

ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Ֆ.մ.գ.դ. Հ.Գ.Սկրտչյանի Գայանե Ղևոնդյանի Ֆիզմաթ գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար ներկայացված՝ «Study of the ARICH detector performance, as one of the essential components of the charged particle identification in the Belle II experiment» թեմայով թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ

SuperKEKB արագացուցչի և Belle II գիտափորձի հետաքրքրության հիմնական ոլորտը դա «ծանր համային» (heavy flavor) մեզոնների տրոհումների ուսումնասիրումն է: Մրանք երկու քվարկներից կազմված մասնիկներ են, որոնցից մեկը ծանր «գեղեցկության» (beauty), մյուսը «հմայքի» (charm) քվարկ է: Ծանր համային մեզոնների տրոհման պրոցեսի (վերափոխումը այլ ավելի թեթև մասնիկների) ուսումնասիրությունը պարզել է, որ նյութը և հականյութը տարբեր վարքագիծ ունեն: Սակայն դիտարկված տարբերությունները բավականաչափ մեծ չեն, որպեսզի բացատրեն, թե ինչու է այսօրվա տիեզերքը կազմված բացառապես նյութից, այլ ոչ թե նյութի և հականյութի խառնուրդից: Ուստի պետք է, որ գոյություն ունենան նյութ-հականյութի անհամաչափության լրացուցիչ աղբյուրներ, նոր, նախկինում չբացահայտված մասնիկներ որոնք կարող են մասնակցել փոխազդեցությանությանը: Նման չդիտարկված երևույթները բացահայտելու համար պետք է գրանցել և մշակել անհամեմատ ավելի շատ ծանր համային մեզոնների (heavy flavor mesons) տրոհման դեպքեր, քան երբևէ գրտադրվել է նախկին e^+e^- արագացուցիչներում:

KEK-ում, Belle II-ը ի վիճակի է կուտակել իրեն նախորդող Belle գիտափորձի տվյալների համեմատ ավելի քան 50 անգամ ավելի դեպքեր: SuperKEKB-ին եզակի արագացուցիչ է, որն իր ասիմետրիկ էներգիաներով և բարձր ինտենսիվության էլեկտրոն-պոզիտրոնային (e^+e^-) փնջերով ընձեռում է եզակի հնարավորություն ուսումնասիրել հազվագյուտ տրոհման երևույթներ, որոնք դուրս են Ստանդարդ Մոդելի սահմաններից: SuperKEKB-ը հասել է ռեկորդային $L_{peak} = 2 \times 10^{35} [cm^{-2}s^{-1}]$ պայծառության, և նպատակ ունի մինչ 2026-27թթ ավելացնել այն մոտ 3 անգամ, իսկ 2032 թ.-ից հետո հասնել $L_{peak} = 1 \times 10^{36} [cm^{-2}s^{-1}]$ պայծառության:

Belle II գիտափորձը փնտրում է CP սսիմետրիաներ զանազան հազվագյուտ տրոհումներում, նպատակ ունենալով հայտնաբերել «Նոր-Ֆիզիկայի» նշաններ, որոնք դուրս են Ստանդարդ Մոդելի սահմաններից: Նշենք, որ CP սիմետրիայի խախտումը էական է մատերիայի գերիշխող տիեզերքի բացատրման համար:

SuperKEKB-ին և Belle II-ը հիանալի հարմարեցված են մասնիկների Ֆիզիկայի մի շարք առեղծվածային հարցերին պատասխանելու համար: Մասնավորապես, $Y(4S)$ ռեզոնանսի տրոհումից 1-- վիճակում առաջանում են $B^0\bar{B}^0$ զույգերի տրոհման ֆոններից մաքուր դեպքեր: Այս ցածր ֆոնային պայմանները հնարավոր են դարձնում վերականգնել π^0 , ρ^+ , η , η' , ինչպես նաև K_L^0 մեզոնները: (e^+e^-) փնջերի ասիմետրիկ էներգիայի շնորհիվ շատ մասնիկներ, մասնավորապես B կամ D մեզոնները, մինչև տրոհվելն անցնում են բավականաչափ հեռավորություն, որը հնարավորություն է տալիս ավելի ճշգրիտ չափել նրանց կյանքի տևողությունները, խառնման պարամետրը և CP խախտումը:

Կուզեմ նշել, որ Belle II-ը բավականին մեծ միջազգային համագործակցություն է, կազմված 26 երկրների, 100 համալսարանների մոտ 1000 ֆիզիկոսներից: Դառնալ այս համագործակցության լիիրավ անդամ, կատարել աշխատանքներ, որոնք գնահատվում և ընդունվում են համագործակցության կողմից, արդեն մեծ նվաճում է թե ԱՄԳԼ(Երֆի)-ի, և թե հայցորդի համար:

Belle II-ի հիմնական ֆիզիկական տվյալները կուտակվել են $Y(4S)$ ռեզոնանսի տիրույթում, քիչ ավել զույգ B-մեզոնի ծնման շեմից, ուր չեն ծնվում ֆրագմենտացիոն մասնիկներ:

Belle II սարքավորումը մասնիկների գրանցման բազմաշերտ, մեծ մարմնային անկյամբ սարք է, հագեցված է բարձր էներգիաների կոլայդերային գիտափորձերում կիրառվող մի շարք ժամանակակից գրանցիչներով: Այն օժտված է փոխազդեցության գազաթի, բախումներում ծնված տարրերի տրոհումներից առաջացած մասնիկների հետագծերի վերականգնման և տարանջատման լավագույն գրանցիչներով: Belle II գիտափորձի ֆիզիկական ծրագիրը պահանջում է տարբեր տրոհվող մասնիկների արագ վերակառուցում, վերջնական վիճակի հաղորդների տարանջատման համար: Սա իրագործվում է մասնիկների տարանջատման PID սարքերի ցանցով, ներառյալ ամենակարևոր ARICH (Aerogel Ring Imaging Cherenkov Counter) աերոգելային սարքը:

Անչափ կարևոր և ողջունելի էմ համարում ԱՄԳԼ-ի մասնակցությունը նման գիտափորձերին, նամանավանդ երիտասարդ կադրերի նախապատրաստումը և որակավորումը նման բարդ աշխատանքների կատարմամբ: Այս օրինակներից մեկը, Գայանե Ղևոնդյանի քննարկվող առենախոսության առարկան է:

Առենախոսության հիմնական ուսումնասիրությունները նվիրված են Belle II գիտափորձի ARICH գրանցիչի մանրակրկիտ ուսումնասիրմանը, որոնց նպատակն է աղուսյակների տեսքով ստանալ գրանցիչի էֆեկտիվության, մասնիկների սխալ-տարանջատման տվյալներ 1D (կախվածությունը իմպուլսից և անկյունից) և 2D (մասնիկների անկյամբ ինտեգրված իմպուլսից կախվածություն, կամ մասնիկների իմպուլսով ինտեգրված անկյունային կախվածություն) դեպքերի համար: Եզված կախվածությունները ստանալու համար Belle II-ի տվյալներից վերականգնվել են հայտնի տրոհման դեպքեր, ինչպիսին է $D^{*+} \rightarrow D^0(\bar{D}^0)\pi^+$ և $(K^{\mp}\pi^+)\pi^{\pm}$, և կատարվել են հնարավոր ֆոնների գնահատման համար անհրաժեշտ Մոնտե Կարլո հաշվարկներ: Ուսումնասիրվել է նաև լիցքավորված հետազոծերի քանակի հնարավոր կախվածությունը վերջնական վիճակից:

Առենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից (Introduction), 5 գլխից (The Belle II experiment, The Aerogel RICH counter, ARICH performance, Dataset, Results) և եզրակացությունից (Conclusion): Առենախոսության ընհանուր կազմված է 106 էջից, այն ընդգրկում է 60 նկար, 16 աղուսյակ: Էջերից 5-ում բերված է 44 անվամբ գրականության ցնակը, իսկ 10-ում օգտագործած ծրագրերը:

Ներածության բաժնում համառոտ նկարագրված է SuperKEKB արագացուցիչը և Belle II գիտափորձը: Քննարկված է տարբեր հազվագյուտ տրոհման պրոցեսներում CP սխիմմետրիաների որոնումը Ստանդարդ Մոդելից դուրս (BSM) ֆիզիկայի հայտնաբերման համար: Հիմնավորված է ուսումնասիրությունների համար $Y(4S)$ ռեզոնանսի տիրույթի ընտրությունը: Ընդգծվում է ARICH աերոջելային Չերենկովյան սարքի կարևորությունը մասնիկների տարանջատման համար:

Առաջին գլխում նկարագրված է Belle II գիտափորձը: Այն սկսվում է SuperKEKB արագացուցչի նկարագրությամբ, որը հանդիսանում է մինչև 2010 թվականը գործող KEKB արագացուցչի կատարելագործված իրավահաջորդը: Ռեկորդային պայծառությամբ օժտված այս արագացուցիչը հնարավորություն է տալիս կատարել ծայրագույն ճշգրտության չափումներ: SuperKEKB արագացուցչը ֆիզիկական

գիտափորձերի համար սկսել է օգտագործվել 2019 թ.-ից, հասնելով
ռեկորդային պայծառության 2020 թ.-ի հունիսից մինչ 2021թ.-ը: 2022 թ.-ի
հունիսից մինչև 2024 թ.-ի հունվար ամիսը կատարվել են արագացուցչի
արդիականացման և վերազինման մի շարք աշխատանքներ: SuperKEKB
արագացուցիչը և Belle II դետեկտորը վերաթողարկվել են և ֆիզիկական
փորձերը վերսկսվել 2024 թ.-ի հունվարի 29-ից:

Belle II դետեկտորն ունի մոտ 10 մ լայնություն, համարյա նույնքան
բարձրության և 1500 տոննա կշիռ: Նրա գրանցիչների համակարգը
շրջապատում է SuperKEKB արագացուցիչի բախման կետը: Սարքերի
նպատակն է չափել մասնիկների հետագծերը, որոնք առաջանում են
ծնված մեզոնների տրոհման արդյունքում, տարանջատել դրանք և
վերականգնել նրանց էներգիաներն և իմպուլսները:

Մասնիկների էֆեկտիվ գրանցումը և տարանջատումը Belle II
գիտափորձում կատարվում են փնջատարը շրջապատող մի շարք
սարքերով, ինչպիսիք են փոխազդեցության գազաթը ճշգրիտ գրանցող
DEPFET (DEPLETED Field Effect Transistor) համակարգը, մասնիկների
իմպուլսը և էներգիայի կորուստները չափող CDC (Central Drift Chamber)
կենտրոնական դրեյֆային խուցը, որի ազդանշանն օգտագործվում է նաև
առաջին մակարդակի L1 տրիգգերի համակարգում: Մասնիկների
տարանջատման խնդրում էական դեր ունի pfARICH (proximity-focusing
Aerogel Ring Imaging Cherenkov) ակրոգելային Չերենկովյան հաշվիչը և
թափանցման ժամանակի TOP (Time-Of-Propagation) սարքը: Belle II-ի barrel
և end-caps էլեկտրամագնիսական կայորիմետրները, որոնք բաղկացած են
CsI(Tl) և CsI բյուրեղներից և նախատեսված են մասնիկների էներգիայի
ճշգրիտ չափման համար: Սարքերից ամենամեծն է KLM (K-Long-Muon)
երկարակյաց կառնների (K_L) և մյուռնների տարանջատման համակարգը:
Մյուռններն անցնում են KLM-ի շերտերով առանց փոխազդելու, թողնելով
միայն թափանցելիությանը բնորոշ հետք: Ի տարբերություն դրան, K-long
մասնիկները փոխազդում են երկաթի միջուկների հետ՝ առաջացնելով
KLM-ում կլաստերային կուտակումներ: Ուժեղ փոխազդեցության
դեպքերի ընտրության համար, L1 տրիգգերը փնջի հանդիպման պահից 2-4
մկվ-ի ընթացքում մշակում է CDA, ECL, TOP և KLM-ի տվյալները, տալով
DAQ համակարգին ազդանշան՝ գրանցել և պահպանել բոլոր անհրաժեշտ
տվյալները հետագա մշակման համար:

Ատենախոսության **երկրորդ գլուխը** նվիրված է Belle II գիտափորձի Aerogel RICH (ARICH) գրանցիչի կառուցվածքի, աշխատանքային սկզբունքի և չափումներից ստացված նրա բնութագրերի նկարագրմանը: Բերված են համառոտ տեղեկություններ Belle II սարքի գլխավոր հանգույցների, էլեկտրոնիկայի, տվյալների գրանցման, և մասնիկների տարանջատման համակարգի վերաբերյալ (Traking, EmCal, Muon detector, Trigger, DAQ and PID): Չերենկովյան ճառագայթման, ARICH հաշվիչի աշխատանքային սկզբունքը, և նրա կառուցվածքի հարցերը (ռադիատորը, ֆոտոգրանցիչները, էլեկտրոնիկան) քննարկվում են 3-րդ գլխում: ARICH գրանցիչը գտնվում է Belle II սպեկտրոմետրի վերջնամասում: Այն մասնիկների տարանջատման նորագույն սարք է, նախագծված և կառուցված Belle II գիտափորձի համար: Գրանցելով աերոգել ռադիատորում առաքված Չերենկովյան ֆոտոնները կարելի է տարանջատել պիոնները և կաոնները 0.5 - 4 GeV/c իմպուլսային տիրույթում: Երկար կյանքի տևողությամբ լիցքավորված մասնիկների էֆֆեկտիվ տարանջատումը կարևոր դեր ունի հազվագույտ տրոհումների B-tagging-ի համար: Լիցքավորված մասնիկների նույնականացումը և նրանց սխալ-տարանջատումը ներկայացվում է ճիշտ նույնականացման և սխալ-նույնականացման հավանականություններով: Էֆֆեկտիվությունը որոշվում է բոլոր վերակառուցված մասնիկներից ճիշտ նույնականացված մասնիկների մասնաբաժիններով: Մյուս կողմից, սխալ-տարանջատման հավանականությունը տեղեկացնում է, թե այլ տեսակի մասնիկների ինչ մասնաբաժինն է սխալ նույնականացված:

ARICH գրանցիչի հիմնական բաղադրամասերն են Չերենկովյան լույսի առաքման երկշերտ աերոգել ռադիատորը, Չերենկովյան լույսի կոնի ընդարձակման դատարկ տարածքը, HAPD (Hybrid Avalanche Photo-Detector) ֆոտոգայուն հարթությունը, և Belle II-ի համար ստեղծված գրանցիչ էլեկտրոնիկան: ARICH-ը տեղակայված է Belle II դետեկտորի ճակատային մասում, էլեկտրամագնիսական կալորիմետրի դիմաց, ուղղահայաց 1.5 T մագնիսական դաշտին: Այն բաղկացած է մի քանի հիմնական մասերից: Աերոջելային ռադիատորի հարթությունից, մեկ-ֆոտոն գրանցելու ունակությամբ ֆոտոգրանցիչների հարթությունից և գրանցիչ էլեկտրոնիկայից: 4 սմ հաստության աերոգելում առաքված Չերենկովյան ֆոտոնները, անցնելով 16 սմ ընդարձակման բաց տարածքը, գրանցվում են 28% քվանտային էֆֆեկտիվության 420 Hamamatsu Hybrid Avalanche (HAPD) ֆոտոդիոդներով: ARICH-ը նախատեսված է աշխատելու մինչև $8 \times 10^{35} [cm^{-2}s^{-1}]$ պայծառության և ծանր ֆոնային պայմաններում:

Չերենկովյան գրանցիչի համար հարկավոր է, որ ռադիատորն ունենա թափանցելիության մեծ երկարություն և անհրաժեշտ բեկման ցուցիչ: Ընդհանուր առմամբ, թափանցելիությունը նվազում է կախված բեկման ցուցիչից: Ինչքան կարճ է թափանցելիության երկարությունը, այնքան քիչ են առաքված ֆոտոնները: Թափանցելիության առավելագույն երկարությունը գտնվում է բեկման ցուցիչի 1.03 շրջակայքում: Ելնելով դրանից, Belle II-ի ARICH սարքի համար ընտրվել է երկչերտ ռադիատոր, $n=1.045$ վերին շերտի և 1.055 երկրորդ շերտի համար: Երկչերտանի ռադիատորի տարբերակը և նրանց բեկման ցուցիչներն ընտրվել է այնպես, որ առաքած ֆոտոնների օղակները համընկնեն՝ ապահովելով ֆոտոնների անկյան որոշման հնարավորինս մեծ ճշտություն և ֆոտոնների գումարային մեծ ինտենսիվություն: Աերոջելն արտադրվում է գերկրիտիկական չորացման պրոցեսում և ռադիացիայից չի վնասվում: Չափումներով չեն հայտնաբերել որևէ նշանակալի փոփոխություն ճառագայթման դոզայի մինչև 98 kGy դեպքում: ARICH-ի ֆոտոգրանցիչի յուրաքանչյուր 5 մմ -ից փոքր բջջից պահանջվում է մեկ-ֆոտոնի գրանցման կարողություն, 1.5 T մագնիսական դաշտի նկատմամբ անզգայնություն, ռադիացիայի նկատմամբ բավարար դիմադրողակա-նություն, որպիսի դիմանա Belle II-ի աշխատանքին առնվազն 10 տարի ($100 \text{ Gy } 10^{12} [\text{MeV}] \text{ neutron/cm}^2$): Նման պայմաններին լիովին բավարարում է Hamamatsu Photonics-ի HAPD-ը:

Երրորդ գլխում քննարկվում է մասնիկների նույնականացման մեթոդը, հավանականության խտության ֆունկցիայի և էֆֆեկտիվության որոշման հարցերը: ARICH գրանցիչով անցնող լիցքավորված մասնիկների տարանջատման նպատակով 6 մասնիկներից յուրաքանչյուրի համար (էլեկտրոն, մյուոն, պիոն, կաոն, պրոտոն և դեյտրոն) կազմվում է հավանականության ֆունկցիա: Մասնիկների տարանջատումը կատարվում է դնելով սահմանափակումներ այդ հավանականության ֆունկցիաների լոգարիթմերով կազմած հարաբերությունների վրա:

Չորրորդ գլխում ներկայացված է գիտափորձից կուտակված տվյալների ցանկը: Ֆիզիկական մշակման համար նախատեսված տվյալների կուտակումը կատարվել է 2019-2022 թթ.: Չափումները հիմնականում կուտակվել են $Y(4S)$ ռեսոնանսի տիրույթում, որը գտնվում է գույզ B -մեզոնի ($B^0 B^0$) ծնման շեմից վեր: Այս ցածր ֆոնային տիրույթը, ուր չեն ծնվում ֆրագմենտացվող մասնիկներ, թույլ է տալիս էֆֆեկտիվ վերականգնել π^0 , ρ^\pm , η , η' և K^0_L մեզոնները:

Մասնիկների տարանջատման կարողությունը պարզելու համար օգտագործվել են $D^{*\pm} \rightarrow D^0(\bar{D}^0)\pi^\pm \rightarrow (K^\mp\pi^\pm)\pi^\pm$ տրոհման դեպքերը, որոնք կազմում են $D^{*\pm} \rightarrow D^0(\bar{D}^0)\pi^\pm$ տրոհման դեպքերի $(67 \pm 0.5)\%$ -ը և կարելի է վերականգնել համեմատաբար ցածր ֆոներով, քանզի $D^0(\bar{D}^0) \rightarrow (K^\mp\pi^\pm)$ տրոհման դեպքերը կազմում են ընդամենը $(3.947 \pm 0.030)\%$: Օգտակար դեպքերի գատման համար կիրառվել են կորդինատային, մարմնական անկյան և կորցրած զանգվածի սահմանափակումներ: Մշակման համար օգտագործվել են Y(4S) ռեզոնանսի տիրույթի տվյալները: Տարբեր ժամանակ կատարված չափման դեպքերով վերակառուցված D^0 և D^0 ինվարիանտ զանգվածների բաշխման նմանությունը վկայում է տվյալների որակի և սարքի կայունության մասին: Տարբեր կոմբինացիաներով կատարված Մոնտե Կոլոլո հաշվարկները լավ համաձայնության մեջ են գիտափորձից ստացված D^0 և D^{*+} , \bar{D}^0 և D^{*-} դեպքերի ինվարիանտ զանգվածների բաշխումների հետ: Մոնտե Կառլո հաշվարկների համար օգտագործվել է Pythia8 ծրագրային փաթեթը, հիմնվելով Belle II Analysis Software Framework բազային ծրագրի վրա:

Հինգերորդ գլուխն ամբողջությամբ նվիրված է ստացված հիմնական արդյունքների նկարագրմանը: Կատարված է ստացված փորձարարական տվյալների և MC մոդելավորման արդյունքների համեմատություն, նկարագրված է RooFit մեթոդը: Բերված են մասնիկների նույնականացման 1D և 2D մեթոդների դեպքում էֆֆեկտիվության և սխալ-նույնականացման տվյալները: Քննարկվում է տարանջատման որակը բնութագրող R և Q փոփոխականների կախվածությունը:

Եզրակացությունն ամփոփում է ատենախոսության նպատակները, ստացված արդյունքները, քննարկում դրանց ներդրման և Մոնտե Կառլո հաշվարկների ու դրանցում օգտագործվող տեսական մոդելների հետագա լավացման հարցեր:

Ատենախոսությունը գուր չէ որոշ մանր թերություններից: Կնշեմ միայն հետևյալները.

