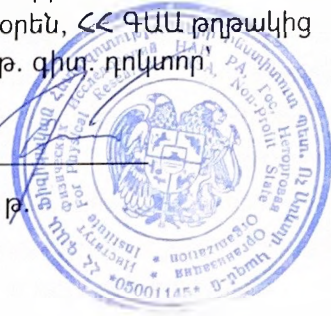


Հաստատում եմ՝

ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական  
հետազոտությունների  
ինստիտուտի տնօրեն, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից  
անդամ, ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր՝

Ա.Վ. Պապոյան

«1» ապրիլի 2022 թ.



### ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Յուրի Յուրայի Բլեյանի «Քվանտային կետերում բարդ էքսիտոնային կոմպլեքսների օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրումը» Ա.04.10 - «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ

#### **Թեմայի արդիականությունը**

Ժամանակակից կիսահաղորդչային նանոտեխնոլոգիաների թռիչքածն զարգացումը հնարավորություն է տվել ստեղծել տարբեր տեսակի նանոկառուցվածքներ, որոնք ունեն մի քանի կամ մի քանի տասնյակ նանոմետր չափեր: Այդպիսի նանոկառուցվածքները կարող են լինել տարբեր երկրաչափության՝ պարզ (գունդ, գլան), բարդ (պրիզմա, ոսպնյակ և այլն): Վերջին տարիներին փորձնականորեն ստացվել են էլիպսարդային քվանտային կետեր, որոնցում անհրաժեշտ է դառնում հաշվի առնել էլեկտրոն-խոռոչ փոխազդեցությունը: Մասնավորապես, նմանատիպ իրավիճակ է ստեղծվում խիստ սեղմված կամ ձգված էլիպսարդային քվանտային կետերի դեպքում:

Նանոկառուցվածքների ֆիզիկայի կարևոր ոլորտներից է էքսիտոնների ֆիզիկան, քանի որ այս քվազիմասնիկները հատուկ դեր են խաղում կիսահաղորդչային կառույցների օպտիկական և տրանսպորտային հատկությունների մեջ: Կարևոր է, որ էքսիտոնային վիճակների դասական կիրառություններին ավելացել են նաև կիրառման նոր ոլորտներ, որոնցից են քվանտային ինֆորմատիկան և քվանտային օպտիկան: Այս ոլորտներում արդիական են միայնակ ֆոտոնների արդյունավետ և հուսալի աղբյուրների և խճճված ֆոտոնների զույգերի աղբյուրների ստեղծման խնդիրները: Եթե միայնակ ֆոտոնների աղբյուրներում օգտագործվում են էքսիտոնները, ապա խճճված

Ֆոտոնների զույգերի ստեղծման համար առաջարկվում է բազմաէքսիտոնային կոմպլեքսների, մասնավորապես՝ բիէքսիտոնների կիրառումը: Այս բարդ կառուցվածքները ինտենսիվ հետազոտության առարկա են՝ իրենց յուրօրինակ հատկությունների շնորհիվ: Հարկ է նշել, որ նման բարդ կառուցվածքները ծավալային կիսահաղորդիչներում անկայուն մասնիկներ են, մինչդեռ դրանց կայունությունը կտրուկ աճում է կիսահաղորդչային նանոկառուցվածքներում՝ շնորհիվ լրացուցիչ չափային քվանտացման: Բացի ֆոտոնների խճճված զույգեր արձակելու հնարավորությունից, բիէքսիտոններն ունեն նաև միաժամանակյա երկֆոտոնային կլանման հնարավորություն: Նանոկառուցվածքներում կարող են ձևավորվել նաև լիցքավորված բազմաէքսիտոնային կոմպլեքսներ, ինչպիսիք են տրիոնները և կվատերնիոնները:

**Յու. Բլեյանի** ատենախոսությունը նվիրված է հենց բարդ էքսիտոնային կոմպլեքսների օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրմանը, և, ելնելով վերը նշվածից, աշխատանքի արդիականությունը կասկած չի հարուցում՝ թե՛ հիմնարար, թե՛ կիրառական առումներով:

