

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

ՀՈՎԱԿԻՄՅԱՆ ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆ ՀՈՎՀԱՆՆԵՍԻ

**ԼՈՒՅՍԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ
ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ՆՐԱՆՑ
ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԱՅԻՆ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐՈՒՄ**

Ա.04.21 «Լազերային ֆիզիկա» մասնագիտությամբ
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր

Երևան – 2020

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր,
պրոֆեսոր Լ. Ս. Ասլանյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ, ֆիզ.-մաթ. գիտ.
դոկտոր, պրոֆեսոր Ա. Մ. Իշխանյան
ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ, ֆիզ.-մաթ. գիտ.
դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Հ. Մելիքյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Հայաստանի Ազգային Ճարտարագիտական
համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2020թ. հուլիսի 27, ժամը 11-ին Երևանի պետական համալսարանում (0025, ք. Երևան, Ալեք Մանուկյան 1), ԲՈԿ-ի ֆիզիկայի 049 մասնագիտական խորհրդում:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2020 թվականի հունիսի 17-ին

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար՝



ֆիզ.-մաթ.գիտ. թեկնածու,
դոցենտ Վ.Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете

Научный руководитель:

доктор физ.-мат. наук,
профессор Л С Асланян

Официальные оппоненты:

чл.-корр. НАН РА, доктор физ.-мат.
наук профессор А. М. Ишханян
чл.-корр. НАН РА, доктор физ.-мат.
наук, профессор А. О. Меликян

Ведущая организация: Национальный Политехнический Университет Армении
Защита диссертации состоится 27-го июля 11 часов в Ереванском государственном университете (0025, г. Ереван, ул. Алека Манукуяна 1) на заседании Специализированного совета ВАК Физика-049.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 17-го июня 2020г.

Ученый секретарь

специализированного совета



кандидат физ.-мат. наук,
доцент В. П. Калантарян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՆԿԱՐԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Թեմայի արդիականությունը

Լազերների ստեղծումը և սրընթաց զարգացումն անցյալ դարի 60-ական թվականներից արմատապես փոխեց ոչ միայն օպտիկայի, այլ ֆիզիկայի, ինչպես նաև նրան հարակից այլ գիտությունների մի շարք պատկերացումները և կիրառության ասպարեզները: Ստեղծվեցին և զարգացան դիագնոստիկայի եզակի մեթոդներ, որոնք հնարավորություն ընձեռեցին ստանալու այլ մեթոդների համար անհասանելի ինֆորմացիա: [1,2]

Նման բուռն զարգացումը յուրահատուկ պահանջներ էր թելադրում լազերային աղբյուրների պարամետրերի ղեկավարման և անհրաժեշտ պարամետրերով ճառագայթման ստացման խնդիրներին: Ուստիև արդիական դարձավ դյուրակառավարվող օպտոէլեկտրոնային տարրերի նախագծմանը և ստեղծմանը նպատակամղված աշխատանքները: Հատուկ անհրաժեշտ է ընդգծել, որ այստեղ կարևորվում է ոչ միայն հարցի տեխնիկական կողմը, այլ նաև ֆունդամենտալ հետազոտությունների շարքը, որոնց նպատակը նոր նյութերի, ինչպես նաև նոր երևույթների ներգրավումն է առաջադրված խնդիրների լուծման ճանապարհին:

Որպես հետազոտությունների համար հարմար միջավայր հետաքրքրություն են ներկայացնում 1888 թվականին ավստրիացի կենսաբան Ռեյնիտցերի կողմից հայտնագործված հեղուկ բյուրեղական միջավայրերը, որոնք հազվագյուտ էին իրենց հնարավորություններով: Նրա կողմից ստացված այդ նոր նյութը՝ խոլեստերիլբենզոատը, ուներ վիճակի փոփոխության՝ հալման, երկու տարբեր ջերմաստճաններ: Առաջինում, նյութը պինդ վիճակից անցնելով հեղուկ վիճակի, դառնում էր պղտոր հեղուկ և պահպանում էր միառանցք բյուրեղի օպտիկական հատկությունները, երկրորդում անցնում էր թափանցիկ իզոտրոպ հեղուկ վիճակի: Հետագայում ավստրիացի գիտնականը հայտնաբերեց նման վարք դրսևորող այլ նմանատիպ միջավայրեր, որոնք անվանվեցին հեղուկ բյուրեղներ: Հայտնագործումից հետո հեղուկ բյուրեղները (ՀԲ) մինչև անցած դարի 60-ականների կեսերը ունեցել են հիմնարար դեր՝ իրականացվել են ֆունդամենտալ հետազոտություններ, ստացվել են ՀԲ-ների նոր տեսակներ, կատարվել է դրանց դասակարգումը, որպես միջավայր ուսումնասիրվել են փոլային անցումները, դիէլեկտրական, ֆլեքստէլեկտրական, մագնիսական և օպտիկական հատկությունները [3]:

Նման բուռն հետաքրքրությունը ՀԲ-ների նկատմամբ պայմանավորված էր մի շարք գործոններով և դրանցից ամենակարևորը, թերևս, նրանց ֆիզիկական հատկությունների դյուրակառավարելիությունն էր արտաքին թույլ դաշտերով

(մեխանիկական, էլեկտրական, մագնիսական, լուսային): Դա պայմանավորված էր ՀԲ-ների միջնուլեկուլային փոխազդեցության Վան-դեր-Վաալսյան բնույթով [4]:

Հեղուկ բյուրեղների նման յուրօրինակ և դյուրակառավարվող հատկությունները հանգեցրել են ֆոտոնիկայում նրանց լայն կիրառմանը: Այսպես, օրինակ, ՀԲ-ներն օգտագործվում են լազերային ճառագայթման կառավարման սարքերում որպես օպտիկական սահմանափակիչներ, փոփոխական օպտիկական կլանիչներ, դեկավարվող կիզակետով ոսպնյակներ, բարձր էֆեկտիվության բևեռիչներ, լազերային կամ ուղղակի օպտիկական ճառագայթների միավորիչներ և այլն: Նրանք կարող են օգտագործվել նաև ինֆորմացիայի մշակման և արտապատկերման սարքերում, թերմոգրաֆիայում՝ ԻԿ և ԳԲԸ ճառագայթների գրանցման նպատակով [5,6]:

Նոր տեխնոլոգիաները հնարավորություն են ընձեռում սկզբունքորեն փոխելու հեղուկ բյուրեղների ֆիզիկական հատկությունները [7-9], ընդլայնելու հեղուկ բյուրեղային բաղադրյալ նյութերի ստացման և կիրառման ոլորտները: Որպես ակնառու օրինակ կարելի է նշել մեծ ուշադրության արժանացած պոլիմերներում դիսպերսված հեղուկ բյուրեղները, ֆեռոէլեկտրական և ֆեռոմագնիսական նանոմասնիկներով հարստացված հեղուկ բյուրեղները: Ներկայիս փուլում ուսումնասիրությունների ոլորտը ներառում է հետազոտողների ուշադրության կենտրոնում գտնվող ֆոտոնային բյուրեղների օպտիկական հատկությունների տեսական և փորձարարական ուսումնասիրությունները [8-10]:

Նման հետազոտությունների արդյունքները կարող են լայնորեն կիրառվել օպտոէլեկտրոնային սարքերի նոր սերնդի մշակման համար:

Այս առումով առանձնահատուկ կարևորություն են ներկայացնում օպտիկական հետազոտությունների լայն հնարավորություններ ընձեռող խիրալ ֆոտոնային բյուրեղները (խլուխտերիկ հեղուկ բյուրեղներ, խիրալ սմեկտիկներ և այլն) և մագնիսա-խիրալային ֆոտոնային բյուրեղները:

Ճառագայթման ղեկավարման սարքերում իր ուրույն տեղն է զբաղեցնում լուսային ալիքի բևեռացման վիճակի կառավարման սարքերը: Եվ այստեղ առաջնահերթ ձևերում է նշել բևեռացման հարթության պտտման երևույթը: Այս առումով նույնպես հեղուկ բյուրեղները դրսևորում են յուրօրինակություններ: Այսպես, օրինակ, օպտիկական ակտիվությամբ օժտված իզոտրոպ հեղուկներում պտտման բնութագրական անկյունը կազմում է 1 աստ/սմ, իսկ խլուխտերիկներում՝ 104 աստ/սմ [3]: Բևեռացման հարթության պտտմանը համանման երևույթ դրսևորվում է նաև թվիստ կողմնորոշմամբ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղներում [11-13]:

Հնարավոր տեխնիկական կիրառությունների ընդլայնման և նորերի բացահայտման համար կարևոր խնդիր է անիզոտրոպության, կլանման, գիրոտրոպության անհամասեռությամբ միջավայրերով տարածվող լուսային ալիքի

պարամետրերի տարածական էվոլյուցիայի մանրակրկիտ վերլուծությունը: Իսկապես, միջավայրի հետ փոխազդեցությամբ պայմանավորված՝ տարածվող լուսային ալիքի պարամետրերը փոխվում են, այսինքն մոդուլվում են միջավայրի պարամետրերի կողմից:

Այս փաստը երկակի նշանակության խնդիրների լուծման հնարավորություն է ընձեռում.

