

2013-2017 թվականների փորձարարական ֆիզիկայի բաժանմունքի (ՓՖԲ) գիտական գործունեության ծրագիր

ա) Պայմանագրային (թեմատիկ) ֆինանսավորման գիտական թեմաներ

- 1) Ծանր միջուկների ճեղքման հազվադեպ կանալների որոնումը
- 2) Գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթների աստղաֆիզիկա ՊՄՉԴ-ների օգնությամբ

բ) Բաժանմունքի գիտական ուղղությունները

- Բարձր էներգիաների փորձարարական ֆիզիկա՝ համագործակցություն CERN-LHC-ի գիտափորձում (ATLAS, ALICE, CMS)
- Հաղորդների կառուցվածքը և բարձր էներգիաների էլեկտրոնների և ֆոտոնների հետ փոխազդեցության հատկությունները՝ համագործակցություն JLab – ի հետ (A, B, C, D սրահներ)
- Ռեալ և վիրտուալ ֆոտոնների փնջերով միջուկների ճեղքումը և ֆրագմենտացումը՝ համագործակցություն Jlab-ի և MAXlab-ի հետ
- HERMES և H1 գիտափորձերի տվյալների վրա հիմնված հաղորդների ֆիզիկան OLYMPUS գիտափորձ՝ համագործակցություն DESY-ի հետ
- Բարձր էներգիաների միջուկների ֆրագմենտացման մեխանիզմներ՝ համագործակցություն ՄՀՄԻ-ի հետ (BECQUEREL)
- Ավանի աղի հանքում հազվադեպ պրոցեսների որոնում
- Գերբարձր էներգիաների գամմա-ճառագայթների աստղաֆիզիկա՝ համագործակցություն HESS և CTA գիտափորձերում
- ԱՄԳԼ-ի արագացուցչային համալիրի (էլեկտրոնների գծային և օղակաձև արագացուցիչներ) հիման վրա հետազոտություններ ցածր էներգիաների միջուկային ֆիզիկայի բնագավառում՝ թեթև միջուկների (He, Li, Be, C) զրգոված վիճակների կլաստերային կառուցվածքի վերաբերյալ
- Միջուկներում նուկլոնների կլաստերային գոյացությունների (քվազիդեյտրոններ, ալֆա մասնիկներ) ուսումնասիրությունը և ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների մեխանիզմը 20-70 ՄԷՎ էներգիաների տիրույթում
- Ցածր էներգիաների պրոտոն-միջուկային փոխազդեցություններ ՅԻԿԼՈՆ-18 ցիկլոտրոնից դուրս բերված փնջի միջոցով
- Ուսումնասիրություններ գիտափորձի մեթոդիկայի բնագավառում՝ պլաստիկ առկայծիչներ, միջուկային թիրախներ, նեյտրոնների դետեկտորներ, NaI(Tl) բյուրեղների հիման վրա, միկրոստրիպային սիլիկոնային դետեկտորներ, ռադիոհաճախային ֆոտոբազմապատկիչներ, ցածր ճնշման բազմաթեղ համեմատական խցիկներ
- Խիտոզանի նոր ածանցյալների սինթեզ, ուսումնասիրություն և կիրառում

ՓՖԲ-ի ղեկավար

Ա.Սիրունյան

ՀՀ ԿԳՆ Գիտության Պետական Կոմիտեի պայմանագրային (թեմատիկ) ֆինանսավորման գիտական թեմաների 2013 թ. մրցույթի հաղթող ՓՖԲ-ում ճանաչվել են հետևիալ երկու թեմաները՝

- 1) Ծանր միջուկների ճեղքման հազվադեպ կանալների որոնումը**
 - 2) Գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթների աստղաֆիզիկա**
- ՊՄՉԴ-ների օգնությամբ**

N10-27/4 բյուջետային թեմա «Ծանր միջուկների ճեղքման հազվադեպ կանալների որոնումը»

1.1. Ամփոփումն աշխատանքի բովանդակությունը

Նախատեսվում է առաջին անգամ ուսումնասիրել ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման հետևանքով առաջացած γ -ճառագայթման էներգետիկ սպեկտրը համեմատաբար բարձր էներգիաների տիրույթում ($E_\gamma > 2.5$ Մէվ): Այդ տիրույթում նեղ գծերի որոնումը հնարավորություն կտա գնահատել թեթև անկայուն իզոտոպների ելքերը (կամ դրանց վերին սահմանները), իզոտոպներ , որոնք հանդիսանում են ^{238}U միջուկի բնական ռադիոակտիվության նախկինում չդիտարկված ձևերի՝ ինքնաբերական եռակի ճեղքման կամ կլաստերային ռադիոակտիվության արգասիքներ: Նմանատիպ չափումներ առաջին անգամ կատարվելու են նաև 18 Մէվ էներգիայով պրոտոններով ^{209}Bi միջուկի հարուցված ճեղքման հետևանքով առաջացող թեթև անկայուն միջուկների ուշացած γ -ճառագայթման վերաբերյալ: Չափումները կատարվելու են Ավանի աղի հանքում տեղադրված ցածրֆոնային գիտասարքի միջոցով:

1.2. Աշխատանքի բովանդակությունը

ա) ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման հետևանքով առաջացած γ - ճառագայթման հետազոտումը:

Ինչպես հայտնի է, $Z = 83$ -ից ավելի մեծ ատոմական թիվ ունեցող բոլոր միջուկներն անկայուն են, ճնշող մեծամասնությամբ՝ α - ռադիոակտիվ: Ավելի ծանր միջուկները՝ սկսած թորիումից (^{232}Th , $Z = 90$), կարող են նաև փոքր հավանականությամբ տրոհվել երկու՝ համեմատելի զանգվածներով ծանր ֆրագմենտների (երկճեղքում) կամ, ավելի հազվադեպ, երկու ծանր և մեկ թեթև ֆրագմենտների (եռաճեղքում): Ինքնաբերական երկճեղքման և α -տրոհման նկատմամբ միջանկյալ դիրք է զբաղեցնում մեկ այլ հազվադեպ տրոման կանալ՝ կլաստերային տրոհումը (կամ կլաստերային ռադիոակտիվությունը), երբ տեղի է ունենում խիստ ասիմետրիկ տրոհում, որի հետևանքով առաջանում են մեկ ծանր ֆրագմենտ և մեկ թեթև միջուկ, որն α - մասնիկից ավելի ծանր է, սակայն ավելի թեթև, քան սովորական երկճեղքման ֆրագմենտները:

Բոլոր նշված ճեղքման (տրոհման) պրոցեսները հարուցում են γ -ճառագայթում: Ընդ որում α -տրոհումների շղթայում առաքված γ - քվանտների էներգիաները համեմատաբար փոքր են. օրինակ, ^{238}U սկզբնական միջուկի դեպքում՝ $E_\gamma < 2.5$ Մէվ: Մյուս կողմից, ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման դեպքում այդ էներգետիկ սպեկտրը շատ ավելի լայն է: Այդ սպեկտրի միակ չափումը կատարվել է $[1]E_\gamma = 8 \div 20$ Մէվ տիրույթի համար (որում դիտարկվել է էքսպոնենտորեն նվազող վարք), մինչդեռ առավել հետաքրքիր $2.5 < E_\gamma < 8$ Մէվ տիրույթը տակավին ուսումնասիրված չէ: Այդ տիրույթը հիմնականում ընդգրկում է ուշացած γ -քվանտներ, որոնցով ուղեկցվում են β -ռադիոակտիվ դուստր միջուկների տրոհումները: Դրանց թվում կարող են լինել նաև եռաճեղքման կամ խիստ ասիմետրիկ

երկճեղքման թեթև ֆրագմենտներ, որոնց հնարավոր է նույնացնել բնորոշ γ -ճառագայթման գծերով:

Ներկայումս հայտնաբերված է $Z = 87 \div 96$ ատոմական թվով տարրերի մի շարք իզոտոպների կլաստերային ռադիոակտիվության 10 տարբեր տիպեր, որոնք համապատասխանում են հետևյալ առաքվող կլաստերներին՝ ^{14}C , ^{20}O , ^{23}F , ^{22}Ne , ^{24}Ne , ^{26}Ne , ^{28}Mg , ^{30}Mg , ^{32}Si և ^{34}Si (տե՛ս հղումները [2]-ում): Մինչ այժմ ^{238}U միջուկի եռաճեղքման կամ կլաստերային տրոհման դեպքեր հայտնաբերված չեն: Այդ միջուկի ինքնաբերական ճեղքման արդյունքում գրանցված ֆրագմենտներից ամենաթեթևը ^{83}Kr միջուկն է՝ $(7 \pm 2) \cdot 10^{-4}$ /ճեղքում ելքով [3]: Ստորև ցույց է տրված (Բաժին 3), որ նախագծում նախատեսված չափումներում ապահովվելու է համադրելի կամ որոշ չափով բարելավված զգայնություն ($10^{-3} \div 10^{-4}$ /ճեղքում) մի շարք β -ռադիոակտիվ թեթև միջուկների համար, որոնց ուղեկցող γ -ճառագայթումն ընդգրկում է $E_{\gamma} > 2.5$ ՄեՎ տիրույթը և դրանով իսկ գերծ է α -տրոհումների շղթային ուղեկցող γ -ճառագայթման ֆոնից: Կլաստերային ռադիոակտիվության կամ եռաճեղքման սպասվելիք արգասիքներ հանդիսացող այդ թեթև միջուկների ցանկը բերված է Աղյուսակ 1-ում՝ դրանց կյանքի կիսատևողության և ուղեկցող γ -քվանտների էներգիաների հետ միասին: Նշված γ -գծերից որևէ մեկի հավաստի գրանցումը կհանդիսանա ^{238}U միջուկի կլաստերային ռադիոակտիվության կամ եռաճեղքման առաջին վկայությունը: Հակառակ դեպքում, չափված γ -սպեկտրից առաջին անգամ կգնահատվի յուրաքանչյուր թեթև միջուկի ելքի վերին սահմանը՝ ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման մեկ ակտի նկատմամբ:

Աղյուսակ 1: ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման β -ռադիոակտիվ թեթև ֆրագմենտները, դրանց կյանքի կիսատևողությունը և առաքման համեմատաբար մեծ հավանականությամբ օժտված ուղեկցող γ -քվանտների էներգիան:

Ճեղքման ֆրագմենտը	Կյանքի կիսատևողությունը	E_{γ} (կեՎ)
^{16}N	7.1 վրկ	6129
^{22}O	2.2 վրկ	3710; 3199
^{24}Na	15 ժամ	2757
^{37}S	5.1 րոպե	3103
^{49}Ca	8.7 րոպե	3084

բ) ^{209}Bi միջուկի հարուցված ճեղքումով պայմանավորված γ -ճառագայթման հետազոտումը:

Ծանր միջուկների ճեղքման (ինքնաբերական կամ հարուցված) ֆրագմենտների զանգվածների և բաշխումները հանդիսանում են այդ պրոցեսի մեխանիզմների վերաբերյալ տեղեկության հիմնական աղբյուրը: Հարուցված ճեղքման դեպքում, տարբեր մեխանիզմների ներդրումը փոխվում է սկզբնական E_p էներգիան փոխելիս: Դա

հանգեցնում է, օրինակ, ֆրագմենտների զանգվածի և լիցքի բաշխումների կախվածության E_p - ից (տե'ս, օրինակ, [4,5,6,7]): Հարուցված ճեղքման մեխանիզմների վերաբերյալ ավելի խորը պատկերացումներ ստանալու համար անհրաժեշտ են մանրամասն տվյալներ E_p - ի հնարավորինս լայն տիրույթում, ներառյալ կուլոնյան բարիերին մերձակա էներգիաները: Այդ տվյալներն անհրաժեշտ են նաև բարելավելու համար բազմապիսի մոդելավորման ծրագրերը, որոնք վերաբերում են ճառագայթային անվտանգության, միջուկային թափոնների օգտագործման և այլ պրակտիկ նշանակություն ունեցող հարցերի (տե'ս [8] և այնտեղի հղումները): Առաջարկվում է սույն նախագծի մեջ ներառել ^{209}Bi միջուկի հարուցված ճեղքման ուսումնասիրման աշխատանքներ, որոնք մասն են կազմելու ծանր միջուկների՝ պրոտոններով հարուցված ճեղքման սիստեմատիկ հետազոտությունների $E_p < 18$ ՄԷվ էներգիաների (այսինքն՝ կուլոնյան բարիերին մերձակա էներգիաների) տիրույթում, որտեղ գոյություն ունեցող տվյալները խիստ սահմանափակ են: Առաջին հերթին ^{208}Bi միջուկի ընտրությունը պայմանավորված հետևյալով՝ ա) այն բնության մեջ գոյություն ունեցող կայուն միջուկներից ամենածանրն է. բ) նրա ռադիոակտիվության բացակայությունը հեշտացնում է հարուցված ճեղքման հետևանքով առաքված γ -քվանտների նույնացումը ($E_\gamma > 500$ կԷվ տիրույթում). գ) $E_p < 30$ ՄԷվ էներգիաների տիրույթում այդ պրոցեսի վերաբերյալ տվյալներ գոյություն չունեն: Գիտափորձը նախատեսվում է կատարել C-18 ցիկլոտրոնից դուրս բերված պրոտոնների փնջով՝ ճառագայթելով իրար հետևից շարված բիսմութի մի քանի թիրախներ: Բիսմութի միջուկների ճեղքման հետևանքով գոյացած անկայուն միջուկների β -տրոհումներին (որոնց կիսատևողությունը մի քանի ժամից ավելի է) հաջորդող ուշացած γ -քվանտների էներգետիկ սպեկտրի չափումը թույլ կտա ճեղքման արգասիքների մեջ որոնել ինչպես նախկինում ($E_p = 30\div 160$ ՄԷվ տիրույթում) դիտարկված [9,10] ֆրագմենտները, օրինակ՝ ^{95}Zr , ^{95}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{123}Tc , ^{134}Cs , այնպես էլ տակավին չդիտարկված թեթև ֆրագմենտներ ($A < 50$, տե'ս Աղյուսակ 2), որոնք կարող են վկայել $p + ^{209}\text{Bi}$ ռեակցիայում գոյացած ^{210}Po կոմպատունդ-միջուկի կլաստերային ռադիոակտիվության կամ եռաճեղքման մասին: Որոնվող թեթև կլաստերների β -տրոհումների հետևանքով առաքված γ -քվանտների էներգիաները նույնպես ներկայացված են Աղյուսակ 2- ում:

Աղյուսակ 2: ^{209}Bi միջուկի հարուցված ճեղքման β -ռադիոակտիվ թեթև ֆրագմենտները, դրանց կյանքի կիսատևողությունը և առաքման համեմատաբար մեծ հավանականությամբ օժտված ուղեկցող γ -քվանտների էներգիան:

The fission product	Half-life	E_γ (keV)
^{24}Na	15 ժամ	1369; 2754
^{28}Mg	20.9 ժամ	1342
^{42}K	12.4 ժամ	1524
^{46}Sc	83.8 օր	889; 1120

⁴⁷ Ca	4.5 օր	1297
⁴⁸ V	16 օր	983; 1312

1.3. Աշխատանքների բնույթը և սպասվելիք արդյունքները

Վերոհիշյալ հետազոտությունները կատարվելու են ցածրֆոնային գիտասարքի օգնությամբ, որը տեղադրված է Ավանի աղի հանքի 660 մ ջրային համարժեքին համապատասխան խորությամբ գտնվող փորձարարական սրահում: Այդ գիտասարքը բաղկացած է երկու ցածրֆոնային Ge դետեկտորներից (յուրաքանչյուրը 0.6 կգ զանգվածով), որոնք շրջապատված են պասիվ և ակտիվ պաշտպանական շերտերով՝ թուլացնելու համար շրջակա ապառներով և տիեզերական մյուոններով պայմանավորված ֆոնը: Դետեկտորների լուծողականությունն է 6 կէվ՝ 2615 կէվ էներգիայով γ -քվանտների համար, ինչը լիովին բավարար է տարբեր ռադիոակտիվ իզոտոպների նույնացման համար: Թեմայի կատարման ընթացքում նախատեսվում են գիտասարքի որոշակի բարելավումներ:

²³⁸Ս միջուկի ինքնաբերական ճեղքման հետևանքով առաջացած γ -ճառագայթումը գրանցելու համար ուրան պարունակող նմուշը տեղադրվելու է դետեկտորների համակարգի անմիջական հարևանությամբ: Ըստ մեր կողմից նախկինում կատարված հետազոտությունների, γ -քվանտի գրանցման էֆեկտիվությունը (որն ընդգրկում է ինչպես երկրաչափական ակսեպտանսը, այնպես էլ լրիվ կլանման հավանականությունը) ¹³⁷Cs իզոտոպի 662 կէվ էներգիայով զծի համար հավասար է $\xi = 0.02$: Վերջինիս հիման վրա գնահատված էֆեկտիվությունը 4 Մէվ էներգիայով γ -քվանտի համար հավասար է 0.001: Հաջորդ բաժնում կատարված գնահատականները հիմնված են այս արժեքի վրա, սակայն $\xi(E_\gamma)$ կախվածությունը ճշգրտելու համար նախատեսված է կատարել մանրամասն չափումներ՝ կախված նաև ռադիոակտիվ աղբյուրի և դետեկտորի հարաբերական դիրքից: Աղյուսակ 1-ում թվարկված իզոտոպների ճառագայթումը նույնացնելու համար պահանջվում են երկարատև (առնվազն մեկ տարվա տևողությամբ) չափումներ՝ հաշվի առնելով ինքնաբերական ճեղքման փոքր հավանականությունը և γ -քվանտների գրանցման ցածր էֆեկտիվությունը:

Նույն գիտասարքն օգտագործվելու է նաև ²⁰⁹Bi միջուկի՝ պրոտոններով հարուցված ճեղքման ֆրագմենտները գրանցելու համար: C-18 ցիկլոտրոնի 18 Մէվ էներգիաներով պրոտոնների փնջի տակ ճառագայթված բիսմութի թիրախները 2-3 ժամվա ընթացքում տեղափոխվելու են Աղի հանքի ստորգետնյա փորձարարական սրահ, որտեղ անմիջապես սկսվելու են չափումները՝ նպատակ ունենալով գրանցել Բաժին 2-ում նշված իզոտոպների γ -ճառագայթումը:

Նախատեսվում է նաև կատարել օժանդակ չափումներ՝ օգտագործելով Ge դետեկտորի համեմատ զգալիորեն ավելի մեծ չափսեր ունեցող NaI (Tl) դետեկտորներ, որոնք օժտված են մոտավորապես երկու կարգով ավելի մեծ գրանցման էֆեկտիվությամբ, թեպետև էներգետիկ լուծողականությամբ (7%-10%) զգալիորեն զիջում են գերմանիումի դետեկտորներին: Հարկ է նաև նշել, որ NaI(Tl) դետեկտորները կարող են պարունակել ռադիոակտիվ խառնուրդներ, որոնց առկայության հարցը պետք է լինի հատուկ հետազոտման առարկա:

Հարկ է նշել, որ սույն Նախագծի կատարողները ցածրֆոնային հետազոտությունների մեծ փորձ ունեն: Մոսկվայի Տեսական և փորձարարական հետազոտությունների ինստիտուտի հետ համատեղ՝ Ավանի փորձարարական սրահում առաջին անգամ աշխարհում դիտարկվել է ^{76}Ge միջուկի երկնեյտրինային կրկնակի β -տրոհումը, ինչպես նաև ստացվել է ամենախիստ սահմանափակումը այդ միջուկի՝ առանց նեյտրինոյի կրկնակի β -տրոհման հավանականության համար [11]: Նախագծի կատարողները մասնակցել են նաև այլ ցածրֆոնային գիտափորձերի միջազգային համագործակցությունների շրջանակներում (IGEX և GEMMA).

Նախատեսվում է, որ ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման (ԻՃ) ուսումնասիրություններում օգտագործվելու է ուրանի մոտավորապես 1 կգ զանգվածով նմուշ: Քանի որ ^{238}U միջուկի կիսատրոհման ժամանակը հավասար է $T_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9$ տարի, իսկ ԻՃ-ի հավանականությունը՝ $5.5 \cdot 10^{-7}$, ապա մեկ տարում այդ նմուշում սպասվում է մոտավորապես $2.2 \cdot 10^8$ ԻՃ: Եթե Աղյուսակ 1-ում թվարկված որևէ իզոտոպի հարաբերական ելքը հավասար է, օրինակ, $5 \cdot 10^{-4}/\text{ԻՃ}$ (այսինքն որոշ չափով ավելի քիչ, քան ^{238}U միջուկի ԻՃ-ում երբևէ դիտարկված ամենաթեթև ֆրագմենտի՝ ^{83}Kr միջուկի ելքը՝ տե՛ս Բաժին 1), ապա այդ իզոտոպի β -տրոհմանն ուղեկցող γ -քվանտների թիվը, որոնք կգրանցվեին բարձր լուծողականության գերմանիումի դետեկտորում, սպասվում է 220 մեկ տարվա ընթացքում: Համեմատության կարգով նշենք, որ, ըստ մեր նախնական չափումների, Ge դետեկտորի սեփական ֆոնային դեպքերի թիվը ($3 \div 5$) ՄԷվ տիրույթում չի գերազանցում 5/տարի/10/կԷվ արժեքը: Նշենք նաև, որ NaI(Tl) դետեկտորով հնարավոր չափումները կարող են զգալիորեն ($1 \div 2$ կարգով) բարելավել չափումների ստատիստիկան:

Դիտարկենք այժմ պրոտոններով հարուցված $^{209}\text{Bi}(p,f)$ ճեղքման ռեակցիան: Համաձայն գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների [8] (որոնք ընդգրկում են $E_p > 30$ ՄԷվ տիրույթը), այդ ռեակցիայի կտրվածքը E_p -ի նվազմանը զուգընթաց կտրուկ կերպով փոքրանում է՝ $\sigma(p,f) \sim 2 \cdot 10^{-26} \text{ cm}^2$ արժեքից ($E_p = 50$ ՄԷվ-ի դեպքում) ընկնելով մինչև $\sigma(p,f) \sim 10^{-27} \text{ սմ}^2$ ($E_p = 30$ ՄԷվ-ի դեպքում): Կարելի է սպասել, որ $E_p < 18$ ՄԷվ էներգիաների տիրույթում այդ կտրվածքը մի քանի կարգով ավելի փոքր է, հավանաբար՝ 10^{-31} սմ^2 : Նույնիսկ այդ արժեքի դեպքում սպասվում է ճեղքման դեպքերի մեծ ստատիստիկա՝ շնորհիվ C-18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փնջի բարձր ինտենսիվության (100 միկրոամպեր): Օրինակ՝ 100 մկմ հաստությամբ բիսմութի թիրախի դեպքում սպասվում է $16000/\text{վրկ}$ ճեղքում, կամ 5 -ժամյա ճառագայթումից հետո՝ $3 \cdot 10^8$ ճեղքում: Վերջինս կապահովի ^{209}Bi ճեղքումից 10^{-4} հավանականությամբ դուրս թոչող γ -ռադիոակտիվ միջուկների հավաստի գրանցումը գերմանիումի դետեկտորի միջոցով:

Ամփոփելով, ընդգծենք, որ սույն նախագծի կատարումը հնարավորություն կտա առաջին անգամ գնահատելու մի շարք ռադիոակտիվ միջուկների ելքերը (կամ դրանց վերին սահմանները) ծանր միջուկների ճեղքման հազվադեպ և տակավին չուսումնասիրված ռեակցիաներում (եռաճեղքում կամ խիստ ասիմետրիկ երկճեղքում), ներառյալ ^{238}U միջուկի ինքնաբերական ճեղքման և ^{209}Bi միջուկի՝ մերձբարիերայի էներգիաների պրոտոններով հարուցված ճեղքման ռեակցիաները: Ստացվելիք տվյալները թույլ կտան ստուգելու միջուկների ճեղքման վերաբերյալ մի շարք տեսական մոդելների կանխագուշակումները:

Գրականություն

- [1] H.W.Sobel et al., Phys. Rev. C7, 1564 (1973)
- [2] O.A.P.Tavares, L.A.Roberto, E.L.Medeiros, Phys.Ser. 76, 375 (2007)
- [3] www.nndc.bnl.gov
- [4] J.L.Gardiner, M.Diksic, L.Yaffe, Canadian J. of Chemistry 55, 3609 (1977)
- [5] H.Baba et al., Z. Phys. A356, 61 (1996)
- [6] А.И.Обухов, ФЭЧАЯ 32, 319 (2001)
- [7] S.I.Mulgin et al., Nucl. Phys. A824, 1 (2009)
- [8] A.V.Prokofiev, Nucl. Instr. Meth. A463, 557 (2001)
- [9] E.Habego, J. Inorganic and Nuclear Chemistry 25, 1201 (1963); ibid 27, 927 (1965)
- [10] J.Kuhnenn, Thesis of dissertation (2001)
- [11] A.A. Vasenko, I.V. Kirpichnikov, V.A. Kuznetsov, A.S. Starostin (Moscow, ITEP), A.G. Dzhanian, G.E. Markosian, V.M. Oganessian, V.S. Pogosov, A.G. Tamanian, S.R. Shakhazizian (Yerevan Phys. Inst.).New Results In The Itep / Yeri Double Beta Decay Experiment With Enriched Germanium Detector. Mod.Phys.Lett. A5 (1990) 1299-1306

1.4.Աշխատանքների պլան-գրաֆիկ

1.4.1.Գերմանիումի դետեկտորի էֆեկտիվության որոշում

Ժամկետ՝ 01.07.2013 -31.12.2013

1.4.2. NaI(Te) բյուրեղների հիման վրա ցածրֆոնային գիտասարքի ստեղծման աշխատանքներ

Ժամկետ՝ 01.07.2013 - 31.12.2013

1.4.3. ^{238}U պարունակող նմուշի γ -ճառագայթման ընդհանուր բնութագրերի հետազոտում ցածրֆոնային գիտասարքերի միջոցով

Ժամկետ՝ 01.01.2014 - 31.12.2014

1.4.4. ^{238}U պարունակող նմուշի γ -ճառագայթման որոշակի սպեկտրալ գծերի որոնում և հետազոտում

Ժամկետ՝ 01.01.2015 - 31.06.2015

1.4.5. C-18 ցիկլոտրոնում արագացված պրոտոններով հարուցված ծանր միջուկների ճեղքման պրոցեսների հետազոտում Ավանի աղի հանքում տեղադրված ցածրֆոնային դետեկտորների միջոցով

Ժամկետ՝ 01.01.2015 - 31.06.2015

Կատարողներ՝ Ա.Ալեքսանյան, Հ. Գուլբանյան, Լ.Պողոսյան, Վ.Պողոսով, Տ.Քոթանջյան

N13-1C 001 բյուջետային թեմա «Գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթների աստղաֆիզիկա ՊՄՉԴ-ների օգնությամբ»

2.1.Աշխատանքի բովանդակությունը

Նախագծի նպատակն է մասնակցել պատկերային մթնոլորտային չերենկովյան դիտակների H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System) համակարգի օգնությամբ գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթման աստղաֆիզիկական աղբյուրների ուսումնասիրման և CTA (Cherenkov Telescope Array) նախագծի իրականացման աշխատանքներին: H.E.S.S. համագործակցության շրջանակներում նախատեսվում է մասնակցել փորձարարական դիտումներին, տվյալների վերլուծությանը և մեկնաբանմանը, ինչպես նաև հետազոտել H.E.S.S. II դիտակով գրանցվող տվյալների մշակման մաթեմատիկական նոր եղանակներ: CTA-ի շրջանակներում ստեղծվելու են մթնոլորտային հեղեղների զարգացման, դրանց ուղեկցող ճառագայթման գրանցման ու տվյալների մշակման Մոնտե-

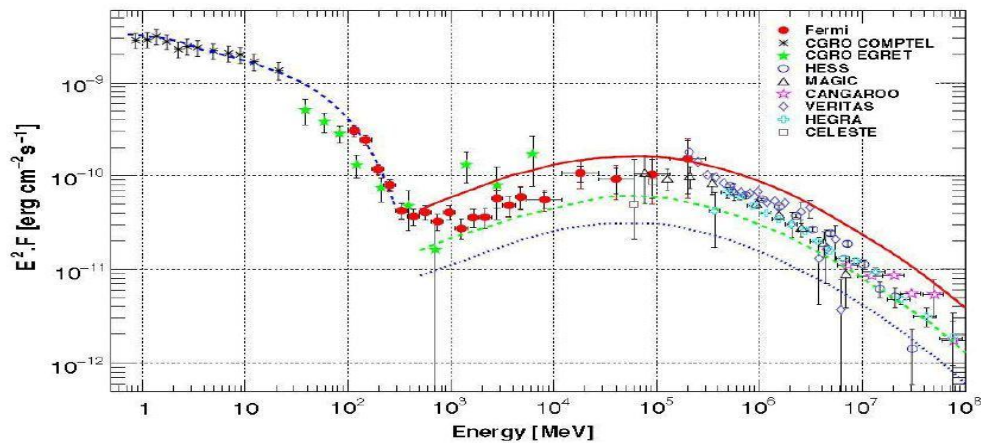
Կառլո ծրագիր՝ ընդգրկելով SST, MST և LST դիտակների օպտիկական առանձնահատկությունները: Որոշվելու են տարբեր «կոնստրուկցիաների» դիտակների արձագանքի ֆունկցիաներն ու հիմնական պարամետրերը՝ «հավաքման մակերես», գրանցման հաճախություն, տարբեր գրանցման էներգետիկ շեմերը և այլն: Բացի դրանցից, ուսումնասիրվելու են նաև չերենկովյան պատկերների պարամետրերի առանձնահատկությունները:

2.2 ՆԱԽԱԳԻԾ

Խնդրի դրվածքը, դրա արդի վիճակը, թեմայի գիտական նպատակները, հետազոտական ծրագիրը, իրականացման եղանակները, առկա և անհրաժեշտ նյութական ռեսուրսները: Թեմայով նախատեսվում է շարունակել մասնակցությունը գերբարձր էներգիաների ($E \geq 100$ ԳէՎ) գամմա աստղաֆիզիկայի բնագավառի H.E.S.S. (High Energy Steroscopic System) և CTA (Cherenkov Telescope Array) միջազգային համագործակցությունների գիտական ծրագրերի իրականացմանը (Ա. Ի. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիան (Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ) հանդիսանում է նշված համագործակցությունների հիմնադիր անդամներից մեկը):

Գերբարձր էներգիաների գամմա աստղաֆիզիկայի բնագավառի հիմնական նպատակը տիեզերական աղբյուրներում տեղի ունեցող ֆիզիկական երևույթների ուսումնասիրությունն է՝ դրանցից եկող գամմա-ճառագայթների հոսքերի օգնությամբ: Գերբարձր էներգիաների աստղաֆիզիկայի հիմնական ձեռքբերումները պայմանավորված են սկզբնական գամմա-ճառագայթների գրանցման պատկերային մթնոլորտային չերենկովյան դիտակների (ՊՄՉԴ) և դրանց համակարգերի օգտագործմամբ: Բնագավառի բուռն զարգացումը սկսվել է 1990-ական թվականներից, երբ աշխարհում առաջին անգամ Whipple համագործակցության կողմից գրանցվեց ՏէՎ էներգիաներ գամմա-քվանտների հոսք Խեցգետնակերպ Միգամածությունից [1]: Հետագայում այդ արդյունքը հաստատվեց նաև այլ գիտափորձերում, ինչպիսիք են, օրինակ՝ HEGRA, CELESTE, CANGAROO, H.E.S.S. MAGIC, VERITAS (տե՛ս Նկար 1 [2]):

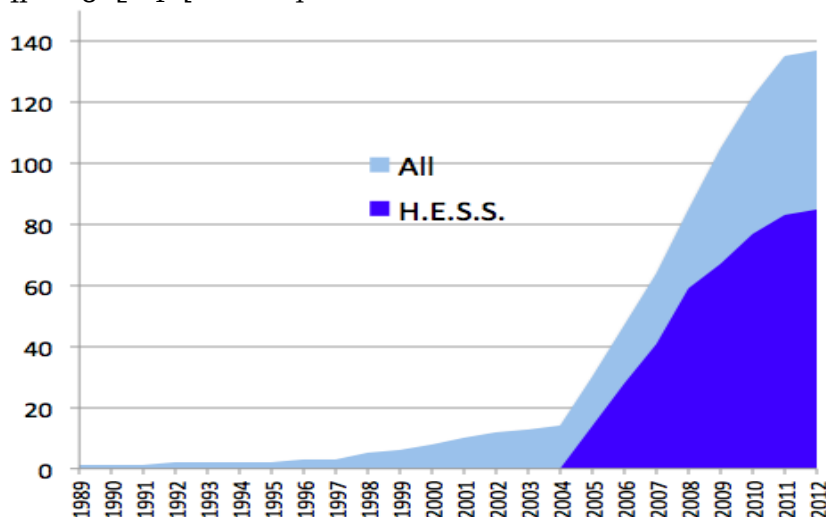
Գերբարձր էներգիաների գամմա աստղաֆիզիկայում սկզբունքային նշանակություն ունեցավ ՊՄՉԴ-ների համակարգի օգտագործումը, ինչը հնարավորություն տվեց մթնոլորտային հեղեղը գրանցել միաժամանակ մի քանի ՊՄՉԴ-ների օգնությամբ («ստերեոսկոպիա») և համադրել տարբեր դիտակներով ստացված տվյալները. արդյունքում մեծանում է հեղեղի պարամետրերի վերականգնման ճշտությունը, արդյունավետորեն «ճնշվում» են հաղորդային հեղեղները և տարբեր բնույթի ֆոնային լույսը (գիշերային երկնքի ֆոնը, լույս մյուռնոնը և այլն) և որակապես բարձրանում է գամմա-հոսքերի գրանցման արդյունավետությունը: Գրանցման այդ մեթոդի առաջնեկը 1998-2002թթ. իրականացված HEGRA (High Energy Gamma Ray Astronomy) գիտափորձն էր, որի անդամ էր նաև Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտը:



Նկար 1. Խեցգետնակերպ Միգամածության սպեկտրը [2]:

HEGRA գիտափորձի արդյունքում գրանցվել են գամմա-քվանտների հոսքեր տարբեր դասերի պատկանող աստղաֆիզիկական աղբյուրներից և տրվել են փորձարարական տվյալների տեսական մեկնաբանություններ: Սակայն, HEGRA գիտափորձի կարևորագույն արդյունքներից էր նաև այն, որ փորձարարական եղանակով ապացուցվեց մթնոլորտային հեղեղների գրանցման միաժամանակյա եղանակի բարձր արդյունավետությունը, և գրանցման հենց այդ եղանակը հիմք հանդիսացավ գերբարձր էներգիաների գամմա աստղաֆիզիկայի նոր գիտափորձերի նախագծերի մշակման և իրականացման համար: Արդյունքում՝ ներկայումս գործող բոլոր գիտափորձերի (H.E.S.S., MAGIC, VERITAS, CTA) նախագծման ու շահագործման համար կիրառվում է մթնոլորտային հեղեղների միաժամանակյա գրանցման եղանակը:

ՊՄՉԴ-ների բարձր արդյունավետության մասին է վկայում այն, որ արդեն իսկ գրանցվել են տարբեր դասերի պատկանող ավելի քան 140 աստղաֆիզիկական աղբյուրներից եկող γ -քվանտների հոսքեր, վերականգնվել են դրանց սկզբնական դիֆերենցիալ էներգետիկ սպեկտրները, ինչի հիման վրա էլ հետազոտվել են աղբյուրներում γ -քվանտների առաջացման մեխանիզմները: Աղբյուրների քանակը զգալիորեն աճել է սկսած 2004թ. (տե՛ս Նկար 2 [3]), երբ սկսվեցին շահագործվել գրանցման ցածր էներգետիկ շեմով ու բարձր զգայունությամբ դիտակներ՝ H.E.S.S., MAGIC և VERITAS: Օրինակ, H.E.S.S. համակարգը ունի γ -քվանտների գրանցման 70-100 ԳԷՎ էներգետիկ շեմ և հնարավորություն է տալիս մոտ 1 ժամյա դիտումների արդյունքում 5 σ հուսալիությամբ գրանցել γ -քվանտներ

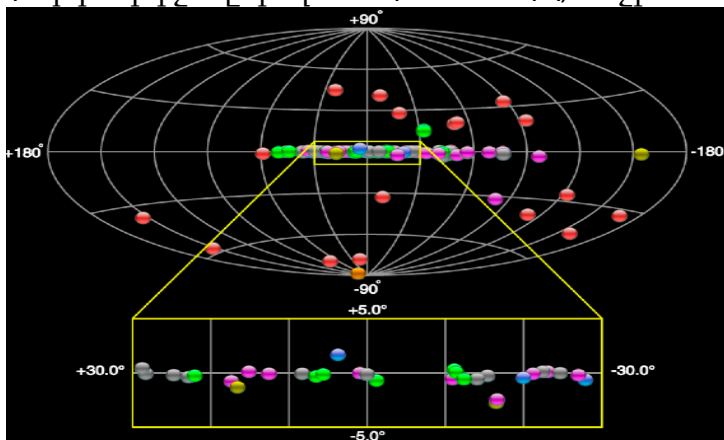


Նկար 2. Գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթների աղբյուրների քանակը ըստ տարիների (ըստ TeVCat կայքի)[3]:

Նկարում ընդգրկված չեն 2012թ. վերջին հայտարարված գամմա-աղբյուրները:

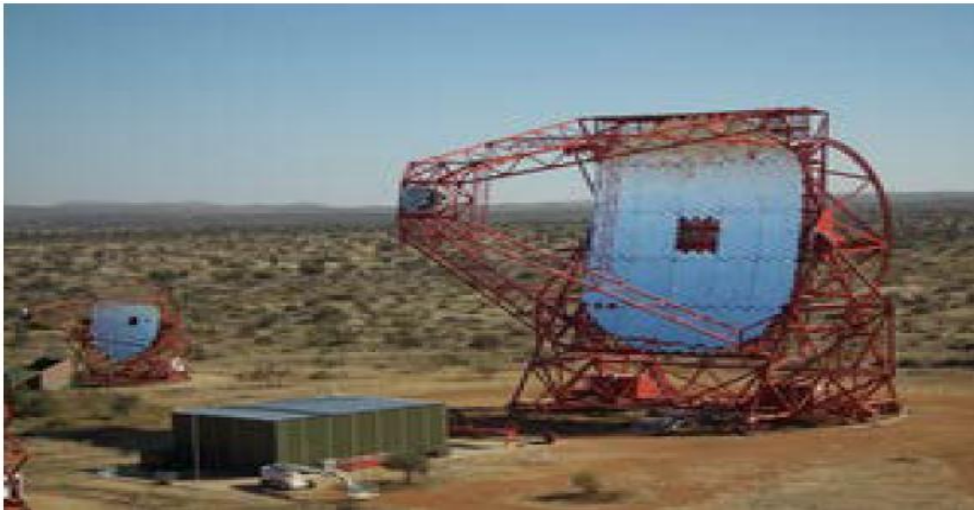
Crab Nebula-ի տիպի աղբյուրների ($FCrab(>1\text{TeV})=2.17 \cdot 10^{-11} \text{սմ}^{-2} \text{վրկ}^{-1}$) 5%-ի հոսքերի դեպքում (համեմատության համար նշենք, որ այդ նույն հոսքը նախորդ սերնդի, օրինակ՝ HEGRA դիտակների համակարգի օգնությամբ գրանցվելու էր մոտ 100 ժամվա ընթացքում): Սկսած 2009թ. գործում է MAGIC II դիտակը, իսկ 2012թ.՝ H.E.S.S. II-ը, որոնք ունեն մոտ 2-3 անգամ ավելի բարձր զգայունություն ու գրանցման մոտ 20-30 ԳէՎ շեմ, ինչը հնարավորություն կտա ուղղակիորեն համեմատել ՊՄՉԴ-ների կողմից գրանցվող փորձարարական տվյալները արբանյակային կայանների օգնությամբ ստացվածների հետ:

Մինչ այժմ գրանցված գերբարձր էներգիաների գամմա աղբյուրներից մոտ 80 աղբյուրներ գրանցվել են H.E.S.S. համագործակցության կողմից (տե՛ս Նկար 2 և 3 [3]): H.E.S.S. դիտակայանը տեղակայված է Նամիբիայում՝ ծովի մակարդակից 1800մ բարձրություն վրա և սկսել է գործել 2003թ. դեկտեմբերի 10-ից: Ներկայումս H.E.S.S. դիտակայանը բաղկացած է 5 դիտակներից, որոնցից չորսը ունեն միատեսակ բնութագրիչներ, իսկ հինգերորդի տրամագիծը երկուսից ավել անգամ մեծ է մյուսներից: H.E.S.S.-ի չորս դիտակներից յուրաքանչյուրը ունի հետևյալ բնութագրիչները. անդրադարձի ընդհանուր մակերեսը՝ 107մ², ֆոկալ հեռավորությունը՝ 15մ, տրամագիծը՝ 13մ, հայելիների տրամագիծը՝ 0.6մ, օպտիկական խցիկը՝ 0.160 անկյունային չափեր ունեցող 960 ֆոտոբազմապատկիչ, լրիվ տեսադաշտը՝ 50°: Այդ չորս դիտակի համակարգի համար գամմա քվանտների գրանցման էներգետիկ շեմը կազմում է 70-100ԳէՎ, «աշխատանքային տիրույթը»՝



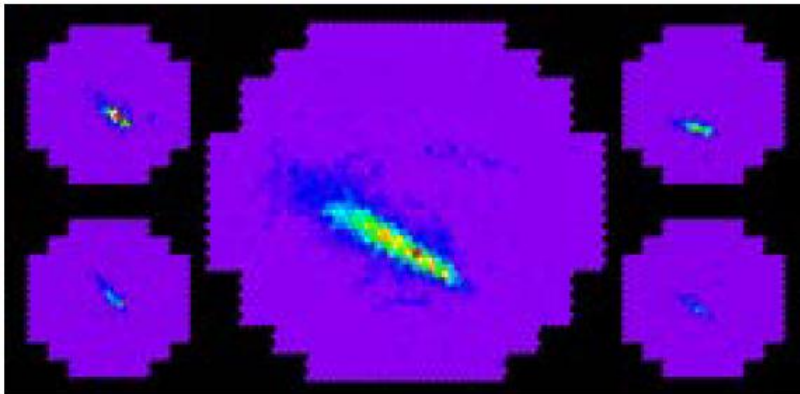
Նկար 3. H.E.S.S.-ի կողմից գրանցված աղբյուրների քանակը 2012թ. օգոստոսի դրությամբ ըստ TeVCat կայքի[3]: Նկարում ընդգրկված չեն 2012թ. վերջին հայտարարված գամմա-աղբյուրները:

100ԳէՎ-100ՏէՎ: H.E.S.S.-ի չորս դիտակների համակարգը ունի շատ բարձր էներգետիկ լուծունակություն՝ 15-20% և հնարավորություն է տալիս ապահովել «arrival» ուղղության վերականգնումը 0.10 ճշտությամբ [4]: H.E.S.S. համակարգը 2012թ. համալրվել է 28 մ տրամագծով H.E.S.S. II դիտակով (առաջին չերենկովյան լույսը գրանցվել է 2012թ. հուլիսի 26-ին), որը ներկայումս աշխարհում ամենամեծ չերենկովյան դիտակն է (տե՛ս Նկար 4 [3]):



Նկար 4. H.E.S.S. II դիտակը:

H.E.S.S.-II-ի բնութագրիչները հետևյալներն են. անդրադարձի ընդհանուր մակերեսը՝ 614մ², ֆոկալ հեռավորությունը՝ 36մ, չափերը՝ 32.6մx24.3մ (ինչը համարժեք է 28մ տրամագծով կլոր արդրադարձի), հայելիները՝ 875 վեցանկյուն՝0.9մ (flat-to-flat), օպտիկական խցիկը՝ 0.070 անկյունային չափեր ունեցող 2048 ֆոտոբազմապատկիչ, լրիվ տեսադաշտը՝ 3.20: Սկզբնական մասնիկի մթնոլորտային հեղեղի չերենկոյվյան պատկերը H.E.S.S.-II դիտակով (կենտրոն) և H.E.S.S.-I դիտակներով (անկյուններ) ներկայացված է Նկար 5-ում [3]:



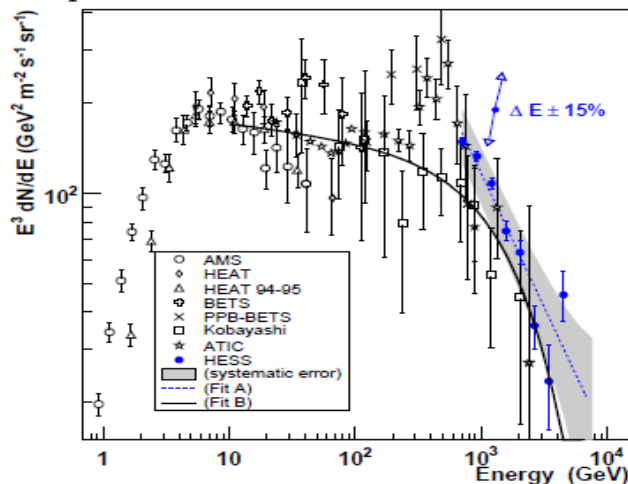
Նկար 5. Սկզբնական մասնիկի մթնոլորտային հեղեղի չերենկոյվյան պատկերը H.E.S.S.-II դիտակով (կենտրոն) և H.E.S.S.-I 4 դիտակներով (անկյուններ):

H.E.S.S.-ի օգնությամբ գամմա ճառագայթների հոսքեր են գրանցվել տարբեր դասերի պատկանող աստղաֆիզիկական աղբյուրներից, վերականգնվել են դրանց սպեկտրները և տրվել են փորձարարական տվյալների տեսական մեկնաբանություններ: Մասնավորապես, աշխարհում առաջին անգամ իրականացվել է աստղաֆիզիկական աղբյուրի ձևաբանական հետազոտություն ՏեՎ էներգիաների տիրույթում (SNR RX J1713.7-3946 [5,6]), հայտնաբերվել է 100 ԳԷՎ-ից գերբարձր էներգիաների γ -ճառագայթների հոսք LS 5039 միկրոքվադարից [7], հայտնաբերվել են ՏեՎ էներգիաների γ -ճառագայթման նոր աղբյուրներ՝ HESS J1303-631, HESS J1718-385, HESS J1809-193 և այլն (տե՛ս, օրինակ՝ [8]), ինչպես նաև 8 աղբյուրներ Ծիր Կաթինում, որոնցից առնվազն երկուսը հայտնի չեն ռադիո կամ X-ճառագայթների դիապազոնում [9], վերականգնվել է տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոնների սպեկտրը 600 ԳԷՎ-ից բարձր տիրույթում [10], գրանցվել է γ -հոսք «Starburst Galaxy»-ից [11], հետազոտվել է M87 ռադիոգալակտիկան [12], գրանցվել է

գամմա ճառագայթների հոսք SN 1006 գերնորի մնացորդից [13], «Galactic globular cluster Terzan 5»-ից [14], «BL Lac object 1ES 0414+009» [15]-ից և այլն (տե՛ս, օրինակ՝ 16-20):

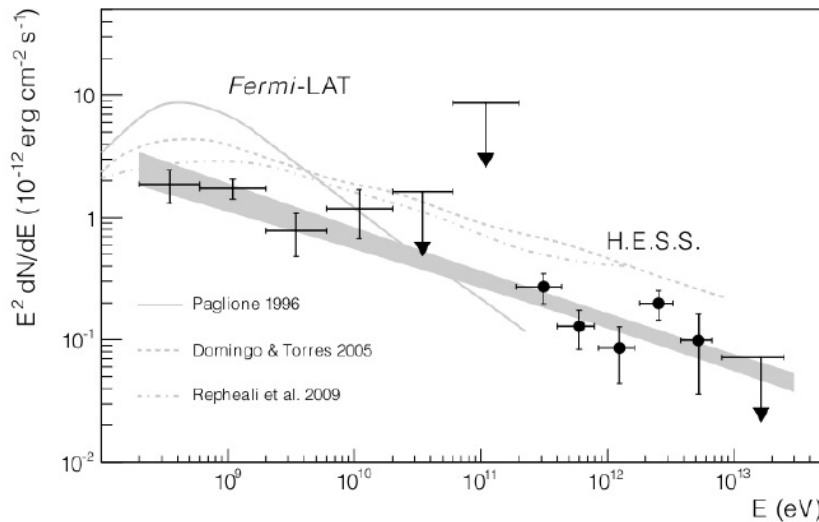
Որպես H.E.S.S.-ի կողմից գրանցված տվյալների օրինակ ներկայացնենք երկուսը.

Տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոնների սպեկտրը ՏէՎ էներգիաների տիրույթում [10]: H.E.S.S. համակարգի օգնությամբ աշխարհում առաջին անգամ վերականգնվել է տիեզերական մասնիկների մաս կազմող էլեկտրոնների սպեկտրը՝ օգտագործելով ՊՄՉԴ-ների համակարգի կողմից գրանցված տվյալները: Վերլուծության համար հիմք են հանդիսացել 4 դիտակների կողմից 2004-2007թթ. ընթացքում գրանցված տվյալները: Էլեկտրոնների սպեկտրը վերականգնվել է 600 ԳէՎ-ից բարձր տիրույթի համար (տե՛ս Նկար 6 [10]): Տվյալները նկարագրվում են աստիճանային կախվածությամբ՝ $dN/dE = \kappa(E/1\text{TeV})^{-\Gamma}$, որտեղ $\kappa = (1.17 \pm 0.02) \times 10^{-4}$ ՏէՎ-1մ-2սմ-1վրկ-1 և $\Gamma = 3.9 \pm 0.1$ ստատ ± 0.03 սխառ:



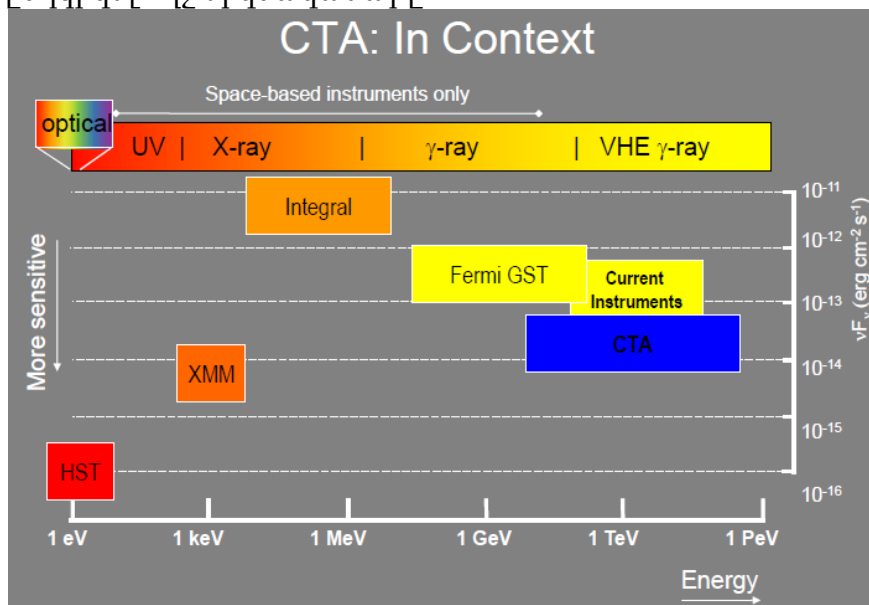
Նկար 6. H.E.S.S.-ի գրանցած տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոնների էներգետիկ սպեկտրը ($E^3 dN/dE$) և համեմատությունը նախորդ չափումների հետ:

«Straburst Galaxy NGC 253»-ից գրանցված տվյալները և դրանց համեմատությունը Fermi-LAT-ի տվյալների հետ [21]: NGC 253-ի գերբարձր էներգիաների ($E \geq 100$ ԳէՎ) գամմա տվյալներ դիֆերենցիալ էներգետիկ սպեկտրը կարելի է նկարագրել աստիճանային կախվածությամբ՝ $\Gamma = 2.14 \pm 0.18$ ստատ ± 0.30 սխառ ֆոտոնային ինդեքսով և 1 ՏէՎ-ի դեպքում դիֆերենցիալ հոսքի նորմավորման $F_0 = (9.6 \pm 1.5 \text{ ստատ} + 5.7 - 2.9) \times 10^{-14}$ ՏէՎ-1սմ-2վրկ-1 գործակցով: Բարձր էներգիաների (100 ՄէՎ $\leq E \leq 100$ ԳէՎ) դեպքում դիֆերենցիալ ֆոտոնային ինդեքսը կազմում է $\Gamma = 2.24 \pm 0.14$ ստատ ± 0.03 սխառ, իսկ ինտեգրալ հոսքը 200 ՄէՎ-ից 200 ԳէՎ միջակայքում՝ $F(0.2-200 \text{ ԳէՎ}) = (4.9 \pm 1.0 \text{ ստատ} \pm 0.3 \text{ սխառ}) \times 10^{-9}$ սմ-2վրկ-1: NGC 253-ի դիֆերենցիալ էներգետիկ սպեկտրը ներկայացված է Նկար 7-ում:



Նկար 7. Straburst Galaxy NGC 253-ի դիֆերենցիալ էներգետիկ սպեկտրը՝ վերականգնված H.E.S.S.-ի և Fermi-LAT-ի տվյալների հիման վրա:

Գերբարձր էներգիաների գամմա աստղաֆիզիկայի բնագավառի գիտասարքերի հետագա զարգացումը ներկայումս գործող համագործակցությունների (H.E.S.S., MAGIC, VERITAS) ջանքերի զուգակցման հիման վրա տարբեր չափերի պատկերային մթնոլորտային դիտակների երկու համակարգերի ստեղծումն է (CTA նախագիծ [23])՝ նպատակ ունենալով մեծացնել գամմա-քվանտների գրանցման էներգետիկ տիրույթը (մի քանի տասնյակ ԳէՎ-ից մինչև >100 ՏէՎ), գործող գիտասարքերի համեմատ մոտ մի կարգ բարձրացնել զգայունությունը՝ հասցնելով մինչև Crab Nebula-ի հոսքի 1000-րդ մասը (տե՛ս Նկար 8) և ընդգրկել ողջ երկնակամարը:



Նկար 8. CTA-ի զգայունությունը և համեմատությունն այլ գիտասարքերի հետ:

Նախատեսվում է ստեղծել երկու դիտակայան՝ մեկը Հյուսիսային կիսագնդում, մյուսը՝ Հարավային: Նախագծի «Design Report»-ի պատրաստման աշխատանքներն ավարտվել են [22], 2013թ. ընտրվելու են դիտակայանների տեղակայման վայրերը, իսկ կառուցման աշխատանքները սկսվելու են 2014թ.: Նախագծով նախատեսվում է ստեղծել 3 տարբեր դասերի դիտակներ. փոքր չափերի դիտակներ (SST: Small size telescopes)՝ 4-6մ տրամագծով

և մոտ 100 տեսադաշտով, միջին չափերի դիտակներ (MST: Medium size telescopes)՝ 10-12մ տրամագծով և 6-80 տեսադաշտով ու մեծ չափերի դիտակներ (LST: Large size telescopes)՝ 20-30մ տրամագծով և օրինակ՝ 24 մ տրամագծի դեպքում մոտ 4-50 տեսադաշտով: Փոքր չափերի դիտակների արդրադարձիչը լինելու է Դևիս-Կոտոնի տիպի, իսկ մեծ չափերի դիտակներինը՝ պարաբոլիկ հենք: Այդպիսի մոտեցումը հնարավորություն է տալիս բավարարել պատկերային չերենկոյվան դիտակների օպտիկական հատկություններին առաջադրվող պահանջները, այն է՝ չերենկոյվան լույսի անհրաժեշտ ֆոկուսացում և դիտակի անդրադարձիչի տարբեր մասերից անդրադարձած ֆոտոնների ժամանակային բաշխման ոչ մեծ արժեք:

Թեմայի գիտական նպատակն ինչպես վերոնշյալ համագործակցությունների աշխատանքների մասնակցությունն է, այնպես էլ 50-100 ԳէՎ-ից ցածր էներգետիկ տիրություն զամմա ազդանշանի առանձնացման արդյունավետության բարձրացման ու ֆիզիկական տվյալներից ջ-դեպքերի առանձնացման նոր մաթեմատիկական եղանակների հետազոտությունն է (տե՛ս ստորև): Խնդիրը կարևորվում է նրանով, որ նախ նշված էներգետիկ տիրություն ջ- և ֆոնային մթնոլորտային հեղեղների չերենկոյվան պատկերները սկսում են ավելի շատ իրար նմանվել ու փորձարարական տվյալների մշակման գոյություն ունեցող մեթոդները դառնում են ոչ արդյունավետ: Եվ երկրորդը՝ մոտ 20-30 ԳէՎ-ից ցածր էներգետիկ տիրություն, բացի տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող պրոտոնների ֆոնից, սկսում է զգալի դառնալ նաև տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոններից առաջացած հեղեղների ներդրումը [23], հետևաբար օգտակար ազդանշանի առանձնացման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև նոր ֆոնային բաղադրիչը: Բացի դրանցից, իրականացվելու են նաև հետազոտություններ 100 ԳէՎ-ից ցածր տիրություն սկզբնական մասնիկի էներգիայի վերականգնման ալգորիթի մշակման ուղղությամբ:

Տվյալ ուղղությամբ խմբի ունեցած ձեռքբերումները և ակնկալվող արդյունքները:

Գիտահետազոտական խումբը գերբարձր էներգիայի զամմա աստղաֆիզիկայի բնագավառում հետազոտություններ իրականացնում է սկսած 1985թ.: Մասնավորապես, սկսած 1991թ-ից մասնակցել ենք HEGRA (գիտափորձն իրականացվել է 1998-2002թթ ընթացքում) համագործակցության չերենկոյվան դիտակների համակարգի ստեղծման, շահագործման (դիտումներ) և փորձարարական արդյունքների մշակման աշխատանքներին: HEGRA-ի կողմից հետազոտվել են մի շարք աստղաֆիզիկական աղբյուրներ, օրինակ՝ Crab Nebula, Mrk 421, Mrk 501, BL Lac 1ES1959+650, H1426+428, Tycho's, Giant Radio Galaxy M 87 և այլն: Մեր խմբի կողմից առաջարկվել է չերենկոյվան պատկերների վերլուծության նոր մեթոդ, որը կիրառվել է Crab-Nebula-ից գրանցված տվյալների մշակման ժամանակ:

Սկսած 1998թ. մասնակցել ենք H.E.S.S. համագործակցության դիտակների համակարգի ստեղծման, իսկ հետագայում նաև գիտական ծրագրի իրականացման աշխատանքներին: H.E.S.S. դիտակների կառուցման ժամանակ Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի խմբի կողմից մշակված տեխնոլոգիայի հիման վրա ՀՀ ԳԱԱ «Գալակտիկա» ՓԲԸ պատրաստել է համագործակցության կողմից պատվիրված 400 չերենկոյվան հայելի: H.E.S.S. II-ի կառուցման ժամանակ մեր հանրապետության ներդրումը եղել է ՀՀ ԳԱԱ «Գալակտիկա» ՓԲԸ կողմից պատրաստված ու H.E.S.S. համագործակցությանը տրամադրած 200 հայելի:

H.E.S.S. համակարգը սկսել է աշխատել 2003թ. դեկտեմբերից և մինչև այժմ իրականացված դիտումների արդյունքում գրանցվել են ջ-քվանտների հոսքեր տարբեր դասերի մի շարք աստղաֆիզիկական աղբյուրներից, օրինակ՝ հետազոտվել են մի քանի գերնոր աստղերի

մնացորդների ձևաբանական պատկերները և դրանց շարքում RX J1713.7-3946-ինը ընդհանրապես աշխարհում առաջին անգամ գրանցվածն է ՏեՎ էներգիաների γ-տիրություն, գալակտիկ հարթությունում հայտնագործվել են 14 նոր γ-աղբյուր, որոնց մի մասը հայտնի չէ ուրիշ տիրություններում, այսինքն՝ դրանցում γ-քվանտները առաջանում են հաղորդային փոխազդեցությունների հետևանքով, հետազոտվել են γ-ճառագայթների հոսքեր LS 5039, Vela X nebula, BL Lac Object H2356–309, BL Lac object PKS 0548–322, PKS 2155–304, SN 1006, Centaurus A և այլ աղբյուրներից: Բացի դրանից, աշխարհում առաջին անգամ ՊՄՉԴ-ների օգնությամբ գրանցվել է տիեզերական ճառագայթների սպեկտրը և տվյալների հիման վրա վերականգնվել է տիեզերական ճառագայթներում առկա երկաթի ատոմի միջուկների «cosmic-ray iron nuclei» սպեկտրը 13-200 ՏեՎ տիրություն, H.E.S.S.-ի տվյալներից վերականգնվել է նաև տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոնների սպեկտրը 600ԳէՎ-ից բարձր տիրության համար և այլն:

2012թ. օգոստոսի դրությամբ H.E.S.S.-ի կողմից գրանցվել են գերբարձր էներգիաների գամմա ճառագայթների 80-ից ավելի աղբյուրներ, որոնցից 60-ից ավելին գալակտիկ աղբյուրներ են, իսկ 19-ը՝ արտագալակտիկ, հրապարակվել են 100-ից ավելի գիտական հոդվածներ, այդ թվում՝ բարձր ազդեցության գործակից ունեցող այնպիսի ամսագրերում, ինչպիսիք են «Nature»-ը և «Science»-ը: 2013թ. փետրվարի դրությամբ H.E.S.S. համագործակցության կողմից հրապարակված բարձր հղում ունեցող 10 հոդվածներ ունեն ընդհանուրը 2848 հղում ըստ «The SAO/NASA Astrophysics Data System» կայքի տվյալների: H.E.S.S.-ը բարձր էներգիաների գամմա աստղաֆիզիկայի միակ գիտասարքն է, որը 2009թ. ընդգրկվել է բարձր ազդեցություն ունեցող աստղադիտարանների («High-Impact Astronomical Observatories») համաշխարհային դասակարգման առաջին տասնյակի մեջ (տե՛ս, [24] և Աղյուսակ 1):

HIGH-IMPACT OBSERVATORIES

Rank	Facility	Citations	Participation
1	SDSS	1892	14.3%
2	Swift	1523	11.5%
3	HST	1078	8.2%
4	ESO	813	6.1%
5	Keck	572	4.3%
6	CFHT	521	3.9%
7	Spitzer	469	3.5%
8	Chandra	381	2.9%
9	Boomerang	376	2.8%
10	HESS	297	2.2%

Աղյուսակ 1. Բարձր ազդեցություն ունեցող աստղադիտարանների տասնյակը 2009թ. [24]: ՊՄՉԴ-ների աշխատանքը մոդելավորելու, դիտակի արձագանքը և հիմնական պարամետրերը հաշվարկելու համար մեր կողմից մշակվել է մի ծրագիր, որը հնարավորություն է տալիս մոդելավորել չերենկոպյան դիտակի «արձագանքը»՝ հաշվի առնելով դիտակի հայելիների օպտիկական հատկությունները և իրական դասավորվածությունը [25]: Ծրագիրը ներառվել է մթնոլորտային հեղեղների զարգացումը նկարագրող MOCCA փաթեթի մեջ, որի արդյունքում ողջ պրոցեսը՝ և՛ մթնոլորտային հեղեղի զարգացումը, և՛ նրան ուղեկցող չերենկոպյան ֆոտոնների դիտակով գրանցման առանձնահատկությունները, ընդգրկվել են մի միասնական փաթեթի մեջ [26,27]:

Ընդլայնված փաթեթի ճշգրտությունը հաստատվել է փորձարարական տվյալների մշակման և այլ մեթոդների հետ համեմատության հիման վրա: Հետազոտվել են փորձարարական տվյալներից γ -դեպքերի առանձնացման նոր մաթեմատիկական եղանակներ [28, 29], 100 ԳԷՎ-ից ցածր էներգիա ունեցող էլեկտրամագնիսական մթնոլորտային հեղեղների չերենկոլյան ճառագայթման առանձնահատկությունները [23, 30]:

Ցույց է տրվել, որ գամմա-քվանտներից և էլեկտրոններից առաջացած մթնոլորտային հեղեղների միջև տարբերություն կա: Մասնավորապես, էլեկտրոններից առաջացած մթնոլորտային հեղեղները սկսում են զարգանալ ավելի շուտ (ավելի մեծ բարձրությունների վրա), քան գամմա քվանտներից առաջացածները, և, հետևաբար, ճառագած չերենկոլյան լուսը հասցնում է ավելի շատ ցրվել մթնոլորտում. արդյունքում՝ էլենտրոնից և γ -քվանտից առաջացած հեղեղների չերենկոլյան ճառագայթումները տարբերվում են և՛ բաշխվածությամբ և՛ ժամանակային բնութագրիչներով:

Գիտական թեմայի իրականացման ընթացքում նախատեսվում է.

շարունակել մասնակցությունը H.E.S.S. համագործակցության աշխատանքներին՝ դիտումներին, փորձարարական տվյալների մշակմանը և մեկնաբանմանը, հետազոտել տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոններից առաջացած մթնոլորտային հեղեղների չերենկոլյան պատկերների առանձնահատկությունները H.E.S.S. II դիտակի դեպքում,

մշակել H.E.S.S. II դիտակի և CTA LST դիտակների համար սկզբնական մասնիկի էներգիայի վերականգնման ալգորիթ՝ հաշվի առնելով, որ նշված դիտակների հիմնական «աշխատանքային» տիրույթում ($E < 50-100$ ԳԷՎ) գամմա և հաղորդային հեղեղների չերենկոլյան պատկերները սկսում են իրար շատ նմանվել և զգալի է դառնում նոր ֆոնային բաղադրիչի՝ տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող էլեկտրոնների ներդրումը,

թվային մոդելավորման միջոցով հաշվարկել CTA տարբեր տիպի դիտակների (SST, MST, LST) հիմնական պարամետրերը (հավաքման մակերես, գրանման հաճախություն և այլն)՝ հաշվի առնելով դիտակների տարբեր «կոնստրուկցիաներ»,

հետազոտել CTA տարբեր տիպի դիտակների համար γ - և հաղորդային հեղեղների չերենկոլյան իմպուլսների ժամանակային բնութագրիչների տարբերությունների օգտագործման հնարավորությունը,

շարունակել հետազոտություններ մթնոլորտային հեղեղների չերենկոլյան պատկերների պարամետրերի առանձնահատկությունների, նոր պարամետրերի օգտագործման, ցածր էներգետիկ տիրույթում (մի քանի տասնյակ ԳԷՎ-ից ցածր) չերենկոլյան պատկերների «մաքրման» (image cleaning) նոր եղանակների և գամմա ազդանշանի առանձնացման արդյունավետության բարձրացման ուղղությամբ:

Օգտագործված գրականությունը

1. Weekes, T. C., et al. 1989, ApJ(1989), 342, 379
2. F.A. Aharonian, private communication
3. <http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/>
4. J. Hinton New Astron. Rev. 48 (2004) 331-337
5. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) Nature 432 (2004) 75-77

6. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 464 (2007) 235-243
7. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 460 (2006) 743-749
8. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 439 (2005) 1013-1021
9. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Science* 307 (2005) 1938-1942
10. F. Aharonian, A. Akhperjanian, ..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Phys. Rev. Lett.* 101 (2008) 261104
11. F. Acero, F. Aharonian, A. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Science* 326 (2009) 1080-1082
12. VERITAS Collab., VLBA 43 GHz M87 Monitoring Team, H.E.S.S. Collab., MAGIC Collab. *Science* 24 (2009) 444-448
13. F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 516 (2010) A62
14. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 531 (2011) L18
15. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 538 (2012) A103
16. F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *MNRAS* 402 (2010) 1877-1882
17. F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 521 (2010) A69
18. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 533 (2011) A103
19. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 542 (2012) A94
20. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astron. Astrophys.* 545 (2012) L2
21. A. Abramowski, F. Acero, F. Aharonian, A.G. Akhperjanian..., V. Sahakian,... et al. (The HESS Collaboration) *Astrophysical Journal* 757 (2012) 158
22. M. Actis, G. Agnetta, F. Aharonian, A. Akhperjanian... G. Papyan,... L. Pogosyan,... V. Sahakian,... et al. (The CTA Consortium) *Experimental Astronomy* (2011) 32, 193–316
23. V. Sahakian, F. Aharonian, A. Akhperjanian *Astroparticle Physics* 25 (2006) 233-241
24. J. P. Madrid and F. D. Macchetto, Preprint, arXiv:0901.4552v1 (2009)
25. A. Akhperjanian, R. Kankanian, V. Sahakian, et al. *Experimental Astronomy* 8 (1998) 135-152
26. A. Akhperjanian, V.Sahakian *Astroparticle Physics* 12 (1999)157-168
27. A. Akhperjanian, V.Sahakian *Astroparticle Physics* 21 (2004) 149-161
28. A. Akhperjanian, A. Atoyan, J. Patera, V. Sahakian *NATO Science Series, Series III: Computer and System Sciences, Vol. 198* (2005) 404-416
29. A. Atoyan, J. Patera, V. Sahakian and A. Akhperjanian *Astroparticle Physics* 23 (2005) 79-95
30. V. Sahakian, A. Akhperjanian *Astroparticle Physics* 26 (2006) 257-268

Փորձարարական Ֆիզիկայի Բաժանմունքի բազային թեմաների ուղղություններ

1.Բարձր էներգիաների փորձարարական ֆիզիկա՝ համագործակցություն CERN-LHC-ի գիտափորձերում (ATLAS, ALICE, CMS)
ՄՏԼԱՄԽմբիաշխատանքներիպլանավորում

1.1. 2013-2014թ.թ.

ՑԵՐՆ-ի կոլայդերի երկարատև կանգառ (2013-2014)

1. Հաղորնային կալորիմետրի վերականգնման, արդիականացման և վերահսկման աշխատանքներ :

ա. Մի շարք առաջարկներ են արվել և քննարկվել: նախ EB և EndCap կալորիմետրների միջև գտնվող առկայծիչների կարդալու ճիշտ եղանակը և համապատասխան էլեկտրոնիկայի ձևափոխման տարբերակը, MB դեպքերի բաղադրիչի և լռիվ լուսատարության չափման համար , MBTS (Minimum Biase Trigger Scintillator) համակարգի օգտագործման հնարավորություն որպես պրոտոն-պրոտոն բախումների ինտենսիվության չափման նոր մոնիտոր բարձր լուսատարության համար USLԱՍ գիտափորձում գրանցվող լիծքի ինտեգրման եղանակով:

բ. LVPS համակարգի էլեկտրոնիկայի վերանորոգման և վերահսկման աշխատանքներ:

2. Տվյալների մշակում. Բարձր էներգիայով շիտերի էներգետիկ տրամաժափում 2012թ. 8տեվ տվյալներում, ինկլուզիվ և երկշիտ դեպքերի համար: Համամատումը տեսական կանխագուշակումների հետ: Պրեպրինտների և տպագրությունների նախապատրաստում:

3. MBTS համակարգի մոդելավորում:

4. Grid monitoring-ի միջոցների մշակում և օգտագործում

5. Մոդելավորման աշխատանքներ USLԱՍ գիտափորձի ծայրահեղ փոքր անկյան տակ՝ 420մ հերավորության վրա տեղադրված Չերենկովյան հաշվիչների համար:

6. Հաղորնային Կալորիմետրի օպտիկական բաղադրիչների ուսումնասիրման աշխատանքների շարունակում:

2015

Կոլայդերի աշխատանքի վերականգնում 13տեվ բախման էներգիայով

- 1) Հաղորնային կալորիմետրի արդիականացման և վերականգնման արդյունքների փորձնական ստուգում: Չափումներ և ստուգումներ MBTS համակարգի արտոլուտ տրամաչափման մեթոդների. Ստացվաց տվյալների հիման վրա պրեպրինտներ և հոդվածներ նախապատրաստելու աշխատանքներին մասնակցություն :
- 2) Կալորիմետրիկ համակարգի Online հերթափոխեր ATLAS գիտափորձի ղեկավարման սենյակում և offline Հաղորնային Կալորիմետրի տվյալների որակի վերահսկման հերթափոխեր ինստիտուտում :
- 3) LVPS համակարգի էլեկտրոնիկայի վերանորոգման և վերահսկման աշխատանքներ:
- 4) Grid monitoring-ի միջոցների մշակում և օգտագործում:
- 5) Հաշվարկային աշխատանքներ USLԱՍ գիտափորձի ծայրահեղ փոքր անկյան տակ՝ 420մ հերավորության վրա տեղադրված Չերենկովյան հաշվիչների համար:
- 6) Հաղորնային Կալորիմետրի օպտիկական բաղադրիչների ուսումնասիրման աշխատանքների շարունակում:

Մանակիցներ:

Հ. Հակոբբյան (խմբի ղեկ.) Ֆ. Ադամյան, (գիտաշխատող), Ռ. Օգանեզով, Լ. Սարգսյան (ճառարարագետ), Գ. Վարդանյան (ասպիրանտ), ուսանող (մագիստրատուրայի ուսանող) :

ԱԼԻՍ խմբի գործունեության ծրագիր

Ստորև բերված ծրագիրը քննարկվել և մշակվել է ALICE համագործակցության ղեկավարության մասնակցությամբ: Այն ընդգրկված է համագործակցության ընդհանուր ծրագրի մեջ:

Աշխատանքները ընթանալու են հետևյալ ուղղություններով:

1. $\mu^+\mu^-$ զույգերի ցածր ինվարիանտ զանգվածների տիրույթի տվյալների մշակումը և ֆիզիկական մեկնաբանումը

1.1 Ամփոփում

Մշակվելու են $\mu^+\mu^-$ զույգերի ցածր ինվարիանտ զանգվածների ($M_{\mu^+\mu^-} < 1.2$ ԳեՎ/c²) տիրույթում կուտակված փորձարարական տվյալները: Այս տիրույթում մեծ ներդրում ունեն կոռեկցված $\mu^+\mu^-$ զույգերը, որոնք առաջանում են $\eta(547) \rightarrow \mu^+\mu^-$, $\rho(770) \rightarrow \mu^+\mu^-$, $\omega(782) \rightarrow \mu^+\mu^-$ և $\phi(1020) \rightarrow \mu^+\mu^-$ երկմասնիկային տրոհումներից, ինչպես նաև $\eta(549) \rightarrow \mu^+\mu^- \gamma$, $\omega(782) \rightarrow \mu^+\mu^- \pi^0$ և $\eta(958) \rightarrow \mu^+\mu^- \gamma$ դալիցյան տրոհումներից: Բացի այդ, կոռեկցված մյուոնային զույգերի սպեկտրի մեջ ներդրում ունեն բաց հմայքի (c) և գեղեցկության (b) մեզոնների տրոհումները: Հետազոտվելու է դիտարկված երկմյուոնային սպեկտրի նկարագրման հավաստիությունը վերոհիշյալ տրոհման պրոցեսների գումարային ներդրման պատկերի շրջանակներում: Հաշվարկվելու են $\rho(770)$, $\omega(782)$ և $\phi(1020)$ մեզոնների ինկլյուզիվ ծնման դիֆերենցիալ և լրիվ կտրվածքների փորձարարական արժեքները: Ստեղծվելու են տվյալների մշակման և դեպքերի սիմուլացման ծրագրային փաթեթներ:

Հետազոտություններում օգտագործվելու են 2012 թվականին 8 ՏեՎpp բախումներում գրանցված և 2015-2017 թվականներին գրանցվելիք տվյալները:

Բացի այդ, ALICE համագործակցության ղեկավարության առաջարկով տարվելու են աշխատանքներ Muon Quality Assurance կենտրոնական ծառայության ծրագրային ապահովման վերաբերյալ՝ նպատակ ունենալով այդ ծառայության միջոցով կատարելագործել մյուոնային տվյալների որակի գնահատման եղանակները:

Մյուոնների ծնման հետազոտումը LHC արագացուցչի էներգիաների տիրույթում կազմում է ALICE համագործակցության գիտական ծրագրի մի զգալի մասը: Այդ նպատակով կառուցվել է Muon Spectrometer կոչվող խոշոր գիտասարքը, որը գրանցում է բևեռային անկյան 2-ից 9 աստիճանների տիրույթում ծնված մյուոններ:

Հաշվի առնելով դիմյուոնների ցածր ինվարիանտ զանգվածի տիրույթում հետազոտությունների կարևորությունը՝ ALICE համագործակցության ղեկավարությունը կազմել է հատուկ խումբ, որը կոչվում է Low Dimuon Mass Physics Analysis Group (Lmumu PAG): Խմբի անդամներն են Կալյարիի (INFN, Cagliari, Italy), Լիոնի (IPNL, Lyon, France) և ԱՄԳԼ-ի ALICE թիմերը: Խմբի որոշմամբ, ԱՄԳԼ-ի թիմը ձեռնամուխ է եղել 2012 թվականի ընթացքում 8 TeV pp բախումներում կուտակված տվյալների մշակմանը:

2013-2015 թթ՝ 2012 թվականին կուտակված տվյալների մշակում:

Կատարողներ՝ Վարդանուշ Պապիկյան, Հրանտ Գուլբանյան, Արա Գրիգորյան

2012 թ. տեղի են ունեցել LHC արագացուցչի՝ Period կոչվող 6 աշխատանքային ցիկլեր՝ յուրաքանչյուրը բաղկացած հարյուրավոր խմբաքանակներից (run-երից): Նախատեսվում

է բոլոր 6 Period-ների մշակումը: Աշխատանքները հիմնականում ընթանալու են հետևյալ ուղղություններով՝

- Period-ների և run-երի դասակարգումը ըստ տրիգերային դասերի և կլաստերների:
- Տարբեր run-երում կուտակված տվյալների խմբավորման հնարավորությունների հետազոտումը:
- Ֆոնային՝ Beam-gas փոխազդեցություններին վերաբերող տվյալների ուումնասիրությունը և առանձնացումը:
- Տվյալների վրա՝ Muon Arm դետեկտորի ակսեպտանսի սահմանափակումների ազդեցության հետազոտումը:
- Muon Arm-ում մյուոնների դիտարկման էֆեկտիվության հետազոտումը Monte Carlo սիմուլացման միջոցով:
- Դիտարկված երկմյուոնային սպեկտրներից կոռելացված երկմյուոնային սպեկտրների առանձնացումը:
- Վերջինների նկարագրումը և ֆիզիկական մեկնաբանումը ALiGenMuonLMR դեպքերի Cocktail գեներատորի և Monte Carlo սիմուլացման շրջանակներում:
- Տվյալների նորմավորման մեթոդների մշակումը $p(770)$, $\omega(782)$ և $\phi(1020)$ մեզոնների ծնման դիֆերենցիալ և լրիվ կտրվածքների հաշվարկումը:
- Միստեմատիկ սխալների աղբյուրների հետազոտումը և այդ սխալների մեծության որոշումը:
- Նախատեսվում է ALICE Analysis Note-ի պատրաստումը 8 Տէվ pp բախումներում կուտակված տվյալների մշակման վերաբերյալ:

2014-2016 թթ. Muon Quality Assurance ծառայության ծրագրային ապահովման զարգացում: Աշխատանքը կատարվելու է ծառայության պատասխանատու թմիմասնագետների հետ (Diego Stocco, Cynthia Hadjitakis):

Կատարողներ՝ Արմենուհի Աբրամյան, Նարինե Մանուկյան, Վարդանուշ Պապիկյան

2016-2017 թթ. 2015-2017 թվականներին կուտակվելիք տվյալների մշակում

Կատարողներ՝ Վարդանուշ Պապիկյան, Հրանտ Գուլբանյան, Արա Գրիգորյան

2. ALICE գիտափորձի տվյալների կուտակման և մշակման միջավայրի
Ֆունկցիոնալության օպտիմալացումը

2.1 Ամփոփում

Կատարվելու են աշխատանքներ՝ ALICE գիտափորձի տվյալների կուտակման և մշակման միջավայրում ֆայլերի հոսքը կարգավորելու նպատակով: Մշակվելու է այդ ֆայլերին կատարվող կանչերի մանրակրկիտ մշադիտարկման ծառայություն և ստեղծվելու է այդ ծառայության ծրագրային ապահովումը: Հիմնվելով մշտադիտարկման տվյալների վրա, կառուցվելու է միջավայրում տեղադրված ֆայլերի հոսքը կարգավորող մաթեմատիկական ալգորիթմը և ստեղծվելու է համապատասխան ծրագրային ապահովում: Բացի այդ, շարունակվելու են աշխատանքները ALICE գիտափորձի AliEn կոչվող Grid ինֆրակառուցվածքի ծառայությունների զարգացման ուղղությամբ: Կատարվելու են ԱԱԳԼ-ում գործող WLCG/ALICE Grid կայքի անխափան ֆունկցիոնալությունը ապահովող առօրյա ադմինիստրատիվ աշխատանքներ:

2.2. Աշխատանքների բովանդակությունը և պլան-գրաֆիկը

2013-2015 թթ. ALICE հաշվողական միջավայրում ֆայլերի հոսքը և հեռացումը կարգավորող ծառայության ստեղծում:

Կատարողներ՝ Արմենուհի Աբրամյան, Նարինե Մանուկյան, Արա Գրիգորյան

Աշխատանքն ընդգրկում է հետևյալ կետերը՝

- Ֆայլերի կանչերի բնորոշիչների արժեքները AliEn-ի Authen_ops log ֆայլերում գրանցելու ծառայությունն ստեղծում;
- Ֆայլերի կանչերի բնորոշիչների կուտակման բազայի ստեղծում;
- Authen_ops log ֆայլերից բնորոշիչների արժեքները տվյալների բազա ներմուծելու ծառայության ստեղծում;
- Հեռացման ենթակա Ֆայլերի դասակարգման մաթեմատիկական ալգորիթի մշակում;
- AliEn-ի պահոցներից Ֆայլերի պատճենների հեռացման ծառայության ստեղծում:

2016-2017 թթ. AliEn ինֆրակառուցվածքի զարգացման մշակումներ

Կատարողներ՝ Արմենուհի Աբրամյան, Նարինե Մանուկյան

2013-2017թթ. ԱՄԳԼ-ի WLCG/ALICE Grid կայքի ֆունկցիոնալության մշտադիտարկում և առաջացող պրոբլեմների լուծում

Կատարող՝ Նարինե Մանուկյան

3. Muon Forward Tracker (MFT) գիտասարքի ֆիզիկական կատարողականության հետազոտումը (Physics Performance Study)

3.1 Ամփոփում

MFT գիտասարքը իրենից ներկայացնում է ALICE-ի մոդեռնիզացման (ALICE Upgrade) ընդհանուր ծրագրի բաղկացուցիչ մասը: Այն առաջարկվել է Մյունխային սպեկտրաչափի համագործակցություն կողմից որպես սպեկտրաչափի հավելում՝ մյունային հետազոտների վերականգման և փոխազդեցության գագաթի որոշման ճշգրտությունը զգալիորեն բարելավելու համար: MFT-ն պետք է ինտեգրվի ALICE-ում 2018 թվականին: ԱՄԳԼ-ի ALICE խումբը մասնակցել է MFT նախագծի հիմնավորման նախապատրաստմանը:

Monte Carlo սիմուլացման միջոցով հետազոտվելու են $\mu\mu$ զույգերի ցածր ինվարանտ զանգվածների տիրույթում ընթացող ֆիզիկական պրոցեսների տարանջատման հնարավորությունները և դիտարկվող ֆիզիկական մեծությունների չափման ճշգրտությանները՝ MFT-ի և Մյունխային սպեկտրաչափի համատեղ աշխատանքի դեպքում: Մյունխային սպեկտրաչափի համագործակցության առաջարկով ԱՄԳԼ-ի ALICE խումբը մանրամասնորեն հետազոտելու է (Monte Carlo սիմուլացման միջոցով) MFT-ի ընդգրկման հետևանքները $\mu\mu$ զույգերի ցածր ինվարիանտ զանգվածների տիրույթում հետազոտվող ֆիզիկական պրոցեսների և չափվող մեծությունների համար:

3.2 Աշխատանքների բովանդակությունը և պլան-գրաֆիկը

2013-2014 թթ.՝ MFT-ի կառուցվածքի և ծրագրային ապահովման հետազոտումը:

Կատարողներ՝ Վարդանուշ Պապիկյան, Արա Գրիգորյան

2015-2017թթ.՝ pp բախումներում MFT-ի կատարողականության հետազոտումը սիմուլացման միջոցով:

Կատարողներ՝ Վարդանուշ Պապիկյան, Արա Գրիգորյան

Հետազոտվելու են $\mu\mu$ զույգերի ցածր ինվարանտ զանգվածների տիրույթում ընթացող ֆիզիկական պրոցեսների տարանջատման հնարավորությունները և դիտարկվող

ֆիզիկական մեծությունների չափման ճշգրտությանները՝ MFT-ի և Մյուոնային սպեկտրաչափի համատեղ աշխատանքի դեպքում:

4. ՅԵՌՆ-ում իրականացվող ALICE գիտափորձում ծանր վեկտորական մեզոնների (J/ψ , ψ' , Y , Y' , Y'') ծնման պրոցեսների հետազոտումը պրոտոն-պրոտոնային (p-p), պրոտոն-միջուկային (p-Pb) և միջուկ-միջուկային (Pb-Pb) բախումներում:

4.1.Ամփոփում

Հետազոտվելու են ծանր վեկտորական մեզոնների (J/ψ , ψ' , Y , Y' , Y'') ծնման պրոցեսները՝ p-p, p-Pb և Pb-Pb բախումներում: Կոգնացործվեն ALICE գիտափորձում մինչև 2014 թ. ստացված և 2015 – 2017 թ.թ. ընթացքում ստացվելիք տվյալները: Սպասվում է, որ այդ տվյալների մշակումը կտա նոր կարևոր տեղեկություններ միջուկայինբախումներում առաջացող մատերիայինորվիճակի՝ քվարկ-գլյուոնային պլազմայի(ԲԳՊ)հատկությունների, ինչպես նաև վեկտորական մեզոնների ծնման մեխանիզմների մասին: Կկատարվեն նաև ծրագրային ապահովման և մոդելավորման աշխատանքներ:

4.2.Աշխատանքների բովանդակությունը և պլան-գրաֆիկը 2014-2017

Մասնակցությունփորձարարականտվյալների ստացմանը, մշակմանըև ֆիզիկական վերլուծությանը: Ծրագրային ապահովում և մոդելավորում:

Կատարող՝ Ս.Գրիգորյան

CMS խմբի գործունեության ծրագիր

Հիգգս բոզոնի որոնումը $VBF H \rightarrow B\bar{B}$ պրոցեսում և CASTOR կալորիմետրի տրամաչափումը CMS գիտափորձում

1.1.Ամփոփում

CERN-ի Մեծ Հաղորոնային Կոլայդերի (LHC) վրա Կոմպակտ Մյուոնային Սուլենոիդ (CMS) գիտափորձի գլխավոր խնդիրներից է Հիգգս բոզոնի հայտնաբերումը: Հիգգս բոզոնի որոնումն իրականացվում է նրա տրոհման հինգ հիմնական պրոցեսներով՝ $H \rightarrow \{\gamma\gamma, ZZ, WW, B\bar{B}, \tau\bar{\tau}\}$, որոնք կանխագուշակված են Ստանդարտ մոդելի շրջանակներում: Համաձայն CMS և ATLAS գիտափորձերի համատեղ ներկայացված տվյալների՝ ստացված թե՛ երկու Z-բոզոնների ($H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$), թե՛ երկու գամմա-քվանտերի ($H \rightarrow \gamma\gamma$) տրոհման արդյունքների մշակման հիման վրա հայտնաբերված է նոր մասնիկ, որի զանգվածը մոտ է 125-126 ԳԷՎ-ին նա «շատ նման է Հիգգսի բոզոնին»:

Խումբը առաջարկում է հետազոտել pp -բախումներում վեկտոր-բոզոնային միաձուլման (Vector Boson Fusion- VBF) պրոցեսում ծնված Հիգգս բոզոնը, որը տրոհվում է $b\bar{b}$ -քվարկային զույգի շիթերի: Այս պրոցեսի մոդելավորման համար կոգնացործվեն PYTHIA և CMSSW (CMSSoftWare) ծրագրային փաթեթները: Մոդելավորած տվյալների հիման վրա մշակվելու է դեպքերի ընտրման պայմանները: Նախատեսվում է մշակել 2011թ. 7 ՏեՎ և 2012թ. 8 ՏեՎ էներգիայով pp -բախումների փորձարարական տվյալները: Մեր կողմից նաև մշակված է մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս կատարել հաղորոնային շիթերի էներգետիկ տրամաչափումը՝ օգտագործելով $W \rightarrow q\bar{q}$ տրոհման պրոցեսը:

Մյուս նպատակն է կատարել CMS դետեկտորի առաջնային տիրույթում գտնվող CASTOR (Centauro And Strange Object Research) կալորիմետրի տրամաչափումը՝ օգտագործելով pp -բախումների փորձարարական տվյալները (η , ρ , ω , ϕ) մեզոններով, որոնք տրոհվում

են $\gamma\gamma$, e^+e^- զույգերի: Այս խնդիրը շատ կարևոր է CMS գիտափորձում դիֆրակցիոն պրոցեսների ուսումնասիրման համար: Տրամաչափման եղանկներից մեկը երկէլեկտրոնային կանալով տրոհվող մեզոնների վերականգնումն է՝ օգտագործելով HF (HadronForward) և CASTOR կալորիմետրերը: Մոնտե-Կառլո հաշվարկների հիման վրա ցույց է տրվել, որ 2013թ. p+Pb ($\sqrt{s} = 2.76$ ՏէՎ) ստացված տվյալներում, որտեղ մասնակցում է նաև TOTEM տելեսկոպը հնարավոր է վերականգնել $(e+e)$ կանալով տրոհվող մեզոնները: Պլանավորված է մշակել այդ փորձարարական տվյալները և օգտագործել CASTOR կալորիմետրի էներգետիկ տրամաչափման համար:

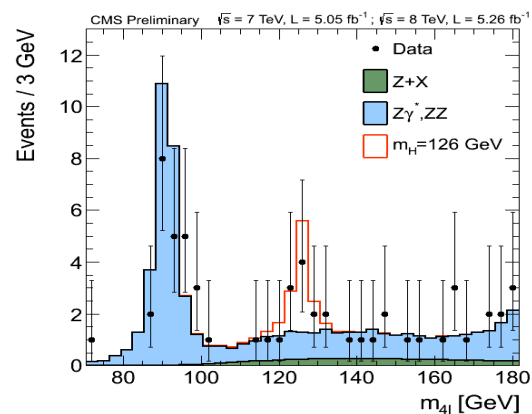
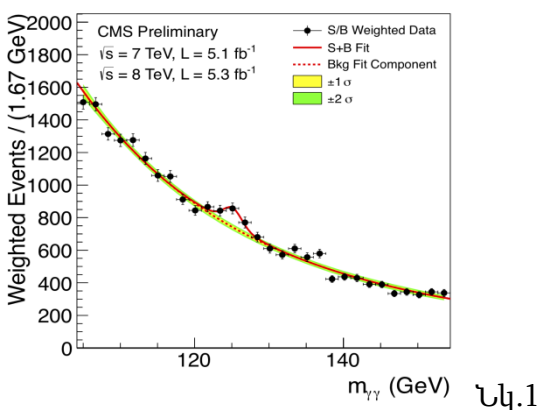
1.2.Բովանդակություն

CERN-ի Մեծ Հաղորդային Կոլայդերի (LHC) վրա Կոմպակտ Մյուոնային Սուլենոիդ (CMS) [1] գիտափորձի գլխավոր խնդիրներից է Հիգգս բոզոնի հայտնաբերումը:

(CMS) դետեկտորը երկու մեծ բազմանպատակային սարքավորումներից մեկն է մասնիկների ֆիզիկայի համար՝ կառուցված Մեծ Հաղորդային Կոլայդերի (LHC)-ի վրա:

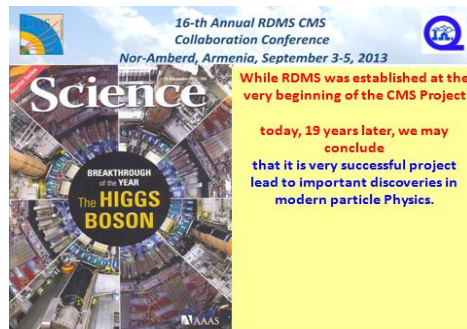
2012թ. հուլիսի 4-ին CERN-ի սեմինարին ATLAS և CMS գիտափորձերի ղեկավարները ներկայացրեցին իրենց Ստանդարտ մոդելի Հիգգս բոզոնի որոնման նախնական տվյալները [2], ստացված թե՛ երկու գամմա-քվանտների ($H \rightarrow \gamma\gamma$), թե՛ չորս լեպտոնների ($H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$) տրոհման արդյունքների մշակման հիման վրա (Նկ.1): Այդ երկու պրոցեսները ունեն գերազանց զանգվածային լուծողականություն; սակայն երկու ֆոտոնով կանալը ուներ թույլ ազդանշան մեծ չափվող ֆոնի վրա և չորս լեպտոնային պրոցեսում ավելի փոքր ֆոնի վրա: Երկու կանալները ցույց տվեցին վիճակագրական ավելցուկ զանգվածների նույն տիրույթում՝ մոտավորապես 125-126 ԳէՎ –ի մոտ: Երևի ATLAS և CMS խմբերի ֆիզիկոսները նույնպես մասնակցել էին նոր մասնիկի հայտնաբերմանը, որը կարող է լինել այսպես կոչված Հիգգս բոզոն: CMS –ը հետազոտել էր պրոտոն-պրոտոն բախումների 2011 և 2012 թ.թ.լրիվ տվյալները, որոնք կազմում էին 5.1 ֆբ⁻¹ ինտեգրալ լուսատվություն 7 ՏէՎ և

ֆբ⁻¹ 8 ՏէՎ էներգիաներով:



CMS-ը հետազոտել էր Հիգգս բոզոնի տրոհման հինգ հիմնական կանալները՝ $H \rightarrow \{\gamma\gamma, ZZ, WW, B\bar{B}, \tau\bar{\tau}\}$: Առաջին երեքի տրոհման արդյունքը տալիս է բոզոն մասնիկների զույգեր ($\gamma\gamma, ZZ, WW$) և երկու կանալների համար՝ ֆերմիոն մասնիկների զույգեր ($b\bar{b}, \tau\bar{\tau}$), որտեղ γ նշանակում է ֆոտոն, Z և W ՝ թույլ փոխազդեցությունների փոխադրողը, b – սքանչելի քվարկ և τ – տաու լեպտոն: $b\bar{b}$ կանալը [3] ունի Ստանդարտ մոդելի պրոցեսներից մեծ ֆոն, որի համար հետազոտվում են դեպքեր, որտեղ Հիգգս բոզոնը

ծնվում է W կամ Z բոզոնի հետ միասին և նրանք տրոհվում են էլեկտրոնների կամ մյուոնների վրա: Նշենք, որ առայժմ bb և $\tau\tau$ կանալներում չի դիտվել դեպքերի ավելցուկ ֆոնի վրա և կարելի է կուտակել նոր տվյալներ, որպեսզի միանշանակ պարզել՝ թե նոր մասնիկը Ստանդարտ մոդելի Հիգգս բոզոնն է, թե դա ազդանշան է նոր ֆիզիկայի Ստանդարտ մոդելի սահմաններից դուրս: LHC-ն հաջող շարունակում է իր աշխատանքը: 2012 թ. տարվա վերջին կուտակված տվյալների ծավալը երապատկվեց և շնորհիվ դրան շարունակվեց նոր մասնիկի բնության հետազոտումը: 2011 -2013 թ.թ. լրիվ տվյալները, որոնք կազմել են 5.1 ֆբ^{-1} ինտեգրալ լուսատվություն 7 ՏէՎ և 19.5 ֆբ^{-1} 8 ՏէՎ էներգիայով, ցույց տվեցին, որ Ստանդարտ մոդելի Հիգգս բոզոնը սկայյար մասնիկ է (0^+): Այդ տվյալները տպագրվել են SCIENCE (vol.338 p.1569) ամսագրում



Խմբի ներկայացվաց ծրագրում մենք առաջարկում ենք հետազոտել pp -բախումներում վեկտոր-բոզոնային միաձուլման (Vector Boson Fusion - VBF) պրոցեսում ծնված Հիգգս բոզոնը, որը տրոհվում է $b\bar{b}$ -քվարկային զույգի շիթերի (Նկ.2): Հետազոտվող պրոցեսի վերջնական վիճակում կա նաև երկու թեթև քվարկ: Այս պրոցեսի մոդելավորման համար օգտագործելու ենք PYTHIA և CMSSW (CMS SoftWare) ծրագրային փաթեթները: Մոդելավորած տվյալների հիման վրա մշակվելու է դեպքերի ընտրման պայմանները:

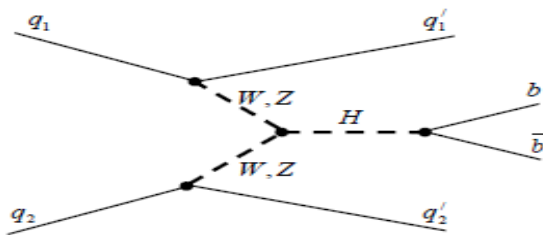
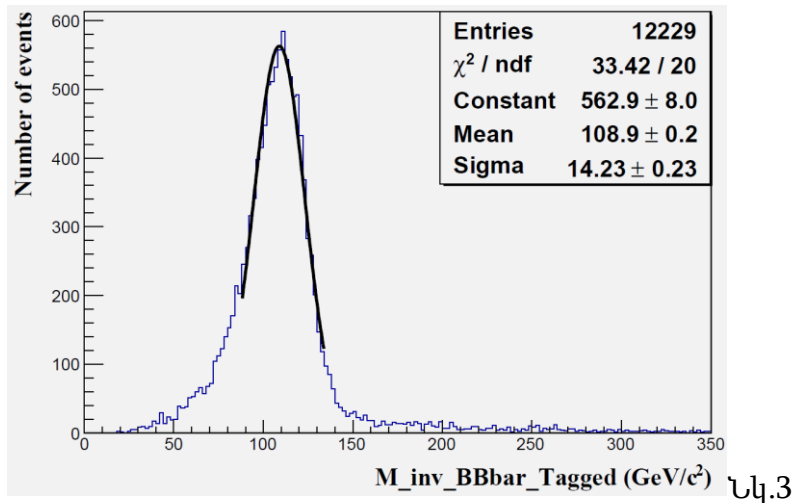


Fig.2

Այս պրոցեսի կտրվածքը 7 ՏէՎ էներգիայի դեպքում կազմում է 0.7 պբ: Վերջերս մենք մշակել ենք դիտարկվող պրոցեսի համար գեներացման-մոդելավորման-վերականգման կոդը: Որպես օրինակ, Նկ.3 ցույց է տրված 125 ԳէՎ զանգվածով Հիգգս բոզոնի համար տրոհման b - շիթերի ինվարիանտ զանգվածների բաշխումը: Այդ բաշխման միջին առժեքի շեղումը պայմանավորված է նրանով, որ հաշվարքներում չի արվել շիթերի էներգետիկ ուղղումները:

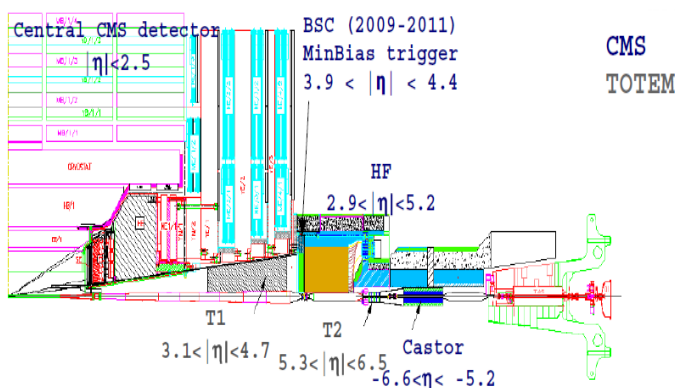
Նախատեսվում է մշակել $2011\text{թ. } 7 \text{ ՏէՎ}$ և $2012\text{թ. } 8 \text{ ՏէՎ}$ էներգիայով pp -բախումների փորձարարական տվյալները: Մեր կողմից նաև մշակված է մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս կատարել հաղորդային շիթերի էներգետիկ տրամաչափումը՝ օգտագործելով $W \rightarrow q\bar{q}$ տրոհման պրոցեսը [4]:



Նկ.3

ԱԱԳԼ- CMS խումբը երկար տարիների ընթացքում ուսումնասիրում է Պոմերոնի պարտոնային կառուցվածքը կոշտ դիֆրակցիոն պրոցեսներում CMS դետեկտորի առաջնային տիրույթում [5-7]: Այդ պրոցեսների անալիզի համար pp - բախումներում հարկավոր է օգտագործել CASTOR կալորիմետրի տվյալները: Դրանից ելնելով կարելի է դարձնում CASTOR կալորիմետրի տրամաչափումը:

Ծրագրի մյուս նպատակն է կատարել CMS դետեկտորի առաջնային տիրույթում գտնվող CASTOR (Centauro And Strange Object Research) կալորիմետրի տրամաչափումը՝ օգտագործելով pp -բախումների փորձարարական տվյալները (η , ρ , ω , ϕ) մեզոններով, որոնք տրոհվում են $\gamma\gamma$, e^+e^- զույգերի: CASTOR կալորիմետրը [8] տեղադրված է CMS գիրափորձում փնջերի փոխազդեցությունների կետից 14.4 մ հեռավորության վրա և ծածկում է փսևդոարագությունների $-6.6 < \eta < -5.2$ տիրույթը (տես նկ. 4):



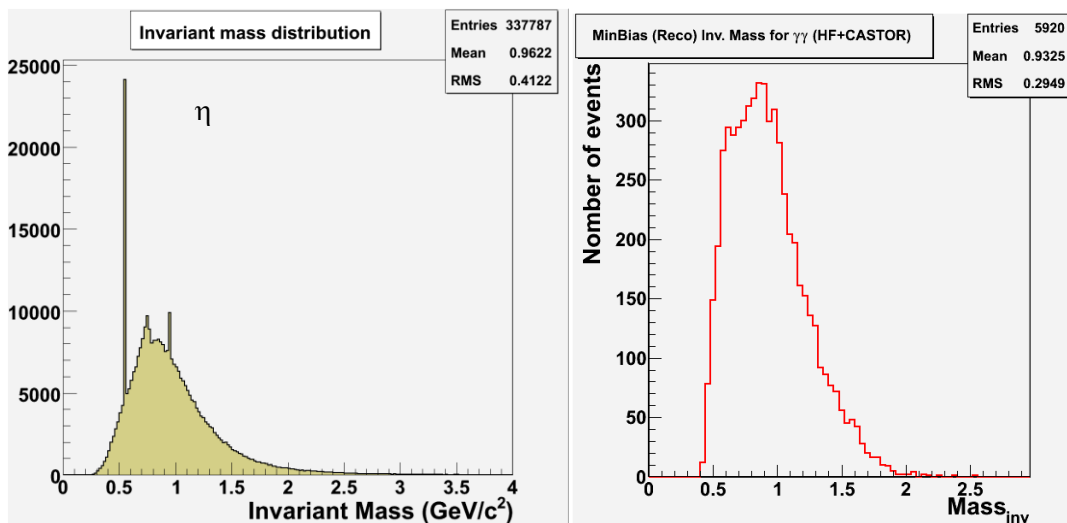
Նկ.4

Այն քվարկ-ոլֆրամե Չերենկովյան ճառագայթման կալորիմետր է: CASTOR-ում ազդակն առաջանում է, երբ քվարկը ակտիվ միջավայրով անցնում են հեղեղների լիցքավորված մասնիկները, որոնք ունեն շեմայինից բարձր էներգիա (190 ԿԷՎ էլեկտրոնների համար): CASTOR –ի երկայնական բաժանումը հնարավոր է դարձնում էլեկտրամագնիսական (e, γ) և հաղորդային (շիֆերի) հեղեղները արդյունավետ նույնականացնել:

Մենք կկենտոնանանք նաև կալորիմետրի տրամաչափման խնդրի վրա:

Առաջարկվում է օգտագործել մեզոնների էլեկտրամագնիսական էլքերով տրոհումները, որոնց շնորհիվ կկատարվի էլեկտրամագնիսական մոդուլների տրամաչափումը: Վերը նշված տարբերակով տրամաչափման եղանակներից մեկը դա տարբեր մեզոնների (η , ρ , ω , ϕ) e^+e^- /կամ $\gamma\gamma$ զույգերի տրոհումն է: Քանի որ նրանք ունեն բավականին փոքր զանգված, տրոհման անկյունը նույնպես կլինի փոքր, մեծ էներգիաների դեպքում, հետևաբար վերջնական վիճակի գրանցումը կարելի է կատարել օգտագործելով CASTOR և HF (CASTOR-ին ամենամոտ) կալորիմետրերը: TOTEM [9] սարքավորումը կարող է օգնել e/γ նույնականացման հարցում և, ինչը նույնքան կարևոր է, ունենալով TOTEM տվյալները կունենանք մասնիկների հետազոծերի η - ϕ փոփոխականների ճշգրիտ արժեքները:

Այսպիսի էլեկտրոնային էլքով տրոհվող մեզոնների վերականգնման հնարավորությունն ուսումնասիրվել է Մոնտե-Կառլո մեթոդով՝ օգտագործելով PYTHIA 6 [10] ֆիզիկական պրոցեսների գեներատորը և CMSSW [11] ծրագրային փաթեթը: PYTHIA գեներատորի օգնությամբ գեներացվել են pp- բախումներ և մշակվել է η մեզոնի ճանաչման մեթոդ գամմա զույգերի ինվարիանտ զանգվածի հիման վրա: Ուսումնասիրություններից պարզ դարձավ, որ 7 ՏէՎ տվյալներում սիստեմատիկ և ստատիստիկ անճշտությունների պատճառով η մեզոնի վերականգնումը 7 ՏէՎ (2010-2011թթ) և 2.76 ՏէՎ (2011թ) pp- դեպքերում խիստ ճնշված է ֆոնի պատճառով: Տրամաչափման խնդրի համար ավելի խոստումնալից են 900 ԳէՎ pp- բախումների ուսումնասիրությունները (Նկ.5):

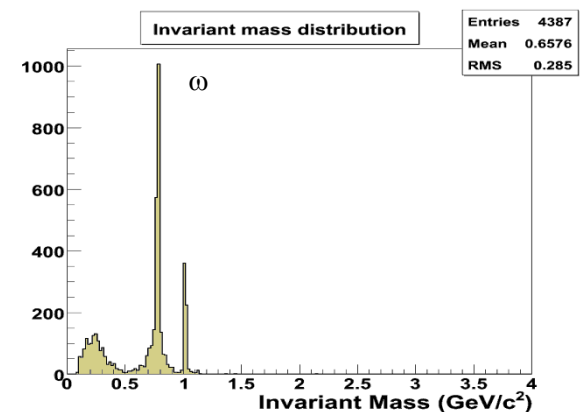


Նկ.5. $\gamma\gamma$ զույգերի ինվարիանտ զանգվածների բաշխում HF և CASTOR դետեկտորներում (900 GeV). Գեներատորի մակարդակ (ձախ մասում) և վերականգնումից հետո (աջ)։

Քանի որ CMS-ը չունի հետազոծ գրանցող սարքավորում նման փոքր անկյունների տակ, խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է միավորել CMS+TOTEM տվյալները, ինչը տեղի ունեցավ 2013 փետրվարին p - Pb տվյալների գրանցման ժամանակ: Ունենալով լիցքավորված մասնիկների հետազոծերի անկյունային պարամետրերը TOTEM տվյալներից և կատարելով էլեկտրամագնիսական/հաղորդային հեղեղների նույնականացում CASTOR կալորիմետրում, մենք կարող ենք կատարել էլեկտրոնների նույնականացում: 2013թ. սկզբին ստեղծվեց CASTOR էլեկտրամագնիսական տրիգեր,

տվյալների էֆֆեկտիվ գրանցման նպատակով մշակվեցին համապատասխան տրիգերային կոնֆիգուրացիաներ CMS և TOTEM գիտափորձերի ելքերի հիման վրա, որոնց օգնությամբ կարելի կլինի լուծել կալորիմետրի տրամաչափման խնդիրը:

Էլեկտրոնային ելքերով դեպքերի համար նույնպես կատարվել են Մոնտե-Կարլո հաշվարկներ՝ կատարելով էլեկտրոնների վերականգնում TOTEM և CASTOR սարքավորումներում, (նկ. 6) հաշվի առնելով վիճակագրության համար իրական պայմանները:



Նկ.6. ω մեզոնի ինվարիանտ զանգվածի վերականգնումը e^-e^+ զույգերով՝ գրանցված CASTOR և TOTEM դետեկտորներում:

Կատարված Մոնտե-Կարլո ուսումնասիրությունների հիման վրա կարելի է եզրակացնել, որ 2013 փետրվարին տեղի ունեցած CMS+TOTEM համատեղ տվյալների գրանցման ժամանակ հավաքած դեպքերը բավարար են ω մեզոնի զանգվածը վերականգնելու համար:

Պլանավորված է մշակել այդ փորձարարական տվյալները և օգտագործել CASTOR կալորիմետրի էներգետիկ տրամաչափման համար:

Գրականություն

- [1] S. Chatrchyan et al. The CMS experiment at the CERN LHC, CMS Collaboration JOURNAL OF INSTRUMENTATION Volume: 3 , S08004 , 2008
- [2] Chatrchyan, S.; Khachatryan, V.; Sirunyan, A. M.; et al. Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC, CMS Collaboration, PHYSICS LETTERS B 716 , 1, 30 , 2012
- [3] Chatrchyan, S.; Khachatryan, V.; Sirunyan, A. M.; et al. Search for the standard model Higgs boson decaying to bottom quarks in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV, CMS Collaboration PHYSICS LETTERS B 710 , 2 , 284, 2012
- [4] A. Tumasyan et al. Jet Energy Scale Calibration Using $W \rightarrow q\bar{q}$ Process”, CMS IN-2011/010, CERN, Geneva
- [5] S. Chatrchyan, G. Hmayakyan, V. Khachatryan, A. Sirunyan . Studying quark-antiquark parton distributions in Double Pomeron Exchange. CMS AN-2008/067, CERN, Geneva, 2008.
- [6] Sirunyan A. M.; Chatrchyan S.; Khachatryan V.; Tumasyan A. Investigation of the parton structure of pomeron in b -pair double-Pomeron-exchange production on the CMS (LHC). Journal of Contemporary Physics – Armenian Academy of Sciences, vol. 47 , 4, pp. 145-152 , 2012

- [7] A.Sirunyan, V.Khachatryan, S.Chatrchyan.First observation of Single Pomeron Exchange with $\mu^+\mu^-$ pair production. 15th Annual RDMS Conference, Alushta , May 22-28, 2011.
- [8] G. L. Bayatian et al. [CMS Collaboration], CMS technical design report, volume II: Physics performance, J.Phys. G 34 (2007) 995.
- [9] TOTEM Collaboration “TOTEM Technical Design Report,” CERN/LHCC 2004-002, 2004.
- [10] T. Sjostrand, L. Lonnblad, and S. Mrenna. “PYTHIA 6.2: Physics and manual”, arXiv:hep-ph/0108264.
- [11] “CMS Software home page.” <https://cmsdoc.cern.ch/cms/cpt/Software/html/General/>

1.3. Աշխատանքների պլան-գրաֆիկը

2013- 2015

ա) Առաջարկվում է հետազոտել pp -բախումներում վեկտոր-բոզոնային միաձուլման (Vector Boson Fusion - VBF) պրոցեսում ծնված Հիգզս բոզոնը, որը տրոհվում է $b\bar{b}$ - քվարկային զույգի շիթերի՝

- Վեկտոր-բոզոնային միաձուլման (Vector Boson Fusion - VBF) պրոցեսի համար կատարել Մոնտե-Կառլո մոդելավորում , օգտագործելով PYTHIA և CMSSW(CMS Soft Ware) ծրագրային փաթեթները:
- Մոդելավորած տվյալների հիման վրա մշակել (Vector Boson Fusion - VBF) պրոցեսի դեպքերի ընտրման պայմանները (տրիգերը):
- Մշակել 2011թ. 7 ՏէՎ և 2012թ. 8 ՏէՎ էներգիայով pp -բախումների կուտակված փորձարարական տվյալները:
- Մշակված տվյալների հիման վրա կատարել ֆիզիկական վերլուծությունը հաշվի առնելով հաղորդային շիթերի էներգետիկ տրամաչափումը :

Կատարողներ՝ Ա.Սիրունյան, Ա.Թումասյան, Ս.Չատրչյան, Վ.Խաչատրյան

2014- 2016

բ) Առաջարկվում է կատարել CMS դետեկտորի առաջնային տիրույթում գտնվող CASTOR (Centauro And STRange Object Research) կալորիմետրի տրամաչափումը՝

- e^+e^- /կամ $\gamma\gamma$ զույգերի տրոհվող մեզոնների (η , ρ , ω , ϕ) վերականգնումն՝ օգտագործելով HF (Hadron Forward) և CASTOR կալորիմետրերը:
- Մոնտե-Կառլո հաշվարկներ CASTOR կալորիմետրի տրամաչափման համար օգտագործելով TOTEM տելեսկոպը :
- $p+Pb$ ($\sqrt{s} = 2,76$ ՏէՎ) 2013 թ. փորձարարական տվյալների մշակում ընդգրկելով TOTEM տելեսկոպի և CASTOR կալորիմետրի մասնակցությունը:
- $e+e$ կանալով տրոհվող ω մեզոնի վերականգնումը և CASTOR կալորիմետրի տրամաչափումը:
- 4 ՏէՎ էներգիա ունեցող պրոտոնային հանդիպակաց փնջերի բախումների արդյունքում CMS գիտափորձում գրանցված դիֆրակցիոն մյուոնային զույգերի տվյալների մշակում:

Կատարողներ՝ Ա.Սիրունյան, Վ.Խաչատրյան , Ա.Թումասյան, Ս.Չատրչյան

2. Հաղորդների կառուցվածքը և բարձր էներգիաների էլեկտրոնների և ֆոտոնների հետ փոխազդեցության հասկությունները՝ համագործակցություն JL ab-ի հետ (A, B, C, D սրահներ)

(Իրականացվում է ԱՍԳԼ-ի և Ջեֆերսոնի լաբորատորիայի A, B, C և D սրահների համագործակցության շրջանակներում)

Նախաբան

Դեռևս 1990 թ. ԱՄԳԼ (ԵրՖԻ)-ի խումբը (100/2) խումբն, օգտագործելով CEBAF արագացուցչի էլեկտրոնային և ֆոտոնային փնջերը և նրա A, B, C սրահների սարքերը կատարել է բազմաթիվ կարևոր փորձեր: Մեր խումբն էական ներդրում է ունեցել մի շարք դետեկտորների նախագծման և կառուցման աշխատանքներում: Մենք առաջարկել և կատարել ենք մի քանի գիտափորձեր, առանցքային դեր ենք ունեցել Ջեֆերսոն Լաբ-ում կատարված համարյա բոլոր փորձերում: Մենք մասնակցել ենք չափումներին և տվյալների մշակմանը: Մեր աշխատանքների արդյունքներն արտացոլվել են ավելի քան 80 տպագրությունների և Միջազգային գիտաժողովների զեկույցներում:

Սույն նախագծի շրջանակում 2013-2018 թ.թ. ԱՄԳԼ-ի խումբը կշարունակի մասնակցել 12 ԳԷՎ Էներգիայի փնջի ֆիզիկական ծրագրերի և փորձարարական A, B, C և D սրահներում մասնիկների գրանցման և տարանջատման համակարգերի կատարելագործմանը:

Ստորև ամփոփ կներկայացնենք CEBAF 12 ԳԷՎ կատարելագործումից հետո առաջնահերթ նախատեսված և թողարկման գիտափորձերի ընդհանուր ֆիզիկական էությունը, կլուսաբանենք այն հարցերն ու պարասականությունները, որտեղ ԱՄԳԼ (ԵրՖԻ)-ի խումբը կունենա առաջատար դեր, մենք կարծարծենք նաև այս գործնետության համար պահանջվող միջոցները: Նկատի ունենալով, որ մեր գործնետությունը սերտ կապված է Ջեֆերսոն Լաբ-ի փորձարարական սրահների սարքավորման և գիտական ծրագրերի հետ, մենք առանձին կներկայացնենք A, B, C և D սրահներում ԱՄԳԼ-ի խմբի աշխատանքների համառոտ նկարագրությունը:

A. Համագործակցություն Ջեֆերսոնի Լաբորատորիայի A-սրահում

Սույն նախագծի շրջանակներում 2013-2018 թ.թ. ԱՄԳԼ-ի (ԵրՖԻ) խումբը կշարունակի համագործակցությունը Ջեֆերսոնի Լաբորատորիայի A-սրահում: Մենք կմասնակցենք 12 ԳԷՎ էլեկտրոնային փնջով կատարվող առաջիկա մի շարք փորձերին: Խուբը կմասնակցի A-սրահի 12 ԳԷՎ փորձերին անհրաժեշտ նոր սարքերի նախագծմանը, կառուցմանը, և ներկայիս սարքերի կատարելագործմանը:

A1. Մասնակցություն A-սրահի ֆիզիկական ծրագրերին

A1.1 E12-06-122: “Վալենտային քվարկների տիրույթում նեյտրոնի A_1^0 սպինային ասիմետրիայի չափումը, օգտագործելով 8.8 ԳԷՎ և 6.6 ԳԷՎ էներգիաների փունջ և A-սրահի BigBite սպեկտրոմետրը”

Գիտափորձի նպատակն է, օգտագործելով 8.8 և 6.6 ԳԷՎ էներգիաների փունջ և A-սրահի BigBite սպեկտրոմետրը, խորը ոչ-առաձգական տիրույթում չափել նեյտրոն-վիրտուալ ֆոտոն A_1^0 ասիմետրիան մինչև $x_{Bj} = 0.71$ [1]. Այս չափումները վալենտային քվարկների տիրույթում $x_{Bj} = 0.6$ -ից մեծ արժեքներում կլինեն առաջին ճշգրիտ տվյալները, ուստի կստուգեն ռելատիվիստիկ բաղկացուցիչ քվարկային մոդելի և պերտուրբատիվ QCD-ի զանազան կանխագուշակումներ [2]:

ԵրՖԻ-ի խումբը զգալի ներդրում կունենա ենթադրվող փորձերի սարքերի նախապատրաստմանը և տեղադրմանը: ԵրՖԻ-ի խմբի անդամներն էական դեր կկատարեն BigBite-ի և HRS-ի էլեկտրոնիկայի նախապատրաստման և ստուգման

գործում: YerPhI-ի մասնակիցները նաև զգալի ներդրում կկատարեն BigBite-ի կալորիմետրի և BigBite-ի դրեյֆային խցերի տրամաչափման համար:

Գրականություն.

1. *JLab experiment E12-06-122, G. Rosner, B. Wojtsekhowski, X. Zheng, Z.E. Meziani, N. Liyanage, et al., Measurement of neutron asymmetry A_1^n in the valence quark region using 8.8 GeV and 6.6 GeV beam energies and Bigbite spectrometer in Hall A.*
2. *E. Leader, A. V. Sviridov and D. B. Stamenov, Phys. Rev. D73, 034023 (2006)*

A1.2 E12-07-109: “13 և 15 (ԳէՎ/ս)² արժեքներում մեծ արքեպտանսով պրոտոնի ֆորմ ֆակտորների հարաբերության չափում, ետհարված- բևեռացման մեթոդով”

E12-07-109 գիտափորձի նպատակն է ետհարվածի բևեռացման մեթոդով չափել պրոտոնի G_E^p և G_M^p առաձգական ֆորմ ֆակտորների հարաբերությունը մինչև 15 ԳէՎ²: Պրոտոնի կառուցվածքի բոլորովին նոր պատկեր առաջացավ A-սրահի երկու գիտափորձերից հետո, որոնք ցույց տվեցին, որ Q^2 -ու 1-ից մինչև 5.6 ԳէՎ² տիրույթում G_E^p/G_M^p հարաբերությունը իրականում հաստատուն չէ [2-4]: Այս արդյունքները հակասում են Ռոզենբլուտյան բաժանման գիտափորձերի ընդհանուր վարքագծին: A-սրահի բևեռացված գիտափորձերի անսպասելի արդյունքներին հետևեց նույն մեթոդով C-սրահում կատարված G_E^p/G_M^p հարաբերության չափումը Q^2 -ու մինչև 8.5 ԳէՎ² տիրույթ: C-սրահի գիտափորձը հաստատեց, որ G_E^p/G_M^p հարաբերությունը Q^2 -ու աճի հետ նվազում է [6]:

Առաջարկված E12-07-109 գիտափորձը կընդլայնի Q^2 -ու տիրույթը մինչև $Q^2 \sim 15$ ԳէՎ², և հնարավորություն կտա մտնել Q^2 -ների այնպիսի տիրույթ, որտեղ G_E^p -ն բոլորովին անհայտ է: Ետհարվածի բևեռացման մեթոդի օգտագործմամբ ֆորմ ֆակտորների G_E^p/G_M^p հարաբերությունը տվյալ Q^2 -ու համար կարելի է ստանալ առանց բացարձակ կտրվածք չափելու և առանց փնջի էներգիան կամ դետեկտորի անկյուն փոփոխելու, սահմանափակելով սիստեմատիկ սխալների աղբյուրները:

ԵրՖԻ-ի խմբի ներդրումն զգալի կլինի նախատեսվող փորձի սարքավորման պատրաստման և տեղադրման գործում: ԵրՖԻ-ի խմբի անդամներն որոշիչ դեր կկատարեն BigCal-ի և պրոտոնային թևի էլեկտրոնիկայի պատրաստման և ստուգման համար: Էլեկտրոնային և պրոտոնային թևի տրամաչափումը կարվի ԵրՖԻ-ի խմբի ակտիվ մասնակցությամբ: Խմբի անդամները կմասնակցեն նաև երկու թևերի տրիգերների պատրաստմանը: Փորձարարական սարքի սրահում տեղադրման, և գիտափորձում նրա սպասարկման զգալի մասը կկատարի ԵրՖԻ-ի խմբը: Խմբի անդամները նաև կմասնակցեն փորձարարական տվյալների մշակմանը:

Գրականություն.

1. *JLab E12-07-109, C.F. Pedrisat, L.P. Pentchev et al., Large Acceptance Proton Form Factor Ratio Measurements at 13 and 15 (GeV/c)² Using Recoil Polarization Method.*
2. *O. Gayou et al., Phys Rev. Lett. 88, 092301 (2002).*
3. *V. Punjabi et al., Phys Rev. C71, 055202 (2005).*
4. *O. Gayou et al., Phys Rev. C64, 038202 (2001).*
5. *J. Arrington, Phys. Rev. C68, 034325 (2003).*
6. *A.J. Puckett et al., Phys. Rev. Lett. 104, 242301 (2010)*

A1.3 PR-09-016: “Բարձր Q^2 -ներում նեյտրոնի էլեկտրամագնիսական ֆորմ ֆակտորների հարաբերության չափում”

PR-09-016 գիտափորձի նպատակն է որոշել նեյտրոնի էլեկտրամագնիսական ֆորմ ֆակտորների G_E^n / G_M^n հարաբերությունը $Q^2=5.0, 6.8, \text{ և } 10.2$ ԳէՎ^2 արժեքներում, չափելով կրկնակի բևեռացված համարյա-ինկլյուզիվ ${}^3\overline{\text{He}}(\bar{e}, e'n)pp$ ցրման կտրվածքի $A_\perp$ լայնական ասիմետրիան համարյա-առաձգական կինեմատիկայում: Այս մեծությունը կարող է օգտագործել ֆորմ ֆակտորի որոշման համար, երբ $Q^2 G_M^n$ համար կլինեն ճշգրիտ տվյալներ [1]: Ներկայումս $Q^2 > 3.5$ ԳէՎ^2 տիրույթում G_E^n -ի համար չկան կրկնակի բևեռացման մեթոդով ստացված ճշգրիտ տվյալներ:

Նախատեսվող գիտափորձի գրանցման համակարգի բազմաթիվ խնդիրներ կլուծվեն ԵրՖԻ-ի խմբի կողմից: Խմբի անդամները կմասնակցեն էլեկտրոնային և ադրոնային թևերի գրանցող սարքերի փորձարկմանը և տրամաչափմանը: Ինչպես նախկինում կատարված E02-013 գիտափորձում, ԵրՖԻ-ի խումբը կգլխավորի փորձարարական սրահում դետեկտորների տեղադրման և նրա հետագա սպասարկման աշխատանքները: ԵրՖԻ-ի խումբը կլինի պատասխանատու գրանցող սարքերի էլեկտրոնիկայի զարգացման և նրա ներդրման համար, և էական մասնակցություն կունենա գիտափորձի տվյալների մշակման աշխատանքներում:

Գրականություն.

1. B. Wojtsekhowski, G. Cates, S. Riordan, et al., PR-09-016, *Measurement of the Neutron Electromagnetic Form Factor Ratio at High Q^2*

A1.4 PR-09-019: “Հարաբերության մեթոդով Նեյտրոնի ֆորմ ֆակտորի ճշգրիտ չափում մինչև $Q^2 = 18.0$ ($\text{ԳէՎ}/c$)²”

Այս գիտափորձի նպատակն է կատարել նեյտրոնի G_M^n մագնիսական ֆորմ ֆակտորի ճշգրիտ չափումներ $Q^2=3.5, 4.5, 6.5, 8.5, 10., 12., 13.5, 16. \text{ և } 18.0$ ($\text{ԳէՎ}/c$)² արժեքներում [1]. G_M^n -ի քիչ տվյալներ կան նշված կինեմատիկ տիրույթում, և գոյություն ունեցող տվյալները ունեն մեծ սխատեմատիկ սխալներ: Առաջարկվող փորձում “հարաբերության մեթոդի” [2] օգտագործմամբ, որում G_M^n -ը որոշվում է համարյա առաձգական էլեկտրոն դեյտրոն ցրման նեյտրոնի-համընկման և պրոտոնի համընկման դեպքերի հարաբերությունից, զգալիորեն նվազեցվում է սխատեմատիկ սխալը: Գիտափորձը ցրված էլեկտրոնների գրանցման համար կօգտագործի BigBite սպեկտրոմետրը, իսկ պրոտոնների և նեյտրոնների գրանցման համար BigHAND-ը:

ԵրՖԻ-ի խմբի անդամները պատասխանատու են եղել սույն նախագծի համար պահանջվող Մոնտե Կարլո մոդելավորման հաշվարկերի մի մասին....: Մենք էական ներդրում կունենանք գիտափորձի սարքերի պատրաստման և փորձարարական սրահում նրանց տեղադրման աշխատանքներում: ԵրՖԻ-ի խումբը գլխավոր դեր կխաղա չափումների ընթացքում փորձարարական սարքի ապահովման գործում, և կմասնակցի տվյալների մշակմանը:

Գրականություն.

1. B. Quinn, B. Wojtsekhowski, R. Gilman, et al., PR-09-019, Precision Measurement of the Neutron Magnetic Form Factor up to $Q^2 = 18.0 \text{ (GeV/c)}^2$ by the Ratio Method.
2. S. Abrahamyan, GEANT-4 simulation with saturation effect in light output.

A.2 Սարքավորումների և ծրագրերի նախագծում և ստեղծում

A2.1 Սարքավորումների նախագծում և ստեղծում

ԵրՏԻ-ի խմբի անդամները կմասնակցեն առջիկա գիտափորձերի համար խիստ անհրաժեշտ սարքերի և ծրագրերի նախագծմանը և ստեղծմանը: Դրանք են՝

- a) Բարձր Լուծելիության սպեկտրոմետրի, (HRS)-ի, արդիականացում – կատարելագործել VDC-ի բազմապատկիչ քարտը, կատարելագործել ֆոկուսային հարթության բևեռաչափը, կատարելագործել ճակատային և վերջնամասի էլեկտրոնիկան, և տրիգերային էլեկտրոնիկան:
- b) G_{Ep} և A^1_n գիտափորձերի համար նախագծել և կառուցել բարձր հաճախության FASTBUS տրիգերային համակարգ, FASTBUS ADC և TDC մոդուլների ստուգման համար ստեղծել փորձարարական սարքավորում:
- c) Նախագծել և պատրաստել Super BigBite և BigBite սպեկտրոմետրների ճակատային և վերջնամասային էլեկտրոնիկան:

A2.2 Ծրագրերի նախագծում և ստեղծում

- a) Super BigBite և BigBite սպեկտրոմետրների էֆեկտիվության ուսումնասիրման MC մոդելավորման ծրագրերի ստեղծում:
- b) Առաջիկա 12 ԳԷՎ փորձերի տարբեր տրիգերային համակարգերի հաճախությունները գնահատելու MC մոդելավորման ծրագրերի ստեղծում:
- c) BigBite էլեկտրամագնիսական կալորիմետրի տրամաչափման ծրագրի ստեղծում:
- d) DAQ-ի ծրագրի ստեղծում, որը թույլ կտա G_{Ep} և A^1_n փորձերում անհրաժեշտ բարձր հաճախությամբ աշխատեցնել FASTBUS տրիգերային համակարգը:
- e) Ստեղծել տվյալների online և offline մշակման ծրագրեր, հատկապես G_{En-2} գիտափորձի համար (որպես G_{En-1} գիտափորձի համար մեր խմբի կողմից նախկինում կատարված աշխատանքների շարունակություն):

A3. Hall A-ում նախագծով ենթադրվող գործերի ժամկետները 2013-2018թ.թ.

