqnit xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Alınmış nəticələr eksperimental və bir sıra nəzəri modellərdən əldə olunan nəticələrlə müqayisə edilmişdir.

Sərt və yumşaq divar modellərində qarşılıqlı təsir sabitlərinin, formfaktorların hesablanması aşağıdakı beşölçülü təsir inteqralından istifadə edilir:

$$S_{q/t} = \int d^4x dz e^{-\varphi(z)} \sqrt{g} L_{q/t}(x, z). \quad (1)$$

AdS fəzasında törədici funksional iç təsir inteqralının eksponentinə bərabərdir:

$$Z_{AdS} = e^{iS_{q/t}}. \quad (2)$$

Məlumdur ki, sərhəd KXD nəzəriyyəsində nuklonların  $J_\mu$  vektor cərəyanının vakuuma görə orta qiyməti

$$\langle J_\mu \rangle = -i \frac{\delta Z_{KXD}}{\delta V_\mu(q)} \Big|_{V_\mu=0} = -i \frac{\delta e^{iS_{q/t}}}{\delta V_\mu(q)} \Big|_{V_\mu=0} \quad (3)$$

düsturu ilə təyin edilir. Nuklon-həyəcənlaşmış nuklon keçidi üçün elektromaqnit cərəyanı isə aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$J_\mu = \bar{u}_f(P_f) \left[ \gamma_\mu^T F_1^{fi}(Q^2) + \frac{1}{m_{fi}} \sigma_{\mu\nu} q_\nu F_2^{fi}(Q^2) \right] u_i(P_i). \quad (4)$$

(2) törədici funksionalın köməyiylə (3) düsturuna əsasən nuklonların vektor cərəyanının vakuuma görə orta qiyməti müəyyən edilir. Nuklonların dördölçülü (3) vektor cərəyanının ifadəsi ilə nuklon-həyəcənlaşmış nuklon keçidi üçün (4) elektromaqnit cərəyanının ifadəsinin müqayisəsindən, sərt divar modelində  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidinin Dirak və Pauli formfaktorları üçün

$$G_1(Q^2) = \frac{1}{2} \int_0^{z_m} dz V(Q, z) \sum_\tau c_\tau^{N^*N} (F_{\tau,0}^L(z) F_{\tau,1}^L(z) + F_{\tau,0}^R(z) F_{\tau,1}^R(z)), \quad (5)$$

$$G_2(Q^2) = \frac{1}{2} \int_0^{z_m} dz V(Q, z) \sum_\tau c_\tau^{N^*N} (F_{\tau,0}^R(z) F_{\tau,1}^R(z) - F_{\tau,0}^L(z) F_{\tau,1}^L(z)), \quad (6)$$

$$G_3(Q^2) = \frac{1}{2} \int_0^{z_m} dz \partial_z V(Q, z) \sum_\tau c_\tau^{N^*N} (F_{\tau,0}^L(z) F_{\tau,1}^L(z) - F_{\tau,0}^R(z) F_{\tau,1}^R(z)), \quad (7)$$

$$G_4(Q^2) = \frac{M}{2} \int_0^{z_m} dz V(Q, z) \sum_\tau c_\tau^{N^*N} (F_{\tau,0}^L(z) F_{\tau,1}^R(z) + F_{\tau,1}^L(z) F_{\tau,0}^R(z)) \quad (8)$$

inteqral ifadələri müəyyən edilir.

$N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidi üçün (5)-(8) inteqrallarından təşkil olunmuş  $F_1(Q^2)$ ,  $F_2(Q^2)$  Dirak və Pauli formfaktorları

$$F_1(Q^2) = G_1(Q^2) + g_V G_2(Q^2) + \eta_V G_3(Q^2), \quad (9)$$

$$F_2(Q^2) = \eta_V G_4(Q^2) \quad (10)$$

ifadələri ilə təyin edilir.

Nuklon-həyəcanlaşmış nuklon keçidi üçün  $F_{1,2}(Q^2)$  elektromağnit formfaktorlarını təyin etdikdən sonra,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidlərində proton və neytron üçün alternativ Lorens invariant kəmiyyətlər olan elektrik və maqnit-Saks formfaktorları təyin edilir:

$$G_E^{P,N}(Q^2) = F_1^{P,N}(Q^2) - kF_2^{P,N}(Q^2), \quad (11)$$

$$G_M^{P,N}(Q^2) = F_1^{P,N}(Q^2) + F_2^{P,N}(Q^2). \quad (12)$$

$N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidi üçün elektrik və maqnit formfaktorları müəyyən edildikdən sonra, proton və neytronun yük və maqnit radiusları üçün ifadələr alınmışdır. Nuklonun yük və maqnit radiusları elektrik və maqnit formfaktorları əsasında aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$r_E^2 = -6 \left. \frac{dG_E(Q^2)}{dQ^2} \right|_{Q^2=0}, \quad (13)$$

$$r_M^2 = -6 \left. \frac{dG_M(Q^2)}{dQ^2} \right|_{Q^2=0}. \quad (14)$$

$N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidi üçün spiral amplitudlar Dirak və Pauli formfaktorları əsasında tapılır. Spiral amplitudlar vasitəsilə spin nəzərə alındıqda formfaktorun qarşılıqlı təsirə verdiyi əlavə müəyyən edilir. Uzununa  $A_{1/2}(Q^2)$  və eninə  $S_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudlar  $H(Q^2)$  funksiyaları vasitəsilə ifadə olunur:

$$A_{1/2}(Q^2) = -bH_{\frac{1}{2},1}(Q^2), \quad (15)$$

$$S_{1/2}(Q^2) = b \frac{|p|}{\sqrt{Q^2}} H_{\frac{1}{2},0}(Q^2). \quad (16)$$

Burada  $|p|$  kəmiyyəti  $|p| = \frac{\sqrt{Q_+ Q_-}}{2M_{N^*}}$  ifadəsilə müəyyən edilir,  $H(Q^2)$  funksiyaları isə  $F_{1,2}(Q^2)$  formfaktorları ilə

$$H_{\pm \frac{1}{2},0}(Q^2) = \sqrt{\frac{Q_-}{Q^2}} \left( F_1(Q^2) M_+ - F_2(Q^2) \frac{Q^2}{M_{N^*}} \right), \quad (17)$$

$$H_{\pm \frac{1}{2},\pm 1}(Q^2) = -\sqrt{2Q_-} \left( F_1(Q^2) + F_2(Q^2) \frac{M_+}{M_{N^*}} \right). \quad (18)$$

şəklində əlaqəlidir. Burada  $Q_{\pm} = M_{\pm}^2 + Q^2$ ;  $M_{\pm} = M_{N^*} \pm M_N$ .  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidinin uzununa və eninə spiral amplitudları  $F_{1,2}(Q^2)$  elektromaqnit formfaktorları vasitəsilə

$$A_{1/2}(Q^2) = 2A_R \left[ F_1(Q^2) + \frac{M_{N^*} - M_N}{M_{N^*} + M_N} F_2(Q^2) \right], \quad (19)$$

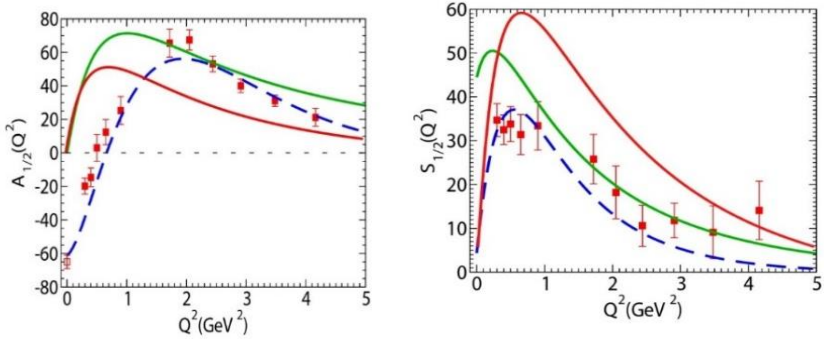
$$S_{1/2}(Q^2) = -\sqrt{2}A_R (M_{N^*} + M_N) \frac{|q|}{Q^2} \left[ \frac{M_{N^*} - M_N}{M_{N^*} + M_N} F_1(Q^2) - \tau F_2(Q^2) \right] \quad (20)$$

şəklində təyin edilir. Burada  $A_R = \frac{e}{4} \sqrt{\frac{Q_+^2}{M_N M_{N^*} K}}$ ,  $M_{N^*}$  -nuklonun rezonans halının kütləsi,  $M_N$ -nuklonun əsas halının kütləsidir.

