

Հաստատում եմ  
Երևանի պետական համալսարանի  
գիտական հարցերի գծով պրոռեկտոր  
Ռ. Հ. Բարխուդարյան



փետրվարի 2025 թ.

ԿԱՐԾԻՔ

Բեյլան Անդրեյ Վլադիսլավի՝ Ա.04.16 “Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական ճառագայթների ֆիզիկա” մասնագիտությամբ ֆիզ.մաթ. գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման նպատակով ներկայացված «Կվարկոնիումի և բարձր էներգիայի հադրոնների ծնման մեխանիզմները պրոտոն-պրոտոնային և միջուկ-միջուկային բախումներում՝ Մեծ հադրոնային կոլայդերի էներգիաներում» թեմայով թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսությունը քննարկվել և հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանի Ֆիզիկայի ֆակուլտետի միջուկային ֆիզիկայի ամբիոնի և Ա. Սիսակյանի անվան հեռանկարային հետազոտական միջազգային կենտրոնի 2025թ. հունվարի 30 -ին կայացած համատեղ նիստում: Քննարկմանը մասնակցում էին ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր՝ Ա. Բալաբեկյանը, ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածուներ՝ Գ. Հովհաննիսյանը, Գ. Քաոյանը, Ա. Թումասյանը, Գ. Նիկողոսյանը, ինչպես նաև Ս. Գազինյանը, Ն. Ղարիբյանը:

Աշխատանքը նվիրված է Մեծ հադրոնային կոլայդերում կվարկոնիումի և բարձր էներգիայի հադրոնների ծնման պրոցեսների ուսումնասիրությանը:

Անդրեյ Բեյլակի ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլխից, ստացված տվյալների քննարկումից և եզրակացություն:

**Ներածությունում** ներկայացվում է քվարկոնիումի ուսումնասիրությանը նվիրված հիմնական հետազոտություններն ու կարևորագույն փորձերը: Ներկայացվում են քվարկոնիումի ծնման մեխանիզմները նկարագրող տեսական մոդելները, ինչպես նաև դրանցից յուրաքանչյուրի թերությունները: Ներկայացված է նաև ամփոփում, որը ներառում է այս թեմայի վերաբերյալ արդի գրականության ցանկը:

**Առաջին գլխում** քննարկվում է բարձր էներգիայի ֆիզիկայում քվարկոնիումների և բարձր էներգիայի հադրոնների ծնման մեխանիզմների ուսումնասիրության մեթոդաբանությունը: Մանրամասն քննարկվում են օգտագործվող երկու մոտեցումները՝ ծնման ֆենոմենոլոգիական վերլուծությունը HYDJET++ ծանր իոնների բախումները նկարագրող երկու բաղադրիչներից բաղկացած MONTE CARLO մոդելը, ինչպես նաև փորձարարական տվյալների վերլուծությունը կվարկոնիումների առաջացման ճնշման չափումներում կապարի իոնների բախման ժամանակ CMS գիտափորձում: Գլխում մանրամասն քննարկվում է HYDJET++ մոդելը, հատկապես դրա «փափուկ» բաղադրիչը, որն հիմնված է ռեյատիվիստական հիդրոդինամիկայի հավասարումների պարամետրացման վրա: Նկարագրված է նաև CMS փորձարարական կայանը՝ մասնավորապես մյուոնների գրանցման ալգորիթմը: Այս գլխի վերջում ներկայացված է Անդրեյ Բեյլակի անձնական ներդրումը HYDJET++ գեներատորի զարգացման մեջ, ինչպես նաև նրա ներդրումը CMS փորձարարական կայանի որոշ ենթակառուցվածքների կատարելագործման ուղղությամբ մոնտաժման առաջին փուլում:

**Երկրորդ գլխում** ուսումնասիրվել է չարմոնիումների և չարմոնացված հադրոնների ծնումը ծանր իոնների բախումներում լայն էներգիական տիրույթում ( $\sqrt{s} = 200$  ԳէՎ-ից մինչև  $\sqrt{s} = 5.02$  ՏէՎ մի զույգ նուկլոնների համար)՝ HYDJET++ մոդելի շրջանակներում: Կատարվել է մոդելի կարգավորում նշված տվյալների նկարագրման համար՝ սպեկտրներ, էլիպտիկ հոսքերի, ինչպես նաև PHENIX, STAR և ALICE փորձերում առաջացած  $J/\psi$  և  $D$  մեզոնների համար միջուկային մոդիֆիկացիայի գործակիցներ: Պարզվել է, որ  $\sqrt{s} = 200$  ԳէՎ մի զույգ նուկլոնների համար էներգիայով ոսկու իոնների բախումների դեպքում ոչ  $J/\psi$ , ոչ  $D$  մեզոնները միջավայրի հետ կինետիկ հավասարակշռության մեջ չեն գտնվում և բնութագրվում են ավելի վաղ «համակարգի

սառեցմամբ»՝ համեմատած ինկյուզիվ հադրոնների հետ, ինչը վկայում է համեմատաբար փոքր կտրվածքի մասին:

$\sqrt{s} = 2.76$  ՏէՎ էներգիաներով կապարի իոնների բախման դեպքում D մեզոնների համար իրավիճակը փոխվում է՝ դրանք արդեն նկարագրվում են ինկյուզիվ հադրոններին բնորոշ «սառեցման» ջերմաստիճաններով, ինչը վկայում է, որ այդ էներգիայի դեպքում նրանք արդեն գտնվում են միջավայրի հետ թերմալիզացված վիճակում: Միևնույն ժամանակ, J/ψ մեզոնները՝ թե՛  $\sqrt{s} = 2.76$  ՏէՎ, թե՛  $\sqrt{s} = 5.02$  ՏէՎ մեկ զույգ նուկլոնների համար էներգիաների դեպքում, դեռևս բնութագրվում են ավելի վաղ ջերմային «սառեցմամբ»:

**Երրորդ գլխում** ներկայացված է CMS գիտափորձում J/ψ և Υ մեզոնների ծնման ճնշման վերլուծությունը  $\sqrt{s} = 2.76$  ՏէՎ մեկ զույգ նուկլոնների համար էներգիայով կապարի իոնների բախումների դեպքում: Չափվել են կրկնակի դիֆերենցիալ կտրվածքները Pb-Pb և p-p բախումների նույն էներգիաների համար և կառուցվել է նրանց հարաբերությունը, որը կոչվում է միջուկային փոփոխության գործակից՝  $R_{AA}$ : Չափվել է քվարկոնիումների բևեռացվածությունը, ինչպես նաև ուսումնասիրվել է այդ բևեռացվածության ազդեցությունը դետեկտորի ակսետանսի չափման վրա և, հետևաբար, չափված կտրվածքների վրա: Պարզվել է, որ ամենամեծ ազդեցությունը ակսետանսի չափման վրա (մինչև 40%) կարող է ունենալ լրիվ երկայնական բևեռացված J/ψ մեզոնների համար և լրիվ ուղղահայաց բևեռացված Υ(1S) մեզոնների համար: Միևնույն ժամանակ, փորձում չափված բևեռացվածության արժեքները մոտ էին զրոյին:

J/ψ մեզոնների տրոհումների վերլուծման միջոցով հնարավոր դարձավ տարբերել այդ մասնիկների սկզբնական և երկրորդական բաղադրիչները: Երկրորդական J/ψ-ների ծնման հիմնական մեխանիզմը՝ b-հադրոնների տրոհումն է, հետևաբար, երկրորդական J/ψ-ների ծնման ճնշման չափումը, փաստորեն, հանդիսանում է b-հադրոնների ճնշման անուղղակի չափում:

Ցույց է տրվել, որ սկզբնական J/ψ մեզոնների առաջացումը ճնշվում է միջինում մոտ 2.8 գործակցով (1.6-ից՝ առավել պերեֆերիկ բախումների համար, մինչև 5՝ առավել կենտրոնական բախումների դեպքում): Երկրորդական J/ψ մեզոնների համար նկատվել է ճնշում մոտ 2.6 գործակցով: Երկայնական ուղղությամբ ճնշվածությունը նվազագույն է: Նշենք, որ սա բարձր էներգիայի ֆիզիկայում b-հադրոնների ճնշման առաջին փորձարարական անուղղակի դիտարկումն է շիկացած ուժեղ փոխազդող միջավայրում:

Ստացվել են նաև  $\Upsilon$  մեզոնների համար միջուկային փոփոխության գործակցի կախվածությունները արագությունից, լայնական իմպուլսից և կենտրոնականությունից:  $\Upsilon$  մեզոնների համար, նման  $J/\psi$  մեզոնների դեպքին, ճնշվածությունը նվազում է երկայնական ուղղությամբ, իսկ երբ լայնական իմպուլսը մեծանում է  $10 \text{ GeV}/c$ -ից ավելի, ճնշվածությունը բացակայում է: Մեծ  $p_T$ -ի դեպքում ճնշման բացակայությունը վկայում է այն մասին, որ մեծ լայնական իմպուլսի համար  $\Upsilon$  մեզոնների գունային ծնումը (օկտետային մեխանիզմը) տվյալ պայմաններում գերիշխող է:

**Եզրակացությունում** ամփոփված են բոլոր ստացված արդյունքները:

Անդրեյ Բելյակի անձնական ներդրումը՝

- HYDJET++ մոդելի միջոցով կատարել է ֆենոմենոլոգիական վերլուծություններ  $J/\psi$  մեզոնների ծնման վերաբերյալ ոսկու իոնների բախումների համար  $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$  մեկ զույգ նուկլոնների էներգիայով և կապարի իոնների բախումների համար  $\sqrt{s} = 5.02 \text{ TeV}$  մեկ զույգ նուկլոնների էներգիայով: Ցույց է տվել, որ այս երկու դեպքում  $J/\psi$  մեզոնները բնութագրվում են վաղ ջերմային «սառեցմամբ»՝ համեմատած ինկլուզիվ հադրոնների հետ: Կատարել է HYDJET++ մոդելում  $J/\psi$  մեզոնների սպեկտրները նկարագրելու համար համապատասխան պարամետրերի ընտրություն: Ներկայացրել է նախկինում մշակված ծրագրային կոդի կիրառության վերլուծությունը  $\sqrt{s} = 2.76 \text{ TeV}$  մեկ զույգ նուկլոնների էներգիայի դեպքի համար:
- Հաշվարկել է ակսեպտանսի արժեքները սկզբնական  $J/\psi$  և  $\Upsilon(1S)$  մեզոնների համար կվարկոնիումների ճնշման չափումներում CMS գիտափորձի  $2.76 \text{ TeV}$  մեկ զույգ նուկլոնների էներգիայով կապարի իոնների բախումների դեպքում:
- Չափել է  $J/\psi$  և  $\Upsilon(1S)$  մեզոնների բևեռացումը կվարկոնիումների ճնշման չափումներում CMS գիտափորձի  $2.76 \text{ TeV}$  մեկ զույգ նուկլոնների էներգիայով կապարի իոնների բախումների ժամանակ: Իրականացրել է կվարկոնիումի բևեռացման ազդեցության ուսումնասիրությունը ակսեպտանսի չափման վրա:

Ներկայացված աշխատանքը արժեքավոր ներդրում է մասնագիտական ոլորտում և օգտակար ռեսուրս բարձր էներգիայի ֆիզիկայով զբաղվող գիտնականների համար: Ատենախոսությունը համապատասխանում է

Թեկնածուական աշխատանքի պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Անդրեյ Վլադիսլավի Բեկանը, արժանի է Ա.04.16 «Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական ճառագայթների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանին:

Միջուկային ֆիզիկայի  
ամբիոնի վարիչ  
Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու



Գ.Հ. Հովհաննիսյան

ԵՊՀ գիտ. քարտուղար

Մ.Վ. Հովհաննիսյան

09.02.25թ.