2013 թ.

- HRS-ի էլեկտրոնիկայի կատարելագործում
- GeP-5 գիտափորձում SBS-ի HCal-ի և ECal-ի MC ուսումնասիրություններ
- Բարձր հաճախության FASTBUS տրիգերային ցանցի ստեղծում /փորձարկում

2014 թ.

- 12 ԳԷՎ գիտափորձերի համար HRS-ի ստուգումներ և թողարկում
- Բարձր հաճախության FASTBUS տրիգեր համակարգի կառուցում
- Ֆոնային դեպքերի հաճախության Մոնտե Կարլո ուսումնասիրություններ
- Մասնակցություն SBS-ի կառուցման աշխատանքներին

2015 թ.

- Մասնակցություն SBS-ի կառուցմանը և տեղադրմանը
- 12 ԳԷՎ փորձերի On-line մշակման և տրամաչափման ծրագրերի ստեղծում

2016 թ.

- Մասնակցություն թողարկման գիտափորձերին
- Մասնակցել SBS, BigBite և HRS-ի գրանցող համակարգերի սպասարկմանը
- SBS, BigBite և HRS-ի տվյալների On-line մշակում և տրամաչափում

2017 թ.

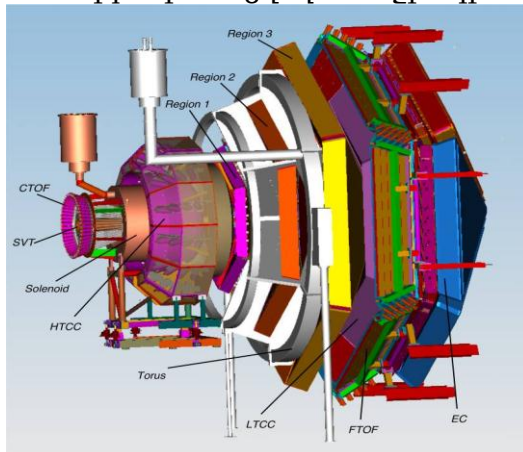
- Մասնակցություն 12 ԳԷՎ Էներգիայի գիտափորձերին
- Տվյալների մշակման և տրամաչափման ծրագրերի կատարելագործում
- Մասնակցել SBS, BigBite և HRS-ի գրանցիչ համակարգերի սպասարկմանը

2018 թ.

- Մասնակցություն 12 ԳԷՎ Էներգիայի գիտափորձերին
- Սվյալների մշակման և տրամաչափման ծրագրերի կատարելագործում
- Մասնակցել SBS, BigBite և HRS-ի գրանցիչ համակարգերի սպասարկմանը

Բ. Համագործակցություն JLAB-ի Բ-սրահի հետ

Ջեֆերսոնի լաբորատորիայի Բ-սրահի հետ աշխատող ԱՄԳԼ-ի խումբը կշարունակի մասնակցել CLAS12 դետեկտորի նախագծմանն և կառուցմանը, գիտասարքերի թողարկմանը, ստուգմանը և տրամաչափմանը, ինչպես նաև CLAS-ի և ապագա CLAS12-ի գիտափորձերի ֆիզիկական տվյալների մշակմանը: Խումբը կշարունակի նաև ակտիվորեն մասնակցել ոչ-CLAS համագործակցության HPS փորձին, որը կլինի 12 ԳԷՎ ժամանակաշրջանում Hall B-ում իրականացվող առաջին գիտափորձը:



Նկ.Բ.1: CLAS12 դետեկտորի սխեմատիկ տեսքը

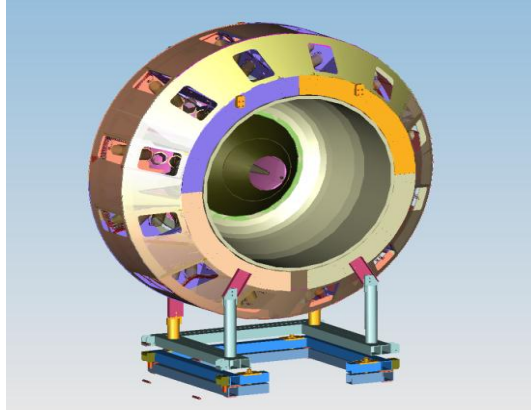
Բ1. Սարքավորումների զարգացման նախագծեր

Բ1.1 Նախահեղեղային կալորիմետր (PCAL)

CLAS12 դետեկտորը հանդիսանում է բարդ գրանցիչ: Նրա նոր և կարևոր բաղադրիչներից է նախահեղեղային կալորիմետրը : Այն կազմված է 6 մոդուլներից, որոնցից յուրաքանչյուրն եռանկյունաձև է, և բաղկացած կապարե թիթեղների միջև տեղադրված սցինտիլյացիոն թերթերից: 2013 թ. ընթացքում ավարտվել են սցինտիլյացիոն ձողերի և մանրաթելերի որակի ստուգումները, և հավաքվել են բոլոր 6 մոդուլները, որոնք ստուգվել են կոսմիկական ճառագայթներով և պատրաստ են տեղադրման: Տեղադրումից հետո մեր խումբը կմասնակցի մոդուլների տրամաչափման և թողարկման աշխատանքներին:

B1.2 Բարձր շեմային Չերենկովյան հաշվիչ (HTCC) և Օդակային պատկերման Չերենկովյան հաշվիչ (RICH)

2013-2016 թ.թ. ընթացքում ԵրՖԻ-ի խումբը կմասնակցի CLAS12 սպեկտրոմետրի Բարձր շեմային Չերենկովյան հաշվիչի (HTCC) կառուցման, տեղադրման, տրամաչափման և թողարկման աշխատանքներին: Մենք կմասնակցենք ապագա օդակային պատկերման Չերենկովյան հաշվիչի (RICH)-ի թեթև-քաշի էլիպսոիդային հայելու նախագծմանը, ստեղծմանը և տեղադրմանը, որը կփոխարինի Ցածր Շեմային Չերենկովյան Հաշվիչին (LTCC): RICH-ի հայելու աշխատանքները կսկսվեն 2016 թ.:



Նկ.B.2 Բարձր շեմային Չերենկովյան հաշվիչ

B1.3 Դանդաղ վերահսկում

Խումբը կմասնակցի B-սրահի դանդաղ կառավարման համակարգի ստեղծմանն ու գործարկմանը: Մեր մասնակցության հիմնական ոլորտները կլինեն բարձր և ցածր լարման համակարգերի ինտեգրումը, JLab-ի կողմից զարգացրած Flash ADC, TDC և VME discriminator-ների վերահսկումը, HPS և այլ փորձերի դանդաղ վերահսկումը:

B2. CLAS 6 ԳԷՎ ժամանակաշրջանի փորձարարական տվյալների մշակման ծրագիր

B2.1 $x_{Bj} > 1$ տիրույթում ինկլյուզիվ $A(e, e')$ ցրման ուսումնասիրումն, օգտագործելով eg2 տվյալները

CLAS-ի վաղ էլեկտրաճնման աշխատանքներում ^3He , ^4He , ^{12}C և ^{56}Fe թիրախներով ($e2a$ և $e2b$ փորձերը) $x_{Bj} > 1$ տիրույթում չափվեց տարբեր միջուկների կտրվածքների հարաբերությունը: Ցույց տրվեց, որ scaling-ի պատճառը միջուկում կարճ-տարածության կոռելյացիաներն են (SRC): 2 և 3-նուկլոնային կոռելյացիաները համապատասխանաբար դիտվել են $1 < x_{Bj} < 2$ և $2 < x_{Bj} < 3$ տիրույթներում: Չափվեց և scaling-ի դիրքն ու արժեքը: eg2 փորձի տվյալների ապագա մշակումը կընդլայնի միջուկների ցանցը մինչև ^{208}Pb , և թույլ կտա այն համեմատել ^2H թիրախի տվյալների հետ: Տիրույթի ընդլայնումը թույլ կտա հաստատել և պարզել “scaling plateau”-ի նուրբ կառուցվածքը և կախվածությունը թիրախի միջուկի ատոմային համարից:

B2.2 Դեյտրոնում նուկլոնի ձևափոխման որոնում, օգտագործել e6 տվյալների ցանցը

Դեյտրոնից էլեկտրոնների ինկլյուզիվ ցրման ուսումնասիրումը շահավետական է էքսկլյուզիվ $D(e, e')p$ փոխազդեցության նկատմամբ իր ավելի մեծ վիճակագրական ճշտությամբ: Առաջարկվող մշակման ժամանակ SRC վիճակների որոշման համար

կօգտագործվեն միայն ցրված էլեկտրոնի չափվող բնութագրերը: Այս մոտեցումն, իր վիճակագրական մեծ ճշտությամբ, ավելի զգայուն կլինի միջուկներում նուկլոնի փոփոխության երևույթներ որոնելիս: Նուկլոնի փոփոխման ազդեցությունը կգտնվի SRC վիճակների կտրվածքները գրեթե-ազատ նուկլոնների կտրվածքների հետ համեմատելով, և ուսումնասիրելով նրանց հարաբերության կախվածությունը փոխազդող ֆոտոնի վիրտուալությունից (Q^2):

B2.3 Ղեյտրոն թիրախից գրեթե-ազատ էտա մեզոնի ֆոտոծնում

Էտա մեզոնների գրեթե-ազատ ֆոտոծնման ճշգրիտ տվյալներ դեյտրոնի վրա ստացվել են Բոննի ELSA կենտրոնում [1]: η -մեզոնները գրանցվել են ետհարվածի պրոտոնների և նեյտրոնների հետ միաժամանակ (համընկման մեջ): Գրեթե-ազատ նեյտրոնից η -մեզոնի ֆոտոծնման ընդհանուր կտրվածքը, նույնիսկ առանց ֆերմի շարժումը հաշվի առնելու, պարզ ցուցադրում է ուռուցիկություն ընկնող ֆոտոնի 1 ԳԷՎ էներգիայի մոտակայքում: Մինչդեռ նման բան չի նկատվում պրոտոնների դեպքում: Այդ կառուցվածքը նույնիսկ ավելի նեղ է “ η -neutron” զույգի ինվարիանտ զանգվածի սպեկտրում: Վերջերս մեծ ջանքեր են դրվել զանազան կենտրոններում (GRAAL Գրենոբլում [2], ELSA Բոննում [3] և LNS Սենդայում [4]), որպիսի $\gamma n \rightarrow n \pi^+ \pi^-$ ռեակցիայի համար սկզբնական ֆոտոնի բարձր էներգիաների տիրույթում ստանալ հավաստի տվյալներ: Բոլոր այդ փորձերի անսպասելի հայտնություններից ոչ միայն այն էր, որ սկզբնական ֆոտոնի էներգիայի մեծացման հետ նեյտրոնի դեպքում զգալիորեն աճում է կտրվածքը, այլև նրա վրայի նեղ peak-ի առկայությունը, որը չի դիտվում պրոտոնի դեպքում: Այս կառուցվածքի բնույթը դեռ մնում է անհասկանալի:

Այս նախագծում դեյտրոն թիրախից η -ֆոտոծնման ուսումնասիրումը կարվի օգտագործելով CLAS-ի տվյալները, որոնք ստացվել են 2004 թ., մինչև 3.6 ԳԷՎ էներգիայի դակված ֆոտոն և 24 սմ երկարության հեղուկ դեյտերիումի թիրախ օգտագործելով (այսպես կոչված CLAS/g10 փորձ): Կուսումնասիրվի η -ֆոտոծնման կտրվածքի կախվածությունը սկզբնական ֆոտոնի էներգիայից և η -ի ծնման անկյունից: Սույն մշակման արդյունքները կարող են հիմք ծառայել ուսումնասիրելու հնարավոր միջուկային ազդեցությունները, ինչպիսիք են Ֆերմի շարժումը և կրկնացրումը: Դա կարելի է անել, դեյտրոնում կապված գրեթե-ազատ պրոտոնների վրա ցրման արդյունքները համեմատելով ազատ պրոտոնների վրա ցրման հետ: CLAS/g10-ի տվյալների երկու խումբ, ստացված CLAS-ի տորոիդի բարձր (3375A) և ցածր (2250A) դաշտերով կօգտագործվեն ուսումնասիրելու հետևյալ ռեակցիաները.

1. $\gamma d \rightarrow \eta(n p) \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0(n p),$
2. $\gamma p \rightarrow \eta p(n) \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 p(n),$
3. $\gamma n \rightarrow \eta n(p) \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 n(p),$
4. $\gamma d \rightarrow \eta(n p) \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 d.$

Նեյտրոնի վրա կտրվածքը կգտնվի հանելով միմյանցից ($\pi^+ \pi^- \pi^0 d$) և ($\pi^+ \pi^- \pi^0 p$) ինկլյուզիվ կտրվածքները: G10 տվյալները չեն ունենա լայն կինեմատիկ տիրույթում վերջնական վիճակում նեյտրոնի գրանցման բավարար քանակի դեպքեր, սակայն մի քանի արժեքում նեյտրոնի վրա η -ի ֆոտոծնման կտրվածքը կորոշվի, համեմատելով նեյտրոնով գրանցված դեպքերը համարյա-ինկլյուզիվ չափման կտրվածքի հետ:

Գրականություն.

I. J. et al, "Quasi-free photoproduction of η -mesons off the deuteron"

V. Kuznetsov et al, Phys. Lett. B 647, 23 (2007).
I. J. et al., Phys. Rev. Lett. 100, 252002 (2008).
F. M. et al., Prog. Theor. Phys. Suppl. 168, 90 (2007).

B2.4 Պրոտոն և անտիպրոտոն զուգի կոհերենտ ֆոտոծնումը դեյտրոնային թիրախից

Ուսումնասիրության հիմնական նպատակն է ստուգել մի քանի խմբերի պնդումները, որ գոյություն ունեն էկզոտիկ վիճակներ, մեկը՝ pp -ի ծնման շեմից ցածր (1.93 ԳէՎ), և 2 -ը նրանից բարձր, մոտավորապես 2.02 և 2.2 ԳէՎ: Պրոտոն-անտիպրոտոն զուգի ինվարիանտ զանգվածի սպեկտրը չափելու համար երկու կոհերենտ ֆոտոծնման ռեակցիաներ են ուսումնասիրվում. էքսկյուզիվ $d(\gamma, pp)d$ և ինկլյուզիվ $d(\gamma, p)d$: Ջրածնի փոխարեն կոհերենտ ֆոտոծնումն ընտրվել է դեյտրոնի վրա, քանի որ բացակայում է վերջնական վիճակում գրանցված պրոտոնի հետ կապված որևէ անորոշություն: Այլապես հնարավոր չէ տարբերել թիրախի և տրոհված պրոտոններին: Դեյտրոնի վրա of pp զուգի կոհերենտ ծնում հնարավոր է միայն t -կանալով: Այս մշակումների համար օգտագործվում են CLAS eg3 փորձի տվյալները, որտեղ մինչև 5.75 ԳէՎ արգելակման ճառագայթման դակված-ֆոտոնների փունջը հարվածում էր 40 սմ երկարության հեղուկ դեյտրոն թիրախին: Փնջի էներգիայի այս տիրույթում, շնորհիվ համեմատաբար բարձր փոխանցվող իմպուլսի, վերը նշված ռեակցիաների դեպքում դեյտրոնն ունի գրանցվելու համար բավարար էներգիա: Կուսումնասիրվեն նաև մեզ հետաքրքրող ռեակցիաներին նմանակող այլ ֆոնային ռեակցիաներ: Այդ ֆոնային ռեակցիաներն են $\gamma d \rightarrow \pi^+ \pi^- d$, $\gamma d \rightarrow K \bar{K} d$, $\gamma d \rightarrow pp\pi$:

B2.5 $\rho(770)$ և $\omega(782)$ մեզոնների ֆոտոծնումը դեյտրոնից

Դեյտրոնի վրա $\rho(770)$ և $\omega(782)$ մեզոնի կոհերենտ ֆոտոծնումը կօգտագործվի մեզոն-նուկլոն ցրման երևույթն ուսումնասիրելու համար: Հետազոտությունը կկատարվի օգտագործելով CLAS g10 գիտափորձի տվյալները: Այս մշակումը կծածկի ռեակցիայի շեմից մինչև 3.6 ԳէՎ, և փոխանցվող իմպուլսի լայն տիրույթ: $\pi^+ \pi^- d$ և $\pi^+ \pi^- \pi^0 d$ վերջնական վիճակները կօգտագործվեն ստանալու մեզոնների կոհերենտ ծնման կտրվածքի կախումը էներգիայից և փոխանցված իմպուլսից: $\rho(770)$ և $\omega(782)$ մեզոնները կգտնվեն պիոնների ինվարիանտ զանգվածով:

B3. Մասնակցում Hall B-ի CEBAF 12 ֆիզիկական ծրագրերի ստեղծմանը (2013-2018)

B3.1 Ժամանականման Կոմպտոնյան ցրում և CLAS12 –ով $e-e^+$ զուգի ծնման միջոցով 11 ԳէՎ-ում պրոտոնների վրա J/Ψ ֆոտոծնում (PR12-12-001). (Spokespersons: P. Nadel-Turonski, M. Guidal, T. Horn, R. Paremuzyan, S. Stepanyan)

Ջեֆերսոն լաբորատորիայի 12 ԳէՎ կատարելագործման հաստատված ֆիզիկական առաջարկությունների զգալի մասը կենտրոնացած է ընդհանրացված պարտոնային (GPD) բաշխումների վրա: GPD-ների ֆորմալիզմը թույլ է տալիս ստանալ նոր տիպի տեղեկություններ, որոնք անհնար էր ստանալ առաձգական կամ խորը ոչ-առաձգական ցրման (DIS) գիտափորձերով: GPD-ները եզակի հնարավորություն են տալիս առաջին անգամ ստանալու պրոտոնի ներսում քվարկային ալիքների տարածական պատկերը [1–6]: Լայնակի տարածական և երկայնական իմպուլսի կոռելացիայի վերաբերյալ GPD-ներում պարունակվող տեղեկությունը, նոր միջոց է տալիս գնահատելու քվարկների օրբիտալ անկյունային մոմենտի ներդրումը պրոտոնի սպինում [3]: GPD-ները ստանալու հնարավոր ուղիներից է Ժամանականման

Կոմպտոնյան ցրումը (TCS): Ինչպես ցույց է տրված [7]-ում լեպտոնյան զույգերի անկյունային բաշխումը TCS-ում թույլ է տալիս ուղղակիորեն գտնել, այսպես կոչված, Կոմպտոնյան Ֆորմ Ֆակտորները (CFF), որոնք որոշվում են GPD-ների միջոցով: TCS-ի չափման գլխավոր ֆիզիկական հիմնավորումներն են.

- TCS չափումը կարող է լինել GPD-ների ունիվերսալության լավ ստուգում, քանի որ նրանք չպետք է կախված լինեն երևույթի տեսակից:
- TCS հնարավորություն է տալիս ոչ-բևեռացված և շրջանաձև բևեռացված փնջերով ուղղակիորեն որոշել CFF-ի Re/Im մասերը:
- TCS-ի դիֆերենցիալ կտրվածքի չափումը կտրամադրի կարևոր տեղեկություն GPD-ների որոշման գլոբալ ֆիտերի համար [8]:

Ի լրացում վերը նշված ուսումնասիրությունների, առանց որևէ էական ջանքերի կարելի է նաև չափել J/Ψ ծնումը, քանի որ այն ունի միևնույն վերջնական վիճակը, ինչ-որ TCS-ն: Շեմի մերձակայքում J/Ψ -ի ֆոտոծնման կտրվածքի վերաբերյալ տվյալներ չկան, և նրա ծնման մեխանիզմները ներկայումս գտնվում են խիստ տեսական ուսումնասիրման մեջ: J/Ψ կտրվածքի ծնման շեմին չափումը կտրամադրի կարևոր տեղեկություններ այդ ուսումնասիրությունների համար, այն կապահովի նոր տեղեկություններ նուկլոնների գլյուոնային կառուցվածքի մասին, և հնարավոր է նաև լինի CLAS12-ի առաջին հրատարակումներից: ԱՄԳԼ-ի խումբն էական ներդրում ունի այս առաջարկում, ակտիվորեն մասնակցելու է փորձի նախապատրաստմանը, տվյալների ստացմանը և նրանց հետագա մշակմանը:

Գրականություն.

1. D. Mueller, D. Robaschik, B. Geyer, F.M. Dittes, J. Horejsi. *Fortsch.Phys.* 42 (1994) 101, *hep-ph/9812448*
2. Xiangdong Ji, *Deeply virtual Compton scattering*. *Phys.Rev. D*55 (1997) 7114-7125, *hep-ph/9609381*
3. Xiangdong Ji, *Phys.Rev.Lett.* 78 (1997) 610-613, *hep-ph/9603249*
4. Xiangdong Ji, W. Melnitchouk, X. Song, *Phys.Rev. D*56 (1997) 5511-5523 *hep-ph/9702379*
5. A. V. Radyushkin, *Phys.Rev. D*56 (1997) 5524-5557, *hep-ph/9704207*
6. A. V. Radyushkin, *Phys.Lett. B*380 (1996) 417-425, *hep-ph/9604317*
7. E. R. Berger, M. Diehl, B. Pire *Eur. Phys. J. C* 23 (2002) 675
8. M. Guidal. *Eur. Phys. J.*, A37:319–332, 2008, *arXiv:0807.2355 [hep-ph]*.
9. http://www.jlab.org/exp_prog/proposals/12/PR12-12-001.pdf

B3.2 Ծանր ֆոտոնների որոնման (HPS) փորձ (PR12-11-006)

HPS-ը փորձ է առաջարկված Ջեֆերսոնի լաբորատորիայում, որոնելու նոր ծանր վեկտորական բոզոն(ներ), այսինքն “ծանր ֆոտոններ”, կամ “սև ֆոտոններ”, կամ “թաքնված ոլորտի ֆոտոններ” զանգվածների 20 $U \equiv c^2$ -ից մինչև 1000 MeV/c^2 տիրույթում: Ծանր ֆոտոնները խառնվում են սովորական ֆոտոնների հետ կինետիկ խառնման միջոցով, որը մղում է նրանց էլեկտրոնների հետ թույլ կցման, ϵe , որտեղ $\epsilon \sim 10^{-3}$. Ելնելով շատ ընդհանուր տեսական հիմքերից և հիմնվելով վերջին աստրոֆիզիկական ապացույցների վրա, հենց այս զանգվածի/կցման տիրույթում են սպասվում ծանր ֆոտոնները, որոնք կարող են միջնորդ հանդիսանալ սև նյութի անհիլիացման/լամ սովորական նյութի հետ փոխազդեցություններում: Քանի որ նրանք կապվում են էլեկտրոնների հետ, ծանր ֆոտոնները ճառագայթվում են էլեկտրոնի ցրումից, ուստի

կարող են տրոհվել e^+e^- -ի, որը հնարավոր է դիտվի QED-ի եռագագաթ ուժեղ ֆոնի վրա որպես նեղ ռեզոնանս: Համապատասխան փոքր կապվածության դեպքում, ծանր ֆոտոնները մինչ տրոհվելն անցնում են գրանցման համար բավարար հեռավորություններ, տրամադրվելով երկրորդ նախանշանը: HPS փորձը կիրառում է այդ երկու հատկանիշները ավելի լայն կապվածության, $\epsilon^2 > 10^{-10}$, և մասսաների տիրույթում ծանր ֆոտոնների որոնման համար, օգտագործելով նոր կոմպակտ և լայն արքեպտանսով առաջընթաց սպեկտրոմետրը, սիլիկոնային միկրոշերտ գագաթային հետազոտչափը, $PbWO_4$ էլեկտրամագնիսական կալորիմետրը և մյուսնային համակարգը:

B4. Proposed schedule of the project in Hall B for 2013-2018

Year 2013:

Analysis of CLAS experimental data

Assembly, quality control and testing of PCAL modules

Construction of HTCC

Drivers for high and low voltage systems

Year 2014:

Analysis of CLAS experimental data

Construction, installation, commissioning, calibration of HTCC

Finalizing the EPICS drivers for JLab developed discriminator, FADC and TDC VME

boards

Participation in the development of slow control system for HPS experiment

Participation in the commissioning and data taking of HPS experiment

Participation in the installation, commissioning and calibration of CLAS12

Year 2015:

Analysis of CLAS experimental data

Participation in the installation, commissioning and calibration of CLAS12

Participation in the maintenance of online software

Year 2016:

Participation in the CLAS12 experiments

Analysis of CLAS & CLAS12 experimental data

Participation in the maintenance of online software

Participation in the design, construction and installation of the Lightweight Ellipsoidal

Mirror for RICH

Year 2017:

Participation in the CLAS12 experiments

Analysis of CLAS & CLAS12 experimental data

Participation in the maintenance of online software

Participation in the design, construction and installation of the Lightweight Ellipsoidal

Mirror for RICH

Year 2018:

Participation in the CLAS12 experiments

Analysis of CLAS & CLAS12 experimental data

Participation in the maintenance of online software

Participation in the design, construction and installation of the Lightweight Ellipsoidal

Mirror for RICH

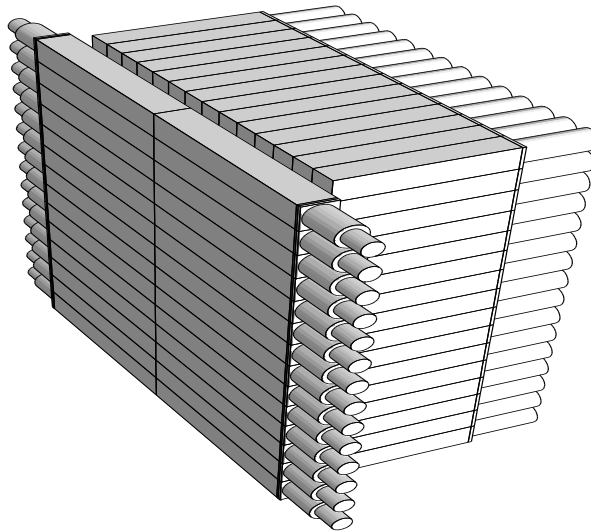
C. Համագործակցություն Ջեֆերսոնի լաբորատորիայի Hall C-ի հետ

C1. C-սրահի փորձերի սարքերի նախագծում, կառուցում և թողարկում (2013-2016)

ԵրՏԻ-ի խումբը կնախագծի և կկառուցի կապարե-ապակյա էլեկտրամագնիսական կալորիմետր և աերոջելային Չերենկովյան գրանցիչ SHMS-ի համար, և բազմաբջիջ $PbWO_4$ կալորիմետրի վրա հիմնված Չեզոք Մասնիկների Սպեկտրոմետր:

C1.1 Էլեկտրամագնիսական կալորիմետր SHMS սպեկտրոմետրի համար

CEBAF-12 ԳԷՎ կատարելագործման ծրագրին համապատասխան, C-սրահը կկառուցի նոր Գեր-բարձր-իմպուլսի SHMS սպեկտրոմետր, որը հնարավորություն կտա գրանցել մինչև 11 ԳԷՎ/c իմպուլս և ցրման նվազագույն 5.5° անկյուն ունեցող մասնիկները [1]. Նշենք, որ ԵրՏԻ-ի խումբը նախագծել և կառուցել էր HMS և SOS սպեկտրոմետրների կալորիմետրները [2]. Ուստի միանգամայն բնական էր, որ այժմ ԵրՏԻ-ի խումբը վերցի պատասխանատվություն և գլխավորի SHMS-ի կալորիմետրի կառուցումը: Կալորիմետրի օպտիմալ տարբերակի ընտրության համար կատարվել են GEANT ծրագրային բազայի վրա հիմնված Մ.-Կ. մոդելավորումներ [3, 4]:



Նկ.C1.1: SHMS կալորիմետրի սխեմատիկ տեսքը: Փունջը՝ ձախից-աջ, առջևում տեղադրված է Նախահեղեղային մասը:

2013-2014 թ.թ. մենք կավարտենք Նախահեղեղային մասի կառուցումը և Հեղեղային մասի բոլոր բլոկների ստուգումը: Կոսմիկական չափման տվյալները կօգտագործվեն ՖԷԲ-ների ազդանշանների հավասարեցման և բլոկների ամպլիտուդա-կորդինատ կախվածության ուսումնասիրման համար: 2014-2015 թ. թ. մենք կստեղծենք գրանցման-էլեկտրոնիկան, տրամաչափման և վերահսկման ծրագրերը: Կալորիմետրի տեղադրումը SHMS-ում նախատեսված է 2015 թ.:

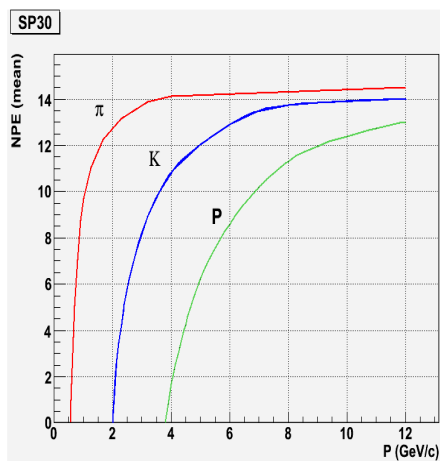
Գրականություն.

1. Hall-C Conceptual Design Report, Hall C 12 GeV Upgrade. JLab, Nov. 27, 2002.
2. Mkrtchyan and V. Tadevosyan, Monte Carlo Simulation for SHMS Calorimeter. Part I (Version 2a-2d). JLab Tech.Note, JLAB-TN-06-035, May 2006 (12 pages).

3. Mkrtchyan, V. Tadevosyan et al., Monte Carlo Simulation for SHMS calorimeter. Part II. JLab Tech. Note, JLAB-TN-07-005, Feb 2007 (11 pages).
4. The lead-glass electromagnetic calorimeters for magnetic spectrometers in Hall C at Jefferson Lab, H. Mkrtchyan et al, Nucl. Instr. Meth. A719, 85 (2013).

C1.2. SHMS սպեկտրոմետրի Աերոջելային Չերենկովյան դետեկտորի կառուցում

CEBAF-12 ԳէՎ կատարելագործմանը զուգընթաց C-սրահում SHMS-ում կառնների տարանջատման հնարավորություններն լավացնելու համար կկառուցվի աերոջելային Չերենկովյան հաշվիչների զույգ ($n=1.030$ և 1.020), որն էական է 12 ԳէՎ-ի հաստատված բազմաթիվ փորձերի համար [1, 2]: Նշենք, որ պիոնների SIDIS գիտափորձն [2] առաջարկվել են ԵրՖԻ-ին և Ջեֆերսոն Լաբ-ը համատեղ: Այս նոր գրանցիչները կլինեն HMS-ի աերոջելային դետեկտորի նմանակը, որը նախագծել և կառուցել է ԵրՖԻ-ի խումբը [3]: 2012 թ.թ. ընթացքում ԱՄԳԼ-ի խումբը CUA-ի հետ համատեղ կատարել են ՖԷԲ-ների և աերոջելային նյութի ստուգումներ և ուսումնասիրություններ, որոնք վերցվել են BLAST-ի աերոջելային դետեկտորներից և պետք է օգտագործվեն SHMS-ի աերոջելային դետեկտորներում:



Նկ.C1.2: (Ձախից) $n=1.030$ բեկման ցուցչով և 10 սմ հաստության աերոջելից առաքվող ֆոտոէլեկտրոնների թվի շեմային վարքը: (Աջից) SHMS-ի աերոջելային սարքի մասամբ հավաքած դիֆուզիայի խցիկը և աերոջելի տուփը:

Այս նախագծի շրջանակներում 2013 -2014 թ.թ. մենք կավարտենք $n=1.030$ բեկման ցուցչով աերոջելային գրանցիչի հավաքման աշխատանքները և կսկսենք կոսմիկական ճառագայթներով նրա լայնամասշտաբ ուսումնասիրությունները: Կոսմիկական տվյալները կօգտագործվեն ՖԷԲ-ների ազդանշանների (ուժեղացման) հավասարեցման և NPE-կոորդինատ կախվածության ուսումնասիրման համար: 2014 -2015 թ.թ. մենք կավարտենք ցածր բեկման ցուցիչով ($n=1.020$ կամ $n = 1.015$) աերոջելային դետեկտորի կառուցումը և կշարունակենք կոսմիկական մասնիկներով ուսումնասիրությունները: 2015 թ. կստեղծենք անհրաժեշտ ծրագրային համակարգը, տվյալների գրանցման և

սարքերի տրամաչափման կողերը: Սարքերի տեղադրման և նրանց թողարկման աշխատանքները նախատեսվում են 2016 -2017 թ.թ.

Գրականություն.

1. *Studies of the L-T Separated Kaon Electroproduction Cross Section from 5-11 GeV, JLab proposal E12-09-011, Spokespersons: T. Horn, G. Huber and P. Markowitz*
2. *Transverse Momentum Dependence of Semi-Inclusive Pion (Kaon) Production, JLab proposal E12-09-017, Spokespersons: R. Ent, H. Mkrtchyan and P. Bosted*
3. *The aerogel threshold Cherenkov detector for High Momentum Spectrometer in Hall C at Jefferson Lab, R. Asaturyan et al., Nucl. Instrum. Meth. A548, 364 (2005)*

C1.3 Չեզոք Մասնիկների Սպեկտրոմետրի նախագծում և կառուցում (2014-2017)

Նոր հաստատված PR12-13-007 “Measurement of Semi-inclusive π^0 Production” [1] փորձը, որն առաջարկված է համատեղ ԵրՖԻ-ի և CUA-ի կողմից, պահանջում է ցրված էլեկտրոնների և նեյտրալ պիոնների տրոհման ֆոտոնների համընկան գրանցում: Էլեկտրոնները մենք կգրանցենք գոյություն ունեցող HMS-ում, և ֆոտոնները PbWO₄ բազմաբջիջ կալորիմետրի վրա հիմնված Չեզոք Մասնիկների Սպեկտրոմետրում (NPS) [1]: ԵրՖԻ-ի խումբը, CUA-ի հետ համատեղ, կնախագծի և կկառուցի NPS-ը:

Այս համակարգը բաղկացած է հետևյալ կարևոր մասերից. ցրող մագնիսից, PbWO₄ բլոկներից կազմված Չեզոք Մասնիկների Գրանցիչից (ինչպես PRIMEX [2]-ը), և իր ջերմաստիճանը վերահսկող շրջանակից:

2014-2015 թ.թ. ԵրՖԻ-ի խումբի անդամները կկատարեն NPS-ի բնութագրերի մանրակրկիտ Մ.-Կ. հաշվարկներ, հաշվի առնելով ֆոնային պայմանները և դեպքերի հնարավոր վերադրումը (pileup): 2015-2016 թ.թ. մենք կկառուցենք կալորիմետրի նախատիպ ռադիացիոն էֆեկտների և UV վերականգնման ուսումնասիրման համար: Մենք կնախագծենք կալորիմետրը և նրա ջերմա-կայունացման համակարգը 2016-2017 թ.թ.: NPS-ի տեղափոխումը փորձարարական սրահ նախատեսվում է 2018 թ..

Գրականություն.

1. *Neutral Particle Spectrometer Facility in Hall C. Proposal to JLab PAC40, May 5, 2013*
2. *Performance of the Primex Electromagnetic Calorimeter, M. Kubantsev et al., arXiv:physics/0609201*

C2. C-սրահի 12 ԳԷՎ –ի ֆիզիկական ծրագրերի նախապատրաստում (2013-2018)

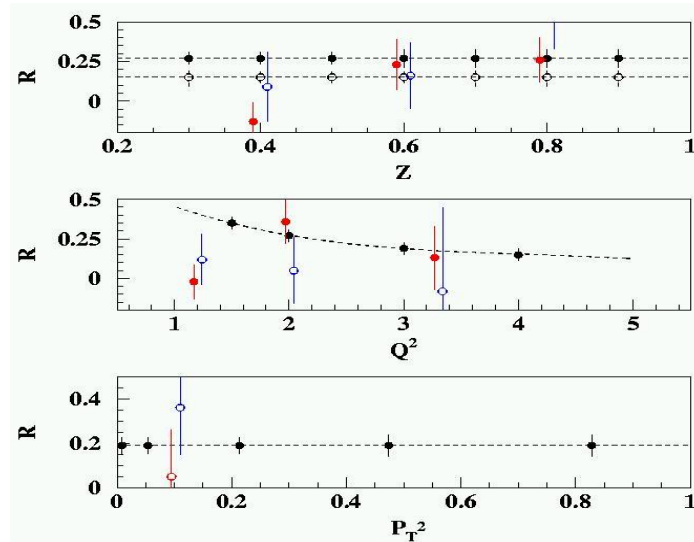
ԱՄԳԼ-ի խմբի անդամներն ակտիվ դեր կկատարեն C-սրահի 12 ԳԷՎ էներգիաի ֆիզիկական ծրագրերի համալրման համար: ԱՄԳԼ-ի, JLab-ի և CUA-ի համատեղ առաջարկված և հաստատված գիտափորձերի համար մենք կանենք Մոնտե-Կարլո մոդելավորումներ, օպտիմիզացնելու չափման կինեմատիկ և ֆոնային պայմանները:

C2.1. Համարյա-Ինկլյուզիվ DIS ծնված պիոնների $R = \sigma_L/\sigma_T$ հարաբերության չափումը (JLab proposal PR12-06-104, spokespersons: Rolf Ent and Hamlet Mkrtchyan)

Խորը-ոչ-առաձգական ցրման համար փորձականորեն դիտարկված $R = \sigma_L/\sigma_T$ հարաբերության խիստ փոքրությունը հանդիսացավ պրոտոնի սպին-1/2 ունենալու առաջին փաստը: Քվարկ-պարտոնային մոդելի ավելի ուղղակի ստուգում ընձեռում է

պիոնների համարյա-ինկլյուզիվ էլեկտրաձնումը: Ասիմպտոտիկ սահմանում, մոդելն ուր էլեկտրա-ձնված պիոնը $1/2$ -սպին ունեցող պարտոնների ֆրագմենտացիայի արդյունք է, $R = \sigma_L/\sigma_T$ հարաբերությունը մարում է $1/Q^2$, օրենքով, ինչպես ինկլյուզիվ ցրման դեպքում: Պիոնի էլեկտրաձնման համար, վերջերս զարգացրած “handbag diagrams” մոդելում, այս երևույթը բաժանվում է երկու համարյա անկախ պրոցեսների՝ կոշտ-ցրման և փափուկ-ցրման, և ասիմպտոտիկ սահմանում հաստատուն x -ի համար սպասվում է $R = \sigma_L/\sigma_T \sim Q^2$ կախվածություն: P_T -ի մեծ արժեքներում սպասվում է $RSIDIS \approx RDIS$: ԵրՖԻ-ի խմբի գլխավորած E00-108 փորձից ստացվեցին առաջին ապացույցները, որ ցածր էներգիաներում, ներառյալ նուկլոնային ռեզոնանսների տիրույթը, պիոնների համարյա-ինկլյուզիվ էլեկտրաձնման երևույթում պահպանվում է քվարկ-ադրոն երկակիությունը և ֆակտորիզացիան [1, 2]:

Առաջնահերթ կարևոր է մանրակրկիտ ուսումնասիրել $RSIDIS$ -ի վարքը կախված փոխանցված P_T լայնական իմպուլսից: ԵրՖԻ-ի խումբը, JLab-ի հետ համատեղ, առաջարկել է նոր նախագիծ՝ 12 ԳէՎ էներգիայի փնջով համարյա-ինկլյուզիվ խորը-ոչ-առաձգական տիրույթում, ընդհուպ մինչև էլկլյուզիվ տիրույթը, չափել կտրվածքի երկայնական և լայնական բաղադրիչները և որոշել $R = \sigma_L/\sigma_T$ հարաբերությունը:



Նկ. C2.1: Ծրագրված չափումների սպասվող սխալները, ենթադրելով $RSIDIS = RDIS$.

Մենք կօգտագործենք C-սրահի HMS և նախագծվող SHMS-ն իր առաջին սերնդի սարքերով, LH2 և LD2 (10 սմ երկարության) թիրախների վրա համարյա-ինկլյուզիվ ($e, e'\pi$) ռեակցիայում համընկմամբ գրանցել ցրված էլեկտրոնները և լիցքավորված պիոնները ($\pi^\pm$): x , Q^2 և P_T^2 կինեմատիկ փոփոխականների ֆիքսված արժեքներում Ռոզենբլուտյան բաժանում կատարելու համար կօգտագործենք $\sim 50 \mu A$ հոսանքով և 6.6, 8.8 ու 11.0 ԳէՎ էներգիաների փունջ: Միաժամանակ մենք կչափենք $R = \sigma_L/\sigma_T$ հարաբերությունը ինկլյուզիվ ($e, e'x$) DIS-ի համար և այն կհամեմատենք SIDIS-ի համար ստացված տվյալների հետ: Մեր չափումները կընդգրկեն՝ i) $x = 0.20$ և $Q^2 = 2.0$ ԳէՎ² հաստատուն արժեքների համար չափել R -ի կախվածությունը z -ից, ii) հաստատուն $x = 0.40$ և $Q^2 = 4.0$ ԳէՎ² համար չափել R^H -ի կախվածությունը z -ից, և iii) հաստատուն $x = 0.30$ և $Q^2 = 3.0$ ԳէՎ² արժեքներում չափել R^H -ը կախված P_T -ից: Այս չափումների սրասվող ճշտությունները ցուցադրված են Նկ.C2.1:

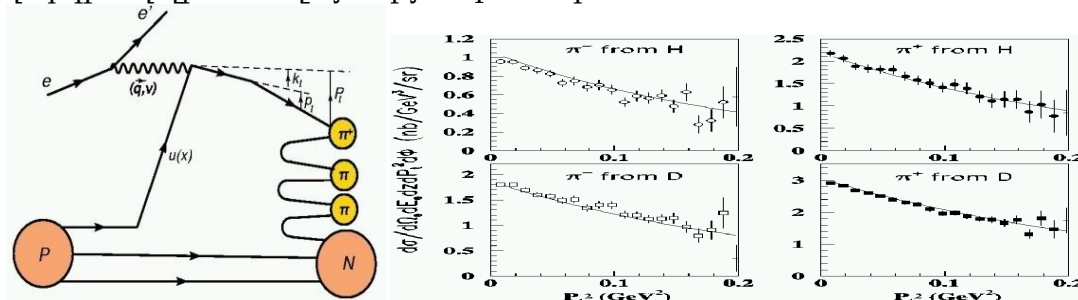
Այս փորձը նախատեսվում է կատարել 2017 թ.-ից հետո, երբ, 11 ԳԷՎ էներգիայի փունջը, HMS և SHMS սպեկտրոմետրների սարքերը կլինեն ստուգված և լավ հասկացված: 2014-2017 թ.թ. մենք կկատարենք Մ.-Կ. մոդելավորումներ ֆոները և սխատեմատիկ սխալներն ուսումնասիրելու, և չափումների կինեմատիկան օպտիմացնելու համար: Մենք կնախապատրաստենք մշակման բոլոր ծրագրերը:

Գրականություն.