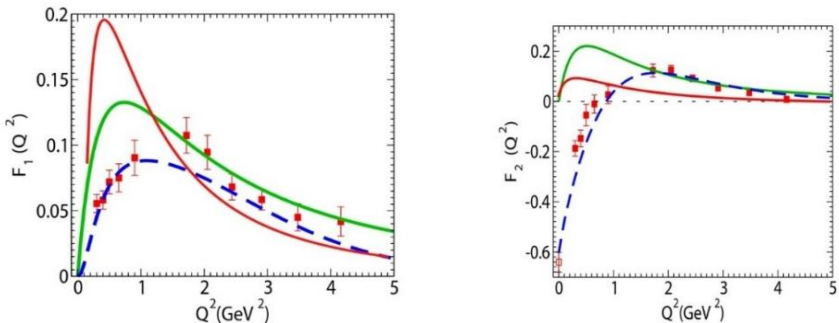
Qrafik 1-5-də  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidlərində elektromaqnit formfaktorlarının, spiral amplitudların, Saks formfaktorların  $Q^2$ -dan asılılıqları əks olunmuşdur. Həmçinin, sərt divar modelindən alınan nəticələrlə (qırmızı rəngli əyri) təcrübi faktlar və digər nəzəri modellərdən alınan nəticələr müqayisə edilmişdir [14 s. 541-551]. Müəyyən edilmişdir ki,  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  keçidində Dirak və Pauli

formfaktorları üçün AdS/KXD-nin verdiyi nəticələr  $1 < Q^2 (GeV^2) < 5$  intervalında MAİD parametrləşdirməyə, CLAS təcrübi məlumatlara və valent kvark əlavələri modelinin verdiyi nəticələrə uyğun gəlir. Qrafik 2-də  $R(1440)$  rezonans halın spiral amplitudları üçün alınmış nəticələr MAİD parametrləşdirmə, CLAS təcrübi nəticələrlə və valent kvark əlavələri modeli ilə müəyyən uyğunluq təşkil edir. Qrafik 3-də  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidinin Dirak formfaktorunun əyrisi  $Q^2 = 1.75 GeV^2$ -dan başlayaraq eyni zamanda yarırelyativistik yanaşmanın verdiyi nəticələrlə uzlaşır [9 s. 45-50]. Həmin keçid üçün Pauli formfaktoru üçün aldığımız nəticə yarırelyativistik yanaşmaya nisbətən  $Q^2 = 1 GeV^2$  -dan başlayaraq MAİD parametrləşmə, CLAS və JLab/Hall C kimi təcrübi nəticələr ilə daha çox uyğunluq təşkil edir. Qrafik 4-də  $N^*(1535)$  halı üçün təyin etdiyimiz  $A_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudunun  $Q^2$ -dan asılılıq qrafiki ötürülən impulsun kvadratının  $Q^2 = 0.25 GeV^2$  qiymətindən və  $S_{1/2}(Q^2)$  spiral amplitudu isə  $Q^2 = 1 GeV^2$  qiymətindən başlayaraq qeyd edilən təcrübi nəticələrlə yanaşı, PDG məlumatları və yarırelyativistik modelin nəticəsi ilə uyğunluq təşkil edir.  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  keçidi üçün Dirak və Pauli formfaktorları, spiral amplitudlar MAİD parametrləşdirmə ilə, CLAS təcrübi nəticələrlə, qeyri-relyativistik kvark modelindən əldə edilmiş nəticə ilə uyğunluq təşkil edir.

$N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  (mavi rəngli əyri),  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  (yaşıl rəngli əyri) nuklon-rezonans nuklon keçidləri üçün qrafik 5-də elektrik və maqnit formfaktorlarının ötürülən impulsun kvadratı- $Q^2$ -dan asılılıq qrafikləri göstərilmişdir. Elektrik formfaktoru təcrübi nəticələrlə və işıq cəbhəsi holoqrafiyasından əldə edilən nəticələrlə uyğunluq təşkil edir. Maqnit formfaktoru ötürülən impulsun kvadratının  $Q^2 = 0.5 GeV^2$  qiymətindən başlayaraq hər iki keçid üçün sərt divar modelində əldə etdiyimiz nəticələr, qeyd etdiyimiz təcrübi nəticələrə və işıq cəbhəsi holoqrafiyasının verdiyi nəticələrə uyğun gəlir. Sərt divar modelində  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  nuklon-rezonans nuklon keçidi üçün elektrik formfaktoru üçün əldə etdiyimiz nəticə MAİD parametrləşdirməyə, PDG, CLAS təcrübi məlumatlara və yarırelyativistik yanaşmadan əldə olunan nəticəyə uyğun gəlir. Maqnit formfaktoru üçün aldığımız nəticə isə MAİD parametrləşdirmə, yarırelyativistik modelin və təcrübə nəticələrinə uyğun gəlir.



**Qrafik 1.**  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  keçidinin Dirak və Pauli formfaktorlarının MAİD<sup>4</sup> (kəsik xətti əyri) parametrləşdirmə, CLAS<sup>5</sup> (qırmızı rəngli kvadratlar) və valent kvark əlavələri<sup>6</sup> modelinin nəticələri ilə müqayisəsi



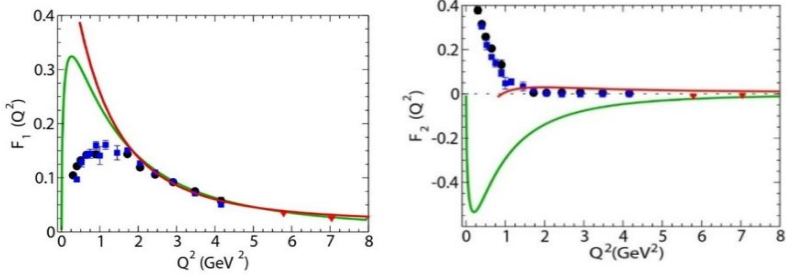
**Qrafik 2.**  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  keçidinin spiral amplitudların MAİD<sup>4</sup> (kəsik xətti əyri) parametrləşdirmə, CLAS<sup>5</sup> (qırmızı rəngli kvadratlar) təcrübəsinin və valent kvark əlavələri<sup>6</sup> modelinin nəticələri ilə müqayisəsi

<sup>4</sup> Tiator, L. Empirical transverse charge densities in the nucleon-to- $P_{11}(1440)$  transition / Vanderhaeghen M., // Physical Letters B, -2009, № 4-5, 672, -p.344-348

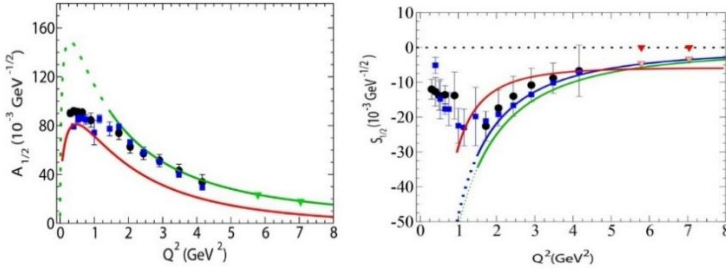
<sup>5</sup> Aznauryan, I. G. Electroexcitation of nucleon resonances from CLAS data on single pion electroproduction / I. G. Aznauryan, V. D. Burkert, A.S. Biselli [et al.], [CLAS Collaboration] // Physical Review C, -2009, №5, 80 -p. 055203-055225.

