



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA  
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə 2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EİF-2012-2(6)) qalibi olmuş lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə

**YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT**

Layihənin adı: Deformasiya olunmuş Li cəbrləri və onların əsasında qurulmuş kvant harmonik ossilyatoru modelləri və spin zəncirləri

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Cəfərov Elçin İman oğlu

Qrantın məbləği: 50 000 manat

Layihənin nömrəsi: EİF-2012-2(6)-39/08/1-M-33

Müqavilənin imzalanma tarixi: 31 may 2013-cü il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 24 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 iyul 2013-cü il-01 iyul 2015-ci il

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş elmi işlər (geniş yazılmalı), istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

*1-ci rüb*

**Li supercəbrinin mümkün deformasiyaları və uyğun kvant ossilyatoru modelləri**

sh(2|2) supersimmetrik ossilyator modelinin qurulması üçün Şarlye çoxhədliləri üçün məlum adi Heyzenberq-Veyl cəbrinə tabe olan kvant harmonik ossilyatoruna gətirib çıxaran hal tənliyinin yerinə rekurrent münasibətlər çütlüyündən istifadə olunmuş və daha fərqli, supersimmetrik cəbrə tabe olan yeni ossilyator modeli qurulmuşdur.

*2-ci rüb*

**Aski sxeminə daxil olan ortoqonal çoxhədlilər ilə ifadə olunan spin zəncirləri və xarici maqnit sahəsində qubit informasiyanın mükəmməl ötürülməsi**

Hipergeometrik ortoqonal çoxhədlilərin Aski sxeminə ən yüksək mərtəbədə yerləşən Raka çoxhədliləri  ${}_4F_3$  hipergeometrik funksiyalar vasitəsilə təyin olunurlar. Diskret fəzada, müəyyən



şərtlər daxilində onların ortoqonallıq şərti yaxşı məlumdur. Eyni zamanda, bu çoxhədlilər kvadrat formalı məlum sonlu-fərq tənliklərinin dəqiq həllidir. Biz də öz işimizdə, həlləri Raka çoxhədliləri olan tamamilə yeni sonlu-fərq tənliklər cütü tapmışıq və göstərmişik ki, bu tənliklərin tətbiqi xarici maqnit sahəsinin təsiri olmadan yaxın qonşu qarşılıqlı təsirinə malik olan  $N+1$  sayda fermiondan ibarət dəqiq həll olunan spin zəncirləri qurmağa imkan yaradır. Bu cür yaxın qonşu qarşılıqlı təsiri daha əvvəllər Han çoxhədliləri ilə ifadə olunan spin zəncirlərinin daha da ümumiləşmiş halıdır. Yeni modelin ən mühüm nəticəsi onun üçün korrelyasiya funksiyasının dəqiq hesablanma bilməsidir. Biz bu hesablamaları həyata keçirmişik və korrelyasiya funksiyasının analitik ifadəsini taparaq, bu cür spin zəncirlərində kubit informasiyanın zəncir boyu ötürülmə yollarını araşdırmışıq.

### 3-cü rüb

#### **Kvazi-bircins sahədə hərəkət və dinamik sistemlər üçün evolyusiya operatorunun qurulması**

Relyativistik kvant zərrəciyinin qeyri-stasionar kvazi-bircins sahədə bir-ölçülü hərəkətinin dəqiq həll olunan məsələsi operator evolyusiyası metodu ilə həll edilmişdir. Bizim tərəfimizdən baxılan problem relyativistik  $x$ -konfigurasiya fəzasında sonlu-fərq tənlikləri ilə ifadə olunur. İmpuls fəzası isə bir-ölçülü Lobaçevski fəzasıdır. Differensial və son-fərq tənliklərin müəyyən tip məlum şəkilləri üçün impuls və koordinat fəzalarında evolyusiya operatorunun aşkar şəkilləri tapılmışdır və onlar Beyker-Kempbell-Hausdorf tip operator eynilikləri ilə ifadə olunurlar. Eyni zamanda, operatorların müəyyən sinfinin funksiyalar üzərində təsiri qaydaları da ortaya çıxarılmışdır.

### 4-cü rüb

#### **Relyativistik kvant modelləri üçün konfigurasiya və fəza fəzası**

Relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası çərçivəsində, zamandan asılı Vıqner paylanma funksiyasının evolyusiya tənliyi və bir ölçülü dinamik sistemlərin "məxsusi paylanma funksiyalarını" və enerjilərinin məxsusi qiymətlərini təyin etməyə imkan verən tənliklər tapılmışdır. Misal olaraq, Vıqner funksiyası və onun evolyusiya operatoru qurulmuş, enerji səviyyələri arasında keçid amplitudları hesablanmışdır. Alınmış analitik ifadələrin  $c \rightarrow \infty$  limiti hesablanmış və  $\exp(g(y)\partial_y)$  operatorunun funksiyaya təsiri tədqiq olunmuşdur.

### 5-ci rüb

#### **q-deformasiya olunmuş ortoqonal çoxhədlilər və onların sonlu-fərq kvant sistemlərinə tətbiqi**

Kravçuk çoxhədlisi  $2F_1$  hiperhəndəsi funksiyası vasitəsilə təyin olunur və kvant harmonik ossilyatoruna tətbiqi dinamik simmetriyaları  $su(2)$  və  $sl(2|1)$  Li (super) cəbrləri ilə təyin olunan dəqiq həll olunan modellərə gətirib çıxarır. Bu çoxhədlilərin dörd cür q-deformasiya olunmuş analoqları var ki, onlar da q-Kravçuk, affin q-Kravçuk, kvant q-Kravçuk və dual q-Kravçuk çoxhədliləridir. Bizim tərəfimizdən tapılmış yeni rekurrent münasibətlər sayəsində dinamik simmetriyası CP deformasiya olunmuş  $su(2)$  cəbrinə tabe olan Kravçuk kvant harmonik ossilyatoru modeli qurulmuşdur. Model dəqiq həll olunur və Nyuton teleskopu üçün maraqlı tətbiqlərə malikdir.

### 6-ci rüb

#### **Xarici maqnit sahəsindəki kvant nöqtələri və naqilləri arasında spin-orbital qarşılıqlı təsirləri, uyğun Şredinger tipli tənliklərin dəqiq həlli**



Topoloji ifratkeçiricilik, Mayorana fermionları adlanan kvazizərrəciklərin həyəcanlaşmaları ilə birbaşa bağlı olduğundan, maddənin xüsusi bir halı sayılır. Elementar zərrəciklər fizikasında, Mayorana fermionları anti-zərrəcikləri özlərinə bərabər olan bir zərrəcik sinifinə daxildir. Son tədqiqatlar göstərir ki, Mayorana fermionları kondensə olunmuş hal fizikasında qeyri-Abel mübadilə statistikasının kvazizərrəcik həyəcanlaşmaları kimi yarana bilər ki, bu da öz növbəsində, zəif koherent kvant hesablamaları ideyasına gətirib çıxara bilər. Göstərilmişdir ki, xüsusi qaydada dalğavari cütləşmə güclü topoloji ifratkeçiricinin səth səviyyələrində yarana bilər ki, belə cütləşmənin də yaxınlıq effekti nəticəsində topoloji izolyatorun s-dalğa ifratkeçirici ilə tunel kontaktının köməyi ilə həyata keçirilməsi mümkündür. Mayorana fermionlarının yaranmasının ən əsas fiziki inqredienti impulsdan asılı spin zolaqlarının yaranmasına səbəb olan güclü spin-orbital qarşılıqlı təsirdir. İki və kvazi-iki ölçülü s-dalğa ifratkeçiricilərdə spin-orbital qarşılıqlı təsirlərin cütləşmə prosesinə mikroskopik effekti tədqiq olunmuşdur. S-dalğa ifratkeçiricilərdə Raşba və Dresselhaus spin-orbital qarşılıqlı təsirlərin ifratkeçirici oblastı sıxdığı aşkar edilmişdir. Sistemdəki spin-orbital qarşılıqlı təsirlər effektiv maqnit sahəsi yaradırlar ki, bu da qarşı spinə malik iki fermion cütləşmələrinə səbəb olur. Ona görə də, bu prosesin baş verməsi fiziki mənada tam olaraq başa düşülür. Həm də göstərilmişdir ki, spin-orbital qarşılıqlı təsirlərin ifratkeçirici sıxma prosesi qeyri-xəttidir. Bu proses nəticəsində, spin-orbital sabitlərin ifratkeçirici fazanı dağıda biləcək kritik qiymətləri tapılmışdır.

*7-ci rüb*

### **Deformasiya olunmuş Li cəbrlərini ödəyən kvant ossilyatoru modellərinin faza fəzası və Viqner funksiyasının aşkar ifadəsi**

Dinamik simmetriyası deformasiya olunmuş Li cəbrləri ilə ifadə olunan və əvvəlki tədqiqatlarda kofiqurasiya fəzasında dəqiq həlləri tapılan kvant harmonik ossilyatoru modelləri faza fəzasında tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki,  $su(2)$  dinamik simmetriyaya malik sonlu-diskret kvant harmonik ossilyatoru üçün sonlu-ölçülü matrislərin xüsusiyyətlərindən istifadə etməklə, faza fəzası dəqiq qurula və tətbiq edilən yanaşma çərçivəsində Viqner və digər kvazipaylanma funksiyaların aşkar şəkilləri tapıla bilər.

Bundan başqa, səthdə kvazi-bir-ölçülü kvant naqilləri üçün topoloji ifratkeçiricilik və kəsr Cozefson effekti hadisəsi tədqiq edilmişdir.

Viqner funksiyası impuls və koordinatın birgə kvazipaylanma funksiyasıdır. Funksiyanın kvazipaylanma adlandırılmasının əsas səbəbi də, onun kvant funksiyası kimi müəyyən şərtlər daxilində mənfi qiymətlər ala bilməsi səbəbindəndir. Viqner funksiyasının məhz bu xassəsindən istifadə etməklə, layihə çərçivəsində yeni tədqiqat başlanmışdır. Bu tədqiqat da kvant oyun nəzəriyyəsinə əsaslanmışdır.

Tədqiq edilən məsələ, sadə kvant bazarı modeli ilə əlaqədardır. Bu zaman, bazarda satıcı-alıcı münasibətləri bəzi oblastlarda neqativ olan kvant paylanma funksiyaları ilə idarə olunur və klassik yanaşmadan çox fərqli bir optimizasiya prosesi baş verir. Bizim daha əvvəlki işlərimizdə tapdığımız q-ossilyatorun Viqner paylanma funksiyasının aşkar şəkli kvant market oyununa tətbiq olunmaqla maraqlı nəticələrin əldə ediləcəyi gözlənilir.

*8-ci rüb*

### **Kvant ossilyatoru modelləri üçün müxtəlif kvaziehtimal funksiyalarının aşkar ifadələri**

CP deformasiya olunmuş Kravçuk və Han ossilyatoru modelləri sonlu-diskret modellərdir. Bu modellər hər ikisi kofiqurasiya fəzasında dəqiq həll olunurlar. Növbəti addım kimi isə, qeyd



edilən modellərin faza fəzasında dəqiq həllini tapmaq lazımdır ki, bu zaman da koordinat və impulsun birgə paylanma funksiyasının təyin olunmasına xüsusi yanaşma işlənilib hazırlanmalıdır. Bu rübdə, qeyd edilən məsələ yerinə yetirilmişdir.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

100%

3 Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

*1-ci rüb:*  $sh(2|2)$  supersimmetrik Heyzenberq-Veyl cəbrinə tabe olan yeni Şarlye ossilyatoru modeli

İlk dəfə olaraq  $sh(2|2)$  supersimmetrik cəbrə malik olan və Şarlye çoxhədliləri çərçivəsində dəqiq həll olunan kvant harmonik ossilyatoru modeli qurulmuşdur. Nəticə nüfuzlu jurnalda çap olunmuşdur. Alınmış nəticənin kvant optikası sahəsində istifadə olunması gözlənilir.

*2-ci rüb:* Həlləri Raka çoxhədliləri olan tamamilə yeni sonlu-fərq tənliklər cütü

Bu tənliklərin tətbiqi xarici maqnit sahəsinin təsiri olmadan yaxın qonşu qarşılıqlı təsirinə malik olan  $N+1$  sayda fermiondan ibarət dəqiq həll olunan spin zəncirləri qurmağa imkan yaradır. Bu cür yaxın qonşu qarşılıqlı təsiri daha əvvəllər Han çoxhədliləri ilə ifadə olunan spin zəncirlərinin daha da ümumiləşmiş halıdır. Bu model bizim tərəfimizdən qurulmuşdur və analitik həlləri göstərilmişdir. Yeni modelin ən mühüm nəticəsi onun üçün korrelyasiya funksiyasının dəqiq hesablanma bilməsidir. Alınan nəticə əsasında yaxın gələcəkdə müxtəlif üzvü molekulların atomlarından spin zəncirləri kimi istifadə etməklə təcrübələrin aparılması mümkündür.

*3-cü rüb:* Differensial və son-fərq tənliklərin müəyyən tip məlum şəkilləri üçün impuls və koordinat fəzalarında evolyusiya operatorunun aşkar şəkilləri

Relyativistik kvant zərrəciyinin qeyri-stasionar kvazi-bircins sahədə bir-ölçülü hərəkətinin dəqiq həll olunan məsələsi operator evolyusiyası metodu ilə həll edilmişdir. Bu metod relyativistik kvant probleminin dəqiq həllinə imkan verən yeni və novator metoddur. Gələcəkdə, daha geniş spektrli kvant fizikası məsələlərinə tətbiq olunması gözlənilir.

*4-cü rüb:* Zamandan asılı Viqner paylanma funksiyasının evolyusiya tənliyi və bir ölçülü dinamik sistemlərin "məxsusi paylanma funksiyalarının" və enerjilərinin məxsusi qiymətlərinin təyini

İlk dəfə olaraq, relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası məsələsi üçün faza fəzasında paylanma funksiyasının evolyusiya tənliyi tapılmış və bu tənliyin köməyi ilə Viqner funksiyasının aşkar şəkli hesablanmışdır. Alınmış nəticə gələcəkdə relyativistik sistemlər üçün digər kvazipaylanma funksiyalarının da analitik olaraq hesablanma biləcəyinə imkan yaradır.

*5-ci rüb:* CP deformasiya olunmuş  $su(2)$  Li cəbrilə ifadə olunan Kravçuk ossilyatoru modeli

İlk dəfə olaraq, dinamik simmetriyası CP deformasiya olunmuş  $su(2)$  Li cəbrinə tabe olan yeni ossilyator modeli qurulmuşdur. Bu model sonlu-diskret konfigurasiya fəzasında dəqiq həll olunur



və stasionar hallarının dalğa funksiyası simmetrik Kravçuk çoxhədliləri ilə ifadə olunur. Koordinat və impuls operatorlarının məxsusi qiymətləri isə deformasiya olunmamış  $su(2)$  ossilyator modelindən fərqli olaraq, hal-hazırkı modeldə qeyri-ekvidistant paylanmışdır. Bu qeyri-ekvidistantlıq da qurulan modelin gələcəkdə Nyuton teleskopu köməyi ilə alınan rəqəmsal verilənlərin müxtəlif xassələrinin izah edilməsində tətbiq potensialı yaradır.

*6-cı rüb:* Topoloji izolatorlarda mayorana fermionları köməyi ilə əif koherent kvant hesablamaları

Mayorana fermionlarının həyəcanlaşma halında qeyri-Abel mübadilə statistikasının köməyi ilə zəif koherent kvant hesablamaları ideyası tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, xüsusi qaydada dalğavari cütləşmə güclü topoloji ifratkeçiricinin səth səviyyələrində yarana bilər ki, belə cütləşmənin də yaxınlıq effekti nəticəsində topoloji izolyatorun s-dalğa ifratkeçirici ilə tunel kontaktının köməyi ilə həyata keçirilməsi mümkündür. Həm də göstərilmişdir ki, spin-orbital qarşılıqlı təsirlərin ifratkeçirici elastik sıxma prosesi qeyri-xəttidir. Bu proses nəticəsində, spin-orbital sabitlərin ifratkeçirici fazanı dağıda biləcək kritik qiymətləri tapılmışdır.

*7-ci rüb:* Sonlu-diskret kvant ossilyatoru modellərinin Viqner paylanma funksiyası

Dinamik simmetriyası deformasiya olunmuş Li cəbrləri ilə ifadə olunan və əvvəlki tədqiqatlarda kofiqurasiya fəzasında dəqiq həlləri tapılan kvant harmonik ossilyatoru modelləri faza fəzasında tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki,  $su(2)$  dinamik simmetriyaya malik sonlu-diskret kvant harmonik ossilyatoru üçün sonlu-ölçülü matrislərin xüsusiyyətlərindən istifadə etməklə, faza fəzası dəqiq qurula və tətbiq edilən yanaşma çərçivəsində Viqner və digər kvazipaylanma funksiyaların aşkar şəkilləri tapıla bilər.

*8-ci rüb:* CP deformasiya olunmuş Kravçuk və Han ossilyatoru modelləri üçün faza fəzası

Tərs matris metodundan istifadə etməklə, sonlu-diskret model olan və stasionar hallarda dəqiq həll olunan CP-deformasiya olunmuş Kravçuk və Han ossilyatoru modelləri üçün faza fəzası qurulmuş və Viqner funksiyasının diskret analoqunun aşkar şəkli matris şəklində tapılmışdır.

4 Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərməlidir) (surətlərini kağız üzərində və CD şəklində əlavə etməli!)

1. E.I. Jafarov, J. Van der Jeugt, The oscillator model for the Lie superalgebra  $sh(2|2)$  and Charlier polynomials, J Math Phys **54**, N10, 103506 (2013)
2. E.I. Jafarov, A.M. Jafarova, J. Van der Jeugt, Spin chains with the modified Racah nearest-neighbour interaction: qubit transfer with high fidelity, Book of Abstract, Asia-Pacific Conference & Workshop on Quantum Information Science 2013, p. 73, Seoul, Korea
3. E.I. Jafarov, J. Van der Jeugt, Quantum oscillator models with a discrete position spectrum in the framework of Lie superalgebras, J Phys: CS **512**, N1, 012034 (2014)
4. N.M. Atakishiyev, E.I. Jafarov, A.M. Jafarova, J. Van der Jeugt, The Husimi distribution function and superposition of q-harmonic oscillator stationary states, Transactions of NAS of Azerbaijan: Applied Problems of Mathematics and Mechanics, 2013, vol. XXXIII, No 4,



pp. 147-156

5. E.I. Jafarov, A.M. Jafarova, J. Van der Jeugt,  $su(2)$  Krawtchouk oscillator model under the CP deformed symmetry, Book of Abstracts, XXXth International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics, 14-18 July 2014, Ghent University – Belgium, p. 85
6. Ş.M. Nağıyev, S.İ. Quliyeva, Relyativistik kvant zərrəciyi qeyri-lokal bircins sahədə, Azerb J Phys – Fizika, v. 20 (2014) 22-26
7. Sh.M. Nagiyev, K.Sh. Jafarova, Evolution equation of Wigner function for relativistic quantum systems, Azerb J Phys – Fizika, v. 20, issue 2 (2014) 21-24
8. E.I. Jafarov, N. Stoilova and J. Van der Jeugt, On a pair of difference equations for the 4F3 type orthogonal polynomials and related exactly-solvable quantum systems, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2014, v.111, pp.291-299
9. E.I. Jafarov, A.M. Jafarova, J. Van der Jeugt, The  $su(2)$  Krawtchouk oscillator model under the CP deformed symmetry, J Phys: CS **597**, N1, 012047 (2015)

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

Yoxdur

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir)

E.İ. Cəfərov 02-27 iyul 2014-cü ildə EIF büdcəsi hesabına Belçikanın Gent şəhərində elmi ezamiyyətdə olmuşdur.

7 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)

Yoxdur

8 Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak

- ICTP Advanced School and Workshop on Matrix Geometries and Applications, 01-12 July 2013, Trieste, Italy
- ICTP Summer School on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions, 20-23 August 2013, Trieste, Italy
- 21st International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions, 25-31 August 2013, Trieste, Italy
- 3-cü Bakı Beynəlxalq Forumu, 31 oktyabr - 1 noyabr 2013
- ICTP Summer School on Cosmology, 4 August - 15 August, 2014, Trieste, Italy
- International Conference on Cosmology from Baryons and High Redshift, 18 August - 21 August, 2014, Trieste, Italy

9 Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)

Layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 15-18 dekabr 2013-cü il tarixlərində Cənubi Koreyanın Seul şəhərində keçirilən APCWQIS 2013 tədbirində dəvət olunmuş məruzəçi kimi iştirak etmiş və layihə çərçivəsində alınmış nəticələri plenar iclasda məruzə etmişdir.

Layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 14-18 iyul 2014-cü ildə Belçikanın Gent şəhərində keçirilən 30-cu



"Fizikada Qrup-Nəzəri Metodlar" Beynəlxalq Kollokviumunda iştirak etmiş və layihə çərçivəsində alınmış nəticələri divar məruzəsi olaraq təqdim etmişdir.

Layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 04 mart 2015-ci ildə AMEA Fizika İnstitutunun seminarında "Makroskopik ölçülərdən sub-Plank ölçülərinə keçid mexanizmləri" adlı elmi məruzə ilə çıxış etmişdir.

Layihə iştirakçısı Səidə Məmmədova 16-19 aprel 2015-ci il tarixlərində Türkiyənin Muğla şəhərində keçirilən "Tətbiqi Fizika və Materialşünaslıqda Perspektivlər" 5-ci Beynəlxalq Konqres və Sərgidə iştirak etmiş və layihə çərçivəsində alınmış nəticələri divar məruzəsi olaraq təqdim etmişdir.

Layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 15-21 iyun 2015-ci ildə Bolqarıstanın Varna şəhərində keçirilən 11-ci "Li nəzəriyyəsi və onun fizikada tətbiqləri" beynəlxalq konfransında iştirak etmiş və layihə çərçivəsində alınmış nəticələri plenar iclasda şifahi olaraq məruzə etmişdir.

10 Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları

Masaüstü kompüter HP Pro 3500 (2 ədəd);  
Çoxfunksiyalı printer HP LaserJet M1132 MFP (1 ədəd);  
HP LaserJet M1132 MFP Printeri üçün kartric (3 ədəd);  
Kəsilməz enerji mənbəyi UPS (2 ədəd);  
Xarici yaddaş qurğusu 1Tb (2 ədəd);  
Lisenzialı əməliyyat sistemi Windows 7 pro 64 (2 ədəd);  
Lisenzialı proqram təminatı MS Office 2010 (2 ədəd);  
1 illik lisenzialı Kaspersky Antivirus 2012 (2 ədəd)

11 Yerli həmkarlarla əlaqələr

Layihə rəhbəri E.İ. Cəfərov AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun doktorantı A. Cəfərova ilə birgə olaraq, layihənin mövzusu çərçivəsində elmi-tədqiqat işləri aparmışdır.

12 Xarici həmkarlarla əlaqələr

E.İ. Cəfərov, layihə üzrə aparılan elmi tədqiqat işlərinin daha da effektiv həyata keçirilməsi məqsədilə 2013-cü ilin iyul-avqust aylarında və 2014-cü ilin avqust ayında Beynəlxalq Nəzəri Fizika Mərkəzində ezamiyyətdə olmuş və çoxsaylı xarici həmkarlarla layihə mövzusunda daxil olan tapşırıqları geniş müzakirə etmişdir. O, həmçinin Belçikanın Gent Universitetinin professoru Yoris Van der Yuxt ilə əməkdaşlığı çərçivəsində, layihənin mövzusunda aid bir neçə məqalə çap etdirmişdir. Eyni zamanda, birgə əməkdaşlığın möhkəmləndirilməsi məqsədilə, layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 2015-ci ilin may ayında Belçikanın Gent Universitetində elmi ezamiyyətdə olmuş və qarşıdakı həll olunması tələb olunan elmi problemləri Yoris Van der Yuxt və Roy Oste ilə geniş müzakirə etmişdir.

13 Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)

Layihə iştirakçısı Səidə Məmmədova layihə çərçivəsində elmi rəhbəri, AMEA müxbir üzvü, prof. Ənvər Nəhmədovla birgə fəlsəfə doktoru dissertasiyası üzərində elmi-tədqiqat işlərini uğurla

davam etdirmişdir. Layihə çərçivəsində alınmış nəticələr hal-hazırda nüfuzlu xarici jurnallara çap olunmaq üçün təqdim edilmişdir.

Layihə rəhbəri Elçin Cəfərov 2015-ci ilin mart ayında, fizika üzrə elmlər doktoru adı almaq üçün "Sonlu-fərq kvant harmonik ossilyatoru modelləri və spin zəncirlərinin Lager çoxhədlilərinə əsaslanan dəqiq həlləri" adlı dissertasiya üzərində işləri bitirərək AMEA Fizika İnstitutunda keçirilən ilkin müzakirədən sonra, dissertasiya şurasında müdafiə olunmasına icazə verilməsi üçün Ali Attestasiya Komissiyasına təqdim etmişdir.

14 Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)

Yoxdur

15 Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)

Yoxdur

16 Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir)

AMEA Fizika İnstitutunun alimləri Koreyada keçiriləcək beynəlxalq konfransda iştirak edəcək:  
<http://www.science.gov.az/az/index.php?id=6482>

**SİFARİŞÇİ:**

Elmin İnkişafı Fondu

**Müşavir**

Babayeva Ədilə Əli qızı

(imza)

" 3 " iyul 2015-ci il

**İCRAÇI:**

**Layihə rəhbəri**

Cəfərov Elçin İman oğlu

(imza)

" 09 " iyul 2015-ci il

**Baş məsləhətçi**

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

" \_ " \_\_\_\_\_ 201\_ -ci il





## AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA

### ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə 2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EİF-2012-2(6)) qalibi olmuş lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə

#### ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQİQATLARDA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ (Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Deformasiya olunmuş Li cəbrləri və onların əsasında qurulmuş kvant harmonik ossilyatoru modelləri və spin zəncirləri**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Cəfərov Elçin İman oğlu**

Qrantın məbləği: **50 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-2012-2(6)-39/08/1-M-33**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **31 may 2013-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 iyul 2013-cü il-01 iyul 2015-ci il**

#### 1. Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

#### **sh(2|2) supersimmetrik Heyzenberq-Veyl cəbrinə tabe olan yeni Şarlye ossilyatoru modeli**

İlk dəfə olaraq sh(2|2) supersimmetrik cəbrə malik olan və Şarlye çoxhədliləri çərçivəsində dəqiq həll olunan kvant harmonik ossilyatoru modeli qurulmuşdur. Nəticə nüfuzlu jurnalda çap olunmuşdur. Alınmış nəticənin kvant optikası sahəsində istifadə olunması gözlənilir.



### **Həlləri Raka çoxhədliləri olan tamamilə yeni sonlu-fərq tənliklər cütü**

Bu tənliklərin tətbiqi xarici maqnit sahəsinin təsiri olmadan yaxın qonşu qarşılıqlı təsirinə malik olan  $N+1$  sayda fermiondan ibarət dəqiq həll olunan spin zəncirləri qurmağa imkan yaradır. Bu cür yaxın qonşu qarşılıqlı təsiri daha əvvəllər Han çoxhədliləri ilə ifadə olunan spin zəncirlərinin daha da ümumiləşmiş halıdır. Bu model bizim tərəfimizdən qurulmuşdur və analitik həlləri göstərilmişdir. Yeni modelin ən mühüm nəticəsi onun üçün korrelyasiya funksiyasının dəqiq hesablanma bilməsidir. Alınan nəticə əsasında yaxın gələcəkdə müxtəlif üzvü molekulların atomlarından spin zəncirləri kimi istifadə etməklə təcrübələrin aparılması mümkündür.

### **Differensial və son-fərq tənliklərin müəyyən tip məlum şəkilləri üçün impuls və koordinat fəzalarında evolyusiya operatorunun aşkar şəkilləri**

Relyativistik kvant zərrəciyinin qeyri-stasionar kvazi-bircins sahədə bir-ölçülü hərəkətinin dəqiq həll olunan məsələsi operator evolyusiyası metodu ilə həll edilmişdir. Bu metod relyativistik kvant probleminin dəqiq həllinə imkan verən yeni və novator metodudur. Gələcəkdə, daha geniş spektrli kvant fizikası məsələlərinə tətbiq olunması gözlənilir.

### **Zamandan asılı Viqner paylanma funksiyasının evolyusiya tənliyi və bir ölçülü dinamik sistemlərin "məxsusi paylanma funksiyalarının" və enerjilərinin məxsusi qiymətlərinin təyini**

İlk dəfə olaraq, relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası məsələsi üçün faza fəzasında paylanma funksiyasının evolyusiya tənliyi tapılmış və bu tənliyin köməyi ilə Viqner funksiyasının aşkar şəkli hesablanmışdır. Alınmış nəticə gələcəkdə relyativistik sistemlər üçün digər kvazipaylanma funksiyalarının da analitik olaraq hesablanma biləcəyinə imkan yaradır.

### **Deformasiya olunmuş Li cəbrlərini ödəyən kvant ossilyatoru modellərinin faza fəzası və Viqner funksiyasının aşkar ifadəsi**

Viqner funksiyası impuls və koordinatın birgə kvazipaylanma funksiyasıdır. Funksiyanın kvazipaylanma adlandırılmasının əsas səbəbi də, onun kvant funksiyası kimi müəyyən şərtlər daxilində mənfi qiymətlər ala bilməsi səbəbindəndir. Viqner funksiyasının məhz bu xassəsindən istifadə etməklə, layihə çərçivəsində yeni tədqiqat başlanmışdır. Bu tədqiqat da kvant oyun nəzəriyyəsinə əsaslanmışdır.

Tədqiq edilən məsələ, sadə kvant bazarı modeli ilə əlaqədardır. Bu zaman, bazarda satıcı-alıcı münasibətləri bəzi oblastlarda neqativ olan kvant paylanma funksiyaları ilə idarə olunur və klassik yanaşmadan çox fərqli bir optimizasiya prosesi baş verir. Bizim daha əvvəlki işlərimizdə tapdığımız paraboze ossilyator modelinin Viqner funksiyası alıcı-satıcı münasibətlərinə tətbiq olunaraq, maaqlı nəticələr alınmışdır və indi də  $q$ -ossilyatorun Viqner paylanma funksiyasının aşkar şəkli kvant market oyununa tətbiq olunmaqla maraqlı nəticələrin əldə ediləcəyi gözlənilir.

2 Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət



proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

Layihə yerinə yetirilərkən, birinci mərhələdə alınmış "**sh(2|2) supersimmetrik Heyzenberq-Veyl cəbrinə tabe olan yeni Şarlye ossilyatoru modeli**" adlı nəticəsi (2013-cü ilin iyul-sentyabr ayları), 2015-ci ildə Cənubi Afrika Respublikası, Yoxanesburq Universitetinin professorları tərəfindən çap edilən aşağıdakı monoqrafiyaya daxil edilmişdir:

Willi-Hans Steeb, Yorick Hardy, Bose, Spin and Fermi Systems: Problems and Solutions, World Scientific Publishing, Singapore, 2015, 367 pages

<http://dx.doi.org/10.1142/9334>

## 2. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Yerinə yetirilən elmi-tədqiqat layihəsində alınan nəticələrin bir çoxu impakt faktorlu nüfuzlu jurnallarda çap olunmuş və yüksək səviyyəli beynəlxalq konfranslarda çıxış şəklində təqdim olunmuşdur. Alınmış nəticələr tam fundamental xarakterlidir, lakin yaxın gələcəkdə müxtəlif yönlü kvant fizikası və kvant yanaşması ilə əlaqəli elmi-tədqiqat layihələrinin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunacaqları şübhəsizdir.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Müşavir

Babayeva Ədilə Əli qızı



(imza)

" 3 " iyul 2015-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Cəfərov Elçin İman oğlu



(imza)

" 09 " iyul 2015-ci il

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

" \_ " \_\_\_\_\_ 201\_ -ci il





**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA  
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun  
elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin  
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə  
2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EIF-2012-2(6)) qalibi olmuş  
lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə

**ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT**  
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: Deformasiya olunmuş Li cəbrləri və onların əsasında qurulmuş kvant harmonik  
ossilyatoru modelləri və spin zəncirləri

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Cəfərov Elçin İman oğlu

Qrantın məbləği: 50 000 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-2012-2(6)-39/08/1-M-33

Müqavilənin imzalanma tarixi: 31 may 2013-cü il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 24 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 iyul 2013-cü il-01 iyul 2015-ci il

**1. Elmi əsərlər (sayı)**

№	Təhlil dərəcəsi	Dərəcəsi		
		Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Elmi məhsulun növü			
	Monoqrafiyalar	0	0	0
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş	0	0	0
2.	Məqalələr	7	0	2
	həmçinin xarici nəşrlərdə	4	0	2



3.	Konfrans materiallarında məqalələr	1	0	0
	O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	1	0	0
4.	Məruzələrin tezisləri	3	0	0
	həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	3	0	0
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)	0	0	0

## 2. İxtira və patentlər (sayı)

No	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə	0	0	0
2.	İxtira	0	0	0
3.	Səmərələşdirici təklif	0	0	0

## 3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

No	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenary, dərvi, şifahi, divar)	Sayı
1.	Asia-Pacific Conference & Workshop on Quantum Information Science 2013, Seoul, Korea	Beynəlxalq	Dərvi	1
2.	XXXth International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics, 14-18 July 2014, Ghent University – Belgium	Beynəlxalq	Divar	1
3.	5th International Congress & Exhibition "Advances in Applied Physics and Materials Science", April 16-19, 2015, Mugla, Turkey	Beynəlxalq	Divar	1
4.	XI International Workshop on Lie Theory and Its Applications in Physics, 15 - 21 June 2015, Varna, Bulgaria	Beynəlxalq	Şifahi	1



**SİFARİŞÇİ:**

Elmin İnkişafı Fondu

**İCRAÇI:**

**Müşavir**

Babayeva Ədilə Əli qızı



(imza)

" 9" iyul 2015-cü il

**Layihə rəhbəri**

Cəfərov Elçin İman oğlu



(imza)

" 09" iyul 2015-ci il

**Baş məsləhətçi**

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

" \_" \_\_\_\_\_ 201\_ -cü il