- Միջավայրի հետ փոխազդող լուսային ալիքի մոդուլված պարամետրերը հսկայական ինֆորմացիա են կրում հենց միջավայրի մասին: Ասվածի վկայությունն է լազերների լայն կիրառությունը տարաբնույթ նյութերի սպեկտրոսկոպիական ուսումնասիրման խնդիրներում:
- Մյուս կողմից, միջավայրի պարամետրերի մակաձված անհամասեռության ղեկավարումն արտաքին ազդակների միջոցով կարող է լայն հնարավորություն ընձեռել լուսային ալիքների պարամետրերի կառավարման խնդիրներում:

Գերազնահատել այս խնդրի կարևորությունը ֆոտոնիկայի սարքերում անհնար է: Այդ է պատճառը, որ տարաբնույթ պարամետրերի անհամասեռությամբ միջավայրերում լույսի տարածման խնդիրը հետաքրքրություն է ներկայացրել և առ այսօր ներկայացնում է ֆիզիկայի տարբեր բնագավառների համար:

Աշխատանքի նպատակը

Սույն ատենախոսության նպատակն է պարամետրերի տարաբնույթ անհամասեռությամբ խառնուրդային նյութերում տարածվող լույսի բևեռացման տարածական էվոլյուցիայի առանձնահատկությունների տեսական և փորձարարական ուսումնասիրությունը: Ուսումնասիրված է, թե՛ օպտիկական առանցքի պտույտ պարունակող միջավայրերի ներկայնությային խառնուրդներում, թե՛ պարբերական տարածական մոդուլված գիրոտրոպությամբ միջավայրերում բևեռացված լույսի տարածման առանձնահատկությունները:

Ատենախոսությունում ներառած խնդիրների առանցքը օպտիկա-մեխանիկական համանմանությունն է, որը հնարավորություն է ընձեռում անիզոտրոպության կլանման և գիրոտրոպության անհամասեռությամբ միջավայրերում լույսի տարածումը նկարագրող հավասարումները երկրաչափական օպտիկայի մոտավորությամբ հանգեցնել լավ հայտնի Շրեդինգերի տիպի, կամ Բլոխի հավասարումների համակարգին:

Գիտական նորույթը

Ատենախոսությունում կատարված աշխատանքների գիտական նորույթը պայմանավորված է անիզոտրոպության և կլանման անհամասեռությամբ, ինչ-

պես նաև մոդուլված գիրոտրոպոլոյաձմբ միջավայրերում տարածվող լույսի բևե-
ռացման վարքի ուսումնասիրման խնդրում օպտիկա-մեխանիկական համա-
նմանության վրա հիմնված մեթոդների կիրառմամբ:

1. Առաջին անգամ անալիտիկորեն լուծվել է թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-
ներկանյութ խառնուրդներում բևեռացված լույսի տարածման խնդիրը՝ պտ-
տվող կորդիինատական համակարգի անցման միջոցով: Ստացված
տեսական արտահայտությունների օգնությամբ ուսումնասիրվել է թե՛
կլանման, թե՛ ուժեղացման ռեժիմներին համապատասխանող դեպքերը:
2. Առաջին անգամ թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուրդնե-
րում փորձարարությամբ ուսումնասիրվել է ելքային ալիքի բևեռացման վի-
ճակի՝ մուտքային գծային բևեռացված լույսի ազիմուտային անկյունից ունե-
ցած կախվածությունը կլանմանը համապատասխանող ռեժիմում:
3. Առաջին անգամ ամբողջական տեսական վերլուծություն է իրականացվել
տարածական մոդուլված գիրոտրոպոլոյաձմբ միջավայրերում բևեռացված
լույսի տարածման օրինաչափությունների բացահայտման նպատակով:
Թվային մոդելավորմամբ լուծվել է կարճեցված հավասարումների համա-
կարգը և բացահայտվել տարածական ռեզոնանսի դրսևորման օրինաչա-
փություններն ու պայմանները:
4. Առաջին անգամ օպտիկա մեխանիկական համանմանության կիրառմամբ
ստացվել են Բլոխի հավասարումների համակարգի անալոգը տարածա-
կան մոդուլված գիրոտրոպոլոյաձմբ անիզոտրոպ միջավայրերում: Պատվող
ալիքի մոտավորությամբ անալիտիկ լուծվել է հավասարումների այդ
համակարգը և վերլուծվել է տարածական ռեզոնանսի երևույթը:

Կիրառական նշանակությունը

Որպես անիզոտրոպությամբ և կլանման անհամասեռությամբ օժտված
միջավայր, ատենախոսությունում դիտարկվում են հեղուկ բյուրեղները և
նրանց ներկանյութային խառնուրդները: Ներկայումս հեղուկ բյուրեղները կի-
րառական լայն հնարավորություններով հայտնի նյութերի շարքում զբաղեցնում
են առաջնակարգ տեղերից մեկը: Ընդգրկված է նաև միջավայրում անիզոտրո-
պոլոյաձմբ և գիրոտրոպոլոյաձմբ միաժամանակյա գոյության հնարավորությունը՝
պայմանավորված փոխուղահայաց էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի
միաժամանակյա կիրառմամբ և, որպես հետևանք, պարամետրերի
ղեկավարման լայն հնարավորություններով: Աշխատանքի արդյունքների կա-
րևորագույն կիրառական նշանակությունը կապված է կառավարվող բարակ
թաղանթային լայնաշերտ բևեռացնող սարքերի ստեղծման հետ:

Պաշտպանության են ներկայացված հետևյալ հիմնական դրույթները

1. Պատվող կորորդինատական համակարգի անցմամբ հնարավոր է անալիտիկ լուծել կապված ալիքային հավասարումների համակարգը թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուրդում:
2. Թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուրդում դիտվում է ադիաբատ հետևման երևույթը, ընդ որում կլանման անիզոտրոպության պատճառով ինտենսիվության փոքրագույն նվազումը դիտվում է նմուշի մուտքում ուղղորդի և բևեռացման ուղղությունների փոխուղահայաց լինելու, իսկ ուժեղացման ռեժիմում առավելագույն ուժեղացումը՝ մուտքում ուղղորդի և բևեռացման ուղղությունների համընկնման դեպքերում:
3. Անցումը Բլոխի հավասարումների համակարգին հնարավորություն է ընձեռում անալիտիկ լուծել մոդուլված գիրոտրոպությամբ անիզոտրոպ միջավայրում բևեռացված լույսի տարածման խնդիրը՝ պատվող ալիքի մոտավորությամբ:
4. Ներդաշնակ մոդուլված գիրոտրոպությամբ անիզոտրոպ միջավայրով տարածվող լույսի բևեռացման վիճակի վարքը ռեզոնանսային կախվածություն ունի գիրոտրոպության մոդուլման տարածական հաճախությունից:

Աշխատանքի ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, ամփոփումից և 106 անուն պարունակող հղումների ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 102 էջ, ներառյալ 35 նկարները: Յուրաքանչյուր գլուխ սկսվում է ներածությունով, որտեղ հակիրճ ներկայացվում է տվյալ գլխում քննարկվող խնդրի արդի վիճակը և ավարտվում է ամփոփումով, որտեղ բերվում են տվյալ գլխում արված հիմնական եզրահանգումները:

Աշխատանքի ներկայացումը

Աշխատանքի արդյունքները ներկայացվել են ԵՊՀ 100 ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովում (2019), Մոսկվայի VIII-րդ միջազգային գիտական դպրոց-կոնֆերանսում (2019), զեկուցվել է ԵՊՀ ֆիզիկայի ֆակուլտետի օպտիկայի ամբիոնի սեմինարներում:

Հրատարակությունները

Ատենախոսության թեմայով տպագրված է 5 գիտական հոդված և 2 միջազգային գիտաժողովների թեզիսներ, որոնց ցուցակը բերված է սեղմագրի վերջում:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիակա-նությունը, ներկայացված է աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը և գիտական նորույթը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակը, աշխատանքի գիտակիրա-նական նշանակությունը և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները:

Առաջին գլխում ի մի է բերված թեմային անմիջականորեն առնչվող գրա-կանության վերլուծությունը, որն անհրաժեշտ է շարադրանքն առավել ամբողջական դարձնելու, արդի խնդիրների բացահայտման և դրանց լուծման նպատակով կիրառվող մեթոդների քննարկման համար:

Առաջին գլուխը բաղկացած է վեց պարագրաֆներից:

§1.1 - ն իր մեջ ներառում է ատենախոսության հետագա շարադրանքում օգտագործվող բևեռացումային երևույթների հիմնական գաղափարների, ինչ-պես նաև հեղուկ բյուրեղների հիմնական հատկությունների ու նրանց կիրառ-մանը վերաբերող գրականության վերլուծությունը: Ներառված են ոչ միայն վեր-ջերս հրատարակված մենագրություններ և ակնարկներ, այլ նաև թարմ գիտա-կան հոդվածներ, որոնք անմիջականորեն նպաստել են ատենախոսությունում ներկայացված խնդիրների ձևավորմանը:

§1.2 - ում քննարկված է լույսի վեկտորական բնույթը և անիզոտրոպ միջա-վայրերում լույսի տարածման առանձնահատկությունները: Որպես եզրակացու-թյուն հիմնավորված է Ջոնսի մեթոդի և Ստոքսի պարամետրերի օգտագործ-ման նպատակահարմարությունը:

§1.3 - ը նվիրված է ՀԲ տեսակների, կողմնորոշման առանձնահատկու-թյունների քննարկմանը: Առավել մանրամասն անդրադարձ է կատարված նեմատիկ հեղուկ բյուրեղներին՝ որպես ատենախոսության ուսումնասիրման հիմնական օբյեկտ:

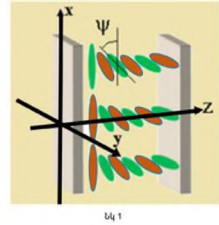
§1.4-ում լուսաբանված է թվիստ կողմնորոշմամբ նեմատիկ հեղուկ բյու-րեղում ադիաբատիկ հետևման երևույթի էությունը: Անդրադարձ է կատարված այն պայմաններին, որոնց բավարարման դեպքում է միայն հնարավոր այդ երևույթի դիտումը (Մոզենի մոտավորություն):

§1.5 - ում ներկայացված է անիզոտրոպ միջավայրերի օպտիկայի և քվան-տային մեխանիկայում երկ-, եռա-, քառամակարդակ համակարգերի նկարա-գրման և օգտագործվող մեթոդների ֆորմալ նմանությանը: Նմանատիպ քն-նարկված է նաև բևեռացման փսևդոսպինի և մագնիսական դաշտում սպինի վարքը նկարագրող Բլոխի հավասարումների ընդհանրությանը: Ընդգծված է նման օպտիկա-մեխանիկական համանմանության փոխադարձ կարևորու-թյունը:

§1.6 - ում ներկայացված է առաջին գլխի ամփոփումը:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է անիզոտրոպ կլանումով թվիստ կողմնորոշմամբ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղներում բևեռացված լույսի տարածման խնդրի ուսումնասիրմանը երկրաչափական օպտիկայի մոտավորության սահմաններում, ինչպես նաև ստացված արդյունքների փորձարարական ստուգմանը: Օպտիկական առանցքի պտույտը դիտարկվում է որպես անիզոտրոպության անհամասեռություն:

§2.1 - ը նվիրված է ուսումնասիրվող միջավայրի՝ թվիստ կողմնորոշված նեմատիկ հեղուկ բյուրեղ-պլեոքրոիկ մոլեկուլներ խառնուրդի ընտրության հիմնավորմանը և առանձնահատկությունների քննարկմանը:



§2.2 - ը ներառում է ՆՀԲ - անիզոտրոպ կլանումով ներկանյութային խառնուրդների և նրանց կողմնորոշման առանձնահատկությունների քննարկումը: Ընդգծված է հեղուկ բյուրեղներում լավ հայտնի հյուր-հյուրընկալ երևույթի դերը այս կոմպոզիտային միջավայրի սիմետրիայի հատկությունների ձևավորման հարցում: Անդրադարձ է կատարված ճառագայթման բնութագրերի կառավարման տարբեր սարքավորումներում նման համակարգերի կիրառության հնարավորությանը:

§2.3 - ը նվիրված է ՆՀԲ-ներկանյութային մոլեկուլներ կոմպոզիտային միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիության ընդհանուր տեսքի քննարկմանը: Նկ.1-ում պատկերված է ՀԲ և ներկանյութի մոլեկուլների կողմնորոշումը ուսումնասիրվող համակարգում: Ընդգծված է կոմպլեքս դիէլեկտրական թափանցելիության բացահայտ տեսքի կարևորությունը ալիքային խնդիրների լուծման հարցում: Խնդիրների հետագա լուծման հարմարության տեսակետից առենախոսությունում կարևորված է կոմպլեքս դիէլեկտրական թափանցելիության հետևյալ տեսքի կիրառումը

$$\tilde{\epsilon}_{ij} = (\epsilon_{ij,s} - \tau_{ij,a}) + i(\epsilon_{ij,a} + \tau_{ij,s}); \quad (1)$$

Այստեղ $\epsilon_{ij,s,a}$, $\tau_{ij,s,a}$ մեծությունները դիէլեկտրական թափանցելիության և կլանման թենզորների սիմետրիկ և անտիսիմետրիկ մասերն են, որոնք սահմանվում են հետևյալ կերպ

$$\epsilon_{ij,s} = \frac{\epsilon_{ij} + \epsilon_{ji}}{2}; \epsilon_{ij,a} = \frac{\epsilon_{ij} - \epsilon_{ji}}{2i}; \tau_{ij,s} = \frac{\tau_{ij} + \tau_{ji}}{2}; \tau_{ij,a} = \frac{\tau_{ij} - \tau_{ji}}{2i}, \quad (2)$$

իսկ օպտիկապես միառանցք միջավայրի ϵ_{ij} , τ_{ij} թենզորներն ունեն հետևյալ տեսքը

$$\epsilon_{ij}(z) = \epsilon_{\perp} \delta_{ij} + \epsilon_a n_i(z) n_j(z); \tau_{ij}(z) = \tau_{\perp} \delta_{ij} + \tau_a n_i(z) n_j(z): \quad (3)$$

Այստեղ \vec{n} -ը օպտիկական առանցքի ուղղությամբ միավոր վեկտորն է (ՀԲ-ում ընդունված է այն անվանել ուղղորդ (կամ դիրեկտոր)), $\epsilon_{\parallel}, \epsilon_{\perp}, \tau_{\parallel}, \tau_{\perp}$ -ը՝ թենզորների գլխավոր արժեքներն են, $\epsilon_a = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$ -ը և $\tau_a = \tau_{\parallel} - \tau_{\perp}$ -ը՝

անիզոտրոպությունը, իսկ δ_{ij} -ն՝ Կրոնեկերի սիմվոլը: Հետագա տեսական վերլուծության համար կարևորված է նաև ազիմոտային անկյան փոփոխության $\psi(z) = \alpha z$ գծային օրենքի կիրառման անհրաժեշտությունը:

§2.4 - ը նվիրված է անիզոտրոպության և կլանման անհամասեռությամբ միջավայրերում տարածվող լույսի վարքի վերլուծությանը երկրաչափական օպտիկայի մոտավորության սահմաններում: Այդ նպատակով ստացված երկչափ ալիքային հավասարման լուծումը ներկայացված է

$$\vec{E}(z) = \vec{E}_0(z) \exp\{i\phi(z)\} \quad (4)$$

տեսքով: Այստեղ $\vec{E}_0(z)$ - ը դանդաղ փոփոխվող կոմպլեքս լայնույթն է, փուլը՝

$$\phi(z) = \frac{\omega}{c} \int n(z) dz, \quad (4a)$$

իսկ $n(z) = \sqrt{(\varepsilon_{xx,s} + \varepsilon_{yy,s})/2}$: $\vec{E}_0(z)$ լայնույթի դանդաղ փոփոխման հաշվառմամբ ստացված է հետևյալ կարճեցված համակարգը

$$\frac{d\vec{J}(z)}{dz} = \frac{i}{2} \vec{H}(z) \vec{J}(z): \quad (5)$$

Այստեղ $\vec{J}(z) = \sqrt{\phi(z)'} \vec{E}_0(z)$, իսկ

$$\vec{H}(z) = \begin{pmatrix} \Omega_1 + i(T_0 + T_1) & \Omega_2 + i\Omega_3 + i(T_2 + iT_3) \\ \Omega_2 - i\Omega_3 + i(T_2 - iT_3) & -\Omega_1 + i(T_0 - T_1) \end{pmatrix}: \quad (5a)$$

Համառոտության համար ներմուծված նշանակումներն ունեն հետևյալ տեսքը

$$\Omega_1 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\varepsilon_{xx,s} - \varepsilon_{yy,s}}{2\phi'}; \Omega_2 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\varepsilon_{xy,s}}{\phi'}; \Omega_3 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\varepsilon_{xy,a}}{\phi'}$$

$$T_0 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\sigma_{xx,s} + \sigma_{yy,s}}{2\phi'}; T_1 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\sigma_{xx,s} - \sigma_{yy,s}}{2\phi'}; T_2 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\sigma_{xy,s}}{\phi'}; \Omega_3 = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\sigma_{xy,a}}{\phi'} \quad : \quad (5b)$$

(5) համակարգը արտաքուստ նման է Շրեդինգերի հավասարմանը: Նման օպտիկա-մեխանիկական անալոգիայի սահմաններում անիզոտրոպ միջավայրի բևեռացման սեփական վիճակները դիտարկվում են որպես երկու էներգիական մակարդակներ, իսկ միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիության մատրիցը՝ որպես Համիլտոնի օպերատոր: (5) համակարգի ամբողջական անալիտիկ լուծում հնարավոր է ստանալ պտտվող կոորդիտական համակարգի անցման միջոցով, որտեղ այն վեր է ածվում հաստատուն գործակիցներով դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի: Նման ճանապարհով ստացված վերջնական լուծման տեսքը հետևյալն է

$$\begin{aligned} E_x(z) &= \frac{1}{2\Omega} [C_x(z)e^{-i\Omega z} + D_x(z)e^{i\Omega z}] e^{i\left(\frac{2\pi}{\lambda}n_0 - \frac{T_0}{2}\right)z} \\ E_y(z) &= \frac{1}{2\Omega} [C_y(z)e^{-i\Omega z} + D_y(z)e^{i\Omega z}] e^{i\left(\frac{2\pi}{\lambda}n_0 - \frac{T_0}{2}\right)z} \end{aligned} \quad (6)$$

Այստեղ

$$C_x = \left[\left(\cos\psi_0 - \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \sin\psi_0 \right) B_0 - \left(\sin\psi_0 + \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \cos\psi_0 \right) A_0 \right] [\alpha \cos\psi(z) + i(\gamma + \Omega) \sin\psi(z)],$$

$$D_x = [(\alpha \sin\psi_0 - i(\gamma + \Omega) \cos\psi_0) A_0 - (\alpha \cos\psi_0 + i(\gamma + \Omega) \sin\psi_0) B_0] \left[\cos\psi(z) - \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \sin\psi(z) \right],$$

$$C_y = \left[\left(\cos\psi_0 - \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \sin\psi_0 \right) B_0 - \left(\sin\psi_0 + \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \cos\psi_0 \right) A_0 \right] * [a \sin\psi(z) - i(\gamma + \Omega) \cos\psi(z)],$$

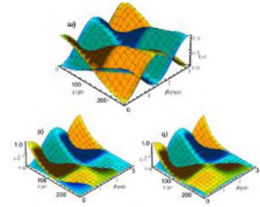
$$D_y = [(a \sin\psi_0 - i(\gamma + \Omega) \cos\psi_0) A_0 - (a \cos\psi_0 + i(\gamma + \Omega) \sin\psi_0) B_0] \left[\sin\psi(z) + \frac{i\alpha}{\gamma + \Omega} \cos\psi(z) \right],$$

իսկ $\Omega^2 = \gamma^2 + \alpha^2$: Սահմանային պայմանները ունեն հետևյալ տեսքը.

$$A_0 = E_x(z = 0) = \cos \beta, \quad B_0 = E_y(z = 0) = \sin \beta :$$

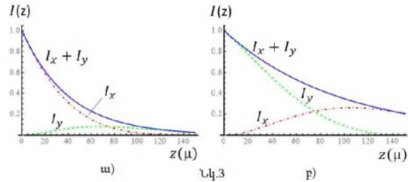
Այստեղ β -ն բևեռացման ազիմուտն է, այսինքն այն անկյունը, որը կազմում է բևեռացումը xz հարթության հետ:

§2.5 - ում ներկայացված է թվիստ կողմնորոշումով ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուկում գծային բևեռացված լույսի տարածական էվոլյուցիայի քանակական վերլուծությունը նախորդ պարագրաֆում ստացված անալիտիկ արտահայտությունների օգնությամբ: Հաշվարկման պարամետրերի համար որպես նմուշ դիտարկվել է ՄԲԲԱ ՆՀԲ-ի և 2-(3-էթիլբենզոթիազոլիդեն)-2-բուտենիլիդեն-3-օքսիթեն-նաֆթաթեն ներկանյութի խառնուրդը: Քննարկումը կատարված է երկու տարբեր ռեժիմների՝ կլանման և ուժեղացման, դեպքերում:



Նկ 2

§2.5.1 - ում կապված հավասարումների համակարգի օգնությամբ վերլուծվել է գծային բևեռացված լուսային հարթ ալիքի դեկարտյան բաղադրիչների տարածական վարքը թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ և խառնուրդային ներկանյութի մոլեկուլների առկայությամբ միջավայրով անցնելիս: Նկ.2-ում ներկայացված է այդ կախվածությունների 3D պատկերները կլանման բացակայությամբ (ա), իզոտրոպ (բ) և անիզոտրոպ (գ) կլանման դեպքերում: Այդ նկարների վերլուծությունը հնարավորություն է ընձեռում ֆիքսել հետևյալ օրինաչափությունները՝ կախված ազիմուտային անկյան մեծությունից.



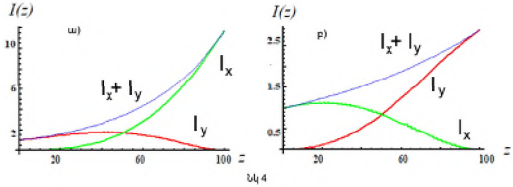
Նկ.3

ա) Մուտքային ալիքի ինտենսիվության I_x բաղադրիչը միշտ նվազում է քիչ, իսկ I_y բաղադրիչը՝ շատ, անկախ ազիմուտային անկյան մեծությունից (կամ որ նույնն է, անկախ մուտքային ինտենսիվության I_{0x} կամ I_{0y} արժեքներից):

բ) Մուտքային ալիքի բևեռացման ազիմուտային անկյան $0 - \pi / 2$ փոփոխության ընթացքում գումարային ինտենսիվությունը, ի տարբերություն իզոտրոպ դեպքի, նվազում է տարբեր չափով, ընդ որում ազիմուտային անկյան աճին զուգընթաց ելքային ալիքի գումարային ինտենսիվությունն աճում է: Վերջին պնդումն առավել ակնառու ցուցադրելու համար Նկ.3-ում պատկերված են $I_{x,y}(z)$ կախվածությունները հենց այդ ելքային արժեքների դեպքերում:

§2.5.2 - ում վերլուծված է համանման խնդիր, սակայն ուժեղացման ռեժիմում: Կառուցված բազմաթիվ գրաֆիկների վերլուծությունը թույլ է տալիս անել հետևյալ եզրակացությունները.