<sup>6</sup> Ramalho, G. Valence quark contributions for the  $\gamma^*N \rightarrow N(1440)$  form factors from light-front holography / Melnikov D. // Physical Review D, -2018, №3, 97-p. 034037-034049.





**Qrafik 3.**  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidinin Dirak və Pauli formfaktorlarının MAİD<sup>78</sup>, (kəşik xətlı əyri) parametrləşdirmə CLAS<sup>5</sup> (qırmızı rəngli kvadratlar), JLab/Hall C<sup>9</sup> (üçbucaq) təcrübələrinin və yarırelyativistik yanaşma<sup>10</sup> modelinin nəticələri ilə müqayisəsi



**Qrafik 4.**  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidində [11 s. 71-79] spiral amplitudların MAİD<sup>7,8</sup> (kəşik xətlı əyri) parametrləşdirmə, CLAS<sup>5</sup> (qırmızı rəngli kvadratlar), JLab/Hall C<sup>9</sup> (üçbucaq), PDG<sup>11</sup> təcrübələrinin və yarırelyativistik yanaşmanın<sup>10</sup> nəticələri ilə müqayisəsi

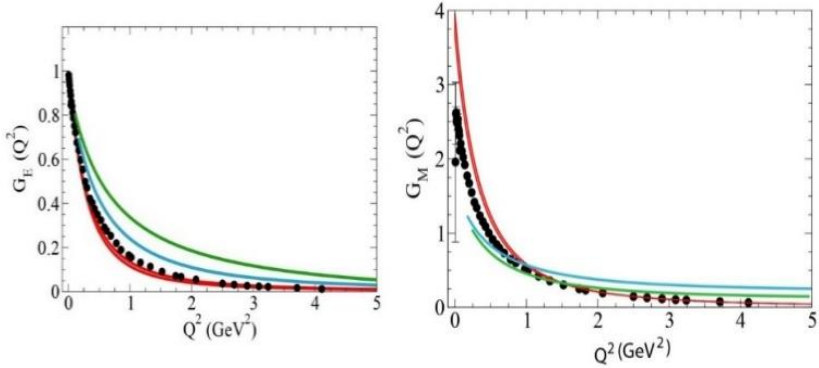
<sup>7</sup> Tiator, L. Baryon Resonance Analysis from MAID / L. Tiator, D. Drechsel, S.S. Kamalov [et al.] // Chinese Physics. C, -2009, №12, 33, -p. 1069-1076

<sup>8</sup> Drechsel, D. Unitary Isobar Model – MAID 2007 / Kamalov S.S., Tiator L. // European Physical Journal, -2007. № , A 34, -p. 69-97

<sup>9</sup> Dalton, M. M. Electroproduction of  $\eta$ -mesons in the  $S_{11}$  (1535) resonance region at high momentum transfer / M.M. Dalton, G.S. Adams, A. Ahmidouch [et al.] // Physical Review C, -2009, №1, 80, -p. 015205-015234

<sup>10</sup> Ramalho, G. Semirelativistic approximation to the  $\gamma^*N \rightarrow N(1520)$  and  $\gamma^*N \rightarrow N(1535)$  transition form factors / Physical Review D, -2017, №5, -p. 054008-054021

<sup>11</sup> Beringer, J. Review of particle physics / J. Beringer, J.F. Arguin, R.M. Barnett [et al.] // Physical Review D, -2012, № 1, 86,-p.010001-011525



**Qrafik 5.**  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  (mavi əyri) və  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1710)$  (yaşıl əyri) keçidlərində elektrik və maqnit formfaktorlarının təcrübi<sup>1213</sup> nəticələr və işıq cəbhəsi holoqrafiyasının<sup>14</sup> nəticəsi ilə müqayisəsi

Cədvəl 1-də  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidlərinin hər birində proton və neytron üçün yük və maqnit radiuslarının ədədi qiymətləri verilərək, alınan nəticələr isə təcrübi faktlarla və yumşaq divar modelindən alınan nəticələrlə müqayisə edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, bu radiusların ədədi qiymətləri ilə proton və neytronun əsas hal üçün alınmış təcrübi nəticələr və yumşaq divar modeli daxilində müəyyən edilmiş ədədi qiymətlər arasında çox az fərq var.

<sup>12</sup> Warren, G. Measurement of the Electric Form Factor of the Neutron at  $Q^2 = 0.5$  and  $1.0 \text{ GeV}^2/c^2$  / G. Warren, F. Wesselmann, H. Zhu [et al.] // Physical Review Letters, -2004, №4, 92, -p. 042301-042304

<sup>13</sup> Lachniet, J. A Precise measurement of the neutron magnetic form factor  $G_M^n$  in the few-  $\text{GeV}^2$  region / J. Lachniet, H. Arenhövel, W. K. Brooks [et al.]// Physical Review Letters, -2009, №19, 102, -p. 192001-192006

<sup>14</sup> Ramalho, G. Valence quark contributions for the  $\gamma^*N \rightarrow N(1440)$  form factors from light-front holography / Melnikov D. // Physical Review D, -2018, №3, 97, -p. 034037-034049

## Cədvəl 1.

### Nuklonun rezonans hallarının elektromaqnit xassələri

$(fm^2)$	$R(1440)$	$N^*(1535)$	$N^*(1710)$	$Y/d$ Mod. <sup>15</sup>	PDG <sup>16</sup>	Təcrübə
$\langle r_E^2 \rangle^p$	0.8207	0.7722	0.6640	0.840	$0.8768 \pm 0.0069$	
$\langle r_M^2 \rangle^p$	0.687	0.638	1.109	0.785	$0.777 \pm 0.013 \pm 0.010$	$0.831^{17, 18}$
$\langle r_E^2 \rangle^n$	-0.566	-0.312	-0.132	-0.117	$-0.1161 \pm 0.0022$	$-0.111^{19}$
$\langle r_M^2 \rangle^n$	0.8207	0.7722	0.6640	0.792	$0.862_{-0.008}^{+0.009}$	$0.864^{20}$

**Üçüncü fəsilədə** AdS/KXD-nin sərt divar modelinə oktet barionların daxil edilməsi haqqında müəyyən məlumatlar əks olunmuşdur. AdS/KXD-nin sərt divar modelində oktet mezon və bu oktetə daxil olan  $\pi$ -mezon üçün beşinci ölçü üzrə dalğa funksiyalarının hesablanması verilmiş, həmçinin sərt və yumşaq divar modellərində  $\rho$ -vektor mezon üçün profil funksiyalarının və yumşaq divar modelində spinor sahə üçün beşinci ölçü üzrə dalğa funksiyasının riyazi ifadələrinin alınması öz əksini tapmışdır. Bu modellərdə oktet mezon və oktet barion,  $\pi$ -mezon-oktet barion,  $\rho$ -