Ատենախոսությունը բաղկացած է հապավումների ցանկից, ներածությունից, երեք գլուխներից, ամփոփագրից, երախտագրից և 121 հղումներ պարունակող գրականության ցանկից:

**Ներածությունում** բերված է էքսիտոնային ֆիզիկայի ժամանակակից հետազոտությունների մասին տեղեկատվություն և օգտագործված գրականության ակնարկը: Ձևակերպված են թեզի հիմնական նպատակները և ընդհանուր դրույթները:

**Ատենախոսության առաջին գլուխը** նվիրված է բարդ էքսիտոնային կոմպլեքսների ուսումնասիրմանը խիստ սեղմված էլիպսարդային քվանտային կետում: Բաժին 1.1-ում վարիացիոն մեթոդի շրջանակներում դիտարկվել են բիէքսիտոնային վիճակները խիստ սեղմված էլիպսարդային քվանտային կետում: 1.2-ում դիտարկվել են դրական և բացասական տրիոնային վիճակները: Ստացվել են այդ էքսիտոնային կոմպլեքսների ալիքային ֆունկցիաները և էներգիական սպեկտրը: 1.3-ում ստացվել են դրական և բացասական կվատերնիոնային վիճակների ալիքային ֆունկցիաները և էներգիական սպեկտրը վարիացիոն մեթոդի շրջանակներում: 1.4-ում, հիմնվելով ստացված արդյունքների վրա, ստացվել են չեզոք և լիցքավորված էքսիտոնային կոմպլեքսների էներգիայի և կապի էներգիայի կախվածությունները էլիպսարդային քվանտային կետի փոքր կիսաառանցքից:

**Ատենախոսության երկրորդ գլուխը** նվիրված է բարդ էքսիտոնային կոմպլեքսների գծային և ոչ գծային օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրմանը խիստ սեղմված էլիպսարդային քվանտային կետում: Բաժին 2.1-ում հաշվարկվել են էքսիտոնային կոմպլեքսների կլանումը և ֆոտոլյումինեսցենցիան: 2.2 բաժնում որոշվել են էքսիտոնային կոմպլեքսների ռեկոմբինացիայի էներգիան և օսցիլյատորային ուժը՝

կախված էլիպսարդի փոքր երկրաչափական պարամետրից: Գնահատվել են այդ քվադրմասնիկների կյանքի տևողությունները: 2.3-ում դիտարկվել են բիէքսիտոնների ոչ գծային օպտիկական հատկությունները: Մասնավորապես, ստացվել են բիէքսիտոնների ոչ գծային ընկալունակության կեղծ և իրական մասերը ինչպես հիմնական, այնպես էլ գոգոված վիճակների համար: Ստացվել են նաև ոչ գծային կլանման գործակիցները թե՛ հիմնական, թե՛ գոգոված վիճակների համար:

**Ատենախոսության երրորդ գլուխը** նվիրված է բիէքսիտոնների օպտիկական և մագնիսական հատկությունների հետազոտմանը խիստ սեղմված էլիպսարդային քվանտային կետում արտաքին մագնիսական դաշտի առկայությամբ: Բաժին 3.1-ում ուսումնասիրվել են բիէքսիտոնային վիճակները արտաքին մագնիսական դաշտի առկայությամբ: Վարիացիոն մոտավորության շրջանակներում ստացվել են ալիքային ֆունկցիաները և էներգիական սպեկտրը: 3.2-ում հետազոտվել են մագնետոբիէքսիտոնների օպտիկական հատկությունները: Մասնավորապես, ստացվել է ռեկոմբինացիայի էներգիան, գնահատվել է կյանքի տևողությունը, ինչպես նաև ստացվել է կլանման գործակիցը: 3.3-ում ստացվել են բիէքսիտոնի մագնիսացվածության կախվածությունները ինչպես արտաքին մագնիսական դաշտից, այնպես էլ էլիպսարդային քվանտային կետի փոքր կիսաառանցքից: Ցույց է տրվել, որ մագնիսացվածությունը նվազում է արտաքին մագնիսական դաշտի և էլիպսարդի փոքր երկրաչափական պարամետրի աճին զուգընթաց: Մյուս կողմից, մագնիսացվածության բացարձակ արժեքը մեծանում է, քանի որ համակարգի «արձագանքը» ուժեղանում է արտաքին մագնիսական դաշտի աճին զուգընթաց:

**Ամփոփագրի մեջ** ձևակերպված են ատենախոսության մեջ բերված հիմնական արդյունքները:

Ստացվել են չեզոք և լիցքավորված էքսիտոնային կոմպլեքսների նվազագույն էներգիաները վարիացիոն մեթոդի և Հայգենբերգի անորոշության սկզբունքի շրջանակներում: Վարիացիոն ալիքային ֆունկցիաները կառուցվել են մեկմասնիկային ալիքային ֆունկցիաների վրա: Հաշվարկվել են այդ կոմպլեքսների կապի էներգիաների կախվածությունները էլիպսարդային քվանտային կետի երկրաչափական պարամետրերից:

Ստացվել են լիցքավորված և չեզոք էքսիտոնային կոմպլեքսների ռեկոմբինացիայի էներգիաները ինչպես ֆունկցիա էլիպսարդային քվանտային կետի փոքր երկրաչափական պարամետրից: Հաշվարկվել են մեծ և փոքր կիսաառանցքների այն արժեքները, որոնց դեպքում էքսիտոնային կոմպլեքսների ռեկոմբինացիայի էներգիաները ընկած են տերահերցային տիրույթում: Ստացվել են վերը նշված քվադրմասնիկների օսցիլյատորային ուժերը: Որոշվել են էքսիտոնի և բիէքսիտոնի

գծային կլանումը և ֆոտոլյումինեսցենցիան: Գնահատվել են լիցքավորված և չեզոք էքսիտոնային կոմպլեքսների ճառագայթային կյանքի տևողությունները:

Վարիացիոն մեթոդի շրջանակներում որոշվել են բիէքսիտոնի էներգիաները հիմնական և մինչև 12-րդ գրգռված վիճակների համար: Բիէքսիտոնի և էքսիտոնի միջև քվանտային անցումները դիտարկվել են միայն առաջին երեք մակարդակների համար: Դիտարկվել են էքսիտոնային անցումների համապատասխան օսցիլյատորային ուժերը, մասնավորապես՝ բիէքսիտոն-էքսիտոն, էքսիտոն-հիմնական վիճակ:

Ուսումնասիրվել են բիէքսիտոնի հիմնական և գրգռված վիճակների համար երրորդ կարգի ոչ գծային ընկալունակությունների իրական և կեղծ մասերը մեկֆոտոնային և երկֆոտոնային ռեզոնանսային հաճախությունների համար: Յուր և տրվել, որ հիմնական և գրգռված մակարդակների համար ոչ գծային ընկալունակության իրական մասերը մեկֆոտոնային և երկֆոտոնային ռեզոնանսների համար փոխում են իրենց նշանները դրականից բացասական այն դեպքում, երբ կեղծ մասերը միշտ բացասական են: Մյուս կողմից,  $\chi^{(3)}$ -ի իրական մասը մեկֆոտոնային ռեզոնանսի համար փոխում է իր նշանը բացասականից դրական և կեղծ մասը միշտ դրական է: Ստացվել է, որ հիմնական վիճակի համար ստացված պիկը մեկֆոտոնային ռեզոնանսի համար կազմված է երկու միացյալ պիկերից այն դեպքում, երբ գրգռված վիճակների համար այդ պիկերը տեսենելիորեն առանձնացված են:

Հաշվարկվել են մագնետոբիէքսիտոնի կապի, ռեկոմբինացիայի և օպտիկական անցման էներգիաները՝ կախված արտաքին մագնիսական դաշտից և էլիպսարդային քվանտային կետի մեծ և փոքր երկրաչափական պարամետրերից: Ստացվել են բիէքսիտոնի մագնիսացվածության կախվածությունները էլիպսարդի փոքր կիսաառանցքից և արտաքին մագնիսական դաշտից: Գնահատվել է մագնետոբիէքսիտոնի կյանքի տևողությունը արտաքին մագնիսական դաշտից և էլիպսարդային քվանտային կետի երկրաչափական պարամետրերից:

Ատենախոսական աշխատանքում ձեռք բերված արդյունքները կրում են տեսական բնույթ, որոնք ներկայացնում են ինչպես հիմնարար, այնպես էլ կիրառական արժեք: Հարկ է նշել ստացված արդյունքների մանրակրկիտ քննարկումը: Ատենախոսությունն ամբողջությամբ թողնում է դրական տպավորություն, սակայն զերծ չէ նաև որոշ թերություններից: Այսպես.

