

ԱԱԳԼ-ի Փորձարարական Ֆիզիկայի Բաժանմունքի գիտական ծրագիր

ԼԻՆԱԿ-75 գծային արագացուցիչի տեխնիկական վերազինումը

ԱԱԳԼ-ի փորձարարական ֆիզիկայի բաժանմունքի ԼԻՆԱԿ-75-ը հանդիսանում է մինչև 75 ՄԷՎ էներգիայի տիրույթում Հայաստանում գործող միակ էլեկտրոնային արագացուցիչը: Գծային արագացուցիչի կոմպլեքսը պարունակում է նաև մագնիսական օպտիկայով օժտված փնջի զուգահեռ տեղափոխման համակարգ: Տարածաշրջանային պետություններում նման էներգիաներով օժտված սարքավորումներ կայուն գոյություն չունի: Նախատեսվում է մեծացնել ԼԻՆԱԿ-75-ի պահանջարկը՝ փնջի որակի և արագացուցիչի էֆեկտիվության և հուսալիության բարձրացման միջոցով: ԼԻՆԱԿ-75-ի արդիականացումն իրականացվելու է նոր տեխնիկայի՝ ներառյալ էլեկտրոնիկայի, վակուումային տեխնիկայի և համակարգչային մշտադիտարկման ներդրմամբ: Նախատեսվում է մոդուլյատորների տեխնիկական ռեսուրսը սպառած ուժային էլեկտրոնիկական փոխարինել նորով, ձեռք բերել նոր կատող էլեկտրոնային թնդանոթի համար: Ներդրվելու են տվյալների համակարգչային գրանցման և հսկման համակարգ, ինչպես նաև առանձին հանգույցների ղեկավարման ավտոմատացված համակարգ:

Գիտափորձեր էլեկտրոնային գծային արագացուցիչ վրա

Նախատեսվում են հետևյալ աշխատանքները՝ 1) Արգելակման ֆոտոնների $E_{\gamma}^{\max} = 20 \div 75$ ՄԷՎ սահմանային էներգիաների տիրույթում միջուկային ֆիզիկայի համար հետաքրքրություն ներկայացնող ֆոտոմիջուկային (γ, kn) և $(\gamma, \alpha + kn)$ ($k \geq 1$) ռեակցիաների հետազոտում, ինչպես նաև միջուկների ճեղքման հազվադեպ և էկզոտիկ կանալների որոնում գամմա-սպեկտրաչափական վերլուծության մեթոդով: Հետազոտությունների արդյունքները որոշակիորեն կլրացնեն ցածր էներգիաների ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների տվյալների բազան և կնպաստեն այդ պրոցեսները նկարագրող տեսական մոդելների կատարելագործմանը: 2) Շրջակա միջավայրի անվտանգության մշտադիտարկման նպատակով զանազան նմուշներում վնասակար խառնուրդների պարունակության որոշում՝ կիրառելով ֆոտոններով հարուցված ակտիվացման մեթոդը: 3) Ֆոտոններով հարուցված ռեակցիաների կտրվածքների չափում մի շարք ռադիոակտիվ միջուկների վրա՝ հետազոտելու համար ՀԱԷԿ-ի տարածքում պահեստավորված թափոններում առկա երկարակյաց իզոտոպները կարճակյաց իզոտոպների վերածելու հնարավորությունը: 4) Բժշկական իզոտոպների ստացում (γ, kn) ռեակցիաների միջոցով և դրանց արտադրման օպտիմալ կանալների որոշում:

Ցածր էներգիաների միջուկային ռեակցիաների ուսումնասիրումը ՄՏ-25 միկրոտրոնի վրա

Ներկայումս ԱԱԳԼ-ում գոյություն ունի գործնականում սկզբնական փորձարկմանը պատրաստ միկրոտրոն ՄՏ-25՝ 25 ՄԷՎ առավելագույն էներգիայով և մոտ 20 մկԱ միջին ինտենսիվությամբ էլեկտրոնների փնջի ստացման հնարավորությամբ: Միկրոտրոնի կիրառման հիմնական բնագավառը գամմա-ակտիվացիոն անալիզն է և

