



Հաստատում են
ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և
Էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի տնօրեն,
Ֆ.մ.գ.թ. Տ. Զարարյան
«20» հունիսի 2023 թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանի «Քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրոսկոպիա» Ա.04.07 - «կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Թեմայի արդիականությունը

Ներկայումս, քվանտային էլեկտրոնիկայի բուռն զարգացմամբ, կտրուկ աճել է նախապես տրված օպտիկական հասկություններով օժտված նոր միացությունների, մասնավորապես՝ հազվագյուտ հողի խմբի իոններով լեզիրված բյուրեղների պահանջարկը: Ուստի խիստ կարևորվում են բյուրեղային ցանցում խառնուկների զբաղեցրած հանգույցների, դրանց համաչափության, էլեկտրոնային կառուցվածքի, ինչպես նաև բյուրեղային ցանցի արատների հասկությունների փորձարարական հետազոտությունները: Նշված հասկությունների հետազոտության ամենալրատվական մեթոդներից մեկը՝ էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսը (ԷՊՌԵ, EPR), հնարավորություն է տալիս որոշելու խառնուկային իոնիսպինը և վալենտականությունը, նրա զբաղեցրած դիրքի լոկալ համաչափությունը, մոտակա շրջապատի կառուցվածքը և այլն:

Հետազոտությունը, որի արդյունքները ներկայացված են Հ.Ռ. Ասատրյանի ատենախոսությանում, ուղղված է նոնաբարերի ($Y_3Al_5O_{12}$, $Lu_3Al_5O_{12}$), իտրիումի օրթոալյումինատի, հազվագյուտ հողային և անցումային մետաղների իոններից առաջացած խառնուկային պարամագնիսական կենտրոնների ուսումնասիրությանը:

($Y_{1-x}Lu_x$)₂Al₂O₇, $Y_3(Al_2Sc_7)Al_2O_{12}$), խառը օքսիդայումինատներ $Y_{1-x}Lu_xAlO_3$ կապարի վոլֆրամատ $PbWO_4$ և սեզնետոկրատիկ $K_2Na(CrO_4)_2$ ակտիվացված MnO_2 մոլեկուլային իոնով: Այս բյուրեղները, որոնք ակտիվանում են հազվագյուտ երկրային իոններով, խոստումնալից նյութեր են նոր քվանտային էլեկտրոնիկայի սարքեր ստեղծելու համար (արագ և արդյունավետ գործող դետեկտորներ պոզիտրոն-էմիսիոն տոմոգրաֆիայի համար, բարձր արդյունավետությամբ օպտիկական ճառագայթման զենեքատորներ, սցինտիլատորներ, քվանտային համակարգիչներ և բարձր արդյունավետությամբ լուսավորող սարքեր): Հաշվի առնելով այս տեսակի նյութերի ուսումնասիրության համար էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսի մեթոդի լայն հնարավորությունները, այս աշխատանքի նպատակն է եղել մանրամասն տեղեկություններ ստանալ պարամագնիսական կենտրոնների հատկությունների, ինչպես նաև էլեկտրոնային կառուցվածքների վերաբերյալ, որոնք ձևավորվում են ակտիվացված բյուրեղների ածխածնային Քանի որ ձևավորված կենտրոնների հատկությունները մեծապես կախված են բյուրեղների ածխածնային կառուցվածքից, դրանց հատկությունների ուսումնասիրությունը էՊՌ մեթոդով կարող է հանգեցնել նոր երևույթների հայտնաբերմանը մի կողմից և կարող է օգտակար տեղեկատվություն տրամադրել ցանկալի հատկություններով նյութերի աճեցման տեխնոլոգիայի բարելավման համար մյուս կողմից: Վերը նշվածը թույլ է տալիս ասել, որ Հ.Ռ. Ասատրյանի ատենախոսությունը արդիական է:

Ատենախոսական աշխատանքի կատարման ընթացքում Հ.Ռ. Ասատրյանը ցույց է տվել EPR սպեկտրոսկոպիայի միջոցով խառնուկային կենտրոնների կառուցվածքն ուսումնասիրելու բարձր արդյունավետությունը և այդ մեթոդի ընձևած լայն հնարավորությունները նման կենտրոնների պարունակող նյութերի ֆիզիկական հատկությունները նկարագրելու համար: Նա բավական բարձր ճշգրտությամբ ստացել է ուսումնասիրվող կենտրոնների սպին Համիլտոնյանների պարամետրերը, որոնք որոշում են այդ կենտրոնների ցածր ջերմաստիճանային մագնիսական հատկությունները:

Աշխատանքը բաղկացած է ներածությունից, վեց գլուխներից և գրականության ցանկից:

Ներածական մասում ներկայացված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակը, առաջադրված և լուծված խնդիրները, ցույց է տրված ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և գործնական արժեքը, ինչպես նաև բերված են պաշտպանության ներկայացված հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում ուսումնասիրվել են խորիում և լյուտեցիում ալյումինիումային նոնաքարերի ($Y_3Al_5O_{12}$, $Lu_3Al_5O_{12}$) միաբյուրեղների հազվագյուտ հողային և անցումային խառնուրդային իոնների էՊՌ սպեկտրները: Այդ թվում՝ Mo^{3+} , Fe^{2+} , V^{2+} , Tb^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , Dy^{3+} , Ce^{3+} և Eu^{2+} : Պարզաբանվել են դրանց տեղակայումը բյուրեղային ցանցում, վալենտականությունը, էներգետիկ մակարդակները, որոշվել են սպեկտրասկոպիական պարամետրերը:

Երկրորդ գլխում փորձնականորեն էՊՌ մեթոդով հետազոտվել են հազվագյուտ հողային և անցումային խառնուկներով (Er^{3+} , Nd^{3+} , Ce^{3+} , Tm^{3+} , Tb^{3+} և Mo^{3+}) խորիումի օրթոալյումինատի միաբյուրեղները ($YAlO_3$): Պարզաբանվել են խառնուկների տեղակայումը բյուրեղային ցանցում, ստացվել են բոլոր սպեկտրոսկոպիական պարամետրերը: Ցույց է տրվել, որ $YAlO_3$ բյուրեղում պարամագնիսական կենտրոնի տեղային մագնիսական առանցքների ուղղությունը բյուրեղային ցանցի ուղղությունների նկատմամբ կախված է իոնի տեսակից:

Երրորդ գլուխը նվիրված է էՊՌ մեթոդով խորիում լյուտեցիումային խառը ($Y_{1-x}Lu_xAl_3O_7:Mo^{3+}$, Er^{3+} և խորիում-սկանդիումային $Y_3(Al_2Sc_x)Al_3O_{12}:Mo^{3+}$ նոնաքարերում ինչպես նաև $Y_3Lu_3AlO_7:Ce^{3+}$ անկանոն համակարգերի հատկությունների հետազոտմանը: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ սպեկտրալ գծերի լայնացումներն այդ պինդ լուծույթներում պայմանավորված են երկու տիպի իոնների բյուրեղային ցանցում բաշխման վիճակագրական ֆլուկտուացիաներով և իոնական շառավիղների տարբերությամբ: Բացահայտվել են նոր պարամագնիսական կենտրոնների բնույթը: Հաշվվել են լրացուցիչ կենտրոնների առաջացման հավանականությունները և քանակը կախված բաղադրությունից:

Չորրորդ գլխում ներկայացված հետազոտություններում առաջին անգամ գրանցվել է երկվալենտ բիսմութի խառնուկային իոնների էՊՌ սպեկտրերը կապարի վոլֆրամատի ($PbWO_4$) բյուրեղներում: Ցույց է տրվել նաև, որ մանգանով ակտիվացված բյուրեղներում առաջանում են նոր տիպի արատային կենտրոններ: Բացի հիմնական

Pb^{2+} տետրաէդրալ հանգույցներում տեղակալված Mn^{2+} ից, հայտնաբերվել են Mn^{4+} տեղակալված վոլֆրամի հանգույցներում, զուգորդված մոտակա O^{2-} իոնի թափուրով և $Fe^{3+} - V_m$ կլաստերներ տեղային լիցքային կոմպենսացիայով: Առանց խառնուկի աճեցված միաբյուրեղներում հայտնաբերվել են Nd^{3+} և Ce^{3+} իոնների մնացորդային խառնուկներ:

Հինգերորդ գլխում ներկայացված հետազոտություններում առաջին անգամ հայտնաբերվել են խորիում ալյումինային նոնաքարերի բյուրեղային ցանցում հակադիրքային արատներ (հակասիտարատներ, antisite defects), երբ խորիումի շառավղով զգալիորեն ավելի մեծ իոնները հայտնվում են օկտաէդրալ ալյումինիումի հանգույցներում կամ Al^{3+} իոնը տեղակալվում է Y^{3+} ի հանգույցում: Փորձնականորեն հայտնաբերվել է հակադիրքային արատների ազդեցությունը Ce^{3+} և Tb^{3+} էՊՌ սպեկտրերի վրա, նոր պարամագնիսական կենտրոնների առաջացմամբ: Տրվել է հակադիրքային արատների կոնցենտրացիայի գնահատականը խորիում ալյումինիային նոնաքարերի բյուրեղային ցանցում էՊՌ մեթոդի միջոցով:

Վեցերորդ գլխում էՊՌ սպեկտրասկոպիայի միջոցով հայտնաբերվել և հետազոտվել է տեղային կառուցվածքային անցման Լֆեկտ MnO_4^{2-} մոլեկուլային իոն պարունակող սեգնետոէլաստիկ $K_2Na(CrO_4)_2$ միաբյուրեղում (սեգնետոէլաստիկ փուլային անցման ջերմաստիճանն է 239 K): Ցույց է տրվել, որ ցածր (3.5-25 Կ) ջերմաստիճանների տիրույթում էՊՌ սպեկտրերը ցուցաբերում են յուրահատուկ վարկազիծ: Նախ և առաջ էՊՌ ազդանշանի ինտեգրալ ինտենսիվության կտրուկ աճ, մոտ 2.7 անգամ: Նկատվել է գերնուրբ կառուցվածքի ճեղքումների անհամահեռավորություն ($T = 4.2K - 118$ Գաուս փոքր դաշտերի կողմից և 109 մեժ): էՊՌ սպեկտրերի առանձնահատկություններն են առանձին գերնուրբ զծերի ձևափոխումը 4.2 ից 3.7 K անցնելիս, առանձնահատուկ կտրուկ գերնուրբ զծերի նեղացում, որոշ զծերի ճեղքում և առանձին զծերի ամպլիտուդաների տարբերության առաջացում: Փորձարարական արդյունքների բացատրություն համար առաջարկվել է Յան-Թելլերի պսևդոֆեկտի հիման վրա կառուցված մոդել:

Ամփոփված են աշխատանքի արդյունքում ստացված հետևյալ հիմնական արդյունքերը:

Կարևոր արդյունքներից են, մասնավորապես լյացուցիչ էրբիումային կենտրոններ են հայտնաբերվել խորիում-ալյումինային և խառը նոնաքարերի

բյուրեղներում, որոնք պայմանավորված են հակատեղակայման արատների հետ: $Y_3Al_5O_{12}$ բյուրեղներում հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել են ոչ Կրամերսյան Ho^{3+} իոնների նոր կենտրոններ, ինչպես նաև եվրոպիումի կենտրոններ: $Lu_3Al_5O_{12}$ բյուրեղներում հայտնաբերվել և նկարագրվել են լայնաշերտ EPR սպեկտրոսկոպիայի միջոցով ոչ կրամերսյան Tb^{3+} իոնները, որոնք փոխարինում են Lu^{3+} իոնները դողեկահեղրալ դիրքում: Er^{3+} , Nd^{3+} , Ce^{3+} , Tm^{3+} և Tb^{3+} իոնների կենտրոնները հայտնաբերվել և նկարագրվել են հազվագյուտ հողային տարրերով ակտիվացված $YAlO_3$ բյուրեղներում: Առաջին անգամ ուսումնասիրվել են տարբեր տեսակի Mo^{3+} իոնային կենտրոններով ($Y_{1-x}Lux$) $3Al_5O_{12}$ և $Y_3(Al_{2-x}Sc_x)Al_3O_{12}$ նոնաբարերի բաղադրությամբ անկանոմ պինդ լուծույթները: Որոշվել են դրանց համաչափությունը, մոտակա միջակայքը և սպին Համիլտոնյանի պարամետրերը: Հաշվարկվել են Mo^{3+} նոր պարամագնիսական կենտրոնների առաջացման հավանականությունները: $Y_{1-x}LuxAlO_3:Ce^{3+}$ խառը ալյումնատների բյուրեղներում հայտնաբերվել են մի շարք նոր Ce^{3+} կենտրոններ, որոնց առաջացման պատճառներն ու օրինաչափությունները բացահայտվել են: Որոշվել են դրանց կառուցվածքը և սպին Համիլտոնյանի պարամետրերը: Հաշվարկվել են դրանց ձևավորման հավանականությունները: Առաջին անգամ հայտնաբերվել են երկվայենտ բիսմութի իոններ կապարի վոլֆրամի միաբյուրեղներում: Պարզվել է, որ մանգանի իոններով կապարի վոլֆրամի ակտիվացման դեպքում, սովորական Pb^{2+} ի դիրքերում Mn^{2+} իոնի հետ մեկտեղ, վոլֆրամային տետրաեդրերում ձևավորվում են արատավոր Mn^{4+} կենտրոններ՝ տեղական լիցքի փոխհատուցմամբ մոտակա O^{2-} ի թափուր տեղի տեսքով: Առաջին անգամ ցածր ջերմաստիճաններում փորձնականորեն հայտնաբերվել և նկարագրվել է տեղական կառուցվածքային անցման էֆեկտ MnO_4^{2-} մոլեկուլային իոնով ակտիվացված ֆերոալյասատիկ $K_3Na(CrO_4)_2$ միաբյուրեղներում: Առաջարկվել է հայտնաբերված տեղական կառուցվածքային անցման մոդել: Հ.Ռ. Ասատրյանի թվարկված արդյունքները անկասկած նոր են, ինչպես նաև գիտական և գործնական նշանակություն ունեն:

Անկասկած Հ.Ռ. Ասատրյանի ատենախոսական հետազոտության արդյունքները հուսալի են, քանի որ դրանք ձեռք են բերվել ֆիզիկական հետազոտությունների հայտնի մեթոդներով, բնութագրվում են կրկնելիությամբ, քննարկվել են բազմաթիվ միջազգային և ռուսական մասնագիտական գիտաժողովներում և տպագրվել գիտական ամսագրերում, որոնք համապատասխանում են Բարձրագույն որակավորման կոմիտեի պահանջներին:

Ատենախոսությունն ամբողջությամբ թողնում է դրական տպավորություն, սակայն կարելի է նշել որոշ դիտողություններ:

1. Բացակայում են տվյալներ ներդուրլետային և միջուրլետային անցումների գծերի լայնության վերաբերյալ, որոնք կարող են օգտագործվել բյուրեղների որակի գնահատման համար:

2. Ցանկայի էր, որ հեղինակը ներածական մասում նշեր էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրասկոպիայի և քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների կապը:

3. Էջ 53.2.1 աղյուսակում տարբեր տողերում բերված են նեոդիմի իոնի նույն ^{145}Nd իզոտոպները, սակայն նրանց գերնուրբ փոխազդեցության հաստատությունները տարբեր են: Նույն աղյուսակում ներկայացված ^{145}Nd իոնի սպեկտրասկոպիկ պարամետրը (g-ֆակտորի արժեքը) անհամեմատ ավելի մեծ է քան բոլոր մյուս արժեքները:

Նշված դիտողությունները սկզբունքորեն չեն վերաբերվում պաշտպանության ներկայացված ատենախոսության հիմնական արդյունքներին, ուստի չեն արժեզրկում կատարված աշխատանքը: Կատարված աշխատանքի արդյունքում ստացված և ներկայացված արդյունքները կասկած չեն հարուցում: Ակնհայտ է, որ Հ. Ասատրյանի ատենախոսությունը ավարտված գիտական հետազոտություն է, որի ընթացքում լուծվել են կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկայի հետագա զարգացման համար կարևոր խնդիրներ:

Ատենախոսությունը իր ծավալով, գիտական նորությամբ, արդիականությամբ, ստացված արդյունքների կարևորությամբ, հիմնավորմամբ և հիմնական դրույթներով համապատասխանում է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից դոկտորական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են հեղինակի 117 գիտական աշխատանքներում, 39 գիտական հոդվածներում գրախոսվող ամսագրերում, 24 գիտաժողովի աշխատանք և 54 թեզ Սեդմագիրը ամբողջությամբ համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական դրույթները:

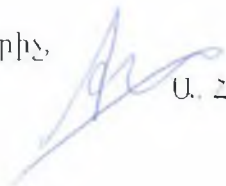
Եզրակացություն

Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանի «Քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրոսկոպիա» թեմայով դոկտորական ատենախոսությունը համապատասխանում է դոկտորական ատենախոսությունների բարձրագույն որակավորման կոմիտեի դոկտորական ատենախոսություններին ներկայացվող բոլոր պահանջներին, բովանդակությամբ համապատասխանում է Ա.04.07 «Կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա» մասնագիտությանը, իսկ հեղինակն արժանի է ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանը «Քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրոսկոպիա» թեմայով դոկտորական ատենախոսությունը ներկայացվեց ՀՀ «ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտ» ՊՈԱԿ-ի 2023թ. հունիսի 20-ին կայացած սեմինարին:

Սեմինարին ներկա էին ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆ-մ.գ.դ. Ա. Ղուլյանը, ԳԱԱ թղթ. անդամներ՝ ֆ-մ.գ.դ. Ա. Հախումյանը, ֆ-մ.գ.դ. Ս. Պետրոսյանը, ֆիզմաթ. գիտ.դոկտորներ՝ Ժ. Գևորգյանը, Է. Ռոստոմյանը, Ա. Պետրոսյանը, ֆիզիմաթ. գիտ. թեկնածուներ՝ Տ. Զարարյանը, Է. Ասմարյանը, Ա. Եսայանը, Ա. Մուսայելյանը:

Կարծիքը ձևավորեց և ամփոփեց
ՀՀ ԳԱԱ ՌՖՔԻ «ԳԲՀ համակարգերի լաբարատորիայի» վարիչ,
ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ, ֆ.մ.գ.դ.


Ա. Հախումյան

Ա. Հախումյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝
ՀՀ ԳԱԱ ՌՖՔԻ գիտքարտուղար, ֆ.մ.գ.թ.


Ա. Եսայան

