

«ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ»



«ԲԵՆԴԼ» սինքրոտրոնային
ինստիտուտի ինստիտուտի
տնօրեն
Բ.Ա. Գրիգորյան

«27» հունիսի 2024 թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Անուշ Սարգսյանի «Էլեկտրամագնիսական ճառագայթման որոշ առանձնահատկություններ սֆերիկ համաչափությամբ միջավայրերում»ատենախոսության վերաբերյալ, ներկայացված Ա.04.07 - «Կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Ատենախոսությունը զեկուցվել և քննարկվել է «ԲԵՆԴԼ» սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտի 2024 թ. հունիսի 26-ին կայացած գիտական սեմինարում, որին մասնակցում էին ֆ.մ.գ.դ Միքայել Իվանյանը, ֆ.մ.գ.դ Լևոն Գրիգորյանը, ֆ.մ.գ.թ. Հրանտ Խաչատրյանը, ֆ.մ.գ.թ Բազրատ Գրիգորյանը, ֆ.մ.գ.թ. Գայանե Ամատունին, ֆ.մ.գ.թ. Աշոտ Վարդանյանը, ֆ.մ.գ.թ. Արմեն Գրիգորյանը, ֆ.մ.գ.թ. Արշամ Երենյանը, ֆ.մ.գ.թ. Մարտիկ Հովհաննիսյանը, Աիդա Ասոյանը, Միլենա Յազիչյանը, Թադևոս Մարկոսյանը:

Վերջին տասնամյակների ընթացքում նկատելիորեն աճել է հետաքրքրությունը միջավայրի հետ փոխազդող լիցքավորված մասնիկների ճառագայթային պրոցեսների նկատմամբ: Միջավայրի առկայությունը էապես ազդում է ռեյատիվիստական մասնիկների մակածած էլեկտրամագնիսական դաշտի հատկությունների վրա հանգեցնելով ճառագայթման նոր տեսակների ձևավորման: Վերջիններիս օրինակներ են Չերենկովյան ճառագայթումը (ՉՃ), անցումային ճառագայթումը, դիֆրակցիոն ճառագայթումը և այլն: ճառագայթման նշված տեսակների շարքում ՉՃ-ի ուշագրավ հատկությունները հանգեցրել են նրա կիրառությունների լայն բազմազանության, ինչով էլ

պայմանավորված է ՉՃ-ի ինտենսիվության և անկյունա-հաճախային բնութագրերի կատարմանն ուղղված ուսումնասիրությունների կարևորությունը: Հետազոտություններ են կատարվել սահմանների հարթ, գլանային, սֆերիկ և այլ ավելի բարդ երկրաչափություններում: Տարբեր գիտական կենտրոններում՝ մասնավորապես ՖԿՊԻ-ում վերջին երեք տասնամյակների ընթացքում կատարված հետազոտությունները, որոնք հիմնված են Գրինի ֆունկցիայի մեթոդով Մաքսվելի հավասարումների ճշգրիտ լուծումների վրա վկայում են, որ միջավայրերի գլանային և սֆերիկ համաչափությամբ սահմանների ազդեցությունը տարբեր հետազոտվող շարժվող ռեյատիվիստական լիցքավորված մասնիկների կողմից մակածած էլեկտրամագնիսական դաշտի բնութագրերի վրա կարող է լինել խիստ էական, իսկ որոշ դեպքերում կրել ռեզոնանսային բնույթ: Ատենախոսությունում ներկայացված խնդիրները հանդիսանում են վերոհիշյալ հետազոտությունների շարունակությունը:

Անուշ Սարգսյանի ատենախոսությունում ներկայացված հետազոտությունների հիմնական նպատակն է՝ բացահայտել տարբեր հետազոտվող շարժվող լիցքավորված մասնիկների/թանձրուկների, կամ դրանց շղթաների ճառագայթման առանձնահատկությունները հարթ և սֆերիկ համաչափությամբ բաժանման սահմաններով միջավայրերում: Լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- Դիտարկվել է հաղորդիչ գնդի վրա էլեկտրամագնիսական ալիքների ցրման ժամանակ մեծ լայնությամբ մակերևութային ալիքների մակածման երևույթը:

- Հետազոտվել են ռեյատիվիստական լիցքավորված մասնիկի մակածած էլեկտրամագնիսական դաշտի առանձնահատկությունները, երբ այն հատում է կիսաանվերջ հաղորդիչ միջավայրի հարթ սահմանը, կամ անցնում է վակուումում գտնվող վերջավոր հաստությամբ հաղորդիչ թիթեղով՝ նրա մակերևութներից ուղղահայաց:

- Ուսումնասիրվել է վակուումում գտնվող դիէլեկտրական կամ հաղորդիչ գնդի կենտրոնով անցնող լիցքավորված մասնիկի/մասնիկների թանձրուկների

շղթայի ճառագայթումը:

- Հետազոտվել է դիէլեկտրական, կոմպոզիտ կամ հաղորդիչ գնդի շուրջը, նրա հասարակածային հարթությունում հավասարաչափ պտտվող լիցքավորված մասնիկի ճառագայթման անկյունա-հաճախային բաշխումը:

- Դիտարկվել է մթնոլորտում ուղղորդված հարվածող ալիքների տարածման ժամանակ 1-10 կՀց հաճախությունների տիրույթում ակուստիկ և էլեկտրամագնիսական ալիքների ճառագայթման երևույթը և այդ ընթացքում 1-2 ՄՀց հաճախություններով էլեկտրամագնիսական ալիքների մակածման հնարավորությունը:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ամփոփումից և 123 անուն պարունակող հղումների ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 105 էջ՝ ներառյալ 29 նկարները: Յուրաքանչյուր գլուխ սկսվում է նախաբանով, որտեղ համառոտ ներկայացված է տվյալ գլխում քննարկվող խնդրի արդի վիճակը և ավարտվում է ամփոփմամբ, որտեղ ներկայացված են տվյալ գլխի հիմնական եզրահանգումները:

Ներածությունում ներկայացված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակները, գիտական նորույթը, գործնական արժեքը, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում հետազոտված են լիցքավորված մասնիկների էլեկտրամագնիսական դաշտի առաձևահատկությունները միջավայրերի բաժանման սահմանները հատելիս: Մկզբում դիտարկված է լիցքավորված մասնիկ, որը ուղղահայաց հատում է տարբեր դիէլեկտրական և մագնիսական թափանցելիություններով երկու միջավայրերի բաժանման հարթ սահմանը: Բերված են էլեկտրական դաշտերի արտահայտությունները սահմանակցող միջավայրերում: Թվային վերլուծությունը կատարված է վակուումի հետ սահմանակցող կիսասանվերջ դիէլեկտրական միջավայրի համար: Միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը նկարագրված է Դրուդե-Լորենց-

Ջոմերֆելդի ընդհանրացված բանաձևով: Ցույց է տրված, որ բաժանման սահմանին մոտ տիրույթում կարող են առաջանալ էլեկտրամագնիսական դաշտի մեծ լայնությամբ տատանումներ, որոնց լայնությոը էքսպոնենցիալ նվազում է սահմանից հեռանալուն գուգընթաց:

Դիտարկված է նաև հաղորդիչ թիթեղը հաստող լիցքավորված մասնիկի մակածած էլեկտրամագնիսական դաշտի առանձնահատկությունները: Ինչպես և նախորդ խնդրում, թիթեղի նյութի դիէլեկտրական թափանցելիության համար ընտրված է ոսկուն բնորոշ դիսպերսիոն օրենքը, իսկ ճառագայթող մասնիկի՝ էլեկտրոնի էներգիան վերցված է 2 ՄԷՎ: Բերված է թիթեղում էլեկտրամագնիսական տատանումների լայնությոը բնութագրող ֆունկցիայի կախվածությունը հաճախությունից և ալիքային թվից: Ներկայացված արդյունքները վկայում են, որ թիթեղի մակերևույթին էլեկտրամագնիսական դաշտի տատանումների լայնությոը, պարամետրերի որոշակի արժեքների դեպքում կարող է ընդունել շատ մեծ՝ «ոեգոնանսային» արժեքներ:

Քննարկված անվերջ հարթ սահմաններով խնդիրներում և հաճախային նշված տիրույթներում առաքվում են միայն մաերևութային ալիքներ: Ծավալային ալիքները բացակայում են: Ստացված արդյունքների հնարավոր կիրառությունների բացահայտման նպատակով՝ դիտարկված են տարբեր վերջավոր չափերով թիրախներ հաստող մասնիկի դեպքերը՝ մասնավորապես դիէլեկտրական գնդի կենտրոնով անցնող ոեյաստիվիստիկ մասնիկի ճառագայթումը:

Երկրորդ գլխում հետազոտված են հաղորդիչ գնդի վրա էլեկտրամագնիսական ալիքների ցրման առաձնահատկությունները: Բերված է անհամասեռ կենտրոնահամաչափ միջավայրում էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածումը բնութագրող հիմնական հավասարումների ճշգրիտ լուծումը, երբ միջավայրի պարամետրերերը կախված են միայն շառավղային կոորդինատից: Մաքսվելի հավասարումների լուծման հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական դաշտի վեկտորական պոտենցիալի վերլուծությունն

ըստ սֆերիկ ֆունկցիաների: Ներկայացված է կամայական չափեր ունցող հաղորդիչ ոչ մագնիսաակտիվ նյութից բաղկացած գնդի վրա էլեկտրամագնիսական ալիքների ցրումը նկարագրող հավասարումների ճշգրիտ լուծումը, որի համար օգտագործվել է Գրինի ֆունկցիայի մեթոդը: Հավասարումները բերվում են մեկ վեկտորական հավասարման, որը նկարագրում է էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածումը կենտրոնահամաչափ, անհամասեռ միջավայրում: Դիէլեկտրական թափանցելիության կախվածությունը շառավղային կոորդինատից ներկայացում է Հնիսայդի ֆունկցիայով, ինչի շնորհիվ ինտեգրալային հավասարումը բերվում է ավելի պարզ հանրահաշվական հավասարման: Տրված է ոչ իդեալական հաղորդիչ գնդի վրա հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի ռեզոնանսային ցրման երևույթի ակնառու բացատրությունը՝ մասնավորապես օգտագործելով առաջին գլխում ներկայացված հաղորդիչ գունդը հատող մասնիկի ճառագայթման առանձնահատկությունները: Քննարկված են դիտարկված խնդիրների հնարավոր կիրառությունները, մասնավորապես՝ նանոլազերի մշակման և ստեղծման նպատակներով՝ ինչպես նաև մթնոլորտի աղտոտվածության ուսումնասիրության հետ կապված խնդիրներում:

Երրորդ գլխում հետազոտված են հաղորդիչ կամ դիէլեկտրական գնդի շուրջը՝ նրա հասարակածային հարթությունում պտտվող էլեկտրոնի մակածած էլեկտրամագնիսական դաշտի առանձնահատկությունները: Բերված են համասեռ թափանցիկ միջավայրում գտնվող դիէլեկտրիկ գնդի շուրջը պտտվող մասնիկի կողմից մեկ պարբերության ընթացքում n -րդ հարմոնիկի վրա ճառագայթած ֆոտոնների թիվը և դրանց անկյունային բաշխվածությունը նկարագրող բանաձևերը: Ներկայացված են այդ բանաձևերով կատարված թվային հաշվարկների արդյունքները՝ ստրոնցիումի տիտանատից, հալված քվարցից և տեֆլոնից գնդերի համար: Բերված արդյունքները վկայում են, որ խնդրի պարամետրերի որոշակի (ռեզոնանսային) արժեքների դեպքում գնդի շուրջը պտտվող էլեկտրոնը որոշ հարմոնիկների վրա կարող է առաքել 100-ավոր

անգամներ ավելի շատ քվանտներ, քան թափանցիկ անվերջ միջավայրում պտտվելիս: Դա պայմանավորված է նրանով, որ գնդի ներսում մակածված էլեկտրամագնիսական ալիքները բազմակի անդրադառնալով մակերևութից, մասամբ տեղայնացվում են գնդի ներսում և վերադրվում են կոնստրուկտիվ կերպով: Քննարկված է նաև հաղորդիչ գնդի շուրջը պտտվող լիցքավորված մասնիկի մակածած ճառագայթումը: Որպես հաղորդիչ նյութ դիտարկված է փոքր քանակությամբ ոսկու և դիէլեկտրիկի խառնուրդը: Դիէլեկտրական թափանցելիության դիսպերսիայի համար օգտագործվել է Դրուդեի բանաձևը: Դիտարկված են էլեկտրամագնիսական տատանումները հաճախության այն տիրույթում, որտեղ դիէլեկտրական թափանցելիության իրական մասը բացասական է: Այդ դեպքում առաջանում են գնդի մակերևութի մոտ լոկալիզացված էլեկտրամագնիսական տատանումներ, որոնք որոշակի հաճախությունների դեպքում վերադրվում են կոնստրուկտիվ ձևով և մեծ հեռավորությունների վրա դրսևորվում որպես «ռեզոնանսային» ճառագայթում: Ներկայացված են նաև վերը դիտարկված ճառագայթման անկյունային բաշխման առանձնահատկությունները:

Ատենախոսության չորրորդ գլխում հետազոտված է մթնոլորտում ուղղորդված հարվածող ալիքների տարածման ընթացքում, 1-10 կՀց հաճախությունների տիրույթում ակուստիկ և էլեկտրամագնիսական ալիքների առաքման երևույթը: Ցույց է տրված, որ մթնոլորտում ուղղորդված ուժեղ հարվածող ալիքների տարածումը պետք է ուղեկցվի նաև էլեկտրամագնիսական ճառագայթմամբ 1-2 ՄՀց ռադիոհաճախականության տիրույթում, ինչը հետևանք է Երկրի մագնիսական դաշտում հարվածող ալիքի ազդեցությամբ առաջացած պլազմայի էլեկտրոնների կոհերենտ սինքրոտրոնային ճառագայթման: Դոպլերի երևույթի հիման վրա ցույց է տրված, որ հարվածող ալիքից առաջացած մրրկային հոսքերը միաժամանակ առաջացնում են էլեկտրամագնիսական և ակուստիկ ալիքներ և որ վերջինները էապես ավելի ցածր հաճախային են (3-4 անգամ): Մեկ էլեկտրոնի Լարմորի հաճախությամբ ճառագայթման հզորությունն այնքան ցածր է, որ երբ ազատ էլեկտրոններից ճառագայթումը ոչ կոհերենտ է, համակարգի կողմից արձակված ճառագայթումն ընդհանուր առմամբ կլինի աննշան: Այդ պատճառով նշված

ճառագայթումը հնարավոր կլինի գրանցել միայն այն դեպքում, երբ այն կոհերենտ է: Դա հնարավոր է միայն հարվածող ալիքի ձևավորումից անմիջապես հետո՝ ժամանակային կարճ ինտերվալի ընթացքում, երբ ուղղորդված հարվածային ալիքի ճակատի բնորոշ չափը փոքր է մակածված էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ալիքի երկարությունից:

Ատենախոսությունը գերծ չէ որոշ թերություններից՝

1. Խնդիրների մի մասում քննարկվող երևույթը դրսևորվում է պարամետրերի (օրինակ, պտտման ուղեծրի շառավղի) բավական նուրբ ընտրության դեպքում: Ցանկալի կլիներ ավելի մանրամասն քննարկել երևույթի զգայնությունը ընտրված արժեքից շեղումների նկատմամբ:
2. 4-րդ գլուխը անուղակիորեն է առնչվում տտենախոսության թեմայի հետ: Ցանկալի կլիներ ավելի հստակորեն հիմնավորել այդ գլխում կատարված հետազոտությունների ներգրավումը ատենախոսության մեջ:
3. Առաջին Գլխի Նկար 1.2, 1.4, 1.7 և 1.8 - ում հորիզոնտալ առանցքներում հաճախականությունների բաշխվածությունների թվային նշանակումները համապատասխանում են ցիկլիկ կամ շրջանային հաճախականություններին, որոնց չափողականությունն է՝ rad/sec , սակայն նշանակված են Hz (Հերց) միավորով: Հերցերի անցնելու համար առանցքներում նշված թվերը պետք է բաժանվեն 2π -ով:
4. Առաջին Գլխում հեղինակը բավականին մանրամասն շարադրում է այլ հեղինակների կողմից ստացված արդյունքները երկու միջավայրերը բաժանող հարթ սահմանի վրա անցումային ճառագայթման վերաբերյալ, որոնց վրա կարելի էր ուղղակի տալ համապատասխան հղում: Մյուս կողմից, հաճախ (տես Գլուխ 2 և 3) հղում է տրվում թեզին անմիջականորեն վերաբերվող նյութերին (դուրսբերումներին և վերջնական բանաձևերին), առանց բավարար պարզաբանման, թե ում են պատկանում նշված արդյունքները (թեզի հեղինակի, թե այլ հեղինակների):
5. Երկրորդ Գլխում, որը նվիրված է հարթ ալիքի ցրմանը գնդի վրա, քննարկվում է նաև մասնիկի ճառագայթումը գնդի հետ փոխազդեցության արդյունքում: Նշված է, որ դա

