

Տարեկան հաշվետվություն 2020 թ.

Ա.Ալիխանյանի անվան ԱԶԳԱՅԻՆ ԳԻՏԱԿԱՆ  
ԼԱԲՈՐԱՏՈՐԻԱ Հիմնադրամ  
(Երևանի Ֆիզիկայի Ինստիտուտ)

Փորձարարական Ֆիզիկայի Բաժանմունք

ՓՖԲ-ի ղեկավար՝ Ֆիզմաթ գիտությունների դոկտոր Հ.Մարուքյան

## Փորձարարական Տիզիկայի Բաժանմունքի 2020 թ. ընթացիկ հաշվետվություն

### Հաշվետվություն 2020 թ.-ին ԼՈՒԷ-75 գծային արագացուցիչում կատարված աշխատանքների վերաբերյալ

ԱԱԳԼ-ի ՓՖԲ-ի արագացուցչային խումբ, ղեկավար Ա. Հակոբյան

2020 թ.՝ հաշվետու ժամանակահատվածում, ԼՈՒԷ-75 էլեկտրոնային գծային արագացուցիչում կատարված գործողությունները վերաբերվում են արագացուցիչի տեխնիկական, կիրառական և պրոֆիլակտիկ աշխատանքներին: Աշխատանքները իրագործվել են պանդեմիայի պայմաններում՝ ինչպես առկա, այնպես էլ օնլայն:

Գծային արագացուցիչում իրականացվել են հետևյալ աշխատանքները.

Հաշվարկվել և ստեղծվել է նոր լրացուցիչ գերբարձր հաճախականային (ԳԲՀ) տրակտ կիրառական նպատակների համար: Արդյունքում ստեղծվում է գծային արագացուցիչի ԳԲՀ տեխնիկայի հնարավորությունների օգտագործման նոր ուղղություն ԱԱԳԼ-ում: Այդ նպատակով կատարվել են անհրաժեշտ լրացուցիչ աշխատանքներ վակուումային համակարգում: Նաև հաշվարկվել և պատրաստվել է նոր ԳԲՀ տրակտի ելքի համար ճառագայթիչ: Իրականացվել և ցուցադրվել է տրակտի նախնական փորձարկում՝ դուրս բերելով ԳԲՀ հզորությունը համարժեք բեռի վրա:

Ներկայումս ԲՏԱ-ԱԱԳԼ համագործակցության շրջանակներում շարունակվում են համատեղ աշխատանքներ ԼՈՒԷ-75- ի հիման վրա ստեղծված ԳԲՀ ստենդի փորձարկումը:

Նաև կատարվել են արագացուցիչի համար ամենամյա նախատեսված ռեգլամենտային պրոֆիլակտիկ աշխատանքներ՝

- Բարձրավոլտ փորձարկման սարքավորման լրիվ պրոֆիլակտիկա և հեղուկ մեկուսիչների փորձարկում այդ սարքավորման միջոցով (նկ. 1).
- Հովացման և ջերմակայունացման համակարգերի պրոֆիլակտիկա: Փորձարկվել են այդ համակարգերը իրենց մոդոլ պոմպերով՝ ինչպես գործող, այնպես էլ ռեգերվային (նկ. 2).
- Էլեկտրոնների աղբյուրի և բոլոր երեք կլիստրոնների մոդուլատորների պրոֆիլակտիկա (նկ. 3).
- Հրավիրված մասնագետի մասնակցությամբ կատարվել են՝  
ա) ՍՏԻ-10 արտահոսքի հայտնաբերիչի աշխատանքի կարգավորում:

բ) Հայտնաբերվել են ժամանակի ընդացքում համակարգում առաջացած վակուումի խախտման պատճառները, որոնց վերացումից հետո զգալիորեն լավացել են վակուումային ցուցանիշները:



Նկ. 1



Նկ. 2



Նկ. 3

2020 թ. լույս տեսան հոդվածներ, որտեղ մասնակի արտացոլված են ԵՊՀ-ի և ԱԱԳԼ-ի 2019 թ. ԼՈՒԷ-75 էլեկտրոնային գծային արագացուցիչի փնջերի օգտագործմանը կատարված գիտափորձերի արդյունքները: Համատեղ աշխատանքները նվիրված են տարբեր էներգիաներով և փնջի տարբեր հոսանքներով ֆոտոմիջուկային ռեակցիաներում մասնիկների առաջացման մեխանիզմների ուսումնասիրմանը:

1. A.R. Balabekyan, N.A. Demekhina, E. Melyan, S. Faltajanyan, A. Aleksanyan, S. Amirkhanyan, H. Gulkanyan, T. Kotanjyan, A.S. Hakobyan A Study of Alpha Particle Production in Photonuclear Reactions at Photon Energies of 21 and 40 MeV J.Contemp.Phys. 55 (2020) 1, 1-7.
2. A. S. Hakobyan, A. Y. Aleksanyan, S. M. Amirkhanyan, H. R. Gulkanyan, T. V. Kotanjyan, V. S. Pogosov, and L. A. Poghosyan A Study of Reactions of One and More Neutrons Photoemission from Bismuth. J. Contemp. Phys. 55, 111–117 (2020).

### **Հետազոտություններ CERN միջազգային կենտրոնում (LHC)**

#### **CMS-գիտափորձ**

ԱԱԳԼ-«CMS» խումբ

Ղեկավար՝ Ա. Թումասյան

Կարարողներ Ա. Պետրոսյան, Վ. Ալոյան, Ա. Գևորգյան և Ա. Հայրապետյան

1. Շարունակվել է վեկտոր-բոզոնային միաձուլման մեխանիզմով  $H$ -բոզոնի ծնման և  $b$ -քվարկային զույգի տրոհման պրոցեսի ուսումնասիրությունը ( $VBF\ H \rightarrow b\bar{b}$ )՝ օգտագործելով  $\sqrt{s}=13$ ՏԷՎ էներգիայով  $pp$ -բախումների 2017-18թթ CMS(LHC) փորձարարական տվյալները:

Կատարվել է 2017-18թթ փորձարարական և մոդելավորած տվյալների մշակում, մշակվել են ֆոնային և ազդանշանային մոդելները, կատարվել է ազդանշանի գնահատումը, ըստ որի՝  $7.7\ \text{fb}^{-1}$  ինտեգրալ լուսատվությամբ 2017թ տվյալներում ազդանշանի ինտենսիվության համար ստացվել է  $\mu = 1.0_{-1.7}^{+1.8}$ , 68% վստահելիության աստիճանով (CL), ազդանշանի սպասվող արտահայտվածչությունը՝  $\sigma_{\text{exp}} = 0.8$ : 2018թ  $\sim 59\ \text{fb}^{-1}$  ինտեգրալ լուսատվությամբ տվյալներում առկա են ֆոնային և ազդանշանային մոդելների վավերացման խնդիրներ, որոնք մոդելավորման անճշտությունների հետևանք են: Ցույց է տրվել, որ անհամապատասխանությունները պայմանավորված են « $b$ -tagging»-ի ավզորիթմի աշխատանքով: Ներկայումս աշխատանք է տարվում անհամապատասխանությունների վերացման ուղղությամբ:

Մանրամասն՝

- <https://indico.cern.ch/event/873822/>
- <https://indico.cern.ch/event/942465/>
- <https://indico.cern.ch/event/904973/>
- <https://indico.cern.ch/event/961163/>
- <https://indico.cern.ch/event/980437/>
- <https://indico.cern.ch/event/961186/>

Խմբի անդամ Արզունիկ Գևորգյանի ավարտական աշխատանքը (ԵՊՀ ֆիզիկայի ֆակուլտետ, բակալավրիատ) նվիրված էր այս խնդրի շրջանակներում կատարված մի շարք ուսումնասիրությունների:

2. Կատարվել է միաէլեկտրոնային «online» տրիգգերների էֆեկտիվությունների հաշվարկը 2016-18թթ CMS(LHC) փորձարարական և մոդելավորած տվյալների համար: Էֆֆեկտիվությունների հարաբերությունը (դիֆերենցված ըստ «offline-էլեկտրոնների»  $P_T$  և  $\eta$ ) օգտագործվել են փորձարարական և մոդելավորած տվյալների համեմատության համար: Այս հաշվարկները կատարվել են  $\sqrt{s}=13$ ՏԷՎ էներգիայով  $pp$ -բախումներում  $e^+e^-$  էլքով Դրելլ-Յանի պրոցեսում «առաջ-հետ» ասիմետրիայի ուսումնասիրության խնդրի համար:

Մանրամասն՝

- <https://indico.cern.ch/event/842077/>
- <https://indico.cern.ch/event/842079/>

Խմբի անդամ Արամ Հայրապետյանի ավարտական աշխատանքը (ԵՊՀ ֆիզիկայի ֆակուլտետ, Բակալավրիատ) նվիրված էր այս խնդրի շրջանակներում կատարված մի շարք ուսումնասիրությունների (մասնավորապես՝ 2016թ CMS(LHC) փորձարարական տվյալներում  $e^+e^-$  տրոհման կանալով Z-բոզոնի գրանցմանը):

Տվյալ թեմայով պատրաստվում է նաև «CMS Analysis Note»՝

**I. Gorbunov, T. Nechaeva, A. Tumasyan, V. Aloyan. «The Drell-Yan Forward-Backward asymmetry measurement at 13 TeV with full Run2 dataset», CMS AN-2019/277.**

3. Խմբի անդամ Արամայիս Պետրոսյանի կողմից կատարվել են CMS հաղորոնային կալորիմետրի տվյալների որակավորման համակարգի արդիականացման աշխատանքները: Ինչպես նաև հաղորոնային կալորիմետրի պայմանների (էներգետիկ տրամաչափություն, էֆեկտիվություններ, և այլն) թարմացման և ներմուծման աշխատանքները: Սրանցով փակվել են ԱԱԳԼ CMS խմբի պարտավորությունները (150 % - ուլ):

4. Հրատարակված աշխատանքների ընդհանուր քանակը՝ 91

## ATLAS-գիտափորձ

Անդամներ՝ Լ. Մարգարյան (խմբի ղեկավար), Ա. Քոցինյան (խմբի ղեկավարի տեղակալ), Հ. Մարուքյան (ազգային կոնտակտային ֆիզիկոս), Ռ. Օգանեզով, Հ. Օգանեզով, Հ. Ջիլավյան, Ա. Գրիգորյան, Ֆ. Ադամյան

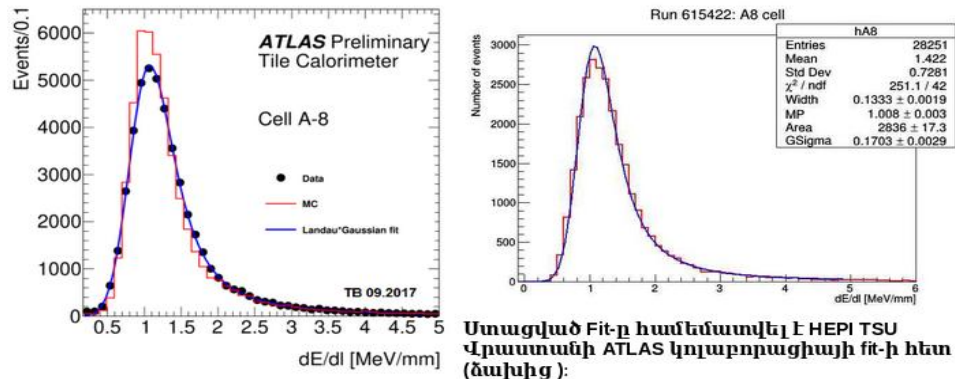
## Կատարված աշխատանքները՝

**Սյուռնների էներգիայի կորուստը ATLAS (LHC, CERN) գիտափորձի Հաղորոնային (Tile) կալորիմետրում (Ա. Գրիգորյան)**

Ուսումնասիրվել է հաղորոնային կալորիմետրի փորձնական փնջերով տրամաչափման մեթոդները, մասնավորապես 165 Գէվ-անոց մյուռնային փնջերի էներգիայի կորուստը հաղորոնային կալորիմետրում, օգտվելով 2017թ.-ին իրականացված հաղորոնային կալորիմետրի LBC65 և LBA65 մոդուլների ստուգման փորձի

նկարագրությունը ստացված տվյալների մշակումը և համեմատումը հայտնի բաշխումների հետ: Տվյալների մշակումը և համեմատումը կատարվել է Root Data Analysis Framework-ի միջոցով, C++ ծրագրավորման լեզվով:

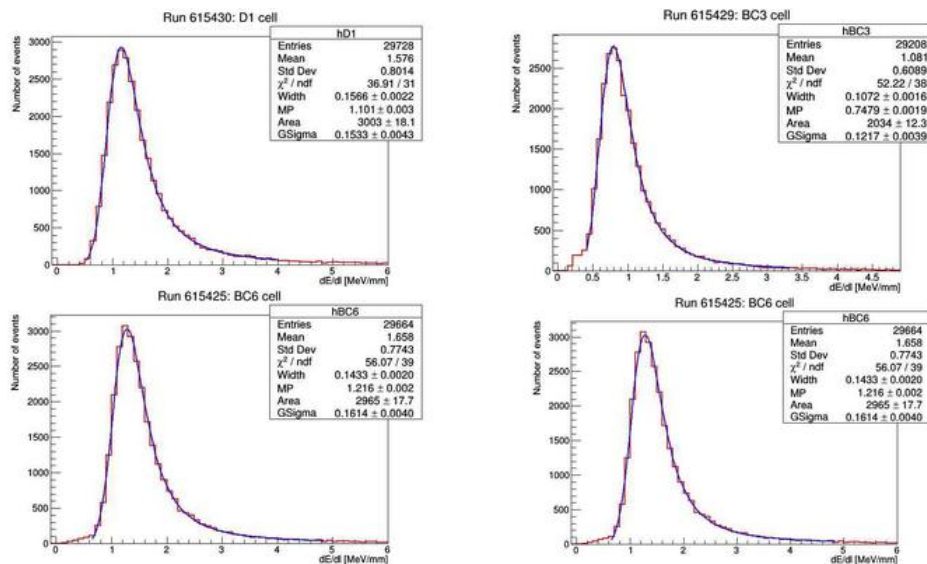
**Ստացված Fit-երը համապատասխանում են Գաուս Լանդաու բաշխմանը**



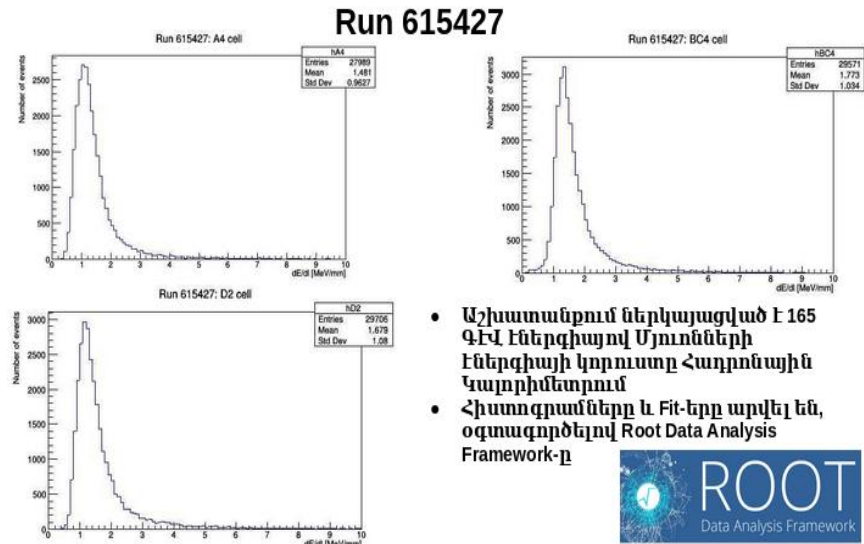
**Ստացված Fit-ը համեմատվել է HEP1 TSU Վրաստանի ATLAS կոլաբորացիայի fit-ի հետ (ձախից):**

Նկ. 1

Արդյունքում ստացվել են վերոնշյալ մոդուլների յուրաքանչյուր բջջի էներգիայի կորուստը կալորիմետրի միավոր երկարության վրա: Ստացված հիստոգրամները համապատասխանեցրել են Լանդաու-Գաուս բաշխման տեսքին և համեմատել Վրաստանի ATLAS գիտախմբի ստացված արդյունքների հետ: (նկ. 1, 2, 3):



Նկ. 2



Նկ. 3

**ATLAS (CERN) TileCal-ի տվյալների որակի սպառնալիցան (Data Quality Validation) օնլայն հերթափոխներ (Ա. Գրիգորյան)**

Կատարվել է փորձնական փնջերից ստացված տվյալների ճշգրտության հաստատման աշխատանքներ:

**Laser-in-gap տվյալների որակի վերլուծություն (Ա. Գրիգորյան, ղեկ.՝ Հ. Մարուքյան)**

TileCal-ի laser-in-gap վերլուծության ծածկագրի մշակում և պահպանում՝ որպես սալիկի PMT շահույթի կախվածություն՝ անողային հոսանքից օգտագործելով ATLAS-ում (LHC) 2017 և 2018 աշխատանքային միջանկյալ տիրույթի լազերային տվյալները: Այս աշխատանքը ATLAS որակավորման առաջադրանքի բաղկացուցիչ մասն է:

**Կրկնակի շիթերի ծնման կտրվածքների չափումը ATLAS (LHC) գիտափորձում  $\sqrt{s}=13$  TeV pp փոխազդեցությունների դեպքում (Հ. Ջիլավյան, ղեկ.՝ Հ. Մարուքյան)**

**Փորձարկման սարքավորման բարելավում ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչների ուսումնասիրություններ (Ա. Գրիգորյան, Ռ. Օգանեզով, Ֆ. Ադամյան)**

**Դիմային (Front-end) էլեկտրոնիկայի մշակում, զարգացում (Լ. Սարգսյան, Ռ. Օգանեզով)**

• **Ցածր լարման համակարգ (LVPS).**

- Ցածր լարումների մատակարարման սարքերի հավաքում և տեղադրում:

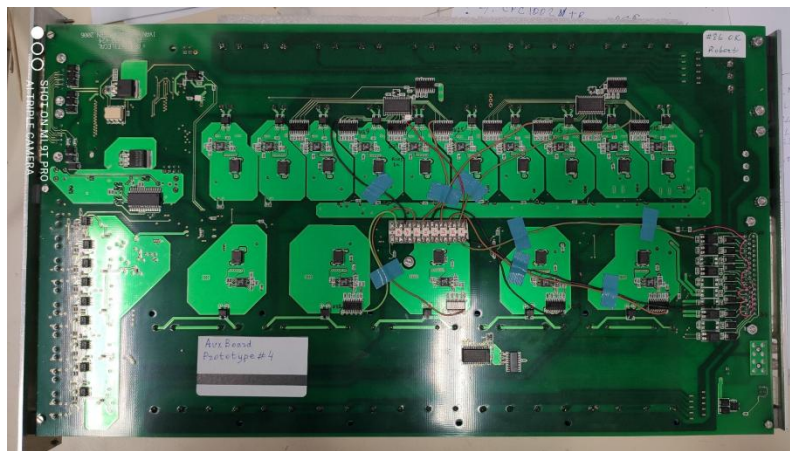
AUXboard կառավարման համակարգը թույլ է տալիս հեռակառավարմամբ անջատել և միացնել ցածր լարման էներգիայի աղբյուրերը:

- Սպասարկում: AUXboard-երի նորոգում և բարելավում:

**Օժանդակ կառավարման խորհրդի նախատիպի փոփոխություններ և փորձարկումներ**

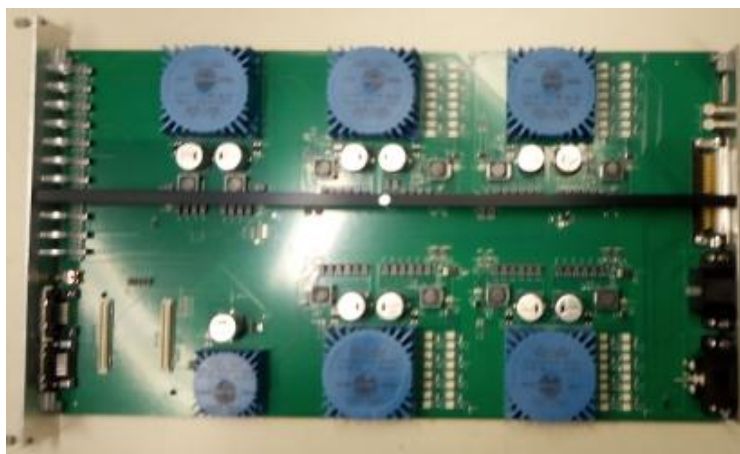
Նախագծման նախնական հաշվետվությունը ներկայացվեց հաստատման:

Նախնական նախագծում գրանցված մեծ առաջընթացը կատարվել: Բազմաթիվ չափումներ կատարվել են CERN- ում անցկացված թեստերի ընթացքում: Նախագիծը հաստատվել է վերանայող հանձնաժողովի կողմից: Հետագա գործողությունները կատարվել են, և Պինդ վիճակի ռելեի (Solid State Relay) ընտրությունը փորձարկվել և հաստատվել է 4-րդ նախատիպում (Նկ. 4):



Նկ. 4

Նոր կառավարման AuxBoard-երը արտադրվել են և ուղարկվել CERN:



Նկ. 5



AuxBoard-երի տպագիր տպատախտակները ավելացվել են բացակայող մասերով: Մենք նախատեսում ենք հաջորդ տարի կատարել նոր փորձարկումներ (Նկ. 5):

- Համագործակցություն Բելառուսիաի խմբի հետ (Պետական Համալսարանի միջուկային խնդիրների ինստիտուտ)

### **Դետեկտորի կառավարման համակարգի տվյալների վերլուծություն:** (Լ. Սարգսյան)

- ATLAS Tile Calorimeter-ի կառավարման համակարգի նոր մոնիտորինգի և վերլուծության պլատֆորմ
- Նոր սերնդի արխիվացնող բաղադրիչի գնահատում և փորձարկում

### **Աշխատանքներ ATLAS գիտափորձի տեխնիկական համակարգում**

#### **TDAQ համարգչային ադմինիստրացիա` Point 1-ի տարածքում համակարգչային ենթակառուցվածքների անխափան աշխատանքի ապահովում (Հ. Օգանեզով)**

- Մոնիթորինգ և սպասարկում SLIMOS-ին (անվտանգության ոլորտում հերթափոխի ավագ պատասխանատու) պատկանող բոլոր համակարգիչների ապարատային և ծրագրային ապահովություն, բոլոր հարկավոր պատչերի տեղադրում:
- Անվտանգության վերաբերյալ որոշակի տեղեկատվություն հեռարձակող Մեդիա-հեռարձակիչ սերվերի թարմացում, տեղադրում, կոնֆիգուրացիա և սպասարկում:
- Point 1-ի տարածքում անվտանգության համակարգի համար նախատեսված տեսահսկման համակարգերի տեղադրում և սպասարկում:
- Point 1-տարածքում անվտանգության համար կարևոր մի շարք համակարգերի: հսկողություն, սպասարկում և անսարքությունների շտկում:
- Point 1-ում գտնվող (ATLAS) նախագծման գրասենյակի համակարգիչների տեխնիկական սպասարկում, անսարքությունների շտկում:
- Նոր` ATLAS այցելուների կենտրոնի տեխնիկական ապահովագրում:
- Նոր` ATLAS վիրտուալ այցելուների կենտրոնի ապառատային սարքավորումների, ենթակառուցվածքների տեղադրում և կոնֆիգուրացիա:

- ATLAS Slimos պահեստային վթարային կենտրոնի շարունակական և անխափան գործունեության համար ապառատային սարքավորումների և ենթակառուցվածքների տեղադրում, կոնֆիգուրացիա և հետագա սպասարկում:

### **Հետագա աշխատանքներ**

- Նշված աշխատանքները կշարունակվեն 2021 թ-ին:
- ԱԱԳԼ-ում փորձարկման սարքավորման բարելավում ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչների ուսումնասիրելու համար:
- USLUU Tile Calorimeter-ի կառավարման համակարգի նոր մոնիտորինգի և վերլուծության պլատֆորմի զարգացում: Մեքենայական ուսուցման ուսումնասիրում:
- AuxBoard նախատիպի փորձարկում և կատարելագործում:

### **Մասնակցություն Գիտաժողովներին**

- L.Sargsyan and R. Oganezov, Auxiliary boards design, teststands, Phase-II Upgrade Session during the Tile Week, 16 Jun 2020.
- L.Sargsyan and R. Oganezov, QC plans, PDR of the TileCal AuxBoard, 29 June 2020.
- L.Sargsyan and R. Oganezov, Auxiliary boards design, teststands, Phase-II Upgrade Session during the Tile Week, 6 Oct 2020.