1. Ցանկալի էր ատենախոսության մեջ ներառել ավելի շատ բացատրություններ, թե ինչպես են գնահատվել փորձարարական և Մոնտե Կառլո հաշվարկների սխալները, որոնք բերված են 5-12 աղուսյակներում:

2. Բացակայում է ARICH գրանցիչի էֆֆեկտիվության հաշվարկներում որևէ տեղեկություն սարքի օպտիկայի, առաքված լույսի կլանման, Ռեյեյան ցրման վերաբերյալ, որից կարող են փոփոխվել արդյունքները:
3. Չի քննարկվում տարիների ընթացքում Belle II սարքի, մասնավորապես ARICH գրանցիչի բնութագրերի հնարավոր փոփոխության, ծերացման հարցը (աերոգելի, ֆոտոգրանցիչների, էլեկտրոնիկայի), որը կարևոր է:
4. Ատենախոսության որոշ նկարների որակը ցանկալի էր լավացնել, և ունենալ նրանց բովանդակության ավելի մանրամասն բացատրություն:

Մակայն վերոհիշյալ մանր դիտողություններն էական չեն և նրանք չեն կարող ազդել ատենախոսության բարձր գիտական մակարդակի և ստացված արդյունքների արժեքի վրա: Ատենախոսության թեման, կատարված ուսումնասիրությունները շատ ժամանակակից և արդիական են, իսկ կատարված աշխատանքը կարևոր և կիրառելի:

1. Ներկայացված թեկնածուական ատենախոսությունը իր բովանդակությամբ և ծավալով լիովին համապատասխանում է ԱԱԳԼ-ում գործող ՀՀ ԲՈՀ-ի 024 մասնագիտական խորհրդի Ա.04.16 “Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական ճառագայթների ֆիզիկա” մասնագիտությանը:
2. Հեղինակավոր միջազգային ամսագրերում հրատարակված բոլոր հոդվածներում ատենախոսության հետազոտման նյութը լիարժեք ընդգրկված է:
3. Ատենախոսության շրջանակներում կատարված ARICH Աերոգելային Չերենկովյան հաշվիչի ուսումնասիրության արդյունքները, Մոնտե Կառլո մոդելավորման արդիականացված փաթեթն ընգրկվել են Belle II համագործակցության տվյալների մշակման ընդհանուր փաթեթում:
4. Գայանե Ղևոնդյանի «Study of the ARICH detector performance, as one of the essential components of the charged particle identification in the Belle II experiment» թեմայով թեկնածուական ատենախոսությունը լիովին համապատասխանում է ՀՀ-ում գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգին և հանդիսանում է փորձաարական ֆիզիկայի բնագավառում կարևոր նշանակություն ունեցող խնդրի լուծում:

Ստացված արդյունքները հավաստի են և գիտական դրույթները հիմնավորված: Հիմնական արդյունքները հեղինակի կողմից ստացվել են օգտագործելով բարձր էներգիաների փորձարարական ֆիզիկայի բնագավառում կիրառվող ժամանակակից մեթոդները, տվյալների մշակման և մոդելավորման լավագույն հնարքները: Մեղմագիրը միանգամայն ճիշտ արտացոլում է առենախոսության բովանդակությունը և ստացված հիմնական արդյունքները:

Ելնելով վերոհիշյալից, գտնում եմ, որ Գայանե Ղևոնդյանի «Study of the ARICH detector performance, as one of the essential components of the charged particle identification in the Belle II experiment» թեմայով թեկնածուական առենախոսությունը լիովին համապատասխանում է ԲՈԿ-ի պահանջներին, և նրա հեղինակ Գայանե Ղևոնդյանը արժանի է Ֆիզ. Մաթ. Գիտությունների թեկնածուի կոչման:

Ֆիզ. մաթ. գիտությունների դոկտոր

(մասնագետի պաշտոնը, գիտական աստիճանը)

Խ. Արքայան
(ստորագրություն)

Սկրայան Համլետ Գեղամի

(ա. ա. հ.)

Մասնագետի (Սկրայան Համլետ Գեղամի) ստորագրության իսկությունը

(ա. ա. հ.)

հաստատում եմ.

Էռիկ Խասատյան

(ԱՄԳԼ գիտական քարտուղարի ժ/պ)

(ստորագրություն)