բժշկության համար իզոտոպների արտադրությունը, մասնավորապես, ¹²³I իզոտոպի արտադրությունը, որի ստացման տեխնոլոգիան մշակված է ԵրՏԻ-ի ԼԻՆԱԿ-75 գծային արագացուցչի վրա: Ստեղծվել է փորձնական սարքավորում ճառագայթման համար՝ թիրախային պարունակիչ սեղմված քսենոնի համար մինչև 250 մթնոլորտային ճնշման հնարավորությամբ, փոխանցման գազգոլորային համակարգ, յոդի գոլորշիացման և լվացման համակարգ, ինչպես նաև մշակվել է ստացված յոդի ռադիոիզոտոպային ու ռադիոլոգիկ մաքրության վերահսկման համակարգ: Որպես թիրախ հարստացված ¹²⁴Xe օգտագործելու և այն բազմակի անգամ ճառագայթելու դեպքում ¹²³I-ի օրական արտադրանքի քանակությունը ամբողջովին կբավարարի Հայաստանի բոլոր կլինիկաների պահանջարկը՝ լինելով տնտեսական առումով շահավետ: Ի լրումն նշվածի, միկրոտրոնի էլեկտրոնների էներգիայի հնարավոր փոփոխությունը՝ հատկապես ցածր էներգիաների տիրույթում (7-10 ՄԷՎ), լրացուցիչ ոլորտ կբացի աստղաֆիզիկական հետաքրքրություններ կայացնող միջուկային ռեակցիաների ուսումնասիրման համար: ՄՏ-25 միկրոտրոնը կարող է նաև օգտագործվել ուրանի կամ կապարի թիրախներից կիրառական նպատակներով նեյտրոնային փնջեր ստանալու համար:

Գիտափորձեր պրոտոնային ցիկլոտրոնի վրա

Նախատեսվում են հետևյալ աշխատանքները՝ 1) Աստղաֆիզիկայի և միջուկային ֆիզիկայի համար հետաքրքրություններ կայացնող (p,γ), (p,α), (p,n) և բազմանեյտրոնային (p,kn) (k > 1) ռեակցիաների հետազոտում, ինչպես նաև միջուկների ճեղքման հազվադեպ և էկզոտիկ կանալների որոնում գամմա-սպեկտրաչափական վերլուծության մեթոդով: Հետազոտությունների արդյունքները որոշակիորեն կլրացնեն ցածր էներգիաների պրոտոն-միջուկային փոխազդեցությունների տվյալների բազան և կնպաստեն այդ պրոցեսները նկարագրող տեսական մոդելների կատարելագործմանը: 2) Շրջակա միջավայրի անվտանգության մշտադիտարկման նպատակով զանազան նմուշներում վնասակար խառնուրդների պարունակության որոշում՝ կիրառելով պրոտոններով հարուցված ակտիվացման մեթոդը: 3) Պրոտոններով հարուցված ռեակցիաների կտրվածքների չափում մի շարք ռադիոակտիվ միջուկների վրա՝ հետազոտելու համար ՀԱԷԿ-ի տարածքում պահեստավորված թափոններում առկա երկարակյաց իզոտոպները կարճակյաց իզոտոպների վերածելու հնարավորությունը: 4) Բժշկական իզոտոպների ստացում (p,kn) ռեակցիաների միջոցով և դրանց արտադրման օպտիմալ կանալների որոշում: 5) Պրոտոնային փնջի տարբեր էներգիաների դեպքում նեյտրոնային հոսքի ստացում և դրա օգտագործում նեյտրոններով հարուցված ռեակցիաների հետազոտման համար, ինչպես նաև մի շարք կիրառական բնագավառներում (օրինակ, ճառագայթային բժշկության մեջ): 6) Ցածր ճնշման Բազմալարային Համեմատական Խցիկի օգնությամբ նախատեսվում է Ցիկլոտրոնի վրա իրականացնել ծանր միջուկների ճեղքման հետազոտություններ, որոնք կընդգրկեն նաև 3 հավասար մասնիկների բաժանման հազվադեպ կանալները: 7) Ժամանակի չափման նոր համակարգը՝ ՌՀ ՖԷԲ-ը առաջինը կկիրառվի Երևանի պրոտոնային Ցիկլոտրոնի վրա, ինչը հնարավորություն կտա ստեղծելու եզակի կարողություններով օժտված փորձարարական սարքավորում՝ այսպես կոչված "ճեղքվող իզոմերներն" ուսումնասիրելու համար, որը հանդիսանում է միջուկային ֆիզիկայի ամենադժվար և քիչ ուսումնասիրված բնագավառներից մեկը: Նախատեսվում է այդ տեխնիկան

օգտագործել նաև իրականացնելու համար միջուկային նոր սպեկտրոսկոպիա, այն է՝ լամբդա-հիպերմիջուկների Օժե-նեյտրոնային սպեկտրոսկոպիան: Առավել կարևորը այն հնարավորություններն են, որ միայնակ ֆոտոնների այս արագագործ գրանցիչը և նրա վրա հիմնված ժամանակի չափման համակարգը բացում են բժշկական հետազոտությունների համար: Այս նոր տեխնիկան վճռորոշ դեր է խաղալու հաջորդ սերնդի պոզիտրոնային էմիսիայի տոմոգրաֆներում, որոնք նախատեսվում են քաղցկեղի վաղաժամ ախտորոշման համար: Պրոտոնային արագացուցիչի գործարկումը հնարավորություն է տալիս Երևանում ստեղծելու նոր տոմոգրաֆների մշակման և քաղցկեղի հետազոտման ժամանակակից կենտրոն: Մի քանի միլիոն ԱՄՆ դոլարի ներդրումով այս նոր, գերժամանակակից տեխնիկայի արտադրությունը կարելի է կազմակերպել Երևանում: Երևանի Յիկլոտրոնի վրա նախատեսված գիտափորձերը մի կողմից ունեն մեծ գիտական նշանակություն, մյուս կողմից հնրավորություն են ստեղծում շարունակելու այդ տեխնիկայի հետագա մշակումը և ամրապնդելու կապերը աշխարհի մյուս կենտրոնների հետ (HIGS, ELI-NP): Այդ գիտափորձերը կարևոր դեր ունեն նաև երիտասարդ մասնագետների պատրաստման գործում:

Ոչ արագացուցչային գիտափորձեր

Նախատեսվում են հետևյալ աշխատանքները՝ 1) Գամմա-սպեկտրաչափական վերլուծության մեթոդով՝ ա) ակտինիդային ^{252}Cf , ^{250}Cf , ^{239}Pu և ^{238}Pu միջուկների ինքնաբերական ճեղքման և տրոհման հազվադեպ կանալների հետազոտում և էկզոտիկ կանալների որոնում, բ) Ավանի աղի հանքի տարբեր խորության (տարբեր տարիքի) շերտերից վերցված նմուշներում գերնոր աստղերի պայթյունների հետևանքով սինթեզված երկարակյաց (մի քանի միլիոն տարուց մինչև հարյուր միլիոն տարի կիսատրոհման պարբերությամբ) ռադիոակտիվ տարրերի (^{60}Fe , ^{244}Pu , ^{247}Cm) որոնում: 2) Ստորգետնյա լաբորատորիայում բարձր էներգիաների (> 150 Գէվ) մյուոնների հոսքի մշտադիտարկում գործող (և հետագայում կատարելագործման ենթակա) սցինտիլյացիոն դետեկտորների համակարգի միջոցով: 3) Ավանի աղի հանքի շերտերում գերբարձր էներգիաների նեյտրինոներով հարուցված էլեկտրամագնիսական հեղեղներին ուղեկցող ռադիոալիքների գրանցման մեթոդի (Գ. Ասկարյանի կողմից առաջարկված) կիրառման հնարավորության հետազոտում: 4) «Մուլթ» նյութի որոնմանը նպատակամղված մեթոդական աշխատանքներ, այդ թվում՝ NaI(Tl) առկայծչային դետեկտորում գրանցման հնարավորինս ցածր շեմ ստանալուն նպատակամղված հետազոտություններ: 5) Հնէաբանական նմուշների ռադիոածխածնային թվագրման մեթոդի զարգացման և անօրգանական նմուշների թվագրման մեթոդների ներդրման աշխատանքներ: 6) Ստորգետնյա լաբորատորիայում ռադոնի պարունակության բարձր զգայնությամբ մշտադիտարկում՝ երկրաշարժների կանխանշանի գրանցման նպատակով:

Մեթոդական աշխատանքներ

1) ԱԱԳԼ-ում վերջերս մշակվել են երկու նոր տեխնոլոգիաներ որոնք նոր հնրավորություններ են բացում ինչպես միջուկային ֆիզիկայի, այնպես էլ քիմիայի,

կենսաբանության, բժշկության, օպտիկական կապի և քվանտային տեխնոլոգիաների համար: Դրանցից առաջինը՝ Ցածր ճնշման բազմալարային համեմատական խցիկը նախատեսված է ուսումնասիրելու համար հազվագույտ միջուկային երևույթներ: Այդ տեխնիկան մինչև այժմ կիրառվել է Երևանի օդակաձև էլեկտրոնային արագագուցիչի վրա, ինչպես նաև ԱՄՆ-ի (Jefferson Lab) և Շվեդիայի (Max Lab) գիտական կենտրոններում: Այժմ աշխատանքներ են կատարվում այդ տեխնիկայի օգնությամբ Եվրոպայի (ELI-NP), ԱՄՆ-ի (HIGS) գիտական կենտրոններում և Երևանի պրոտոնային Ֆիկլոտրոնի վրա միջուկային հետազոտություններ իրականացնելու ուղղությամբ: Այդ տեխնիկան ոչ միայն մշակվել, այլև ստեղծվել է Հայաստանում, որտեղ պատրաստվել են նրա բաղադրիչ մասերը՝ վակուումային ծավալը, էլեկտրոնիկան և այլն: Երկրորդ ուղղությունը՝ Ռադիո հաճախականություններով աշխատող ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչը, վերաբերում է օպտիկական նոր տեսակի գրանցիչի և դրա վրա հիմնված ժամանակի չափման նոր համակարգի ստեղծմանը: Հարկ է նշել, որ այն կլինի լույսի ամենաարագագործ և ճշգրիտ գրանցիչը մինչև այժմ գոյություն ունեցածներից, ունակ լինելով ապահովելու միայնակ ֆոտոնների գրանցումը պիկովայրկյանային ճշտությամբ և 100 ՄՀց հաճախականությամբ, ուստի այն լայն կիրառություն կգտնի գիտության և տեխնիկայի ամենատարբեր բնագավառներում: Այն մշակվել է ԱԱԳԼ-ում՝ ԱՄՆ-ի, Շոտլանդիայի, Եվրոպայի և Ճապոնիայի մասնագետների հետ համատեղ: Գլազգոյի Համալսարանի միջոցներով Անգլիայում պատրաստվել է այդ սարքի առաջին նմուշը, որն այժմ փորձարկվում է ԱԱԳԼ-ում:

2) Խիտոզանը (Խզ) հանդիսանում է խիտինի (Խն) դեացետիլացման արդյունք: Խն-ը բնության մեջ տարածվածությամբ զիջում է միայն ցելյուլոզային: Խզ-ի և Խն-ի կիրառության հիմնական խոչընդոտը նրանց խիստ սահմանափակ լուծելիությունն է: Դրանով է պայմանավորված հետազոտողների չնվազող ջանքերը սինթեզելու նոր ածանցյալներ, որոնք կապահովեն համակարգերի լուծելիությունը՝ միաժամանակ ընդլայնելով կիրառության ոլորտները: Նախկինում մեր կողմից սինթեզվել և ուսումնասիրվել են Խզ-ի Շիֆֆի հիմքեր (Carbohydrate Polymers 145 (2016) 37–47): Նախատեսվում է սինթեզել, ուսումնասիրել և բնութագրել բոլորովին նոր և ջրալուծ Խզ-ի ածանցյալներ: Խզ-ի ու նրա ածանցյալների նկատմամբ մեծ է գիտական հետաքրքրությունը, իսկ նրանց կիրառության ոլորտները շատ լայն են: Խզ-ն ու նրա ածանցյալներն արդեն լայն կիրառություն են գտել բժշկության (նաև միջուկային բժշկության), շրջակա միջավայրի պաշտպանության, թեթև և սննդի արդյունաբերության և այլ ոլորտներում: Մեր սինթեզների համար որպես հիմնական էլանյութ օգտագործելու ենք Սևանա լճի խեցգետնի խեցին, որը, ինչպես ցույց ենք տվել նախկինում, պարունակում է Խտ-ի ալֆա տարատեսակ, որն ամենառեակցիոնունակ տարատեսակն է: Սինթեզված համակարգերը կարող են օգտագործվել հին ձեռագրերի վերականգնման, այրվածքների բուժման և հեղուկ թափոններից ծանր մետաղների և ռադիոակտիվ իզոտոպների կորզման նպատակներով:

Միջազգային համագործակցություն

1) CERN-ի Մեծ հաղորդական կոլայդերի (LHC) գիտափորձերում, պրոտոն-պրոտոնային (pp) և միջուկ-միջուկային բախումներում ուսումնասիրվում են նյութի հիմնարար հատկությունները: CMS և ATLAS գիտափորձերի ուսումնասիրությունների առանցքը կազմում է Հիգգսի բոզոնի հատկությունների ուսումնասիրությունը (սպին, զույգություն, այլ մասնիկների հետ փոխազդեցության կապի հաստատուններն ու տրոհման տարբեր պրոցեսների հավանականությունները և այլն):

ա) ԱՄԳԼ-ում Շարունակվելու են ATLAS գիտասարքի Tile Calorimeter-ի ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչների կայունության փորձարկումներ, Run1 և Run2-ի ընթացքում ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչների դրեյֆի ուսումնասիրություններ, HL-LHC-ի համար բազմա-անոդային ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչների ուսումնասիրություններ: Թեստային փնջի վրա կատարվելու են երկրաչափական էֆեկտիվության բարելավմանը միտված աշխատանքներ, դիմային (Front-end) էլեկտրոնիկայի մշակում, իսկ ցածր լարման համակարգում նախատեսվում է սնիչ սարքերի հավաքում և տեղադրում: ATLAS դետեկտորի աշխատանքի ընդմիջման ընթացքում խմբի կողմից ապահովվելու են մեխանիկական աշխատանքներ, դետեկտորի սպասարկում, ենթակառուցվածքների սպասարկման և բարելավման աշխատանքներ:

բ) CMS գիտափորձում իրականացվելու են աշխատանքներ, որոնք միտված են Հիգգսի բոզոնի որոնմանը «b հակա-b» քվարկային զույգի տրոհման պրոցեսում, և Դբել-Յանի պրոցեսում «առաջ-հետ» ասիմետրիայի ուսումնասիրությանը պրոտոն-պրոտոնային բախումներում: Իրականացվելու են CMS-գիտափորձի լեպտոնային տրիգերների էֆեկտիվությունների գնահատման աշխատանքներ: Խումբը նաև ներգրավված է CMS դետեկտորի հաղորդական կալորիմետրի արդիականացման, աշխատանքի վերահսկողության, տվյալների որակավորման և այլ խնդիրներում, ինչպես նաև իրակացնում է CMS դետեկտորի տեխնիկական անվտանգության հսկողության աշխատանքներ:

գ) CERN-ի ALICE համագործակցության շրջանակներում իրականացվում են LHC-ի ապագա Run 3-ի (2021-2023թթ.) և Run 4-ի (2026-2029թթ.) նախապատրաստման աշխատանքներ, ներառյալ՝ ա) Միջուկային բախումներում ծանր քվարկոնիումների (չարմոնիումի և բոտոմիումի) առավել էֆեկտիվ գրանցման համար նախատեսված, ներկայումս ստեղծվող Մյունխենի առաջնային հետազոտչափ դետեկտորի աշխատանքի սիմուլացման համար տարբեր գեներատորների (PYTHIA, PHOJET, EPOS և այլն) կիրառում. բ) Ծրագրային/հաշվողական մշակումներ Անալիզների Գնացքի (AT, Analysis Train) նախագծի շրջանակում՝ ադապտացնելու համար ներկայիս AT համակարգը Run3-ի ընթացքում սպասվող փոփոխություններին. գ) ԱՄԳԼ-ում ALICE գիտափորձի Մոնտե-Կառլո սիմուլացումների համար նախատեսված Tier2 կոչվող Grid հաշվողական հանգույցի աշխատանքի վերականգնում, մշտադիտարկում և կայուն աշխատանքի ապահովում:

2) Թումաս Ջեֆերսոնի անվան ազգային արագացուցչային կենտրոնի (Jlab, ԱՄՆ) հետ համագործակցության շրջանակներում նախատեսվում է՝ ա) Հետազոտել դեյտրոնի վրա J/ψ -մեզոնի ֆոտոծնումը՝ նպատակ ունենալով՝ i) գնահատելու J/ψ -մեզոնի փոխազդեցության կտրվածքը նուկլոնի հետ, ii) ստանալու նոր տեղեկություններ

նուկլոնի և դեյտրոնի գյուտնային ֆորմ-ֆակտորի վերաբերյալ, iii) ստանալու նոր տեղեկություններ նեյտրոնի վրա J/ψ-մեզոնի ֆոտոծնման վերաբերյալ. բ) Հետազոտել դեյտրոնի վրա մասնիկ-հակամասնիկ զույգերի ֆոտոծնումը՝ նպատակ ունենալով, մասնավորապես, որոնելու ռեզոնանսային վիճակներ քթ համակարգում. գ) Ֆոտոծնման պրոցեսներում որոնել 20 - 500 Մէվ զանգվածով ծանր ֆոտոններ, որոնք կարող են հանդիսանալ մութ նյութի փոխազդեցությունը կրող մասնիկներ. դ) Նուկլոնի հետ վիրտուալ ֆոտոնի երկայանակի և լայնակի բաղադրիչների փոխազդեցության կտրվածքների հարաբերության չափումը ինկլյուզիվ և կիսաինկլյուզիվ (պիոնի ծնումով ուղեկցվող) խորն անառածակյան ցրման պրոցեսներում. ե) Հետազոտել պիոնի կիսաինկլյուզիվ ծնման կտրվածքի կախվածությունը լայնակի իմպուլսից՝ նպատակ ունենալով ստանալու նոր տեղեկություններ քվարկների ֆրագմենտացման ֆունկցիաների վերաբերյալ. գ) Հետազոտել π^0 -մեզոնի կիսաինկլյուզիվ ծնման պրոցեսը՝ նպատակ ունենալով ստուգելու նուկլոնում քվարկների բաշխման ֆունկցիաների և քվարկների ֆրագմենտացման ֆունկցիաների ֆակտորիզացման հիպոթեզը. է) Ֆոտոծնման պրոցեսներում հիբրիդային մեզոնների որոնում և մեզոնների սպեկտրոսկոպիայի վերաբերյալ տվյալների ճշգրտում. ը) Վերոնշյալ գիտափորձերի իրակացման համար անհրաժեշտ գիտասարքերի ստեղծում և կատարելագործում:

3) Շարունակվելու են աշխատանքները գերբարձր էներգիաների գամմա-աստղաֆիզիկայի բնագավառում՝ HESS (High Energy Stereoscopic System) միջազգային համագործակցության շրջանակում, որոնք, մասնավորապես, ընդգրկում են տիեզերական ճառագայթների առաջացման աղբյուրների ու մեխանիզմների, տիեզերական ճառագայթների արագացման վայրերի ու մեխանիզմների, ինչպես նաև Տիեզերքում այդ մասնիկների տարածման առանձնահատկությունների ուսումնասիրություններ: Նախատեսվում են նաև աշխատանքներ, որոնք միտված են համեմատաբար ցածր էներգիաների ($E \leq 100$ ԳէՎ) մթնոլորտային հեղեղների գրանցման առանձնահատկությունների ուսումնասիրությանը:

4) DESY-ի HERMES գիտափորձի շրջանակներում՝ ա) Շարունակվելու է կուտակված տվյալների մշակումը՝ ստանալու համար խորը վիրտուալ կոմպտոնյան ցրման պրոցեսի չբևեռացված (հելիսիթից անկախ) և հելիսիթից կախված կտրվածքների ազիմուտալ բաշխվածությունները ջրածնային թիրախի վրա, օգտագործելով փնջի առանձին՝ դրական ու բացասական հելիսիթիների համար չափված կտրվածքները տարբեր կինեմատիկական տիրույթներում, ինչը հնարավորություն կընձեռի ստանալու նոր տեղեկություններ նուկլոնում պարտոնների ընդհանրական բաշխումների վերաբերյալ: բ) Կատարվելու են դեյտրոնի վրա լեպտոնների ցրման կիսաինկլյուզիվ պրոցեսներում տենզորական ասիմետրիայի չափման աշխատանքներ՝ նպատակ ունենալով ստանալու նոր տեղեկություններ դեյտրոնի կառուցվածքային ֆունկցիայի վերաբերյալ, որը քվարկ-պարտոնային մոդելի շրջանակում պարտոնների իմպուլսային բաշխվածությունը կապում է միջուկի սպինի հետ: