

(əvvəlİ ötən sayımızda)

Kvantlayıcı maqnit sahəsində metal və yarımkeçiricilərdə termomaqnit hadisələrin kvant nəzəriyyəsi verilmişdir. Kristallarda eksiton hallarının dayanıqsızlığı ilə əlaqədar elektron fəza keçidi nəzəriyyəsi işlənib hazırlanmışdır.

Akademik Bəhrəm Əsgərov güclü kvantlayıcı maqnit sahəsində yarımkeçiricilərdəki termomaqnit effektlərinin nəzəriyyəsini vermişdir. O, yarımkeçiricilərdə kinetik effektlərə həsr olunmuş kompleks tədqiqatlarına görə 1974-cü ildə Azərbaycan Dövlət mükafatına layiq görülmüşdür. Yarımkeçiricilərdə elektron köçürmə hadisələrinin eksperimental və nəzəri tədqiqatlarının həm klassik, həm də kvant nəzəriyyəsi alimin “Yarımkeçiricilərdə elektron köçürmə hadisələri” (1994, ingilis dilində) monoqrafiyasında öz əksini tapmışdır.

Akademik Fırudin Haşımzadənin bilavasitə iştirakı və rəhbərliyi altında bir sıra maqnit kristallarında aşqar atomlarının enerji spektrinin və optik xassələrinin nəzəriyyəsi işlənib hazırlanmışdır. İfrat yarımkeçirici qəfəslərdə elektromaqnit dalğalarının yayılmasının nəzəriyyəsi verilmiş, dar qadağanzolaqlı yarımkeçiricilərdə aşqar və səth hallarının nəzəriyyəsi yaradılmışdır. Kvant çuxurlarda və naqillərdə səpilmə mexanizmləri, siklotron-fonon rezonans udulmasının qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir.

Müxtəlif nəzəri modellər təbiiq olunmaqla A3B5 və A2B6 tipli birləşmələrin sferik kvant nöqtələrində elektronların spektrinin real enerji strukturu hesablanmış, Keyn tipli yarımkeçiricilərdə və nanokristallarda kinetik, optik, termodinamik hadisələrin nəzəriyyəsi qurulmuşdur. Yükdəşiyicilərin və fononların qızmasını və onların qarşılıqlı sövqünü nəzərə almaqla güclü elektrik və maqnit sahələrində yarımkeçiricilərdə və yarımmetalllarda qeyri-xətti kinetik hadisələrin nəzəriyyəsi qurulmuşdur. “Antiferromagnetiklərin optik spektroskopiyası” işinə görə 1986-cı ildə F.Haşımzadə, Y.Seyidov, M.Abdullayev və V.Yeryomenko Azərbaycan Dövlət mükafatına layiq görülmüşlər.

Bərk cisim nəzəriyyəsi sahəsində elmi əlaqələrin yaranmasında 1962-ci ildə Bakıda yarımkeçiricilərin nəzəriyyəsinə həsr olunmuş və SSRİ-nin nəzəri fizika sahəsində tanınmış bir çox alimlərinin iştirakı ilə keçirilmiş beynəlxalq konfransın böyük rolu olmuşdur.

Yarımkeçiricilərin kristal qəfəsində əmələ gələn defektlərin mikrosxemlərin elektrofiziki parametrlərinə təsirini və onlarda yaratdığı deqradasiya proseslərini aradan qaldırmaq məqsədilə defektlərin inteqral mikrosxemlərdə deqradasiyası və p-n strukturlarda elektron proseslərinə təsirinin mikromexanizmi və xüsusiyyətli aydınlaşdırılaraq bu hadisələrin qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir. Alınan nəticələr əsasında yarımkeçiricilərin fizikasında “P-n strukturlarda elektron proseslərinə defektlərin təsiri” adlı yeni elmi istiqamətin əsası qoyulmuş, elmi fundamentallıq və təbiiq baxımından ciddi problem sayılan dislokasiyanın elektrik aktivliyi və ona aşqar atomlarının təsiri problemi həll edilmişdir.

Təklənmis dislokasiyanın elektrik aktivliyini təyin etmək üçün üsullar hazırlanmış, metaldielektrik keçidi aşkar edilərək onun modeli verilmiş, p-n strukturların dəşilmə gərginliyinin fəza yığı qatındakı qeyri-bircinsliliyin yükündən və ölçülərindən asılılığının düsturu alınmışdır. Elektron mikroskopu üsulu ilə mikrosxemlərdə elektroaktiv defektlərin aşkarlanması və onların parametrlərinin təyini üsullarının həssaşlığı 100 dəfədən çox artırılmış, mikrosxemlərin istehsalında yararlı məmulatların çıxımını artırmaq üçün istifadə edilmişdir.

XX əsrin 60-cı illərində yarımkeçiricilərin optikası və spektroskopiyası sahəsində yüksək səviyyəli elmi tədqiqat işlərinin aparılması ilə respublikada yeni elmi istiqamət yaranmış və bu elmi istiqamətin inkişafında akad. Eldar Salayevin xüsusi rolu olmuşdur. Fizika İnstitutu ilə REA-nın P.N.Lebedev adına Fizika İnstitutunun birgə apardığı tədqiqatlar göstərdi ki, qalium selen monokristalında lazer effekti müşahidə olunur və həmin birləşmə qeyri-xətti optikada təbiiq olunmaq üçün perspektivli materialdır.

Laylı və almazabənör kristal quruluşlu yeni yarımkeçirici materiallar alınmış və həmin materiallarda stimullaşdırılmış şüalanma, bərk cism fizikasında yeni obyekt olan elektron-deşik mayesi, işıqlıq elektron qazının mövcudluğunu sübut edən Holl müqavimətinin kvantlanması aşkar edilmişdir. Üçqat laylı birləşmələr əsasında yeni seqnetoelektrik yarımkeçirici materiallar sinfi alınmış, neytronoqrafik tədqiqatlarla onlarda ortaqlı ölçüsüz fəzaların mövcudluğu göstərilmişdir.

“Mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrin alınması, xassələrinin tədqiqi və onlar əsasında müxtəlif çeviricilərin hazırlanması (termoelektrik, yaddaşlı və aşırma mexanizmi cihazlar, spontan və lazer şüa mənbəi, qəbuledici və modulyatorlar)” sahəsindəki nailiyyətlərinə görə 1972-ci ildə Zərifə Əliyeva, Vədim Antonov, Arif Quliyev, Yəzulla Nəsirov, Rəhim Nani, Eldar Salayev və “Yeni yarımkeçiricilər, onların əsasında yaradılan çeviricilər” aid işlərə görə isə 1976-cı ildə Həsən Hüseynov Azərbaycan Dövlət mükafatına layiq görülmüşlər.

Fizika İnstitutunda müxtəlif elektroaktiv aşqarlar daxil edilmiş germanium-silisiyum

bərk məhlullarında aşqar mərkəzlərinin əsas hallarının enerji spektrinin dəyişməsinin xarakteri, elektrikkeçirmə hadisələri və sərbəst yükdəşiyicilərin Holl faktoru virtual kristal modelinə, qəfəs matrislərində komponentlərin xaoitik paylanması isə zona quruluşunun transformasiyasına və Bruskun “xəlitədən səpilmə” nəzəriyyəsinə uyğun gəlməsi göstərilmişdir.

Kinematik elektronqrafiya üsulu təbiiq olunmaqla A1B6, A3B6 və A3B3C6 birləşmələrinin nazik təbəqələrində qarşılıqlı təsirin, fazaəmələgəlmənin və kristallaşmanın bir sıra qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir.

Yarımkeçirici materialların müəhüm elektrofiziki parametrlərini ölçmək

Milli fizika elminin qərarqahı



məqsədilə yüksək tezlikli cərəyanlardan istifadə etməkə materialı zədələmədən kontaktsız ölçü üsullarının elmi əsasları inkişaf etdirilərək yeni üsullar təklif olunmuş və müxtəlif təyinatlı çeviricilər yaradılmışdır. Bu elmi istiqamətin yaranması və inkişafı akademik Arif Paşayevin adı ilə bağlıdır.

2004-cü ildə akademik A.Paşayev elmi nailiyyətlərinə, kadr hazırlığına və itirəçiliq fəaliyyətinə görə Pavlov adına qızıl medala və Ümumdünya Əqli Mülkiyyət Təşkilatının qızıl medalına layiq görülmüşdür.

Diffuziya və elektrodifuziya sahəsində mühüm tədqiqatlar aparılmış, o cümlədən xalkogenid yarımkeçiricilərdə aşqarların miqrasiya mexanizmi aydınlaşdırılmışdır. Bu sahədə aparıcı rolu olan akademik Toy-yar Cəfərovun tədqiqatları nəticəsində silisiyum, germanium, selen, tellur, A1B6, A3B5, A3B6 tipli yarımkeçiricilərdə və yarımkeçirici cihazlarda defektlərin əmələ gəlməsi və aşqar atomlarının diffuziya mexanizmləri müəyyənəşdirilmiş, nəzəri və eksperimental tədqiqatların nəticələri H.Abdullayev və T.Cəfərovun “Yarımkeçirici strukturlarda atom diffuziyası” (1987, ingilis dilində) kitabında öz əksini tapmışdır.

Nadir torpaq və qələvi torpaq elementləri ilə aktivləşdirilmiş üçqat xalkogenid yarımkeçiricilərin fizikası, texnikası və texnologiyasına dair fundamental tədqiqatlar sayəsində xarici amillərin (elektrik sahəsi, elektron dəstəsi, ultrabənövşəyi və rentgen şüaları və s.) təsiri altında görünən oblastda şüalanən yüksək effektivli lüminessent materiallar yaradılmışdır. Yarımkeçiricilərdə elektrolüminessensiya hadisələri ilə bağlı işlər akademik Bahadır Tağıyevin rəhbərliyi altında aparılmışdır. “Xalkogenid və oksid yarımkeçiricilərin elektron rəqs hallarının spektroskopiyası, elektrik və deformasiya sahələrinin təsiri” işlər silsiləsinə görə BDU-nun və Fizika İnstitutunun bir qrup alimi (Azər Zeynalov, Əmrulla Məmmədov, Şərif Əfəndiyev, Kərim Allahverdiyev, Qırıqı Belenki, Rauf Süleymanov, B.Tağıyev) 1988-ci ildə Azərbaycan Dövlət mükafatına layiq görülmüşdür.

Akademik Məhəmmədəmin Şahtaxtinskiyin bilavasitə rəhbərliyi və iştirakı ilə yeni kompozit materiallar yaradılmış, polimer-pyzeoelektrik və polimer-yarımkeçirici kimi nizamsız sistemlərdə piro-pyzeoelektrik, elektret, varistor, pozistor, pyezorezistiv, fotoelektret, fotorezistiv, fotovoltaiq və elektrolüminessensiya effektlərinin formalaşmasında anizotropluğu aparıcı rolu müəyyən edilmiş və onların əsasında bir sıra cihazlar hazırlanmışdır.

Aşağı temperaturlarda maqnit qavrayıcılığını ölçmək üçün xüsusi qurğu, istilik tutumunun 2÷300K temperatur intervalında ölçülməsinə imkan verən vakuumlu adiabatik kalorimetr və yüksək həssaslığa malik dilatometr qurğuları yaradılmış, onların köməyiylə bəzi A3B6 və A2B32C64 tipli birləşmələrin 10÷300K, amorf selenin isə 60÷330K intervalında istilik tutumu və ter-

modinamik parametrləri, bir sıra xalkogenidlər və onların bərk məhlullarının istidən genişlənmə əmsalı tədqiq edilmişdir.

Yeni kalorimetrik üsul əsasında 100-dən artıq yarımkeçirici maddənin termodinamik parametrləri və rabitə enerjisi təyin edilmiş, qadağan zona ilə atomizasiya enerjiləri arasında korrelyasiya müəyyənəşdirilmiş, bu maddələrin alınma texnologiyasının fiziki-kimyəvi əsasları işlənib hazırlanmışdır.

Aşağı temperaturların alınması və bu sahədə aparılan bir sıra tədqiqatlar müxbir üzv İsa Kərimovun adı ilə bağlıdır.

Bir sıra 3d-keçid elementlərinin xalkogenidlərdə maqnit nizamlılığının elektirik xassələrinə təsir mexanizmi aydınlaşdırılmış, nüvə qamma-rezonans üsulu ilə ilk dəfə dəmir tərkibli laylı və zəncirvari birləşmələrdə kvazişağıröçlütlü maqnetiklərə məxsus xassələrini olduğu aşkarlanmış, dia-

ilə SSRİ-də ilk dəfə olaraq elektron soyuduculu xüsusi təyinatlı fotoqəbuledicilərin seriyalı istehsalı təşkil olunmuş, həmin fotoqəbuledicilər Moskva şəhərindəki Kurçatov adına Atom Enerjisi İnstitutunda idarə olunan termonüvə sintez aparatında yüksək temperaturlu plazmanın sıxlıq funksiyasına nəzarət qurğusunda, lazer rabitəsi və məsafədən ölçmədə, Yer in təbii sərvətlərini tədqiq edən “Kosmos” seriyalı aparatlarda, Mars planeti və onun Fobos peykinin səthini tədqiq edən “Fobos” avtomatik stansiyasında, yerüstü qurğuları və minalanmış sahələri aşkar edən pilotsuz aparatlarda, Moskva şəhərinin ilk istilik xəritəsinin çıxarılması və Türkiyə Respublikasında təyyarədən xəritə çəkilişində istifadə edilmişdir. Bu fotoqəbuledicilər vasitəsilə ilk olaraq Marsın əks tərəfinin istilik xəritəsi çıxarılmışdır. “Geniş təbiiq olunan elektron cihazlarının istehsal

Milli fizika elminin qərarqahı



texnologiyasının və konstruksiyalarının elmi əsaslarının işlənib hazırlanması” işinə görə Cavad Abdinov, Kamal Əhmədzadə, Emil Hüseynov, Çingiz Qacar, Fikrət İsmayilov, Kamran Əliyev, Emin Əliyev 1982-ci ildə Azərbaycan Dövlət mükafatına layiq görülmüşlər.

İlk dəfə kosmik peykə çəkisizlik şəraitində bir sıra yarımkeçirici bərk məhlulların monokristalları alınmışdır. A2B6 tipli birləşmələrin nazik təbəqələrində aşqarların diffuziyasına lazer şüaları ilə təsir edərək yüksək effektivli fotoqeviricilər və detektorlar hazırlanmışdır.

Metal-məsaməli silisiyum əsasında Şottki diodlarında nəmlik-voltaik effekti müşahidə edilmiş, onun fiziki mexanizmi aydınlaşdırılmış və bunların əsasında çox həssas rütbət göstəriciləri, hidrogen və karbon qazı sensorları və hidrogen minibatereyalı, laylı mürəkkəb yarımkeçiricilər əsasında isə rentgen və qamma şüaları detektorları, yüksək həssaslıqlı tenzovəricilər hazırlanmışdır.

AMEA-nın müxbir üzvü Səlimə Mehdiyevanın rəhbərliyi ilə aparılan tədqiqatlar nəticəsində selen diodlarında heteroqecidin yaranması və onun yaranma mexanizmi, selendə taraz və qeyri-taraz elektron proseslərinin mexanizmi, selen əsasında şüşəvari sistemlərin fiziki xassələrində yaxın və orta nizam quruluşunun rolu və onun mexanizmi müəyyənəşdirilmişdir.

Fizika İnstitutunda ötən əsrin 50-ci illərindən başlayaraq akademik Lətif İmanovun rəhbərliyi altında təşkil olunmuş radiofizika laboratoriyasında maddənin həm qaz, həm də maye halı molekulyar səviyyədə öyrənilmişdir. Sonradan bu elmi istiqamət akademik Çingiz Qacar tərəfindən davam etdirilmişdir. Qaz radiospektroskopiyası üsulu ilə molekuluq quruluşu və dayanıqlı konformer formalarının tədqiqi, dipol momenti, daxili hərəkət parametrlərinin təyini üzrə alınan nəticələr kimyəvi rabitə nəzəriyyəsinin inkişafına təkan verən dəyərli tədqiqatlar kimi dünya elmi ədəbiyyatına daxil edilmişdir. İlk dəfə propil spirti molekuluqun üç ekvivalent olmayan rotomer halda olduğu təsdiq edilmişdir.

Et il və izopropil spirti molekullarının 20 mindən çox udulma xətlərinin rezonans tezlikləri yüksək dəqiqliklə ölçülərək onların enerji parametrləri hesablanmış, spektral kataloqları hazırlanmış, molekulların fotohəyəcanlanmasının ən yüksək effektivlik şərti müəyyənəşdirilib təcrübədə istifadə üçün təklif edilmişdir. Mayədə molekulyar və submolekulyar səviyyədə baş verən proseslərə əsaslanaraq maddənin halını mikroskopik səviyyədə müəyyən edən nəzəriyyə hazırlanmış, yaradılan yeni ölçü üsulları ilə maddənin dielektrik xassələri daha geniş intervalda öyrənilmiş, dielektrik relaksasiyası ilə maddənin quruluşu arasında sıx əlaqənin olması aşkar edilmişdir.

Bu illərdə Fizika İnstitutunun “Molekulyar spektroskopiya” laboratoriyasında müxtəlif mürəkkəb üzvü molekullar və on-

ların sərbəst radikallarının lüminessensiya spektrlərinin tədqiqi ilə də məşqul olunurdu. Bu işlər əsasən prof. Xasay Məmmədovun rəhbərliyi ilə aparılırdı. Bu sahədə müxtəlif sinif üzvü birləşmələrin sərbəst radikallarının elektron keçidlərinin enerjisi, əsas və həyəcanlanmış elektron hallarının rəqsi tezlikləri təyin edilmişdir.

Tədqiq olunan radikalların matrisada elektron-rəqsi spektral quruluşunun dəyişməsinin onun dayanıqlı konfigurasiya formasının stabiləşməsi ilə əlaqəli olduğu göstərilmişdir. Normal parafin matrisalarında dondurulmuş mürəkkəb aromatik molekullarda fotokimyəvi proseslərin kinetikasi öyrənilmiş, geniş temperatur intervalında polimorf çevrilmələr müəyyənəşdirilmişdir.

Elementar zərrəciklər və nüvə fizikası sahəsindəki nəzəri tədqiqatlarda aksiomatik, simmetriya və cəbri yanaşmalar geniş təbiiq

Milli fizika elminin qərarqahı

olunmuş və inkişaf etdirilmişdir. Fəzanın mikroskopik strukturunu (həndəsəsinı) xarakterizə edən fundamental uzunluğun varlığı fərziyyəsinə əsaslanan qeyri-lokal kvantlanmış sahə nəzəriyyəsi qurulmuşdur.

Bu nəzəriyyədə impuls təsvirində sabit ayrılıqə malik 4 ölçülü fəza reallaşır və lokal kvant sahə nəzəriyyəsinin bütün aksiomları ödənilir. İmpuls təsviri quruluşunun nəticəsi kimi, ifrat yüksək enerjilərdə elementar zərrəciklərin səpilmə kəsikləri üçün konkret dəvranışlar qabaqcadan xəbər verilmişdir. İxtiyari spinli kvant sahələri üçün işıq konusu üzərində rəlyativistik kovariant Hamilton nəzəriyyəsi inkişaf etdirilmiş, S-matris üçün unitarlıq şərti və səbəbiyyət prinsipi ifadə olunmuşdur. Kovariant 3 ölçülü diaqram texnikası və dərin qeyri-elastiki lepton-adron səpilmə proseslərini təsvir edən ümumi formalizm təklif edilmişdir.

Alınan nəticələr elmi ədəbiyyatda öz təsdiqini tapmışdır. Rəlyativistik səpilmə amplitudu və ikizərrəcikli dalğa funksiyası üçün kvazipotensial tipli tənliklər alınmışdır. Qeyri-rəlyativistik kvant mexanikasının bir sıra mühüm xassələrini özündə saxlayan və rəlyativistik konfigurasiya fəzasında dalğa funksiyası sonlu-fərq tənliyiə ödəyən kvant sahə nəzəriyyəsində kvazipotensial yanaşma əsasında rəlyativistik kvant mexanikasının sonlu-fərq variantı inkişaf etdirilmişdir. Rəlyativistik kvant mexanikası çərçivəsində səpilmə nəzəriyyəsi və kvant mexanikasında istifadə olunan yaxınlaşmaların analoqları qurulmuş, kəsilməz analiz in mühüm funksiyalarının sonlu-fərq analoqları alınmışdır.

Sonlu-fərq tənliklərinin xassələrinə əsaslanaraq, kvantların konfaynmənt (tutulub saxlanma) mexanizmi təklif olunmuşdur.

Geniş təbiiqə malik bir çox dinamik sistemlərin dəqiq hallı olunan sonlu-fərq modeləri qurulmuş və tədqiq olunmuşdur. Onların dalğa funksiyaları, enerji spektrləri və dinamik simmetriya qrupları tapılmış, koherent halları, stasionar və termodinamik tarazlıq hallarının Vigner paylanma funksiyaları təyin olunmuşdur. Faktorlaşma, o cümlədən q-faktorlaşma üsulunun köməyiylə q-harmonik ossilyatorun müxtəlif modelləri qurulmuş və tədqiq edilmişdir.

Asılı olmayan q-kommutator anlayışı daxil edilmiş, Heyzenberq-Veyl cəbrinin q-analoqunun sonlu-fərq operatorları ilə reallaşdırılmışdır. Klassik və q-ortoqonal çoxhədilər sinfinin tədqiqi üzrə də sanballı nəticələr əldə edilmişdir. Belə ki, q-ortoqonal çoxhədilər sinfi üçün ortoqonallıq şərtinin bütün ədəd oxunda sadə və yeni forması alınmış, çoxhədilərin arasında Furye çevirməsinin köməyiylə müxtəlif əlaqələr tapılmış, ortoqonal çoxhədilərin yeni sinfi daxil edilmişdir. Sadalanan elmi nəticələr müxbir üzv Rüfət Mirqasimovun rəhbərliyi ilə aparılmışdır.

Akademik Nəriman Quliyevin rəhbərliyi ilə elektrozaif qarşılıqlı təsirin standart və supersimmetrik genişləndirilmiş nəzəriyyələrinin müxtəlif modelləri təklif olunmuşdur. Bu modellər çərçivəsində lepton-lepton, lepton-adron, foton-lepton, foton-adron və foton-foton səpilmə prosesləri və skalyar Higgs bozonları ilə bağlı effektlər tədqiq edilmişdir. Elektron-nuklon dərin qeyri-elastiki toqquşma hadisələri üçün yüksək tərtibli kvant elektrodinamik düzəlişlər müəyyən edilmişdir.

Yeni sürətləndiricilərə aid layihələr ətraflı təhlil edilmiş və tək nüvələrdə polyarlaşma effektlərinin öyrənilməsi kollektiv nüvə hallarının xassələrini təsvir edən modellər qurmağa imkan vermişdir. Göstərilmişdir ki, deformasiya olunmuş cüt nüvələrdə spin qarşılıqlı təsirləri monopollu həyəcanlanmalara yeni kollektiv qolunu yaradır.

Onlar təcrübədə müşahidə olunan maqnit dipol və Qamov-Teller rezonanslarının yaranmasının səbəblərdir. Harmonik analiz əsasında spiral səpilmə amplitudunun Lorents qrupunun təsvirləri üzrə sıraya ayrılışı alınmışdır. Bu, kinematik məxsusiyyətli ayrımğa və böyük enerjilərdə səpilmə amplitudunun modelini qurmağa imkan vermişdir. Kvaziortoqonal SO (p, q) (p ≥ q = 1, 2, 3...) qrupunun invariantlarının nəzəriyyəsi inkişaf etdirilmiş, ixtiyari spin üçün regul-yarlaşma üsulu işlənib hazırlanmışdır.

(ardı var)

*Arif HƏSİMOV,
AMEA-nın haqiqi üzvü,
Səlimə MEHDİYEVA,
AMEA-nın müxbir üzvü*