1. T. Navasardyan, G. Adams et al., *The Onset of Quark-Hadron Duality in Pion Electroproduction*, *Phys. Rev. Lett.* 98: 022001-(1-5), (2007); *arXiv:hep-ph/0608214*.
2. H. Mkrtchyan, P. Bosted, C. Adams et al., *Transverse Momentum Dependence of Semi-Inclusive Pion Production*, *Phys. Lett. B* 665, 20-25 (2008); *arXiv:hep-ph/0709.3020* (2007).
3. R. Ent and H. Mkrtchyan (spokesperson), *Measurement of the ratio $R = \sigma_L/\sigma_T$ in Semi-Inclusive Deep-Inelastic Scattering*, *TJNAF experiment E12-06-104*

C2.2 Համարյա-Ինկլյուզիվ ծնված պիոնի Լայնական Իմպուլսային Կախվածությունը (PR-09-17, Spokespersons Peter Bosted, Rolf Ent and Hamlet Mkrtchyan)

Պարտոնների օրբիտալ շարժումը նուկլոնի կառուցվածքի հասկացության կենտրոնական հարցն է: Սպինային գումարման օրենքի ճշգրիտ չափումները վկայում են, որ քվարկների և գլյուոնների կրած սպինի բաժինը նուկլոնում համեմատաբար փոքր է, ուստի նրանց օրբիտալ անկյունային մոմենտը պետք է լինի էական: Պիոնի P_t վերջնական լայնական իմպուլսն ձևավորվում է փոխազդող քվարկի k_t լայնական իմպուլսի և ֆրագմենտացիայի ընթացքում առաջացած p_t լայնական իմպուլսների համադրումից, բավարարելով պայմանին (տես Նկ.C2.2). E00-108 գիտափորձի կինեմատիկ պայմաններում ($P_t < 0.4$ ԳԷՎ) մենք համարյա չտեսանք որևէ կախում ազիմուտալ անկյունից, և կարողացանք դուրս բերել SIDIS կտրվածքի P_t^2 կախվածությունը [3] (Նկ.C2.2). Մենք այս տվյալներն ուսումնասիրեցինք պարզագույն մոդելի սահմաններում, ուր ամեն դեպքի համար P_t կախվածությունը նկարագրվում է երկու Գաուսյան բաշխումներով: Ենթադրեցինք, որ քվարկների և ֆրագմենտացիոն ֆունկցիաների բաշխումը, այսինքն k_t -ի և p_t -ի, Գաուսյան են և նրանք կոմբինացվում են քառակուսայնորեն: Մենք վերագրեցինք առանձին լայնություններ u (μ_u) և d (μ_d) քվարկներին, և գերադասելի D^+ (μ^+) և ոչ-գերադասելի D^- (μ^-) ֆրագմենտացիոն ֆունկցիաներին: Նման ենթադրություններով մեր տվյալների ֆիտը ֆրագմենտացիոն ֆունկցիաների p_t լայնության համար տվեց նման արժեքներ: Ֆիտը գերադասում է d քվարկի ավելի մեծ k_t լայնություն քան u -ի:



Նկ.C2.2. (Ձախից)- Պիոնի համարյա-ինկլյուզիվ էլեկտրաձեռնման դիագրաման, համաձայն QCD մոդելի α_s -ի ցածրագույն կարգի ֆակտորիզացիայի: (Աջից)- Ջրածին և դեյտերիում

թիրախներից ծնման մեկ նուկլոնին համապատասխանող կտրվածքի P_t^2 կախվածությունը $\langle z \rangle = 0.55$ և $\langle x \rangle = 0.32$ դեպքում:

PR-09-017 փորձում մենք նախատեսում ենք 11 ԳԷՎ էներգիայով կատարել պիոնների համարյա-ինկլյուզիվ էլեկտրաձնման կտրվածքի և լիցքավորված պիոնների հարաբերության չափումներ, ուսումնասիրելու լայնական իմպուլսից նրանց կախվածությունը [4]: Մենք ենթադրում ենք չափել π^+ մեզոնի համարյա-ինկլյուզիվ էլեկտրաձնման կտրվածքի P_t կախումը լայն կինեմատիկ տիրույթում՝ $0.2 < x < 0.5$, $2 < Q^2 < 5 \text{ GeV}^2$, $0.3 < z < 0.5$, և $P_t < 0.5$ ԳԷՎ, պրոտոն և դեյտերիում թիրախներով, օգտագործելով C-սրահի HMS-SHMS սպեկտրոմետրների զույգը: Ընտրած սարքավորումը հնարավորություն կտան ճշգրիտ որոշել π^+ և π^- մեզոնների կտրվածքների հարաբերության P_t կախվածությունը: Գիտափորձը կօգտագործի մինչև 11 ԳԷՎ էներգիայի փունջ $0.2 < x < 0.5$, $0.3 < z < 0.5$, $1.8 < Q^2 < 4.5 \text{ GeV}^2$ և P_t մինչև 0.5 ԳԷՎ/c տիրույթում մանրակրկիտ չափումներ կատարելու համար: Մենք կապահովենք հարաբերության որոշման սխտեմատիկ սխալ $< 1\%$. Մոտ ~ 10 անգամ քիչ ստատիստիկայով կարվեն չափումներ $K^\pm$ մեզոնների համար:

Այս նախագծի շրջանակներում 2013-2017 թ.թ. մենք կկատարենք մի շարք Մ.-Կ. մոդելավորումներ ուսումնասիրելու գիտափորձի ֆիզիկական ֆոները, սխտեմարիկ սխալների աղբյուրները, և օպտիմիզացնելու չափումների կինեմատիկան: Մենք կստեղծենք on-line և off-line մշակման ծրագրերը: Փորձարարական չափումները նախատեսվում են 2017 թ.-ից հետո, երբ, 11 ԳԷՎ էներգիայի փունջը, HMS և SHMS սպեկտրոմետրների սարքերը կլինեն ստուգված և լավ հասկացված:

Գրականություն.

1. TJNAF Experiment E00-108, spokespersons: R. Ent, H. Mkrtchyan, G. Niculescu, 2003.
2. T. Navasardyan, G. Adams et al., Phys. Rev. Lett. 98: 022001-(1-5), (2007).
3. H. Mkrtchyan, P. Bosted, C. Adams et al., Phys. Lett. B 665, 20-25 (2008).
4. TJNAF proposal PR12-09-017, spokespersons: H. Mkrtchyan, P. Bosted, R. Ent, 2009.

C2.3. π^0 -ի համարյա-ինկլյուզիվ ծնման չափում, որպես ֆակտորիզացման փաստ (PR12-13-007, spokespersons R. Ent, T. Horn, H. Mkrtchyan and V. Tadevosyan)

PR12-13-007 [1] նախագծի նպատակն է ստուգել SIDIS կտրվածքի ֆակտորիզացումը սկզբնական նուկլոնի քվարկների բաշխման $f(x)$ և վերջնական π^0 -ի $D(z)$ ֆրագմենտացիոն ֆունկցիայի: Նման ֆակտորիզացման հաստատումը էական է ֆրագմենտացիոն ֆունկցիաների փորձարարական որոշման և մեզոնների ծնման փորձերում QCD տեսության կիրառման համար: E00-108 [2] գիտափորձում $x=0.3$ համար մենք չափվեցինք $^1\text{H}(e, e'\pi^+)X$ կտրվածքները: Տվյալներն անկասկած վկայում էին, որ ցածր էներգիաներում տեղի ունի կտրվածքի ֆակտորիզացիա [3,4]. Սակայն պարտոնային մեկնաբանումը լավ է միայն այթան, որքան պահպանվում է (x, z) ֆակտորիզացիան, որը բացի լիցքավորված պիոնների կտրվածքների համար սպասվելիք ապագա տվյալներից, պահանջում է ունենալ նաև տվյալներ չեզոք-պիոնների կտրվածքի համար: Այս նպատակով π^0 -ների օգտագործումն ունի մի քանի առավելություն. բացակայում են դիֆրակցիոն ծնված ρ մեզոնների տրոհումից առաջացած պիոնները, ավելի քիչ է նուկլոնային ռեզոնանսների ներդրումը:

PR12-13-007-ում մենք կչափենք պրոտոնային թիրախից SIDIS տիրույթում π^0 մեզոնի ծնման կտրվածքը, և նրա P_T կախվածության մանրակրկիտ ուսումնասիրում ($P_T < 0.5$ ԳէՎ), հաստատելու u և d քվարկների գունային բաժանումը և նրանց k_T կախվածությունը: Մեր երկու SIDIS գիտափորձերի (լիցքավորված և չեզոք պիոնների) կինեմատիկան կծածկեն P_T կախվածության ուսումնասիրման ողջ x , z , և Q^2 տիրույթը, և թույլ կտան ստուգել (P_T/Q) և (p_T^2/Q^2) վարքագծերը $\pi^\pm$ (E12-09-017) [5] և չեզոք պիոնի (PR12-13-007) [1] համար: Մենք ցրված էլեկտրոնները կգրանցենք HMS-ում իսկ π^0 -ի տրոհումից առաջացած ֆոտոնները՝ Չեզոք Մասնիկների Սպեկտրոմետրում (NPS) [6]: NPS-ը կտեղադրվի փնջատարից ձախ, իսկ HMS-ը աջ, ինչպես այդ պատկերված է Նկ.C2.3-ում: NPS-ն դիտվում է որպես C-սրահի մի նոր սարք, որը թույլ կտա կատարել նեյտրալ մասնիկների (γ, π^0) ծնման կտրվածքի ճշգրիտ չափումներ: Առաջարկված π^0 SIDIS գիտափորձի տվյալների համատեղումը լիցքավորված մեզոնների համար SIDIS տիրույթում սպասվող ճշգրիտ արդյունքների հետ (տես E12-09-017 գիտափորձը), թույլ կտա համեմատել π^+ , π^- և π^0 , և ճշգրիտ ստուգել հաճախ-էնթալպիայով $\pi^0 = (\pi^+ + \pi^-)/2$ կապը: π^0 -ի տվյալները զերծ կլինեն լիցքավորված պիոնների SIDIS տվյալների մշակման բազմաթիվ բարդություններից (փոքր են ռադիացիոն շտկումները, չկա որևէ ներդրում ρ -մեզոններից):

Սույն նախագծի շրջանակում 2013-2017 թ.թ. մենք կկատարենք Մոնտե-Կառլո մոդելավորման ուսումնասիրելու ֆիզիկական ֆոնները, գնահատելու սխատեմատիկ սխալները, և օպտիմիզացնելու չափումների կինեմատիկան: Մենք կնախապատրաստենք տվյալների մշակման ծրագրերը: Փորձարարական չափումները կարելի է պլանավորել 2017-2018 թ.-ին, երբ NPS համակարգը կլինի կառուցած և թողարկված (NPS-ի վերաբերյալ տես C1.3 բաժինը):

Գրականություն.

1. *Measurement of Semi-inclusive π^0 Production as validation of Factorization, JLab proposal PR12-13-007, Spokespersons: R. Ent, T. Horn, H. Mkrtchyan and V. Tadevosyan.*
2. *TJNAF Experiment E00-108, spokespersons: R. Ent, H. Mkrtchyan, G. Niculescu.*
3. *T. Navasardyan, G. Adams et al., Phys. Rev. Lett. 98: 022001-(1-5), (2007).*
4. *H. Mkrtchyan, P. Bosted, C. Adams et al., Phys. Lett. B 665, 20-25 (2008).*
5. *Transverse Momentum Dependence of Semi-inclusive Pion Production, JLab proposal PR-09-17, spokespersons P. Bosted, R. Ent and H. Mkrtchyan.*
6. *Neutral Particle Spectrometer Facility in Hall C. JLab PAC40 proposal, NPS Collaboration.*

C3. JLab 12 ԳէՎ-ում C-սրահի փորձարարական սարքերի թողարկում (2016-2018)

Թողարկման փորձերի լավ թեկնածուներ են նրանք, որոնք պահանջում են մինչև 11 ԳէՎ փնջի էներգիա և 10-80 μA հոսանք, բազմաթիվ հեղուկ և պինդ թիրախներ (LH2 և LD2, Al, Be, B, C, ...): Որպես թողարկման փորձերի լավ թեկնածուներ ընտրվել են.

E12-06-107 (CT): *Գունային Թափանցելիության որոնում 12 ԳէՎ էներգիայի դեպքում*, D. Dutta and R. Ent [1]. Սա համընկման փորձ է և ^1H and ^{12}C թիրախների վրա 80 μA հոսանքի և 8.8-11.0 ԳէՎ էներգիայի փնջով կչափի $A(e, e'p)$ և $A(e, e'\pi^+)$ կտրվածքները $Q^2 = 8, 10, 12, 14$ և 16.4 ԳէՎ² արժեքներում, ստանալու պրոտոնի և պիոնի թափանցելիությունը միջուկային միջավայրում:

E12-10-002 (F2): Ռեզոնանսային տիրույթում և դրանից այնկողմ մեծ x -ի համար F_2 ստրուկտուրային ֆունկցիայի ճշգրիտ չափում, S. Malace, I. Niculescu, C. Keppel [2]: Այս գիտափորձը կընդարձակի պրոտոնի և դեյտրոնի F_2 ստրուկտուրային ֆունկցիայի ճշգրիտ տվյալները դեպի մեծ x և Q^2 տիրույթ, չափելով $H(e,e')$ և $D(e,e')$ կրտավածքները ռեզոնանսային տիրույթում և դրանից դուրս, ընդհուպ մինչև $Q^2 \sim 17$ ԳԷՎ² և $x \sim 0.99$, և կորոշի F_2^p և F_2^d ստրուկտուրային ֆունկցիաները: Այս մեկ-թևանի գիտափորձը կօգտագործվի HMS-ի և SHMS-ի օպտիկայի և դետեկտորների ուսումնասիրման համար:

E12-10-003 (DED): Կորցրած իմպուլսի շատ բարձր տիրույթում Դեյտրոնի էլեկտրա-բաժանում, W. Boeglin and M. Jones [3]:

Բարձր-էներգիաներով դեյտրոնի էքլյուզիվ էլեկտրա-բաժանումը համարվում է կարճ տարածա-ժամանակային հեռավորությունների վրա երկու-նուկլոնային դինամիկայի ուսումնասիրման ամենա-էֆեկտիվ մեթոդը: Մի շարք $A > 2$ միջուկների վրա կատարված էլեկտրաձեռնման փորձեր ցույց տվեցին մեծ Q^2 և $x > 1$ կինեմատիկայում նուկլոնի բարձր-իմպուլսային բաղադրիչի ուսումնասիրման հնարավորությունը: Սակայն, NN-համակարգում հարաբերական մեծ իմպուլսի ստուգման լավագույն մեթոդը դա դեյտրոնի էլեկտրա-բաժանումն է: Այս փորձում առաջին անգամ կստացվեն տվյալներ նշված կինեմատիկ տիրույթում, որը խիստ կարևոր է միջուկներում կարճ-տարածական կոռելացիաների ուսումնասիրման համար:

E12-10-008 (EMC): Թեթև միջուկներում F_2 -ի միջուկային կախվածության մանրամասն ուսումնասիրություններ, A. Daniel, J. Arrington and D. Gaskell [4]:

Դեռևս այն ժամանակից երբ EMC-ն հայտնաբերեց էական տարբերություն ծանր (երկաթ) և թեթև (դեյտրոն) միջուկների ստրուկտուրային ֆունկցիաների միջև, մեծ հետաքրքրության հարց դարձավ DIS տիրույթում քվարկներ ստրուկտուրային ֆունկցիայի միջուկային կախվածությունը: E12-10-008 փորձի նպատակն է կուտակել տվյալներ նոր թեթև միջուկների համար և որոշել F_{2n}/F_{2p} հարաբերությունը, և ընդլայնել EMC-SRC կոռելացիաների ուսումնասիրության տիրույթը: Սկեյլինգն ուսումնասիրելու համար, այն մանրամասն կչափի Q^2 կախվածությունը: Սույն “EMC” գիտափորձը կօգտագործի ^1H , ^2H , ^9Be , ^{10}B , ^{11}B , ^{12}C և Al թիրախներից էլեկտրոնի ինկլյուզիվ ցրումը, չափելու C/D EMC հարաբերությունը 20° , 25° և 30° անկյունների համար, և ուսումնասիրել այդ հարաբերության Q^2 կախվածությունը: Այն կկուտակի նաև տվյալներ ^9Be , ^{10}B , ^{11}B , ^{12}C թիրախներից, օգտագործելով SHMS սպեկտրոմետրը 20° անկյան տակ: ^{12}C - ^{11}B , ^{10}B - ^9Be և ^{11}B - ^{10}B տվյալները կօգտագործվեն որոշելու F_{2p} , F_{2n} և նրանց F_{2n}/F_{2p} հարաբերությունները:

Գրականություն.

1. *The Search for Color Transparency at 12 GeV, JLab proposal E12-06-107, D. Dutta and R. Ent spokespersons*
2. *Precision measurements of the F_2 structure function at large x in the resonance region and beyond, JLab proposal E12-10-002, S. Malace, I. Niculescu and C. Keppel spokespersons*
3. *Deuteron electro-disintegration at very high missing momenta, JLab proposal E12-10-003, W. Boeglin and M. Jones spokespersons.*
4. *Detailed studies of the nuclear dependence of F_2 in light nuclei, JLab proposal E12-10-008, J. Arrington, A. Daniel and D. Gaskell spokespersons*

C4: Նախագծի Hall C-ում ծրագրված աշխատանքների գրաֆիկը. 2013-2018 թ.թ.

2013թ:

- SHMS Preshower-ի ստուգումներ կոսմիկայով
- $n=1.030$ աերոջել դետեկտորի բաղադրիչների ուսումնասիրում, նրա նախագծում և կառուցում
- $n=1.020$ աերոջել դետեկտորի Մ.-Կ. ուսումնասիրություններ և նախագծում
- HMS-ի և SHMS-ի կալորիմետրերի տրամաչափման ծրագրերի ստեղծում

2014թ:

- SHMS-ի $n=1.030$ աերոջել դետեկտորի կոսմիկ ուսումնասիրություն
- $n=1.020$ աերոջել դետեկտորի կառուցում
- Neutral Particle Spectrometer-ի Մ.-Կ. ուսումնասիրություններ
- Լիցքավորված և չեզոք պիոնների SIDIS էլեկտրաձնման փորձերի ֆոնային պայմանների և շտկումների գնահատման Մ.-Կ. ուսումնասիրություններ

2015թ:

- Ռադիացիոն էֆեկտի և նրա հետևանքների վերականգնման ուսումնասիրման նպատակով PbWO-ի կալորիմետրի նախատիպի նախագծում և կառուցում
- SHMS Preshower-ի և Shower-ի տեղադրում, էլեկտրոնիկայի և կաբելների միացում, ստուգումներ կոսմիկայով

2016թ:

- Մասնակցություն 12 ԳէՎ-ի թողարկման գիտափորձերին
- SHMS կալորիմետրի ամբողջական ստուգում և թողարկում

2017թ:

- Մասնակցություն Hall C-ի թողարկման փորձերին
- $n=1.030$ աերոջել դետեկտորի ստուգում և թողարկում
- SIDIS $\pi^\pm$ և π^0 փորձերի կինեմատիկայի և շտկումների օպտիմիզացման Մ.-Կ. ուսումնասիրություններ

2018թ:

- SHMS-ում աերոջել դետեկտորի տեղադրում, նրա ստուգում և թողարկում
- Մասնակցություն Hall C-ի թողարկման փորձերին
- NPS-ի նախագծում և նրա կառուցման սկսում

D. Համագործակցություն Ջեֆերսոն Լաբ-ի D-սրահի հետ

Ջեֆերսոնի լաբորատորիայի CEBAF արագացուցչի վերազինման ընթացքում նախատեսված է բարձրացնել էլեկտրոնային փնջի առավելագույն էներգիան առկա 6 ԳէՎ-ից 12 ԳէՎ, և կառուցել նոր փորձարարական D-սրահ: Այստեղ կտեղադրվի նոր դետեկտորների բարդ համակարգը՝ GlueX անվանումով, որը նախատեսված է էկզոտիկ մեզոններ որոնելու համար, կատարել մեզոնների զանգվածների սպեկտրոսկոպիկ չափումներ մինչև մոտավորապես 3 ԳէՎ և անցկացնել այլ գիտափորձեր միջուկային և տարրական մասնիկների ֆիզիկայից:

D-սրահի ԱԱԳԼ-ի խումբը փորձառություն ունի ստեղծելու և ապահովելու փորձերի կառավարման համակարգեր, օգտագործելով EPICS ծրագրային փաթեթը, և մեծ ներդրում կունենա Hall D-ի հսկման և տրամաչափման համակարգերի ստեղծման գործում: Ապագայում խումբը կկենտրոնանա GlueX-ի թողարկմանը, տրամաչափմանը և

փորձարարական տվյալների մշակման աշխատանքների վրա: ԱԱԳԼ-ի խումբը կունենա ներդրում նաև Hall D-ի ֆիզիկական ծրագրերի գործում:

D1. Search for hybrid mesons and the study of light meson spectroscopy

The two flagship experiments to be conducted in Hall D using GlueX detector are the E12-06-102, “Mapping the spectrum of light meson and gluonic excitations with linearly polarized photons” [1], and the E12-14-003, “An initial study of hadron decays to strange final states with GlueX in Hall D” [2], both geared towards studying in detail the spectrum of the light mesons. Our understanding of how quarks form mesons has evolved within QCD, and we now expect a richer spectrum of mesons that takes into account not only the quark degrees of freedom but also the gluonic degrees of freedom. Gluonic mesons with no quarks (glueballs) are expected. At the same time, the spectrum of the normal $q\bar{q}$ mesons will be studied. Detailed comparisons of the experimental results to theoretical predictions on the excitations of the gluonic field in mesonic systems will lead to a more detailed understanding of the role of glue in the confinement of quarks inside hadronic matter.

References:

The GlueX Collaboration, “Mapping the Spectrum of Light Quark Mesons and Gluonic Excitations with Linearly Polarized Photons”, GlueX-doc-1226, January (2006), <http://argus.phys.uregina.ca/cgi-bin/public/DocDB/ShowDocument?docid=1226>).

The GlueX Collaboration, “An initial study of hadron decays to strange final states with GlueX in Hall D”, GlueX-doc-2198, May (2013), <http://argus.phys.uregina.ca/cgi-bin/private/DocDB/ShowDocument?docid=2198>

D2. Design and development of experimental control system for Hall D (2013-2014)

D2.1 Online controls and monitoring of the electronics boards developed at JLab

The ANSL group has developed a prototype version of the EPICS support for the software for the discriminator boards which has already been tested during the beam tests in 2012. The EPICS support for the scaler readout from the JLab discriminator and the JLab flash ADC boards is expected to be complete by October of 2014.

D2.2 Development of HV/LV system for Hall D/GlueX

The ANSL group is currently designing and developing the slow controls software systems for the voltage controls of FDC and CDC. This includes EPICS support and application software as well as a set of user graphical interface screens for the shift personnel and the detector experts. The final version of the voltage controls software needs to be completed by October of 2014 to be used during the GlueX commissioning, while some development versions of the software may need to be released for various detector testing during the construction period.

D2.3 Motion control of various devices

The GlueX experiment requires a linearly polarized photon beam which will be provided by the coherent bremsstrahlung process on an approximately 20 mm thick diamond radiator inserted into the 12-GeV primary electron beam approximately 100 meters upstream of the GlueX target. The ANSL group already installed EPICS support for the motion controller of the goniometer and developed scanning software and control screens for testing and commissioning of the goniometer using a dedicated optical setup. ANSL group is also expected to participate in the development of the scanning software for the diamond radiator alignment which will be primarily based on the procedures used by the CLAS collaboration at Jefferson Lab.

ANSL group is expected to play a leading role in developing of the motorized slow controls applications for the beam-line components and the beam profile scans. The members of the ANSL group have already developed prototype software for the motion of the ladders of the amorphous radiators and of the pair spectrometer converter as well as for the beam harp scans. The final software is expected to be ready for the beamline commissioning in the fall of 2014.

D3. Commissioning and calibration of Hall D/GlueX experimental apparatus (2014)

The group will commission the slow control system of Hall D, as well as it will take part in the commissioning and calibration of major components of the GlueX detector (BCAL, FCAL, Tagger, CDC, FDC & TOF). The detailed commissioning plan will be worked out later.

D4. Proposed schedule of the project in Hall D for 2013-2018

Year 2013:

Development of HV/LV control system for Hall-D/GlueX

Development of motion control for Hall D beam line components

Year 2014:

Finalizing the EPICS drivers for JLab developed discriminator, FADC and TDC VME

boards

Participation in the commissioning of slow control system

Participation in the commissioning and calibrations of detectors

Year 2015:

Participation in the detector calibration

Participation in the maintenance of online software

Year 2016:

Participation in the data analysis

Participation in the maintenance of online software

Year 2017:

Participation in the data analysis

Participation in the maintenance of online software

Participation in the upgrade of the GlueX with addition of planned RICH detector and

Level-3 trigger system

Year 2018:

Participation in the data analysis

Participation in the maintenance of online software

Հավելված-I: ԱՄԳԼ-ի (ԵրՖԻ) խմբի կազմը, որը կկատարի Hall A+B+C+D-ում նախատեսված աշխատանքները

Ս. Աբրահամյան	- ֆիզիկոս, ֆ.մ.գ. թեկնածու
Ա. Ասատուրյան	- ֆիզիկոս-ճարտարագետ, ֆ.մ.գ. թեկնածու
Ն. Դաշյան	- ֆիզիկոս, ֆ.մ.գ. թեկնածու
Ե. Ղանդիլյան	- ֆիզիկոս, ասպիրանտ
Ն. Գևորգյան	- ֆիզիկոս
Վ. Կակոյան	- ֆիզիկոս, ֆ.մ.գ. թեկնածու
Գ. Խաչատրյան	- ֆիզիկոս, ասպիրանտ
Մ. Խաչատրյան	- ֆիզիկոս, ասպիրանտ
Ս. Մաիլյան	- ճարտարագետ
Ա. Մկրտչյան	- ֆիզիկոս-ճարտարագետ, ֆ.մ.գ. թեկնածու

Հ. Մկրտչյան	- ֆիզիկոս, ֆ.մ.գ. դոկտոր
Կ. Օհանյան	- ճարտարագետ
Գ. Սարգսյան	- ճարտարագետ
Ա. Շահինյան	- ճարտարագետ, տ.գ. թեկնածու
Ա. Սիմոնյան	- ֆիզիկոս, ասպիրանտ
Վ. Թադևոսյան	- ֆիզիկոս
Հ. Ոսկանյան	- ֆիզիկոս
Մ. Ժամկոչյան	- ճարտարագետ
Ս. Ժամկոչյան	- ֆիզիկոս, ֆ.մ.գ. թեկնածու
Ավարտող ուսանող:	2-3 in 2014-2016
Ավարտած մագիստրոս:	2-3 in 2017-2018
Ըսանող, ասպիրանտ:	2-3 in 2015-2016

3.Ռեալ և վիրտուալ ֆոտոնների փնջերով միջուկների ճեղքումը և ֆրագմենտացումը՝ համագործակցություն MAXlab-ի հետ

Ածխածնի միջուկի ճեղքումը երեք ալֆա մասնիկների էլեկտրոնային, ֆոտոնային և պրոտոնային փնջերի օգնությամբ

Անոտացիա

Առաջարկվում է մշակել, պատրաստել և փորձարկել ածխածնի ակտիվ թիրախ, հիմնված ցածր ճնշման բազմալար խցիկների վրա գիտափորձերի նախագիծ ուսումնասիրելու համար ածխածնի միջուկի ճեղքումը երեք ալֆա մասնիկների ՄԱՔՄ-լաբում և ԱԱԳԼ-ում էլեկտրոն :

Այս հետազոտություններում օգտագործվելու են ՄԱՔՄ-լաբի նիշարկված ֆոտոնների համակարգը և ցածր էներգիաներով ալֆա մասնիկների գրանցման համար նախատեսված հատուկ գրանցման սարք-ածխածնի ակտիվ թիրախ, հիմնված ցածր ճնշման բազմալար խցիկների և սիլիցիումի դետեկտորների վրա: Այդ սարքը նախագծվել, կառուցվել և լաբորատոր պայմաններում փորձարկվել է ՄԱՔՄ-լաբում ԱԱԳԼ-ի հետ միասին: Այդ սարքը հնրավորություն է տալիս գրանցել ալֆա մասնիկներին, որոշել նրանց հետագծերը, արագությունները և էներգիաները: Ալֆա մասնիկների գրանցման շեմային էներգիան կլինի ~100 կէՎ: Փոխազդեցության կոորդինատները կորոշվեն մոտովորապես 1 մմ ճշտությամբ: Այդ թույլ կտա վերականգնել ածխածնի միջուկի ճեղքման հետևանքով առաջացած երեք ալֆա

մասնիկների էներգիաները և որոշել ածխածնի 3α ռեզոնանսային վիճակների էներգիաները 200 կէՎ ճշտությամբ:

Նախատեսվում է ՄԱՔՄ-լաբում օգտագործել վիրտուալ ֆոտոնների նիշարկման համակարգ, որի շնորհիվ կարելի է ունենալ երկու կարգ բարձր մոնոքրոմատիկ ֆոտոնների հոսք քան իրական ֆոտոնների հոսքը և իրականացնել ճշգրիտ չափումներ $15 < E_\gamma < 200$ ՄէՎ էներգիաների տիրույթում: Իսկ $9 < E_\gamma < 15$ ՄէՎ էներգիաների տիրույթում հետազոտությունները կիրականացվեն արգելակման ճառագայթման փնջերի օգնությամբ:

ԱԱԳԼ-ում նախատեսվում է հետազոտությունները իրականացնել 20 ՄէՎ արգելակման ճառագայթման և 18 ՄէՎ պրոտոնային փնջերի օգնությամբ:

Այդ հետազոտությունները մեծ կարևորություն ունեն, որովհետև ուղղակիորեն առնչվում են տիեզերքում քիմիական տարրերի առաջացմանը, աստղերում ընթացող պրոցեսներին, ինչպես նաև ^{12}C միջուկի կլաստերային կառուցվածքին:

Առաջարկվում է նախագիծը իրականացնել հետևյալ փուլերով.

Փուլ 1: Ցածր էներգիաներով ալֆա մասնիկների և պրոտոնների դետեկտորի նախագծում, պատրաստում և փորձարկում ԱԱԳԼ-ում, ֆոտոնային և պրոտոնային փնջերի օգնությամբ հետազոտություններ կատարելու համար:

Փուլ 2: ՄԱՔՄ-լաբում ալֆա-մասնիկների գոյություն ունեցող դետեկտորի փորձարկում:

Փուլ 3: Մոնտե-Կառլո հաշվարկների իրականացում: Էլեկտրոն-ֆոտոնային փնջերով և 18 ՄէՎ պրոտոններով ածխածնի միջուկի երեք ալֆա մասնիկների ճեղքման հետազոտմանը նվիրված նախագծերի պատրաստում:

1. Խնդրի հիմնավորումը

Ածխածնի միջուկի ճեղքումը երեք ալֆա մասնիկների ~ 10 ՄէՎ էներգիաների տիրույթում առնչվում է երեք ալֆա մասնիկների կամ հելիումի միջուկների միաձուլման երևույթին՝ հելիումի այրմանը աստղերում [1-4]: Այդ ռեակցիայի շնորհիվ սինթեզվում է քիմիական տարրերը տիեզերքում: Նախ երկու հելիումի միջուկ միանում և առաջացնում են բերիլիում-8, որը ունի շատ կարճ կյանքի տևողություն: Սակայն ի շնորհիվ նրա, որ երեք ալֆաների փոխազդեցությունը, շեմին մոտիկ էներգիաների տիրույթում կրում է ռեզոնանսային բնույթ, աստղերի մեջ նրանք հասնում են միաձուլվել և առաջացնել ^{12}C , դրանով իսկ հնրավոր դարձնելով ավելի ծանր միջուկների սինթեզմանը: Չնայաց որ այդ ռեզոնանսային վիճակները վճռորոշ դեր են կատարում տիեզերքում քիմիական տարրերի առաջացման մեջ և աստղերում ընթացող գործընթացներում, նրանք դեռևս բավականաչափ ուսումնասիրված չեն:

Աստրոֆիզիկայի համար ամենակարևոր ռեզոնանսային վիճակը ^{12}C -ում, դա 7.65 ՄէՎ էներգիայով, 0^+ սպինով և գույություն ունեցող ռեզոնանսային վիճակն է [5]: Այդ ռեզոնանսի գոյությունը առաջարկել է Հոյլը 1953 թվին, բացատրելու համար տիեզերքում ^{12}C -ի և ^{16}O -ի դիտվող քանակությունները [6]: Այդ, այսպես կոչված Հոյլի ռեզոնանսը քիչ անց

հայտնաբերվել [7] և հատկությունները ուսումնասիրվել է ^{12}B -ի β -տրոհումից հետո ճառագայթված ալֆա մասնիկների միջոցով [8]: Մյուս կողմից դեռ 1956 թվին կանխագուշակվել է լրացուցիչ ռեզոնանսային վիճակ 9-10 ՄԷՎ էներգիաների տիրույթում և 2^+ սպին-գույգությամբ [9]. Իրոք, դրանից քիչ անց հայտնաբերվել է 10.1 ՄԷՎ էներգիայով և 3 ՄԷՎ լայնքով ռեզոնանս [10], սակայն նրա սպին-գույգությունը հնրավոր է եղել որոշել որպես 0^+ կամ 2^+ : Հետագա 50 տարվա ընթացքում քիչ բան է ավելացել այս հարցի լուսաբանմանը, չնայած 2^+ ռեզոնանսը (9.1 ՄԷՎ, $\Gamma = 0.56$ ՄԷՎ, $\Gamma_\gamma = 0.2$ էՎ) մտցված է աստրոֆիզիկական ռեակցիաների հավաքագույի NACRE (Nuclear Astrophysics Compilation of Reaction Rates) [4] մեջ, որտեղ նա 10^9K -ից բարձր ջերմաստիճաններում ավելի քան մի կարգ ավելացնում է $3\alpha \rightarrow ^{12}\text{C}$ ռեակցիայի ելքը: Վերջերս, օգտագործելով, նորագույն տեխնիկա, նորից ուսումնասիրվել է ^{12}B և ^{12}N միջուկներից β -տրոհման արդյունքում ստացված $^{12}\text{C}^*$ -ի ռեզոնանսային վիճակները [11,12,19]: Այս նոր հետազոտությունները հայտնաբերեցին ~ 11 ՄԷՎ էներգիայով ռեզոնանս, բայց չհաստատեցին 9.1 ՄԷՎ էներգիայով ռեզոնանսի գոյությունը: Այդ խումբը նպատակ ունենալով լրացուցիչ ինֆորմացիա ստանալ $^{12}\text{C}^*$ ռեզոնանսային վիճակների մասին, որոնք կարող են կարևոր դեր խաղալ աստղերի մեջ հելիումի այրման պրոցեսում, հետազոտեցին նաև $^{10}\text{B} (^3\text{He}, p\alpha\alpha)$ ռեակցիան 2.45 ՄԷՎ էներգիայի դեպքում: Նրանք հայտնաբերեցին 3^- 9.64 ՄԷՎ և 1^- 10.8 ՄԷՎ վիճակները [13]: Վերջերս 2^+ 9.6 ՄԷՎ ռեզոնանսի գոյությանը հաստատվել է $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')$ [14, 15], $^{12}\text{C}(p, p')$ [16, 17] և $^{12}\text{C}(\gamma, 3\alpha)$ չափումներում [18] բայց այդ վիճակը չի դիտվել ^{12}B և ^{12}N միջուկներից β -տրոհման արդյունքում ստացված $^{12}\text{C}^*$ -ի տրոհումներում [19]. Մյուս կողմից նոր 8.5 ՄԷՎ և 11.5-12 ՄԷՎ էներգիաներով ռեզոնանսային վիճակներ է դիտվել $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')$ [14] և $^{11}\text{B}(p, \gamma)3\alpha$ [20] ռեակցիաների օգնությամբ իրականացված գիտափորձերում, համապատասխանաբար:

Երեք ալֆաների միաձուլման ռեակցիայի ելքը աստրոֆիզիկական $10^8\text{K} < T < 2.0 \cdot 10^9\text{K}$ ջերմաստիճաններում հիմնականում պայմանավորված է Հոյլի ռեզոնանսով, սակայն բարձր ջերմաստիճաններում կարևոր դեր են խաղում նաև Հոյլի ռեզոնանսից բարձր էներգիաներով 0^+ , 1^- , 2^+ , և 3^- ռեզոնանսային վիճակները [3]: Այնպես որ հետազոտելով տարբեր ռեակցիաների օգնությամբ գոգոված $^{12}\text{C}^*$ -ի տրոհումից առաջացած երեք ալֆա մասնիկների ռեզոնանսային վիճակները, շեմին (7.275 ՄԷՎ) մոտիկ էներգիաների տիրույթում հնրավոր կլինի որոշել ^{12}C -ի առաջացման ելքը բարձր ջերմաստիճաններում [2, 3], ինչպես նաև ^{12}C միջուկի կլաստերային կառուցվածքը [21-24]: Ածխածնի միջուկի ֆոտոռեզոնանսը հետքաքրություն է ներկայացնում նաև էլեկտրոմագնիսական փոխազդեցության մեխանիզմների ուսումնասիրման տեսանկյունից [25]:

Այս խնդրի ներկա վիճակը կարելի է ամփոփել հետևելով Հանս Ֆինբոին և Մարտին Ֆրիբին [26].

“Թեև Իտոյի [14], և ավելի առաջ հրատարակված աշխատանքներում բերված չափումները էական քայլ առաջ է, 2^+ վիճակի հետ կապված 50-ամյա հանելուկի լուծման ճանապարհին, դեռ հետագա հետազոտությունների անհրաժեշտությունը կա: Ընդ որում տեսական հետազոտությունների նպատակը պիտի հանդիսանա զարգացնել համապարփակ տեսություն, միավորելով միջուկի կառուցվածքի և փոխազդեցության մոդելների մասին մեր ունեցած ժամանակակից գիտելիքները: Էքսպերիմենտալ հետազոտությունների տեսանկյունից անհրաժեշտ է իրականացնել նոր, ճշգրիտ

չափումներ, հնրավորինս ցուցաբերելով նոր մոտեցումներ, տարբեր անկյունային մոմենտներով ռեզոնանսային վիճակները վստահաբար առանձնացնելու համար”

Վերջերս, Գերմանա-Ամերիկյան տեսաբանների խումբը իրականացրել է *ab initio* հաշվարկներ, մինչև երրորդ կարգի ճշտությամբ, և վեր է հանել ^{12}C -ի ցածր էներգիաների վիճակների կազմաձևերը [27]: Նրանք ցույց են տվել, որ α -մասնիկները ^{12}C -ի հիմնական վիճակում պահպանում են իրենց ինքնությունը և կազմում են կլաստեր, կոմպակտ եռանկյունու տեսքով: Իսկ Հոյլի ռեզոնանսի դեպքում α -մասնիկները ոչ կոմպակտ կլաստեր են կազմում և ոչ էլ ուղիղ շղթա: Փոխարենը նրանք կազմում են շղթա բաց բութ անկյան տեսքով: Այդ ճանապարհով ռեզոնանսային վիճակների համար ստացված պարամետրերը հակասության մեջ չեն գտնվում գոյություն ունեցող փորձնական արդյունքների հետ: Խմբի հաջորդ քայլերը ուղղված են լինելու ավելի բարձր կարգի ճշտությամբ հաշվարկներ իրականացնելուն:

Մենք առաջարկում ենք երկարաժամկետ հետազոտությունների ծրագիր ուսումնասիրելու համար $^{12}\text{C}(\gamma, 3\alpha)$ և $^{12}\text{C}(p, p'3\alpha)$ ռեակցիաները ՄԱՔՄ-լաբում [28] և ԱԱԳԼ-ում, օգտագործելով հատուկ այդ նպատակի համար նախատեսված գիտական սարք-աձխաձնի ակտիվ թիրախ, հիմնված 3 Տորր հեպտանով (C_7H_{16} , խտությունը 20°C $\sim 4.2 \cdot 10^{-3}$ մգ/սմ³/Տորր) լցված Բազմա-Լար Համեմատական Խցիկների, ԲԼՀԽ-ների և սիլիցիումի դետեկտորների վրա [29]: Այդ սարքը հնրավորություն կտա գրանցել α -մասնիկներին սկսած 100 կԷՎ էներգիաներից և իրականացնել ^{12}C -ի գոգոված վիճակների (սկսած 7.65 ՄԷՎ Հոյլի ռեզոնանսից) ուսումնասիրումը, տրոհման սպեկտրոսկոպիայի օգնությամբ:

Առաջարկված նախագծի նպատակն է ստեղծել նոր գիտական սարքի, աձխաձնի ակտիվ թիրախի նմուշը և այն հետազոտել, ինչպես լաբորատոր պայմաններում, այնպես էլ ֆոտոն-պրոտոնային փնջերի օգնությամբ, ՄԱՔՄ-լաբում և ԱԱԳԼ-ում; իրականացնել Մոնտե-Կառլո հաշվարկներ; և պատրաստել գիտափորձերի նախագծեր ՄԱՔՄ-լաբում և ԱԱԳԼ-ում, էլեկտրոն-ֆոտոնային և պրոտոնային փնջերի օգնությամբ, աձխաձնի միջուկի ճեղքումը երեք ալֆա մասնիկների երևույթը ուսումնասիրելու համար:

Նոր ճշգրիտ չափումները, *ab initio* տեսական հաշվարկների հետ միասին, հնրավորություն կտան ստուգելու գոյություն ունեցող միջուկային և աստրոֆիզիկական մոդելները:

Գրականություն

1. W. A. Fowler, Experimental and theoretical nuclear astrophysics: The quest for the origin of the elements, *Rev. Mod. Phys.* **56**, 149–179 (1984).
2. G. Wallerstein, et al., Synthesis of the elements in stars: 40 years of progress, *Rev. Mod. Phys.* **69**, 995–1084 (1997).
3. L. R. Buchmann and C. A. Barnes, Nuclear reactions in stellar helium burning and later hydrostatic burning stages, *Nucl. Phys.*, **A 777**, 254 (2006).
4. C. Angulo, et al., A compilation of charged-particle induced thermonuclear reaction rates, *Nucl. Phys.* **A 656**, 3 (1999).
5. F. Ajzenberg-Selove, Energy levels of light nuclei $A = 11-12$, *Nucl. Phys.* **A 506**, 1 (1990).
6. F. Hoyle, D. N. F. Dunbar, W. A. Wenzel, and A. Whaling, A state in ^{12}C predicted from astrophysical evidence, *Phys. Rev.* **92**, 1095 (1953).

