



Հաստատում եմ

Ֆիզիկայի Կիրառական Դոկտրինների Ինստիտուտի
Տնօրեն
Ֆմ.գ.դ. Վ. Քոչարյան

25 Հր. Ներսիսիյան Փղ, Երևան 0014, ՀՀ
2 սեպտեմբեր 2024 թ.

Առաջատար կազմակերպության ԿԱՐԾԻՔ

Աշոտ Արթուրի Մաթևոսյանի Ա.04.02 - «Տեսական Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ
Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
համար «Ակտիվ ներքջային պրոցեսների վիճակագրական մեխանիկան» թեմայով
ատենախոսության վերաբերյալ

Ա.Ա.Մաթևոսյանի ատենախոսությունը նվիրված է անհավասարակշիռ համակարգերի վիճակագրական մեխանիկային: Հետազոտվել է հաստատուն մագնիսական դաշտերի ազդեցությունը դասական վիճակագրական մեխանիկայի սահմաններում: Նաև ուսումնասիրվել է ոչ գրոյական պտտական մոմենտով համակարգերում անհավասարակշիռ ստացիոնար վիճակները: Առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել մոլեկուլային շարժիչների վարքագծի վրա հնարավոր ազդեցություններին, օրինակ, այն շարժիչների, որոնք ձևափոխում ATP-ի էներգիան մեխանիկականի: Այս խնդիրները հետազոտելու համար ատենախոսության մեջ դիտարկվում են երեք, ոչ հավասարակշիռ թերմոստատի հետ փոխազդող համակարգեր: Որոշ դեպքերում թերմոստատը նկարագրված է Կալդեիրա-Լեգետի մոդելով: Մասնավորապես, հատուկ ուշադրություն է դարձվում համակարգի իմպուլսի մոմենտի համար դուրս բերված ստոխաստիկ դիֆերենցիալ հավասարմանը (ՄՂՀ), որը ընդլայնում է Կալդեիրա-Լեգետի մոդելը և դրանով իսկ սահմանում ֆորմալիզմ՝ պտտվող համակարգերում տեսական և փորձարարական արդյունքները նկարագրելու համար: ՄՂՀ-ները և համապատասխան Ֆոկեր-Պլանկի հավասարումները (ՖՊՀ) ընդհանուր առմամբ հիմնական մաթեմատիկական գործիքներն են, որոնք օգտագործվում են այս աշխատանքում: Այսպիսով, դրանց օգնությամբ ուսումնասիրվում է արտաքին խտտորումների ազդեցության ներքո գտնվող ոչ հավասարակշիռ համակարգերի բարդ դինամիկան: Որպես համակարգ դիտարկվում է արտաքին մագնիսական դաշտում գտնվող լիցքավորված մասնիկ՝ հաշվի առնելով ջերմային տատանումները:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից և մոտիվայիայից, երեք գլուխներից, եզրակացությունից և հետագա հետազոտական ուղղությունների քննարկումից, 152 գրականության հղումներից: Ատենախոսությունը ունի 129 էջ, ներառում է 16 նկար և 1 աղյուսակ: Հարկ է նշել, որ ատենախոսության յուրաքանչյուր գլուխ ունի իր ներածությունը և ավարտվում է ստացված արդյունքների համառոտ ամփոփմամբ և դրանց քննարկմամբ, ինչպես նաև առկան են հավելվածներ՝ հիմնական տեքստը ավելի խորը հասկանալու համար: Սա հնարավորություն է տալիս գլուխները դիտարկել միմյանցից անկախ և չափազանց հեշտացնում է ընթերցումը:

Ներածությունը հիմնավորում է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպում է ատենախոսական աշխատանքի նպատակը և ներկայացնում դրա կառուցվածքը:

Առաջին գլուխը նկարագրում է լիցքավորված մասնիկների ցիկլոտրոնային շարժումը արտաքին մագնիսական դաշտում՝ դիտարկելով ընդհանրացված Լանժեմի հավասարումը ոչ հավասարակշիռ աղմուկով: Միևնույն ժամանակ, հեղինակները անտեսում են իոնների միջև փոխազդեցությունները, որպեսզի կենտրոնանան դրանց՝ թերմոստատի հետ փոխազդեցության և արտաքին ուժերի ազդեցության վրա: Մագնիսական դաշտի հետ մեկտեղ դիտարկվում է պոտենցիալ, որը մոդելավորում է սպիտակուցի կամ բջջի մեմբրանի ազդեցությունը լիցքի վրա: Հարմոնիկ պոտենցիալի դեպքում ցույց է տրված դիամագնիսական էֆեկտի առկայությունը, ինչպես նաև հաշվված են ռելյատիստիկ բնութագրական ժամանակները: Անալիտիկ արդյունքները լավ համընկնում են թվային մոդելավորման արդյունքների հետ:

Մասնավորապես, ցույց է տրված, որ թույլ հաստատուն մագնիսական դաշտում լիցքը ձեռք է բերում ոչ գրոյական միջին իմպուլսի մոմենտ և հանգեցնում է որոշակի ցիկլոտրոնային հաճախականությամբ պտույտի: Այս պտույտի պարբերությունը նույն կարգի է, ինչ շատ սպիտակուցների ֆունկցիոնալության բնութագրական ժամանակները: Կարևոր է, որ ցիկլոտրոնի շարժումը պահպանվի սենյակային ջերմաստիճանում և թերմոստատի հետ ուժեղ շփման պայմաններում: Ռելյատիստիկ ժամանակին համեմատական ժամանակներում այս շարժումը դառնում է ստոխաստիկ, և թույլ մագնիսական դաշտը

շատ ավելի երկար ժամանակներում շեղում է այդ պտույտները որոշակի ուղղությամբ: Սրա պատճառով լիցքը միջինում պտտվում է որոշակի ուղղությամբ՝ ցիկլոտրոնային հաճախականությամբ:

Երկրորդ գուլհում հեղինակները օգտագործում են Կալդեիրա-Լեգետի մոդելը ռոտացիոն-սիմետրիկ, հարմոնիկ արտաքին պոտենցիալում լիցքավորված մասնիկի շարժումը նկարագրելու համար: Դասական մասնիկը գտնվում է հաստատուն մագնիսական դաշտում: Դիտարկվում է մասնիկի և Կալդեիրա-Լեգետի մոդելի լազրանժանը: Էլյեթ-Լագրանժի հավասարումներից ստացվում է ընդհանրացված Լանժևեի հավասարումը լիցքավորված մասնիկի համար, որը կապված է Կալդեիրա-Լեգետի մոդելով բնութագրվող թերմոստատի հետ: Դուրս է բերվում մածուցիկ շփման ուժի Ֆուրիե նկարագրությունը և ստացվում է Ֆյուկտուացիոն-դիսիպացիոն առնչություն ջերմային աղմուկի և մածուցիկ շփման ուժի միջև: Երկրորդ գլխում քննարկվում է Բորի-վան Լյուվենի թեորեմի և դիտարկված մոդելի կապը, ինչպես նաև հաշվարկվում են թերմոստատի տարբեր բնութագրեր:

Մասնավորապես, ցույց է տրվում, որ մեծ ժամանակներում մագնիսական դաշտը ազդեցություն չունի մասնիկի վրա (ըստ Բորի-վան Լյուվենի թեորեմի), փոխարենը ազդում է թերմոստատի մոդաների իմպուլսի մոմենտի վրա: Մյուս կողմից, մագնիսական դաշտը փոքր ուղղման տեսքով ներդրում է տալիս մոդերի էներգիային: Որպես հիմնական (բաց) խնդիր՝ երկրորդ գլխում քննարկվում է Կալդեիրա-Լեգետի թերմոստատի շրջանակներում ստացված արդյունքների կիրառելիությունը ավելի իրատեսական թերմոստատների համար: Օրինակ, դիտարկվում է թերմոստատի հիդրոդինամիկական մոդելը, որը հաշվի է առնում հեղուկի մածուցիկությունը:

Երրորդ գլխում քննարկվում է ոչ կոնսերվատիվ համակարգ, որտեղ իմպուլսի մոմենտը ստոխաստիկորեն մարում է: Աշխատությունում ներկայացված է համակարգի մեզոսկոպիկ նկարագրություն՝ Լանժևեի և Ֆոկեր-Պլանկի (ԼՖՊ) հավասարումների տեսքով, որոնք համընկնում են հավասարակշիռ վիճակագրական մեխանիկայի հետ ռոտացիոն սիմետրիայի պայմաններում: Համաչափության թույլ խոտորման դեպքում դուրս է բերվում միջինացված ստոխաստիկ դիֆերենցիալ հավասարում, որը նկարագրում է իմպուլսի մոմենտի ժամանակային մարումը: Երրորդ գլխում նաև կատարվում է համեմատություն մոլեկուլային դինամիկայի թվային մոդելավորման արդյունքների հետ, որոնք լավ համընկնում են անալիտիկ արդյունքների հետ: Մասնավորապես, ցույց է տրվում, որ մեզոսկոպիկ Լանժևեի հավասարումը ճշգրիտ բնութագրում է ինչպես անկյունային իմպուլսի ժամանակային անկումը, այնպես էլ նրա տատանումները ստացիոնար վիճակում: Երրորդ գլխում ստացված ԼՖՊ հավասարումները կախված են կանոնիկ բաշխման պարամետրերից՝ ջերմաստիճանից և միջին անկյունային արագությունից: Աշխատանքում լուծվում է ԼՖՊ-ն խոտորված արտաքին պոտենցիալի պայմաններում: Ցույց է տրվում, որ լրիվ իմպուլսի մոմենտի դիսիպացիան և Ֆյուկտուացիաները կախված են մեզոսկոպիկ դիսիպատիվ գործակցից: Աշխատանքում նշվում է, որ ուսումնասիրվող համակարգը գտնվում է ոչ թե ստացիոնար վիճակում, որտեղ իմպուլսի մոմենտը դանդաղ մարում է, այլ քվազիստացիոնար վիճակում, որը ոչ հավասարակշիռ է այն իմաստով, որ անկյունային մոմենտի ֆյուկտուացիաները աճում են ժամանակի ընթացքում: Ֆյուկտուացիաները հազենում են միայն այն դեպքում, երբ համակարգը հասնում է հավասարակշռության՝ զրոյական անկյունային մոմենտով: Ավելին, քվազիստացիոնար վիճակը տարբերվում է անիզոտրոպ պոտենցիալով «սառեցված» միկրոկանոնիկ բաշխումից, քանի որ այդպիսի վիճակներում անկյունային մոմենտը չի մարում: Երրորդ գլխում նաև քննարկվում է ստացված արդյունքների կիրառելիությունը կենսաբանական համակարգերում մեխանիկական աշխատանքի նկարագրության համար, որը կատարվում է ATP-ի էներգիայի հաշվին, ինչպիսիք են, օրինակ, ATPase-ի նման սպիտակուցները:

Եզրակացությունում քննարկվում են ստացված արդյունքները և հետագա հեռանկարները տվյալ ուղղությամբ: Նշվում է, «վիճահարույց» (ըստ հեղինակների) թեմայի ուսումնասիրության կարևորությունը թույլ մագնիսական դաշտերի ազդեցության վերաբերյալ, ինչպես նաև ստացված արդյունքների նշանակությունը: Քննարկվում է նաև այս աշխատանքի ներդրումը պտտվող համակարգերի ոչ հավասարակշիռ վիճակագրական մեխանիկայի մեջ:

Ա.Ա.Մաթևոսյանի ատենախոսական աշխատանքը կատարված է բարձր գիտական մակարդակով և լավ ձևավորված է: Սակայն, ինչպես ցանկացած գիտական աշխատանք, այն ևս գերծ չէ թերություններից: Թերությունների թվին կարելի է դասել.

- 1) Առաջին գլխում անհրաժեշտ էր դիտարկել, թե որ դեպքերում է կարելի անտեսել լիցքավորված մասնիկների միջև փոխազդեցությունը, և ինչ սահմանափակումների է սա հանգում ստացված արդյունքների վրա:
- 2) Ցանկալի կլիներ քննարկել Կալդեիրա-Լեգետի մոդելի կապը հնարավոր այլընտրանքային մոդելների կամ ընդհանրացումների հետ, օրինակ, Բենդերսոնի, Նոգե-Գուվերի և նմանատիպ հաճախակի օգտագործվող թերմոստատների:
- 3) LAMMPS ծրագրով իրականացված մոլեկուլային դինամիկայի սիմուլյացիաների նկարագրությունում հարկավոր է հստակ նշել, թե ինչ սահմանային պայմաններ են դրված, պարբերակա՞ն, թե՞ այլ:

