

Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

Արթուր Յուրայի Ալեքսանյանի "Ատոմական անցումների և բնակեցումների
դեկավարումը լազերի հաճախության ծրման արագությամբ և մագնիսական
դաշտով" Ա.04.21 "Լազերային Ֆիզիկա" մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայցման ատենախոսության մասին

Արթուր Ալեքսանյանի ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք
գլխից, վերջաբանից և գրականության ցանկից: Այն նվիրված է երեք լազերային
ֆիզիկայի ներկա էտապում հետաքրքրություն ներկայացնող խնդիրների, որոնք
ներառվում են մեկ ընդհանուր, այն է՝ ավալիական ատոմներում քվանտային
վիճակների վերահսկվող ստեղծման, փոփոխման և կիրառման թեմատիկային:
Ատենախոսությունում Ա. Ալեքսանյանի մասնագիտական բարձր որակավորումն
ակնառու է ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական բաժիններում: Նկատեմ
նաև, որ քննարկվող քվանտային ինֆորմացիային առնչվող խնդիրները բարդ են
առաջին հերթին փորձում չափվող արժեքների հետ տեսական հաշվարկների
առնչման տեսանկյունից, հատկապես ռելաքսացման պրոցեսների առկայության
պայմաններում:

Ա. Ալեքսանյանի ատենախոսության առաջին գլխի, որը կոչվում է
"Ունիվերսալ տրամաբանական ատոմական գեյթերի իրականացումը",
ներածական պարագրաֆում հակիրճ և հստակ կերպով ներկայացվում է
քվանտային գեյթի հասկացությունը, խնդրո առարկա Թոֆֆոլիի (Toffoli) և
Ֆրեդկինի (Fredkin) եռաբյուրեղ գեյթերի իրականացման սիմվոլիզմը, նշվում
բնակեցվածության ադիաբատիկ ստեղծափոխման և դրանից մակաձվող միջավայրի
էլեկտրամագնիսական թափանցման կարևոր դերը դրանց շրջելի պրոցեսներով
իրականացման ճանապարհին: Հաջորդ պարագրաֆի առաջին ենթապարագրաֆում
ներկայացված է խտության մատրիցայի մաթեմատիկական ապարատը այն չափով,

ինչ անհրաժեշտ է հետազայում ձևակերպվող քվանտային գեյթերի խնդիրը քննարկելու համար: Էներգետիկ և փուլային ռելաքսացման պրոցեսները, որոնք աշխատանքի նպատակներում կարևորվում են, նկարագրված են Լեմբլանդի մոտարկմամբ հաջորդ ենթապարագրաֆում: Վերջին ենթապարագրաֆում կատարվել է եռամակարդակ համակարգում ադիաբատիկ անցման երևույթի վերլուծությունը էլեկտրադիպոլ թույլատրելի անցումների պայմաններում: Ռելաքսացման պրոցեսներ այս քննարկման մեջ ներառված չեն, այլ տեղափոխված են հաջորդ երկու պարագրաֆներ, որտեղ ադիաբատիկ անցման երևույթն ընդհանրացվել և կիրառվել է հնգամակարդակ անցումների պայմաններում՝ քվանտային գեյթերի իրականացման նպատակով: Հիմնական ենթադրությունն այստեղ կայանում է նրանում, որ լազերային չորս հաճախություններից յուրաքանչյուրը փոխազդում է միայն օպտիկական մեկ անցման հետ: Նաև, ի հավելումն նախորդ քննարկման, ժամանակային կախվածություն ենթադրվում է նաև լազերային կրող հաճախությունների համար: Արդյունքում համակարգի բնակեցվածությունների և կոհերենտությունների ժամանակային էվոյուցիան նկարագրվում է 15 փոխկապակցված առաջին կարգի հավասարումների համակարգի միջոցով, որոնց թվային լուծումների ստացումը և դրանց ճշտության վերահսկումը պահանջել է համակարգչային մոդելավորման լավ պրակտիկա և ունակություններ:

Քանի որ տրամաբանական գեյթերն իրականացվում են էներգետիկ մակարդակների բնակեցվածությունների տեղափոխման միջոցով, ապա մանրամասն ուսումնասիրված և գրաֆիկորեն հստակ մեկնաբանված են դրանց հնարավոր տարբերակներ, երբ նախնական բնակեցվածությունը կենտրոնացված է ներքևի երեք մակարդակներից մեկում: Ստացված են օպտիմալ պայմաններ, երբ բնակեցվածությունն ամբողջովին անցնում է ներքևի մեկ այլ մակարդակ, երբ բնակեցվածությունը բաշխվում է երկու կամ ընդհանուր դեպքում բոլոր երեք հիմնական մակարդակների միջև անհրաժեշտ տարբեր համամասնություններով: Սրանք թույլ են տվել վերջին, հինգերորդ պարագրաֆում ցույց տալու Թոֆֆոլիի և

Ֆրեդկինի տրամաբանական գեյթերն իրականացնելու քայլերի հերթականությունը և համապատասխան պարամետրերի արժեքները: Մասնավորապես, մուտքային (1, 1, 0) վիճակի նախապատրաստման համար անհրաժեշտ է եղել օգտվել եռամակարդակ ենթահամակարգից: Թոֆֆոլիի դեպքում դրան համապատասխանում է (1, 1, 1) վիճակ, ինչը բնակեցվածությունների լեզվով նշանակում է ներքնի բոլոր մակարդակների բավասար բնակեցում լազերային իմպուլսների հետ փոխազդեցության պրոցեսի ավարտին: Աշխատանքում ցույց է տրված դրա ստացման կարճ և վստահելի ճանապարհ:

Ատենախոսության երկրորդ գլուխը կոչվում է “Ռուբիդիումի գոլորշիների լյումինեսցենցիան փոխազդեցության անցումային ռեժիմում” և նվիրված է սենյակային ջերմաստիճաններում ռուբիդիումի երկու իզոտոպերի ֆլուրեսցենտային սպեկտրի ուսումնասիրությանը, երբ գրգռող ճառագայթումը բնեռացված է գծային, իսկ անցումային ռեժիմն իրականացվում է գրգռող հաճախության եռանկյունաձև ժամանակային փոփոխության միջոցով: Ներածական պարագրաֆում ներկայացված են հիմնական ֆիզիկական պարամետրերը և պրոցեսները, որոնք բնութագրում են անցումային ռեժիմը քննարկվող պայմաններում: Հաջորդ պարագրաֆում մանրամասն լուսաբանված է տեսական մոդելը, ինչը ներառում է ատոմի էներգետիկ սպեկտրը գերնուրբ կառուցվածքի մոտարկմամբ, իսկ ժամանակային էվոյուցիայի հաշվարկը թվային մոդելավորմամբ էլնում է Լյուվիլի-ֆոն Նեյմանի հավասարումից: Հետաքրքիր և կարևոր է հաջորդող 2.3 պարագրաֆը, որում ներկայացված և համեմատված են հետազոտական խմբի կողմից իրականացված փորձնական և թվային արդյունքները, որոնցում առկա է լավ համընկնում: Հաջորդ պարագրաֆում վերլուծված են փորձարարական և մոդելային հաշվարկների միջև առկա որոշ ոչ մեծ շեղումների հնարավոր պատճառները՝ պայմանավորված փորձում առկա մեծությունների վերահսկման սահմանափակումներով: Ընդհանուր գծերով քննարկված են նաև բուֆերային զազի առկայության և հնարավոր ազդեցության հարցերը:

Ատոմնախոսության նրորող, «Մագնիսական դաշտի նոր ստանդարտ արժեքներ որոշված ռուբիդիումի գոլորշիների մագնիսական ենթամակարդակների միջև անցումների չեղարկումներով» կոչվող գլուխն առնչվում է կիրառական մեկ այլ կարևոր խնդրի՝ մագնիսական դաշտի մետրալոգիային: Հակիրճ ներածությունից հետո ներկայացվում է խնդրի տեսական մոդելը, որը ելնում է Դիրակի հավասարումից, ինչն առավել կոռեկտ է հաշվի առնում սպինի առկայությունը ատոմական էլեկտրոնների մոտ: Ապա զարգացված տեսությունը կոնկրետացված է ռուբիդիումի ատոմի դեպքի համար: Բացահայտ տեսքերով ներկայացված են մագնիսական դաշտերի մեծությունների համար արտահայտություններ, որոնց դեպքում քննարկվող օպտիկական անցումներից երկուսի մոտ հնարավոր է անցման հավանականության ճշգրիտ գրոյացում: Հաջորդող 3.4 և 3.5 պարագրաֆներում բերված են թվային հաշվարկների արդյունքներ և դրանց համեմատում անալիտիկ արդյունքների հետ՝ մագնիսական դաշտում անցման հավանականության գրոյացման վերաբերյալ: Կարևոր է, որ անհրաժեշտ մագնիսական դաշտերի արժեքներն ամբողջությամբ ընկած են լաբորատոր հասանելի տիրույթում: Հետաքրքիր է նաև, որ նույն օպտիկական անցումը չեղարկող մագնիսական դաշտի համար հնարավոր են մեկից ավելի արժեքներ: Բովանդակային քննարկումն ամփոփված է երևույթի հնարավոր փորձարարական դիտման պայմանների հակիրճ վերլուծությամբ:

Ատենախոսության վերաբերյալ ունեմ մի քանի դիտողություն.

- Էջ 19-ի միջնամասում գրված է «... a laser exhibits a strong electromagnetic field, which interacts with the internal electromagnetic field of a quantum system», այսինքն լազերային *դաշտը* փոխազդում է համակարգի ներքին *դաշտի* հետ: Սա վրիպում է՝ խոսքը ոչ թե դաշտ-դաշտ փոխազդեցության, այլ քվանտային համակարգի էլեկտրոնային ենթահամակցի վրա այդ դաշտերի համատեղ ազդեցության մասին է:

- Նկ. 1.3-ի (էջ 23) գրաֆիկների վերաբերյալ նշված չէ, թե տեքստում բերված ի՞նչ հավասարման կամ հավասարումների հիման վրա են դրանք կառուցված:
- (2.8) բանաձևի ինդեքսներում ինչ-որ բան այն չէ: Նաև, այս բանաձևի միջոցով թվային հաշվարկները կատարելու համար ինչպե՞ս է ենթադրվում հաշվի առնել օգտագործվող գրգռման կիսահաղորդչային լազերում սպեկտրալ լայնության առկայությունը:
- Էջ 50-ի երկրորդ պարբերությունում ասվում է, որ ֆլուրեսցենտային սպեկտրի հաշվարկը և գրաֆիկական ներկայացումն իրականացված է օգտագործելով (2.8) բանաձևը, սակայն կոնկրետացված չէ թե ինչպես: Բանը նրանում է, որ եթե օգտագործվում է Ֆուրյեի սովորական ինտեգրալային հակադարձ ձևափոխությունը, ապա փորձնական արդյունքների հետ համեմատումը, խիստ ասած, ենթադրում է փորձում գրանցվող արդյունքների *բացարձակ* կոհերենտություն: Նկ. 2.4-ում գրաֆիկների որոշ շեղումներ իրարից կարող են պայմանավարված լինել նաև այդ պատճառով:
- Եթե ճիշտ հասկացա, (3.35) և մյուս համարժեք բանաձևերով ներկայացվող անցման գործակիցները փորձում իրականացման տեսանկյունից ենթադրում են զոնդավորող մոնոքրոմատիկ ճառագայթ, որի հաճախությունը ճշգրիտ համարնկնում է D-անցման հաճախությանը և ուրեմն խիստ որոշակի ապալարքներ ունի գերնուրբ կառուցվածքի միջև անցումների նկատմամբ (որոնք ենթարկված են նաև զեեմանյան շեղումների): Եթե դա այդպես է, ապա ինչպե՞ս հասկանալ էջ 90-ում ասվածը, որ 40-60 Մեգահերց սպեկտրալ լայնությունները բավարար են երևույթը դիտելու համար, նկատի ունենալով, որ ռուբիդիումի ատոմի համար քննարկվող օպտիկական անցումների վերին մակարդակի ենթամակարդակների միջև հեռավորությունները (ճիշտ է՝ առանց զեեմանյան շեղումների) վերոհիշյալ թվերից փոքր լինելով երկու-երեք անգամ, կարծես թե ամբողջովին ծածկվելու են զոնդավորող ճառագայթի սպեկտրալ լայնությամբ:

Ամփոփելով քննարկումը կարող եմ ասել, որ Ա. Ալեքսանյանի
ատենախոսական աշխատանքի թեման արդիական է և պատասխան է տալիս
ոլորտի համար կարևոր մի քանի հարցերի: Հարկ եմ համարում առանձին նշել մեծ
ծավալի թվային և վերլուծական աշխատանքը, որը կատարված է, մասնավորապես
երկրորդ և երրորդ գլուխների աշխատանքի կատարման ժամանակ, ինչպես նաև
վստահելի արդյունքներով փորձարարական մասնաբաժնի առկայությունը
ատենախոսությունում: Ստացված արդյունքներից որպես տեսաբան ֆիզիկոս
կշեշտեի Թոֆֆոլիի և Ֆրեդկինի տրամաբանական վերահսկվող գեյթերի
գործարկման հնարավորության ցուցադրումը M-տիպի քվանտային համակարգում:

Աշխատանքում ներկայացված է որոշակի թեմայի շուրջ մասնագիտական
բարձր որակով կատարված ամփոփ հետազոտություն: Ատենախոսությունը
լրիվությամբ բավարարում է ՀՀ ԲՈՀ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսությանը
ներկայացվող պահանջներին և հեղինակը, Արթուր Յուրայի Ալեքսանյանն արժանի
է հայցվող Ա.04.21 "Լազերային Ֆիզիկա" մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանին:

Սեղմագիրը ճիշտ և ամբողջությամբ է ներկայացնում ատենախոսության
բովանդակությունը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս
Ֆ.մ.գ.դ., պրոֆեսոր

Ա. Տ. Մուրադյան

Ա.Տ. Մուրադյանի ստորագրությունը
հաստատում եմ՝
ԵՊՀ գիտական քարտուղար



Լ. Ս. Հովսեփյան

24 մայիսի 2021թ.