7. D. N. F. Dunbar, R. E. Pixley, W. A. Wenzel, W. Whaling, The 7.68MeV state in ^{12}C , Phys. Rev. **92**, 649–650 (1953).
8. C. W. Cook, W. A. Fowler, C. C. Lauritsen, and T. Lauritsen, ^{12}B , ^{12}C , and the red giants, Phys. Rev. **107**, 508–515 (1957).
9. H. Morinaga, Interpretation of some of the excited states of 4n self-conjugate nuclei, Phys. Rev. **101**, 254–258 (1956).
10. C. W. Cook, W. A. Fowler, C. C. Lauritsen, and T. Lauritsen, High energy alpha particles from B12, Phys. Rev. **111**, 567–571 (1958).
11. H.O.U. Fynbo *et al.*, Clarification of the three-body decay of ^{12}C (12.71 MeV), Phys. Rev. Lett. **91** (2003) 82502.
12. H.O.U. Fynbo *et al.*, Revised rates for the stellar triple- α process from measurement of ^{12}C nuclear resonances, Nature **433**, 137 (2005).
13. Martin Alcorta *et al.*, Mapping of the $^{12}\text{C}^*$ states of astrophysical interest via the $^{10}\text{B}(^3\text{He}, p\alpha\alpha\alpha)$ Reaction, International Symposium on Nuclear Astrophysics - Nuclei in the Cosmos – IX , 25-30 June 2006, PoS(NIC-IX)067.
14. M. Itoh *et al.*, Candidate for the 2^+ excited Hoyle state at $E_x \sim 10$ MeV in ^{12}C , Phys. Rev. C **84**, 054308 (2011).
15. M. Freer *et al.*, Evidence for a new ^{12}C state at 13.3MeV, Phys. Rev. C **83**, 034314 (2009).
16. M. Freer *et al.*, 2^+ excitation state of the ^{12}C Hoyle state, Phys. Rev. C **80**, 041303(R) (2009).
17. W.R. Zimmerman, N.E. Destefano, M. Freer, M. Gai, and F.D. Smith, Further evidence for the broad 2^+ state at 9.6 MeV in ^{12}C , Phys. Rev. C **84**, 027304(2011).
18. Moshe Gai, The structure of ^{12}C and stellar burning, Acta Physica Polonica, B, V 42, 775 (2011); Journal of Physics: Conference Series **267** (2011) 012046.
19. S. Hyldegaard, *et al.*, Precise branching ratios to unbound ^{12}C states from ^{12}N and ^{12}B β -decays, Phys. Lett. B **678** (2009) 459.
20. C. Aa Diget *et al.*, Complete kinematics measurement of the $^{11}\text{B}(p, \gamma)3\alpha$ reaction, Journal of Physics: Conference Series **381** (2012) 012116.
21. R. Alvarez-Rodriguez *et al.*, Structure of low-lying ^{12}C -resonances, Eur. Phys. J. A **31** 303 (2007).
22. Yoshiko Kanada-En'yo, Negative parity states of ^{11}B and ^{11}C and the similarity with ^{12}C , Phys.Rev.**C75**, 024302 (2007).
23. Y. Kanada-En'yo, Structure of ground and excited states of ^{12}C , Prog.Theor.Phys.**117**, 655-680 (2007); Erratum-ibid.**121**, 895-895 (2009).
24. Y. Kanada-En'yo *et al.*, Cluster structure in stable and unstable nuclei, Eur. Phys. J. **A25**, 305-310 (2005).
25. R. I. Dzhibuty, R. Ya. Kezarashvily, N. I. Shibitidze, Light nucleus disintegration into nucleon clusters in electromagnetic processes, Proceedings of the 7 th Seminar Electromagnetic Interactions of Nuclei at Low and Medium Energies, Moscow, p.248, 1988.
26. H.O.U. Fynbo and M. Freer, Rotations of the Hoyle State in Carbon-12, Physics, **4**, 94 (2011).
27. E. Epelbaum *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 252501 (2012).

28. A. Margaryan, L. Isaksson et al., Study of Carbon-12 disintegration into three alpha particles by using virtual photon tagging at MAX-lab; MAX-lab proposal 2012-01.
29. A. Margaryan et al., “Low-pressure MWPC system for the detection of α -particles and fission fragments”, Armenian Journal of Physics, vol. 3, issue 4, 282 (2010).

4. HERMES և H1 գիտափորձերի տվյալների վրա հիմնված հաղորդումների ֆիզիկական OLYMPUS գիտափորձ՝ համագործակցություն DESY-ի հետ

4.1. Ամփոփում

Ներկայիս բարձր էներգիայի ֆիզիկայում հաղորդային ֆիզիկական ամենահետաքրքիր բնագավառն է՝ շնորհիվ ուժեղ փոխազդեցությունների բացակայության և մի շարք տեսական մոդելների ստուգման խիստ անհրաժեշտության: Այդ մոդելները հավակնում են նկարագրել սպինային և հաղորդիզացման ֆենոմենները:

2013-2017 թվականներին նախատեսված ակտիվությունը նպատակաուղղված է հաղորդային ֆիզիկայի կարևոր ուղղություններին: Նրանցից առաջինը վերաբերվում է լրիվ վիրտուալ կոմպտոնյան ցրման ռեակցիայում իրական ֆոտոնի բացառիկ էլեկտրադինամիկ ազդեցության ասիմետրիայի, ինչպես նաև բացառիկ էլեկտրադինամիկ մեզոնների հետազոտման միջոցով նուկլոնի սպինի կառուցվածքի հետազոտմանը: Մեկ այլ ուղղություն նվիրված է տարբեր միջուկային թիրախների վրա էլեկտրադինամիկ ռոնտգենի նույնականացված նուկլոնների ուսումնասիրության միջոցով հաղորդիզացիայի մեխանիզմի հետազոտումը: Այս երկու խնդիրների փորձարարական տվյալները չափազանց կարևոր են լրացնելու մեր գիտելիքները և մոտեցումը ուժեղ փոխազդեցությունների համարժեք տեսության վերաբերյալ, որը նման կլինի էլեկտրամագնիսական փոխազդեցությունների համար Քվանտային էլեկտրադինամիկային:

Բացառիկ ռեակցիաները ինտենսիվորեն հետազոտվում են բարձր էներգիայի տարբեր լաբորատորիաներում, ինչպիսիք են HERMES, Jlab, CERN (COMPASS). HERMES: Գիտափորձերում ստացված արդյունքները Jlab և COMPASS արդյունքների հետ համատեղ թույլ կտան կատարել նկարագրում տարբեր GPD (Պարտոնների Ընդհանրացված Բախշման) վրա հիմնված կառուցվածքային ֆունկցիաները ճշտել և դրանով իսկ կատարել մեծ քայլ դեպի առաջ, այսպես կոչված “սպինային ճգնաժամ”-ի հնուց եկող և արդիական հիմնախնդրի լուծման համար:

Միջուկային միջավայրում հաղորդիզացիայի երևույթները գտնվում են HERMES և Jlab ուշադրության կենտրոնում, և նրա ուսումնասիրության արդյունքները թույլ կտան հաղորդիզացիայի երևույթը հասկանալու գործում ունենալ զգալի առաջադիմություն: Մշակման ենթակա տվյալները կուտակվել են DESY-ի HERA արագացուցչի վրակատարված HERMES գիտափորձում ավելիքան 10 տարում: Մենք նախատեսում ենք նաև հետազոտել π^0 և η^0 մեզոնները էլեկտրադինամիկ ռեակցիաներում:

2013 և 2014 թվականներին մենք նախատեսում ենք կատարել DESY-ի DORIS արագացուցչի վրա կատարված և 2013 թ. հունվարին տվյալների կուտակումը ավարտած OLYMPUS նոր գիտափորձի դետեկտորների Ժամանակաթոշակային բոլոր դետեկտորների չափակարգումը և Մոնտե-կարլո խաղարկումները: Այդ գիտափորձի հիմնական խնդիրն էր էլեկտրոն-պրոտոն և պոզիտրոն-պրոտոն էլաստիկ ցրման կտրվածքների ասիմետրիան երկու ֆոտոնի փոխանակման դեպքում: Դա թույլ կտա

գնահատել էլեկտրական և մագնիսական ֆորմ ֆակտորների մեծությունների հարաբերության զգալի տարբերության մեջ երկու ֆոտոնային փոխանակման դիագրամի հնարավոր ներդրումը: Այդ երևույթը դիտարկվել է Ռոզենբլուտի տարանջատման մեթոդով՝ չափելով նաև ցրված պրոտոնի բևեռացումը: Այս խնդրի լուծման համար կարևորագույն նախադրյալներից մեկն է կտրվածքի ասիմետրիան չափելիս հասնել 1%-ավելի փոքր անճշտությունների: Նաև հարկ է կատարել Մոնտե-Կարլո շատ մեծ ծավալի խաղարկումներ: Երևանի խումբը DESY-ի և Սանկտ-Պետերբուրգի խմբերի հետ համատեղ պետք է կատարի տվյալների լրիվ անկախ վերջնական մշակումներ, որոնք հետագայում կհամեմատվեն Մասսաչուսեթսի MIT խմբի արդյունքների հետ:

4.2. Աշխատանքների պլան-գրաֆիկը

2013 - 2014

DESY գիտական կենտրոնում համագործակցության շրջանակներում HERMES և OLYMPUS գիտափորձերում կուտակված տվյալների մշակումը: Այդ ժամանակաշրջանում խմբի անդամները շարունակելու են DESY պարբերաբար այցելությունները ստացված արդյունքները ներկայացնելու և հոդվածները պատրաստելու նպատակով:

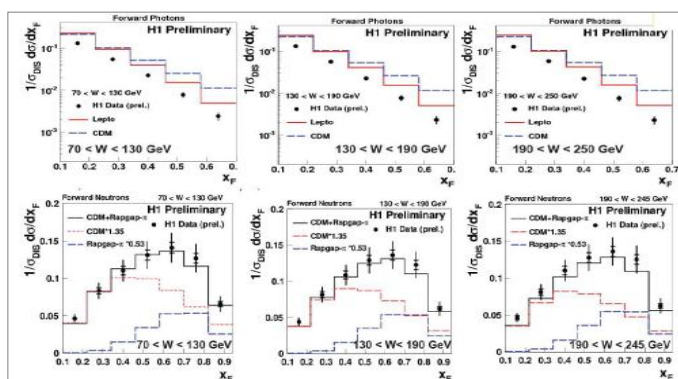
Կատարողներ՝ Ն.Ակոպով,Գ.Էլբակյան,Հ.Մարության,Գ.Քառյան ,Ա.Պետրոսյան

4.3. H1- գիտափորձ (կատարվելու են երկու անալիզ)

4.3.1. Խորը ոչ առաձգական ցրման (DIS) դեպքում ֆոտոնների և նեյտրոնների ձևումը փնջի համեմատ առաջ ուղղությամբ՝ Ֆեյնմանի սկեյլինգի ուսումնասիրությունը:

Ամփոփում

Չափվել են ֆոտոնների և նեյտրոնների նորմալացված կտրվածքների կախվածությունը x_F Ֆեյնմանի փոփոդականից և ֆոտոն-պրոտոն համակարգի էներգիայից W զանգվածների կենտրոնում: Մշակվել են H1 դետեկտորի 2006-2007 թվականների տվյալները: Ընտրվել են փոքր վիրտուալությանը $6 < Q^2 < 100 \text{ GeV}^2$ և $0.05 < y < 0.6$ ոչ առաձգականությամբ դեպքերը: Ուսումնասիրվել են կտրվածքների կախվածությունը W -ից 70 GeV-ից մինչև 245 GeV: Տվյալները համեմատվել են տարբեր DIS և բարձր էներգիաների տիեզերական ճառագայթների հաղորդների փոխազդեծության մոդելների հետ: Ցույց է տրվել, որ ոչ մի մոդել չի նկարագրում ֆոտոնների և նեյտրոնների կտրվածքները միաժամանակ:



2013-2014

Կատարողներ՝ Ա.Բունյաթյան (Հայդելբերգ),Հ.Զոհրաբյան (ԵՖԻ)

4.3.2. Խորը ոչ առաձգական ցրման (DIS) դեպքում շիթերի ծնումը փոքր Q^2 համար Ամփոփում

Ուսումնասիրվում է շիթերի ծնումը խորը ոչ առաձգական ցրումներում (DIS) ֆոտոնի փոքր վիրտուալության ($5 < Q^2 < 100 \text{ GeV}^2$) և $0.2 < y < 0.65$ ոչ արաձգականության տիրույթում HERA2 (2004-2007) տվյալների համար: Չափվել են ինկլուզիվ, երկու- և երեք- շիթերի դիֆերենցիալ և կրկնակի դիֆերենցիալ կտրվածքները ինչպես նաև DIS-ի կտրվածքին նորմավորված կտրվածքները: Համեմատ HERA1 տվյալներին նոր անալիզում հայտնվել է կտրուկ նվազեցնել ընդհանուր սխալները: Առաջին անգամ ներկայացվել են նորմավորված կտրվածքները, որոնք թույլ են տվել լրացուցիչ նվազեցնել կորելյացված սխտեմատիկ սխալները: HERA2 տվյալները ստացվել են բին-առ-բին մեթոդով երեք (kt-, antikt-, SISCone) ալգորիթմների համար և պետք է նաև լրացուցիչ ներկայացվեն անֆոդինգի եղանակով:

Նոր չափված տվյալներից դուրս է բերվելու ուժեղ փողազդեծության հաստատունի արժեքը բարձր ճշտությամբ:

2013-2015

Կատարողներ՝ Ա.Բաղդասարյան, Տ.Բաղդասարյան

5. Բարձր էներգիաների միջուկների ֆրագմենտացման մեխանիզմներ՝ համագործակցություն ՄՀՄԻ-ի հետ (BECQUEREL)

Միջուկների ֆրագմենտացման պրոցեսների հետազոտում ֆոտոէմուլսիոն մեթոդիկայով

5.1. Ֆոտոէմուլսիաներում 200 A Գէվ էներգիայով ^{32}S միջուկների և 4.5 A Գէվ էներգիայով ^{28}Si միջուկների՝ պերիֆերիկ փոխազդեցություններում մի քանի α -մասնիկների դիսոցիացման և երկու կամ երեք ֆրագմենտների ճեղքման պրոցեսների հետազոտումը: Ժամկետ՝ 2013 – 2016 թ.թ.

Կատարողներ՝ Վ.Սարգսյան, Ա.Մոխսենկո, Մ.Մանասերյան

5.2. Ֆոտոէմուլսիաների ծանր միջուկների հետ 4.5 A Գէվ էներգիայով ^{28}Si միջուկների ճակատային բախումներում թիրախ-միջուկների ճեղքման պրոցեսների հետազոտումը: Ժամկետ՝ 2015 – 2017 թ.թ.

Կատարողներ՝ Վ.Սարգսյան, Ա.Մոխսենկո, Մ.Մանասերյան և Ն.Դեմյոխինա

5.3. Ֆոտոէմուլսիաներում թեթև միջուկների փնջերի (այդ թվում՝ ռադիոակտիվ) կոհերենտ դիսոցիացման պրոցեսների հետազոտումը:

Ժամկետ՝ 2016 – 2017 թ.թ.

Կատարողներ՝ Վ.Սարգսյան, Ա.Մոխսենկո, Մ.Մանասերյան

Ամփոփում

Հետազոտվելու են 4N տիպի թեթև միջուկների (^{28}Si և ^{32}S) արագացված փնջերի հազվադեպ պերիֆերիկ փոխազդեցությունները ֆոտոէմուլսիաներում, որոնցում տեղի է ունենում այդ միջուկների՝ ա) մասնակի կամ լրիվ դիսոցիացում α -մասնիկների. բ) ճեղքում երկու կամ ավելի ծանր ֆրագմենտների: Ստացվելիք փորձարարական տվյալները կարող են պարունակել արժեքավոր տեղեկություններ այդ միջուկների α -կլաստերային կառուցվածքի, ինչպես նաև դրանց երկճեղքման և եռաճեղքման պրոցեսների մեխանիզմների վերաբերյալ: Հետազոտվելու են Դուբնայի իոնային արագացուցչի (Նուկլոտրոնի) միջոցով ձևավորված թեթև միջուկների փնջերի (ներառյալ՝

ռադիոակտիվ) պերիֆերիկ փոխազդեցությունները ֆոտոէմուլսիաներում՝ նպատակ ունենալով ստանալու նոր տեղեկություններ միջուկների (այդ թվում՝ էկզոտիկ) գրգռման ցածր մակարդակների և դրանց համապատասխան կլաստերային կառուցվածքի վերաբերյալ: Հետազոտվելու են ֆոտոէմուլսիայի ծանր միջուկների հետ 4.5 A Գէվ էներգիայով ^{28}Si միջուկների ճակատային բախումներում թիրախ-միջուկի ձեռքման պրոցեսները:

6. Ավանի աղի հանքում հազվադեպ պրոցեսների որոնում

6.1. Մութ մատերիայի մասնիկների (WIMPs) որոնման գիտափորձերի նախապատրաստում

Ներկայումս առկա է բացահայտ տարաձայնություն տարբեր գիտափորձերի արդյունքների միջև: Մի խումբ գիտափորձերում (DAMA, CoGeNT, CRESST) ազդարարվում է WIMPs – ի դիտարկում, մեկ այլ խումբ գիտափորձերում (CDMS, Xenon10, Xenon100)՝ գրոյական արդյունք: Ակնհայտորեն անհրաժեշտ են նոր գիտափորձեր այդ հակասությունների պատճառները բացահայտելու համար: WIMPs – ի որոնման գրեթե բոլոր գիտափորձերի հիմքում ընկած է ծանր միջուկների վրա WIMPs – ի առաձգական ցրման արգասիք հանդիսացող հետհարվածի միջուկի գրանցումը: Սպասվում է, որ վերջիններիս էներգետիկական սպեկտրն ունի քվադրէքսպոնենցիալ կերպով նվազող տեսք: Ուստի նմանատիպ գիտափորձերում անհրաժեշտ է ապահովել գրանցման հնարավորինս ցածր էներգետիկական շեմ: Էներգետիկական շեմը կարևոր նշանակություն ունի նաև ցածր զանգվածով մասնիկների գրանցման դեպքում:

6.2. Աշխատանքի բովանդակությունը

DAMA գիտափորձում օգտագործվել են NaI(Tl) բյուրեղների վրա հիմնված դետեկտորներ: Ինստիտուտում առկա են բավականչափ քանակի NaI(Tl) բյուրեղներ: Մեր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ այդ բյուրեղներում ռադիոակտիվ տարրերի խառնուրդը բավականաչափ քիչ է (բնական կալիումի խառնուրդը չի գերազանցում 100 ppb, իսկ ուրանի և թորիումի պարունակությունը նույն մակարդակի է, ինչ որ DAMA գիտափորձում օգտագործված բյուրեղներում), և դրանք կարելի է օգտագործել WIMPs – ի որոնման համար նախատեսված գիտասարքում: Բացի դա, գնահատականները ցույց են տալիս, որ սկզբունքորեն հնարավոր է զգալիորեն իջեցնել գրանցման շեմը DAMA-ի դետեկտորների համամատությամբ: Վերջին մի քանի տարիների ընթացքում մենք ուսումնասիրում ենք WIMPs – ի որոնման համար մրցունակ գիտասարք ստեղծելու հնարավորությունը: Կատարվում են մեթոդական հետազոտություններ գրանցման նվազագույն շեմ ստանալու համար: Սակայն ֆինանսավորման պակասը (ավելի ճիշտ, դրա լիակատար բացակայությունը) թույլ չի տվել մեզ ավարտելու այդ աշխատանքը: Այնուհանդերձ մենք շարունակում ենք մեր ջանքերը առկա հնարավորությունների սահմաններում: Այդ խնդրի հաջող լուծման արդյունքում ստեղծվելիք սարքավորումը հնարավորություն կտա ոչ միայն իրագործելու DAMA-ի տիպիկ գիտափորձ՝ այլ արտաքին պայմանների դեպքում (ինչն ինքնին կարևոր է), այլև ստանալու ավելի հուսալի արդյունքներ: Մեր ջանքերն ուղղված են լինելու NaI(Tl) դետեկտորի գրանցման շեմի նվազեցմանը և ներառում են հետևյալ գործողությունները՝ ա) առավելագույն լուսահավաք ապահովելու համար նախատեսվում է բյուրեղը տեղադրել թափանցիկ թաղանթում, որպեսզի ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչներով (ՖԷԲ) դիտարկելի լինեն նրա բոլոր նիստերը. բ) հասնել ՖԷԲ-ի միաֆոտոէլեկտրոնային ռեժիմի հուսալի գործողության (էլեկտրոնային

սարքերի և ծրագրային ապահովման կատարելագործման շնորհիվ). գ) տվյալների ընդունման և կուտակման համակարգի զարգացում:

CoGeNT գիտափորձում, որում օգտագործվում է շատ ցածր շեմով գերմանիումի դետեկտոր, դիտարկվել են, ինչպես և DAMA գիտափորձում, հաշվարկի արագության սեզոնային մոդուլյացիաներ: Հիշեցնենք, որ մոդուլյացիաներ կարող են առաջանալ մութ մատերիայի հալոյի նկատմամբ Երկրագնդի արագության սեզոնային փոփոխության պատճառով, և դրանց դիտարկումը հանդիսանում է կարևոր վկայություն մութ մատերիայի գոյության վերաբերյալ: Հնարավոր ֆոնի մակարդակի մանրակրկիտ հետազոտման և մոդուլյացիաների դիտարկման փաստի հիման վրա CoGeNT գիտափորձի հեղինակները հանգել են այն եզրակացության, որ իրենք գրանցել են 7 ԳԷՎ զանգվածով WIMP-եր: Հարկ է, սակայն, նկատել, որ ֆոնային դեպքերը ևս ենթարկվում են սեզոնային մոդուլյացիաների, որոնք կախված են չափումների անցկացման վայրի կոնկրետ պայմաններից (ստորգետնյա փորձարարական սրահի խորությունից և շրջապատող ապառների կառուցվածքից): Մեր պայմաններն էականորեն տարբերվում են CoGeNT գիտասարքի տեղակայման վայրի՝ SOUDAN հանքավայրի պայմաններից, և նմանատիպ գիտափորձի անցկացումը Ավանի աղի հանքում մեզ հույժ կարևոր է թվում: Գոյություն ունեն լավ հեռանկարներ այդ բնագավառում համագործակցելու H3OAC OIЯИ-ի հետ (Դուբնա), որտեղ ներկայումս փորձարկվող գերմանիումի դետեկտորը իր պարամետրերով ենթադրաբար չի զիջում CoGeNT դետեկտորին: H3OAC-ի ղեկավարության հետ կա նախնական համաձայնություն առ այն, որ փորձարկումների հաջող արդյունքների պարագայում կարելի կլինի այդ դետեկտորի հիման վրա մեզ մոտ ստեղծել գիտասարք և անցկացնել համատեղ չափումներ: Զուգահեռաբար մենք նախապատրաստում ենք մեր ցածրֆոնային գիտասարքի հանգույցները նմանատիպ չափումների համար: Նկատենք, որ մեզ մոտ առկա ցածրֆոնային գիտասարքը և H3OAC-ում ստեղծվող գիտասարքն ունեն շատ ընդհանրություններ: Այդ իսկ պատճառով նոր գերմանիումի դետեկտորի տեղադրման դեպքում հարկ կլինի միայն բարելավել պլաստիկ առկայծիչներից կազմված վետո-համակարգը և սարքավորման պասիվ պաշտպանական շերտի ներքին մասը, որը զբաղեցնում է համեմատաբար փոքր ծավալ և ենթադրաբար պետք է հավաքվի հնէաբանական կապարից:

WIMP-երի որոնման գիտափորձերի պրակտիկան ցույց է տալիս, որ ֆոնային դեպքերի նույնացման առկա եղանակները թույլ են տալիս արտաքսել զրեթե բոլոր դեպքերը, որոնք հարուցված են ֆոնային մասնիկներով, բացառությամբ նեյտրոնների: Բարձր էներգիաների նեյտրոնները զրեթե ամբողջությամբ նմանակում են որոնվող դեպքերը և ներկայացնում են գլխավոր վտանգը գիտափորձերի տվյալների հուսալիության համար: Այդ կապակցությամբ մեր ստորգետնյա լաբորատորիայում WIMP-երի որոնման գիտափորձեր նախապատրաստելիս կարևոր խնդիր է հանդիսանում բարձր էներգիաների (>0.5 ՄԷՎ) նեյտրոնների ֆոնի պատշաճ գնահատումը: Ներկայումս մենք նախապատրաստական աշխատանքներ ենք վարում նեյտրոնային ֆոնի չափումներին ձեռնամուխ լինելու համար:

6.2. Ասկարյանի մեթոդով աստղաֆիզիկական նեյտրինոյի գրանցման համար Ավանի հանքի աղաշերտի պիտանելիության հետազոտումը

Նախատեսվում է ավարտին հասցնել Ավանի հանքի աղաշերտում տասնյակ և հարյուրավոր մեգահերց հաճախություններով ռադիոալիքների կլանման երկարությունների չափումները՝ նպատակ ունենալով որոշելու աղաշերտի պիտանելիությունը Ասկարյանի մեթոդով գերբարձր էներգիաների աստղաֆիզիկական

նեյտրինոների գրանցման համար: Այդ մեթոդով ենթադրվում է գրանցել ռադիոհաճախային դիապազոնում կոհերենտ չերենկովյան ճառագայթումը, որն առաջանում է միջավայրում գերբարձր էներգիաների մասնիկների անցնելիս: Այս խնդրի հանդեպ հետաքրքրությունը պայմանավորված է նրանով, որ նեյտրինոն միակ մասնիկն է, որն անգամ գերբարձր էներգիաների տիրույթում գրեթե ենթակա չէ որևէ փոխազդեցության հարյուրավոր և ավելի մեգապարսեկ հեռավորություններ անցնելիս (նրա վրա չեն ազդում ոչ միջգալակտիկական մագնիսական դաշտը, ոչ ռելիկտային ճառագայթումը), ինչը հնարավորություն է ընձեռում հետազոտելու սկզբնական տիեզերական ճառագայթման սպեկտրը, ստանալու տեղեկություններ Տիեզերքում մասնիկների արագացման և տարածման պրոցեսների վերաբերյալ:

Մեր կողմից ստեղծված հատուկ գիտասարքի միջոցով 140 Մեգ – 400 Մեգ տիրույթում չորս տարբեր հաճախությունների համարչափվել են ռադիոալիքների կլանման երկարությունները ցածրֆոնային լաբորատորիայի անմիջական հարևանությամբ գտնվող աղաշերտում: Չափումների արդյունքները (որոնք հրատարակվել են գրախոսվող հանդեսում) ցույց են տալիս, որ հանքի հետազոտված տեղամասում աղաշերտը պիտանի չէ ռադիոհաճախային դիապազոնում կոհերենտ չերենկովյան ճառագայթման գրանցման համար: Սակայն, ինչպես պարզվեց հետազոտում, հետազոտվող աղաշերտի հարևանությամբ գտնվում է ոչ մեծ ջրամբար, ինչը կարող է էականորեն ազդել աղի բնութագրերի վրա, քանի որ խոնավ աղը ձեռք է բերում հաղորդիչի հատկություններ: Խնդրի վերջնական պատասխանը ստանալու համար անհրաժեշտ է շարունակել չափումները հանքի այլ տեղամասերում ևս, ինչը նախատեսված է կատարել սույն նախագծի շրջանակներում:

6.3. Աշխատանքների պլան-գրաֆիկ

6.3.1. Թույլ փոխազդող ծանր մասնիկների (WIMPs) որոնմանը նպատակամղված աշխատանքներ:

Ժամկետ՝ 2013 – 2017 թ.թ.

6.3.2. Ասկարյանի մեթոդով աստղաֆիզիկական նեյտրինոների գրանցման պիտանելիության որոշման համար աղաշերտերի հատկությունների հետազոտման շարունակություն:

Ժամկետ՝ 2013 – 2014 թ.թ.

6.4. Կատարողներ՝ Ալեքսանյան Ա., Ամիրխանյան Ս., Պողոսյան Լ., Պողոսով Վ.,

Պողոսովա Օ., Քոթանջյան Տ.

7. ԱԱԳԼ-ի արագացուցչային համալիրի (էլեկտրոնների գծայինն օղակաձև արագացուցիչներ) հիման վրա հետազոտություններ ցածր էներգիաների միջուկային ֆիզիկայի բնագավառում՝ թեթև միջուկների (He, Li, Be, C) գրգռված վիճակների կլաստերային կառուցվածքի վերաբերյալ

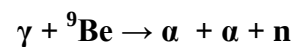
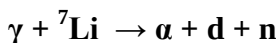
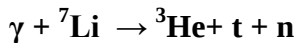
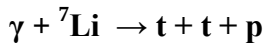
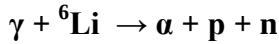
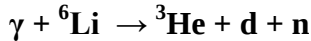
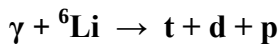
ա) թեթև միջուկների (He, Li, Be) գրգռված վիճակների կլաստերային կառուցվածքի հետազոտությունը երեք մասնիկանի ֆոտոառնկման պրոցեսներում[1]

Միջուկներում կլաստերային կառույցների ֆիզիկան զգալիորեն զարգացել է տարբեր ուղղություններով, ընդգրկելով միջուկային սինթեզ և միջուկային կառուցվածք, միջուկային ռեակցիաներ և սկսած 1960թ. լայնորեն քննարկվում է հատուկ միջազգային աշխատաժողովներում:

Վերջին տարիներին զգալիորեն աճել է հետաքրքրությունը հետազոտելու թեթև միջուկների գրգռված վիճակները: Դա կապված է այդ միջուկներում կլաստերային

կառույցների հնարավորությունն է, լայնորեն քննարկվող նոր տեսական անալիզներում :

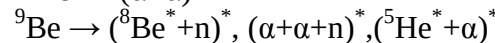
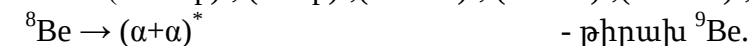
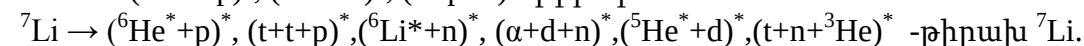
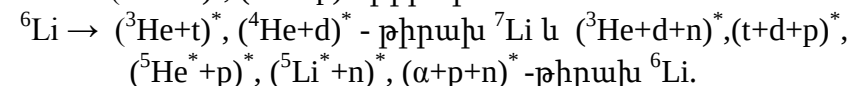
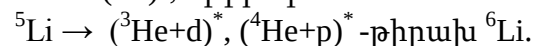
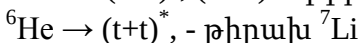
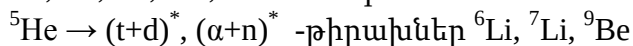
Առաջարկվում է հետազոտել հետևյալ ֆոտոճեղքման յոթ ռեակցիաներ օգտագործելով ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ թիրախները՝



Մենք դիտարկելու ենք ֆոտոճեղքման ռեակցիաներ երեք մասնիկանի վերջնական վիճակում $\gamma + A \rightarrow 1+2+3$, որտեղ (1, 2, 3) մասնիկները նուկլոններ են՝ (p, n) և թեթեւ միջուկներ (d, t, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}(\alpha)$). Երբ թիրախները ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ (1, 2) մասնիկները (p, d, t, ${}^3\text{He}$, α) իսկ (3)-ը մեկը նուկլոններից (p, n).

Վերը նշված յոթ ռեակցիաների $\gamma + A \rightarrow 1+2+N$ ուսումնասիրման համար անհրաժեշտ է չափել (1, 2) մասնիկների անկյունները և կինետիկական էներգիան երկու դետեկտորներով համընկման եղանակով: Այդ չափումները թույլ են տալիս որոշելու՝ ֆոտոնի էներգիան (E_γ), ինվարիանտ զանգվածը կամ գրգռման էներգիան (E_x) և գրգռված վիճակի լայնությունը (Γ_x):

Այսպիսով հնարավոր է ուսումնասիրել 22 գրգռված վիճակներ յոթ իզոտոպների ${}^5\text{He}$, ${}^6\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^8\text{Be}$, ${}^9\text{Be}$ համար՝



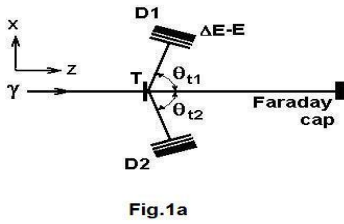
Ցածր էներգիաների միջուկային ֆիզիկայի բնագավառում գիտափորձեր անցկացնելու նպատակով ԵրԳԻ-ի արագացուցչային համալիրի բազայի վրա (ինժեկտոր, սինքրոտրոն) պատրաստվել է նախագիծ նվիրված՝ արագացուցչի անցմանը ստոնտջեր ռեժիմի:

Օգտագործվելու է կոհերենտ արգելակային ճառագայթման γ -փնջերը մինչև 75 ՄԷՎ էներգիայով և 10^9 էֆֆ.ֆոտ./վր ինտենսիվությունով:

Որպես առաջնահերթ գիտափորձ նախատեսվում է ուսումնասիրել ${}^6\text{He}$ իզոտոպի գրգռված վիճակը և կատարել $\gamma + {}^7\text{Li} \rightarrow t + t + p$ ռեակցիայի հետազոտությունը [1]:

${}^6\text{He}$ գրգռված վիճակի երկու կլաստերի ($t+t$) փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները, ստացված տարբեր մեթոդներով՝ իոնային ${}^7\text{Li}$ (${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$) ${}^6\text{He}$ և π^- մեզոնի ${}^9\text{Be}$ (π , ${}^6\text{He}$) t փնջերով տարբերվում են գրգռված մակարդակներով, իրենց էներգիայով և լայնությամբ:

Փորձարարական սարքավորման սխեման հորիզոնական zx հարթությունում տրված է նկար 1-ում:



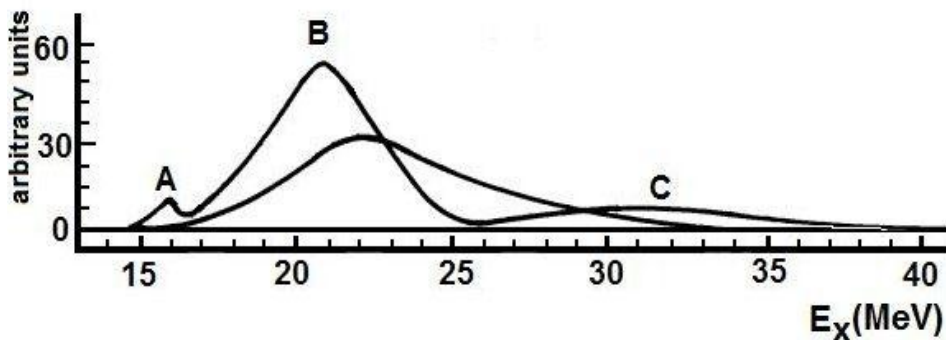
Երկու տրիտոնների համընկնող գրանցումը պլանավորվում է կատարել կիսահաղորդչային (Si) դետեկտորների երկու $\Delta E-E$ տելեսկոպներով: Յուրաքանչյուր տելեսկոպ ունի կինետիկ էներգիայի գրանցման հայտնի շեմ և թույլ է տալիս կատարել իդենտիֆիկացիա ըստ մասնիկի զանգվածի և լիցքի (սպասվում է ստանալ 1 և 2 մասնիկների տիպերը, նրանց կինետիկ էներգիաները (T_i), ելքի ուղղությունները (θ_i , ϕ_i), ուր $i=1-4$ (p, d, t, ^3He): Պլանավորվում է պատրաստել տելեսկոպներ կազմված երեք կիսահաղորդչային դետեկտորներից, երկու դետեկտորները (dE/dx) 50 մկմ հաստության, և երրորդ դետեկտորը (E) 1,5 մմ հաստությամբ, 100x100 մմ² մակերեսով, որոնք ապահովում են գրանցվող մասնիկների կինետիկ էներգիայի հետևյալ տիրույթները՝ $P \sim 2-10$ ՄԷՎ, $d \sim 2.6-14$ ՄԷՎ, $t \sim 3-18$ ՄԷՎ, $^3\text{He} \sim 6-37$ ՄԷՎ, $^4\text{He} \sim 7-41$ ՄԷՎ:

Որպես թիրախ օգտագործվելու է 150mkm հաստությամբ մետաղական լիտիումի թիթեղ: Փնջի չափսերը թիրախի վրա կազմելու են (10x10) մմ².

Մեր կողմից կատարվել են պլանավորված գիտափորձի լրիվ ՄոնտեԿառլո հաշվարկներ, որտեղ ստացվել են ֆոտոնի էներգիայի և երկու տրիտոնի համակարգում էֆֆեկտիվ զանգվածի անհրաժեշտ ճշտությունները, օգտագործելով աշխատանքում բերված ^6He իզոտոպի երեք (a, b, c) մակարդակների գրգռման էներգիաները՝

$E_a = 15.8 \pm 0.6 \text{ MeV}$, $\Gamma = 1.0 \pm 0.6 \text{ MeV}$ (a),
 $E_b = 20.9 \pm 0.3 \text{ MeV}$, $\Gamma = 3.2 \pm 0.5 \text{ MeV}$ (b),
 $E_c = 31.1 \pm 1.0 \text{ MeV}$, $\Gamma = 6.9 \pm 2.3 \text{ MeV}$ (c) .

Նկար 2-ում ներկայացված է երկու տրիտոնների համակարգում ինվարիանտ զանգվածի բաշխումը երեք մակարդակների համար:



Մոնտե Կառլո հաշվարկների հիման վրա գնահատվել են գիտափորձի սպասվող ելքերը՝ $N_{evt} = N_t * N_\gamma * \langle d\sigma/d\Omega \rangle * \Delta\Omega * \epsilon$, երեք մակարդակների համար $E_\alpha=15.8\text{MeV}$, 20.9MeV և 31.1MeV համապատասխան 0.2 դեպք/ժ, 7.2 դեպք/ժ և 32 դեպք/ժ:

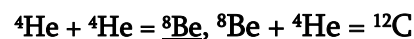
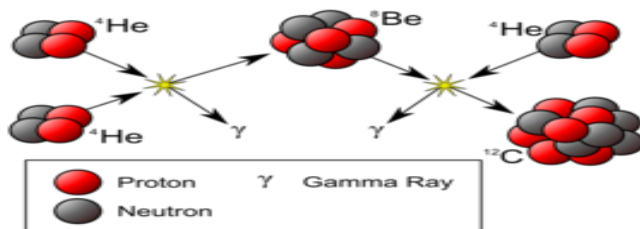
Նշենք նաև, որ կա նախնական պայմանավորվածություն JINR-ի հետ ստեղծել ^{12}C կիսահաղորդչային (Si) միկրոստրիպային դետեկտորներ, որի համար պահանջվում է 20 մլն դրամ: Գիտափորձի արժեքը՝ 10 մլն դրամ:

[1] N. Demekhina, H. Hakobyan, Zh.Manukyan, A. Sirunyan, H. Vartapetian. Armenian Journal of Physics, vol.6(2013),issue 3,pp. 149-161.

բ)Ածխածնի ^{12}C միջուկների ճեղքումը երեք ալֆա մասնիկների ֆոտոններով

Մշակվել են գիտափորձեր հիմնված ցածր ճնշման բազմալար խցիկների վրա: Մասնավորապես դիտարկվել են այնպիսի գիտափորձեր, որտեղ ցածր ճնշման բազմալար խցիկների աշխատանքին գազը կծառայի նաև որպես թիրախ: Հետազոտվել է ցածր ճնշման բազմալար խցիկների աշխատանքը հեպտանից բացի ուրիշ գազային խառնուրդների համար: Հետևաբար ցածր ճնշման բազմալար խցիկների հիման վրա կարելի է ստեղծել ջրածնի, ածխածնի, թթվածնի և նեոնի միջուկների ակտիվ թիրախ, որը հնրավորություն կունենա գրանցել $0.025\text{-}10$ ՄէՎ էներգիաներով պրոտոններին, 0.05 ՄէՎ-ից մեծ էներգիաներով ալֆա մասնիկներին և 0.5 ՄէՎ-ից մեծ էներգիաներով ածխածնի միջուկներին:

$^{12}\text{C}(\gamma, 2\alpha)^4\text{He}$ ռեակցիան շատ կարելիոր դեր ունի կապված աստղերում հելիումի վառման պրոցեսի հետ [L. R. Buchmann and C. A. Barnes, Nucl. Phys., A 777(2006) 254].



Հոյլի ռեզոնանսը ^{12}C միջուկում, որի զանգվածը 7.65 MeV ունի սպին և զույգություն 0^+ : Պլանավորված է շեմի մոտ չափել $^{12}\text{C}(\gamma, 3\alpha)$ ռեակցիայի կտրվածքը օգտագործելով 50 MeV էներգիայով ֆոտոնների փունջ և ցածր բազմալար խցիկներ (MWPCs), որտեղ որպես ակտիվ թիրախ հանդես է գալիս հեպտան գազը (C_7H_{16}) 3 Torr ճնշման տակ և Si դետեկտորներ:

Si E
MWPC 2 X, Y, T, dE/dx
MWPC 1 X, Y, T, dE/dx

8. Միջուկներում նուկլոնների կլաստերային գոյացությունների (քվազիդեյտրոններ, ալֆա մասնիկներ) ուսումնասիրությունը և ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների մեխանիզմը 20-70 ՄԷՎ էներգիաների տիրույթում

8.1. Ամփոփում

Նախագծի նպատակն է ցածր էներգիաների տիրույթում (20-70 ՄԷՎ) միջուկների կառուցվածքի և ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների մեխանիզմի ուսումնասիրությունը: Ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների էլքերի չափումը գիզանտ ռեզոնանսից բարձր էներգետիկ տիրույթում թիրախների 50-197 զ.ա.մ. զանգվածների դեպքում հնարավորություն կտա ստանալու նոր տվյալներ թիրախ-միջուկների հետ ֆոտոնների սկզբնական փոխազդեցության բնույթի մասին:

Ցածր էներգիաների դեպքում փորձարարական ուսումնասիրությունները հիմնականում հանգեցվում են գիզանտ դիպոլային ռեզոնանսի միջոցով ընթացող պրոցեսների էլքերի և կտրվածքների որոշմանը [1,2]: Գիզանտ ռեզոնանսից բարձր էներգետիկ տիրույթում ≥ 20 -40 ՄԷՎ փոխազդող ֆոտոնների ալիքի երկարությունը համեմատական է դառնում միջուկի մեջ նուկլոնային կազմավորումների չափերին և այդ փաստը արտահայտվում է փոխազդեցության մեխանիզմի փոփոխմամբ: Միջուկի զրգոման կոլեկտիվ բնույթը փոխարինվում է ֆոտոնների առանձին նուկլոնային խմբերի հետ փոխազդեցության պրոցեսով:

Մեզոնների ծնման շեմին մոտ միջուկում առանձին նուկլոնների դերը դառնում է գերակա: Այս փաստը հաստատվում է ինչպես փորձնական ճանապարհով, այնպես էլ տեսականորեն: Ներկայացված նախագծի նպատակը հանդիսանում է միջուկում նուկլոնային խմբավորումների ուսումնասիրությունը կախված միջուկային բնութագրերից (զանգված, լիցք, նուկլոնային կառուցվածք):

40-70 ՄԷՎ էներգետիկ տիրույթում ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների ուսումնասիրությունը պլանավորվում է կատարել Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի գծային էլեկտրոնային արագացուցչի վրա ԵրՖԻ-ի փորձարարական բաժնի և ԵՊՀ միջուկային ֆիզիկայի ամբիոնի աշխատակիցների համատեղ նախագծի շրջանակում: Նախագծի կատարման ընթացքում նախատեսվում է ներմուծված ակտիվության գրանցման համար օգտագործել գերմաքուր HPGe գրանցիչ, ինչպես նաև նոր սարքավորումներ նախագծել բարձր ֆոնային պայմաններում փոխազդեցության հետևանքով դուրս թռած միջուկային խմբավորումների գրանցման համար (մագնիսական անալիզատորներ, դիելեկտրիկների հիման վրա հաշվիչների համակարգեր և այլն):

Նախագծի մեջ պետք է ընդգրկվեն ԵՊՀ-ի ուսանողները, որոնք պետք է կուրսային, դիպլոմային և ասպիրանտական աշխատանքների կատարման ընթացքում յուրացնեն միջուկային գիտափորձի տեխնիկան: Ուսումնասիրությունների արդյունքները թույլ կտան.

Հանրապետության շրջանակներում առկա սարքավորումների հիման վրա ստանալ նոր գիտական արդյունքներ:

Պատրաստել փորձարարական սարքավորումները միջուկային ֆիզիկայի ապագա գիտական ծրագրերի համար.

Միջուկային ֆիզիկայի բնագավառում պատրաստել երիտասարդ մասնագետներ:

8.2. Նախագծի գիտական հիմնավորումը

Ներկայացված նախագծի փորձարարական ծրագիրը բաղկացած է երկու մասից

1. միջուկի քվադրոյտրոնային կառուցվածքի ուսումնասիրություն

2. միջուկի մեջ ալֆա մասնիկային խմբավորումների ուսումնասիրություն

Ֆոտոնների էներգիաների 10-20 ՄէՎ տիրույթում վերջին 50 տարիների ընթացքում կատարվել են միջուկների դիպոլային գրգռումների (գիգանտ ռեզոնանս ԳԴՌ) բավականին մանրակրկիտ ուսումնասիրություններ, որի շնորհիվ հայտնաբերվել են միջուկային պրոցեսների մի շարք կարևոր բնութագրեր և օրինաչափություններ, որոնք ներկայացնում են միջուկում կոլեկտիվ գրգռումներ: Գիգանտ ռեզոնանսի տիրույթից բարձր էներգիաների դեպքում մինչև մեզոնների ծնման շեմը սկզբնական ֆոտոմիջուկային փոխազդեցության բնույթը փոխվում է: Ի տարբերություն ԳԴՌ տիրույթի, որտեղ ֆոտոնը փոխազդում է միջուկի հետ որպես մեկ ամբողջություն, էներգիայի աճին զուգընթաց, երբ նվազում է ալիքի երկարությունը և հանդես են գալիս կինեմատիկ սահմանափակումներ կախված իմպուլսի պահպանումից, ֆոտոնը սկսում է փոխազդել միջուկի մեջ առաջացած փոքր քանակությամբ նուկլոնային խմբերի (կլաստերների) հետ [3-5]: Ամենատարածված պատկերացումը, դա միջուկի մեջ երկու կամ չորս նուկլոնային խմբավորումների առաջացումն է, որոնք իրենցից ներկայացնում են վիրտուալ դեյտրոններ կամ ալֆա մասնիկային ձևավորումներ: Գիգանտ ռեզոնանսի տիրույթից մեծ էներգիաների դեպքում հիմնականում դիտարկվում են երկմասնիկային առաջացումներ (քվադրոյտրոններ): Նշված էներգետիկ տիրույթում ֆոտոկլանման պրոցեսի հիմնական օրինաչափությունների տեսական պատկերացումների աղբյուր է հանդիսանում քվադրոյտրոնային մոդելը:

Ըստ այդ մոդելի դիպոլային գրգռումը փոխանցվում է ոչ թե ամբողջ միջուկին, այլ առանձին, տարածության մեջ փոխկապակցված նեյտրոն-պրոտոնային զույգին [3]: ԳԴՌ-ի տիրույթում միջին զանգվածային թվով միջուկների ապագրգռումը տեղի է ունենում մեկ կամ երկու նեյտրոնների առաքումով: Մեծ թվով նեյտրոնների և պրոտոնի առաքումով ռեակցիաների էներգետիկ շեմը դուրս է գալիս ԳԴՌ-ի տիրույթից և բազմանուկլոնային պրոցեսների մեխանիզմը կտարբերվի ֆոտոմիջուկային փոխազդեցության բնույթով: Այդպիսի ռեակցիաների բարձր էներգետիկ շեմերը թույլ են տալիս արգելակային ճառագայթման փնջերի հետ աշխատելուց առանձնացնել քվադրոյտրոնային տիրույթը: Նշված էներգետիկ տիրույթում ֆոտոնների կլանումը ուղեկցվում է գրգռված միջուկային վիճակների տրոհումով, հիմնականում մի քանի նուկլոնների (նեյտրոնների) առաքումով: Մի քանի ֆոտոնոկլոնների միաժամանակյա գրանցման մեթոդներում գոյություն ունեն որոշակի փորձարարական բարդություններ կապված չափման ժամանակ առկա բարձր ֆոնի հետ, որը հատուկ է գծային էլեկտրոնային արագացուցիչներին: Այս պայմաններում արդյունքների էլքերի չափման ներմուծված ակտիվության մեթոդը բավականին արդյունավետ է:

Հաշվի առնելով ԳԴՌ գրգռումը ֆոտոկլանման կտրվածքը $\sigma_{\text{погл}}(E_\gamma)$ այդ ռեզոնանսի մաքսիմումից հետո կարելի է ներկայացնել երկու գումարելիների գումարի տեսքով՝

$$\sigma_{\text{погл}}(E_\gamma) = \sigma_{\text{гдр}}(E_\gamma) + \sigma_{\text{кд}}(E_\gamma)$$

$\sigma_{\text{гдр}}(E_\gamma)$ կտրվածքը սովորաբար որոշվում է կիսամիկրոսկոպիկ մոդելի սահմաններում, որը ներկայացված է աշխատանք [11] ում: Կլանման քվադրոյտրոնային մեխանիզմի կտրվածքը որոշվում է հետևյալ տեսքով [2,3]՝

$$\sigma_{\text{кд}}(E_\gamma) = L \frac{NZ}{A} \sigma_d(E_\gamma) f(E_\gamma).$$

Այստեղ $\sigma_d(E_\gamma)$ – ազատ դեյտրոնի ֆոտոտրոհման կտրվածքն է, $L \frac{NZ}{A}$ քվադրդեյտրոնների թիվն է միջուկում, $L \approx 6,5$ – Լեվինզերի պարամետրն է, որն իրենից ներկայացնում է միջուկում <1 ֆերմի չափերով նուկլոնների զույգի առաջացման հավանականության հարաբերությունը դեյտրոնում նույն հավանականությանը:

Քանի որ քվադրդեյտրոնները գտնվում են միջուկի մեջ, ապա ըստ Պաուլիի սկզբունքի անցումների որոշ մասը արգելված կլինեն (Pauli-Blocking): Այդ էֆեկտը կախված է ֆոտոնի E_γ էներգիայից և հաշվի է առնվում հատուկ բազմապատկիչով $f(E_\gamma)$, որի արտահայտությունը ստացված է [3] աշխատանքում

$$f(E_\gamma) = 8,3714 \cdot 10^{-2} - 9,8343 \cdot 10^{-3} \cdot E_\gamma + 4,1222 \cdot 10^{-4} \cdot E_\gamma^2 - 3,4762 \cdot 10^{-6} \cdot E_\gamma^3 + 9,3537 \cdot 10^{-9} \cdot E_\gamma^4.$$

Դեյտրոնի ֆոտոկլանման փորձարարական կտրվածքը սովորաբար արտահայտվում է հետևյալ տեսքով

$$\sigma_d(E_\gamma) = 61,2 \frac{(E_\gamma - 2,24)^{3/2}}{E_\gamma^3},$$

որտեղ E_γ տրված է ՄԷՎ-երով, իսկ $\sigma_d(E_\gamma)$ -- մբն: Նշված բանաձևերը կիսաէմպիրիկ բնույթ ունեն և նրանց մեջ մտնող պարամետրերի արժեքները տարբեր աշխատանքներում տարբեր են:

Ներկայացված նախագծի հիմնական խնդիրներից մեկը նշված պարամետրերի կախվածության բնույթի ուսումնասիրությունն է փոխազդող ֆոտոնների էներգիաներից և թիրախի զանգվածային թվերից:

Գիզանտ Ռեզոնանսի տիրույթում աշխատանք [3] ում կատարվել են ալֆա մասնիկների ելքերի ուսումնասիրություն: Սակայն նմանատիպ ուսումնասիրությունները սակավաթիվ են, որն էլ հնարավորություն չի տալիս կատարել նման պրոցեսների սիստեմավորում մոդելային պատկերացումները հստակեցնելու համար: Ֆոտոնների էներգիայի $\leq 25 \text{ ՄեՅՅ}$ տիրույթում (γ, α) ռեակցիաների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ այդ ռեակցիաների գրգռման ֆունկցիաները բնութագրվում են արագ աճով ռեակցիայի շեմին մոտ տիրույթում, այնուհետև դուրս են գալիս պլատո ավելի բարձր էներգիաների դեպքում: Այդ պլատոն տեղաշարժվում է դեպի բարձր էներգիաների տիրույթ թիրախի զանգվածային թվի աճին զուգընթաց: (γ, α) ռեակցիաների հաջորդ առանձնահատկությունը այն է, որ բաղադրիչ միջուկի գրգռման մոտիկ էներգիաների դեպքում այդ ռեակցիաների կտրվածքը փոքր է համեմատած (n, α) և (p, α) ռեակցիաներին: Այս փաստը դիտարկվել է [3] աշխատանքում, որպես (γ, α) ռեակցիաներում ուղիղ պրոցեսների փոքր ներդրում համեմատած (n, α) և (p, α) ռեակցիաներին, որտեղ նմանատիպ ներդրումը շատ մեծ է: Վիճակագրական մոդելի սահմաններում $(\gamma, \alpha) / (\gamma, n)$ ռեակցիաների պարզիալ լայնությունների հարաբերությունների հետ համեմատությունը թույլ տվեց ենթադրել, որ ԳԴՌ էներգետիկ տիրույթում (γ, α) ռեակցիաների ընթացքում α մասնիկների առաքումը վիճակագրական բնույթ ունի: Հետաքրքրություն է ներկայացնում (γ, α) ռեակցիաների ուսումնասիրությունը ԳԴՌ տիրույթից դուրս, որտեղ ֆոտոնների ալիքի երկարությունը համեմատական է միջուկում նուկլոնային խմբավորումների չափերին $2.65 \leq \lambda \leq 3.95$ ֆմ: Ներկա նախագծի սահմաններում նախատեսվում է որոշել (γ, α) ռեակցիաների ելքերը

թիրախների մի շարք զանգվածների դեպքում (աղյուսակ 2) ԳԴՌ տիրույթից մեծ էներգիաների դեպքում:

8.3. Նախագծի ֆիզիկական հիմնավորումը

Նախագծի գիտական հիմնավորումը – ԳԴՌ էներգետիկ տիրույթում ($> 20\text{-}40$ ՄԷՎ) ֆոտոնների 50-198 զ.ա.մ. զանգվածով միջուկների կողմից ֆոտոկլանման մեխանիզմի ուսումնասիրությունը: Նշված պրոցեսների ուսումնասիրության համար ներկա նախագծում նախատեսվում է որոշել ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների ելքերը ներմուծված ակտիվության մեթոդով և ուղղակի գրանցելով ռեակցիայի ընթացքում առաքված նուկլոնային կլաստերները: Ռեակցիայի ելքերի փորձարարական տվյալների վերլուծությունը և սիստեմատիզացիան թույլ կտա լրացնել միջուկի կառուցվածքի և միջուկային ռեակցիաների մեխանիզմի վերաբերյալ տեսական պատկերացումները: Փորձերը նախատեսվում են անցկացնել Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի էլեկտրոնային արագացուցչի վրա ֆոտոնների $E_e \leq 75$ ՄԷՎ էներգիայի դեպքում:

Թիրախ միջուկից բազմանուկլոնային առաքման ռեակցիաներում առաջացած մնացորդային արդյունքների չափման և նույնականացման համար կօգտագործվեն բարձր էներգետիկ լուծողունակությամբ գերմաքուր գերմանիումի (HpGe) կիսահաղորդչային գրանցիչներ: Հետագայում նախատեսվում է նախագծել փորձարարական սարքավորում լայն զանգվածային տիրույթում թիրախներից առաքված α -մասնիկների գրանցման համար, որն իր մեջ կներառի բազմալարային իոնիզացիոն խցիկներ, ΔE -E տելեսկոպներ և դիէլեկտրիկներից գրանցիչներ:

Պրոտոնների և մեծ թվով նեյտրոնների ելքերով (γ , π , ν) ռեակցիաներ

Թիրախ	ռեակցիան	արդյունք	$T_{1/2}$	Energy γ -Transition (KeV)	%	$Q_{\text{th}}(Q+V_{\text{K}})$ (MeV)	$E_{\text{max GR}}$ (MeV)
64Zn	$\gamma, p2n$	61Cu	3.41h	283	13	-23.84	18.8
	$\gamma, p3n$	60Cu	23min	656	11.2	-37.15	
58Ni	γ, pn	56Co	78.8d	846	99.9	-21.9	19.4
				1238	67		
	$\gamma, p2n$	55Co	17.54h	931	75		
54Fe	$\gamma, p2n$	52Mn	5.59d	477	20.5	-25.77	19.86
				744	90	-23.03	
				935	94.5		
92Mo	$\gamma, p2n$	89Nb	1.1h	1434	100		16.64
				507	81.1	-27.6	
93Nb				567	95.4		16.57
	$\gamma, 3n$	90Nb	14h	1129	92.7		
	$\gamma, 4n$	89Nb	2.0h	2.9	50		
	$\gamma, 5n$	88Nb	14.5 min	602	54		
				1057	100		

118Sn	γ, p	117In	45.2min	158 553	87 100	-20	16
112Sn	γ, p	111In	2.8d	171 245	90 94	-17.8	
74 Ge	γ, 2p	72Zn	46.5h	145	83	-35.2	19
55Mn	γ, 3n	52Mn		744	100	-31.2	21
181Ta	γ, pn	179Hf	25.1d	455	66	-21.07	13.3
	γ, 2p	179Lu	4.59h	214	11	-33.87	
190Pt	γ, pn	188 Ir	41.5h			-22.68	13.02
	γ, p2n	187Ir	11h			-23.28	
	γ, p3n	186 Ir	15.8h			-33.28	
192Pt	γ, pn	190Ir	11.78d	186 371 518 569 605	52 23 34 28 39.9	-23.15	
197Au	γ, 3n	194 Au	39.5h	329;294		-23.1	12.9
	γ, 4n	193Au	17.55h	136;256		-30	
	γ, 5n	192Au	5h	316;296		-38.7	
209Bi	γ, p5n	203Pb	52.1h	279		-46.4	12.8

Աղյուսակ 2

Ալֆա մասնիկների ելքով ռեակցիաներ

Թիրախ	Արդյունք	T _{1/2}	Energy gamma transitions (KeV)	%	Q+V(MeV)	Egr MeV
51V	47Sc	3.349d	159	68.3	-17.19	20.25
82Se	78Ga	1.45h	277	96.4	-17.55	18.9
109Ag	105Rh	35.96h	319	19	-28.29	36.85
148Nd	144 Ce	284.6d	133.5	11	-14.12	
160 Gd	156Sm	9.4h	203 165	20.6 12.7	-14.12	
179Hf	175Yb	4.19d	396	6.4	-15.6	13.3
197Au	193Os	30.11h	138	4.27	-18.85	12.9
195Pt	191g Os	15.4d	129	29	-18.4	13.02
	191m Os	13.1h				
186W	182mHf	62min	224 344 455	35 42 15.5	-16.57	13.16

			506	21.6		
184W	180mHf	5.52h	215 332 443	81 94 81.9	-16.9	13.16
183W	179m Hf	25.1d			-16.9	
203Tl	199Au	18.7d		40	0.9	12.7
207Pb	203 Hg	46.61d	279	81	0.39	12.7

8.4. Սպասվող արդյունքները

Տարբեր իզոտոպային և զանգվածային կառուցվածքով թիրախներից մեծ թվով նուկլիդների առաքման ռեակցիաների ելքերի որոշումը թույլ կտա կապ հաստատել քվադրոնային կլանման ռեակցիայի կտրվածքների և թիրախ միջուկների զանգվածի, լիցքի և իզոտոպային կառուցվածքի միջև: Նախատեսվում է փորձարարական տվյալների վերլուծություն հայտնի մոդելային պատկերացումների շրջանակում:

Ուժեղ կապված քառանուկլոն խմբավորումներով թիրախներից α -մասնիկների ելքերի որոշումը ֆոտոնների $50 \leq E_\gamma \leq 75$ ՄէՎ էներգետիկ տիրույթում թույլ կտա ուսումնասիրել ալֆա կլաստերների վրա ֆոտոկլանման ոչ այնքան հայտնի մեխանիզմներ:

Քվադրոնոյալումատիկ բևեռացված ֆոտոնների փնջերի ստացումը և օգտագործումը հնարավորություն կտա որոշ տեղեկություն ստանալ միջուկների զրգոված վիճակների սպինային բաղադրիչի մասին:

Կատարողներ՝ Ն.Դեմեխինա, Ա.Բալաբեկյան (ԵՊՀ)

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Levinger J.S. Phys.Rev.84,43,1951
2. Levinger J.S. Phys.Lett. B82, 181,1979
3. Chadwick M.B. , Oblozinsky P. and Hodfson P.E. et al Phys. Rev. C 44 , 814, 1991
4. А.Н.Ермаков, Б.С.Ишханов и др. Мультинейтронное фоторасщепление ядра ^{197}Au за гигантским дипольным резонансом, ЯФ, 2008, т. 71, №3, ст. 419
5. Bergere R., Beil H. and Veyssiere V. Nucl.Phys. A,121,463,1968
6. Б.С.Ишханов, В.Н.Орлин Предравновесная модель фотонуклонных реакций базирующаяся на Ферми-газовых плотностях, ЯФ, 2008, т. 71, №3, ст. 517
7. А.Н.Ермаков, Б.С.Ишханов, .М.
8. Ишханов Б.С., Орлин В.М. ЭЧАЯ 38, 460, 2007
9. Parkash M., Braun-Munzinger Stachel et al. Phys.Rev. C 37, 1959, 1988
10. Alberico W.M., Erikson M. , Molinari Ann.Rev. (N.Y.) 154,356,1984
11. Гангровский Ю.П.
12. Ранюк Ю.Н., Недорезов В.Г. Фотоделение за гигантским резонансом Из-во Киев, Наукова Думка 1989
13. E.de Paiva, O.A.P.Tavares, M.I. Terranova Nuclear photofissibility in the quasi-deuteron region CBPF-NF-026/01
14. Levinger J.S. Phys.Rev.84,43,1951
15. Levinger J.S. Phys.Lett. B82, 181,19790
16. Chadwick M.B. , Oblozinsky P. and Hodfson P.E. et al Phys. Rev. C 44 , 814, 1991

17. А.Н.Ермаков, Б.С.Ишханов и др. Мультинейтронное фоторасщепление ядра ^{197}Au за гигантским дипольным резонансом, ЯФ, 2008, т. 71, №3, ст. 419
18. Bergere R., Beil H. and Veyssiere V. Nucl.Phys. A, 121, 463, 1968
19. Б.С.Ишханов, В.Н.Орлин Предравновесная модель фотонуклонных реакций базирующаяся на Ферми-газовых плотностях, ЯФ, 2008, т. 71, №3, ст. 517
20. А.Н.Ермаков, Б.С.Ишханов, .М.
21. Ишханов Б.С., Орлин В.М. ЭЧАЯ 38, 460, 2007
22. Parkash M., Braun-Munzinger Stachel et al. Phys.Rev. C 37, 1959, 1988
23. Alberico W.M., Erikson M. , Molinari Ann.Rev. (N.Y.) 154, 356, 1984
24. Гангрский Ю.П.
25. Ранюк Ю.Н., Недорезов В.Г. Фотоделение за гигантским резонансом Из-во Киев, Наукова Думка 1989
26. E.de Paiva, O.A.P.Tavares, M.I. Terranova Nuclear photofissibility in the quasi-deuteron region CBPF-NF-026/01

9. ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ C-18 ՑԻՎԼՈՏՐՈՆԻ ՎՐԱ

9.1. Ամփոփում

Նախատեսվում է առաջին անգամ $E_p < 18$ ՄեՎ էներգիաների տիրույթում ուսումնասիրել մի շարք միջուկների վրա (p,n), (p,2n) և (p, γ) ռեակցիաների գրգռման ֆունկցիաները (կտրվածքները), որոնք կարող են օգտագործվել գոյություն ունեցող միջուկային փոխազդեցությունների մոդելները ստուգելու և ճշգրտելու համար, ինչը հատկապես կարևոր է Տիեզերքի էվոլյուցիայի ընթացքում աստղերում և աստղային համակարգերում տեղի ունեցող նուկլեսինթեզի մեխանիզմների վերաբերյալ ավելի հավաստի տեղեկություններ ձեռքբերելու համար, ինչպես նաև բժշկության մեջ կիրառություն ունեցող իզոտոպների արտադրության զարգացման համար: Նախատեսվում է կատարել $^{203}\text{Tl}(p,n)^{203}\text{Pb}$, $^{152}\text{Gd}(p,n)^{152}\text{Tb}$ և $^{\text{nat}}\text{W}(p,xn)^{183,184}\text{Re}$ ռեակցիաների ընդլայնական կտրվածքների չափումները պրոտոնի ռեակցիաների համապատասխան շեմից մինչև 18 ՄեՎ տիրույթում: Այդ միջուկների համար էքսպերիմենտալ տվյալները կամ լիովին բացակայում են, կամ տարաձայնության մեջ են տեսական կանխագուշակումների և էքսպերիմենտալ տվյալների հետ: Չափումները կատարվելու են օգտագործելով ակտիվացիոն վերլուծության մեթոդը՝ հիմնված փայլաթիթեղների շերտերով փաթեթի տեխնիկայի և բարձր լուծողականություն ունեցող HPGe դետեկտորի վրա: Պրոտոնային փնջի բնութագրերը հսկվելու են կապարե թիթեղների միջոցով: Բոլոր թիրախների փաթեթները ճառագայթվելու են ցիկլոտրոն C18-ի պրոտոնային փնջով: Ստացված տվյալները կհամեմատվեն տեսական կանխագուշակումների և գոյություն ունեցող էքսպերիմենտալ տվյալների հետ:

Մշակվելու է նախագիծ նվիրված ցիկլոտրոն C18-ի դուրս բերված պրոտոնային փնջերի միջոցով նեյտրոնային փնջեր ստանալուն հիմնարար և կիրառական հետազոտությունների համար:

9.2. Աշխատանքի բովանդակությունը

Լիցքավորված մասնիկների ազդեցության տակ տեղի ունեցող ռեակցիաների ուսումնասիրությունները կատարվում են պարբերաբար, որի շնորհիվ համալրվում է

միջուկային տվյալների հիմնական բազան: Վերջին տարիների ընթացքում մշակվել են պրոտոն-միջուկային ռեակցիաների ուսումնասիրման նոր մեթոդներ, որոնք կարելի է կիրառել էներգիայի 10-30 MeV տիրույթում: Պրոտոն-միջուկային ռեակցիաների անալիզը հաճախ հիմնվում է ռեակցիաների կտրվածքների փորձարարական տվյալների վրա: Այն դեպքում, երբ փորձարարական տվյալները բացակայում են, օգտագործվում են տեսական մոդելների օգնությամբ ստացված արդյունքները: Դա նշանակում է, որ տեսական մոդելների զարգացման համար անհրաժեշտ են նոր փորձարարական արդյունքներ՝ վերաբերվող դեռևս չհետազոտված ռեակցիաներին:

Գրգռման ֆունկցիայի և ռեակցիաների կտրվածքների վերաբերյալ տպագրված որոշ տվյալների անալիզը ցույց է տալիս հետևյալը՝

մի շարք ռեակցիաների կտրվածքների արժեքները ունեն բավականին մեծ սխալներ և կամ գրգռման ֆունկցիաները ուսումնասիրված չեն;

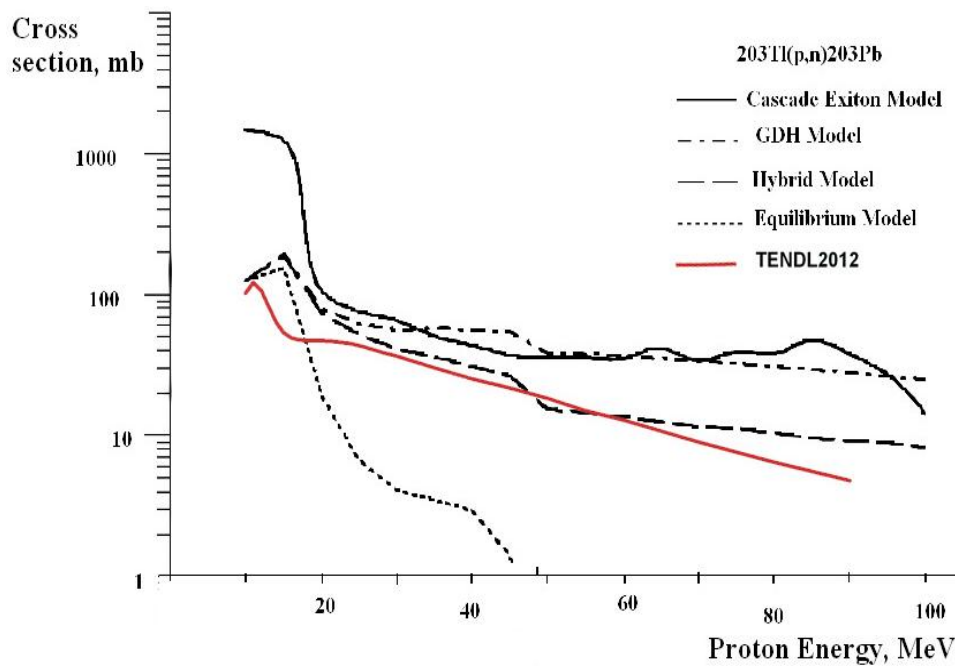
տարբեր գիտական խմբերի կողմից ստացված և տպագրված կտրվածքների արժեքները զգալիորեն տարբերվում են միմյանցից;

զեկուցվող հաշվարկային և փորձարարական արդյունքների տարբերությունը մեծ է:

Նշված հարցերը որոշ չափով լուծելու նպատակով նախատեսվում է կատարել ^{203}Tl , ^{nat}W և ^{nat}Gd միջուկների գրգռման ֆունկցիաների չափումները ցիկլոտրոն C18-ի դուրս բերված 18 ՄԷՎ պրոտոնային փնջերի միջոցով:

$^{203}\text{Tl}(p,xn)^{203}\text{Pb}$ ռեակցիայի վերաբերյալ տպագրված փորձարարական տվյալները բացակայում են: Գրականության մեջ կարելի է գտնել միայն $^{203}\text{Tl}(p,2n)^{202}\text{Pb}$, $^{203}\text{Tl}(p,3n)^{201}\text{Pb}$, $^{203}\text{Tl}(p,4n)^{200}\text{Pb}$, $^{205}\text{Tl}(p,2n)^{204}\text{Pb}$, $^{205}\text{Tl}(p,3n)^{203}\text{Pb}$ and $^{205}\text{Tl}(p,4n)^{202}\text{Pb}$ ռեակցիաների վերաբերյալ տվյալներ, ստացված տեսական մոդելների օգնությամբ: Ռեակցիաների գրգռման ֆունկցիաները ստացված կասկադային, հիբրիդային, երկրաչափական կախվածությամբ հիբրիդային և հավասարակշռվածության մոդելների օգնությամբ տարբերվում են միմյանցից ավելի քան 5 անգամ:

Նկ. 1-ում բերված են աշխատանք [1]-ի տեսական կորերը համատեղ մեր կողմից TENDL2012 (TALYS-based Evaluated Nuclear Data Library) [2]. համակարգչային կոդի միջոցով կատարված հաշվարկների հետ (կարմիր կոր): Մեր արդյունքները մոտ են հիբրիդային մոդելով հաշված արդյունքներին:



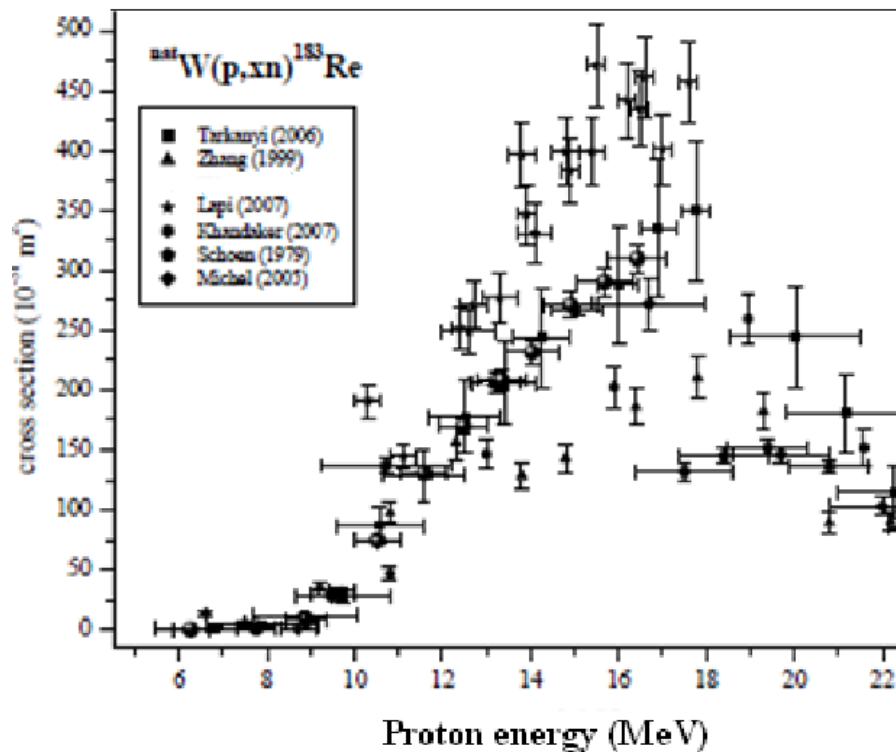
Նկար 1. $^{203}\text{Tl}(p, n)^{203}\text{Pb}$ ռեակցիայի տեսական գրգռման ֆունկցիաներ, ստացված տարբեր մոդելների օգնությամբ [4]: Կարմիր կորը համապատասխանում է մեր հաշվարկին TENDL2012 կոդի միջոցով: Փորձարարական արդյունքներ գրականության մեջ չկան:

Նախագծի կատարման ընթացքում կկատարվեն նման հաշվարկներ նաև մյուս հետազոտվող միջուկային ռեակցիաների համար:

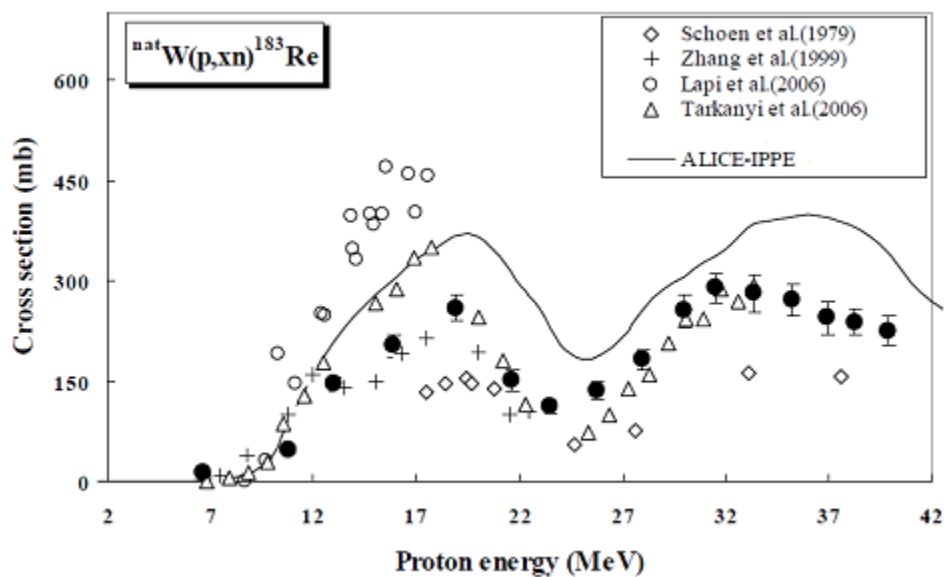
$^{181,182m,182g,183,184m,184g,186}\text{Re}$ իզոտոպների վերաբերյալ նոր տվյալները պահանջված են այնպիսի բնագավառներում, ինչպիսին է միջուկային բժշկությունը, տեսական մոդելների ստուգումը և այլն:

$^{nat}\text{W}(p, xn)^{181}\text{Re}$ և $^{nat}\text{W}(p, xn)^{183}\text{Re}$ ռեակցիաների ALICE-IPPE ծրագրի օգնությամբ ստացված գրգռման ֆունկցիաները, ինչպես նաև փորձարարական արդյունքները [3, 4] բերված են նկար 2 և 3-ում:

Ինչպես երևում է բերված նկարներից, $^{nat}\text{W}(p, xn)^{183}\text{Re}$ ռեակցիայի վերաբերյալ տարբեր հեղինակների կողմից ստացած փորձարարական տվյալները 18 ՄԷՎ-ի տիրույթում զգալիորեն, մոտավորապես 3 անգամ, տարբերվում են միմիանցից: Հակասություններ են նկատվում և տեսական մոդելների միջև, սակայն ցածր էներգիաների տիրույթում (մինչև 12 ՄԷՎ) կորերը մոտ են միմիայնց: Նոր և առավել ճշգրիտ չափված փորձարարական տվյալներ են կոգնեն այս իրավիճակը պարզաբանելու մեջ և կնպաստեն տեսական մոդելների զարգացմանը:



Նկար 2. $^{nat}W(p,xn)^{183}Re$ ռեակցիայի կտրվածքների կախվածությունը էներգիայից [3]:



Նկար 3. $^{nat}W(p,xn)^{183}Re$ ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիա, տեսական և փորձարարական տվյալներ [4]:

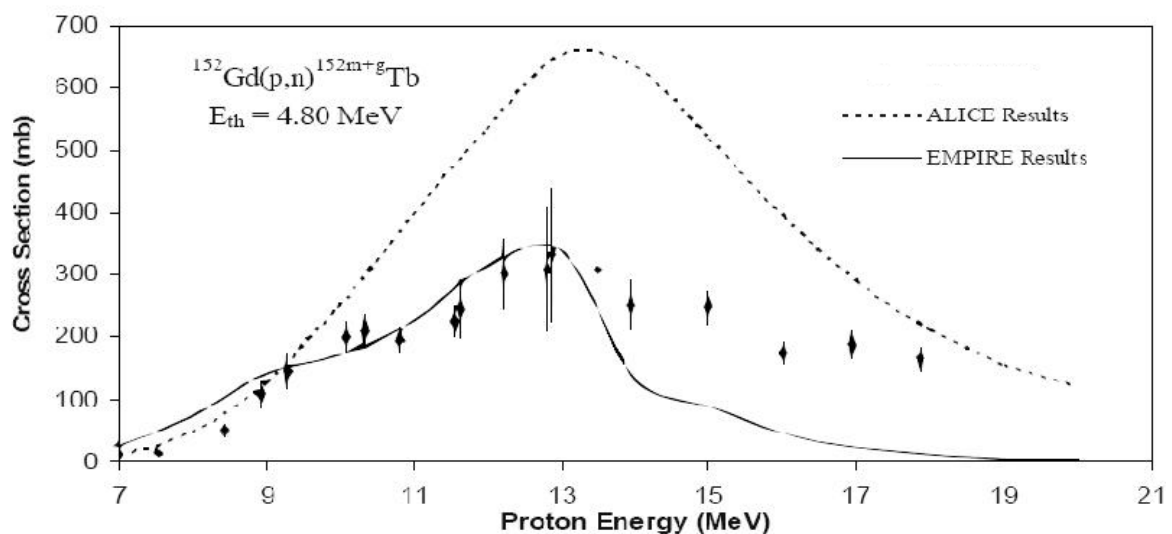
Gd թիրախում 18 MeV էներգիայով պրոտոնների ազդեցության տակ առաջացած ռադիոնուկլիդների ընդլայնական կտրվածքները զեկուցված են միայն մի խմբի կողմից [5] և այդ փորձարարական արդյունքները չեն համընկնում մոդելային տվյալների հետ

($^{nat}\text{Gd}(p,x)^{152m+g}\text{Tb}$ ռեակցիաների գրգռման ֆունկցիաները հաշվարկվել են ALICE-91 և EMPIRE-II ծրագրային փաթեթների միջոցով): Այդ արդյունքները բերված են նկար 4-ում:

Նկարից պարզ երևում է, $^{nat}\text{Gd}(p,x)^{152m+g}\text{Tb}$ ռեակցիայի համար ALICE և EMPIRE-II ծրագրերը չեն նկարագրում փորձարարական տվյալները:

Նախատեսվում է կատարել $^{nat}\text{Gd}(p,x)^{152m+g}\text{Tb}$ ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիայի չափումները ռեակցիայի շեմից մինչև 18 ՄԷՎ տիրույթում:

Դրա հետ մեկտեղ կկատարվեն ^{203}Tl , ^{nat}W , ^{nat}Gd միջուկների համար ընդլայնական կտրվածքների հաշվարկները Talys 1.4 և EMPIRE-3.1 մոդելների միջոցով: Կկատարվեն հաշվարկների արդյունքների համեմատությունը ստացված փորձարարական արդյունքների հետ՝ մոդելների կանխատեսման կարողությունը գնահատելու նպատակով:



Նկար 4. $^{152}\text{Gd}(p,n)^{152m+g}\text{Tb}$ ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիա, տեսական և փորձարարական տվյալներ [8]:

Փորձի նկարագրություն

^{203}Tl , ^{nat}W , ^{nat}Gd միջուկների համար գրգռման ֆունկցիան ստանալու նպատակով օգտագործվելու է այսպես կոչված “stacked-foil target” մեթոդը: Այս դեպքում թիրախ է հանդիսանում մի քանի միանման իրար վրա դարսված թիթեղների խումբ՝ թիրախների փաթեթ (բարձր մաքրության մետաղական թալիում, վոլֆրամ և գադոլինիում): Միաժամանակ օգտագործվելու են Al և Cu թիթեղներ, որպես մոնիտոր (Cu) և փնջի դանդաղեցուցիչ (Al): Թիրախի ընդհանուր հաստությունը (կամ թիթեղների քանակը) ընտրվում է այնպես, որ փնջը ամբողջովին կլանվի թիրախի մեջ: Այս մեթոդի առավելությունը կայանում է նրանում, որ մի ճառագայթման ընթացքում կարելի է ստանալ գրգռման ֆունկցիայի ամբողջ կորը: Պրոտոնային փնջի ինտենսիվությունը

որոշվելու է յուրաքանչյուր թիրախ-թիթեղի առջև տեղադրված կապարի թիթեղում կատարված $^{nat}\text{Cu}(p,x)^{62}\text{Zn}$ ռեակցիայի միջոցով:

Նկար 5-ում բերված է թիրախ-փաթեթի կառուցվածքի սխեմատիկ պատկերը:

Ուսումնասիրվող երեք թիրախներում սպասվող ռեակցիաների վերաբերյալ տեղեկությունները բերված են աղյուսակ 1-ում:



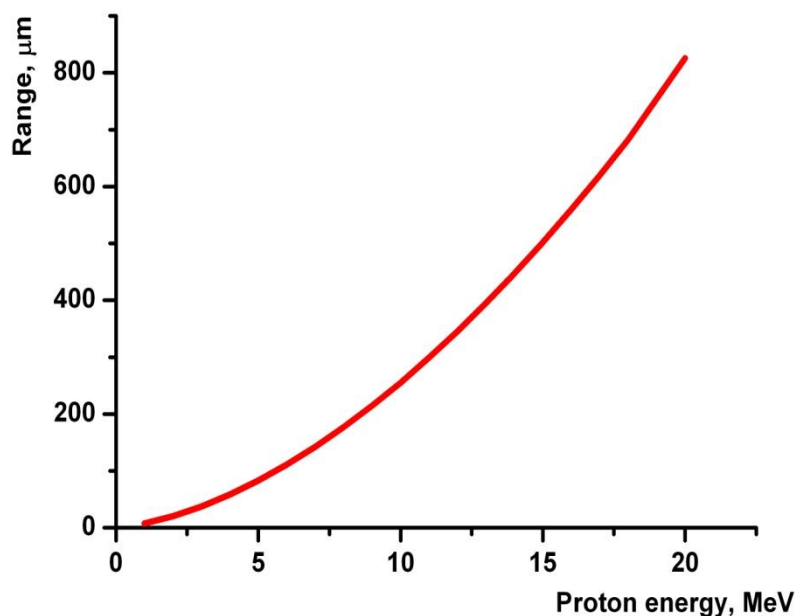
Նկար 5. Թիրախ-փաթեթի կառուցվածքի սխեմատիկ պատկերը

Աղյուսակ 1

Առաջացած միջուկ	Կիսա- տրոհման պարբե- րությունը	Ռեակցիայի տեսակը	Ռեակցիայի շեմը, MeV	E_{γ} , keV	γ -զծի ինտենսիվու- թյունը (%)
^{203}Pb	51.87 h	$^{203}\text{Tl}(p,n)$	1.75	279	81
^{202m}Pb	3.53 h	$^{203}\text{Tl}(p,2n)$	8.68	422.18	90.5
^{202}Tl	12.23 d	$^{203}\text{Tl}(p,pn)$	7.882	340.4	
^{154m}Tb	23.1 h	$^{154}\text{Gd}(p,n)$	4.37	200	78.2, EC
^{154g}Tb	21.5 h	$^{154}\text{Gd}(p,n)$	4.37	2529	
^{152m}Tb	4.2 min	$^{152}\text{Gd}(p,2n)$	4.8	501.74	78.8, IT
^{152g}Tb	17.6 h	$^{152}\text{Gd}(p,n)$	4.8	344.4	0.86
^{151}Tb	17.5 h	$^{152}\text{Gd}(p,n)$	4.8	344.4	0.86
^{151}Tb	17.6 h	$^{152}\text{Gd}(p,2n)$	12.1	287.36	28.3
^{151}Gd	124 d	$^{152}\text{Gd}(p,pn)$	8.65	153.6	6.2
^{183}Re	70 d	$^{183}\text{W}(p,n)$	1.35	162.32	23.3
^{182}Re	64 h	$^{183}\text{W}(p,2n)$	9.827	229	22.5
^{184}Re	38 d	$^{184}\text{W}(p,n)$	2.275	163; 217	
^{183}Ta	5.1 d	$^{186}\text{W}(p,\alpha)$	7.650	353.99	11.2

Թիրախի օպտիմալ հաստությունը և պրոտոնային փնջի էներգիայի նվազումը որոշելու համար օգտագործվել է SRIM-2013 (SRIM/TRIM – Stopping and Range of Ion in Matter/Transport of Ions in Matter) ծրագրային փաթեթը [2], որը թույլ է տալիս 10 eV - 2 GeV/amu էներգիաների տիրույթում հաշվարկել մասնիկի վազքի երկարությունը տարբեր նյութերում:

Պրոտոնային փնջի նվազումը և պրոտոնների վազքը W-թիրախ-փաթեթում, հաշվարկված STRIM-2013 ծրագրի օգնությամբ [6] բերված է նկար 6-ում: 18 MeV պրոտոնների փունջը ըստ այդ հաշվարկների կանգ է առնում թիրախի 683 μm հաստության դեպքում: Նմանատիպ հաշվարկներ STRIM/TRIM ծրագրով պետք է կատարվեն հետազոտվող մյուս թիրախների համար:



Նկար 6. Պրոտոնների վազքը W –ի փաթեթ-թիրախում կախված էներգիայից:
Հաշվարկված է SRIM ծրագրի օգնությամբ [6]:

Ուլթրամի թիրախի համար STRIM/TRIM միջոցով հաշված է նաև յուրաքանչյուր փիփեղում պրոտոնների էներգիաների արժեքները նրանց լուծողականության հետ միասին: Այդ տվյալները բերված են Աղյուսակ 2-ում:

Աղյուսակ 2

Թիթեղ, W	Պրոտոնի էներգիա, ՄէՎ
1	14.43±0.31
2	13.32±0.40
3	12.14±0.55
4	10.90±0.50

5	9.50±0.65
6	7.96±0.72
7	6.16±0.81
8	3.87±0.87
9	0.45±0.59

Այսպիսով, մեկ ճառագայթման արդյունքում հնարավոր է չափել ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիան շեմից մինչև ցիկլոտրոնից դուրս բերված էներգիայի տիրույթը:

Նախատեսվում է Tl, W, Gd թիրախները ճառագայթել 1 ժամ C-18 ցիկլոտրոնի արտաքին պրոտոնային փնջով 100 nA հոսանքի դեպքում: Ուսումնասիրվելու են միջուկային ռեակցիաների հնարավոր բոլոր կանալները: Բնական բաղադրություն ունեցող թիրախների դեպքում հաշվի է առնվելու նրանց իզոտոպային կառուցվածքը:

Ճառագայթման չափումը և ընդլայնական կտրվածքի որոշումը

Ճառագայթումից և ռադիացիոն սառեցումից հետո թիրախը հանվելու է և բաժանվելու մասերի: Կլանիչ թիթեղները (Al) հավաքվելու են միասին և կատարվելու է նրանց սպեկտրոսկոպիկ անալիզը կիսահաղորդչային HPGe (High-Purity Germanium) Coaxial Detector System type GEM15P4-70 դետեկտորի օգնությամբ, որը միացվելու է DSPEC-LF Digital Gamma-Ray Spectrometer անալիզատորին: Սպեկտրների մշակումը կատարվելու է MAESTRO ծրագրային փաթեթի օգնությամբ:

Ներմուծված ակտիվության մեթոդով որոշվում են միջուկային ռեակցիաների հետևանքով առաջացած ռադիոակտիվ իզոտոպների կտրվածքները “off-line” ռեժիմում: Կտրվածքները որոշվում են հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma = \frac{\lambda C}{\varepsilon * I\gamma * N_d * l * \phi(1 - e^{-\lambda t_m})e^{-\lambda t_c}(1 - e^{-\lambda t_i})}$$

որտեղ՝

λ – առաջացած իզոտոպի տրոհման հաստատունն է, $\lambda = 0.693/T_{1/2}$;

C – առաջացած իզոտոպի ֆոտոպիկի տակ ընկած մակերեսը;

ε – տվյալ γ -գծի համար դետեկտորի էֆեկտիվությունը;

I_γ - տվյալ γ -գծի ինտենսիվությունը;

N_d – ատոմների խտությունը թիրախում (atom/cm³);

l – թիրախի հաստությունը, cm

ϕ - պրոտոնների հոսքը (p/cm²/s);

t_i , t_m , t_c - ճառագայթման, չափման և ճառագայթումից չափում ընկած ժամանակները համապատասխանաբար (s).