<sup>15</sup> Gutsche, T. Nucleon resonances in AdS/QCD / T. Gutsche, V.E. Lyubovitskij, I.Schmidt [et al.] // Physical Review D, -2013, №1, 87, -p. 016017-016027

<sup>16</sup> Nakamura, K. Review of particle physics / Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 2010, 37 (7A), -p. 075021-075022

<sup>17</sup> Bernauer, J. C. The electric and magnetic form factors of the proton / J. C. Bernauer, M.O. Distler, J. Friedrich [et al.] // Physical Review C, -2014, №1, 90, -p.015206-015243

<sup>18</sup> Arrington, J. Evaluation of the proton charge radius from e-p scattering /Sick I. // Journal of Physical and Chemical Reference Data, -2015, №3, 44, -p. 031204-031209

<sup>19</sup> Kelly, J. J. Simple parametrization of nucleon form factors / Physical Review C, -2004, №6, 70, -p. 068202-068204

<sup>20</sup> Zyla, P. A. Particle Data Group / P. A. Zyla, R.M. Barnett, J. Beringer [et al.] // Progress of Theoretical and Experimental Physics, -2020, 083C01, -p 1823-2014

mezon və nuklonun birinci həyəcənlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin inteqral ifadələri alınaraq, ədədi qiymətləri hesablanmış və alınmış nəticələrin digər nəzəri modellərdə müəyyən olunmuş nəticələrlə müqayisəsi verilmişdir.

Vektor sahəsinin fermion cərəyanları ilə kalibrəlmə sahəsi arasında minimal qarşılıqlı təsir laqranjiani, daxili fəzadakı spinorlarla daxildəki vektor sahə arasında maqnit-tip qarşılıqlı təsir laqranjiani və  $X$ -skalyar sahənin fermion-vektor mezon sahələrlə qarşılıqlı təsir laqranjiani uyğun olaraq aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

$$L^{(1)} = \bar{\Psi}_1 e_A^M \Gamma^A V_M \Psi_1 + \bar{\Psi}_2 e_A^M \Gamma^A V_M \Psi_2, \quad (21)$$

$$L^{(2)} = ik_1 e_A^M e_B^N (\bar{\Psi}_1 \Gamma^{AB} (F_L)_{MN} \Psi_1 - \bar{\Psi}_2 \Gamma^{AB} (F_R)_{MN} \Psi_2), \quad (22)$$

$$L^{(3)} = \frac{i}{2} k_2 e_A^M e_B^N (\bar{\Psi}_1 X \Gamma^{AB} (F_R)_{MN} \Psi_2 + \bar{\Psi}_2 X^+ \Gamma^{AB} (F_L)_{MN} \Psi_1). \quad (23)$$

(21)–(23) laqranjianlarının oktet mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsirinə verdiyi əlavələr

$$f^{(1)nm} = \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^4} V_0(z) \left( \Phi_{1L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{1L}^{(m)}(z) + \Phi_{2L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{2L}^{(m)}(z) \right), \quad (24)$$

$$f^{(2)nm} = -2 \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^3} V_0(z) k_1 \left( \Phi_{1L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{1L}^{(m)}(p, z) - \Phi_{2L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{2L}^{(m)}(p, z) \right) + k_2 v(z) \left( \Phi_{1L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{2L}^{(m)}(p, z) + \Phi_{2L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{1L}^{(m)}(p, z) \right), \quad (25)$$

$$f^{(3)nm} = 4m_b \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^3} V_0(z) k_1 \left( \Phi_{1L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{1R}^{(m)}(p, z) - \Phi_{2L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{2R}^{(m)}(p, z) \right) \quad (26)$$

$$+k_2 v(z) \left( \Phi_{1L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{2R}^{(m)}(p, z) + \Phi_{2L}^{(n)*}(p', z) \Phi_{1R}^{(m)}(p, z) \right).$$

şəklində müəyyən edilmişdir. Oktet mezon və oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitini müəyyən etmək üçün (21)-(23) qarşılıqlı təsir laqranjianlarının oktet mezon-oktet barionların qarşılıqlı təsirinə verdiyi (24)-(26) əlavələrini cəmləmək lazımdır:

$$f^{nm} = f^{(1)nm} + f^{(2)nm} + f^{(3)nm}. \quad (27)$$

$\pi$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitini hesablamaq üçün Yukava qarşılıqlı təsir laqranjianından istifadə edilmişdir:

$$\mathcal{L}_{Yukava} = -g_Y [\bar{B}_1 X B_2 + \bar{B}_2 X^+ B_1]. \quad (28)$$

(28) laqranjianını (1) təsirində nəzərə alaraq, AdS fəzasında daxili nəzəriyyədəki  $Z_{AdS}$  törədici funksionalı təyin edilir. Holoqrafik prinsipə görə bu törədici funksional sərhəd nəzəriyyədəki KXD-nin törədici funksionalı ilə eynidir. Bu eyniləşmə əsasında KXD-dəki barion cərəyanının vakuuma görə orta qiyməti həmin törədici funksionaldan variasiya alınmışdır. Əldə edilən cərəyan ilə dördölçülü fəzadakı (4) cərəyanın ifadələrinin müqayisəsindən  $\pi$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitinin riyazi ifadəsi tapılır:

$$g_{\pi\text{-o.b.}} = \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^5} v(z) f(z) g_Y (\varphi_{1L}(p', z) \varphi_{2R}(p, z) + \varphi_{2R}(p', z) \varphi_{1L}(p, z)). \quad (29)$$

$\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitinin təyinindən öncə fermionların cərəyanı ilə vektor sahəsinin kalibrəmə qarşılıqlı təsir laqranjianı qurulur:

$$L^{(1)} = \bar{N}_1 e_A^M \Gamma^A V_M N_1 + \bar{N}_2 e_A^M \Gamma^A V_M N_2. \quad (30)$$

İkinci laqranjian həddini yazmazdan öncə qeyd edək ki, daxili spinor sahələrin ultrabənövşəyi sərhəddə təsvir etdikləri nuklonlar maqnit momentinə malikdirlər. Buna görə də 5-ölçülü fəzada spinor sahələrə maqnit momentinə analogi hədd yazılır və spinor sahələr daxili vektor sahəsi ilə bu “moment” vasitəsilə

qarşılıqlı təsirdə ola bilər. Aydın məsələdir ki, sərhəd KXD-də bu qarşılıqlı təsir  $\rho$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsirinə müəyyən əlavə verəcəkdir. Bu qarşılıqlı təsirin laqranjianını isə aşağıdakı ifadə ilə vermək olar [1 s. 252-254]:

$$L^{(2)} = ik_1 e_A^M e_B^N (\bar{N}_1 \Gamma^{AB} (F_L)_{MN} N_1 - \bar{N}_2 \Gamma^{AB} (F_R)_{MN} N_2). \quad (31)$$

Maqnit momenti tip həddin hesabında fermion və vektor sahələrinin (31) qarşılıqlı təsir laqranjianından başqa, daha mürəkkəb formada qarşılıqlı təsir forması da mövcuddur. Bu qarşılıqlı təsirdə  $X$  daxili skalyar sahə də iştirak edir və həmin qarşılıqlı təsir laqranjianı

$$L^{(3)} = \frac{i}{2} k_2 e_A^M e_B^N (\bar{\Psi}_1 X \Gamma^{AB} (F_R)_{MN} \Psi_2 + \bar{\Psi}_2 X^+ \Gamma^{AB} (F_L)_{MN} \Psi_1) \quad (32)$$

şəklində ifadə olunur. (30)-(32) qarşılıqlı təsir laqranjianlarının ifadələrini (1) qarşılıqlı təsir integralında nəzərə alaraq müəyyən hesablamalar etdikdən sonra törədici funksional müəyyən edilir. (3) ifadəsi əsasında ultrabənövşəyi sərhəddə cərəyanın vakuuma görə orta qiyməti tapılaraq nuklon cərəyanının

$$J = c_{\rho NN} \bar{u}(p') \gamma_\mu u(p) \quad (33)$$

ifadəsi ilə müqayisə edilir və  $c_{\rho NN}$  -  $\rho$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsirinə (30)-(32) laqranjianlarının verdiyi əlavələrin aşağıdakı integral ifadələri alınır [2 s.45-46]:

$$c^{(1)nm} = \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^4} V_0(z) \left( f_{1L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) + f_{2L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) \right), \quad (34)$$

$$c^{(2)nm} = -2 \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^3} V_0(z) \left[ k_1 \left( f_{1L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) - f_{2L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) \right) + \right.$$

$$+k_2 v(z) \left( f_{1L}^{(n)*}(z) f_{2L}^{(m)}(z) + f_{2L}^{(n)*}(z) f_{1L}^{(m)}(z) \right), \quad (35)$$

$$c^{(3)nm} = 4m_b \int_0^{z_m} \frac{dz}{z^3} V_0(z) [k_1 \left( f_{1L}^{(n)*}(z) f_{1R}^{(m)}(z) - f_{2L}^{(n)*}(z) f_{2R}^{(m)}(z) \right) + k_2 v(z) \left( f_{1L}^{(n)*}(z) f_{2R}^{(m)}(z) + f_{2L}^{(n)*}(z) f_{1R}^{(m)}(z) \right)]. \quad (36)$$

Holoqrafik KXD-də (34)-(36) ifadələrinin əsasında  $c_{\rho NN}$ - $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabitinin ədədi qiyməti aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$c^{(q/t)nm} = c^{(1)nm} + c^{(2)nm} + c^{(3)nm}. \quad (37)$$

Qarşılıqlı təsir sabitlərinin (25), (26) və (29) ifadələrində  $k$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $g_Y$ ,  $m_q$  və  $\sigma$  kimi sərbəst parametrlər iştirak edir. Bu parametrlərin ədədi qiymətləri digər nəzəri işlərdə hesablanmışdır. Belə ki,  $k$  parametrlərinin ədədi qiyməti  $a_1$ -mezon-nuklon üçün AdS/KXD-nin yumşaq divar modelindən tapılan kütlə spektri ilə həmin zərrəciyin uyğun olaraq kütləsi üçün tapılmış təcrübi qiymətlərinə bərabərliyindən alınmışdır və  $k$  parametri üçün  $k = 0.383 \text{ GeV}$  qiymətindən istifadə olunmuşdur.  $k_1$  və  $k_2$  parametrlərinin ədədi qiymətləri isə sərt divar modelində  $g_{\rho NN}$  və  $g_{\pi NN}$  qarşılıqlı təsir sabitlərinin ədədi qiymətləri fiksasiya edilərək tapılmışdır<sup>21</sup>.  $z_m$ ,  $\sigma$ ,  $m_q$  parametrlərinin  $z_m^{-1} = 0.323 \text{ GeV}$ ,  $\sigma = (0.327)^3 \text{ GeV}^3$  və  $m_q = 0.00229 \text{ GeV}$ ,  $g_Y = 9.182$  ədədi qiymətlərindən istifadə edilmişdir.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Ahn, H. C. Spin 3/2 Baryons and Form Factors in AdS/QCD / Hong D. K., Park C. // Physical Review D, -2009, №5, 80, -p.054001-054028

<sup>22</sup> Hong, D. K. The Electric Dipole Moment of the Nucleons in Holographic QCD / D. K. Hong, H. C Kim, S. Siwach [et al.] // Journal of High Energy Physics, - 2007. №11, -p. 036-057

Cədvəl 2.

 **$\omega$ -mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir sabitləri**

model	$p, n$	$\Lambda$	$\Sigma_s$	$\Xi_s$
$f^{nm}$	1.22	4.867	1.139	0.387
U&A <sup>23</sup>	1.99			
YN <sup>24</sup>	3.317	2.211	2.211	
Bonn <sup>25</sup>	4.472	2.981	2.796	
ESC <sup>26</sup>	3.5452	2.8158	2.0863	2.0863

Cədvəl 2-3-də sərt divar modelində oktet mezon və oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri üçün əldə etdiyimiz hesablamalarla eksperimental qiymətlərin, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelindən, həmçinin U&A, YN, ESC və Bonn modellərindən alınan nəticələrin müqayisəli təhlili aparılmışdır.  $\rho$ -mezon və oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərindən  $f_{\rho NN}$  üçün alınan nəticə U&A modelindən və AdS/KXD-nin yumşaq divar modelindən alınan nəticə ilə müəyyən uyğunluq təşkil edir.  $\rho$ -mezon və  $\Sigma_s$ ,  $\Xi_s$  oktet barionları arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri üçün alınmış ədədi qiymətlər ESC modelindən əldə olunan ədədi qiymətlərə uyğun gəlir. AdS/KXD-nin sərt divar modelində ilk dəfə nəzəri olaraq  $K$ -mezon və oktet barionlar arasında qarşılıqlı təsir sabitlərinin ədədi qiymətləri müəyyən olunmuşdur və bu qarşılıqlı təsir sabitləri üçün nə nəzəri, nə də eksperimental nəticələr olmadığından alınan nəticələrin müqayisəsi aparılmamışdır.  $\omega$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinə gəldikdə

<sup>23</sup> Adamuscin, C. Numerical values of  $f^F$ ,  $f^D$ ,  $f^S$  coupling constants in SU(3) invariant interaction Lagrangian of vector-meson nonet with  $\frac{1}{2}^+$  octet baryons / C. Adamuscin, E. Bartos, S. Dubnicka [et al.]. // Physical Review C, -2016. № 5, 93, -p. 055208-055224

<sup>24</sup> Haidenbauer, J. Jülich hyperon-nucleon model revisited / Meißner U. G. // Physical Review C, -2005, №4, 72, -p. 044005-044227

<sup>25</sup> Holzenkamp, B. A meson exchange model for the hyperon-nucleon interaction / Holinde K., Speth J. // Nuclear Physics A, -1989. №3, 500, -p. 485-528

<sup>26</sup> Rijken, T. A. Baryon-Baryon Interactions:- Nijmegen Extended-Soft-Core Models / Nagels M. M., Yamamoto Y. // Progress of Theoretical Physics Supplement, -2010, №185, -p. 14-71



isə,  $f_{\omega NN}$  üçün alınmış qiymətlər U&A modeli əsasında hesablanmış ədədi qiymətlərə uyğundur.  $\omega$ -mezon- $\Lambda$ -barion arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti üçün əldə olunmuş nəticə Bonn modelində hesablanmış ədədi qiymətlə uyğunluq təşkil edir. Bu qarşılıqlı təsir sabiti üçün müxtəlif modellərdən müxtəlif nəticələr əldə edilmişdir.  $f_{\omega\Sigma\Sigma}$  və  $f_{\omega\Sigma\Sigma}$  sabitləri üçün aşkar edilmiş ədədi qiymətlər isə ESC modelindən əldə edilmiş nəticələrlə müəyyən uyğunluq təşkil edir.

### Cədvəl 3.

#### $\pi$ -mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir sabitləri [13 s. 660-666]

Model	$g_{\pi NN}$	$g_{\pi\Sigma^0\Sigma^0}$	$g_{\pi\Sigma^-\Sigma^-}$	$g_{\pi\Sigma^0\Sigma^0}$
$g_{\pi-o.b.}$	2.941	3.516	2.516	2.4799
Kiral soliton <sup>27</sup>	3.524±0.012	3,356±0,014	1.164±0.004	-0.985±0.015
KXD cəm qaydası <sup>28</sup>		2,8±0,3		2,4±0,2
Sərt divar <sup>29</sup>	1.76			
ESC <sup>25</sup>	3,639	3.290		-1.475
YN <sup>30</sup> , Bonn <sup>31</sup>	3.795	3.036		

Cədvəl 3-də sərt divar modelində  $\pi$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri üçün tapdığımız nəticələr kiral soliton modelindən, KXD cəm qaydasından, ESC, Bonn və YN modellərindən əldə olunan nəticələr müqayisəli şəkildə əks olunmuşdur [4 s.160-165]. Həmin cədvəldən görüldüyü kimi, sərt

<sup>27</sup> Yang G. S., Meson–baryon coupling constants of the SU(3) baryons with flavor SU(3) symmetry breaking / Kim H. Ch // Physical Letters B, -2018, № , 785, -p. 434-440

<sup>28</sup> Aliev T. M., Strong transitions of decuplet to octet baryons and pseudoscalar mesons / Azizi K., Savcıa M. // Nuclear Physics A, -2010, №1-2, 847, -p.101-117

<sup>29</sup> Kim H. Ch., Mesons and nucleons from holographic QCD in a unified approach / Journal of High Energy Physics, -2009, №11, -p.034-048

<sup>30</sup> Haidenbauer, J. Jülich hyperon-nucleon model revisited / Meißner U. G. // Physical Review C, -2005, №4, 72, -p. 044005-044227

<sup>31</sup> Holzenkamp, B. A meson exchange model for the hyperon-nucleon interaction / Holinde K., Speth J. // Nuclear Physics A, -1989. №3, 500, -p. 485-528

divar modelində və digər modellərdə  $\pi$ -mezon və nuklon arasında qarşılıqlı təsir sabiti üçün əldə olunan ədədi qiymətlər müxtəliflik təşkil edir.  $g_{\pi\Sigma^0\Sigma^0}$  qarşılıqlı təsir sabiti üçün aşkar edilmiş ədədi qiymət kiral soliton modeli ilə,  $\pi$ -mezon və  $\Sigma^0$ -barion arasında qarşılıqlı təsir sabiti üçün müəyyən olunan ədədi qiymət KXD cəm qaydasından alınan nəticə ilə uyğunluq təşkil edir.

Sərt və yumşaq divar modellərində  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasında qarşılıqlı təsir sabiti üçün hesablanmış nəticələr uyğun olaraq cədvəl 4 və cədvəl 5-də əks olunmuşdur. Hesablamalar  $z_m^{-1}$  parametrinin  $z_m^{-1} = 0.4 \text{ GeV}$ ,  $z_m^{-1} = 0.6 \text{ GeV}$  qiymətlərində və  $k_1, k_2$  parametrlərinin  $k_1 = -0.98 \text{ GeV}^3$ ,  $k_2 = 1.25 \text{ GeV}^3$  və  $k_1 = -0.78 \text{ GeV}^3$ ,  $k_2 = 0.5 \text{ GeV}^3$  iki müxtəlif qiymətlərində aparılmışdır. [3 s. 38-42].

Sərt və yumşaq divar modellərində  $\rho$ -mezon və nuklon arasında qarşılıqlı təsiri tədqiq edərkən nuklonun birinci həyəcanlaşmış halına baxıldığından, alınan nəticələri müqayisə etmək mümkün olmamışdır. Ancaq qeyd etmək olar ki, biz həyəcanlaşmış hala baxdığımızdan  $\rho$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin ədədi qiymətləri əsas halda hesablanmış qiymətlərə nisbətən böyük olmalıdır.

#### Cədvəl 4.

##### Sərt divar modelində $\rho$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti

$z_m^{-1}$	$c^{(1)}$	$c^{(2)}$	$c^{(3)}$	$c^{(q/t)}$	
0.4	0.96359	4.29	-1.40	3.85	$2,52 \pm 0,06^{32}$
0.6	1.01	8.86	1.37	11.24	$4,2 \sim 6,5^{3334}$

<sup>32</sup> Stoks, V.G.J. Meson-baryon coupling constants from a chiral-invariant SU(3) Lagrangian and application to NN scattering / Nuclear Physics A, -1997, №4, 613, -p. 311-341

<sup>33</sup> Hohler, G. The  $\rho$ NN vertex in vector-dominance models / Pietarinen E. // Nuclear Physics B, -1975, №2, 95, -p. 210-230

<sup>34</sup> Gross, F. High-precision covariant one-boson-exchange potentials for np scattering below 350 MeV / Stadler A. // Physical Letters. B, -2007, № 4-5, 657, -p. 176-179

**Cədvəl 5.**

**Yumşaq divar modelində  $\rho$  -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabiti**

	$c^{(1)}$	$c^{(2)}$	$c^{(3)}$	$c^{(q/t)}$		
$k_1 = -0.98$	2.48	3.11	10.25	15.84		14.36 <sup>23</sup>
$k_1 = -0.78$	0.98	1.39	4.25	7.65	6.78 <sup>35</sup>	

**Dördüncü fəsildə** sonlu temperatur halında, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində mezon və barionlar üçün profil funksiyaların tapılmasına baxılmışdır. Eyni zamanda, həmin modeldə  $a_1$  -mezon-nuklon və  $\pi$  -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitlərinin və  $a_1$  -mezon parçalanma sabitinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir.  $a_1$  -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilərkən aşağıda qeyd edilmiş qarşılıqlı təsir laqranjianlarından istifadə edilmişdir:

a) Minimal kalibrlemə qarşılıqlı təsir laqranjiani

$$L^{(0)} = \frac{1}{2} [\bar{\Psi}_1 \Gamma^M A_M \Psi_1 - \bar{\Psi}_2 \Gamma^M A_M \Psi_2]; \quad (38)$$

b) Maqnit-tip kalibrlemə qarşılıqlı təsir laqranjiani

$$L^{(1)} = \frac{i}{2} [\bar{\Psi}_1 \Gamma^{MN} F_{MN} \Psi_1 + \bar{\Psi}_2 \Gamma^{MN} F_{MN} \Psi_2]; \quad (39)$$

c) Spinorlar, aksial vektor sahə və skalyar sahə arasındakı qarşılıqlı təsir laqranjiani

$$L^{(2)} = g_\gamma [\bar{\Psi}_1 X \Gamma^M A_M \Psi_2 + \bar{\Psi}_2 X^\dagger \Gamma^M A_M \Psi_1]. \quad (40)$$

(38)-(40) qarşılıqlı təsir laqranjianlarına uyğun  $a_1$  -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir əlavələrinin ifadələri və bu ifadələr əsasında qarşılıqlı təsir sabiti aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

---

<sup>35</sup> Huseynova, N.  $\rho$  meson-nucleon coupling constant from the soft-wall AdS/QCD model / Mamedov A. Sh. // International Journal Theoretical Physics, -2015, №10, 54, -p. 3799-3809

$$g_{a_1 NN}^{(0)}(T) = \frac{1}{2} \int_0^\infty \frac{dr}{r^4} A_0(r, T) (|\phi_{1R}(r, T)|^2 - |\phi_{1L}(r, T)|^2), \quad (41)$$

$$g_{a_1 NN}^{(1)}(T) = \frac{k_1}{2} \int_0^\infty \frac{dr}{r^3} \partial_r A_0(r, T) (|\phi_{1R}(r, T)|^2 + |\phi_{1L}(r, T)|^2), \quad (42)$$

$$g_{a_1 NN}^{(2)}(T) = 2g_Y \int_0^\infty \frac{dr}{r^4} A_0(r, T) v(r, T) \phi_{1R}(r, T) \phi_{1L}(r, T), \quad (43)$$

$$g_{a_1 NN}(T) = g_{a_1 NN}^{(0)}(T) + g_{a_1 NN}^{(1)}(T) + g_{a_1 NN}^{(2)}(T). \quad (44)$$

Həmçinin, yumşaq divar modelində  $a_1$  -mezonun parçalanma sabitinin temperaturdan asılılığı müəyyən edilmiş və onun temperaturdan asılılıq qrafiki qurulmuşdur. Sonlu temperatur halında, yumşaq divar modelində  $a_1$ -mezon üçün profil funksiyası aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$v_n(r, T) = \Psi(r, T) \sqrt{\frac{2n!}{(1+n)!}} L_n^1(\Psi(r, T)), \quad (45)$$

Beləliklə, sıfır temperatur halında parçalanma sabitinin

$$F^2 = \frac{1}{g_5^2} [(v_n'' 0)]^2 \quad (46)$$

ifadəsindən istifadə edərək, aksial-vektor mezon üçün sonlu temperatur halında parçalanma sabitinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi müəyyən edilmişdir:

$$F_{a_1}^2(r, T) = \frac{1}{g_5^2} [|A_n''(r, T)|_{r=0}]^2. \quad (47)$$

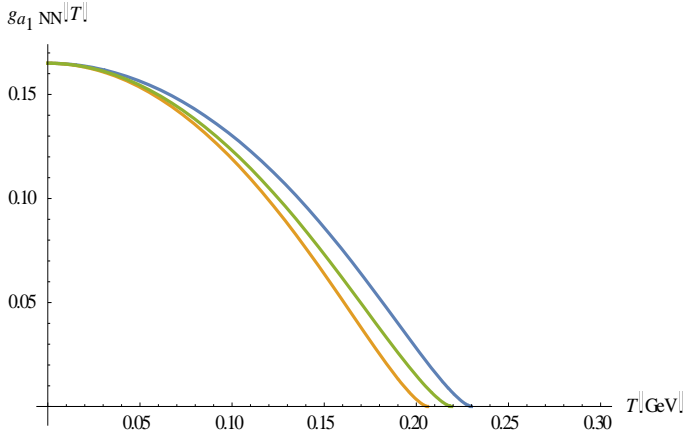
Sonlu temperatur halında  $\pi$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin riyazi ifadəsini müəyyən etmək üçün aşağıdakı  $\mathcal{L}_{\pi NN}$  qarşılıqlı təsir laqranjianından istifadə edilmişdir:

$$\mathcal{L}_{\pi NN} = \bar{N}_1 \Gamma^r A_r N_1 - \bar{N}_2 \Gamma^r A_r N_2. \quad (48)$$

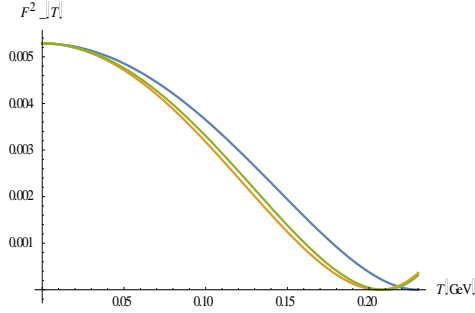
(48) qarşılıqlı təsir laqranjianı vasitəsilə pion-nuklon qarşılıqlı təsir sabitini müəyyən etmək üçün, həmin ifadənin üzərində AdS/KSN uyğunluğu əsasında müəyyən riyazi hesablamalar edilərək, sonlu temperatur halında,  $\pi$ -mezon-nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$g_{\pi NN}(T) = - \int_0^\infty \frac{c_\pi dr}{2r^4} f_0(r, T) (\varphi_{1L}^*(r, T) \varphi_{1R}(r, T) - \varphi_{2L}^*(r, T) \varphi_{2R}(r, T)). \quad (49)$$

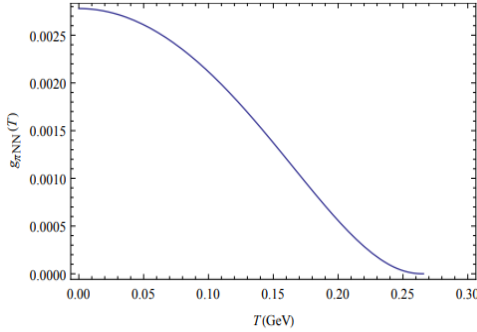
Qarşılıqlı təsir və parçalanma sabitlərinin temperaturdan asılılıq qrafikləri kvark rayihənin və psevdoskalyar mezon parçalanma sabitlərinin uyğun olaraq  $N_f = 2, F = 87 \text{ MeV}; N_f = 3, F = 100 \text{ MeV}; N_f = 5, F = 140 \text{ MeV}$  müxtəlif qiymətlərində qurulmuşdur.



**Qrafik 6.**  $g_{a_1 NN}(T)$  asılılığının  $N_f = 2$  (narıncı əyri);  $N_f = 3$  (yaşıl əyri);  $N_f = 5$  (mavi əyri) qiymətlərində müqayisəsi  
[7 s. 1080-1097]



**Qrafik 7.**  $a_1$ -mezon parçalanma sabitinin temperaturdan asılılığı ( $N_f = 2$  (narıncı əyri);  $N_f = 3$  (yaşıl əyri);  $N_f = 5$ , (mavi əyri))



**Qrafik 8.**  $\pi$ -mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin temperaturdan asılılığı

Qrafik 6-8-dəki qarşılıqlı təsir və parçalanma sabitlərinin temperaturdan asılılıqlarından görüldüyü kimi, bu sabitlərin hər biri eyni temperatur ətrafında sıfıra bərabər olur. Bu o deməkdir ki, həmin temperaturdan sonra hadronlar arasında heç bir qarşılıqlı təsir yoxdur. Bu temperaturda hadronlar əriyir və kvark-qlüon plazma halına keçir.  $\pi$ -mezon və nuklon arasında qarşılıqlı təsir sabiti (48) ifadəsi əsasında  $T = 0$  qəbul edərək hesablanmışdır. Sıfır temperaturda  $g_{\pi NN}$ -qarşılıqlı təsir sabitinin ədədi qiymətinin  $g_{\pi NN} = 2.8$  olduğu müəyyən edilmişdir. Bu nəticə isə sərt divar modelində  $\pi$ -mezon və nuklon arasında qarşılıqlı təsir sabiti üçün aşkar etdiyimiz  $g_{\pi NN}(r, 0) = 2.94$  ədədi qiyməti ilə uyğunluq təşkil edir.

## NƏTİCƏ

1. AdS/KXD-nin sərt divar modelində  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  keçidinin elektromaqnit formfaktorlarının ötürülən impulsun kvadratından asılılığının riyazi ifadələri alınmışdır. Aşkar edilmişdir ki, Dirak və Pauli formfaktorları  $N + \gamma^* \rightarrow R(1440)$  keçidində  $1 < Q^2(GeV^2) < 5$  intervalında və  $N^*(1710)$  rezonans halı  $Q^2 = 1.3 GeV^2$ ;  $Q^2 = 0.8 GeV^2$  qiymətlərində təcrübi nəticələrlə,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1535)$  keçidində isə  $Q^2 = 1.75 GeV^2$  -dan yuxarı enerjilərdə təcrübi qiymətlərlə və yarırelyativistik yanaşma modeli ilə uzlaşır.