1. Հնարավոր կիրառությունների տեսանկյունից ցանկալի կլիներ կատարել քվանտային կետերում ոչ գծային երևույթներ առաջացնող ընկնող ճառագայթման շեմային ինտենսիվության արժեքների համեմատություն ատոմական համակարգերում համապատասխան արժեքների հետ:



2. Օգտակար կլինել կատարել քվանտային կետերի որոշակի կոնցենտրացիայով անսամբլ պարունակող նյութի կլանման գործակցի բացարձակ արժեքի գնահատում:
3. Աշխատանքը կշահեր, եթե հեղինակը ներկայացներ ատենախոսության շրջանակներում մշակված բիէքսիտոնների համար տեսության կիրառելիությունը՝ կախված կիսահաղորդչային նյութերի արգելման գոտու լայնությունից:

Նշված թերությունները, սակայն, չեն առնչվում պաշտպանությանը դուրս բերվող հիմնական դրույթներին և ստացված հիմնական արդյունքներին, և ուստի չեն նսեմացնում աշխատանքի արժեքը: Աշխատանքում ստացված արդյունքների հավաստիությունը կասկած չի հարուցում:

#### **Աշխատանքի համապատասխանությունը ՀՀ ԲՈԿ-ի պահանջներին**

Ատենախոսությունն իր արդիականությամբ, ծավալով, ձևակերպմամբ, ինչպես նաև նորարարությամբ համապատասխանում է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին:

#### **Հրապարակումները**

Ատենախոսության արդյունքները ամփոփված և հրապարակված են ութ միջազգային գրախոսվող ամսագրերում, ինչպես նաև ներկայացվել են մի շարք տեղական և միջազգային գիտաժողովներում: Սեղմագիրն ամբողջությամբ համապատասխանում է ատենախոսությանը և իր մեջ ներառում է դրա հիմնական դրույթները:

Ներկայացված աշխատանքի շրջանակներում ստացված արդյունքները կարող են կիրառվել ՀՀ և արտերկրի այն գիտական կենտրոններում, որտեղ զբաղվում են օպտիկայով և ֆոտոնիկայով, էքսիտոնային ֆիզիկայով, քվանտային նանոկառուցվածքների տեսական և փորձարարական ուսումնասիրմամբ:

#### **Եզրակացություն**

Յուրի Յուրայի Բլեյանի «Քվանտային կետերում բարդ էքսիտոնային կոմպլեքսների օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրումը» թեմայով թեկնածուական ատենախոսությունն ավարտուն աշխատանք է, որը կատարված է պատշաճ գիտական մակարդակով և ունի մեծ գործնական արժեք: Իր ծավալով և գիտական մակարդակով այն լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, իսկ նրա հեղինակը, անկասկած, արժանի է Ա.04.10 - «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Հեղինակը աշխատանքը ներկայացրել է ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի ընդհանուր սեմինարին՝ 2022 թ. մարտի 31-ին: Աշխատանքի քննարկմանը մասնակցել են ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորներ Ա. Պապոյանը, Դ. Սարգսյանը, Ա. Պետրոսյանը, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուներ Դ. Հայրապետյանը, Պ. Մուժիկյանը, Պ. Մանթաշյանը, Լ. Ծառուկյանը, Ս. Շմալոնյանը, Ա. Խանրեկյանը և ուրիշները:

ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների  
ինստիտուտի Ատոմային սպեկտրասկոպիայի  
լաբորատորիայի վարիչ,  
ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր



Դ.Հ. Սարգսյան

«1» ապրիլի 2022 թ.

Դ.Հ. Սարգսյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝  
ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի  
գիտքարտուղար՝ ֆիզ.մաթ. գիտ. թեկնածու



Պ.Ա. Մանթաշյան