- Ի տարբերություն $I_y(z)$ բաղադրիչի երկայնական կորորդինատից կախվածությամբ (այն մոնոտոն հետևում է օպտիկական առանցքի պտույտին), $I_x(z)$ բաղադրիչի կախվածությունում հայտնվում է թույլ արտահայտված ոչ մոնոտոնություն:

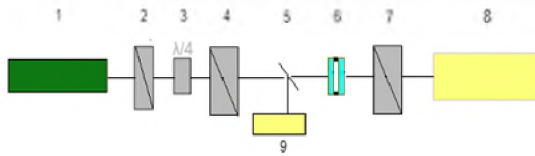


- Իզոտրոպ ուժեղացման ռեժիմում $I_x(z)$ և $I_y(z)$ բաղադրիչները ուժեղացվում են միևնույն ձևով, բայց $\pi/2$ տեղաշարժով՝ մուտքային ալիքի ազիմուտային անկյան նկատմամբ: Անիզոտրոպ ուժեղացման դեպքում այդպիսի սիմետրիկությունն անհետանում է և ուժեղանում է միայն այն բաղադրիչը, որը ելքում զուգահեռ է ներկայնյութի մոլեկուլների երկար առանցքին:

Նշված առանձնահատկության ակնառու ցուցադրության համար նկ. 4 ա,բ-ում ներկայացված են $I_x(z)$, $I_y(z)$, ինչպես նաև նրանց գումարային $I_x(z) + I_y(z)$ ինտենսիվությունների կախվածությունները ազիմուտային անկյան երկու՝ 0 և $\pi/2$ եզրային դեպքերում:

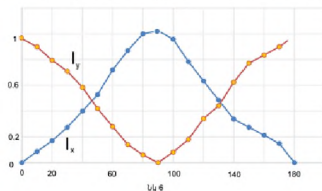
§2.6 - ում ներկայացված է բևեռացված լույսի տարածական էվոլյուցիայի փորձարարական ուսումնասիրությունը թվիստ կողմնորոշված ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուրդում:

Ուսումնասիրվել է նմուշն անցած լույսի ինտենսիվության տարբեր բաղադրիչների մուտքային ալիքի գծային բևեռացման ազիմուտային անկյունից կախվածությունը՝ կլանման անիզոտրոպության դերը բացահայտելու նպատակով: Որպես նմուշ օգտագործվել է ՆՀԲ ՄԲԲԱ-յի թվիստ կողմնորոշված բջիջը: Տեսանելի տիրույթում անիզոտրոպ կլանում ապահովելու նպատակով զանգվածի 1-2% պարունակությամբ ավելացվել է անիզոտրոպ կլանմամբ դիքրոիկ Methyl Red Crystals ներկանյութ: Լաբորատոր կորորդինատական համակարգի z առանցքն ուղղված է նմուշի նիստերին ուղղահայաց, իսկ x և y առանցքները զուգահեռ են ՆՀԲ -ի գլխավոր առանցքներին (տես նկ.1):



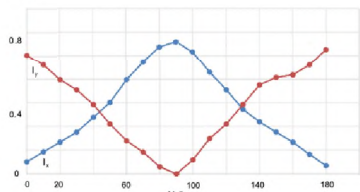
նկ. 5

Փորձարարական ուսումնասիրության համար հավաքված սխեման պատկերված է նկ.5-ում: Որպես (1) լույսի աղբյուր օգտագործվել է կիսահաղորդչային դիոդային մղմամբ 3b տեսակի պինդ մարմնային լազեր, որը առաքում է 532 նմ ալիքի երկարությամբ լույս: Հաստատուն ինտենսիվությամբ, բայց փոփոխվող ազիմուտով բևեռացված լույս ստանալու համար լազերային ճառագայթն անցնում է (2) բևեռիչով: Մուտքային ճառագայթի ազիմուտային անկյան սահուն փոփոխության համար օգտագործվում է $\lambda/4$ թիթեղը (3), որը գծային բևեռացված լույսը փոխարկում է շրջանայինի, իսկ (4) բևեռիչի օգնությամբ առանձնացվում է պահանջվող ազիմուտով լույսը: (5) հայելին և (9)



գրանցիչը տեղադրված են փորձի ընթացքում լույսի շրջանային բևեռացումը ստուգելու համար: Հեղուկ բյուրեղի և ներկանյութի խառնուրդ պարունակող բջիջը (6) տեղադրված է (4) բևեռիչի և (7) վերլուծի միջև (նկ. 5): Փորձերի ընթացքում չափվել է ելքային ինտենսիվության I_x և I_y բաղադրիչների կախվածությունը մուտքային ալիքի բևեռացման ազիմուտային անկյունից: Դրա համար նմուշի մուտքում սահուն փոփոխվել է մուտքում ուղղորդի և լուսային ալիքի բևեռացման վեկտորի կազմած անկյունը:

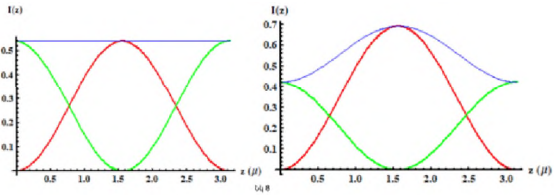
Նկ. 6-ում պատկերված է ելքային ալիքի ինտենսիվության I_x և I_y բաղադրիչների կախվածությունները մուտքային β ազիմուտային անկյունից: Ինչպես ակնառու երևում է, մաքուր ՆՀԲ-ում դիտվում է ադիաբատիկ հետևման երևույթը, այսինքն՝ մուտքային ալիքի ազիմուտային անկյան փոփոխությունը հանգեցնում է ելքային ալիքի բևեռացման համարժեք պտույտի:



Ներկանյութային խառնուրդի առկայությամբ նույնպես ադիաբատիկ հետևման երևույթը դիտվում է, ինչպես երևում է Նկ.7-ից: Սակայն դիտվում է նաև որոշակի առանձնահատկություն: Կլանող բաղադրիչի առկայությամբ պայմանավորված՝ թե՛ $I_x(\beta)$ և թե՛ $I_y(\beta)$ բաղադրիչները հասկանալի պատճառով նվազում են: Սակայն կլանման անիզոտրոպության հետևանքով այդ նվազումը լինում է տարբեր: Այն դեպքում, երբ մուտքային ալիքի բևեռացումը զուգահեռ է x առանցքին, ելքայինը՝ զրո է: Համապատասխանաբար, I_y բաղադրիչը ելքում զրոյից տարբեր է, սակայն թույլացած: Համանման պատկեր դիտվում է նաև այն դեպքում, երբ մուտքային ալիքը բևեռացված է y առանցքի ուղղությամբ ($\beta=\pi/2$): Այստեղ, սակայն, ադիաբատ հետևման արդյունքում առաջացած $I_x(\pi/2) > I_y(0)$ (Նկ.7): Նկատենք, որ նման տարբերություն մաքուր

ՆՀԲ դեպքում բացակայում է: Նման վարքը պայմանավորված է հենց կլանման անիզոտրոպությամբ: Այն դեպքում, երբ մուտքային ալիքը զուգահեռ է x առանցքին, ադիաբատ հետևման արդյունքում այն միշտ տարածվում է մեծ կլանման գործակցով, ուստիև առաջացող I_y բաղադրիչը մնում է փոքր: Մյուս դեպքում լույսը տարածման ընթացքում միշտ մնում է զուգահեռ փոքր կլանման գործակցով բաղադրիչին և արդյունքում I_x բաղադրիչը լինում է մեծ:

§2.7 - ը նվիրված է նախորդ պարագրաֆում ստացված փորձարարական արդյունքների համակարգչային մոդելավորմանը §2.5-ում ստացված անալիտիկ արտահայտությունների օգնությամբ: Դրա համար անհրաժեշտ է միայն կառուցել ելքային ալիքի պարամետրերի մուտքային ալիքի բևեռացման ազիմուտային անկյունից ունեցած կախվածությունը: Դա նշանակում է տարածական էվոլյուցիայի համար ստացված (6) արտահայտություններում անհրաժեշտ է ֆիքսել $z = L$ և կառուցել $I_x(L, \beta)$ և $I_y(L, \beta)$ կախվածությունները: Նկ. 8-ում ներկայացված են այդ կախվածությունները: Նախորդների նման այստեղ նույնպես այդ կա-



խվածությունները կառուցված են երկու դեպքերի համար՝ իզոտրոպ և անիզոտրոպ կլանումների դեպքերում: Տեսական հաշվարկած և փորձարարական գրաֆիկների համեմատումից երևում է ստացված արդյունքների որակական նմանությունը և փորձի ընթացքում դիտվող բոլոր օրինաչափությունների համընկնումը:

§2.8-ում ներկայացված է երկրորդ գլխի ամփոփումը:

Երրորդ գլուխը նվիրված է մոդուլված գիրոտրոպությամբ անիզոտրոպ միջավայրում բևեռացված լույսի տարածական էվոլյուցիայի ուսումնասիրմանը:

§3.1 - ը ներածական է, որտեղ քննարկվում է այդ խնդրի լուծման համար օպտիկա-մեխանիկական համանմանության կիրառման հիմնավորվածությունը, անդրադարձ է կատարված այն խնդիրներին, որոնք լուծված են այս գլխում: Մասնավորապես, կարևորված է նմանատիպ միջավայրերի ստացմանը՝ արտաքին էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի կիրառմամբ:

§3.2 - ում դիտարկված է հարթ մոնոքրոմատիկ ալիքի տարածումը օպտիկապես միառանցք և անհամասեռ գիրոտրոպության միջավայրի նորմալի ուղղությամբ: Այդպիսի միջավայրի շեղման վեկտորը ներկայացված է

$$D_i = \varepsilon_{ij}(z)E_j(z) + \gamma_{ijz}(z)\frac{\partial E_j(z)}{\partial z} \quad (7)$$

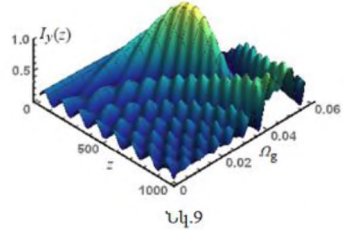
տեսքով: Այստեղ $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_i \delta_{ij}$ միջավայրի հաստատուն գծային անիզոտրոպությունն է, $\gamma_{ijk}(z) = \frac{c}{\omega} g(z) e_{ijk}$, e_{ijk} -միավոր անտիսիմետրիկ թենզորն է, իսկ $g(z)$ -

ը՝ գիրացիայի հաստատունը: Ինչպես և նախորդ գլխում, երկրաչափական օպտիկայի կիրառման արդարացվածությունը հիմնավորելուց հետո դաշտի տեսքը ներկայացված է

$$\vec{E}(z) = \vec{A}(z)\exp\{i\phi(z)\} \quad (8)$$

տեսքով: $\vec{A}(z)$ լայնույթի փոփոխման դանդաղության հաշվառմամբ ստացված է կապված ալիքային հավասարումների համակարգի հետևյալ տեսքը

$$\frac{d\vec{A}(z)}{dz} = i\frac{\omega}{c}\hat{V}(z)\vec{A}(z): \quad (9)$$



Այստեղ

$$\hat{V}(z) = \frac{\varepsilon_a}{4\pi\epsilon_0}\hat{\sigma}_1 - \frac{g(z)}{2}\hat{\sigma}_3 \quad (9a)$$

միջավայրի օպտիկական հատկությունները նկարագրող մատրիցն է, $\varepsilon_a = \varepsilon_x - \varepsilon_y$ -ն՝ անիզոտրոպության հաստատուն մեծությունը, իսկ $\hat{\sigma}_i$ -ն Պաուլիի մատրիցները: Նկատենք, փոփոխական հավասարումներով դիֆերենցիալ հավասարումների (9) համակարգը գիրոտրոպիայի $g(z)$ գործակցի հարմոնիկ մոդուլացման դեպքում անալիտիկ լուծում չունի, սակայն այդ համակարգի վերլուծությունը կարևոր է առաջադրված խնդիրների լուծման նպատակով:

§3.3 - ում բերված է կապված հավասարումների (9) համակարգի թվային վերլուծությունը: Նկ.8-ում պատկերված է $I_y(z, \Omega) = |A_y(z, \Omega)|^2$ կախվածությունը 3D: Ինչպես երևում է այդ նկարից, $\omega_a = \Omega_g = 0.0464$ մկմ⁻¹ դեպքում դիտվում է տարածական ռեզոնանսի երևույթը, այսինքն միևնույն գիրոտրոպության դեպքում ազդեցությունը միջավայրում տարածվող լույսի բևեռացման վրա առավելագույնն է, երբ բևեռացման բաբախումների և գիրոտրոպության մոդուլման տարածական հաճախությունները նույնն են:

§3.4 - ը նվիրված է քննարկվող խնդրի անալիտիկ լուծման հնարավորություններին: Որպես հնարավոր ճանապարհներից մեկը ընդգծված է անցումը Բլոխի օպտիկական հավասարումներին: Իսկապես, այն որ երկմակարդակ ատոմի վարքը արտաքին էլեկտրամագնիսական դաշտում նկարագրող հավասարումների համակարգը կարելի էր ներկայացնել սպինի վարքը արտաքին մագնիսական դաշտում նկարագրող Բլոխի հավասարումներին համանման համակարգով, հայտնի էր վաղուց: Մեր տեսանկյունից ոչ պակաս հետաքրքիր և կարևոր էր այն, որ բևեռացման վարքը տարաբնույթ օպտիկական անհամասեռ պարամետրերով միջավայրերում նույնպես հնարավոր է նկարագրել համանման հավասարումներով: Այս պարագրաֆում, օգտվելով փնտհոսպինի

$$\hat{S} = \vec{E} + \hat{\sigma}\vec{E} \quad (10)$$

սահմանումից և օպտիկա-մեխանիկական համանմանությամբ ստացված (9) համակարգից ստացված է

$$\frac{d\vec{S}}{dz} = \vec{\Omega}(z) \times \vec{S}(z), \quad (11)$$

համակարգը, որը հենց Բլոխի հավասարումների համարժեքն է բևեռացումային օպտիկայում: Այստեղ \vec{S} -ը ունի S_1, S_2, S_3 բաղադրիչներ, իսկ $S_0^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2$: $\vec{\Omega}$ նկարագրում է միջավայրի օպտիկական հատկությունները, ընդ որում

$$\omega_g = (\pi/\lambda)g_0, \quad \omega_a = \pi\varepsilon_a/\lambda n_0:$$

Սակայն հավասարումների այս համակարգի լուծումը նույնպես զուգորդված է զգալի դժվարությունների հետ:

§3.5 - ում, ինչպես և արտաքին դաշտում երկմակարդակ ատոմի դեպքում, անդրադարձ է կատարված (11) համակարգի պարզեցմանը՝ պտտվող ալիքի մոտավորությամբ: Հավասարումների այդ համակարգն ունի հետևյալ տեսքը

$$\frac{d\vec{S}}{dz} = \hat{G}\vec{S}, \quad (12)$$

որտեղ

$$\hat{G} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega_g \cos(\Omega_g z) & \omega_g \sin(\Omega_g z) \\ \omega_g \cos(\Omega_g z) & 0 & \omega_a \\ -\omega_g \sin(\Omega_g z) & -\omega_a & 0 \end{pmatrix}; \quad (12a)$$

Այս դեպքում նույնպես անցումը պտտվող կորորինատական համակարգի հնարավորություն է ընձեռում ստանալ խնդրի անալիտիկ լուծումը: Այդ համակարգում հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը

$$\frac{d\vec{\rho}}{dz} = \left(\hat{T}\hat{G} + \frac{d\hat{T}}{dz} \right) \hat{T}^{-1}\vec{\rho}, \quad (13)$$

որտեղ $\vec{\rho} = (u, v, w)^T = \hat{T}\vec{S}$ Ստոքսի պարամետրերն են պտտվող կորորինատական համակարգում, իսկ \hat{T} -ն՝ պտտման մատրիցը: Հավասարումների (13) համակարգն արդեն հաստատուն գործակիցներով է և հեշտությամբ լուծվում է

$$\left. \begin{aligned} S_1(0) = u(z=0) = \cos 2\beta \\ S_2(0) = v(z=0) = \sin 2\beta \\ S_3(0) = w(z=0) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (13a)$$

եզրային պայմանների հաշվառմամբ: Վերջնական լուծումը ստացվում է $\vec{S} = \hat{T}^{-1}\vec{\rho}$ հակառակ ձևափոխությամբ:

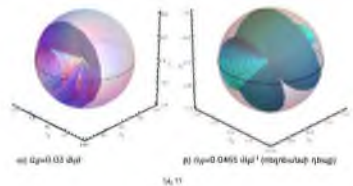
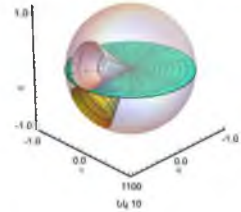
§3.6 - ում բերված են Բլոխի համակարգի անալիտիկ լուծումները թե՛ պտտվող

$$u(z) = \frac{\omega_g^2}{\Omega^2} \cos(2\beta) \cos(\Omega z) - \frac{\omega_g}{\Omega} \sin(2\beta) \sin(\Omega z) - \frac{(\omega_a - \Omega_g)^2}{\Omega^2} \cos(2\beta), \quad (14a)$$

թե՛ լաբորատոր

$$S_1(z) = \frac{\omega_g^2}{\Omega^2} \cos(2\beta) \cos(\Omega z) - \frac{\omega_g}{\Omega} \sin(2\beta) \sin(\Omega z) - \frac{(\omega_a - \Omega_g)^2}{\Omega^2} \cos(2\beta) \quad (14p)$$

կորորդինատական համակարգերում: Այստեղ $\Omega^2 = \omega_g^2 + (\omega_a - \Omega_g)^2$: Չժանրաբեռնելու համար մնացած բաղադրիչները ներկայացված չեն: Նկ.10-ում ներկայացված է պտտվող կորորդինատական համակարգում փսևդոսպինի վարքը Պուանկարեի սֆերայի վրա գիրոտորայության մոդուլման տարածական հաճախության երեք տարբեր արժեքների դեպքում՝ բջջի 400 մկմ հաստության դեպքում: Ինչպես երևում է նկարից, ճիշտ տարածական ռեզոնանսի դեպքում լույսը պտտվող կորորդինատական համակարգում մնում է գծային բևեռացված, մնացած բոլոր դեպքերում դիտվում են բևեռացումային օսցիլյացիաներ: Հաջորդ՝ նկ.11-ում, ներկայացված է բևեռացման փսևդոսպինի համապատասխան վարքը լաբորատոր կորորդինատական համակարգում: Նկարները փաստում են, որ գիրոտորայության մոդուլումն էականորեն ազդում է փսևդոսպինի վեկտորի վարքի վրա՝ փսևդոսպինի վեկտորի ծայրը շարժվում է բարդ մակերևույթներով: Գիրոտորայության մոդուլման տարածական հաճախության ռեզոնանսային արժեքից հեռու տիրույթում ($\Omega_g = 0.03$ մկմ⁻¹) փսևդոսպինի վեկտորը պտտվում է ինքնահատվող կոնական մակերևույթով: Հարկ է նշել, որ նմուշի հաստության մեծացման դեպքում կոնական մակերևույթի բացվածքը չի փոփոխվում, սակայն մակերևույթի ինքնահատումների թիվը մեծանում է: Ճշգրիտ ռեզոնանսի դեպքի ($\Omega_g = 0.0465$ մկմ⁻¹), յուրահատկությունն այն է, որ փսևդոսպինի վեկտորի պտույտն ընդգրկում է Պուանկարեի սֆերայի ամբողջ մակերևույթը:



§3.7 - ը երրորդ գլխի ամփոփումն է:

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ներկայացված ատենախոսությունում ուսումնասիրվել են անիզոտրոպության, կլանման և գիրոտրոպության անհամասեռություն պարունակող միջավայրերում բևեռացված լույսի տարածման առանձնահատկությունները երկրաչափական օպտիկայի մոտավորությամբ: Միջավայրերի հայտնի պարամետրերի օգնությամբ նախապես հիմնավորվել է այդ մոտավորության կիրառման հնարավորությունը և մի շարք հայտնի օրինակների օգնությամբ ցույց է տրվել մեթոդի հուսալիությունը:

Որպես անիզոտրոպության և կլանման անհամասեռությամբ միջավայր դիտարկվել է թվիստ կողմնորոշված ՆՀԲ-դիքրոիկ ներկանյութ խառնուրդ: Ընդգծվել է գիրոտրոպության անհամասեռությամբ անիզոտրոպ միջավայրի ստացման հնարավորությունը արտաքին էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի կիրառմամբ: Ստացվել է նման միջավայրերում տարածվող լույսի բևեռացման վարքը նկարագրող կարճեցված հավասարումների համակարգը:

Քննարկված խնդիրներից մի դեպքի՝ անիզոտրոպության և կլանման անհամասեռությամբ միջավայրում տարածվող բևեռացված լույսի վարքի ուսումնասիրման համար իրականացվել է փորձարարական հետազոտություն, որի արդյունքները որակապես համապատասխանում են տեսական հաշվարկներում ստացված արդյունքներին:

Ատենախոսությունում ստացված հիմնական արդյունքները հանգում են հետևյալին.

- Առաջին անգամ լուծվել է թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-ներկանյութ խառնուրդում բևեռացված լույսի տարածման խնդիրը և ցույց է տրվել ադիաբատ հետևման երևույթի գոյությունը ՆՀԲ-ում կլանող ներկանյութի առկայությամբ: Բացահայտվել են այդ երևույթի առանձնահատկությունները՝ պայմանավորված կլանման և ուժեղացման անիզոտրոպությամբ:
- Առաջին անգամ թվիստ կողմնորոշմամբ ՆՀԲ-կլանող ներկանյութ խառնուրդում տեսական և փորձարարական հետազոտություններով ցույց է տրվել, որ ադիաբատ հետևման պատճառով ելքային ինտենսիվության նվազումը (կամ ուժեղացումը) կախված է մուտքային գծային բևեռացված լույսի ազիմուտային անկյունից:
- Առաջին անգամ կարճեցված հավասարումների համակարգի թվային լուծմամբ ցույց է տրվել, որ գիրոտրոպության մոդուլման տարածական հաճախության և բևեռացումային բաբախումների հաճախության համընկնման դեպքում փոքր գիրոտրոպությունը մեծ ազդեցություն է ունենում լույսի բևեռացման վարքի վրա (տարածական ռեզոնանսի երևույթ):
- Առաջին անգամ տարածական մոդուլված գիրոտրոպությամբ անիզոտրոպ միջավայրում Բլոխի հավասարումների համակարգի անալիտիկ լուծմամբ

ցույց է տրվել, որ տարածական ռեզոնանսի դեպքում պտտվող կոորդինատական համակարգում լույսը տարածվում է՝ մնալով գծային բևեռացված, այսինքն չի նկատում միջավայրի անհիզոտրոպության առկայությունը:

Օգտագործված գրականություն

1. К 50-летию создания лазера. Успехи физических наук. т.181,№1,1-120, 2011.
2. М. Бертолотти. История лазера. Издательский Дом «Интеллект». 2011.
3. De Gennes P., Prost J., “The Physics of Liquid Crystals.”, Second Edition, Clarendon press: Oxford, 1993, 400 p.
4. Коншина Е. А., “Основы физики жидкокристаллических систем.”, Санкт-Петербург, НИУ ИТМО, 2013, 128 с.
5. Deng-Ke Yang, Shin-Tson Wu. Fundamentals of liquid crystal devices. 2006, John Wiley & Sons, Ltd.
6. V.A. Belyakov Localized modes in optics of photonic liquid crystals Nanostructures. Mathematical physics and modelling, 2014, vol. 10, № 2, 41-93
7. G. Hu, H. Chen, Z. Liu, S. Zhang, Yu Zhou, B. Zhu & Huazhi Gu (2020) Tailoring structure and properties of polymer-dispersed liquid crystal by quenching process, Liquid Crystals, DOI: 10.1080/02678292.2020.1750070
8. S.Palaz, Z. Ozer, A.M. Mamedov, E. Ozbay (2020). Ferroelectric based fractal phononic crystals. Ferroelectrics, 557:1, 85-91, DOI: 10.1080/00150193.2020.1713352
9. Comoretto D., “Organic and hybrid photonic crystals.”, Springer, 2015, 497 p.
10. Simoni F., “Nonlinear optical properties of LC and PDLC.”, World Scientific, 1994, 310 p.
11. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы. Пер. с англ. М.: Мир,. 1980.344с.
12. A. Yariv, P. Yeh. Optical Waves in Crystals. New York, Wiley, 1984, pp. 71, 132-143
13. P. Yeh, C. Gu, Optics of Liquid Cristal Displays. John Wiley and Sons, Inc., 1999. 488p.

Տրադադական աշխատանքների ցուցակ

1. Л. С. Асланян, А. О. Овакимян, А. В. Алавердян. Поляризованный свет в анизотропной среде с пространственно модулированной гиротропией. Современные проблемы физики и технологий. VIII международная научная школа-конференция, Москва, 15-20 апреля 2019г., с.271-273
2. Л. С. Асланян, А. О. Овакимян, А. Э. Айвазян. Распространение поляризованного света в твист ориентированном НЖК с плеохроичным красителем. Современные проблемы физики и технологий. VIII международная научная школа-конференция, Москва, 15-20 апреля 2019г., с.274-276
3. Hovakimyan, H.H., Aivazyan, A.E. & Aslanyan, L.S. Geometrical Optics of a Twist-Oriented Nematic Liquid Crystal with Anisotropic Absorption. Opt. Spectrosc. 127, 854–859 (2019). <https://doi.org/10.1134/S0030400X19110201>
4. L. S. Aslanyan and H. H. Hovakimyan, "Spatial resonance in an anisotropic medium with modulated gyrotropy," J. Opt. Soc. Am. B 37, 847-851 (2020)
5. Aslanyan, L.S., Hovakimyan, H.H. Geometrical Optics of an Anisotropic Media with Space Modulated Gyrotropy. J. Contemp. Phys. 55, 30–37 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068337220010053>
6. H. H. Hovakimyan "Investigation of the behavior of polarized light in twist-oriented nematic liquid crystals with anisotropic absorbent dye " Proceedings of the yerevan state university Physical and Mathematical Sciences 2020, 54(1), p. 3–6
7. Л. С. Асланян, А. О. Овакимян, А. Э. Айвазян Поляризованный свет в слабонеоднородной анизотропной среде с усилением J. Contemp. Phys. 56, (2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ДИССЕРТАЦИИ ОВАКИМЯНА АРУТЮНА “ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ И В ИХ СМЕСЯХ С КРАСИТЕЛЯМИ”

В представленной диссертационной работе исследованы особенности распространения поляризованного света в средах с неоднородностью анизотропии, поглощения и гиротропии по методу геометрической оптики.

С помощью известных параметров среды проведена предварительная оценка возможности применения этого приближенного метода и с помощью известных примеров продемонстрирована надежность метода.

В качестве среды с неоднородностью анизотропии и поглощения рассматривалась твист ориентированная смесь НЖК-дихроичный краситель. Особенностью данной смеси является то, что молекулы красителя за счет эффекта гость-хозяин ориентируются параллельно молекулам жидкого кристалла, то есть в нашем случае приобретают твист структуру. Это означает, что присутствие молекул красителя не влияет на симметричные свойства среды. Это играет существенную роль для аналитического решения задачи.

С помощью преобразования исходной системы связанных трехмерных волновых уравнений получена система уравнений для вектора Джонса, а с помощью приближения геометрической оптики выведена система укороченных уравнений описывающих поведение поляризации распространяющегося света в подобных средах.

В случае распространения линейно-поляризованного света в среде с неоднородностью анизотропии и поглощения проведено экспериментальное исследование, результаты которого качественно согласуются с результатами теоретических расчетов.

В качестве неоднородной гиротропной среды рассмотрена модельная среда с постоянной анизотропией и гармонически модулированной гиротропией. Указана возможность получения анизотропной среды с неоднородностью гиротропии во внешних электрических и магнитных полях.

В такой среде с помощью выведенных в приближении геометрической оптики связанных уравнений осуществлен переход к системе уравнений Блоха и обоснована возможность применения приближения вращающейся волны. Получено аналитическое решение этой системы путем перехода во вращающуюся систему координат.

Основные результаты, полученные в диссертации, сводятся к следующему:

1. Впервые решена задача распространения поляризованного света в твист ориентированной смеси НЖК-краситель и показано существование

явления адиабатического отслеживания в присутствии поглощающего красителя. Выявлены особенности этого явления связанные с анизотропией усиления и поглощения.

2. Впервые в твист ориентированной смеси НЖК-поглощающий краситель экспериментально показана, что ослабление (или усиление) интенсивности прошедшего света зависит от азимутального угла входной линейно-поляризованной волны.
3. Впервые с помощью численного решения системы связанных укороченных уравнений показана, что при совпадении пространственной частоты модулирования гиротропии и частоты пространственных биений поляризации малая гиротропия сильно влияет на поведение поляризации света (явление пространственный резонанс).
4. Впервые с помощью аналитического решения системы уравнений Блоха в анизотропной среде с модулированной гиротропией показана, что в случае пространственного резонанса во вращающейся системе координат свет распространяется оставаясь линейно поляризованной, то есть не замечает анизотропность среды.

SUMMARY TO THE DISSERTATION “THE SPATIAL DYNAMICS OF THE POLARIZATION OF LIGHT IN LIQUID CRYSTAL-DYE MIXTURES” BY HARUTYUN HOYAKIMYAN

In the dissertation, using approximation method of geometric optics, the features of the propagation of polarized light in media containing inhomogeneity anisotropy, absorption, and gyrotropy have been studied. The possibility of applying this approximation, with the use of known media parameters, was justified in advance; moreover, using some well-known examples, the reliability of the method was shown.

As a medium with inhomogeneity in anisotropy and absorption we have considered a twist-oriented mixture of NLC and dichronic dye. The characteristic property of this mixture is, that, due to the guest-host effect, the molecules of the dye orient themselves parallel with the molecules of the liquid crystal, i.e. in the case considered in this work, a twist structure emerges – the presence of the dye molecules does not change the symmetry properties of the medium. This plays a crucial role for the analytical solutions of the problem.

With the help of transforming the original system of three dimensional wave equations a system of equations has been derived for the John's vector, and with the help of approximation in the limit of geometric optics a system of shortened

equations was obtained that describe the behavior of the polarization of the propagating light in such media, and in all cases the efficiency of the transition to the method of the rotating coordinate system was considered.

Among the problems discussed, in the case, where we have studied the behavior of the propagation of polarized light in an anisotropy medium and with inhomogeneity of absorption, an experimental study was conducted, the results of which correspond to the results of theoretical calculations.

As a medium with inhomogeneity in gyrotropy, we have considered a model of a medium with constant anisotropy and harmonically modulated gyrotropy. The possibility of obtaining an anisotropic medium with inhomogeneity in gyrotropy with the help of external electric and magnetic fields has been pointed out.

The main results obtained in the thesis are as follows:

1. For the first time, a solution to the problem of the propagation of polarized light in a twist-oriented mixtures of NLC dyes was analytically found, by a transition to a system of rotating coordinates. With the help of the obtained theoretical expressions, cases corresponding to the regimes of both absorption and gain are investigated.

2. For the first time, the dependence of the polarization state of the output wave on the azimuthal angle of the input linear polarized light has been experimentally investigated. The case corresponding to absorption is investigated.

3. For the first time, a theoretical analysis of the propagation of polarized light in media with spatially modulated gyrotropy was carried out in order to identify the patterns. By means of numerical simulation, a system of shortened equations was solved and the patterns and conditions for the manifestation of spatial resonance were revealed.

4. For the first time using optics-mechanical analogy, an analog of the Bloch system of equations, is obtained in media with spatially modulated gyrotropy. The possibility of the analytical solution of this system of equations of approximation of a rotating wave is shown and the phenomenon of spatial resonance is analyzed.