2. Nuklon-həyəcənlaşmış nuklon keçidində spiral amplitudların  $Q^2$ -dan asılılığı tədqiq edilmişdir və göstərilmişdir ki, sərt divar modelində əldə edilən nəticələr  $R(1440)$  MAİD parametrləşdirmə, valent kvark əlavələri modeli və CLAS təcrübəsinin verilənləri ilə,  $N^*(1535)$  yarırelyativistik modeli, PDG məlumatları ilə,  $N^*(1710)$  təcrübi və qeyri-relyativistik kvark modelinin nəticələri ilə uzlaşır.

3. Müəyyən edilmişdir ki,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1440, 1535, 1710)$  keçidləri üçün elektrik və maqnit formfaktorlarının ötürülən impulsun kvadratından asılılığı  $1/Q^n$  şəklindədir.

4. İlk dəfə olaraq, tapılmışdır ki,  $N + \gamma^* \rightarrow N^*(1440, 1535, 1710)$  keçidləri üçün nuklonun yük və maqnit radiuslarının qiymətləri ilə əsas halda tapılmış təcrübi və nəzəri nəticələr arasında çox az fərq var.

5. Oktet mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir sabiti AdS/KXD-nin sərt divar modeli daxilində hesablanmışdır və müəyyən edilmişdir ki,  $\rho$ -mezon və  $\omega$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin ədədi qiymətləri U&A, ESC modellərinin nəticələri ilə uzlaşır. Həmçinin, ilk dəfə olaraq  $K$ -mezon-oktet barionlar arasındakı qarşılıqlı təsir sabitləri üçün nəzəri qiymətlər alınmışdır.

6. AdS/KXD-nin sərt divar modeli əsasında  $\pi$ -mezon-oktet barion qarşılıqlı təsir sabitlərinin ədədi qiymətləri hesablanmışdır və tapılmışdır ki,  $g_{\pi NN}$  və  $g_{\pi\Sigma^0\Sigma^0}$  qarşılıqlı təsir sabitləri kiral soliton modelinin nəticələri ilə,  $g_{\pi\Sigma^0\Sigma^0}$  qarşılıqlı təsir sabitinin ədədi

qiyməti isə KXD cəm qaydasının verdiyi nəticə ilə uyğunluq təşkil edir.

7.  $\rho$ -mezon və nuklonun birinci həyəcanlaşmış halı arasındakı qarşılıqlı təsir sabiti AdS/KXD-nin sərt və yumşaq divar modellərində hesablanmış və göstərilmişdir ki, bu sabitin ədədi qiyməti nuklonun əsas halı üçün hesablanmış təcrübi və nəzəri qiymətlərdən böyükdür.

8. Nəzəri olaraq ilk dəfə sonlu temperatur halında, AdS/KXD-nin yumşaq divar modelində  $a_1$  və  $\pi$ -mezonlar ilə nuklon arasındakı qarşılıqlı təsir sabitlərinin,  $a_1$  -mezon parçalanma sabitinin temperaturdan asılılıqları tədqiq edilərək, müəyyən edilmişdir ki, temperatur artdıqca bu qarşılıqlı təsir sabitləri və parçalanma sabiti azalır və kritik temperatura yaxın qiymətdə bu sabitlər sıfıra bərabər olur.



## Dissertasiya işinin mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlər:

1. Mamedov, Sh. A., Taghiyeva, Sh. I. Contributions of magnetic type interactions to the vector meson-nucleon coupling in the bottom-up approach // The 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications. Baku, -2018, № 6, -p. 252-254
2. Mamedov, Sh. A. Review of interaction constant of vector meson-nucleon in the framework of AdS/QCD hard wall model / Taghiyeva Sh. I. // Azerbaijan Journal of Physics XXIV, -2018, № 4, -p. 45-46
3. Mamedov, Sh. A. Meson-nucleon coupling constant from the AdS/QCD models / Taghiyeva Sh. I. // Georgian Electronic Scientific Journal Physics, -2018, №2, -p. 38-42
4. Mamedov, Sh. A.  $\pi$ -meson- $\Lambda$ -baryon coupling constant in the hard-wall AdS/QCD model / Taghiyeva Sh. I. // Journal of Baku Engineering University – Physics 3, -2019, №2, -p. 160-165
5. Tağıyeva, Ş. İ. Pion nuklon qarşılıqlı təsir sabitinin AdS/KXD -nin sərt divar modelində hesablanması / Bakı Universitetinin Xəbərləri-Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, -2020, №1, -p. 102-104
6. Taghiyeva, Sh. I. Pauli form factor  $N + \gamma^* \rightarrow R(1710)$  transition in the hard-wall AdS/QCD model // 7th International Conference MTP-2021: Modern Trends in Physics. Baku, -2021, -p. 19
7. Mamedov, Sh. A.  $a_1$  meson-nucleon coupling constant at finite temperature from the soft-wall AdS/QCD model / Taghiyeva Sh. I. // European Physical Journal C, -2021, №12, -p. 1080-1097
8. Məmmədov, Ş.Ə. Sonlu temperaturda  $a_1$  mezon-nuklon qarşılıqlı təsir sabitinə üçlü qarşılıqlı təsir Laqranjianının əlavəsi / Tağıyeva Ş. İ. // Bakı Universitetinin Xəbərləri-Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, -2021, №1, -p. 98-103
9. Taghiyeva, Sh. I., Mamedov A. Sh. Dirac form factor of the  $n + \gamma^* \rightarrow r(1535)$  transition in the hard-wall AdS/QCD model // Conference Proceedings 1st International Conference on Holography and its Applications. Damghan, -2022, -p. 45-50

10. Taghiyeva Sh. I., Mamedov A. Sh.  $\pi$  meson-  $\Sigma$  baryon coupling constant in the hard-wall AdS/QCD model // International Conference MTP: Modern Trends in Physics. Baku, №8, -2023 - p. 69-70
11. Taghiyeva, Sh. I. Electromagnetic structure of the nucleon and the Roper resonance in hard wall AdS/QCD model / Mamedov Sh. A. // Journal of Holography Applications in Physics 3, -2023, -pp. 71-79
12. Taghiyeva, Sh. I.  $N + \gamma^* \rightarrow R(1710)$  transition form factors in the hard-wall AdS/QCD model / Mamedov Sh. A. // Journal of Holography Applications in Physics v. 3, Special Issue, №2, -2023, -p.51-56
13. Mamedov, Sh. A.  $\pi$  meson-octet baryon coupling constant from the hard-wall AdS/QCD model / Taghiyeva Sh. I. // Russian Physics Journal, v. 67, №5, -2024, -p. 660-666
14. Mamedov, Sh. A. Electromagnetic  $N + \gamma^* \rightarrow N^*$  transition form factors of nucleons from the hard-wall AdS/QCD model / Taghiyeva Sh. I. // Journal of the Korean Physical Society, v. 85, -2024, -p. 541-551



Dissertasiyanın müdafiəsi 15 aprel 2025-ci il tarixində saat 15<sup>30</sup>-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.19 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Bakı şəh., AZ 1148, Z.Xəlilov küç. 23, Bakı Dövlət Universiteti, əsas bina.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Bakı Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 13 Mart 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 05.03.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39824

Tiraj: 100 nüsxə