### **Հրապարակումներ**

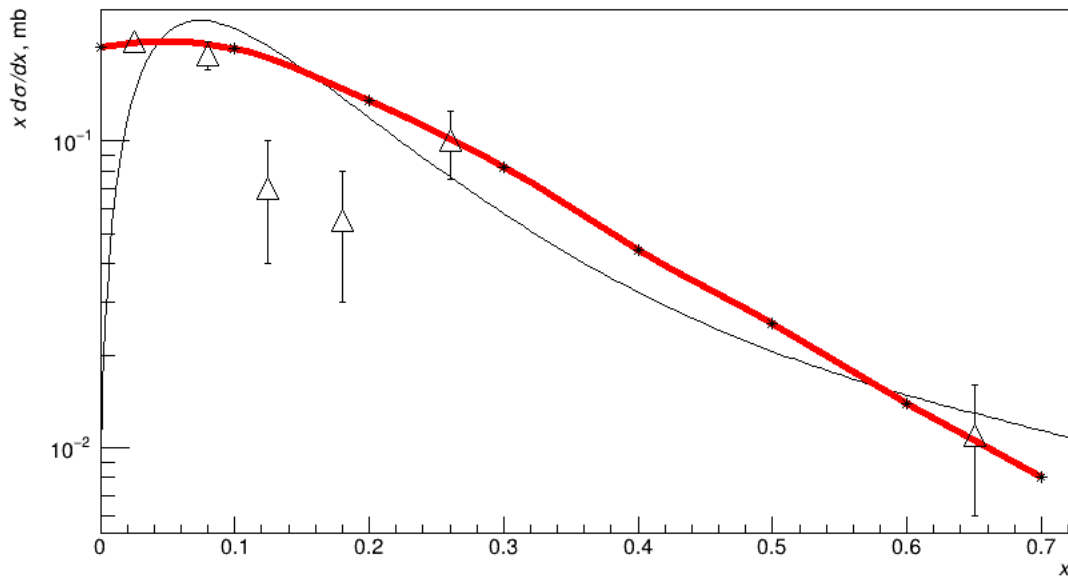
Հրատարակված աշխատանքների ընդհանուր քանակը՝ 30

### **ALICE- գիտափորձ**

1. Քվարկ-Գլյուոնային Լարերի մոդելի կանխագուշակումները Հաղրոնային Մեծ Կոլայդերի համար և ավելի ցածր էներգիաների տիրույթում pp բախումներում ծնվող  $K^+$  և  $\phi$  (1020) մեզոնների ինկլյուզիվ կտրվածքների համար: կատարողներ՝ Ե. Համբարձումյան, Ա. Գրիգորյան

CERN-ի ALICE գիտափորձում մեծ նշանակություն է տրվում LHC էներգիաների տիրույթում pp բախումներում հաղրոնների ծնման պրոցեսների հետազոտմանը:

Կատարվել են հաշվարկներ  $\sqrt{s} = 8\text{TeV}$  էներգիայի և  $p_{\text{lab}} = 400\text{GeV}/c$  իմպուլսի դեպքում pp բախումներում առաջացող տարօրինակ քվարկ պարունակող  $K^+$  և  $\phi$  մեզոնների ինկլյուզիվ կտրվածքների համար: Հաշվարկների համար ստեղծվել է C++ լեզվով գրված համակարգչային կոդը ROOT փաթեթի համար: Հաշվարկները հիմնված են քվարկ-գլյուոնային լարերի մոդելի վրա, որը ստեղծվել է փափուկ՝ մեծ հեռավորությունների վրա ընթացող պրոցեսների նկարագրության համար: Հաշվարկվել է ծնման ինկլյուզիվ կտրվածքների կախումը Ֆեյնմանյան  $x$  սկեյլինգյան և  $y$  բափիդիտի փոփոխականներից: Կատարվել է տեսական բանաձևերի պարզեցում համակարգչային կոդի մեջ ներառելու նպատակով:



Վերևում տրված է pp բախման արդյունքում ծնված  $\phi$  մեզոնի կտրվածքը կախված Ֆեյնմանյան  $x$  սկեյլինգյան պարամետրից  $p_{\text{lab}} = 400\text{GeV}/c$  իմպուլսի դեպքում: Այստեղ համեմատվում են մեր կոդից ստացված (սև կոր) և այլ տեսական հաշվարկի (կարմիր կոր) [<https://arxiv.org/abs/1407.7387>] տվյալները : Նաև տրված է NA27 գիտափորձի համապատասխան փորձնական տվյալները (եռանկյունի նշաններ) [<https://inspirehep.net/literature/314091>]:  $x$ -ի միջին արժեքների դեպքում նկատվում է գոգավորություն, որը կարելի է բացատրել որպես համակարգչային հաշվարկի սահմանափակություն, քանզի կիրառվող ֆունկցիաների ինտեգրալներում հանդիպում են բազմաթիվ եզակի կետեր, որոնք գրված ծրագրի շրջանակներում չեն կարող ճշգրտորեն հաշվարկվել առանց բանաձևերի պարզեցման: Շատ փոքր  $x$ -երի դեպքում նույնպես կա էական անհամաձայնություն, բայց այս դեպքում բանաձևերի պարզեցումը

չէ սխալմունքի աղբյուրը, այլ տեսության մեջ կիրառվող ինտերպոլա-ցիոն ֆունկցիան, որը չի ներառում գրոյում ստացված արժեքը: Համակարգչային կոդով նաև, որպես բանաձևերի պարզեցումը ստուգելու մեթոդ, հաշվարկվել է pp բախման լրիվ կտրվածքը  $p_{\text{lab}}=400\text{GeV}/c$  իմպուլսի դեպքում  $\sigma = 40.42\text{mb}$ , որը շատ մոտ է ժամանակակից փորձարարական տվյալներին  $\sigma=40.6\text{mb}$ : Սույն աշխատանքով կազմվել է Եղիշե Համբարձումյանի մագիստրոսական թեզը, որը պաշտպանվել է 26.05.2020թ.:

## 2. ALICE-ի հաշվողական միջավայրի զարգացման աշխատանքներ կատարող՝ Ն. Մանուկյան

Նարինեն հունվարի 15-ից մինչև օգոստոսի 1-ը գործուղվել է CERN, որի ընթացքում և հետագայում աշխատել է Spooler և CCDB նախագծերի վրա:

### Spooler նախագիծ

Այս նախագծի նպատկն էր մշակել File Spooler և Copy System, որոնք կապահովեն տվյալների արագ և ասինխրոն տեղափոխում և տեղակայում այսպես կոչված EPN (Event Processing Nodes) հանգույցներից դեպի ALICE-ի O2-ի EOS (բազմապրոտոկոլային դիսկային պահոցային համակարգ, մշակված CERN -ում): Կատարվել են հետևյալ աշխատանքները՝

- EOS համակարգը և դրա բաղկացուցիչ մասերը (File Storage Server-FST, Management Server-MGM, Messaging Server-MQ) գործնականորեն ուսումնասիրելու նպատակով, դրանք տեղակայվել և կարգաբերվել են Kubernetes-ի հետ միասին թեստային սերվերների վրա:
- RAIN (redundant array of independent nodes) պահոցային սարքավորման կոնֆիգուրացիայի մասին պրակտիկ գիտելիքներ ձեռք բերելու նպատակով, EOS համակարգն ամբողջությամբ տեղակայվել է վիրտուալ մեքենաների վրա, հետևյալ կոնֆիգուրացիոն պարամետրերով՝
  - 1 MGM QuarkDB-ի (Key-value պահոցային համակարգ մշակված CERN-ում) հետ միասին
  - 4 FST վիրտուալ մեքենաներ

### CCDB նախագիծ

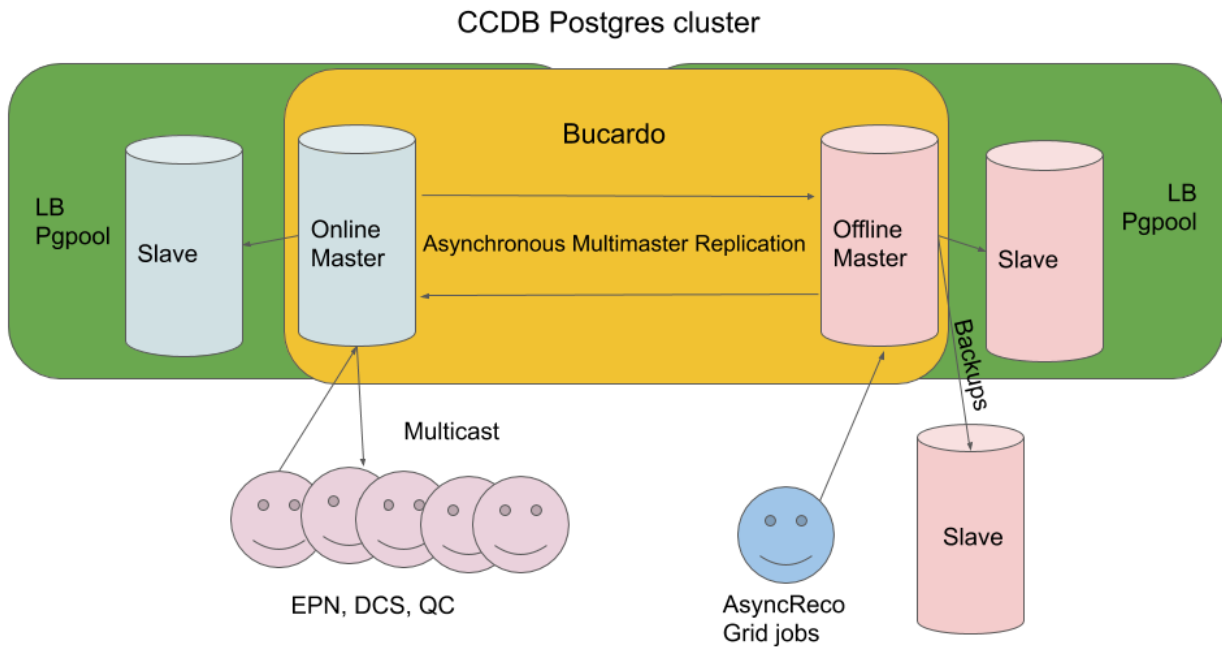
Այս նախագծի հիմնական նպատակն է ունենալ O2-ի տվյալների բազա+վեբ սերվերի կրկնօրինակ CCDB (Calibration Constant Data Base) օբյեկտների online պահպանման և 2 արտաքին մեքենաներ offline օգտագործման համար:

Նախագծի առաջին մասն ավարտվել էր դեռ 2019 թվականին, որը ներկայացնում էր ALICE Conditional Database-ի PostgreSQL տվյալների բազայի կառավարման կլաստերի կարգաբերում և տեղադրում:

Նախագծի 2րդ մասը ենթադրում էր ունենալ 2 այսպես կոչված master սերվերներ (multimaster Postgres cluster), որոնք անըդիստ պետք է սինխրոնիզացնեն տարբեր աղբյուրներից այդ սերվերներ ներմուծված տվյալները: Կատարվել են հետևյալ աշխատանքները՝

- Կլաստերի load balancing-ի և replication-ի ֆունկցիոնալությունը թեստավորելու նպատակով կատարվել է SQL benchmark թեստեր, օգտագործելով CCDB փաթեթում ընդգրկված Java կլասը (<https://gitlab.cern.ch/nmanukya/ccdb-local/-/tree/master/src/ch/alice/o2/ccdb/testing>):
- Մշակվել են սկրիպտային ծրագրեր, որոնք ավտոմատացնում են PostgreSQL master/slave կլաստերի խափանումների վերականգման պրոցեդուրաները: Ծրագրերը գտնվում են CERN-ի GitLab repository-ում <https://gitlab.cern.ch/nmanukya/alice-cdb/>
- Multimaster Postgres կլաստերի տեղակայման նպատակով հետազոտվել և թեստավորվել են մի քանի Postgres մեթոդներ, ինչպես նաև third-party ծրագրեր:
- Վերջնական արդյունքում Multimaster Postgres կլաստերը տեղակայվեց հետևյալ կոնֆիգուրացիոն պարամետրերով՝
  - 2 առանձին Master/Slave Postgres կլաստեր,
  - Յուրաքանչյուր Master/Slave կլաստերի բարձր հասանելիությունը և load balancing-ը ապահովելու համար տեղակայվել է Pgpool2 ծրագրային ապահովումը,
  - Յուրաքանչյուր master սերվերի վրա տեղակայվել է Bucardo ծրագրային ապահովումը, որն ապահովում է այդ 2 սերվերների միջև տվյալների անընդմեջ սինխրոնիզացիան:

Ներքևում բերված նկարը ցույց է տալիս CCDB Postgres կլաստերի վերջնական կառուցվածքը:

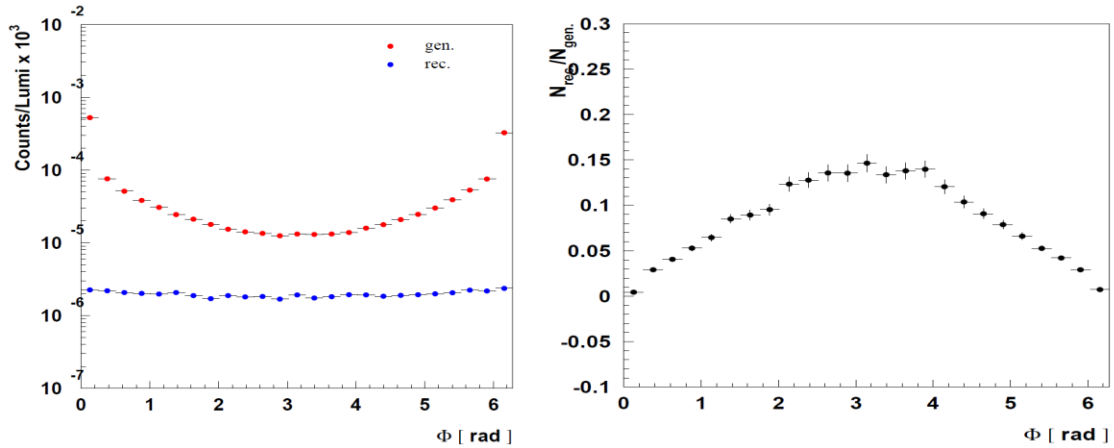


### 3. Հավելյալ տեղեկություններ

Հրատարակված աշխատանքների ընդհանուր քանակը՝ 44

**Էքսկյուզիվ պրոցեսների ուսումնասիրությունները HERMES գիտափորձում**  
 կատարող՝ ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր Հ. Մարուքյան

Թեմատիկ ֆինանսավորման շրջանակներում (2020 թ. ընթացքում) շարունակվել է HERMES գիտափորձում կուտակված տվյալների մշակումը՝ ստանալու համար Խորը Վիրտուալ Կոմպյուտինգ Ցրման (ԽՎԿՑ) պրոցեսի չբեռացված (հելիսիթից անկախ) և հելիսիթից կախված կտրվածքների ազիմուտալ բաշխվածությունները ջրածնային թիրախի վրա, օգտագործելով փնջի առանձին՝ դրական ու բացասական հելիսիթիների համար չափված կտրվածքները: Սույն վերլուծության համար առանձնացված տվյալները կուտակվել էին HERMES-ում 2006-2007 թթ.՝ օգտագործելով երկայնակի բեռացված պոզիտրոնների փունջը: Քննարկվել են նաև սարքավորման անկյունային ընդունմամբ (acceptance, տես Նկ. 1) պայմանավորված ուղղումների հաշվարկման հնարավորությունները երկու տարբեր Մոնտե Կառլո տվյալների հիման վրա, ինչը թույլ է տալիս ստանալ վերոնշյալ կտրվածքների բացարձակ արժեքները:



Նկ. 1. (Ձախ) Գեներացված և վերականգնված ֆոտոնների և նորմավորված բաշխումը ըստ ազիմուտալ անկյունների ամբողջ կինեմատիկական տիրույթի համար: (Աջ) Նրանց հարաբերությունը (acceptance):

Նման բաշխումներ ստացվել են նաև յուրաքանչյուր ( $x_{Bj}$ ,  $Q^2$ ,  $-t$ ) տիրույթի, որտեղ  $x_{Bj}$ -ն Բյորկենի  $x$  փոփոխականն է,  $-Q^2$ -ն՝ լեպտոնից վիրտուալ ֆոտոնին փոխանցված քառաչափ իմպուլսի քառակուսին, իսկ  $-t$ -ն՝ թիրախին փոխանցված իմպուլսի քառակուսին: Այս արդյունքները անհատապես քննարկվել են նաև 2020թ.-ի, փետրվարի 3-ից 7-ը CERN, Geneva-ում կայացած Partonic and Hadronic Interactions (CPHI-2020) գիտաժողովի ընթացքում:

Հրատարակված աշխատանքների ցանկը

1. A. Airapetian, N. Akopov, ... , H. Marukyan et al., “Azimuthal single- and double-spin asymmetries in semi-inclusive deep-inelastic lepton scattering by transversely polarized protons”, Published in JHEP12 (2020) 010, DESY-20-119, e-Print: arXiv: 1810.07054.
2. Hrachya Marukyan, “Overview of recent HERMES results”, published in J. Phys. Conf. Ser. 1435 (2020) 1, 012041, Contribution to: DSPIN-19.
3. H. Marukyan, “Study of GPDs at HERMES”, Correlations in Partonic and Hadronic Interactions (CPHI-2020), CERN, Feb 3 - 7, 2020.

### Խիտոզանի նոր ածանցյալների սինթեզ և ուսումնասիրություն

կատարող՝ Քիմական գիտությունների թեկնածու Վասակ Ղավայան

Հաշվետու ժամանակահատվածում շարունակվել են խիտոզանի (Cs) նոր և ջրալույծ ածանցյալների սինթեզն ու բնութագրական որոշ տվյալների ստացումը: Սինթեզված

նմուշների բնութագրման և նմուշների քիմիական կառուցվածքի հաստատման նպատակով օգտագործվել են հետևյալ՝

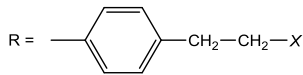
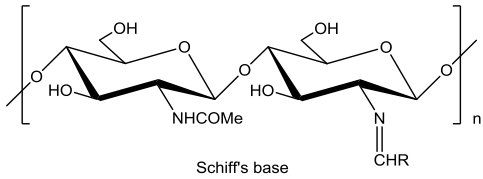
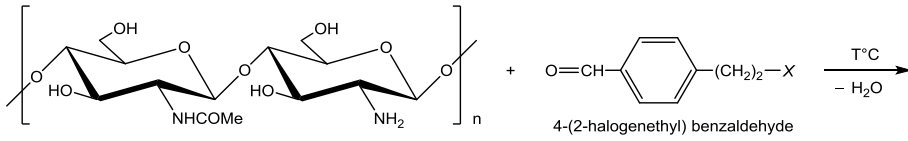
1. Պրոտոնի Միջուկի մագնիսական ռեզոնանսի ( $^1\text{H}$  NMR), (Երևան – Մոլեկուլի Կառույցի Ուսումնասիրման Կենտրոն - ՄԿՈԻԿ),
2. Ներքին լրիվ անդրադարձման Ֆուրյե ձևափոխմամբ ինֆրակարմիր սպեկտրների (FTIR ATR) (Երևան - ՄԿՈԻԿ),
3. Գել-թափանցող քրոմատոգրաֆիայի (Ռուսաստանի Ֆեդերացիայի Գիտությունների Ակադեմիայի Ա. Ն. Նեամեյանովի անվան Էլեմենտորգանական միացությունների ինստիտուտի առաջատար գիտաշխատող Inesa Blagodatskikh) միջոցով Cs-ի միջին մոլեկուլյար կշռի,
4. Կալորիմետրի (DSC) օգնությամբ (Khachatur Manukyan, Ph.D. Research Assistant Professor, Department of Physics, University of Notre Dame USA) մի քանի նմուշի թերմիկ հատկությունների ուսումնասիրությունների արդյունքներն ու մեթոդները:

Իտալիայի Ֆերրարայի համալսարանի միկրոկենսաբանների [Prof. Caputo Antonella and Prof. Peggy Marconi, UNIVERSITY OF FERRARA (<http://www.unife.it>), Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences (DipSCF)], կողմից ուսումնասիրվել է մեր կողմից սինթեզված նմուշների մի մասի, թվով 8 (ութ), ջրում լուծելիության աստիճանը: Համաձայն այդ ուսումնասիրությունների, ջրում ելային Cs-ի լուծելիությունը կազմում է 60-70%, Br և Cl պարունակող ալդեհիդների հիման վրա 20°C-ի պայմաններում սինթեզված Cs-ային Շիֆֆի հիմքերի լուծելիությունը՝ 98% է, իսկ մնացած թվով 5 (հինգ), բոլորովին նոր սինթեզված և առայժմ գրականության մեջ չնկարագրված օքսիկարբոքսիմեթիլացված Cs-ային նմուշներն ամբողջովին՝ 100% ջրալուծ են: Ստացված արդյունքները հուսադրող են և հեռանկարային նմուշների հակամիկրոբային և հակաբակտերիալ հատկությունների ուսումնասիրությունների առումներով:

Ընթացքի մեջ են հետագա ուսումնասիրությունների համար նմուշների անհրաժեշտ քանակների սինթեզի և ստացված փորձարարական տվյալների համադրման, վերլուծության և ամփոփման աշխատանքները: Սինթեզներն իրականացվել և շարունակվում են իրականացվել համաձայն ուրվագծորեն ստորև բերված ռեակցիաների.

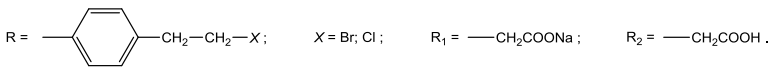
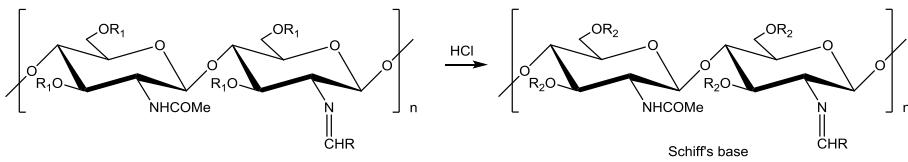
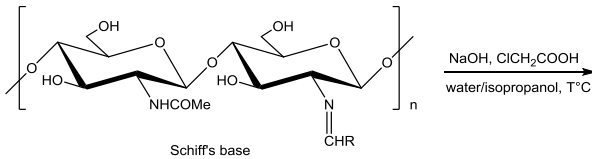


**Reaction 1.**



X = Br; Cl.