Աղյուսակ 1-ում բերված են տեղեկություններ հետազոտվող ռեակցիաներում առաջացած ռադիոիզոտոպների վերաբերյալ՝ կիսատրոհման պարբերությունը ($T_{1/2}$), γ -ճառագայթների էներգիան (E_γ), γ -զծի ինտենսիվությունը (I_γ): Պրոտոնների հոսքը փնջում որոշվում է մոնիտորային ռեակցիայի միջոցով, որի կտրվածքը հայտնի է գրականությունից [7]:

Առաջարկվող թեմայի կատարման արդյունքում կստացվեն մեծ քանակությամբ նոր փորձարարական արդյունքներ պրոտոն-միջուկային ռեակցիաների վերաբերյալ: Այդ արդյունքները կարևոր են միջուկային կառուցվածքը և ռեակցիաների ընթացքը ավելի լավ հասկանալու տեսակետից, ինչպես նաև ցածր էներգիաների տիրույթում տեսական մոդելների ստուգման և ճշգրտման համար:

Հետազոտվող ռեակցիաների ստացված կտրվածքները համեմատվելու են տպագրված տվյալների հետ, ինչպես նաև տեսական մոդելների օգնությամբ ստացված արժեքների հետ: Լիցքավորված մասնիկների ազդեցության տակ (մասնավորապես պրոտոնների) տեղի ունեցող ռեակցիաների կտրվածքները անհրաժեշտ են մի շարք կիրառական բնագավառներում, օրինակ՝

- Բժշկական իզոտոպների արտադրություն;
- Մետաղների մաշվածության չափում միջուկային մեթոդով;
- Ռադիոկենսաբանություն;
- և այլն

Գրականության ցանկ (Բաժին 2.1.1)

1. A.Kaplan et al., Equilibrium and pre-equilibrium emissions in proton-induced reactions on ^{203;205}Tl, Pranamia Journal of Science, vol. 72, No. 2, February 2009, p. 343-353.
2. A.J. Koning, D. Rochman, S. van der Marck, J. Kopecky, J. Ch. Sublet, S. Pomp, H. Sjostrand, R. Forrest, E. Bauge and H. Henriksson, TENDL-2012: TALYS-based evaluated nuclear data library, www.talys.eu/tendl2012.html
3. E. Persico et al., Excitation functions and yields for Re-186g production by proton cyclotron irradiation, Cyclotrons and Their Applications 2007, Eighteenth International Conference, pp. 248-250.
4. M.U.Khandaker et al., Excitation functions of proton induced nuclear reactions on ^{nat}W up to 40 MeV Department of Physics, Kyugpook National University, Daegu 702-701, Korea.
5. M.B.Challan et al., Excitation functions of radionuclides produced by proton induced reactions on gadolinium targets, 6th Conference on Nuclear and Particle Physics, 17-21
6. J.F. Ziegler, J.P. Biersack, U. Littmark, The code of SRIM – the Stopping and Range of Ions in Matter, January 1, 2000, Version 2000.XX.
7. Charged Particle Cross-section Database for Medical Radioisotope Production: Diagnostic Radioisotopes and Monitor Reactions, IAEA, VIENNA, 2001, IAEA-TECDOC-1211

9.2.2.(p,γ) ռեակցիաների փորձարարական ուսումնասիրությունը

Աստղային նուկլեոսինթեզը Տիեզերքի էվոլյուցիայի բաղկացուցիչ մաս կազմող բազմաբնույթ և բազմափուլ պրոցես է, որի բնութագրերից մեկը քիմիական տարրերի և դրանց իզոտոպների տարածվածությունն է տիեզերական տարբեր մարմիններում: Ժամանակակից աստղաֆիզիկական մոդելները դեռևս ի վիճակի չեն ամբողջությամբ բավարար կերպով նկարագրելու այդ տարածվածությունը՝ հատկապես երկաթից ծանր տարրերի որոշ իզոտոպների պարագայում: Խոսքն առաջին հերթին վերաբերում է պրոտոնների ավելցուկ (կամ նեյտրոնների պակասորդ) ունեցող 35 կայուն միջուկների, որոնց տարածվածությունը մեկ-երկու կարգով զիջում է նույն քիմիական տարրի այլ իզոտոպների տարածվածությանը: Այդ իզոտոպներն անվանվում են շրջանցված միջուկներ կամ p-միջուկներ (վերջինս արտացոլում է պրոտոններով հարստացված լինելու հանգամանքը): Ներկայումս ընդունված է [1,2,3], որ p-միջուկների հարևան, համեմատաբար մեծ տարածվածություն ունեցող միջուկների աստղային սինթեզը տեղի է ունենում նեյտրոնների ճառագայթային կլանման՝ (n,γ), և միջուկների β-տրոհումների հաջորդական ռեակցիաների շարքով (ինչը հաստատված է մի շարք փորձարարական դիտարկումներով), մինչդեռ p-միջուկների սինթեզն ապահովող ռեակցիաների շղթայում էական դերակատարություն ունեն նաև այլ, այսպես կոչված p-պրոցեսներ՝ գլխավորապես (γ,p) տիպի ռեակցիան (տե՛ս [4] և դրանում պարունակվող հղումները), ինչպես նաև (γ,n), (α,p), (p,γ), (p,n), (p,2n) տիպի ռեակցիաները [4,5,6,7]: p-պրոցեսների ընթանալու անհրաժեշտ պայմաններ կարող են ապահովվել տարբեր տիպի աստղերի և աստղային համակարգերի էվոլյուցիայի որոշակի, այսպես կոչված պայթյունային նուկլեոսինթեզի փուլում: Պայթյունային նուկլեոսինթեզի արգասիքներն արտանետվում տիեզերական տարածություն՝ ծառայելով որպես հումք հաջորդ սերնդի աստղերի (որոնց թվին է պատկանում նաև Արեգակը) ձևավորման համար: Աստղերի էվոլյուցիայի, այդ թվում՝ պայթյունային բռնկումների, մոդելավորման համար առանցքային նշանակություն ունեն միջուկային ֆիզիկայի հետազոտման առարկա հանդիսացող մի շարք մեծություններ, այդ թվում՝ միջուկների զանգվածը, β-կիսատրոհման ժամանակը և վերոնշյալ միջուկային ռեակցիաների կտրվածքները՝ աստղային ջերմաստիճաններին համապատասխան էներգիաների տիրույթում (այսպես կոչված Գամովի «պատուհանում» [8]): Այստեղ կարևոր է ընդգծել, որ պայթյունային նուկլեոսինթեզը տեղի է ունենում գերտաք միջավայրում (մինչև մի քանի միլիարդ կելվին ջերմաստիճանների դեպքում) և, հետևաբար, ռեակցիաների մասնակից թիրախ-միջուկները (որոնց մեծ մասը β-ռադիոակտիվ է) մեծ հավանականությամբ կարող են գտնվել գրգռված վիճակում: Այդ հանգամանքն անհնարին է դարձնում աստղաֆիզիկական հետաքրքրություն ներկայացնող բազմաթիվ ռեակցիաների փորձարարական ուսումնասիրությունը լաբորատոր պայմաններում: Ասվածը պարզաբանելու համար դիտարկենք p-միջուկների աստղային նուկլեոսինթեզում առավել դերակատարություն ունեցող (γ,p) ռեակցիաների մեկ օրինակ՝ $^{103}\text{Ag}^*(\gamma,p)^{102}\text{Pd}$, որտեղ շրջանցված ^{102}Pd միջուկն առաջանում է մայրական ^{103}Ag միջուկից, որը ոչ միայն β-ռադիոակտիվ է, այլ գերտաք միջավայրում մեծ հավանականությամբ գտնվում է գրգռված վիճակում ($^{103}\text{Ag}^*$): Նշված ռեակցիայի կտրվածքի վերաբերյալ տեղեկություն ստանալու միակ հնարավորությունը հակադարձ $^{102}\text{Pd}(p,\gamma)^{103}\text{Ag}^*$ ռեակցիայի կտրվածքի չափումն է՝ զուգակցված դետալային հավասարակշռության սկզբունքի կիրառումով: Այս և նմանատիպ մի քանի այլ ռեակցիաների վերաբերյալ փորձարարական տվյալները հիմնականում ստացվել են

վերջին տասնամյակում (տե'ս հղումները [4]- ում)՝ օգտագործելով ցածր էներգիաների պրոտոնային արագացուցիչների ընձեռած փնջերը մի քանի ՄԷվ էներգիաների տիրույթում, տիրույթ, որն ունի գլխավոր դերակատարությունը p-միջուկների աստղային նուկլեոսինթեզում:

Աստղաֆիզիկական հետաքրքրություն ներկայացնող (p,γ) ռեակցիաների մեծ մասը մնում է տակավին չհետազոտված: Այդ ռեակցիաների ցանկն ընգրկում է ավելի քան 150 (p,γ) պրոցեսներ, որոնցում որպես թիրախ հանդես են գալիս 45 քիմիական տարրերի (գերմանիումից մինչև սնդիկ) տարբեր իզոտոպներ (տե'ս [4]): Բավականին աղքատիկ են նաև վերոնշյալ (p,n), (p,2n) տիպի ռեակցիաների վեաբերյալ գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալները սկզբնական պրոտոնների 18 ՄԷվ-ից ցածր էներգիաների տիրույթում: Սույն նախագծով առաջարկվում է ԱԱԳԼ-ի հեռանկարային պլաններում նախատեսել այդ ռեակցիաների սիստեմատիկ, լայնածավալ ուսումնասիրություններ C-18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փնջի օգնությամբ: Ակնկալվում է, որ նշված գիտափորձերի իրագործման շնորհիվ կստացվեն կարևոր տվյալներ Տիեզերքում, մասնավորապես, Գալակտիկայի տարբեր համակարգերում քիմիական էվոլյուցիայի ավելի ամբողջական պատկերը հասկանալու համար:

Հետազոտման առարկա հանդիսացող A(p,γ)B տիպի ռեակցիաների մեծ մասի համար անպայման չէ գրանցել ռեակցիային ուղեկցող ակնթարթային γ-քվանտները, այլ բավական է գրանցել B դուստր միջուկի տրոհմանն ուղեկցող “ուշացած” γ-քվանտները (այսպես կոչված ակտիվացման կամ կուտակված ակտիվության մեթոդ), պայմանով, որ “ուշացած” γ-քվանտների ինտենսիվությունը բավականաչափ մեծ է ֆոնային ճառագայթումից տարանջատելու համար և որ դուստր միջուկի կիսատրոհման պարբերությունը ($T_{1/2}$) բավականաչափ մեծ է ($T_{1/2} \geq 1$ ժամ)՝ պրոտոնների փնջով ճառագայթված թիրախը տեղափոխելու և ֆոտոդետեկտորների միջոցով սպեկտրասկոպիկ չափումներ կատարելու համար:

Սկզբնական պրոտոնների մի քանի ՄԷվ էներգիաների տիրույթում ակտիվացման մեթոդով հետազոտված (p,γ) ռեակցիաների կտրվածքների վերաբերյալ տվյալներ ներկայումս գոյություն ունեն հետևյալ միջուկների համար՝ ^{70}Ge [6], ^{74}Se , ^{76}Se [7], ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr [8], ^{92}Mo , ^{94}Mo , ^{95}Mo , ^{98}Mo [9], ^{96}Ru , ^{98}Ru , ^{99}Ru , ^{104}Ru [10], ^{102}Pd , ^{104}Pd [11], [12], ^{106}Cd , ^{108}Cd [13], ^{116}Sn [12], ^{126}Te [14]: Մինչև 2013 թ. սկիզբը կատարված չափումները (ներառյալ «ակնթարթային» γ-քվանտների գրանցման կամ in-beam մեթոդով իրականացված չափումները) վերոհիշյալ էներգետիկական տիրույթում ընդգրկում են շուրջ 30 (p,γ) ռեակցիաներ տարբեր թիրախների վրա, ինչը կազմում է աստղաֆիզիկական հետաքրքրություն ներկայացնող ռեակցիաների մոտավորապես 20%-ը [4]: Հետազոտման առարկա հանդիսացող մնացած (p,γ) ռեակցիաների մի մասի կտրվածքները չափելու համար կարելի է կիրառել ակտիվացման մեթոդը: Առաջնահերթ հետազոտությունների համար նախատեսված միջուկների ցանկը և որոշակի օժանդակ տեղեկություններ բերված են Աղյուսակ 1-ում: Աղյուսակի երկրորդ սյունակում բերված է տվյալ իզոտոպի

հարաբերական տարածվածությունը համապատասխան քիմիական տարրի բնական նմուշում: Երրորդ և չորրորդ սյունակներում բերված են (p, γ) ռեակցիայի դուստր միջուկը և նրա $T_{1/2}$ կիսատրոհման պարբերությունը: Հինգերորդ սյունակում ներկայացված են պրոտոնների E_p էներգիայի համար Գամովի պատուհանի կենտրոնական արժեքը և լայնությունը՝ հաշվարկված մոտավոր բանաձևերով [5] (համեմատաբար փոքր ատոմական կշիռ ունեցող անագի և գադոլինիումի միջուկների համար աստղային միջավայրի ջերմասիճանն ընդունվել է $T = 3$ Գիգակելվին, ավելի ծանր միջուկների համար՝ $T = 2$ Գիգակելվին [4]):

Աղյուսակ 1

(p, γ) ռեակցիայի առաջնահերթ հետազոտությունների համար ընտրված
թիրախ - միջուկների ցանկը

Թիրախ- միջուկ	Տարածվածու- թյունը (%)	Դուստր- միջուկ	$T_{1/2}$	E_p -ի համար Գամովի պատուհանը (Մէվ)
^{117}Sn	7.6	^{118}Sb	5 ժամ	3.43 ± 1.09
^{124}Sn	6.0	^{125}Sb	2.8 տարի	3.43 ± 1.09
^{152}Gd	0.2	^{153}Tb	2.34 օր	4.05 ± 1.18
^{160}Gd	21.9	^{161}Tb	6.9 օր	4.05 ± 1.18
^{174}Hf	0.16	^{175}Ta	10.5 ժամ	3.35 ± 0.88
^{180}W	0.12	^{181}Re	19.9 ժամ	3.41 ± 0.88
^{190}Pt	0.012	^{191}Au	38 ժամ	3.53 ± 0.90

Քանի որ ցածր էներգիաների տիրույթում (p, γ) ռեակցիաների կտրվածքը E_p -ից կախված արագորեն աճում է, անհրաժեշտ է կտրվածքների չափումները կատարել Գամովի պատուհանի և դրա մերձակա տիրույթի մի քանի էներգիաների համար: Այդ նպատակով պրոտոնների փնջի տակ տեղադրվելու է իրար հաջորդող թիրախների շարան, որը բաղկացած է լինելու հետազոտման առարկա հանդիսացող միջուկներից կազմված մի քանի թիրախներից (բարակ փայլաթիթեղներ) ու դրանց նախորդող և փնջի մոնիտորինգի համար օգտագործվող մի քանի պղնձե փայլաթիթեղներ: Քանի որ ռադիոակտիվ դուստր-միջուկների մեծ մասի կյանքի տևողությունը չի գերազանցում մի քանի օրը (իսկ որոշ դեպքերում՝ մի քանի ժամը), անհրաժեշտ է, որ սպեկտրասկոպիկ չափումներն սկսվեն թիրախների՝ պրոտոններով ճառագայթելուց հետո հնարավորինս

շուտ և հնարավորինս միաժամանակ, օգտագործելով մի քանի ֆոտոդետեկտորներ, ինչն էականորեն բարձրացնում է չափումների էֆեկտիվությունը և հավաստիությունը: Մոտակա տարիների համար պլանավորվող առաջնահերթ հետազոտություններում նախատեսված է օգտագործել ժամանակակից փորձարարական ֆիզիկայում լայնորեն կիրառվող գերմաքուր գերմանիումի երկու դետեկտորներ (ԳԳԴ-ներ), որոնցից մեկն առկա է ԱԱԳԼ-ում, մյուսը նախատեսվում է ձեռք բերել ORTEC ֆիրմայից:

Նախապատրաստվող գիտափորձերում էներգիաների նշված տիրույթն ապահովելու համար անհրաժեշտ է լինելու հաշվարկել աշխատանքային թիրախների և դրանց նախորդող մոնիտորինգային թիրախների օպտիմալ հաստությունները, պրոտոնային փնջի օպտիմալ ինտենսիվությունը և թիրախների ճառագայթման օպտիմալ տևողությունը:

Գրականության ցանկ (Բաժին 2.2.2)

- [1] B.S. Meyer, Annu. Rev. Astron. Astrophys. **32** (1994) 153
- [2] G. Wallerstein et al., Rev. Mod. Phys. **69** (1997) 995
- [3] J.J. Cowan, F.-K. Thielemann, J.W. Truran, Phys. Rep. **208** (1991) 267
- [4] T. Rauscher et al., arXiv: 1303. 2666, 13 Mar 2013
- [5] J.W.Truran and A.G.V.Cameron, Astrophys. J. **171** (1972) 89
- [6] D.A.Frank-Kamenetskii, Soviet Physics-Uspekhi, **68** (1959) 529
- [7] D.A.Frank-Kamenetskii, Soviet Astr. – AJ **5** (1961) 66
- [5] T. Rauscher, Phys. Rev. **C81** (2010) 045807
- [6] G.G. Kiss et al., Phys. Rev. **C76** (2007) 055807
- [7] Gy Gyürky et al., Phys. Rev. **C68** (2003) 055803
- [8] Gy Gyürky et al., Phys. Rev. **C64** (2001) 065803
- [9] T. Sauter, F. Käppeler, Phys. Rev. **C55** (1997) 063127
- [10] J. Bork et al., Phys. Rev. **C58** (1997) 010524
- [11] A. Spyron et al., Phys. Rev. **C77** (2008) 065801
- [12] N. Özkan et al., Nucl. Phys. **A710** (2002) 469
- [13] Gy Gyürky et al., J. Phys. **G34** (2007) 817
- [14] R.T. Güray et al., Phys. Rev. **C80** (2009) 035804

9.3.1. Նեյտրոնային փնջերի ձևավորման և դրանց օգտագործման հնարավորությունների հետազոտում

Մոնոէներգետիկ նեյտրոնների աղբյուրները Ֆունդամենտալ հետազոտություններում, մասնավորապես ռադիոբիոլոգիայում և դոզիմետրիայում, դետեկտորների տրամաչափման, ակտիվացիոն անալիզի համար և ճեղքման փոխազդեցությունների ուսումնասիրման բնագավառում մեծ դեր ունեն:

Բացի դրանից, քվազիմոնոէներգետիկ և լայն սպեկտր ունեցող նեյտրոնային աղբյուրները կիրառվում են միջուկային և տեխնիկական գիտությունների այլ բնագավառների ուսումնասիրությունների համար, օրինակ՝ թափոնների տրանսմուտացիայի, ճառագայթման վնասների ուսումնասիրության, բժշկական իզոտոպերի արտադրման և կտրվածքների ուսումնասիրման փորձերի համար:

Չնայած նրան, որ (n,p) , (n,γ) և (n,α) ռեակցիաները զգալի դեր ունեն աստղերի նուքլեոսիտեզի պրոցեսներում, նրանք դեռևս լայնորեն ուսումնասիրված չեն: Աստրոֆիզիկայում նեյտրոնների կլանման կտրվածքի չափման համար նույնպես անհրաժեշտ են ցածր էներգիաների նեյտրոնների աղբյուրներ: Այս խնդիրների համար որպես նեյտրոնների հոսքի աղբյուր քննարկվում է ${}^7\text{Li}(p,n)$ ռեակցիան պրոտոնների 2.2 ՄԷՎ էներգիայի դեպքում:

Նեյտրոնային աղբյուրը կարելի է համարել մոնոէներգետիկ, երբ նրա սպեկտրը ունի միակ պիկը, որի էներգետիկ լուծողականությունը պիկից շատ ավելի փոքր է: Նեյտրոնների սպեկտրի լայնությունը արագացուցչի միջոցով ստացված մոնոէներգետիկ փնջերի դեպքում կախված է թիրախի հաստությունից [1]:

Մոնոէներգետիկ նեյտրոնների աղբյուր են հանդիսանում երկմասնիկ ռեակցիաները: Այդ տեսակետից վերջերս հետաքրքրություն է առաջացել ${}^7\text{Li}$ թիրախի օգտագործման նկատմամբ, որը՝ պրոտոններով ճառագայթվելով, ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի միջոցով կարող է հանգեցնել դեպի առաջ ուղղված քվադրմոնոէներգետիկ նեյտրոնների համեմատաբար բարձր ելքի:

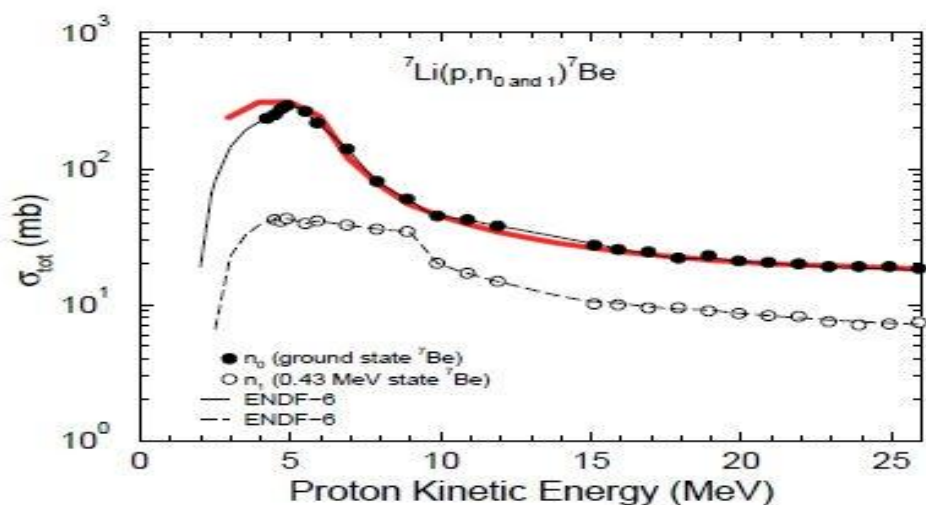
Արագացուցչի փնջի միջոցով ստացված նեյտրոնների ելքը պայմանավորված է՝

- լիցքավորված մասնիկների փնջի ինտենսիվությամբ,
- թիրախի հաստությամբ,
- փոխազդեցության ընդլայնական կտրվածքով,
- թիրախի նյութի մեջ սպեցիֆիկ էներգիայի կորուստով:

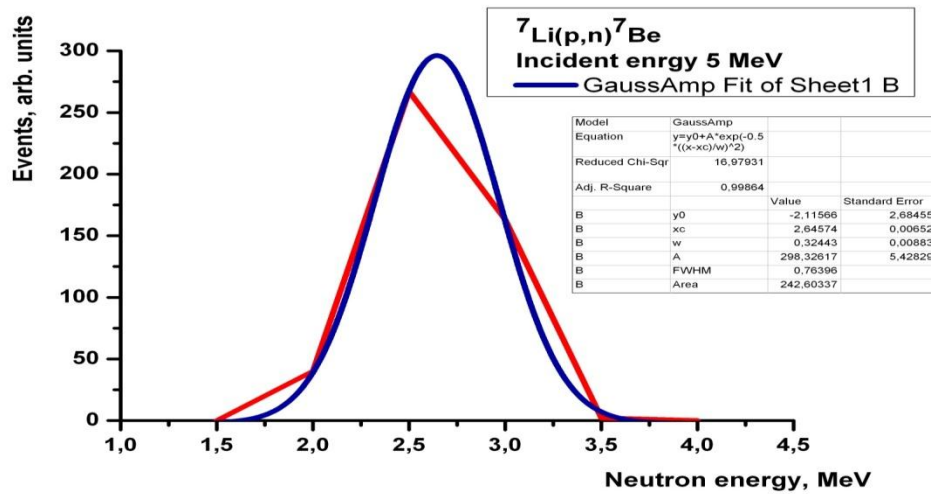
${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիան ունի համեմատաբար բարձր կտրվածք (մոտ 250 միլիբարն) պրոտոնի 5-7 ՄԷՎ էներգիայի տիրույթում: ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի կտրվածքը հաշվարկված է մեր կողմից TENDL2012 [2] ծրագրով: Ստացված արդյունքները համեմատված է աշխատանք [3]-ի տվյալների հետ: Նկար 1-ում բերված են համատեղ մեր և [3]-ի տվյալները:

Ռեակցիայի կտրվածքի առավելագույն առժեքը նկատվում է 5-7 ՄԷՎ-ի տիրույթում: Հետևաբար նեյտրոնային փունջ ստանալու համար հարկավոր է ունենալ 5 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնային փունջ, որը կարելի է ստանալ C18 ցիկլոտրոնի 18 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնային փունջը նվազեցնելով դանդաղեցուցչի (degrader) միջոցով:

Դուրս թոչող նեյտրոնների էներգետիկ բաշխումը, հաշված TENDL2012 [3] կողի միջոցով, բերված է նկար 2-ում:

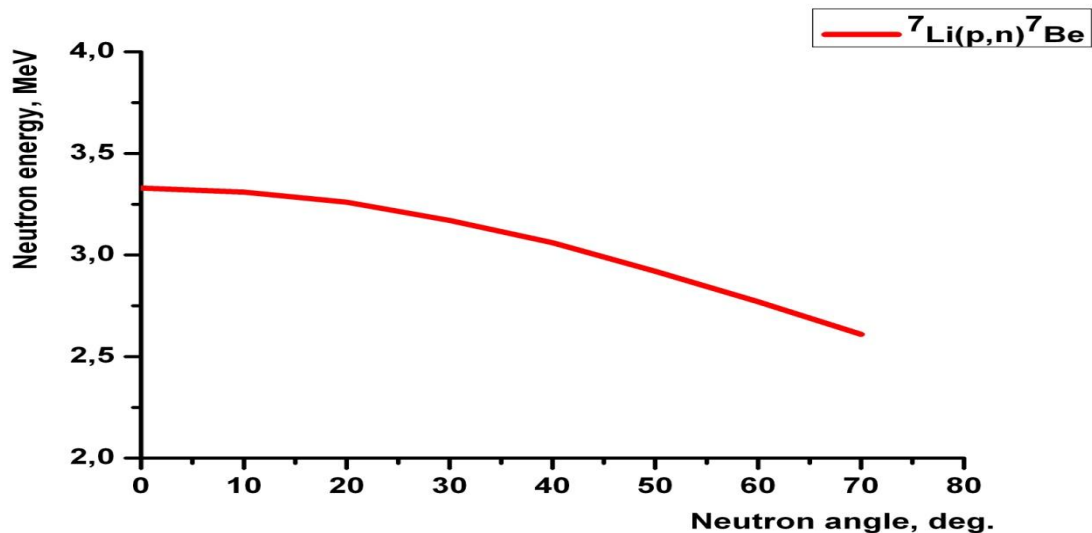


Նկար 1. ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի ընդլայնական կտրվածքի կախումը էներգիայից՝ սև կորը - աշխատանք [3], կարմիր կորը - հաշված TENDL2012 [2] ծրագրով:



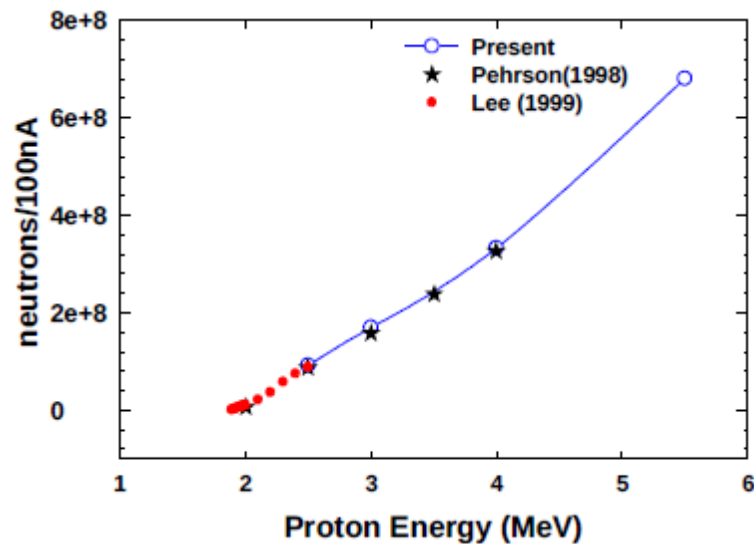
Նկար 2. ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի նեյտրոնների էներգետիկ բաշխումը՝ կարմիր - հաշվարկի արդյունք [2], կապույտը – Գաուսյան նկարագրումը:

Նեյտրոնների էլքր ունենում է դեպի առաջ ուղղված պիկ: Սովորաբար օգտագործվում են 0 անկյան տակ թռչող նեյտրոնները: Նկար 3. Բերված է ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի դուրս թռչող նեյտրոնների անկյունային-էներգետիկ բաշխումը, հաշված DROSG2000 [4] կողմից: Հաշվարկը ցույց է տալիս, որ 0° անկյան տակ թռչում են 3.33 ՄԷՎ էներգիա ունեցող նեյտրոնները:



Նկար 3. ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ ռեակցիայի էներգետիկ և անկյունային բաշխումը [4]:

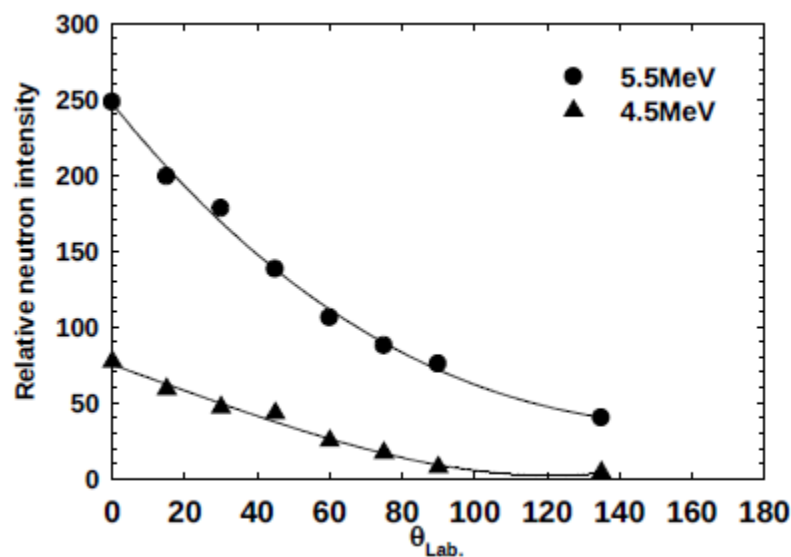
Նեյտրոնների էլքր լիթիումի թիրախից 5 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնների փոխազդեցության դեպքում ուսումնասիրված է աշխատանք [5]-ում: Նեյտրոնների էլքի կախումը պրոտոնի էներգիայից բերված է նկար. 4-ում:



Նկար 4. Նեյտրոնների էլքը 5 մմ հաստությամբ բնական լիթիումի թիրախից պրոտոնների 2.5-5 ՄԷՎ տիրույթում [5].

Նեյտրոնների էլքը 5 ՄԷՎ պրոտոնների դեպքում կազմում է $6 \cdot 10^8$ n/100nA, կամ $6 \cdot 10^9$ n/μA:

Աշխատանք [5].բերված է նեյտրոնների անկյունային բաշխումը, որտեղից կարելի է գնահատել, որ 0-20° տիրույթում նեյտրոնների էլքը կազմում է $1.43 \cdot 10^9$ n/μA (Նկար 5):



Նկար 5. Նեյտրոնների անկյունային բաշխումը 5 մմ հաստությամբ բնական լիթիումի թիրախից պրոտոնների 4.5 և 5 ՄԷՎ էներգիաների դեպքում [4].

Այսպիսով, նախնական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ ցիկլոտրոն C18-ի պրոտոնային փնջի միջոցով 100 μA հոսանքի դեպքում հնարավոր է ստանալ դեպի առաջ ուղղված նեյտրոնային փունջ հիմնարար և կիրառական հետազոտությունների համար:

Առաջարկվում է հիմնվելով նախնական գնատակահանների վրա, պատրաստել ցիկլոտրոն C18-ի 18 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնային փնջի միջոցով նեյտրոնային փունջ ստանալու նախագիծ: Նախագիծը կրնդորկի ինչպես փորձի տեսական հաշվարկները, այնպես էլ գրանցող սարքավորումների նկարագրումը և նրանց պարամետրերը:

Գրականության ցանկ (Բաժին 2.3.2)

1. M. Drosch, Characteristics of accelerator based neutron sources, monoenergetic neutron production by two-body reactions in the energy range from 0.0001 to 500 MeV (Overview), Institute of Experimental Physics, University of Vienna, A-1090 Wien., Austria.
2. A.J. Koning, D. Rochman, S. van der Marck, J. Kopecky, J. Ch. Sublet, S. Pomp, H. Sjostrand, R. Forrest, E. Bauge and H. Henriksson, TENDL-2012: TALYS-based evaluated nuclear data library, www.talys.eu/tendl2012.html
3. S. G. Mashnik, M. B. Chadwick, H. G. Hughes, R. C. Little, R. E. MacFarlane, L. S. Waters, and P. G. Young; $^7\text{Li}(p,n)$ Nuclear data library for incident proton energies to 150 MeV, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA.
4. DROSG-2000: Neutron Source Reactions, M. Drosch, Institute of Experimental Physics, University of Vienna, IAEA-NDS-87, Rev. 5, January 2000.
5. H.Kumawat, Measurement of Nuclear Yield and Angular Distribution for Thick $^{\text{nat}}\text{Li}(p, nx)$ Reaction, Proceedings of the DAE Symp. on Nucl. Phys. 55 (2010).

9.4. Աշխատանքների պլան-գրաֆիկ

9.1. (p,n) և $(p,2n)$ ռեակցիաների փորձարարական ուսումնասիրությունը:

Ժամկետ՝ 2013 – 2017 թ.թ.

Կատարողներ՝ Ի.Քերոբյան, Հովհաննեսյան Գ., Բազոյան Գ., Հակոբյան Մ., Ավետիսյան Ռ., Գյուրջինյան Ա.

9.2. (p,γ) ռեակցիաների փորձարարական ուսումնասիրությունը:

Ժամկետ՝ 2014 – 2017 թ.թ.

Կատարողներ՝ Ի.Քերոբյան, Հ.Գուլբանյան, Հովհաննեսյան Գ., Բազոյան Գ., Հակոբյան Մ., Ավետիսյան Ռ., Գյուրջինյան Ա.

9.3. Նեյտրոնային փնջերի ձևավորման և դրանց օգտագործման հնարավորությունների հետազոտում:

Ժամկետ՝ 2015 – 2017 թ.թ.

Կատարողներ՝ Ի.Քերոբյան, Հովհաննեսյան Գ., Բազոյան Գ., Հակոբյան Մ., Ավետիսյան Ռ., Գյուրջինյան Ա.

10. Խիտոզանի նոր ածանցյալների սինթեզ, ուսումնասիրություն և կիրառում

10.1. Ներածություն

Տարիների ընթացքում խիտին-խիտոզանային համակարգերի նկատմամբ հետաքրքրությունը չի նվազում, իսկ վերջին տարիներին նկատելիորեն ավելացել է: Ամրագրվել են տասնյակ ուղղություններ և խիտին-խիտոզանային համակարգերի օգտագործման բազմաթիվ օրինակներ հստակ կիրառական ու բացառիկ կարևորության խնդիրների լուծման համար: Խիտին-խիտոզանային համակարգերը հաջողությամբ օգտագործվում են միջուկային բժշկության, կենսաբժշկության, ատոմային արդյունաբերության, սննդի ու թեթև արդյունաբերություններում, գյուղատնտեսությունում և այլն: Մեր կարծիքով, մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում վերը նշված համակարգերի ինչպես բոլորովին նոր ու չստացված, այնպես էլ հայտնի և

արդեն ուսումնասիրված ածանցյալները: Ավարտին են մոտենում մեր կողմից իրականացված խիտոզանի հիման վրա նոր Շիֆֆի հիմքերի ստացման ու դրանց հիմնական հատկությունների ամրագրման աշխատանքները: Նպատակ ունենալով ընդլայնելու մեր կողմից ստացված նոր համակարգերի կիրառման ուղղությունները, նախատեսում ենք նաև ջրալույծ խիտոզանային համակարգերի ստացում:

Առաջարկված գիտական աշխատանքը հանդիսանում է փորձարարական և ունի ընդգծված կիրառական ուղղվածություն:

Մեկ ուսանող կներգրավվի աշխատանքների կատարման համար:

10.2 Աշխատանքային պլան

2013-2014 թթ .

ա) Խիտոզանի հիման վրա ստացված Շիֆֆի նոր հիմքերի սինթեզ և հիմնական բնութագրերի ամրագրում:

բ) Խիտոզանի հիման վրա ստացված Շիֆֆի նոր հիմքերի կլանիչ ու հակաբակտերիալ հատկությունների ուսումնասիրություն:

Կատարող- մեկ (1) աշխատակից:

2015-2017թթ.

ա) Խիտոզանի հայտնի ու նաև բոլորովին անհայտ ջրալույծ ածանցյալների ստացում:

բ) Ստացված ջրալույծ ածանցյալների կառուցվածքային առանձնահատկությունների ամրագրում (ԹԳԱ և FTIR մեթոդներով) :

գ) Ստացված խիտոզանի ջրալույծ ածանցյալների ուսումնասիրությունը, որպես հակամիկրոբային ու հակաբակտերիալ թաղանթային ծածկույթներ:

Կատարողներ՝ մեկ (1) աշխատակից, մեկ ուսանող: