



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA  
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında  
Elmin İnkişafı Fondunun 2015-ci ilin əsas qrant müsabiqəsi  
çərçivəsində təqdim olunmuş kompleks elmi-tədqiqat  
proqramlarının (EİF-KETPL-2015-1(25)) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT**

Layihənin adı: **Proton-proton toqquşmalarında Standart Modeldən kənar çıxma effektlərinin tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Nağıyev Şakir Məmməd oğlu**

Qrantın məbləği: **240 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-KETPL-2-2015-1(25)-56/02/1-M-05**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **23 noyabr 2016-cı il**

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

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2016-cı il – 01 dekabr 2018-ci il**

**Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır**

**Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır**

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

- 1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar  
Layihə üzrə 2 illik fəaliyyətimiz bir neçə istiqamətdə davam etmişdir və həm eksperimental, həm də nəzəri metodların köməyi ilə aparılmışdır. Nəzəri metodlara kvant sahə nəzəriyyəsinin, qrup nəzəriyyəsinin, operatorlar və xüsusi funksiyalar nəzəriyyəsinin metodları aiddir.  
**(i) Elementar zərrəciklər fizikasının, mikroaləmin fundamental nəzəriyyəsi olan Standart Modeldən kənar çıxmaların araşdırılması günümüzün aktual problemlərindən biridir.** Son zamanlar bu istiqamətdə Böyük Adron Kollayderində aparılan proton-proton toqquşmalarında əsas məsələlərdən biri Standart Modeldən kənar çıxmaların axtarılması ilə bağlıdır.  
Yaşadığımız kainatın keçmişi, indisi və gələcəyi, yeni evolyusiya problemlərinin izahında və proqnozlaşdırılmasında Standart Model mühüm rol oynayır.  
**Elementar zərrəciklər fizikası qarşısında, müasir fizika elmi qarşısında duran digər mühüm bir problem qara materiyanın və qara enerjinin təbiətinin aydınlaşdırılması ilə bağlıdır.**  
1. ATLAS detektorunda  $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$  proton-proton toqquşmalarında işıqlılığın  $36\text{ fb}^{-1}$  qiymətində  $b\bar{b}$  çütünə parçalanan Higgs bozonlarla birgə qara materiyanın yaranma imkanları araşdırılmışdır. Alınan nəticələr Standart Modeldən kənar çıxma olmadığını göstərir. Qara materiyanın müxtəlif Higgs bozonlarla yaranması təcrübələrində onların kütlələrinə məhdudiyətlər alınmışdır.  
**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for Dark Matter Produced in Association with a Higgs Boson Decaying to  $b\bar{b}$  Using  $36\text{ fb}^{-1}$  of pp**

**Collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS Detector. Phys.Rev.Lett. 119, 181804, 2017.**

**Bu məqaləyə 24 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1608773/citations?ln=ru>**

2. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində  $pp$   $\sqrt{s} = 8\text{TeV}$  proton-proton toqquşmalarında, işıqlılığın  $20,3 \text{ fb}^{-1}$  qiymətlərində  $t\bar{t}$  cütünə parçalanan psevdoskalyar (A) və skalyar (H) Hiqqz bozonların axtarışı aparılmışdır. Alınan nəticələr 2-dubletli Hiqqz modelində araşdırılmış və Standart Modeldən əhəmiyyətli kənarçıxma müşahidə edilməmişdir.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al.. Search for Heavy Higgs Bosons A/H Decaying to a Top Quark Pair in pp Collisions. Phys.Rev.Lett. 119, 191803, 2017**

**Bu məqaləyə 24 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1610625/citations?ln=ru>**

3. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 13$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində böyük enerjili foton və böyük itirilmiş impulsa malik hadisələr axtarılmış və Standart Modeldən heç bir kənarçıxma aşkar edilməmişdir. Qara materiyanın aksial və ya vektor ötürücüləri vasitəsilə s-kanalda yaranma prosesi araşdırılmış və 95% həqiqilik səviyyəsində ötürücülərin kütləsinə 750-1200 GeV, qara materiyanın kütləsinə isə 95% həqiqilik səviyyəsində 230-480 GeV məhdudiyyətləri alınmışdır. Standart Modeldən kənar yükək kütləli skalyar rezonansın yaranması və  $Z\gamma$  və  $Z$  bozona, daha sonradan isə neytrinolara parçalanması kanalları üçün də məhdudiyyətlər alınmışdır.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for dark matter at  $\sqrt{s} = 13$  TeV in final states containing an energetic photon and large missing transverse momentum with the ATLAS detector. Eur. Phys. J. C77, 393, 2017.**

**Bu məqaləyə 45 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1591328/citations?ln=ru>**

4. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 13$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində supersimmetriyanın təzahürü olan dörd və ya daha çox leptonların (electron, müon, tau) yaranma hadisələri axtarılmışdır. Aparılan analiz nəticəsində Standart Modeldən kənarçıxmalar aşkar edilməmişdir. Hiqqsinonun kütləsinə 95 % həqiqilik səviyyəsində 295 GeV məhdudiyyət alınmışdır. P-cütünü pozulan sadə modellərdə ən yüngül supersimmetrik zərrəciyin yüklü leptonlara parçalanması kanallarında uyğun olaraq vino, slepton və glüino zərrəciklərinin kütlələrinə 1.46, 1.06 və 2.25 TeV məhdudiyyətləri alınmışdır.

**ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for supersymmetry in events with four or more leptons in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with ATLAS Phys. Rev. D 98, 032009, 2018.**

**Bu məqaləyə 6 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1610625/citations?ln=ru>**

5. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 13$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində vektora bənzər ağır B kvarkların  $W$  və top kvarklara parçalanma kanalları axtarılmışdır və Standart Modeldən kənarçıxmalar aşkar edilməmişdir. B kvarkın kütləsinə 95% həqiqilik səviyyəsində aşağıdan 1350 GeV məhdudiyyət alınmışdır. SU(2) sinqlet ssenarisində aşağıdan alınan məhdudiyyət 1170 GeV-dir.

**The ATLAS collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for pair production of heavy vector-like quarks decaying into high- $p_T$   $W$  bosons and top quarks in the lepton-plus-jets final state in pp collisions at  $\sqrt{s}=13\text{TeV}$  with the ATLAS detector. JHEP08, 048, 2018**

**Bu məqaləyə 13 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1676481/citations?ln=ru>**

6. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 8$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $20.3 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində ağır psevdoskalyar (A) və skalyar (H) Hiqqz bozonların ( $t\bar{t}$ ) top kvark cütünə parçalanma kanalı axtarılmışdır.  $t\bar{t}$ -

cütünün invariant kütlə spektrində Standart modeldən gözəçarpan kənarçıxma müşahidə edilməmişdir. Alınmış nəticələr iki dubletli model çərçivəsində interpretasiya olunmuş və axtarılan zərrəciklərin kütləsinə  $m_{A/H} > 500$  GeV məhdudiyiyyəti alınmışdır.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for Heavy Higgs Bosons A/H Decaying to a Top Quark Pair in pp Collisions. PRL 119, 191803, 2017.**

**Bu məqaləyə 24 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1610625/citations?ln=ru>**

7. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 13$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində ağır neytral Hiqqz bozonun (A) Z bozona və sonradan  $\ell\ell b\bar{b}$  zərrəciklərinə parçalanan digər başqa ağır Hiqqz bozon prosesi axtarılmışdır. Prosesin axtarılması zamanı Z bozonun elektrona və ya muona, Hiqqz bozonun isə b kvark cütünə parçalanmasına baxılmışdır. Aparılan analiz nəticəsində ağır neytral A bozon müşahidə olunmamışdır. İki yaranma prosesinə ayrı-ayrılıqda baxılan halda, iki dubletli Hiqqz modeli çərçivəsində ağır Hiqqz bozonun və A bozonun kütlələrinə uyğun olaraq 130–700GeV və 230–800GeV məhdudiyətləri alınmışdır.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for a heavy Higgs boson decaying into a Z boson and another heavy Higgs boson in the  $\ell\ell b\bar{b}$  final state in pp collisions at TeV with the ATLAS detector. Phys. Lett. B 783, 392, 2018.**

**Bu məqaləyə 6 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1665828/citations?ln=ru>**

(ii) İkinci istiqamət Hiqqz zərrəciyinin nəzəri və təcrübi üsullarla öyrənilməsindən ibarətdir.

8. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS kollaborasiyası çərçivəsində Hiqqz və Z bozonların rayihəni birbaşa pozan  $H \rightarrow e\tau$ ,  $H \rightarrow \mu\tau$  və  $Z \rightarrow \mu\tau$  parçalanma kanallarının ehtimallarının yuxarı sərhədləri üçün  $Br(H \rightarrow e\tau) < 1.04\%$ ,  $Br(H \rightarrow \mu\tau) < 1.43\%$ , və  $Br(Z \rightarrow \mu\tau) < 1.69 \times 10^{-5}$  qiymətləri alınmışdır.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for lepton-flavour-violating decays of the Higgs and Z bosons with the ATLAS detector. EPJC, 77:70, 2017.**

**Bu məqaləyə 39 istinad edilmişdir <https://search.crossref.org/?q=10.1140/epjc/s10052-017-4624-0>**

9. Böyük Adron Kollayderinin ATLAS təcrübəsində kütlə mərkəzi sistemində proton-proton toqquşmalarının  $\sqrt{s} = 13$  TeV enerjisində və işıqlılığın  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  qiymətində ağır neytral Hiqqz bozonun (A) Z bozona və soradan  $\ell\ell b\bar{b}$  zərrəciklərinə parçalanan digər başqa ağır Hiqqz bozon prosesi axtarılmışdır. Prosesin axtarılması zamanı Z bozonun elektrona və ya muona, Hiqqz bozonun isə b kvark cütünə parçalanmasına baxılmışdır. Aparılan analiz nəticəsində ağır neytral A bozon müşahidə olunmamışdır. İki yaranma prosesinə ayrı-ayrılıqda baxılan halda, iki dubletli Hiqqz modeli çərçivəsində ağır Hiqqz bozonun və A bozonun kütlələrinə uyğun olaraq 130–700GeV və 230–800GeV məhdudiyətləri alınmışdır.

**The ATLAS Collaboration. M. Aaboud,..., F. T. Khalil-zada,... et al. Search for a heavy Higgs boson decaying into a Z boson and another heavy Higgs boson in the  $\ell\ell b\bar{b}$  final state in pp collisions at TeV with the ATLAS detector. Phys. Lett. B 783, 392, 2018.**

**Bu məqaləyə 6 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1665828/citations?ln=ru>**

(iii) Üçüncü istiqamət Standart Modeldən kənara çıxma effektlərinin nəzəri tədqiqatlarından ibarətdir.

10. Elementar zərrəciklər fizikası qarşısında duran mühüm suallardan biri təbiətdə  $\mu e$  cütliyünün hansı dərəcədə universal olması məsələsinin aydınlaşdırılmasından ibarətdir.

Leptonların zəif qarşılıqlı təsirinin vacib xassəsi – lepton universallığı tələb edir ki,  $B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \mu^-$  və  $B^+ \rightarrow K^+ e^+ e^-$  parçalanmalarının  $R$  nisbəti Standart Modeldə 1-ə yaxın olsun, çünki zəif qarşılıqlı təsir həm elektronlara, həm də müonlara eyni cür təsir edir. Bu fakt  $\mu e$  universallığı adlanır. Lakin LHCb kollaborasiyasında vahiddən xeyli kiçik nəticə,  $R_k = 0,745 \pm 0,036$  nəticəsi alınmışdır. Bu isə o deməkdir ki, göstərilən nəticə Standart Modelin öncə verdiyi nəticədən  $2,6\sigma$  qiyməti qədər fərqlənir. Böyük Adron kollayderindəki, eksperimentin gedişi zamanı LHCb-nin kollektivi neytral  $B$  – mezonların neytral  $K^*$  – mezonlara və lepton-antilepton cütünə parçalanmasını qeydə almışdır. Standart Modelə görə müxtəlif lepton nəsillərinin alınması gedən parçalanma proseslərinin ehtimalları bu halda bərabər olmalıdır (lepton universallığı). Lakin nəticələr göstərir ki,  $e^+ e^-$  cütünün hər 3 dəfə yaranmasına  $\mu^+ \mu^-$  cütünün 2 dəfə yaranması uyğun gəlir. Bu işdə elektronun və müonun zəif qarşılıqlı təsir sabitlərinin fərqli olması fərziyyəsi çərçivəsində  $\mu^+ + e^- \rightarrow e^- + \mu^+$  prosesi öyrənilmişdir. Bütün zərrəciklərin uzununa polarizasiyalarını nəzərə almaqla baxılan prosesin diferensial kəsiyi hesablanmışdır. Prosesin bir sıra polarizasiya xarakteristikalarının təhlili aparılmışdır ki, buna da  $\mu e$  universallığının mümkün pozulmasının verdiyi paylar daxildir. Aşkar olunmuş effektlər zəif qarşılıqlı təsirin  $SU(2) \times U(1) \times U'(1)$  modeli çərçivəsində təhlil olunmuşdur.

11. Müon və elektronun zəif qarşılıqlı təsir sabitlərinin müxtəlif olmasını qəbul etməklə müonların elektrondan səpilməsi prosesində  $\mu e$  – universallığın pozulma effektlərinin aşkar edilməsi imkanları araşdırılmış və  $SU(2) \times U(1) \times U'(1)$  -modeli çərçivəsində tədqiq edilmişdir. (AMEA Xəbərləri XXXVII cild, №5, 2017).

12. Xətti kollayderdə sürətləndirilən elektron-pozitron cütlərinin polarizasiyası nəzərə almaqla  $e^+ + e^- \rightarrow \tilde{\mu}_a + \tilde{\mu}_b + H$  prosesin diferensial kəsiyi hesablanmışdır. Xətti İLC (Beynəlxalq Xətti Kollayder) sürətləndiricində baxılan prosesin diferensial kəsinin və polarizasiya effektlərinin xarakterik xassələri tədqiq olunur.

13. Xətti kollayderdə sürətləndirilən elektron-pozitron cütlərinin polarizasiyası nəzərə almaqla  $e^+ + e^- \rightarrow H\tilde{f}\tilde{f}$  prosesində diferensial və tam en- kəsiklər, habelə fermionların enerji-bucaq paylanması hesablanmışdır. Bu proses üçün də xətti İLC sürətləndiricində baxılan prosesin diferensial kəsinin və polarizasiya effektlərinin xarakterik xassələri tədqiq olunur.

**(iv) Araşdırmalarımız bir başqa elmi istiqamət olaraq qeyri-stasionar kvant dinamik sistemlərin zamana görə evolyusiyasının tədqiq etmək üçün yeni nəzəri üsulların tapılması ilə bağlı olmuşdur.**

14. Dəyişən kütləli sərbəst kvant zərrəciyinin və zamandan asılı bircins sahədə kvant zərrəciyinin evolyusiya operatoru və koherent halları qurulmuşdur. Müəyyən fiziki şərtlər daxilində onlara klassik hallar kimi baxmaq olar. Koherent halların fiziki xassələri, ocümlədən, tamlıq münasibəti qeyri-müəyyənlik münasibətinin minimumlaşdırılması, ehtimal sıxlığının zamana görə evolyusiyası ətraflı müzakirə olunmuşdur. Bu sistemlər üçün Qauss tipli, ossilyator tipli, Eyri və müstəvi dalğa tipli dağa funksiyaları qurulmuş, onlar üçün Viqner funksiyası hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, sərbəst zərrəcik məsələsi və bircins sahədə zərrəcik məsələsi unitar ekvivalentdir.

**Ш.М.Нагиев, О применении метода оператора эволюции к описанию частицы переменном однородном поле. Теоретическая и Математическая Физика, том 194, №2, февраль, 2018, стр. 364-380).**

15. Qeyri-stasionar kvadratik kvant sistemlərinin nümunələri – sərbəst kvant zərrəciyi, dəyişən bircins sahədə zərrəcik, harmonik ossilyator (qüvvə təsir edən və etməyən) fizikanın bir çox oblastlarında mühüm rol oynayır. Onlar statistik mexanikada, ifrat keçiricilik nəzəriyyəsində, atom fizikasında, nüvə fizikasında, molekulyar spektroskopiyada, kvant sahə nəzəriyyəsində çox geniş tətbiq olunur. Məsələn, zamandan asılı harmonik ossilyator yükü zərrəciyin maqnit

sahəsində davranışını, zamandan asılı xətti potensial yüklü zərrəciyin dəyişən bircins sahədə - elektrik sahəsindəki hərəkətini modelləşdirir, ionun Pauli tələsindəki hərəkəti parametrik ossilyator modelilə təsvir olunur. Tələdəki ion üçün tezliyin zamandan asılılığı  $\omega^2(t) = 1 + k^2 \sin^2 \Omega t$  şəklindədir. Işığın məcburi səpilməsi də kvadratik hamiltonianla təsvir edilir. Biz evolyusiya operatoru metodunun köməyi ilə göstərmişik ki, dəyişən bircins sahədə dəyişən  $M(t)$  kütləli kvant zərrəciyi və dəyişən kütləli  $M(t)$ , dəyişən  $\omega(t)$  tezlikli harmonik ossilyator (ona dəyişən  $F(t)$  qüvvəsinin təsir edib etməməsindən asılı olmayaraq) sərbəst kvant zərrəciyinə unitar ekvivalentdirlər. Baxılan sistemlərin evolyusiya operatorlarının aşkar şəkilləri tapılmışdır. Onlar üçün propaqatorların ən ümumi halda ifadələri hesablanmışdır. Bu ifadələr ədəbiyyatda məlum olan ifadələri xüsusi hallar kimi özündə saxlayır.

**Ш.М.Нагиев, А.И. Ахмедов, О временной эволюции нестационарных квадратичных систем, (Теоретическая и Математическая Физика, jurnalında çapa qəbul olunub).**

16. Zamandan aşkar şəkildə asılı olan Hamiltoniana malik dinamik kvant sistemlərinin zamana görə evolyusiyası tədqiqatçıların çox böyük diqqətini cəlb etməkdədir. Bunun əsas səbəblərindən biri bu cür sistemlərin fizikanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiqlər tapmasındadır. Qeyri-stasionar kvant sistemlərinin zamana görə inkişafını təsvir edən dəqiq həllərin qurulması fiziki baxımdan, həm də riyazi baxımdan həmişə maraq kəsb edir. Fiziki baxımdan ona görə ki, onlar birincisi, baxılan sistemi xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlərin dəyişməsinə ən tam şəkildə izləməyə imkan verir, ikincisi, bir çox digər problemlərin həllərini qurmaq üçün bünövrə rolunu oynayır, üçüncüsü, real fiziki prosesləri modelləşdirir. Riyazi cəhətdən ona görə ki, məsələn, xüsusi funksiyalar arasında yeni münasibətlərin müəyyən edilməsinə gətirib çıxarır.

Məlumdur ki, hərəkət tənliyinin dəqiq həllərini qurmaq mümkün olan qeyri-stasionar sistemlərin, istər relyativistik olsun, istərsə də qeyri-relyativistik, sayı xeyli azdır.

Qeyri-relyativistik kvant sistemlərinin halının zaman təkamülü qeyri-stasionar Şredinger tənliyi ilə idarə olunur.

$$\hat{S}(t)\psi(t) = 0, \quad \hat{S}(t) = i\hbar\partial_t - H(t),$$

burada  $\hat{S}(t)$  Şredinger operatorudur. Qeyri-stasionar sistemlərin dəqiq həllərini tapmaq üçün müxtəlif metodlar işlənilib hazırlanmışdır. Biz hesab edirik ki, belə sistemləri öyrənmək üçün ən əlverişli üsul evolyusiya operatoru metodudur. Şredinger tənliyini

$$U(t, t_0) = T \exp \left\{ -\frac{i}{\hbar} \int_{t_0}^t H(t') dt' \right\}$$

evolyusiya operatorunun köməyi ilə həll etmək olar. Bu operatorun köməyi ilə həlli belə yazmaq olar:

$$\psi(t) = U(t, t_0)\psi(t_0).$$

Aşkar şəkildə evolyusiya operatorunu yalnız bəzi xüsusi hallarda tapmaq mümkündür.

Bu işdə biz xarici dəyişən  $\vec{H}(t)$  maqnit və bircins  $\vec{E}(t)$  elektrik sahələrində ikiölçülü harmonic ossilyatorun hərəkəti məsələsinə öyrənmişik. Sadəlik üçün  $\vec{E}\vec{H} = 0$  halına baxılmışdır. Biz evolyusiya operatoru metodunun köməyi ilə Şredinger tənliyinin dəqiq həllini qurmuşuq. Yüklü harmonic ossilyator üçün Şredinger tənliyi dəyişən elektromaqnit sahəsində aşağıdakı şəkildədir:

$$i\hbar\partial_t\psi = \hat{H}\psi, \quad \hat{H} = \frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{2M(t)} + \frac{1}{2}M(t)\Omega^2(t)\mathbf{r}^2 + \frac{1}{2}\omega_c(t)\hat{L}_z - \mathbf{F}(t)\mathbf{r},$$

burada  $\hat{\mathbf{p}} = (\hat{p}_x, \hat{p}_y)$  və  $\mathbf{r} = (\hat{x}, \hat{y})$  impuls və koordinat operatorları,  $\hat{L}_z = \hat{x}\hat{p}_y - \hat{y}\hat{p}_x$  - aksial z istiqamətində bucaq moment operatoru,  $\omega_c(t) = eH(t)/M(t)c$  - rəqslərin tsiklotron tezliyi,  $\mathbf{F}(t) = e\mathbf{E}(t)$  isə sahə tərəfindən harmonic ossilyatora təsir edən qüvvədir. Ümumi tezlik

$\Omega^2(t) = \omega_c^2(t)/4 + \omega^2(t)$  –yə bərabərdir. Elektromaqnit potensialları üçün seçilmiş kalibrlər belədir:

$$\mathbf{A} = \left( -\frac{yH(t)}{2}, \frac{xH(t)}{2}, 0 \right), \quad \varphi = -\mathbf{E}(t)\mathbf{r},$$

burada  $\mathbf{H}(t) = (0, 0, H(t))$ ,  $\mathbf{E}(t) = (E_x(t), E_y(t), 0)$  –dir. (Məqalə AMEA Xəbərlərində çap olunacaqdır)

İşin maraqlı nəticələrindən biri xarici dəyişən elektrik və maqnit sahələrində yerləşən ikiölçülü ossilyator üçün propaqatorun ən ümumi ifadəsinin alınmasıdır.

17. Qeyri-stasionar kvadratik kvant dinamik sistemləri dəqiq həll olunan sistemlərə aid olmaqla geniş tətbiq sahələrinə də malikdirlər. Ona görə də biz bu rübbdə də qeyri-stasionar kvadratik sistemlərin tədqiqini davam etdirmişik. Onlar fiziki tətbiqlər baxımından geniş xassələrə malikdirlər. Biz yenə də tədqiqat metodu kimi evolyusiya operatoru metodunu seçmişik və göstərmişik ki, bu cür sistemlərə baxdıqda evolyusiya operatoru metodu digər metodlara nəzərən bir çox üstünlüklərə malikdir. Evolyusiya operatorunun xronoloji hasilinin açılışını etmək üçün işdə biz Beyker-Kampbell-Hausdorff tipli eyniliklər sinfi daxil etmişik. Operator metodu ilə hərəkət tənliklərinin dəqiq həllərini qurmuşuq.

**(v) Bu istiqamət CERN təcrübələrində detektorların hazırlanmasında istifadə olunan yarımkeçiricilərin xassələrinin ilkin prinsiplərdən nəzəri olaraq araşdırılmasından ibarətdir.**

18. Funksional sıxlıq nəzəriyyəsi 0-21Qpa təzyiq intervalında TI InSe<sub>2</sub> kristalında zona quruluşunu və qadağan zonanın eni tədqiq edilmişdir. Kristalın tetraqonal fazasında mümkün metallik keçid müzakirə olunmuşdur. Təyin edilmişdir ki, “yarımkeçirici-metal” keçidi 14QPa təzyiqdə baş verir. Yarımkeçirici hal üçün təzyiqin effektiv kütləyə təsirinin öyrənilməsi göstərir ki, təzyiq artdıqca elektronların və deşiklərin effektiv kütlələri azalır, deşiklərin effektiv kütlələrinin anizotropiyası isə zəifləyir.

**(vi) Bu istiqamətdə relyativistik və qeyri-relyativistik bağlı halların xassələri dalğa tənlikləri əsasında tədqiq olunur və yeni maraqlı elmi nəticələr alınmışdır.**

19. Kleyn-Fok-Qordon tənliyinin Hülten plyus dairəvi şəkilli potensial üçün bağlı halları təsvir edən həlləri alınmışdır. Enerjinin məxsusi qiymətləri və uyğun radial və azimutal dalğa funksiyalarının orbital momentin istənilən qiymətləri üçün aşkar şəkilləri təyin olunmuşdur. Bu nəticə super simmetrik kvant mexanikası çərçivəsində də alınmışdır. Göstərilmişdir ki, dalğa funksiyaları Yakobi çoxhəddiləri ilə ifadə olunur.

**A. I. Ahmadov, Sh. M. Nagiyev, M. V. Qocayeva, K. Uzun and V. A. Tarverdiyeva, Bound state solution of the Klein Fock Gordon equation with the Hulthén plus a ring-shaped-like potential within SUSY quantum mechanics, International Journal of Modern Physics A, Vol. 33 (2018) 1850203 (23 pages), World Scientific Publishing Company. DOI: 10.1142/S0217751X18502032.**

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

Layihə üzrə indiyədək nəzərdə tutulmuş işlər tam (100%) yerinə yetirilmişdir. 21 məqalə nəşr olunmuş və 3 məqalə çapa qəbul olunmuşdur. Layihə ilə bağlı bəzi nəticələrimiz nəşrə göndərilmişdir.

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

1. Standart modelin genişləndirilmiş variantları olan bir çox modellər TeV kütləli bir çox zərrəciklərin varlığını qabaqcadan xəbər verir. Bu cür zərrəciklərə misal olaraq ağır psevdoskalyar və skalyar rezonansları göstərmək olar. Bu zərrəciklərin  $t\bar{t}$  kvark cütünə parçalanması prosesləri eksperimental olaraq tədqiq edilmişdir. Bunun üçün proton- proton toqquşma proseslərinə Böyük Adron Kollayderində ATLAS eksperimenti çərçivəsində

baxılmışdır.

Alınmış mühim nəticə ondan ibarətdir ki, belə yüksək enerjilər oblastına qədər Standart Modeldən gözcəcarpan meyl müşahidə edilməmişdir. A və H Hiqqz bozonların kütlələrinə  $m_{A/H} = 500 \text{ QeV}$  qiymətləndirilməri alınmışdır. (PRL 119, 191803(2017))

2. Standart Modelin bir sıra genişləndirilmiş variantları qara materiya zərrəciklərinin Hiqqz bozonla birgə doğulacağını qabaqcadan xəbər verir. Bu cür proseslər itirilmiş eninə impluslu son hallarda tədqiq edilmiş və Hiqqz bozonunun ATLAS detektorundan istifadə etməklə  $b\bar{b}$  cütünə parçalanması prosesi araşdırılmışdır. Müşahidə olunan nəticələr Standart Modelin qabaqcadan xəbər verdiyi nəticələrlə uzlaşır. Qara materiya zərrəciklərinin və Hiqqz bozonun doğulmasına məhdudiyətlər alınmışdır.

3. Standart Modeldən kənar bir sıra nəzəriyyələr proton-proton toqquşmalarında yüksək eninə enerjili  $E_\gamma$  fotonun daxil olduğu hadisələr üçün payın böyük olduğunu qabaqcadan xəbər verirlər. Buradakı proseslər qara materiya ilə də əlaqədar olan yeni fiziki modellər həssas ola bilər. Aksial vektor və ya vektor mediator vasitəsilə S kanalda qara materiyanın doğulması üçün bu tədqiqatlar mediator kütlələrinin 230-480 QeV-dən aşağı olmadığını göstərir.

4.  $SU(2) \times U(1) \times U'(1)$  genişləndirilmiş modeli çərçivəsində nəzəri olaraq  $\mu$  universallığını pozan effektlər araşdırılmışdır.

5. İlk dəfə olaraq  $e^+ + e^- \rightarrow H\bar{f}\bar{f}$  prosesində elektron-pozitron cütlərinin polyarizasiyası nəzərə almaqla baxılan prosesin diferensial və tam en- kəsiklər, habelə fermionların enerji-bucaq paylanması hesablanmışdır. Elektron-pozitron cütlərinin enerjiləri Xətti İLC (Beynəlxalq Xətti Kollayder) kollayderdə sürətləndirilən cütlərin enerjilərinə bərabər götürülmüşdür.

6.  $e^+ + e^- \rightarrow \tilde{\mu}_a + \tilde{\mu}_b + H$  prosesi üçün də Xətti kollayderdə sürətləndirilən elektron-pozitron cütlərinin polyarizasiyası nəzərə almaqla diferensial kəsiyi hesablanmışdır. Xətti İLC (Beynəlxalq Xətti Kollayder) sürətləndiricində baxılan prosesin diferensial kəsiyinin və polyarizasiya effektlərinin xarakterik xassələri tədqiq olunur.  $SU(2) \times U(1) \times U'(1)$  - modeli çərçivəsində prosesi xarakterizə edən effektlər araşdırılmışdır.

8. İlk dəfə olaraq  $SU(2) \times U(1) \times U'(1)$  - modeli çərçivəsində bütün zərrəciklərin uzununa polyarizasiyaları nəzərə alınaraq  $\mu^+ + e^- \rightarrow e^- + \mu^+$  prosesinin diferensial kəsiyi hesablanmışdır.

9. Başlanğıc zərrəciklərin uzununa polyarizasiyaları ilə şərtlənən asimmetriyalar və son zərrəciklərin uzununa polyarlaşma dərəcələri üçün ifadələr alınmışdır.

10. İlk dəfə olaraq Hiqqz və Z bozonların rayihəni birbaşa pozan parçalanma kanallarının ehtimallarının yuxarı sərhədləri üçün məhdudiyətlərin alınmışdır.

11. Kvant nəzəriyyəsinin əsas məsələlərindən biri fiziki sistemlərin zamana görə evolyusiyasının tədqiq etmək məsələsidir. Kvant sistemlərinin başlanğıc  $\psi(t_0)$  halından sonrakı  $\psi(t)$  halına zamana görə evolyusiyası qeyri-stasionar hərəkət tənliyi və ya evolyusiya operatoru ilə təyin olunur. Layihə üzrə işlərdə qeyri-stasionar kvadratik kvant dinamik sistemlərin zamana görə evolyusiya proseslərinin araşdırılması davam etdirilmişdir. Sistemlərin ayri-ayri xassələri aydınlaşdırılmış və alınmış nəticələrin tətbiq sahələri göstərilmişdir. Görülən elmi işlərin aktualığı ilk növbədə onunla bağlıdır ki, qeyri-stasionar kvadratik sistemlər fizikada geniş tətbiq sahələrinə malikdir.

İnkişaf etdirilmiş texnika əsasında müxtəlif fiziki sistemləri təsvir edən Şredinger tipli müəyyən sinif qeyri-stasionar diferensial və sonlu-fərq tənliklərin ümumi həlləri tapılmış, onlara uyğun evolyusiya operatorları təyin olunmuşdur.

12. Beyker-Kampbell-Hausdorf tipli operator eyniliklər sinfi müəyyən olunmuşdur. Bu eyniliklər nəzəri və riyazi fizika tənliklərinin, kvant-mexanikası məsələlərinin həllində, operatorlar nəzəriyyəsində geniş tətbiq oluna bilər.

13. Evolyusiya operatoru metodu inkişaf etdirilmiş və bu metodun köməyi ilə müəyyən

olunmuşdur ki, qeyri-stasionar kvadratik sistemlər sərbəst zərrəciyə unitar ekvivalentdir. Buradan nəticə kimi o da alınır ki, ümumiyyətlə desək, kvadratik sistemlər öz aralarında bir-birilə unitar əlaqədardır. Bu cür əlaqələr, məsələn, sərbəst zərrəciyi xarakterizə edən fiziki kəmiyyətləri, parametrləri və dalğa funksiyalarını bilməklə, digər kvadratik sistemlərə aid göstərilən xarakteristikaları asanlıqla tapmağa imkan verir.

14. İlk dəfə sərbəst zərrəcik və bircins sahədə zərrəcik kvantmexaniki məsələlərinin unitar ekvivalent olduğu göstərilmiş, evolyusiya operatoru qurulmuş, yeni dəqiq həllər tapılmışdır.

15. İlk dəfə olaraq kvadratik sistemlərin bir-birilə unitar ekvivalentliyi göstərilmişdir. Buradan nəticə kimi çıxır ki, biz kvadratik sistemləri xarakterizə edən fiziki kəmiyyətləri və parametrləri, o cümlədən dalğa vektorlarını unitar operatorların köməyi ilə sərbəst zərrəciyə aid uyğun ifadələrdən sadə yolla ala bilirik. Başqa sözlə bütün kvadratik sistemlər nəticə etibarlı ilə sərbəst zərrəciyə unitar ekvivalentdirlər.

17. Baxılan sistemlər arasında və onların sərbəst zərrəciklə ekvivalentlik əlaqəsini verən unitar operatorların aşkar şəkilləri həm koordinat  $x$ -təsvirində, həm də impuls  $p$ -təsvirində qurulmuşdur.

18. Ən ümumi şəkildə baxılan kvadratik sistemlər üçün propaqatorlar həm koordinat  $x$ -təsvirində, həm də impuls  $p$ -təsvirində qurulmuşdur. Bizim aldığımız ən ümumi ifadələr xüsusi hallar kimi elmi ədəbiyyatda mövcud olan nəticələri özündə saxlayır.

19. Sistemləri təsvir edən invariant operatorlar – hərəkət inteqralları təyin olunmuşdur. Onlar da məlum nəticələri xüsusi hallar kimi və ya limit halları kimi özündə saxlayır.

20. Sadə kvadratik sistemlər üçün evolyusiya operatorunun xronoloji çözülmüş aşkar ifadəsi qurulmuşdur. Evolyusiya operatoru metodu qeyri-relyativistik kvant mexanikası çərçivəsində zamandan asılı kvadratik kvant sistemlərinin xassələrini təsvir etmək üçün tətbiq olunur. Sadəlik üçün, biz dəyişən  $M(t)$  kütləli sərbəst zərrəciyə, dəyişən  $M(t)$  kütləli dəyişən bircins sahədə zərrəciyə və dəyişən qüvvənin təsiri altında olan dəyişən  $M(t)$  kütləli və  $\omega(t)$  tezlikli harmonik ossilyatora baxırıq. Baxılan kvant sistemlərinin xronoloji çözülmüş şəkildə evolyusiya operatorlarını qurmaq üçün, biz əvvəlcə inkişaf etdirdiyimiz sadə texnikanın köməyi ilə qeyri-stasionar Şredinger tipli müəyyən sinif diferensial və sonlu-fərq tənliklərinin ümumi həll tapılmışdır. Evolyusiya operatorunu bilmək propaqatorları, invariantları və dalğa funksiyalarını tapmağa imkan verdi. Alınmış ümumi nəticələrdən xüsusi hallar kimi ədəbiyyatda məlum nəticələr alınır.

21. Qeyri-stasionar sistemlərin istənilən tərtib invariantları qurulmuşdur. Onlar müəyyən sxem üzrə bazis invariantlarla ifadə olunur. Konkret olaraq xətti və kvadratik invariantların xassələri ətraflı öyrənilmiş, onların aşkar şəkilləri konkret sistemlər üçün tapılmışdır. Tapılmış ifadələr elmi ədəbiyyatda məlum olan nəticələri xüsusi hallar kimi özündə saxlayır.

22. Məlumdur ki, kvant-mexaniki sistemin dalğa funksiyası sistem haqqında bütün məlumatları almağa imkan verir. Baxılan sistemlər üçün ən ümumi şəkildə müxtəlif dalğa funksiyaları qurulmuşdur. Onların köməyi ilə sistemin koordinatlarının və ya impulslarının fəzada və zamanda paylanma ehtimalları təyin olunmuşdur. Bu ehtimalların vasitəsilə zaman keçdikcə sistemin təkamülünü qabaqcadan xəbər vermək mümkün olmuşdur.

Baxılan məsələlər ətraflı şəkildə həm koordinat təsvirində, həm də impuls təsvirində araşdırılmışdır.

23.  $\vec{E}\vec{H} = 0$  şərtini ödəyən dəyişən bircins maqnit və elektrik sahələrində yerləşmiş ikiölçülü yüklü harmonik ossilyatorun kvant mexaniki hərəkəti tədqiq olunmuşdur. Yeni operator eyniliklər alınmışdır ki, bunlar da bir-birilə kommutasiya etməyən operatorların eksponensial ifadələrinin çözülməsində, bəzi sinif diferensial və sonlu-fərq tənliklərin dəqiq həllərinin qurulmasında tətbiq oluna bilər.

24. İkiölçülü yüklü və dəyişən elektrik və maqnit sahəsində hərəkət edən kvant harmonik ossilyatoru üçün ilk dəfə evolyusiya operatorunun ifadəsi tapılmışdır. Göstərilmişdir ki, həmin



operatorun köməyilə sistemin kvant hallarını, hərəkət inteqrallarını (invariantları) asanlıqla və həm də Hamilton operatoru parametrlərinin zamandan ixtiyari asılılığı halında təyin etmək olur.

25. Tətbiq olunan evolyusiya operatoru metodun digər metodlardan üstünlükləri ifadə olunmuşdur. Bu metod əsasında propaqatorlar qurulmuş, dalğa funksiyaları, udulma və doqulma operatorları müəyyən olunmuşdur.

26. Alınmış ifadələr özünün limit və ya xüsusi halları kimi ədəbiyyatda məlum olan ifadələri özündə saxlayır.

27. Zamandan asılı olan kvadratik sistemlərin tədqiqi davam etdirilmiş və bir sıra mühüm və maraqlı nəticələr alınmışdır. Göstərilmişdir əslində bütün zamandan asılı kvadratik sistemlərə aid məsələlər sərbəst zərrəciyə aid məsələ ilə unitar çevrilmə ilə bağlıdır və bu unitar çevrilməni həyata keçirən operator sürüşmə (translyasiya) və miqyas operatorları ilə ifadə olunur.

28. Kvadratik sistemlər arasında unitar əlaqəni həyata keçirən unitar operatorların aşkar şəkilləri təyin olunmuşdur.

29. Qeyri-stasionar kvadratik kvant sistemlərinə aid olan dəyişən kütləli sərbəst kvant zərrəciyinin, xarici dəyişən bircins sahədə dəyişən kütləli zərrəciyin və qüvvə təsiri altında olan dəyişən kütləli və dəyişən tezlikli harmonik ossilyatorun evolyusiya operatorlarının xronoloji nizamlanmış formada aşkar ifadələri qurulmuşdur..

30. Kvadratik kvant sistemləri üçün parametrlərin zamandan ixtiyari asılılığın halı üçün propaqatorlar hesablanmışdır. Bu ümumi ifadələrdən xüsusi hallar kimi ədəbiyyatda uyğun məlum ifadələr alınmışdır.

31. İlk dəfə olaraq renormlanmış kütləli sərbəst zərrəcik və dəyişən qüvvənin təsiri altında olan dəyişən  $M(t)$  kütləli və  $\omega(t)$  tezlikli harmonik ossilyator kvantmexaniki məsələlərin unitar ekvivalent olduğu göstərilmiş, evolyusiya operatoru qurulmuş, yeni dəqiq həllər tapılmışdır.

32. Sıxlıq funksional nəzəriyyəsi çərçivəsində təməl prinsiplərdən 0-21 Gpa təzyiq intervalında TlInSe2 kristalının elektron zona quruluşu və qadağan zolağın qapanması tədqiq edilmişdir. Tetraqonal fazada TlInSe2 kristalı üçün metal keçidi öyrənilmişdir. Aparılmış hesablamaların nəticəsindən müəyyən olunmuşdur ki, kristalda düz keçidlə formalaşmış qadağan zona 8Gpa təzyiqdə çəp keçidlə əvəz olunur. Yarımkeçirici-metal keçidi 14Gpa-da baş verir. Yarımkeçirici hal üçün kristalda təzyiqin effektiv kütləyə təsiri öyrənilərək müəyyən olunmuşdur ki, təzyiqin artması ilə elektron və deşiklərin effektiv kütləsi azalır, deşiklərin effektiv kütləsinin anizotropluğu zəifləyir.

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!)*

#### Çap olunmuş məqalələr

1. The ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al. Search for Dark Matter Produced in Association with a Higgs Boson Decaying to  $bb^-$  Using  $36 \text{ fb}^{-1}$  of pp Collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS Detector. Phys.Rev.Lett. 119, 181804, 2017.

**Bu məqaləyə 24 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1608773/citations?ln=ru>**

2 ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Phys.Rev.Lett. **119**, 191803, 2017.

3. ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Eur.Phys.Jour. C, 77:393, 2017.

4. ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Search for supersymmetry in

events with four or more leptons in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with ATLAS, Phys. Rev. D 98, 032009, 2018.

**Bu məqaləyə 6 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1610625/citations?ln=ru>**

5. ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Search for pair production of heavy vector-like quarks decaying into high- $p_T$   $W$  bosons and top quarks in the lepton-plus-jets final state in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, Jour.High Energy Phys.,08, 048, 2018.

**Bu məqaləyə 10 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1676481/citations?ln=ru>**

6. ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Search for Heavy Higgs Bosons A/H Decaying to a Top Quark Pair in pp Collisions, Phys.Rev.Lett., 119, 191803, 2017.

**Bu məqaləyə 24 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1610625/citations?ln=ru>**

7. ATLAS Collaboration. M. Aaboud... F.T. Khalil-zada et al., Search for a heavy Higgs boson decaying into a  $Z$  boson and another heavy Higgs boson in the  $\ell\ell b\bar{b}$  final state in pp collisions at TeV with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 783, 392, 2018.

**Bu məqaləyə 6 istinad edilmişdir. <https://inspirehep.net/record/1665828/citations?ln=ru>**

8. Б.И.Мехтиев, Х.А.Мустафаев, Ф.Т.Халил-заде.,Эффекты нарушения  $\mu e$  - универсальности в процессах рассеяния мюонов на электроны в рамках  $SU(2)\times U(1)\times U'(1)$ - модели., АМЕА Хəбərləri XXXVII cild, №5, 2017, стр.3-9.

9. G. Aad, ..., F. Khalilzada, ... et al. ATLAS Collaboration. Search for lepton-flavour-violating decays of the Higgs and  $Z$  bosons with the ATLAS detector, Eur.Phys.Jour. C, 77, 70, 2017.

10. Ш.М.Нагиев, О применении метода оператора эволюции к описанию частицы переменном однородном поле. Теоретическая и Математическая Физика, том 194, №2, февраль, 2018, стр. 364-380.

11. F.T. Khalil-zada, The production of the higgs boson on electron-positron linear colliders, AJP Fizika, vol.XXIII, №1,sec.: En, p. 8-17, (2018).

12. F.T. Khalil-zada, The production of the higgs boson on polarized colliding linear  $e^+e^-$  colliders and supersymmetry, AJP Fizika, vol.XXIII, №1,sec.: En.(2018).

13. Ш.М.Нагиев, В.А.Тарвердиева, А.И.Ахмедов, Об эволюции нестационарных квадратичных квантовых систем, Тətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri, Beynəlxalq elmi konfransın materialları, Sumqayıt-2018, səh 200-205.

14. E.I.Jafarov, S.M.Nagiyev, Evolution operator method and a non-relativistic particle in the tiime-dependent homogegeous field, Springer Nature Singapore Pte Ltd.2018, V. Dobrev, Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and its Applications in Physics, volume 2, Springer Proceedings in Mathematics and Statistics 255.

15. E.I.Jafarov, S.M.Nagiyev, Evolution operator method and a non-relativistic particle in the tiime-dependent homogegeous field, Springer Nature Singapore Pte Ltd.2018, V. Dobrev, Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and its Applications in Physics, 19-25 June 2017, Varna, Bulgaria.

16. Ш.М.Нагиев, А.И.Ахмедов, Ш.А.Амирова, О применении метода оператора эволюции к описанию заряженного нестационарного гармонического осциллятора в переменных электрического и магнитного полях, АМЕА Хəбərləri, cild XXXVIII, №5,2018, səh 28-35.

17. A. I. Ahmadov, Sh. M. Nagiyev, M. V. Qocayeva, K. Uzun and V. A. Tarverdiyeva, Bound state solution of the Klein Fock Gordon equation with the Hulthén plus a ring-shaped-like potential within SUSY quantum mechanics, International Journal of Modern Physics A, Vol. 33 (2018) 1850203 (23 pages), World Scientific Publishing Company. DOI: 10.1142/S0217751X18502032.

18. G.S. Orudzhev, N.A. Ismayilova, V.N. Jafarova, Electronic structure and effective masses of TlInSe2 under pressure, Materials Science-Poland, 35(4), 2017, pp. 857-860

<http://www.materialsscience.pwr.wroc.pl/> DOI: 10.1515/msp-2018-0007

### Çapda olan məqalələr

19.Ш.М.Нагиев,А.И.Ахмедов, О временной эволюции квадратичных квантовых систем. (ТМФ jurnalında çapdadır.)

20 .Ш.М.Нагиев,А.И.Ахмедов, В.А.Тарвердиева, А.А.Амирова, О нестационарных квадратичных квантовых системах (Известия вузов jurnalında çapdadır.)

21 .Ш.М.Нагиев,А.И.Ахмедов, А.А.Амирова, Применение метода оператора эволюции к описанию свободной квантовой частицы.(Radiasiya problemləri İnstitutunda çapdadır.)

Layihə üzrə 18 məqalə nəşr olunmuş, 3 məqalə çapdadır.

5	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər (burada doldurmalı)
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 göstərilməlidir) 1. Bu il layihə üzrə F.Xəlilzadə 20.06.2017-26.06.2017 tarixləri CERN-də ezamiyyətdə olmuş və ATLAS kollaborasiyasının bəzi iştirakçıları ilə görüşlər keçirmişdir. 2. Layihə üzvü R. Həşimov 1-7 fevral tarixlərində Moskva vilayətinin Dubna şəhərində "Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutunda" elmi ezamiyyətdə olmuşdur. O, ezamiyyə ilə bağlı öz hesabatını EIF-na təqdim etmişdir.
7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) (burada doldurmalı)
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak (burada doldurmalı)
9	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq) Şakir Nağıyevin və Elçin Cəfərovun "Evolution operator method and a non-relativistic particle in the time-dependent homogeneous field" adlı məruzəsi Bolqarıstanın Varna şəhərində keçirilən "Kvant nəzəriyyəsi və simmetriyalar" 10-cu Beynəlxalq Simpoziumda dinlənilmişdir.
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları Layihə üzrə 1 ədəd Work Centre 3025 adlı printer, skayner və ksekopiya funksiyası üzrə printer və 1 ədəd Lenovo V5205-081KL adlı fərdi kompüter əldə olunmuşdur.
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr BDU-nun müəllimi Azər Əhmədov ilə elmi əlaqələrimiz var.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr ATLAS kollaborasiyası ilə əməkdaşlıq davam etdirilir. Mexiko Universitetinin alimləri Natiq Atakişiyev və Bernardo Volf ilə, Türkiyə və Dubna alimlərilə əməkdaşlıq edilir.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) (burada doldurmalı)

14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) (burada doldurmalı)
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) (burada doldurmalı)
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir) (burada doldurmalı)

**SİFARIŞÇI:**  
**Elmin İnkişafı Fondu**

**Aparıcı məsləhətçi**  
**Həsənli Günay Xudayət qızı**

\_\_\_\_\_  
(imza)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ -ci il

**İCRAÇI:**

**Layihə rəhbəri**  
**Nağıyev Şakir Məmməd oğlu**

\_\_\_\_\_  
(imza)  
07 dekabr 2018-ci il