**Reaction 2.**



**Հաղորդների կառուցվածքի, առաջացման և բարձր էներգիայի էլեկտրոնների և ֆոտոնների հետ էլեկտրամագնիսական փոխազդեցությունների հատկությունների ուսումնասիրությունը**

Ղեկավար՝ ֆիզ. մաթ. գիտ. թեկնածու Նատալիա Դաշյան

Թեման կատարվում է Ջեֆերսոնի անվան լաբորատորիայի հետ ԱԱԳԼ-ի համագործակցության սահմաններում, Ջեֆերսոնի լաբորատորիայի չորս փորձարարական սրահներում (A, B, C, D):

## Hall-A (փորձարարական սրահ)

2020 թ. ԵրՖԻ-Պlab կոլաբորացիայի փորձարարական A դահլիճի աշխատանքները կատարելու համար Ա. Շահինյանը 6 ամսով գործուղվել է Ջեֆֆերսոնի անվան Լաբորատորիա և մասնակցել է SBS-ի (Super BigBite-Spectrometer) կառուցման աշխատանքներին ինչպես նաև խումբը մասնակցել է հեռակառավարման միջոցով քննարկումներին Երևանից:

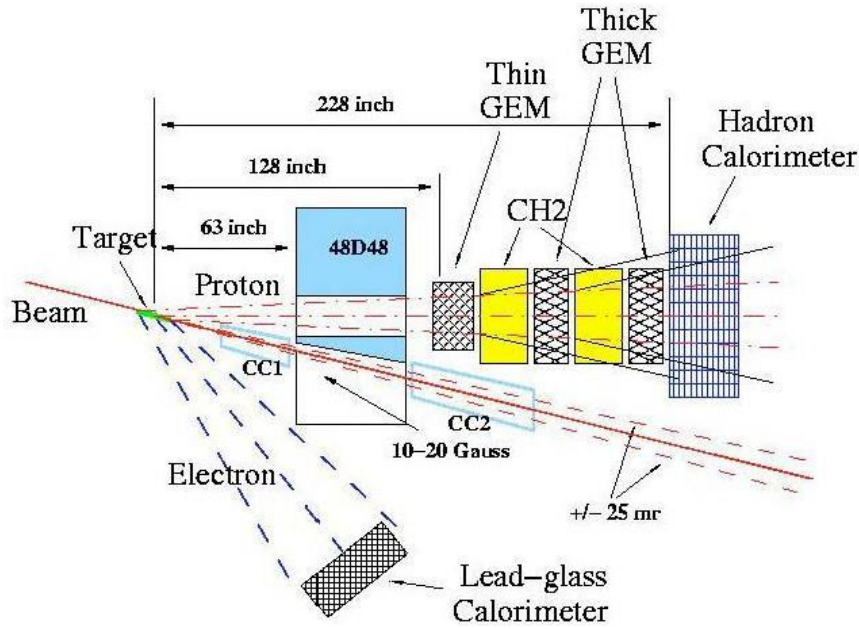
1. 2020 թ.-ին տաքացվող բազմականալային էլեկտրոնագնիսական կալորիմետրի՝ ECAL1700-ի կառուցման աշխատանքներին մասնակցել ենք Պlab-ում եղած ժամանակ, որը SBS-ի (Super BigBite-Spectrometer) հիմնական դետեկտորներից է և օգտագործվելու է GEP5 - “Large Acceptance Proton Form Factor Ratio Measurements at 13 and 15 (GeV/c)<sup>2</sup> using Recoil Polarization Method” գիտափորձի ժամանակ):
2. Պlab-ում ECAL1700-ի համար վառարանում սունձվել է 500 հատ կապարային ապակի և լուսատար: Հավաքվել է 25 մոդուլ (3x3) և ներկա դրությամբ ունենք 135 մոդուլ պատրաստ է անհրաժեշտ 191-ից:
3. 2020 թ.-ին Պlab-ում նաև մասնակցել ենք BigBite սպեկտրոմետրի (որը հանդիսանում է SBS-ի էլեկտրոնային թևը) արդիականացման (upgrade) աշխատանքներին: Այդ թվում՝ ժամանակային Հոդոսկոպի (Timing Hodoscope), Նախահեղեղային և հեղեղային (Pre-Shower Shower): Տվյալների գրանցման համար նախատեսված էլեկտրոնիկայի նախագծման և ստեղծման աշխատանքներին:
4. Հեռատեսակառավարման միջոցով Երևանից մասնակցում ենք SBS նախագծի բոլոր քննարկումներին և անում ենք մեր առաջարկները:
5. Մասնակցել ենք ԱԱԳԼ-ի նախագծվող և կառուցվող օգոնատորի աշխատանքներին:

Նկ. 1-ում պատկերված է SBS-ի սխեմատիկ տեսքը և դետեկտորների տեղաբաշխումը, իսկ Նկ. 2-ում բերված է SBS-ի պարամետրերը:

Նկ.3-ում բերված է GEP5 է գիտափորձի սխեմատիկ տեսքը որտեղ օգտագործվելու է ECAL1700 էլեկտրոնագնիսական կալորիմետրը:

Նկ. 4-ում և 5-ում պատկերված է արդիականացված BigBite սպեկտրոմետրի սխեմատիկ տեսք և 3 D պատկերը:

## SBS Layout and Parameters



Նկ. 1

## Parameters of SBS

	$\theta_{central}$ , degree	$\Omega$ , msr	D, meter	Hor. range, degree	Vert. range, degree
Solid angle	3.5	5	9.5	$\pm 1.3$	$\pm 3.3$
	5.0	12	5.8	$\pm 1.9$	$\pm 4.9$
	7.5	30	3.2	$\pm 3$	$\pm 8$
	15	72	1.6	$\pm 4.8$	$\pm 12.2$
	30	76	1.5	$\pm 4.9$	$\pm 12.5$

Resolution:

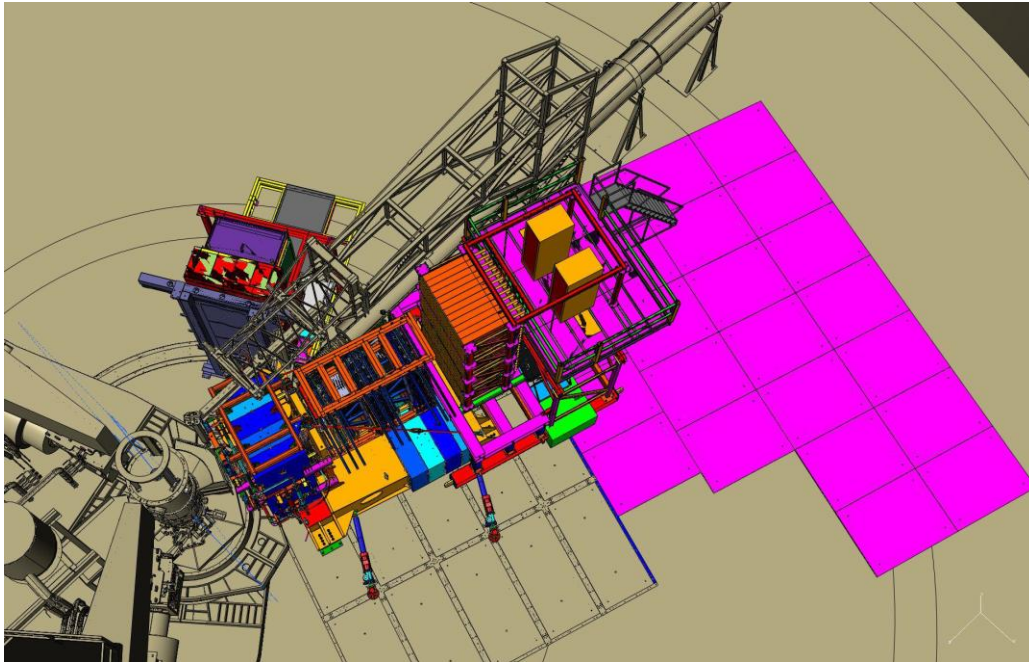
Momentum  $\Rightarrow \frac{\sigma_p}{P} = 0.0029 + 0.0003 \times p[\text{GeV}]$

Angular  $\Rightarrow \sigma_\theta = 0.14 + 1.3/p [\text{GeV}], \text{ mrad}$

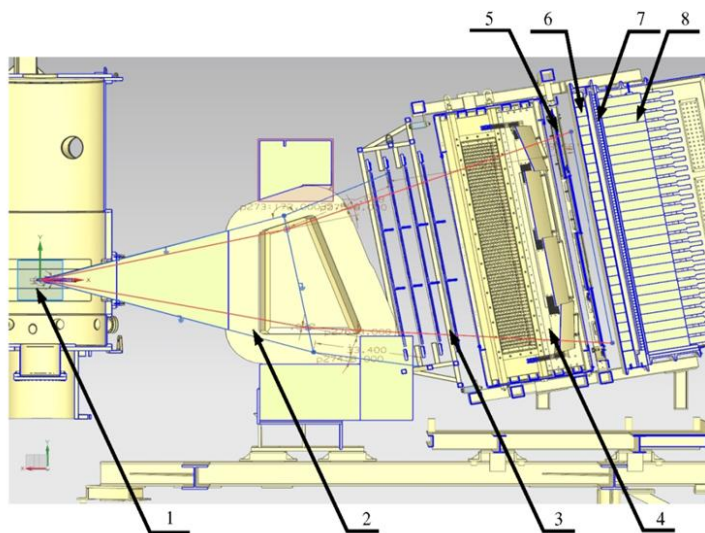
Momentum acceptance  $\Rightarrow P$  range from 2 – 10 , GeV/c

Նկ. 2

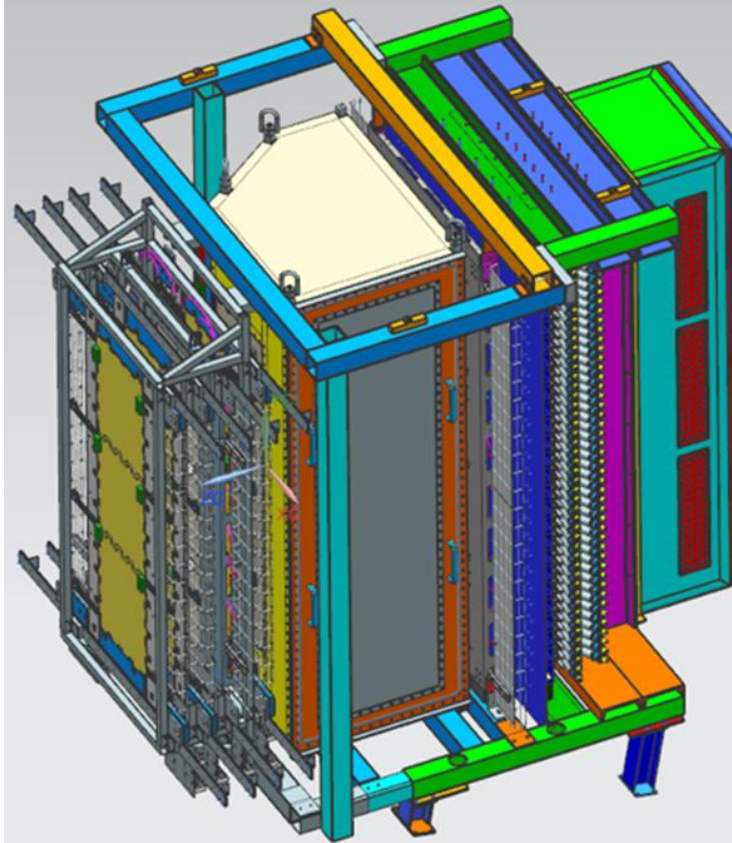
GEP5 Layout -Large Acceptance Proton Form Factor Ratio Measurements  
at 13 and 15 (GeV/c)<sup>2</sup> using Recoil Polarization Method



Նկ. 3



Նկ. 4 : 1. Target, 2. BigBite Magnet, 3. GEM position, 4. Grinch, 5. GEM position, 6. Preshower, 7. Timing Hodoscope, 8. Shower



Նկ. 5

**Hall-B (փորձարարական սրահ)**

**Ֆիզիկական ծրագիր.**

**1. CLAS12 դետեկտորի վրա  $J/\psi$ -meson- ի մոտ-շեմային ֆոտոծնման ուսումնասիրումը**

Ժամանակակից միջուկային ֆիզիկայի գլխավոր թեմաներից մեկը հանդիսանում է նուկլոնի կառուցվածքի բացատրությունը քվարկ-գլյուոնային ազատության աստիճանների մեթոդով: Այս դեպքում կարևոր դեր է խաղում ծանր քվարկոնի փոխազդեցությունը հադրոնային նյութի հետ: Ծանր քվարկոնի ստացումը ուսումնասիրում է միջուկի լոկալ գունային (գլյուոնային) դաշտերը և կարող է բացահայտել այնպիսի հատկություններ, ինչպիսիք են նրանց փոխանցման իմպուլսի նկատմամբ ռեակցիան, տարածական բաշխումը և նրանց կորելացիան վալենտական քվարկների հետ: Այն դինամիկան, որը միջուկում ստեղծում է համապատասխան

գլյունային դաշտերը, զգալիորեն փոխվում է բարձր էներգիայի և շեմի մոտ շրջանների միջև: Բարձր էներգիաների ժամանակ ( $W > 10$  ԳէՎ)  $J/\psi$ -ի ֆոտոծնման տվյալների քանակը մեծ է և լավ համաձայնեցվում է երկգլյուտոն մեխանիզմի հետ:

ԱՍԳԼ-Մlab համագործակցության խումբը կատարում է E12-12-001 (RGA) և E12-011-103B (RGB) փորձարարական տվյալների մշակում դեյտրոնային և պրոտոնային թիրախների վրա  $J/\psi$ -մեզոնի շեմին մոտ էքսկլուզիվ ֆոտոծնման ուսումնասիրությունը:

**ա)** Ընթացիկ տարում աշխատանքները հիմնականում կատարվել են E12-12-001 փորձարարական տվյալների հիման վրա, որի համար առկա է բավարար վիճակագրություն: Մշակումների նպատակը՝  $J/\psi$ -մեզոնի շեմին մոտ էքսկլուզիվ ֆոտոծնման ուսումնասիրության միջոցով պրոտոնի գլյուոնային ֆորմ ֆակտորի արտածումը, չափելով լայնական կտրվածքի կախվածությունը փոխանցված քառաչափ իմպուլսից, և շեմին մոտ ( $E_{\gamma, 2\text{եմ}} = 8.2$  ԳէՎ) լրիվ լայնական կտրվածքի վարքագծից (ծնման եղանակի պարզաբանման նպատակով): Հետազոտության առարկա՝ չնշված քվազի-ռեալ ֆոտոծնում,  $\gamma p \rightarrow p J/\psi (1^+ 1^-)$ , որտեղ  $1^+ 1^-$  լեպտոնային զույգը  $J/\psi$  տրոհման արդյունքն է:

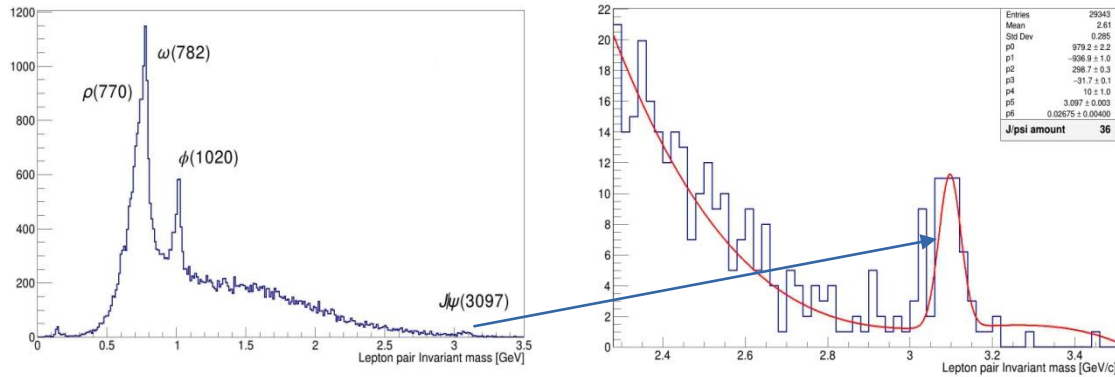
Կատարվել է մանրամասն (քայլ-առ-քայլ) ուսումնասիրություն մշակումների տվյալների անհրաժեշտ գտում, որի ընթացքում փորձակվել է CLAS համագործակցության կողմից կազմած փորձարարական տվյալներից քվազի-առանձգական ֆոտոծնման էներգետիկ տիրույթի որոշումը, որը համապատասխանում է շեմին մոտ  $J/\psi$  մեզոնի առաջացմանը:

Դիտարկվել է  $J/\psi$  մեզոնի ֆոտոծնման էներգետիկ տիրույթից՝ 8,2 ԳէՎ-, մինչև առավելագույն՝ 11 ԳէՎ տիրույթը: Դիտարկվել են միայն էքսկլուզիվ ֆոտոծնման ռեակցիաները՝

$$ep \rightarrow e^+ e^- p' (e') \quad (1)$$

որտեղ  $e'$ -ն հանդիսանում է չգրանցված ցրված էլեկտրոն, որի կինեմատիկան վերականգնվում է փոխանցված իմպուլսի հաշվարկներից: Մնացած մասնիկները՝ հետ ցրման պրոտոնը՝  $p'$  և լեպտոնային զույգը՝  $e^+e^-$  գրանցվում են CLAS12 դետեկտորի ճակատային հատվածում: Նկարագրված մեթոդի հիմքում ընկած է էլեկտրոնային զույգի ընտրությունը վերջնական վիճակի ռեակցիայում, որի պահանջներից է՝ բացակայող իմպուլսի ուղղության համընկնումը փնջի ուղղության հետ  $\theta_x = 0^\circ$ , իսկ բացակայող զանգվածը՝  $m_x \approx 0$  ԳէՎ/ $c^2$ , որը հնարավորություն է տալիս ընտրել քվազի-իրական  $Q^2 \sim 0$  (ԳէՎ/ $c$ )<sup>2</sup> ֆոտոծնման լեպտոնային զույգերի դեպքերը, դրանց ինվարիանտ զանգվածի հետագա կառուցմամբ՝ ստուգելու սպասվող ռեզոնանսային մասնիկների առկայությունը (Նկ. 1):

Մեթոդական հոդվածում ներկայացված արդյունքները գտնվում է հրապարակման փուլում:



Նկ. 1. Էլեկտրոնային զույգի ինվարիանտ զանգվածի բաշխվածությունը

**բ) RGB, E12-011-103B,**

Սկսվել է դեյտրոնային թիրախի հիման վրա տվյալների մշակումը: Ծրագրի նպատակն է չափել (a) ոչ կոհերենտ , (b) կոհերենտ J / ψ-մեզոնի առաջացումը դեյտրոնի վրա, և (c) J/ψ-ի լայնական կտրվածքի չափումը նեյտրոնի վրա: Աշխատանքը թիրախավորված է ուսումնասիրել որոշակի հետաքրքիր ֆիզիկական J/ψ-մեզոնի առաջացման հանգամանքների վրա, որոնք հնարավոր չի չափել պրոտոնային թիրախի օգտագործմամբ: RGB փորձը տրամադրում է դեյտրոնի վրա էքսկլուզիվ J/ψ-ի ֆոտոծնումը շեմային էներգիայից մինչև 11ԳԷՎ և  $Q^2 = 0 - 0.02$  (ԳԷՎ/c)<sup>2</sup>: Ունենալով անմիջական մուտք վերջնական վիճակում փոխազդեցության J/ψN-ի առանձգական ցրմանը, կա հնարավորություն գնահատել որոշակի աստիճանի անհայտ J/ψN-ի լրիվ ցածր-էներգետիկ կտրվածքը՝ չափելով չուսումնասիրված քվադր-ազատ J/ψ մեզոնի ֆոտոծնումը դեյտրոնի վրա, ինչը հնարավորություն կտա ներկայացնել ապացույցներ, որոնք կհաստատեն կամ կմերժեն պենտաքվարկի տրոհումը J/ψ-ի վրա: Այդպիսի մեծ փոխացնված իմպուլսով կոհերենտ պրոցեսի չափումը կտա միջուկային գլյունների բաշխման առաջնային պատկերացումը:

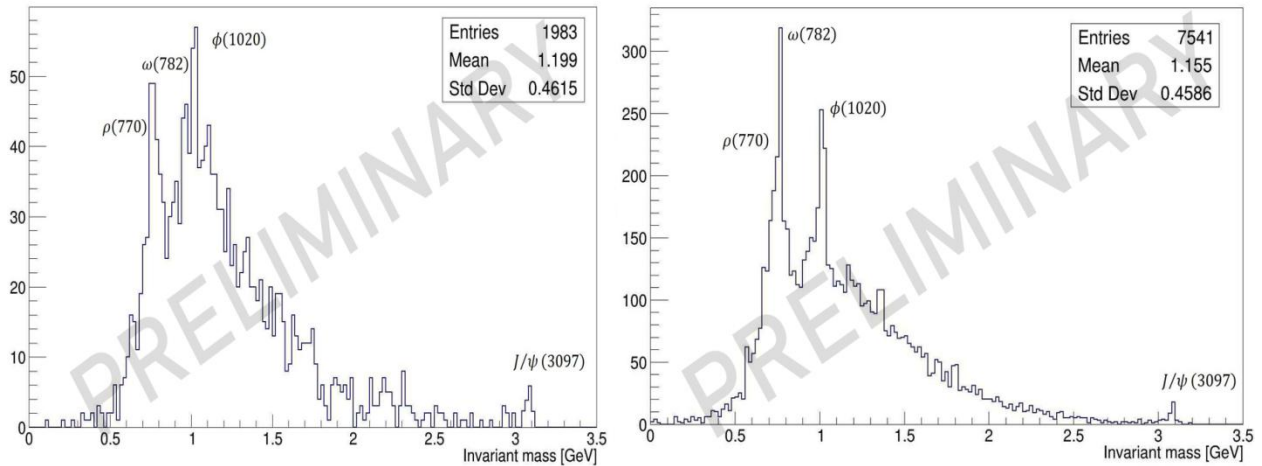
Ընթացիք տարում ԱԱԳԼ խումբը՝

➤ Մասնակցել է ավտոնոմ (offline) E12-011-103B փորձարարական տվյալների մշակմանը:

➤ Պատրաստել է անհատական ծրագրեր, մասնավորապես նախատեսված պրոտոնային թիրախով տվյալների մշակման համար, և վերակառուցված դեյտրոնային թիրախով տվյալների մշակման համար:

➤ Սկսել է տվյալների մշակումը, որի արդյունքում ուսումնասիրվել են ոչ կոհերենտ  $J/\psi$ -մեզոնի առաջացումը, որպես թիրախ դիտարկվել են պրոտոնն ու նեյտրոնը, կիրառելով միննույն էքսկլուզիվ սահմանափակումները:

Պատկերում ներկայացված է էլեկտրոնային գույգի ինվարիանտ զանգվածը, կառուցված պրոտոնային և նեյտրոնային թիրախով վերակառուցումների հիման վրա:



Նկ. 2. Էլեկտրոնային գույգի ինվարիանտ զանգվածի բաշխվածությունը նեյտրոնային և պրոտոնային թիրախներով համապատասխանաբար:

## 2. Դեյտրոն թիրախից վեկտոր մեզոնների կոհերենտ ծնում (RG-B)

Սկսվել է փորձի տվյալների նախնական վերլուծությունը, որը հիմնված է դեյտրոն թիրախից վեկտոր մեզոնների կոհերենտ ծնման կոշտ էքսկլուզիվ ռեակցիաների ուսումնասիրության վրա: Նպատակը գունային թափանցիկության (Color Transparency, CT) ուսումնասիրությունն է: Այս երևույթի ուսումնասիրությունը կարևոր է կոշտ ռեակցիաների դինամիկական հասկանալու համար: Գունային թափանցիկության ուսումնասիրման շատ փորձերում հիմնական ուշադրության արժանացել է նուկլոնների էլեկտրաձեռնումը (էլեկտրոնների կողմից նուկլոնների դուրսմղումը), չնայած որ, մեզոնների էլեկտրաձեռնման դեպքում գունային կոհերենտությունն առավել վաղ է ի հայտ գալիս, քան նուկլոնների դուրսմղման դեպքում: Հիմնական գաղափարն այն է, որ մեզոնի  $q\bar{q}$  քվարկներն իրար մոտեցնելը և կետանման դասավորություն ստանալը (PLC) ավելի հեշտ է, քան բարիոնի  $qqq$  քվարկները:



Էլեկտրոնային փնջերի բարձր էներգիաների և մեծ ուժգնությունների շնորհիվ, ստեղծվել է գունային թափանցիկության փորձարարական ուսումնասիրության նոր հնարավորություն՝ էքսկյուզիվ ռեակցիաները: Այդպիսի ռեակցիաներից մեկը դեյտրոնից վեկտոր մեզոնների էլեկտրաձևման լրիվ էքսկյուզիվ ռեակցիան է՝

$$e + d \rightarrow e' + V + d',$$

որտեղ,  $V$ -ն  $\rho$ ,  $\omega$  և  $\varphi$  վեկտոր մեզոններն են:

CLAS12 դետեկտորի մեծ ընկալունակությունը և բազմամասնիկ էլքային կանալների գրանցման հնարավորությունը թույլ են տալիս  $\rho$ ,  $\omega$  և  $\varphi$  մեզոնների էլեկտրաձևման միաժամանակյա չափում լայն կինեմատիկ տիրույթում.  $1 < Q^2 < 4.5$  (ԳէՎ/c)<sup>2</sup>,  $0.1 < x < 0.5$  և  $0.1 < -t < 1$  (ԳէՎ/c)<sup>2</sup>:

Մեծ էներգիաների դեպքում վեկտոր մեզոնների ծնումն ունի մեծ կտրվածք, իսկ դեյտրոնն ամենապարզ և ամենաշատ ուսումնասիրված միջուկն է: Միջուկային ռեակցիաների հայտնաբերումը, որտեղ վերջնական վիճակում կան հադրոններ, կօգտագործվի որպես բարձր էներգիայով երկմասնիկային ռեակցիայի տարածաժամանակային պատկերի ուսումնասիրման մեթոդ և կտա կարևոր տեղեկություն փափուկ էքսկյուզիվ ռեակցիաներում քվարկների և գլյուոնների ոչ մեծ փոխդասավորությունների ձևավորման և միջուկային նյութի հետ փոխազդեցության մասին: Էքսկյուզիվությունը թույլ է տալիս առանձնաբար կառավարել սկզբնական և վերջնական վիճակների կինեմատիկան:

Այս թեմայի ուսումնասիրությունը նախատեսված է որպես դիպլոմային աշխատանք ԵՊՀ ուսանողի համար, այն նախնական փուլում է.

- նախնական վերամշակման փուլը անցած փորձարարական տվյալների վերլուծության պատրաստություն,
- skim ընթացակարգի շնորհիվ տվյալ վերլուծությանը համապատասխան կինեմատիկ տիրույթում դեպքերի ընտրություն,
- ծանոթացում CLAS12 սարքավորման ծրագրային ապահովման հետ (աշխատանքն իրականացվում է ոչ առցանց եղանակով, Ջեֆֆերսոն լաբորատորիայի սերվերներով),
- դրված խնդրի համար գրվում և աշխատացվում է սեփական ծրագրային կոդը:

## Սպասարկման աշխատանքներ

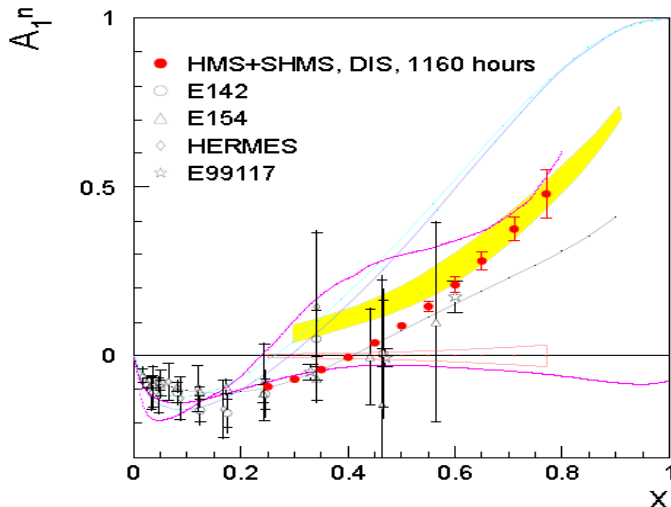
CLAS12 սարքավորման CND (Central Neutron Detector) դետեկտորի ժամանակային և էներգետիկ տրամաչափում (off-line calibration).

## Hall-C (փորձարարական սրահ)

### 1. Մասնակցություն C փորձարարական սրահում կատարվող գիտափորձերին

2020 թվականին Ջեֆերսոնի Լաբորատորիայում շարունակվել է 12 ԳԷՎ էներգիայի բևեռացված էլեկտրոնային փնջով ֆիզիկական գիտափորձերի ծրագիրը: C փորձարարական սրահում կատարվել է 2 գիտափորձ: ԱՄԳԼ-ի խմբի անդամները մասնակցել են E12-06-110 [1], կամ այսպես կոչված  $A_1^n$ , և E12-06-121 [2] կամ  $d_2n$ , գիտափորձերին որոնք սկսվել էին դեռևս 2019 թ. դեկտեմբերին:

Նուկլոնի սպինի կառուցվածքի նկատմամբ հետաքրքրությունն ակնհայտորեն մեծացավ 1980-ականներին, երբ CERN-ում և SLAC-ում փորձերը ցույց տվեցին, որ քվարկների կողմից ընդհանուր ներդրումը կազմում է նուկլոնի սպինի միայն 30%-ը: E11-06-121 գիտափորձի նպատակներն են. վալենտային քվարկների տիրույթում  $0.61 < x < 0.77$  և փոխանցված քառաչափ իմպուլսի  $3 < Q^2 < 10 \text{ GeV}^2$  տիրույթում խորը ոչ առաձգական ցրման միջոցով կատարել նեյտրոնի սպինային կարուցվածքային ֆունկցիաների ճշգրիտ չափումներ, օգտագործելով բևեռացված  $^3\text{He}$  թիրախը և SHMS & HMS մագնիսական սպեկտրոմետրները, համեմատել նրանց  $Q^2$  կախվածությունը տեսական մոդելների կանխատեսումների հետ: Նշենք, որ սպինային  $A_1$  և  $A_2$  ասիմետրիաները կապված են  $+1$ ,  $-1$  և  $0$  բևեռացված վիրտուալ ֆոտոնի կլանման կտրվածքների հետ, որոնց չափումներով կարելի է տարանջատել  $g_1$  և  $g_2$  սպինային կառուցվածքային ֆունկցիաները:



$$A_1 = \frac{\sigma_{1/2}^T - \sigma_{3/2}^T}{\sigma_{1/2}^T + \sigma_{3/2}^T} = \frac{1}{F_1} (g_1 - \gamma^2 g_2)$$

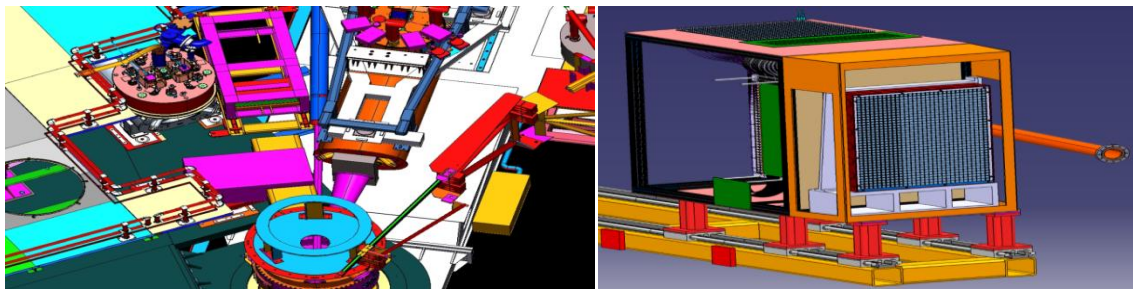
$$A_2 = \frac{2\sigma_{LT}}{\sigma_{1/2}^T + \sigma_{3/2}^T} = \frac{\gamma}{F_1} (g_1 + g_2)$$

Նկ. 1.1  $x$ -երի բարձր արժեքների տիրույթում E11-06-121 գիտափորձից սպասվելիք արդյունքները (կարմիր հոծ շրջանակներ), գոյություն ունեցող այլ տվյալների համեմատ:

Հերթափոխներին մասնակցելիս, մեր խմբի անդամները պատասխանատու էին բնեռացված  $^3\text{He}$  թիրախի, ինչպես նաև HMS եւ SHMS բոլոր հանգույցների, հատկապես կալորիմետրների, աշխատունակության համար: Ցավոք, Մարտ ամսվա վերջին բոլոր գիտափորձերը CORVID-19 համավարակի պատճառով ընդհատվեցին, Jlab-ը փակվեց և անցավ հեռակա աշխատակարգի: Հետագայում որոշվեց չափումները շարունակել և հասցնել գոնե ֆիզիկական արդյունքներ ստանալու մինիմալ անհրաժեշտ մակարդակի: Դա տեղի ունեցավ հուլիս - օգոստոս ամիսներին և խիստ սահմանափակ կազմով, որում ԱԱԳԼ-ի խումբը չմասնակցեց:

## 2. Չեզոք մասնիկների սպեկտրոմետրի նախագծի հետ կապված աշխատանքներ

C սրահի 12 ԳեՎ ծրագրով նախատեսված չեզոք մասնիկների էլեկտրաճնման կտրվածքների ճշգրիտ չափումների և նրանց L/T բաղադրիչների տարանջատման իրականացման համար պահանջվող չեզոք մասնիկների սպեկտրոմետրը (Neutral Particle Spectrometer, կամ NPS) ներկայումս գտնվում է կառուցման ընթացքում: Այն նոր հնարավորություններ կբացի C սրահում կատարվող գիտափորձերի համար՝ օգտագործելով լավ հասկացված HMS և SHMS մագնիսական սպեկտրոմետրների հետ համատեղ: 2020 թվականին շարունակվել են համակարգչային մոդելավորմամբ NPS սպեկտրամետրի “մաքրող մագնիսի” միջոցով ֆիզիկական ֆոնի չեզոքացման էֆեկտիվության ուսումնասիրումը: Շարունակվել է կապարի վոլֆրամատի բյուրեղների ( $\text{PbWO}_4$ ) ձեռք բերումը SICCAS (Չինաստան) և CRYTUR (Չեխիա) ընկերություններից, նրանց չափագրումը և օպտիկական բնութագրերի ստուգումը (տես հղում [3]): Մոտ են ավարտին կալորիմետրի ջերմամեկուսիչ խցիկի եւ ՖԷԲ-ների բարձր լարման մալուխավորման աշխատանքները: Նախատեսվում է, որ մինչ տարեվերջ, կամ 2021 սկզբներին կալորիմետրի բոլոր բաղկացուցիչ մասերը կլինեն JLab-ում: Հավաքման աշխատանքները նախատեսվում է սկսել 2021 զարնանը կամ ամռան սկզբներին:

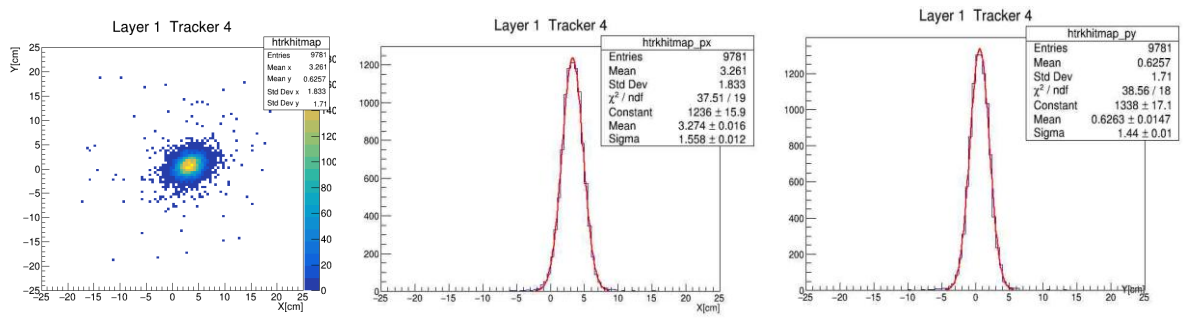


Նկ. 2.1 NPS սպեկտրոմետրի տեղակայումը Hall C սրահում (ձախից), և  $\text{PbWO}_4$  բազմաբջիջ (1200) կալորիմետրի մեխանիկական կմախկի սխեմատիկ տեսքը (աջից):

Ինչպես նախկինում, ԱՍԳԼ-ի մեր խումբը ներգրավված է եղել բյուրեղների ձեռք բերման, չափագրման և ջոկման աշխատանքներում: Մենք 2021 թ.-ին պլանավորում ենք մասնակցել NPS կալորիմետրի հավաքման և նախնական ստուգման աշխատանքներին: Խումբը մասնակցել է առ ցանց ժողովներում ընթացիկ քննարկումներին, առաջացած խնդիրների լուծման ուղիների որոնմանը:

### 3. Ժամանականման Կոմպտոնյան ցրման (TCS) նախագծի հետ կապված աշխատանքներ

2020 թվականին շարունակվել է TCS պրոցեսի և սարքավորման մոդելային հաշվարկները: Ցույց է տրվել ցածր էներգետիկ (400 ԳէՎ/c և ավելի ցածր իմպուլսի) ետհարված պրոտոնի գրանցման հնարավորությունը GEM կոորդինատային դետեկտորներում, գնահատվել է գրանցման ճշտությունը (Նկար 3.1): Գնահատվել է ֆոտոնային փնջի թիրախի հետ փոխազդումից առաջացած ֆոնային մասնիկների հոսքը, և դրանով պայմանավորված ֆոնային ազդանշանի հաճախականությունը դետեկտորներում: Նաև, գնահատվել է պիոնային ֆիզիկական ֆոնը: Լրամշակվել և PAC48-ին է ներկայացվել TCS գիտափորձի վերանայված առաջարկը (տես հղում [4]-ը), որը պայմանականորեն ընդունվել է: Այնուհետև շարունակվել են մոդելային հաշվարկները՝ հիմանականում միտված էլկտրոնային տրիգերի մշակմանը:



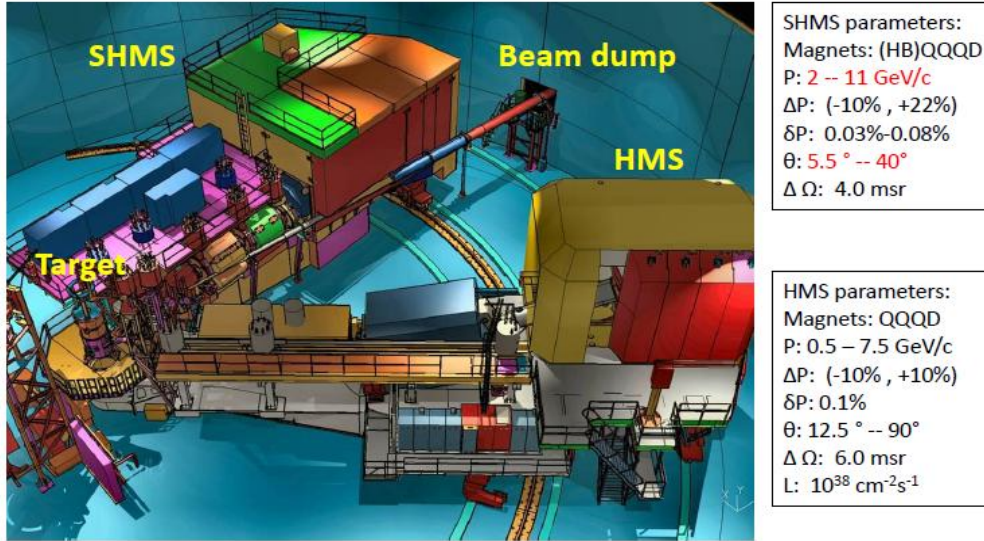
Նկ. 3.1 Թիրախում առաջացած, մագնիսական դաշտում թեքված և GEM դետեկտորում գրանցված 400 ԳէՎ/c իմպուլսով պրոտոնների կոորդինատային բաշխումը GEM-ում (ձախից), և X և Y կոորդինատների բաշխումները: Տվյալները ստացված են Մոնտե-Կարլո խաղարկումից:

### 4. Hall C-ի գիտափորձերում 2020 -ին օգտագործած գրանցիչ սարքերի սանդղավորում

Խումբը օժանդակում է C սրահում 12 ԳԷՎ փնջով կատարված գիտափորձերից ստացված տվյալների մշակմանը, օգնելով մշակման ընթացքում գրանցիչ սարքերի էֆեկտիվության և սանդղավորման հետ կապված խնդիրների լուծմանը, հատկապես HMS և SHMS սպեկտրամետրների գրանցող սարքերի մասով:

## 12 GeV Hall C base equipment

HMS (old) and SHMS (new) magnetic spectrometers are well suited for (e,e') coincident measurements.



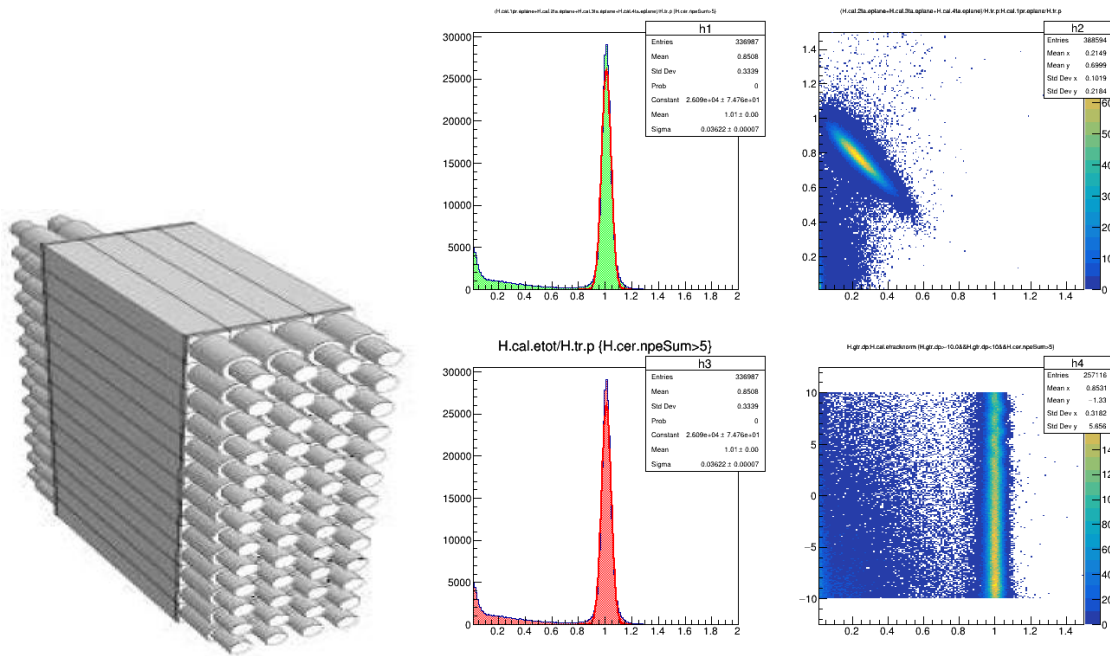
SHMS to be commissioned in 2016! 3

Նկ. 4.1 C սրահի HMS և SHMS մագնիսական սպեկտրոմետրների սխեմատիկ տեսքը:

Մեր օժանդակությամբ 2020 տվյալները մշակող գիտափորձերից են. E12-09-011 (հայտնի է որպես “kaon-LT” [5]), E12-10-002 (կամ “F2” [6]), E12-09-002 (կամ “csv-SIDIS” [7]) և E12-09-017 (կամ “pt-SIDIS” [8]):

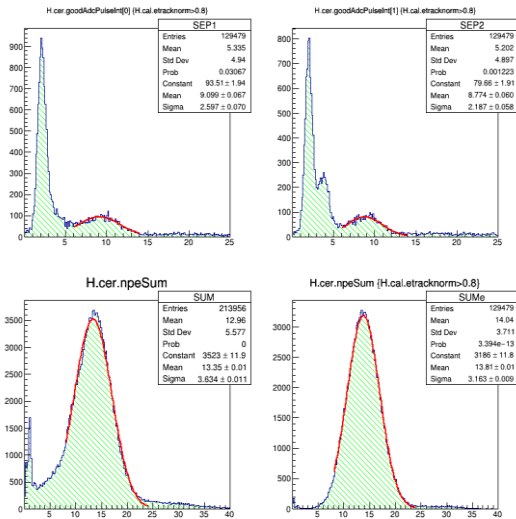
2018-2020 թ.թ. բոլոր գիտափորձերում օգտագործվել են C սրահի հիմնական մաս կազմող HMS և SHMS մագնիսական սպեկտրոմետրները, որոնցում մասնիկների գրանցման և տարանջատման համակարգը բաղկացած է HMS-ի և SHMS-ի էլեկտրամագնիսական կալորիմետրներից [9] (ամբողջությամբ նախագծված և կառուցված ԵրՖԻ-ի խմբի կողմից), n=1.011, 1.015, 1.020, 1.030 բեկման ցուցիչներով SHMS-ի շեմային աերոգել չերենկոլյան հաշվիչից [10] (նախագծված և կառուցված ԱՍԳԼ և CUA խմբերի կողմից համատեղ), HMS-ի գազային չերենկոլյան HCER, SHMS-ի ծանր գազային HG\_CER [11] և ազնիվ գազային NG\_CER [12] չերենկոլյան գրանցիչներից:

HMS կալորիմետրը կազմված է 4 միմյանց հաջորդող շերտերից, որոնք բաղկացած են 13 օպտիկապես մեկուսացված TF-1 տեսակի PbO ծանր ապակյա բյուրեղներից, յուրաքանչյուրը  $10 \times 10 \times 70$  սմ<sup>2</sup> չափերի: Կալորիմետրի ընդհանուր հաստությունը գրանցվող մասնիկի ուղղությամբ կազմում է 14.6 ռադիացիոն երկարություն: Բյուրեղում առաքված լույսը գրանցվում է Philips XP3462B տեսակի ֆոտո-էլեկտրոնային բազմապատկիչներով (ՖԷԲ)՝ երկուական առաջին երկու (1-2) շերտերում, և մեկական 3-4 շերտերում, կազմելով ընդհանուր առմամբ 78 ազդանշան (տես հղում [9]) : Էլեկտրոն-պիոն տարանջատման սկզբունքը կալորիմետրում հիմնված է միջավայրի հետ այդ մասնիկների տարբեր բնույթի փոխազդեցության և նրանց էներգետիկ կորուստների հետ: Էներգիայի չափման լավագույն ճշտություն և e-  $\pi$  տարանջատման օպտիմալ արժեք ստանալու համար կատարվում է կալորիմետրի սանդղավորում, որի համար ընտրվում են “մաքուր” էլեկտրոնային դեպքեր, և օգտագործվում է ԵրՖԻ-ի խմբում ստեղծված սանդղավորման ծրագիրը: Արդյունքում ծրագիրը տալիս է կալորիմետրի ՖԷԲ-երին համապատասխանող գործակիցներ, որոնք օգտագործվում են տվյալների մշակման մեջ: Սանդղավորումից հետո կալորիմետրին բնորոշող բաշխումները բերված են նկար 4.2-ում:



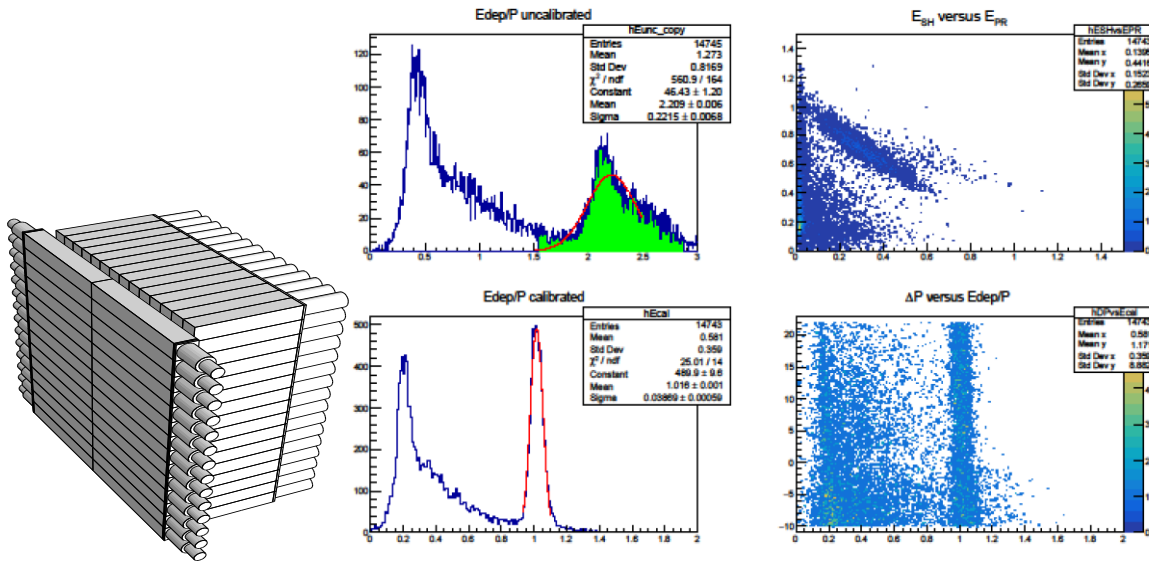
Նկ. 4.2 HMS կալորիմետրի սխեմատիկ կառուցվածքը (ձախից) և նրա բնութագրերը սանդղավորումից հետո (աջից):

HMS-ի գազային չերենկոպյան դետեկտորը կազմված է ծանր գազով ( $C_4F_8O$ ) լցված մոտ մեկ մետր երկարության գլանից, որում առաքված չերենկոպյան լույսը հաեղիների օգնությամբ ուղղվում է դեպի երկու Burle տեսակի ՖԷԲ-ների վրա: Քանզի HMS-ը գիտափորձերում օգտագործվել է միայն ցրված էլեկտրոնների գրանցման համար, գազի ճնշումն ընտրվում է այնպես, որ պիոնները մշտապես լինեն չերենկոպյան ճառագայթման շեմից ցածր: ՖԷԲ-ների սանդղավորումն կատարվում է ADC-ների ամպլիտուդային բաշխման սպեկտրում գտնելով մեկ ֆոտոէլեկտրոնին համապատասխանող ազդանշանի տեղը: Նորմավորման այս հաստատունները մտցվում են տվյալների մշակման հետ ծրագրի պարամետրներ պարունակող ֆայլի մեջ, և օգտագործվում գրանցված մասնիկի ֆոտոէլեկտրոնների միավորով ազդանշանի հաշվարկում:



Նկ. 4.3 (ձախից) HMS-ի գազային չերենկոպյան հաշվիչը: (աջից վեր) Երկու ՖԷԲ-ների մեկ ֆոտոէլեկտրոն ազդանշանի ամպլիտուդային բաշխումը: (աջից վար) Էլեկտրոններից և պիոններից ստացված ազդանշանի բաշխումը, և կալորիմետրում ջոկված էլեկտրոնների ազդանշանը ֆոտոէլեկտրոնների միավորով:

SHMS կալորիմետրը բաղկացած է նախահեղեղային (Preshower) և հեղեղային (Shower) մասերից (մանրամասությունները տես [9]): Նախահեղեղային մասը կառուցված է ճակատ-ճակատ միմյանց նայող երկու բյուրեղների իրար վրա շարած 14 զույգից:

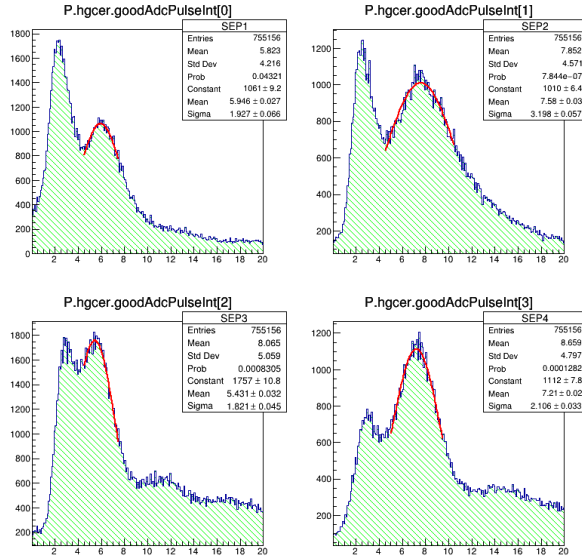
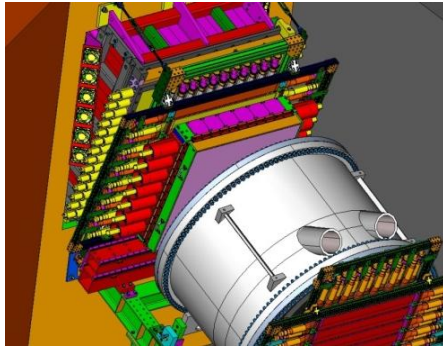


Նկ. 4.4 SHMS կալորիմետրի սխեմատիկ կառուցվածքը (ձախից) և սանդղավորման արդյունքից ստացված նրա բնութագրական բաշխումները (աջից):

Բյուրեղները նույն տեսակի և նույն չափերի են ինչ օգտագործվում են HMS կալորիմետրում, լույսը գրանցվում է նույն տեսակի ՖԷԲ-ներով (տես հղում [9]): Հեղեղային մասը կառուցված է F-101 տեսակի ռադիացիոն դիմացկուն 224 բյուրեղներից, յուրաքանչյուրը  $9 \times 9 \times 50$  սմ<sup>3</sup> չափսի: Ավելի մանրամասն տեղեկությունների համար կարելի է նաեւ հղում [9]: Չնայած HMS-ի կալորիմետրից իր կառուցվածքի էական տարբերության, նրանց սանդղավորման սկզբունքները միանման են, և համապատասխան ծրագրային փաթեթը նույնպես ստեղծվել է ԱՍԳԼ-ի խմբում:

SHMS –ի ծանր գազային չերենկոմյան հաշվիչը ծանր գազով ( $C_4F_8O$ ) լցված շեմային չերենկոմյան գրանցիչ է, որը հիմնականում օգտագործում է պիոն-պրոտոն տարանջատման համար: Նրանում գազի ճնշումը կարելի է փոփոխել լայն տիրույթում, ելնելով տվյալ կինեմատիկ պայմաններում մասնիկների տարանջատման համար անհրաժեշտ շեմային իմպուլսի արժեքից: Գրանցիչն իրենից ներկայացնում է մոտ 1.3 մ երկարության և 1.83 մ տրամագծով հերմետիկ գլան, որում առաքված չերենկոմյան ճառագայթման լույսը 4 հաեղիների օգնությամբ ուղղվում է դեպի Hamamatsu R1584 ՖԷԲ գրանցման համար (տես հղում [11]): Ինչպես HMS-ի գազային չերենկոմյան սարքի դեպքում, այստեղ էլ ՖԷԲ-ների սանդղավորումն արվում է որոշելով ADC ազդանշանի բաշխման մեջ նրանց մեկ ֆոտոէլեկտրոնային ազդանշանի գազաթի տեղը: Այսպես որոշված չորս սանդղավորման գործակիցները հետո ներմուծվում են մշակման ծրագրի պարամետրներ պարունակող ֆայլ, և օգտագործվում անցնող մասնիկներից առաջացած գումարային ազդանշանը ֆոտո-էլեկտրոնների միավորով:

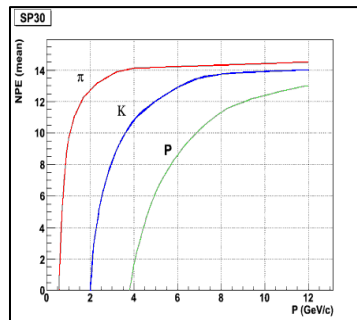


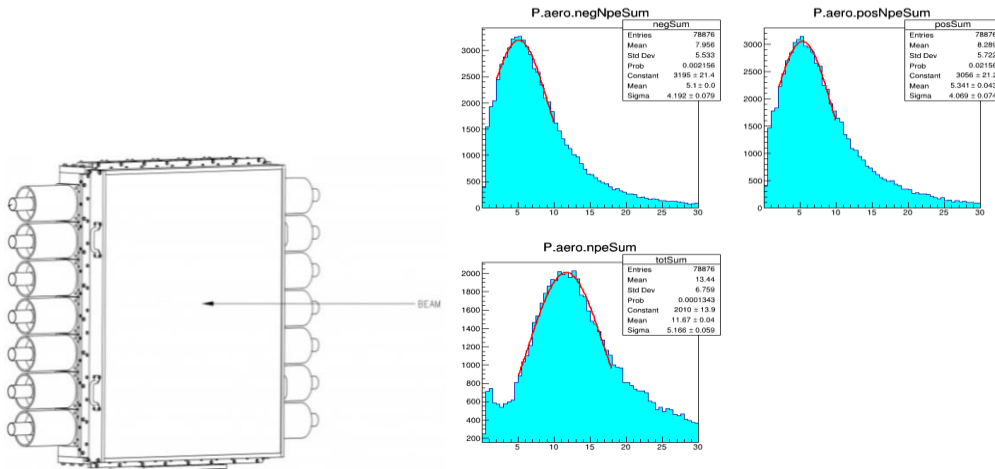


Նկ. 4.5 SHMS կալորիմետրի սխեմատիկ կառուցվածքը (ձախից) և նրա բնութագրերը սանդղավորումից հետո (աջից):

SHMS-ի աերոգել դետեկտորը բաղկացած է աերոգելը պարունակող խցիկից և դիֆուզիոն խցիկից: Չորս տարբեր բեկման ցուցչի աերոգել ( $n=1.030, 1.020, 1.015$  և  $1.011$ ) պարունակող խցիկների համապատասխան ընտրությունը հնարավորություն է ընձեռում տարանջատել պիոնը պրոտոնից կամ պիոնը կաոնից ինպուլսի  $1.0 - 7.2$  ԳէՎ/ժ տիրույթում: Աերոգելում առաքված չերենկոյան ճառագայթման լույսը գրանցվում է դիֆուզիոն խցի երկու կողմերին տեղակայված 7-ական XP4572 տեսակի ՖԷԲ-ներով (մանրամասն տեղեկության համար տես հղում [10]): Ինչպես վերը նշված գազային չերենկոյան հաշվիչների դեպքում, այստեղ էլ սանդղավորման համար օգտագործվում է մեկ ֆոտոէլեկտրոն ազդանշանի գազաթի որոշման մեթոդը:

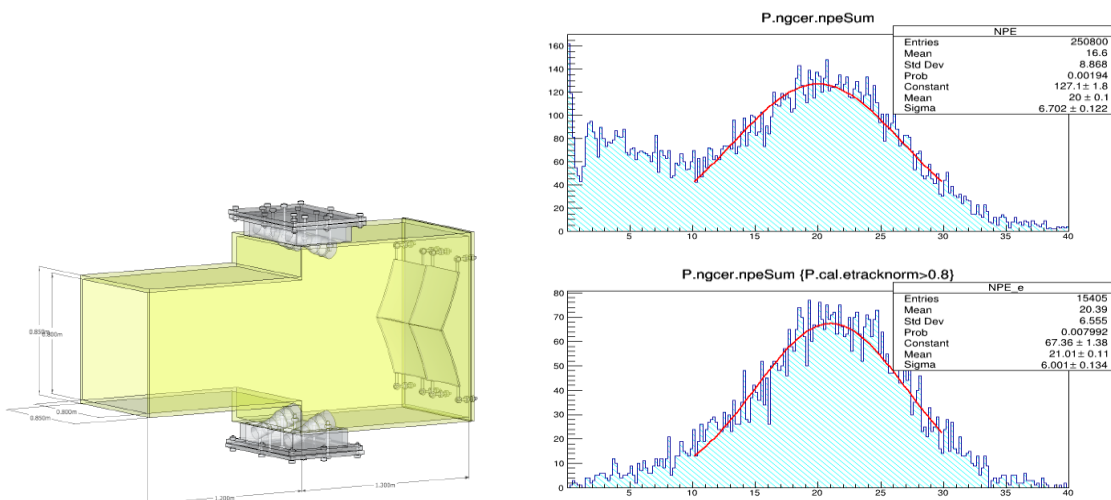
Particle	$P_{TK}$	$P_{TK}$	$P_{TK}$	$P_{TK}$
	$n=1.030$	$n=1.020$	$n=1.015$	$n=1.011$
$\mu$	0.428	0.526	0.608	0.711
$\pi$	0.565	0.692	0.803	0.935
$K$	2.000	2.453	2.840	3.315
$p$	3.802	4.667	5.379	6.307





Նկ. 4.6 SHMS-ի աերոդելային չերենկոլյան գրանցիչի պարամետրները (վերին շարք), նրա սխեմատիկ կառուցվածքը (ներքևում ձախից) և ազդանշանները ֆոտոէլեկտրոններով սանդղավորումից հետո (ներքևում աջից):

SHMS-ի ազնիվ գազով չերենկոլյան դետեկտորը մթնոլորտայինին մոտ ճնշման տակ ուղղանկյունաձև ծավալ է, որում առաքված չերենկոլյան ճառագայթման լույսը երկու հատիկների օգնությամբ ուղղվում է դեպի երկու Burle տեսակի ՖԷԲ (տես հղում [12]): Այն նախատեսված է ցածր էներգիաների էլեկտրամագնիսական ֆոներից ազատվելու համար, սակայն առաջացած լուրջ խնդիրների պատճառով հիմնական չափումներում շատ քիչ է օգտագործվել:



Նկ. 4.7 SHMS-ի ազնիվ գազով չերենկոլյան դետեկտորի սխեմատիկ կառուցվածքը (ձախից) և նրա բնութագրական սպեկտրները սանդղավորումից հետո (աջից):

Ինչպես վերը նշված գազային և աերոգելային չերենկոմյան հաշվիչների դեպքում, սանդղավորման համար այս դեպքում նույնպես օգտագործվում է մեկ ֆոտոէլեկտրոնային գազաթի որոշման մեթոդը:

**5. E12-09-017 (“pt-SIDIS”) գիտափորձից ստացված տվյալների մշակում**

ԱՍԳԼ-ի խումբը մասնակցում է E12-09-017 (“pt-SIDIS”) [8] գիտափորձի 2018-2019 թ. թ. չափված տվյալների մշակմանը, օգտագործելով JLab-ի և ԱՍԳԼ-ի հաշվողական բազայի հնարավորությունները: Ծրագրային որոշ կարևոր փաթեթներ և գիտափորձի տվյալների սահմանափակ մաս հնարավոր է եղել տեղադրել ԱՍԳԼ-ի հաշվիչ կենտրոնի մեքենայի վրա, սակայն դրանց գերակշիռ մասը և տվյալների մշակման ծրագրերի ծավալուն փաթեթները գտնվում են JLab -ում: Ուստի, էֆեկտիվ աշխատանքի համար պահանջվում է որակյալ և արագ ինտերնետային կապ, որը դեռևս բացակայում է:

Pt-SIDIS գիտափորձում օգտագործվել է 10.6 ԳէՎ էներգիայի, 2-70  $\mu\text{A}$  ինտենսիվության CW էլեկտրոնային փունջ, 10 սմ երկարության հեղուկ ջրածին (LH2), և հեղուկ դեյտրոն (LD2), ինչպես նաև 2 մմ հաստության Al թիրախներ: Վերջինս ծառայել է նաև հեղուկ թիրախների մուտք-ելք պատուհանների ներդրումը գնահատելու և տվյալներից հանելու համար: Գիտափորձում HMS սպեկտրոմետրը օքտագործվել է ցրված էլեկտրոնների գրանցման համար (բացասական բևեռացում), իսկ SHMS-ը՝  $\pi^-$  (բացասական բևեռացում) և  $\pi^+$  (դրական բևեռացում) գրանցելու համար:

Բոլոր երեք թիրախների և  $\pi^\pm$  -ի համար չափումները կատարվել են հիմնականում 6 խմբերով, որոնք ընդգրկում են կինեմատիկ պարամետրների ստորև բերված տիրույթները:

Kin	X	$Q^2$ (GeV <sup>2</sup> )	Z	$P_p$ (GeV)	$Q_p$ (deg)
I	0.2	2.0	0.3 -0.6	1.7 – 3.3	8.0 – 23.0
II	0.3	3.0	0.3 -0.6	1.7 – 3.4	5.5 – 25.5
III	0.4	4.0	0.3 -0.6	1.7 – 3.4	5.5 – 25.5

IV	0.5	5.0	0.3 -0.6	1.7 – 3.5	8.0 – 28.0
V	0.3	1.8	0.3 -0.6	1.1 – 2.1	8.0 – 30.5
VI	0.3	4.5	0.3 -0.6	2.5 – 5.0	5.5 – 20.5

Տվյալների մշակման շատ քայլերում օգտագործվել է նախկինում կատարված մեր E00-108 [13] գիտափորձում կիրառված մեթոդները [14], չնայած որոշ էական առանձնահատկությանների: DAQ համակարգով կուտակված “հում” տվյալները նախ անցել են C սրահի ստանդարտ մշակման փաթեթով (hallc-replay), որը վերծանում է դեպքերի բոլոր ֆիզիկական մեծությունները: Դրան հետևում է մշակման հաջորդ փուլը, որտեղ իրական դեպքերը զատվում են պատահականներից, հաշվի են առնվում գրանցիչ սարքերի էֆեկտիվությունը, կատարվում է մասնիկների նույնականացում, հաշվի է առնվում էլեկտրոնիկայի և համակարգչի “մեռյալ” ժամանակները:

Հաջորդ փուլում կատարվում է տվյալների բինավորում, բաժանելով նրանց ըստ  $x$  (2 բին),  $Q^2$  (14 բին),  $\varphi^*$  (15 բին),  $z$  (10 բին) և  $pt$  (12 բին) տիրույթների: Փորձարարական սարքերի ազդեցության, SIDIS-ին ուղեկցող ֆիզիկական ֆոնային երևույթների (ռադիացիոն ուղղումներ,  $\pi$ -մեզոնների էքսկյուզիվ ծնում, դիֆրակցիոն  $\rho$ -մեզոնների տրոհումից առաջացած  $\pi$ -մեզոններ, և այլն) գնահատման համար կատարվել են մանրակրկիտ MC-հաշվարկներ, օգտագործելով C սրահի մոդելավորման ստանդարտ SIMC փաթեթը: Հաշվի առնելով E12-09-017 գիտափորձի ավելի բարձր էներգետիկ տիրույթը, անհրաժեշտ եղավ SIMC-ում բարելավել ինչպես SIDIS-ի, այնպես էլ էքսկյուզիվ  $\pi$ -մեզոնների և դիֆրակցիոն  $\rho$ -մեզոնների էլեկտրաձնման մոդելները:

Ռադիացիոն ճառագայթման “պոչերը” պիոնի համարյա-ինկյուզիվ ծնման մեր կինեմատիկ տիրույթում գնահատելու համար կիրառվել է SIMC -ում օգտագործվող մոդելը՝ հիմնված Մո և Ցայի [15] տեսական աշխատանքի վրա: Այն իսկզբանե մշակվել էր էլեկտրոնների ինկյուզիվ ցրման երևույթի համար, և հետագայում կարատելագործվել համընկման փորձերում օգտագործելու համար [16]: SIMC- ում օգտագործվող SIDIS երևույթի ռադիացիոն ճառագայթման “պոչերի” բանաձևերը հիմնված են Gaskell-ի [17] աշխատանքի վրա: Ճշգրտման և սիստեմատիկ սխալների գնահատման նպատակով, բացի SIMC- ից, մենք ռադիացիոն “պոչերը” հաշվել ենք Ակուշիչի Մոնտե-Կարլո haprad ծրագրով [18]: Երկու մեթոդով արված հաշվարկները գտնվում են լավ համաձայնության մեջ, և պիոնների SIDIS ծնման մեր կինեմատիկ տիրույթում ռադիացիոն “պոչերի” ներդրումը միջինում կազմում է 10-12%: Ստորև,

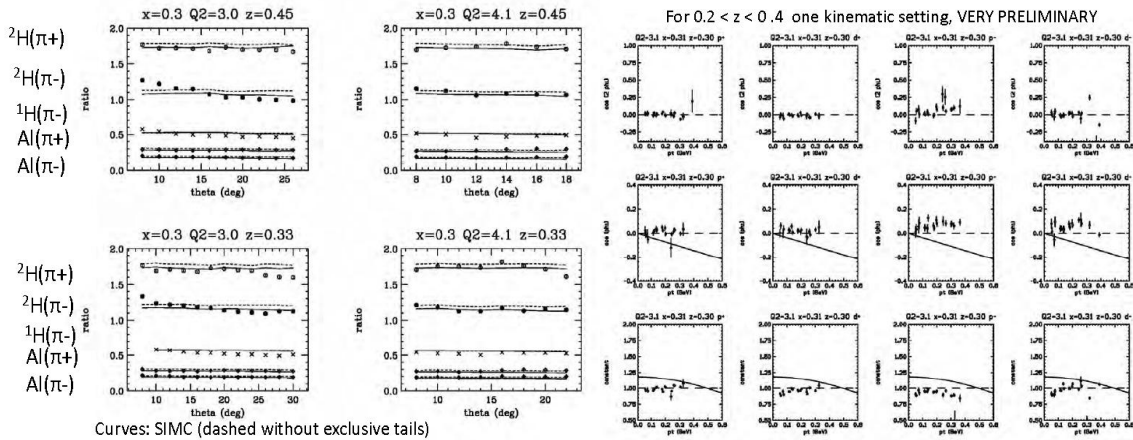
որպես օրինակ, բերված են Ակուշնիչի մեթոդով ռադիացիոն ճառագայթման “պոչերի” գնահատման որոշ տվյալներ, որոնք շատ մոտ են SIMC մոդելավորման արժեքներին:

$n_i$	$x$	$Q^2$	$z$	rad/norad
1	0.300	3.000	0.400	0.908
2	0.300	3.000	0.500	0.901
3	0.300	3.000	0.600	0.894
4	0.300	3.000	0.700	0.884
5	0.400	4.000	0.400	0.893
6	0.400	4.000	0.500	0.891
7	0.400	4.000	0.600	0.876
8	0.400	4.000	0.700	0.867
9	0.500	5.000	0.400	0.879
10	0.500	5.000	0.500	0.863
11	0.500	5.000	0.600	0.862
12	0.500	5.000	0.700	0.858

Ինչպես մեր նախորդ E00-108 փորձի տվյալների մշակման դեպքում [14], մենք նախատեսում ենք SIMC Մոնտե-Կարլո ծրագրով հաշվել դիֆրակցիոն  $\rho$ -մեզոնների ներդրումը E12-09-017-ի կինեմատիկ տիրույթներում և այն տվյալներից հանել “բին-առ-բին” սկզբունքով: Համաձայն VDM մոդելի, վիրտուալ ֆոտոնը կարող է վերափոխվել վեկտոր-մեզոնի և փոխազդել նուկլոնի հետ բազմաթիվ գլյուոնային փոխանակման միջոցով, որն էապես տարբերվում է վիրտուալ ֆոտոն-քվարկ փոխազդեցությունից:

SIMC-ի հաշվարկները հիմնված են HERMES գիտափորձի համար մշակված  $\rho$ -մեզոնների ծնման մոդելի վրա [19], որն հետագայում Hall B-ի կողմից օպտիմիզացվել էր JLab-ի 6 ԳԷՎ էներգիայի տիրույթի համար: Նախնական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ դիֆրակտիվ  $\rho$ -մեզոնների ներդրումը C սրահի գիտափորձի տվյալներում խիստ կախված է կինեմատիկ տիրույթից, կազմելով  $\sim 15\%$   $z \approx 0.6$ -ի մոտակայքում, և կտրուկ աճելով ավելի մեծ  $z$  -երի տիրույթում ( $> 50\%$  երբ  $z > 0.8$ ): Հուսալիության և սխտեմատիկ սխալների գնահատման նպատակով մենք մտադիր ենք նաև ուրիշ այլ մոդելներով (օրինակ, LUND MC [19]) ևս գնահատել դիֆրակտիվ  $\rho$ -մեզոնների ներդրումը տվյալներում, իսկ վերջնական ֆիզիկական արդյունքները ներկայացնել երկու տարբերակով՝ դիֆրակցիոն մեզոնների ներդրումը հանած և առանց այն հանելու:

Տվյալների մշակման աշխատանքները շարունակվելու են հաջորդ տարի, և առաջին ֆիզիկական արդյունքները կարելի է սպասել 2021 թվականի տարեվերջին: Այժմ կան միայն որոշ նախնական արդյունքներ, որոնց նպատակն է ստուգել գիտափորձի տվյալների որակը, մշակման նախնական փուլերում արված կինեմատիկ շտկումների հուսալիությունը, SIMC փայթեթում օգտագործվող ֆիզիկական մոդելների կիրառելիությունը: Ստորև բերված են որոշ շատ նախնական արդյունքներ:



Նկ. 4.8 Պիոնների նորմավորված էլքերի հարաբերությունը Ջրածին թիրախը ծնված  $\pi$ -մեզոնների համեմատ (ձախից): SIDIS-ում ծնված  $\pi$ -մեզոններ  $\cos\phi$  և  $\cos 2\phi$  ազիմուտալ անկյունային կախվածությունները (աջից):

## 6. Մասնակցություն գիտաժողովների

Խմբի անդամները մասնակցել են C-սրահի, SIDIS համագործակցության ամեն շաբաթյա, NPS-CPS համագործակցության երկշաբաթյա ժողովներին: Մենք մասնակցել ենք նաև EIC-ի ընդհանուր և նրա կալորիմետրիայի խմբի աշխատանքներին և շաբաթական գիտաժողովներին:

## Հղումներ վերը շարադրված նյութի վերաբերյալ

- JLab experiment E12-06-110, “Measurement of Neutron Spin Asymmetry  $A_{1n}$  in the Valence Quark Region Using an 11 GeV Beam and a Polarized  $^3\text{He}$  Target in Hall C”, spokespersons: X. Zheng, C. Gates, J.P. Chen, Z.E. Meziani.
- JLab experiment E12-06-121, “A Precision Measurement of the Neutron  $g_2$  and  $d_2$  at High  $Q_2$  in Hall C”, spokespersons: B. Sawatzky, T. Averett, W. Korsch, Z.E. Meziani.
- T. Horn et al., “Scintillating crystals for the Neutral Particle Spectrometer in Hall C at JLab”, Nucl. Instrum. Meth. A956, 163375 (2020).
- JLab Proposal C12-18-005, “Timelike Compton Scattering off Transversely Polarized Proton”, spokespersons: M. Boer, D. Keller, V. Tadevosyan.
- JLab experiment E12-09-011, “Studies of the L-T Separated Kaon Electroproduction Cross Section from 5-11 GeV”, spokespersons: T. Horn, G. Huber and P. Markowitz.
- JLab experiment S12-10-002, “Precision measurements of the F2 structure function at large  $x$  in the resonance region and beyond”, spokespersons: S. Malace, M. Christy, C. Keppel, M. Niculescu.

- JLab experiment E12-09-002, “Precise Measurement of  $\pi^+/\pi^-$  Ratios in Semi-Inclusive Deep Inelastic Scattering. Part I: Charge Symmetry violating Quark Distributions”, spokespersons: K. Hafidi, W. Armstrong, D. Dutta, D. Gaskell.
- JLab experiment E12-09-017, “Transverse Momentum Dependence of Semi-Inclusive Pion Production”, spokespersons: R. Ent, P. Bosted, E. Kinney, H. Mkrtchyan, L.W. Mo and Y.S. Tsai, Rev. Mod. Phys. 41, 205 (1969).
- Mkrtchyan et al., “The lead-glass electromagnetic calorimeters for the magnetic spectrometers in Hall C at Jefferson Lab”, Nucl. Instrum. Meth. A719, 85 (2013).
- T. Horn et al., “The Aerogel Cherenkov Detector for the SHMS magnetic spectrometer in Hall C at Jefferson Lab”, Nucl. Instrum. Meth. A842, 28 (2017).
- George Ryan, “Commissioning of the Hall C SHMS Heavy Gas Cherenkov Detector”.
- JLAB-PHY-19-2849, DOE/OR/23177-4629, JLab Thesis/Dissertation, 2018-10-01.
- D. Day ‘Preliminary design of the shms noble gas Cherenkov detector”, <https://hallcweb.jlab.org/DocDB/0009/000933/001/shms-cerv6.pdf>
- JLab experiment E00-108, “mmmmmm”, spokespersons: R. Ent, H. Mkrtchyan..
- Niculescu R. Asaturyan et al., Phys. Rev. C 85, 015202 (2012).
- L.W. Mo and Y.S. Tsai, Rev. Mod. Phys. 41, 205 (1969).
- R. Ent et al., Phys. Rev. C 64, 054610 (2001).
- D. Gaskell, Ph.D thesis, Oregon State University, 2001.
- I. Akushevich et al., Comp. Phys. Comm, 104, 201 (1997);
- I. Akushevich and N.M. Shumeiko, J. Phys. G Nucl. Part. Phys. 20, 513 (1994);
- I. Akushevich, N. Shumeiko and A. Soroko, Euro. Phys. J. C 10, 681 (1999).
- G. Ingelman, “LEPTO version 6.1 – the Lund Monte Carlo for deep inelastic scattering”.
- Physics at HERA, Proceedings, vol.3.

## Hall-D (փորձարարական սրահ)

1. Հաշվետու ժամանակաշրջանում (2019-2020թ.) ԱՄԳԼ-Ջlab կոլաբորացիայի անդամները մասնակցել են «Դ» փորձարարական սրահում (Hall D) կատարվող GlueX գիտափորձի շահագործման աշխատանքներին: CEBAF արագացուցիչի 12 GeV էլեկտրոնային փնջից ստացված 9 GeV էներգիայով գծային բևեռացված ֆոտոնային փնջով կատարվել են GlueX դետեկտորի բաղադրիչների տրամաչափման, շահագործման և աշխատունակության, ինչպես նաև տվյալների հավաքման և մշակման ծրագրային համակարգի ստուգման աշխատանքները:
2. Մասնակցել են 16 հերթափոխերի (shifts):

3. Կատարվել են COMCAL դետեկտորի կառուցման, տեղադրման և տրամաչափման աշխատանքներ, որոնցում ունեցել ենք ակտիվ մասնակցություն: Պետք է նշել, որ COMCAL դետեկտորը կառուցվել է NPS (NeutralParticleSpectrometer) դետեկտորի անդամների կոլաբորացիայի հետ, որում ակտիվ ընդգրկված են իմբի աշխատակիցները:

4. Ինչպես նաև հատուկ պատրաստված հարթակի վրա ուսումնասիրվել են FCAL (Forward Calorimeter) դետեկտորի վերազինման համար նախատեսված PbWO<sub>4</sub> տիպի բյուրեղների և PMT-ների հատկությունները (Նկ. 1):



Նկ. 1. PbWO<sub>4</sub> բյուրեղների համար նախատեսված հարթակ:

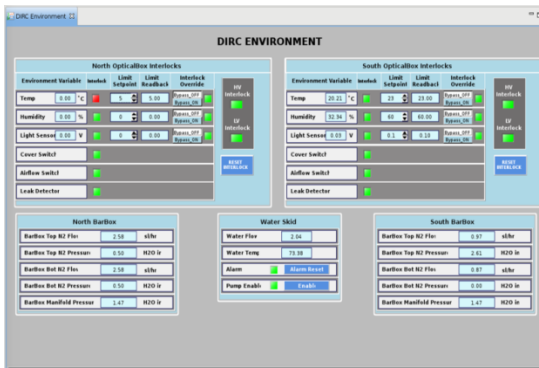
5. Կառուցվել է մաքուր սենյակ (CLEAN ROOM) և էլեկտրոնիկայի համակարգ բյուրեղների և PMT-ների ուսումնասիրություններ կատարելու, ինչպես նաև FCAL դետեկտորի հավաքման համար (Նկ.2):



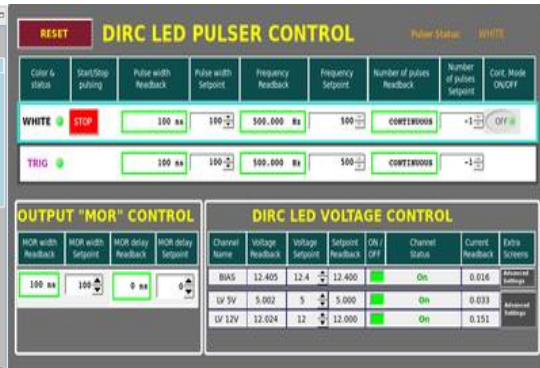
Նկ. 2. Clean room և էլեկտրոնիկայի համակարգ



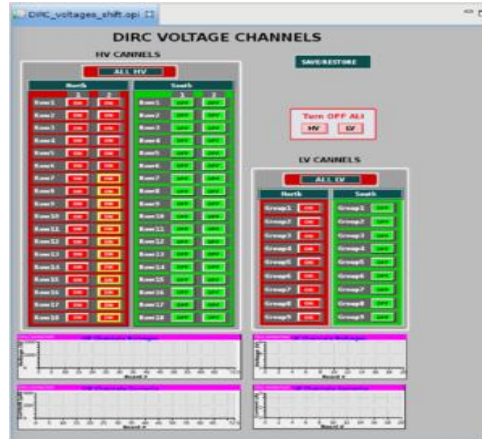
6. DIRC դետեկտորի աշխատանքային միջավայրի պարամետրերի ինչպես նաև բարձր և ցածր լարման սնուցման աղբյուրների պարամետրերի վերահսկումը և կարգավարումը ապահովելու համար ստեղծվել են EPICS համակարգում աշխատող ծրագրեր և գրաֆիկական ինտերֆեյսեր հերթափոխի անձնակազմի և դետեկտորների փորձագետների համար: DIRC ENVIRONMENT գրաֆիկական ինտերֆեյսի (Նկ. 3.1) օգնությամբ կարդացվում ինչպես նաև կարգավորվում (փոփոխվում) են միջավայրի տվյալները չափող սենսորների արժեքները (ջերմությունը, խոնավությունը, լույսի քանակը, գազերի ճնշումը, ջրի հոսքը, ջերմաստիճանը և այլն): Անհրաժեշտ պայմաններին չբավարարելու դեպքում անջատվում են դետեկտորի լարումների սնուցման աղբյուրները և ահազանգման համակարգի օգնությամբ այդ մասին տեղեկացվում է հերթափոխի անձնակազմին: DIRC LED PULSER CONTROL գրաֆիկական ինտերֆեյսի (Նկ. 3.2) օգնությամբ վերահսկվում է Led Pulser-ի պարամետրերը: DIRC VOLTAGE CHANNELS գրաֆիկական ինտերֆեյսի (Նկ. 3.3) օգնությամբ վերահսկվում, դեկավարվում և կարգավորվում են դետեկտորի բարձր և ցածր լարման սնուցման աղբյուրների պարամետրերը: Մեղմելով համապատասխան կոճակը կարելի է միացնել, անջատել սնուցման լարումները կամ դիտել, ինչպես նաև անհրաժեշտության դեպքում կարգավորել (փոփոխել) ընտրված կանալների լարման պարամետրերի արժեքները: Կանաչ և կարմիր (երբ կա միջամտելու անհրաժեշտություն) գույների օգտագործումը հեշտացնում է սարքավորման կանոնավոր աշխատանքի վիզուալ հսկողությունը:



Նկ . 3.1



Նկ . 3.2



Նկ . 3.3

7. Խմբի անդամները մասնակցել են EIC(ElectronIonCollider)-ի համար նախատեսվող կալորիմետրի առկա և հեռակա քննարկումներին:

Hall A

1. Deep exclusive electroproduction of  $\pi^0$  at high  $Q^2$  in the quark valence regime,

By: M. Dlamini et al.,

Group Author(s): Jefferson Lab Hall A Collaboration,

arXiv: 2011.1112.

2. A New Upgraded High Precision Measurement of the Proton Charge Radius,

By: A. Gasparian et al.,

arXiv: 2009.10510.

3.  $e^+$ @JLab White Paper: An Experimental Program with Positron Beams at Jefferson Lab. A,

Accardi(Jefferson Lab and Hampton U.), A. Afanasev (George Washington U.), I. Albayrak

(Akdeniz U.), S.F. Ali(Catholic U.), M. Amaryan(Old Dominion U.) et al. (Jul 29, 2020),

arXiv: 2007.15081.

4. Precision measurement of the neutral pion lifetime,

By: I. Larin. et al.,

Group Authors: PrimEx-II Collaboration,

SCIENCE, Volume: 368, Issue: 6490, Article Number: 506-509.

5. Novel observation of isospin structure of short-range correlations in calcium isotopes,

By: D. Nguyen et al.,

Group Authors: Jefferson Lab Hall A Collaboration,  
arXiv:2004.11448.

6. Deeply virtual Compton scattering off the neutron,  
By: M. Benali, C desnault, M. Mazouz et al.,  
NATURE PHYS., Volume: 16, Issue: 2, Article Number: 191 – 198.

Hall B

7. Beam–target helicity asymmetry E in  $K^+\Sigma^-$  photoproduction on the neutron  
By: N. Zachariou, D. P. Watts, J. Fleming et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
PHYSICS LETTERS B, Volume: 808, Article Number: 135662.

8. Extraction of Beam-Spin Asymmetries from the Hard Exclusive  $\pi^+$  Channel off Protons in a Wide Range of Kinematics,  
By: S. Diehl, K. Joo, A. Kim et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
PHYSICAL REVIEW LETTERS, Volume: 125, Issue: 18, Article Number: 182001.

9. Probing the core of the strong nuclear interaction,  
By: A. Schmidt, J. R. Pybus, R. Weiss et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
NATURE, Volume: 578, Issue: 7796, Article Number: 540-544.

10. First measurement of direct photoproduction of the  $a_2(1320)^0$  meson on the proton  
By: A. Celentano, M. Battaglieri, R. De Vita et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
PHYSICAL REVIEW C, Volume: 102, Issue: 3, Article Number: 032201.

11. The CLAS12 Spectrometer at Jefferson Laboratory.  
By: V. D. Burkert, L. Elouadrhiri, K. Adhikari et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
NUCLEAR INSTRUMENTS METHODS A, Volume: 959, Article Number: 163419.

12. The CLAS12 beamline and its performance,  
By: N. Baltzell, V. D. Burkert, J. Carvajal et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
NUCLEAR INSTRUMENTS METHODS A, Volume: 959, Article Number: 163421.

13. The CLAS12 forward electromagnetic calorimeter,  
By: G. Asryan, Sh Chandavar, T.Chetry et al.,  
Group Author(s): Jefferson Lab CLAS Collaboration,  
NUCLEAR INSTRUMENTS METHODS A, Volume: 959, Article Number: 163425.

14. Exclusive  $\pi^0 p$  electroproduction off protons in the resonance region at photon virtualities  $0.4 \text{ GeV}^2 \leq Q^2 \leq 1 \text{ GeV}^2$ ,

By: N. Markov, K. Joo, V. D. Burkert et al.,

PHYSICAL REVIEW C, Volume: 101, Issue: 1, Article Number: 015208.

15. Photoproduction of the  $f_2(1270)$  meson using the CLAS detector,

By: M. Carver, A. Celentano, K. Hicks et al.,

Group author(s): Jefferson Lab Hall B Collaboration,

arXiv:2010.16006 (2020).

16. Beam spin asymmetry in semi-inclusive electroproduction of a hadron pair,

By: M. Mirazita, H. Avakian, A. Courtoy et al.,

Group author(s): Jefferson Lab Hall B Collaboration,

arXiv: 2010.09544 (2020).

17. Precision measurements of  $A=3$  nuclei in Hall B,

By: O. Hen, D. Meekins, D. Nguyen et al.,

Group author(s): Jefferson Lab Hall B Collaboration,

arXiv: 2009.03413 (2020)

18. Photoproduction of  $\eta$  mesons off the proton for  $1.2 < E_\gamma < 4.7 \text{ GeV}$  using CLAS at Jefferson Laboratory,

By: T. Hu, Z. Akbar, V. Crede et al.,

Group author(s): Jefferson Lab Hall B Collaboration,

arXiv: 2006.01361.

## HALL C

19. Parity-Violating Inelastic Electron-Proton Scattering at Low  $Q^2$  Above the Resonance Region,

By: D. Androic, D. S. Armstrong, A. Asaturyan et al.,

Group author(s): Qweak Collaboration,

PHYSICAL REVIEW C, Volume: 101, Issue: 1, Article Number: 055603.

20. Backward-angle Exclusive  $\pi^0$  Production above the Resonance Region,

By: W. B. Li, G. M. Huber, G. R. Stevens et al.,

Group author(s): Jefferson Lab Hall C Collaboration,

arXiv: 2008.10768 (2020).

21. Scintillating crystals for the Neutral Particle Spectrometer in Hall C at JLab,

By: T. Horn, V. V. Berdnikov, S. Ali. et al.,

Group author(s): NPS Collaboration.

Nuclear Instruments and Methods A, Volume: 956, Article Number: 163375.

22. Proton Form Factor Ratio  $\mu_p G_E^p / G_M^p$  from Double Spin Asymmetry,

By: A. Lianage, W. Armstrong, H. Kang et al.,

Group Author(s): SANE Collaboration,  
PHYSICAL REVIEW C, Volume: 101, Issue: 3, Article Number: 035206.

23. Precision Measurement of the Beam-Normal Single-Spin Asymmetry in Forward-Angle Elastic Electron-Proton Scattering,

By: D. Androic, D. S. Armstrong, A. Asaturyan et al.,

Group author(s): Qweak Collaboration,

PHYSICAL REVIEW LETTERS, Volume: 101, Issue: 5, Article Number: 112502.

24. Ruling out color transparency in quasi-elastic  $^{12}\text{C}(e,e'p)$  up to  $Q^2$  of  $14.2 (\text{GeV}/c)^2$ ,

By: D. Bhetuwal, J. Matter, H. Szumila-Vance et al.,

Group author(s): JLab Hall C Collaboration,

arXiv: 2011.00703 (2020).

## HALL D

25. Measurement of beam asymmetry for  $\pi^-\Delta^{++}$  photoproduction on the proton at  $E_\gamma=8.5 \text{ GeV}$ ,

By: S. Adhikari, A. Akondi, A. Ali et al.,

Group author(s): JLab Hall D, GlueX Collaboration,

ArXiv: 2009.07326 (2020).

26. Strange Hadron Spectroscopy with Secondary KL Beam in Hall D,

By: M. Amaryan, M. Bashkanov, S. Dobbs et al.,

Group author(s): JLab Hall D, GlueX Collaboration,.

ArXiv: 2008.08215 (2020).

27. The GlueX beamline and detector,

By: S. Adhikari, C. Akondi, H. Ghoul et al.,

Group author(s): JLab Hall D, GlueX Collaboration,

NUCLEAR INSTRUMENTS METHODS A, Volume: 987, Article Number: 164807.

28. Measurement of the photon beam asymmetry in  $\gamma + p \rightarrow K + \Sigma^0$  at  $E_\gamma=8.5 \text{ GeV}$ ,

By: S. Adhikari, A. Ali, M. Amaryan et al.,

Group author(s): JLab Hall D, GlueX Collaboration,

PHYSICAL REVIEW C, Volume: 101, Issue: 6, Article Number: 065206.

## **Ռեալ և վիրտուալ ֆոտոններով միջուկների ճեղքումը և ֆրագմենտացիա**

Ղեկավար՝ ֆիզ.մաթ.գիտ.թեկնաճու Ս. Ժամկոչյան

Կատարողներ՝ Ա. Մարգարյան, Հ. Վարդանյան, Ս. Աբրահամյան, Վ. Խաչատրյան, Հ. Էլբակյան,

Ռ. Այվազյան, Ն. Մարգարյան, Պ. Խաչատրյան, Հ. Ռոստոմյան, Ա. Սաֆարյան

Խմբի աշխատակիցները մասնակցել են Գիտության Կոմիտեի "Pico-second resolution time correlated single photon counting technique at CANDLE" և ՄԳՏԿ-ի "RF timer of keV electrons" նախագծերի սահմաններում իրականացվող աշխատանքներին: Մասնավորապես մշակել, կառուցել և փորձարկել են միկրոխողովակային հարթությունների վրա հիմնված կէՎ էներգիաներով էլեկտրոնների կոորդինատագրայուն արագագործ դետեկտորներ: Ձեռք է բերվել տվյալների հավաքագրման ժամանակակից երկու սարք: Ստեղծվել է տվյալների հավաքագրման և մշակման ծրագրեր, որոնց օգնությամբ իրականացվել են փորձարկման հետազոտություններ: Քանդիլ ինստիտուտի հետ մշակվել և կառուցվել է մետաղական ֆոտոկաթոդ, Երեվանի Կապի Միջոցների Գիտահետազոտական Ինստիտուտի հետ մշակվել, կառուցվել և փորձարկվել է ԳՀց ռադիոհաճախությունների սինթեզատոր Քանդիլի ֆոտոնային փնջերի հետ աշխատելու համար: Խումբը մասնակցել է ELI-NP կենտրոնի, HORIZON 2020-ի և Artemis-ի համար նախատեսված հետազոտական նախագծերի մշակմանը. "Low EneRgy Nuclear Interaction Chamber (LERNIC): Applications at ELI-NP", Statement of Research Intent to ELI-NP; "Advanced RAdio-frequency timing appaRATus", ARARAT, HORIZON 2020, "Ultrahigh accuracy time synchronization technique operation on the Moon", Artemis Science White Paper: Խումբը ստեղծել է գիտահետազոտական նախագծեր և մասնակցել է Գիտ. Կոմիտեի կողմից հայտարարված մրցույթներին:

1. " Fast and precise single photon time map imaging device", "Ֆոտոնների ժամանակները արագ և ճշգրիտ քարտեզագրող սարք":
2. "Pico-second precision lifetime sensor of photoexcited quantum states", "Պիկովայրկյանային ճշտություններով, ֆոտոններով գրգռված քվանտային վիճակների կյանքի տևողությունների սենսոր":
3. "On rare fission of heavy nuclei spontaneously or induced by 17 MeV protons":
4. "Pico-second resolution secondary electron detector for  $\Lambda$  hypernuclei studies"  
"Պիկովայրկյանային լուծողականությամբ երկրորդական էլեկտրոնների դետեկտոր  $\Lambda$  հիպերմիջուկների հետազոտությունների համար":

"Պիկովայրկյանային լուծողականությամբ երկրորդական էլեկտրոնների դետեկտոր  $\Lambda$  հիպերմիջուկների հետազոտությունների համար" նախագիծը ֆինանսավորվել է, աշխատանքները սկսվել են: Խումբը մասնակցություն է ունեցել նաև ԱԱԳԼ-ի կողմից "Գերարագ ֆեմտովայրկյանային լազեր"-ի և "Մաքուր Սենյակ"-ի ձեռք բերմանն ուղղված աշխատանքներին:

Խումբը հեռավար (Zoom) մասնակցել է "3rd International Symposium on "Single Photon based Quantum Technologies" Berlin 15-17 September 2020" գիտաժողովին և ներկայացրել է զեկույց "Pico-second precision lifetime sensor of photoexcited quantum states" թեմայով:

Հետազոտությունների շնորհիվ ստացված արդյունքները պատրաստվում են տպագրության:

**Հետազոտությունների մեթոդիկայի մշակում և միջուկային ռեակցիաների ուսումնասիրություն ցիկլոտրոնի և զծային արագացուցչի ԼՈՒԷ-75-ի վրա**

Ղեկավար՝ ֆիզ.մաթ.գիտ.թեկնածու Արմեն Գյուրջինյան  
Կատարողներ՝ Ի. Քերոբյան, Վ. Յարալով, Յ. Ղարիբյան, Ռ. Ավետիսյան, Ա. Բարսեղյան, Հ. Մկրտչյան

2020 թ.-ի ընթացքում կատարվել են Ա.Ալիխանյանի անվան Ազգային Գիտական Լաբորատորիայի (ԱԱԳԼ) գործող զծային ԼՈՒԷ-75 էլեկտրոնային արագացուցչի արգելակային զամմա փնջով կատարված  $^{nat}Re(\gamma, xn)^{182m,g;184m,g;186g}Re$  և  $^{nat}Nb(\gamma, xn)^{90,91m,92m}Nb$  գիտափորձերի տվյալների մշակում և ցիկլոտրոն C18/18 պրոտոնային փնջի վրա գիտափորձ՝  $^{nat}W(p, xn)^{181,182m,182g,183,184m,184g,186}Re$ :

ԼՈՒԷ-75 էլեկտրոնային արագացուցչի արգելակային զամմա փնջով գիտափորձն իրականացվել է երկու տարբեր էներգիաների համար՝ 30 ՄԷՎ և 40 ՄԷՎ, որոնց դեպքում հոսանքը եղել է 0.45 մկԱ և 1.1 մկԱ՝ համապատասխանաբար: Գիտափորձի համար օգտագործվել են բնական ռենիումի ( $^{185}Re - 37.4\%$ ,  $^{187}Re - 62.6\%$ ) և բնական նիոբիումի ( $^{93}Nb - 100\%$ ) թիրախներ: Ճառագայթված թիրախների սպեկտրոմետրիկ չափումները կատարվել են բարձր մաքրության HPGe դետեկտորի միջոցով: Ճառագայթումից հետո, ակտիվացիոն անալիզի մեթոդով, ուսումնասիրվել են ինչպես  $^{186}Re$  իզոտոպը, այնպես էլ  $^{nat}Re$  և մոնոիզոտոպ  $^{93}Nb$  թիրախներից ստացված այլ ռադիոակտիվ իզոտոպներ:

Բժշկական լայն կիրառում ունեցող  $^{186g}Re$  իզոտոպի համար կատարվել են տեսակարար ակտիվության հաշվարկներ, որի նպատակն էր տեսնել, թե ինչքանով նպատակահարմար կլինի դրա արտադրությունը զծային էլեկտրոնային արագացուցիչների արգելակային փնջի միջոցով: Տեսակարար ակտիվության արդյունքները և դրանց համեմատումն այլ հայտնի աշխատանքների հետ բերված են ստորև (Աղյուսակ 1):

Գիտական կենտրոն	Էլեկտրոնային փնջի էներգիա (ՄԷՎ)	Ակտիվություն (մկԿյուրի/մկԱ*ժամ*գ)
Խարկովի ֆիզիկա-տեխնիկական ինստիտուտ, ազգային գիտական կենտրոն [6]	40	56.9
Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիա	40	108.87
Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիա	30	30.13

Աղյուսակ 1.  $^{186g}\text{Re}$  իզոտոպի համար ակտիվության արդյունքներ

$^{184g,m}\text{Re}$ ,  $^{182g,m}\text{Re}$  և  $^{186g}\text{Re}$  իզոտոպների միջինացված կտրվածքների փորձարարական, ինչպես նաև TALYS 1.9 և EMPIRE 3.2 տեսական հաշվարկների համեմատությունը բերված է Աղյուսակ 2-ում: Ինչպես երևում է աղյուսակից, տեսական հաշվարկները հիմնականում գերազանցում են փորձարարական տվյալները: Գրանցված տարբերությունները վկայում են հետագա փորձարարական և տեսական ուսումնասիրությունների զարգացման անհրաժեշտության մասին:

Իզոտոպ	Ռեակցիայի շեմ (ՄԷՎ)	Էլեկտրոնային փնջի էներգիա (ՄԷՎ)	Միջին կտրվածք (մք)		
			Փորձարարական	TALYS 1.9	EMPIRE 3.2
$^{182g}\text{Re}$	22.8	30	$0.45\pm 0.089$	0.64	-
		40	$0.93\pm 0.001$	1.34	-
$^{182m}\text{Re}$	22.8	30	$2.27\pm 0.209$	1.2	-
		40	$2.26\pm 0.113$	1.84	-
$^{184g}\text{Re}$	7.8	30	$29\pm 0.134$	48.21	43.72
		40	$24.06\pm 0.127$	42.94	39.13
$^{184m}\text{Re}$	8	30	$0.78\pm 0.048$	1.26	0.47
		40	$0.76\pm 0.025$	1.3	0.5
$^{186g}\text{Re}$	7.4	30	$93.37\pm 0.133$	126.96	100.03
		40	$92.12\pm 0.131$	110.45	87.01



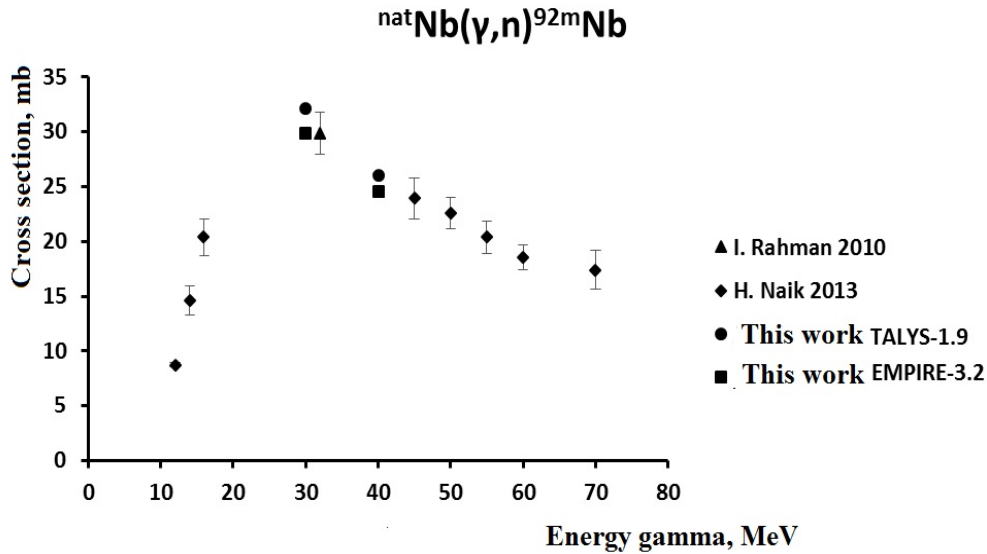
Աղյուսակ 2. Միջինացված կտրվածքների տվյալները  $^{nat}\text{Re}(\gamma, xn)^{182m,g;184m,g;186g}\text{Re}$  ռեակցիաների համար (տեսական և փորձարարական արդյունքներ)

Աղյուսակ 3-ում բերված են  $^{184g,m}\text{Re}$  և  $^{182g,m}\text{Re}$  իզոմեր զույգերի համար ստացված իզոմեր հարաբերությունների տվյալները TALYS 1.9 և EMPIRE 3.2 կոդերով տեսական հաշվարկների հետ համատեղ:

Իզոմեր զույգ	Էլեկտրոնային փնջի էներգիա (ՄէՎ)	Իզոմեր հարաբերություն		
		Փորձարարական	TALYS 1.9	EMPIRE 3.2
$^{182m,g}\text{Re}$	30	$0.835 \pm 0.03$	0.65	-
	40	$0.709 \pm 0.01$	0.58	-
$^{184m,g}\text{Re}$	30	$0.026 \pm 0.002$	0.025	0.011
	40	$0.031 \pm 0.001$	0.029	0.013

Աղյուսակ 3. Իզոմեր հարաբերությունների տեսական և փորձարարական արդյունքները  $^{182m,g}\text{Re}$  և  $^{184m,g}\text{Re}$  իզոմեր զույգերի համար

Նկար 1-ում բերված են  $^{nat}\text{Nb}(\gamma, n)^{92m}\text{Nb}$  ռեակցիայի համար մեր կողմից ստացված փորձարարական արդյունքների համեմատումը գրականությունում առկա տվյալների հետ: Նկատվում է բավականին լավ համընկում փորձարարական արդյունքների միջև:

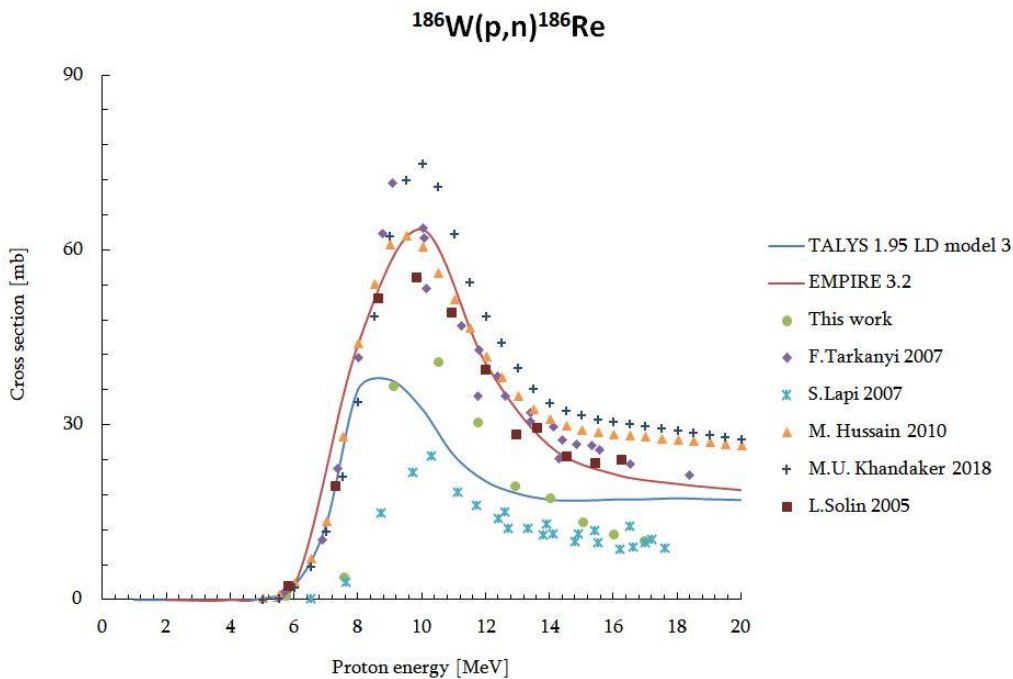


Նկ. 1.  $^{nat}\text{Nb}(\gamma, n)^{92m}\text{Nb}$  ռեակցիայի համար մեր ստացած փորձարարական արդյունքների և այլ աշխատանքների տվյալների համեմատություն

$^{nat}\text{Nb}(\gamma,n)^{92m}\text{Nb}$  ռեակցիայի համար տվյալները ստացված են առաջին անգամ:

Ցիկլոտրոն C18/18-ի վրա կատարված աշխատանքի նպատակն էր ուսումնասիրել բնական վոլֆրամի թիրախի վրա պրոտոններով հարուցված  $^{nat}\text{W}(p,xn)^{181,182m,182g,183,184m,184g,186}\text{Re}$  ռեակցիաները, ինչպես նաև համեմատել բժշկական հետաքրքրություն ներկայացնող  $^{186}\text{Re}$  տարբեր փնջերով ստացման էֆեկտիվությունը: Ճառագայթումը կատարվել է C18/18 ցիկլոտրոնի դուրս բերված 18 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնային փնջով, 10 բուպե տևողությամբ, 1 մկԱ հոսանքի դեպքում: Ճառագայթվել է 30 փայլաթիթեղից կազմված թիրախային փաթեթ. բնական վոլֆրամի՝ որպես հիմնական թիրախ (20 մկմ հաստությամբ), բնական պղնձի՝ որպես պրոտոնային փնջի մոնիտոր (20 մկմ հաստությամբ) և բնական այումինի՝ որպես դանդաղեցուցիչ (15 մկմ հաստությամբ): Պրոտոնների էներգիան յուրաքանչյուր փայլաթիթեղում որոշվել է SRIM/TRIM ծրագրային փաթեթի միջոցով: Ճառագայթման ավարտից հետո թիրախը «սառեցվել է» և կատարվել է փաթեթի առանձնացում: Յուրաքանչյուր թիթեղի ներմուծված ակտիվությունը չափվել է HPGe դետեկտորով: Չափման արդյունքները մշակվել են MAESTRO ծրագրով: Պրոտոնի յուրաքանչյուր էներգիայի համար որոշվել է ռեակցիայի ընդլայնական կտրվածքը:

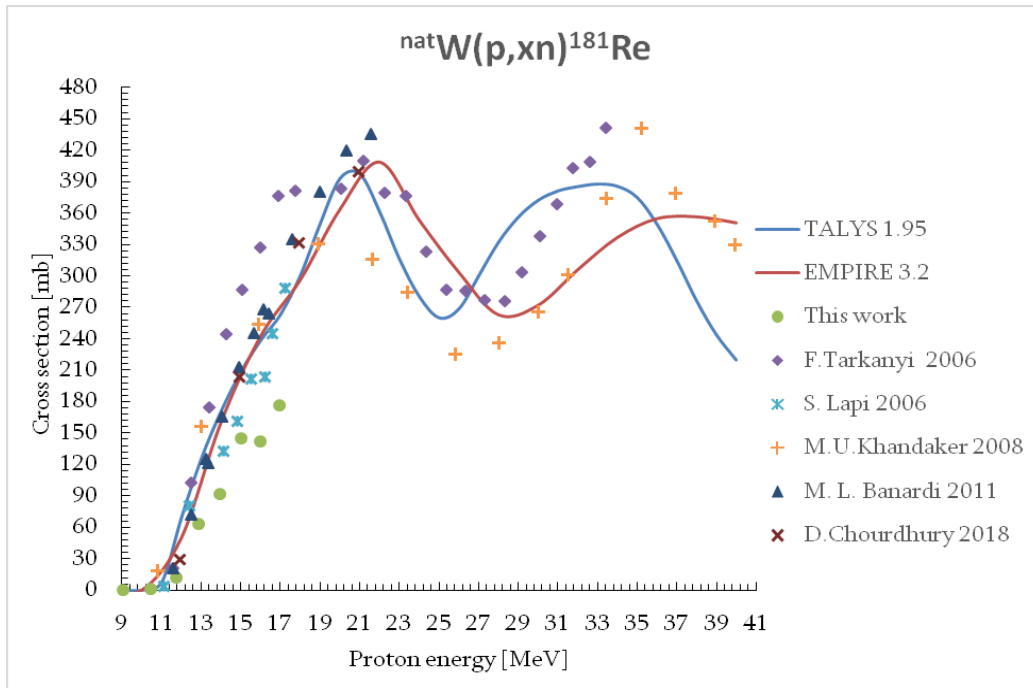
Նկար 2-ում բերված է  $^{186}\text{W}(p,xn)^{186}\text{Re}$  գրգռման ֆունկցիան այլ հեղինակների և տեսական հաշվարկի հետ համատեղ:



Նկ. 2.  $^{186}\text{W}(p,xn)^{186}\text{Re}$  ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիան:

Նկար 2-ից երևում է, որ մեր ստացած տվյալներն առավել լավ են նկարագրվում TALYS 1.95 կոդով՝ MLD (Microscopic Level Density) մոդելի ընդհանրացված տարբերակով:

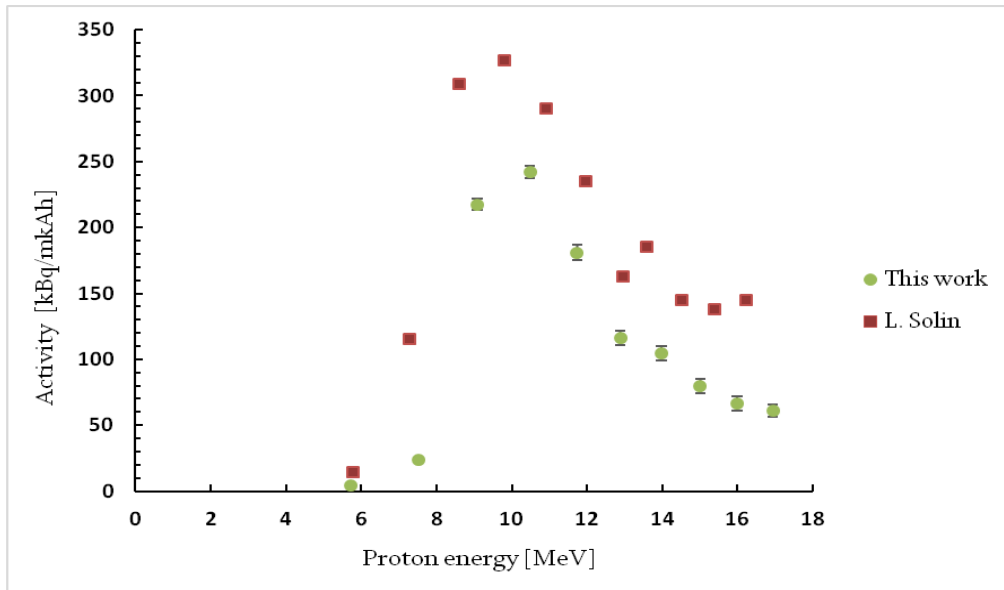
Նկար 3-ում բերված է  ${}^{nat}W(p,xn)^{181}Re$  գրգռման ֆունկցիան այլ հեղինակների և տեսական հաշվարկի հետ համատեղ:



Նկ 3.  ${}^{nat}W(p,xn)^{181}Re$  ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիան

Նկար 3-ից երևում է, որ մեր ուսումնասիրած էներգիաների տիրույթում TALYS 1.95 և EMPIRE 3.2 տեսական հաշվարկները լավ համաձայնության մեջ են ինչպես իրար հետ, այնպես էլ փորձարարական տվյալների հետ:

Առանձնակի հետաքրքրություն է ներկայացնում  ${}^{186g}Re$  թերապևտիկ ռադիոիզոտոպը, որն օգտագործվում է ոսկրային հիվանդությունների բուժման և ուռուցքների վաղաժամ ախտորոշման համար: Այդ տեսակետից հետաքրքրություն է ներկայացնում ստացված ռադիոնուկլիդի ակտիվությունը: Նկար 4-ում բերված են բարակ թիրախի համար մեր գիտափորձում ստացված և գրականությունում առկա այլ հեղինակի արդյունքները:



Նկ. 4.  $^{186}\text{Re}$  ռադիոնուկլիդի ակտիվության համեմատում այլ աշխատանքի հետ

Շարունակվում են  $^{nat}\text{W}(p, xn)^{182m, 182g, 183, 184m, 184g}\text{Re}$  ռեակցիաների տվյալների մշակումը:

### Հրատարակումներ

1. А.Э. Аветисян, Р.В. Аветисян, А.Г. Барсегян, Ю.А. Гарибян, А.В. Гюрджинян, Р.К. Даллакян, И.А. Керобян, А.А. Мкртчян «Исследование средневзвешенных сечений для реакций на  $^{93}\text{Nb}$  на тормозном пучке ЛУЭ-75» Ядерная физика, том 84, No. 2, стр. 1-6, 2021.
2. Р.В. Аветисян, А.Г. Барсегян, Ю.А. Гарибян, А.В. Гюрджинян, И.А. Керобян, А. А. Мкртчян «Производство медицинского изотопа  $^{186g}\text{Re}$  на протонном пучке циклотрона С18/18» Известия Академии Наук РА. Отправлено в печать.
3. A.E. Avetisyan, R.V. Avetisyan, A.G. Barseghyan, R.K. Dallakyan, Yu.A. Gharibyan, A.V. Gyurjinyan, I.A. Kerobyan, H.A. Mkrтчyan «Measurement of average cross sections and isomeric ratios for  $^{nat}\text{Re}(\gamma, xn)$  reactions with bremsstrahlung» Nuclear Instruments and Methods B. Submitted to print.

## Օգտագործված գրականություն

1. A. Koning, S. Hilaire, S. Goriely, TALYS 1.9 nuclear reaction program, 2017.
2. M. Herman, R. Capote, M. Sin, A. Trkov et al., EMPIRE-3.2 Rivoli modular system for nuclear reaction calculations and nuclear data evaluation, 2013.
3. J.F. Ziegler, J.P. Biersack, U. Littmark, The code of SRIM – Stopping and Range of Ions in Matter, January 1, 2000, Version 2000.XX; <http://www.srim.org/>. James Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack “The Stopping and Range of Ions in Mater” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms 268(11-12):1818-1823, 2010.
4. H. Naik, G.N. Kim, “Photo-neutron reaction cross-section for  $^{93}\text{Nb}$  in the end-point bremsstrahlung energies of 12–16 and 45–70 MeV”, Nuclear Physics A (2013).
5. A.K. Md. L Rahman et al., “Study on Effective Average ( $\gamma$ , n) Cross Section for  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{90}\text{Zr}$ ,  $^{93}\text{Nb}$ , and  $^{133}\text{Cs}$  and ( $\gamma$ , 3n) Cross Section for  $^{99}\text{Tc}$ ”, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 47, No. 7, p. 618–625 (2010).
6. MAESTRO®-32 MCA Emulator for Microsoft® Windows® 2000 Professional and XP® Professional, Software User’s Manual, ORTEC Part No. 777800.
7. S. Lapi, W.J. Mills, J. Wilson, S. McQuarrie, J. Publicover, M. Schueller, D. Schyler, J.J. Ressler a , T.J. Ruth “Production cross-sections of 181–186 Re isotopes from proton bombardment of natural tungsten” Applied Radiation and Isotopes 65 (2007) 345–349.
8. F. Tárkányi, A. Hermanne, S. Takács, F. Ditrói, F. Kovalev, A.V. Ignatyuk “New measurement and evaluation of the excitation function of the  $^{186}\text{W}(p,n)$  nuclear reaction for production of the therapeutic radioisotope  $^{186}\text{Re}$ ” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 264 (2007) 389–394.
9. L. Solin, V.A. Jakovlev, I.E. Alekseev and V.V. Lazarev “Cyclotron Yields of Rhenium-186” Proceedings of the 5th International Conference on Isotopes 5ICI Brussels, Belgium, April 25-29 (2005) 131-136.
10. M. Hussain, S. Sudár, M. N. Aslam, A. A. Malik, R. Ahmad and S. M. Qaim “Evaluation of charged particle induced reaction cross section data for production of the important therapeutic radionuclide  $^{186}\text{Re}$ ” Radiochim. Acta 98, 385–395 (2010).
11. M.L. Bonardi, F. Groppi, E. Persico, E. Quartapelle, A.Gandini, M. Marchetti, and S. Manenti., “Radiochemical separation and quality control of high specific activity Re-186g in no-carrier-added form from cyclotron irradiated W and W-186 targets”, In: NRC7-Int conf on Nuclear and Radiochemistry, Budapest, Hungary, 2008.

12. D. Choudhury, N. Naskar, S. Lahiri «Production and separation of no-carrier-added <sup>181-184</sup>Re radioisotopes from proton irradiated tungsten target». Radiochim Acta 106(9):743–749, 2018.

### **Ցածր ֆոնային լաբորատորիայում կատարված ուսումնասիրություններ**

Ղեկավար՝ Լևոն Պողոսյան

Կատարողներ՝ Հ. Գուլբանյան, Վ. Պողոսով, Տ. Քոթանջյան, Ս. Ամիրխանյան, Ա. Ալեքսանյան, Օ. Պողոսովա

Շարունակվել է ԱԱԳԼ-ի էլեկտրոնային զծային արագացուցչի վրա 25, 40 և 70 ՄԷվ սահմանային էներգիաներով արգելակման ֆոտոնների փնջերով ճառագայթված տարբեր թիրախների, այդ թվում՝ ածխածնի, պղնձի, արծաթի, ոսկու, կապարի և բիսմութի գերմանատի (Bi<sub>4</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) թիրախների, գամմա-ակտիվության վերլուծությունը ցածրֆոնային լաբորատորիայում գործող սպեկտրաչափի միջոցով և չափման տվյալների մշակումը: Ստացվել են նախնական տվյալներ մի շարք ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների ելքերի վերաբերյալ: Ընթացքի մեջ է «Թթվածնի միջուկից <sup>7</sup>Be-ի առաջացման հետազոտումը արգելակման ֆոտոններով  $E_{\gamma}^{max} = 40$  և  $70$  ՄԷվ էներգիաների դեպքում» հոդվածի նախապատրաստումը:

Շարունակվել է C-18 ցիկլոտրոնի վրա 17.5 ՄԷվ էներգիայով պրոտոնների փնջերով ճառագայթված տարբեր թիրախների, այդ թվում՝ պղնձի, թորիումի, ուրանի և բիսմութի գերմանատի (Bi<sub>4</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) թիրախների, գամմա-ակտիվության վերլուծությունը և չափման տվյալների մշակումը:

Նախապատրաստվել են մի շարք հետազոտական նախագծեր և հայտեր, այդ թվում՝

- ա) «Study of the prompt gamma's angular anisotropy in the spontaneous fission of <sup>252</sup>Cf».
- բ) «Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթման բնական և արհեստական աղբյուրների հայտնաբերման և ուսումնասիրման սարքավորումների ստեղծման հնարավորության հետազոտում»
- գ) «Ծանր միջուկների հետ պրոտոնների փոխազդեցությունների հետազոտումը C-18 ցիկլոտրոնի վրա».
- դ) Գիտական ստորաբաժանման վերազինմանն ուղղված գիտական թեմայի հայտ «Գամմա-սպեկտրաչափական ցածրֆոնային բազային գիտասարքի ստեղծումը».

ե) Էլեկտրոնային գծային արագացուցչի վրա 28ՄԷվ և 55ՄԷվ գիտափորձերի նախապատրաստական աշխատանքներ:

Ցածր էներգիաների միջուկային ֆիզիկայի բնագավառից բացի, իրականացվել են նաև ուսումնասիրություններ տարատեսակ սահմանափակող պոտենցիալներով գլանային քվանտային կետերի օպտիկական հատկությունների վերաբերյալ:

Հրատարակված աշխատանքների ցանկ

1. A.R. Balabekyan et al., “Study of formation of alpha particles in photonuclear reactions at the energy of photons 20 and 40 MeV“, Journal of Contemporary Physics (Armenian Academy of Sciences), 2020, Vol. 55, No. 1, pp. 1- 7
2. A.S. Hakobyan et al., “A study of reactions of one or more neutron photoemission from bismuth“, Journal of Contemporary Physics (Armenian Academy of Sciences), 2020, Vol. 55, No. 2, pp. 111- 117
3. A. Aleksanyan et al., “The study of photoproduction of cobalt radioisotopes from copper nuclei“, Journal of Contemporary Physics (Armenian Academy of Sciences), 2020 (in print)
4. Tigran V. Kotanjyan, Hovhannes Kh. Tevosyan, “Optical absorption and photoluminescence of cylindrical quantum dot with Modified Pöschl-Teller and Morse confining potentials “, International Youth Conference on Electronics, Telecommunications and Information Technologies. Springer Proceedings in Physics, vol 255, pp. 65-77 (2020)

### **Չերենկոյան դիտակների օգնությամբ աստղաֆիզիկական աղբյուրների ուսումնասիրումը (HESS և CTA)**

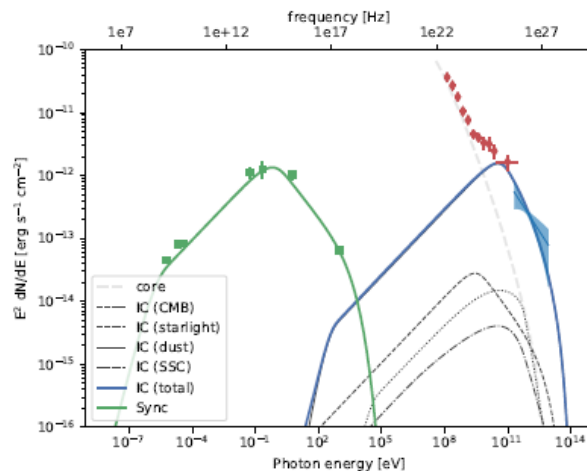
Ղեկավար՝ ֆիզ.մաթ.գիտ.թեկնածու Վ. Սահակյան  
Կատարող՝ Գ. Պապյան, Ս. Ժամկոչյան

Ա.Ի.Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիայի (Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ) Փորձարարական ֆիզիկայի բաժանմունքի Չերենկոյան դիտակների օգնությամբ աստղաֆիզիկական աղբյուրների ուսումնասիրման (HESS և CTA) խումբը 2020թ. շարունակել է մասնակցել H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System) համագործակցության աշխատանքներին, հետազոտել է ֆոնային Չերենկոյան պատկերների ուղղվածության պարամետրի առանձնահատկությունները և ձևավորել է CTA (Cherenkov Telescope Array)

համագործակցության LST (Large-Size Telescope) դիտակի աշխատանքը մոդելավորող Մոնտե-Կարլո բանկ:

H.E.S.S. համագործակցության շրջանակներում, մասնավորապես, կատարվել են հետևյալ աշխատանքները՝

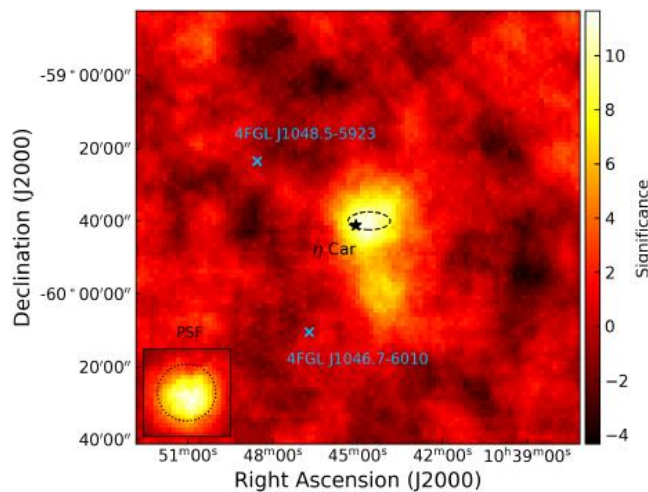
- Ցույց է տրվել, որ Centaurus A ռադիոգալակտիկայի գամմա ճառագայթման տիրույթը տարածվում է մի քանի հազար լուսատարի հեռավորության վրա, ինչը նշանակում է, որ ճառագայթումն առաջացնող մասնիկներն արագանում են ոչ միայն կենտրոնական սև խոռոչի մոտակայքում, այլ նաև պլազմային շիթերի ամբողջ երկարությամբ [1]: Դիտումներն իրականացվել են 2004-2016թթ, դիտման ժամանակը կազմել է 202ժ, իսկ ազդանշանն առանձնացվել է 13.1 $\sigma$  հուսալիությամբ՝ 240ԳէՎ-ից բարձր տիրույթի համար: Փորձարարական արդյունքների վերլուծության ժամանակ օգտագործվել է աղբյուրի կետային, շառավղային սիմետրիկ և էլիպսաձև Գաուսյան մոդելները և լավագույն համընկնումը ստացվել է էլիպսաձև Գաուսյան մոդելի ժամանակ, ընդ որում՝ էլիպսի մեծ առանցքի ուղղությունը համապատասխանում է ռադիո և ռենտգենյան շիթերի ուղղության հետ: Էլիպսի մեծ կիսաառանցքը գերազանցում է 2.2կպկ, ինչը նշանակում է, որ շատ բարձր էներգիաների (ՇԲԷ,  $E > 100$ ԳէՎ) գամմա-ճառագայթումն առաջանում է սև խոռոչից հեռու մեծ մաշտաբների վրա: Տվյալների առկայությունը ՏէՎ տիրույթում ցույց է տալիս, որ ՇԲԷ գամմա-ճառագայթումը հիմնականում պայմանավորված է  $\geq 10^7$  Լորենց ֆակտոր ունեցող էլեկտրոնների վրա ֆոտոնների հակադարձ Կոմպտոնյան ցրումով (տես, Նկար 1):



Նկ. 1. Centaurus A-ի ներքին, կիլոպարսեկ մասշտաբի շիթի էներգիայի սպեկտրալ բաշխվածություն:

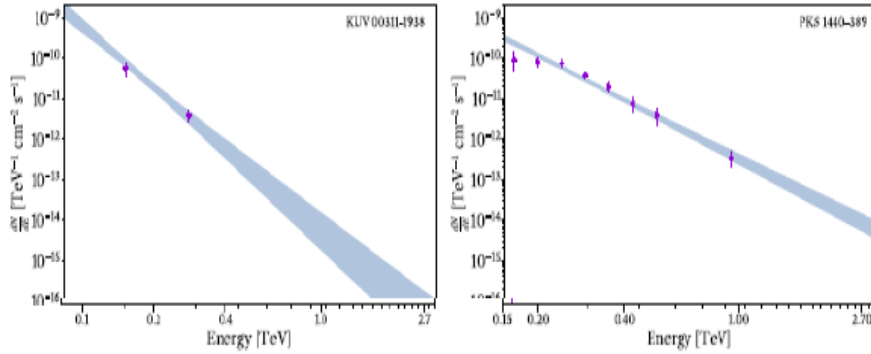


• Գրանցվել է ՇԲԷ գամմա-ճառագայթների հոսք  $\eta$  Car երկակի համակարգից [2]: Դիտումներն իրականացրել են  $\eta$  Car-ի վերջին աստղամերձ անցման (periastron passage) մոտ՝ 2014թ. և վերլուծվել են CT5 մեծ դիտակի տվյալները: Առանձնացվել են տվյալների երկու խումբ (SIV)՝ ըստ տարբեր տրիգերային պայմանների՝ SIV-I և SIV-II, որոնց համար գնահատվել է էներգետիկ շեմը՝ համապատասխանաբար 190ԳէՎ և 220ԳէՎ:  $\eta$  Car-ի վրա կենտրոնացված ազդանշանի տիրույթում առանձնացվել է (526±62) գամմա դեպք՝ 8.9 $\sigma$  հուսալիությամբ SIV-I-ում և (541±56) դեպք՝ 10.3 $\sigma$  հուսալիությամբ՝ SIV-II-ում (տես, Նկար 2): Ճառագայթումը կարելի է նկարագրել աստիճանային ֆունկցիայի տեսքով: Սպեկտրալ ինդեքսը SIV-I-ի համար կազմում է  $\Gamma_{DS-I}=3.94\pm0.35_{stat}$ ՝ 190ԳէՎ շեմային էներգիայից բարձր տիրույթի համար, իսկ հոսքի նորմավորման գործակիցը գնահատվել է  $F_{0,DS-I}=(5.1\pm0.5_{stat})\times10^{-11}$  ֆամ<sup>-2</sup> վրկ<sup>-1</sup> ՏէՎ<sup>-1</sup>՝  $E_{0,DS-I}=290$ ԳէՎ “դեկոլերյացիոն” էներգիայի դեպքում: SIV-II-ի համար  $\Gamma_{DS-II}=3.49\pm0.23_{stat}$ ՝ 220ԳէՎ շեմային էներգիայից բարձր և  $F_{0,DS-II}=(3.2\pm0.3_{stat})\times10^{-11}$  ֆամ<sup>-2</sup> վրկ<sup>-1</sup> ՏէՎ<sup>-1</sup>՝  $E_{0,DS-II}=360$  ԳէՎ “դեկոլերյացիոն” էներգիայի դեպքում:



Նկ. 2. CT5 մոնո վերլուծությունից ստացված հուսալիության քարտեզը տվյալների միավորված երկու խմբերի համար:

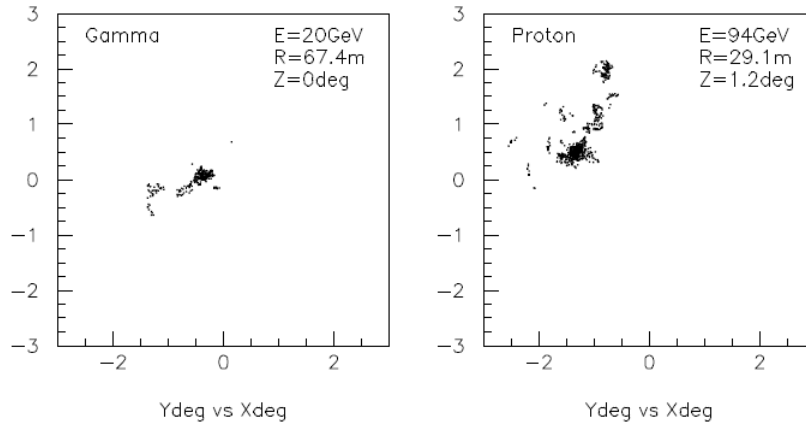
• Գրանցվել է ՇԲԷ գամմա-ճառագայթների հոսք BL Lac KUV 00311–1938 PKS 1440–389 բլազարներից [3]: H.E.S.S.-ի դիտումներն ուղեկցվել կամ նախորդել են նույն օբյեկտների բազմաալիքային դիտումներին, որոնք իրականացվել են Fermi /LAT, Swift-ի XRT և UVOT դիտակների, ինչպես նաև H.E.S.S.-ի օժանդակ 75սմ օպտիկական ATOM դիտակի կողմից: KUV 00311–1938 բլազարի դիտումներն իրականացվել են 2009-2014թթ, դիտման ժամանակը կազմել է 102.6ժ, ազդանշանն առանձնացվել է 5.2σ հուսալիությամբ (աղբյուրի ուղղությամբ և դրանից դուրս դեպքերի քանակը կազմել է  $N_{\text{ON}}=4273$  և  $N_{\text{OFF}}=53247$ , ֆոնի նորմավորման գործակիցը՝  $\alpha=0.073849$ ): Ճառագայթման սպեկտրը կարելի է նկարագրել  $dN/dE = N_0(E/E_0)^{-\Gamma}$  աստիճանային ֆունկցիայի տեսքով.  $\Gamma = 5.1 \pm 0.6_{\text{stat}} \pm 0.3_{\text{sys}}$ ,  $N_0 = (4.1 \pm 0.8_{\text{stat}} \pm 1.7_{\text{sys}}) \times 10^{-11} \text{ՏէՎ}^{-1} \text{սմ}^{-2} \text{վրկ}^{-1}$ , “դեկոլերյացիոն” էներգիան՝  $E_0 = 170 \text{ԳէՎ}$ : Շեմային էներգիան գնահատվել է  $E_{\text{th}} = 83 \text{ԳէՎ}$ , հոսքը  $E_{\text{th}}$ -ից բարձր տիրույթի համար՝  $F_{(E>E_{\text{th}})} = (3 \pm 1_{\text{stat}} \pm 1_{\text{sys}}) \times 10^{-11} \text{սմ}^{-2} \text{վրկ}^{-1}$  և  $E>147 \text{ԳէՎ}$ -ի դեպքում կազմել է Crab Nebula-ի հոսքի  $\sim 0.9\%$ -ը (տես, Նկար 3-ի ձախ պատկերը): PKS 1440–389-ի դիտումները կատարվել են 2012թ, դիտման ժամանակը կազմել է 11.9ժ, ազդանշանն առանձնացվել է 11.7σ հուսալիությամբ ( $N_{\text{ON}}=999$ ,  $N_{\text{OFF}}=6391$  և  $\alpha=0.102754$ ): Սպեկտրն աստիճանային ֆունկցիայի տեսքով ներկայացնելու դեպքում՝  $\Gamma = 3.7 \pm 0.2_{\text{stat}} \pm 0.3_{\text{sys}}$ ,  $N_0 = (3.5 \pm 0.3_{\text{stat}} \pm 1.2_{\text{sys}}) \times 10^{-11} \text{ՏէՎ}^{-1} \text{սմ}^{-2} \text{վրկ}^{-1}$ ,  $E_0 = 274 \text{ԳէՎ}$ : Շեմային էներգիան գնահատվել է  $E_{\text{th}} = 147 \text{ԳէՎ}$ , հոսքը  $E_{\text{th}}$ -ից բարձր տիրույթի համար՝  $F_{(E>E_{\text{th}})} = (1.87 \pm 0.2_{\text{stat}} \pm 0.8_{\text{sys}}) \times 10^{-11} \text{սմ}^{-2} \text{վրկ}^{-1}$  և  $E>147 \text{ԳէՎ}$ -ի դեպքում կազմել է Crab Nebula-ի հոսքի  $\sim 5.4\%$ -ը (տես, Նկար 3-ի աջ պատկերը):



Նկ. 3. KUV 00311–1938(ձախ պատկեր) PKS 1440–389 (աջ պատկեր) աղբյուրների ՇԲԷ գամմա ճառագայթման դիֆերենցիալ սպեկտրները:

Հիմք ընդունելով Fermi/LAT-ի սպեկտրի էստրապոլյացիան մինչև ՇԲԷ գամմա ռեժիմ գնահատվել է վերոնշյալ աղբյուրների հեռավորության վերին սահմանը.  $z < 0.98$ ՝ KUV 00311–1938-ի դեպքում և  $z < 0.53$ ՝ PKS 1440–38-ի դեպքում: Զուգակցելով օպտիկական սպեկտրոսկոպիայի օգնությամբ նախկինում ստացված ներքին սահմանների հետ, ստացվում է, որ KUV 00311–1938-ի դեպքում հեռավորությունը կազմում է  $0.51 \leq z < 0.98$ , իսկ PKS 1440–389-ի դեպքում՝  $0.14 \leq z < 0.53$ :

Ստեղծվել է CTA LST դիտակի (տրամագիծ՝ 23 մ, տեղակայման բարձրություն՝ ծովի մակարդակից 2200 մ) Մոնտե-Կարլո բանկ՝ ընդգրկելով սկզբնական գամմա-քվանտների և տիեզերական ճառագայթների մաս կազմող պրոտոնների և էլեկտրոնների հեղեղները: Հեղեղները գեներացվել են դիտակի արդյունավետ աշխատանքային տիրույթից՝ 20-30ԳԷՎ-ից մինչև 200-300ԳԷՎ, ավելի լայն տիրույթի համար՝ 10ԳԷՎ-2ՏԷՎ՝ գամմա-քվանտների և էլեկտրոնների դեպքում, 20ԳԷՎ-2ՏԷՎ՝ պրոտոնների դեպքում: Գամմա հեղեղները գեներացվել են դիտակի օպտիկական առանցքին զուգահեռ, իսկ պրոտոնների և էլեկտրոնների գեներացման զենիթային անկյունը խաղարկվել է դիտակի առանցքից  $0-3.7^\circ$  միջակայքում: Նկար 4-ում բերված են մոդելավորված գամմա և պրոտոն հեղեղների օրինակ՝ LST դիտակի վրա ընկնող չերենկովյան ֆոտոնները 240-660նմ տիրույթի համար:



Նկ. 4. Փամմա և պրոտոն Մոնտե-Կարլո հեղեղների չերենկովյան պատկերների օրինակ LST դիտակի համար:

Հրապարակված աշխատանքների ցանկ

1. Resolving acceleration to very high energies along the jet of Centaurus A,

By: H. Abdalla, R. Adam, F. Aharonian et al.,

Group Author(s): HESS Collaboration,

NATURE, Volume 582, Pages: 356–359.

2. Detection of very-high-energy  $\gamma$ -ray emission from the colliding wind binary  $\eta$  Car with H.E.S.S.,

By: H. Abdalla, R. Adam, F. Aharonian et al.,

Group Author(s): HESS Collaboration,

ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, Volume 635, A167 (8 Pages).

3. Very high energy  $\gamma$ -ray emission from two blazars of unknown redshift and upper limits on their distance,

By: H. Abdalla, R. Adam, F. Aharonian et al.,

Group Author(s): HESS Collaboration,

MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, Volume 494, Issue 4, Pages: 5590-5602.