

Ա. Ի. ԱԼԻԽԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԱԶԳԱՅԻՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ԼԱԲՈՐԱՏՈՐԻԱ
(Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ)

Գյուրջինյան Արմեն Վարդանի

ԱՏՈՄԱՅԻՆ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԻՄՆՎԱԾ
ՀԱՄԱԶԱՓՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԿԼԱՍՏԵՐՆԵՐԻ ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա.04.16 - «Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական ճառագայթների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ - 2016

НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИМ. А.И. АЛИХАНИЯНА
(Ереванский Физический Институт)

Гюрджинян Армен Варданович

ИССЛЕДОВАНИЕ АТОМНЫХ ЯДЕР НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ СИММЕТРИИ И
КЛАСТЕРОВ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 “Физика ядра, элементарных частиц и космических лучей”

ЕРЕВАН- 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ա. Ի. Ալիխանյանի անվան Ազգային Գիտական Լաբորատորիայի (ԵրՖԻ) գիտական խորհուրդում:
Գիտական ղեկավար՝

ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆ.մ.գ.դ.

Ռ. Հ. Ավագյան (ԱԱԳԼ)

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆիզ.-մաթ գիտ. դոկտոր

Ա. Ս. Դանագույան (ԵՊՀ)

Ֆիզ.-մաթ գիտ. թեկնածու

Ա. Է. Ավետիսյան (ԱԱԳԼ)

Առաջատար կազմակերպություն՝

Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2016թ. հունիսի 7-ին, ժամը 14⁰⁰-ին ԱԱԳԼ-ի «Միջուկի և տարրական մասնիկների ֆիզիկա» 024 մասնագիտական խորհրդում (Երևան - 0036, Ալիխանյան եղբայրների փ. 2):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԱԱԳԼ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2016թ. մայիսի 6-ին

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար

Ֆիզմաթ գիտությունների դոկտոր

Գ. Ռ. Կարախանյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Национальной Научной Лаборатории имени А. И. Алиханяна (ЕрФИ)

Научный руководитель:

Академик д.ф.м.н.

Р. О. Авакян (ННЛ)

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук

А.С. Данагулян (ЕГУ)

Кандидат физико-математических наук

А.Э. Аветисян (ННЛ)

Ведущая организация:

Ереванский Государственный Университет

Защита состоится 7-го июня, 2016 г. в 14 часов на заседании специализированного совета ВАК 024 "Физика ядра и элементарных частиц" Национальной Научной Лаборатории им. А.И.Алиханяна (Ереван-0036, ул. Братьев Алиханян 2)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ННЛА

Автореферат разослан 6-го мая 2016 г.

Ученый секретарь спец. Совета

доктор физико-математических наук

Д.Р. Караханян

Աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը

Աշխատանքը նվիրված է տարբեր միջուկներում սիմետրիաների և կլաստերների ուսումնասիրությանը: Աշխատանքում մանրամասն ներկայացվում են երկու միջուկային ռեակցիաների փորձարարական արդյունքները և նրանց իրականացման ժամանակ կատարված տրամաշափման, արդյունավետության և այլ անհրաժեշտ հաշվարկները: Գիտափորձերից առաջինը ուսումնասիրում է $A \sim 190$ զանգվածային տիրույթում տարածված ՍուպերՍիմետրիա (SUSY) մոդելը, որը հնարավորություն է տալիս կանխատեսել կենտ-կենտ միջուկների գրգռված էներգետիկ մակարդակները:

Երկրորդ գիտափորձը վերաբերվում է ^{16}O միջուկի ուսումնասիրությանը, որը համարվում է միջուկային աստղաֆիզիկայում ամենակարևոր միջուկներից մեկը: Այդ միջուկի էներգետիկ մակարդակներն օգնում են ավելի լավ հասկանալ α -այրման ռեակցիաները, իսկ $^{12}\text{C}/^{16}\text{O}$ ռեակցիայի արագությունը թույլ է տալիս գնահատել ծանր աստղերի տարիքը:

Թեմայի արդիականությունը

Միջուկների կառուցվածքի ուսումնասիրությունները շատ կարևոր են միջուկային ռեակցիաների և տարբեր նյութերի առաջացման համար: Ստեղծվել են տարբեր միջուկային մոդելներ: Նրանցից ամենատարածվածն է, օրինակ, կաթիլային մոդելը, որը հնարավորություն տվեց բացատրել միջուկի կապի էներգիան, բայց չկարողացավ ապացուցել, թե ինչու որոշ միջուկներ ունեն ավելի մեծ կապի էներգիա, քան շրջակա այլ միջուկները: Այդ իսկ պատճառով առաջ քաշվեց մեկ այլ մոդել՝ թաղանթային մոդելը: Այս մոդելի միջոցով առաջ եկան մոգական թվերը (2, 8, 20, 28, 50, 82, 126) և պարզ դարձավ, որ միջուկները, որոնք ունեն այս թվով պրոտոն կամ նեյտրոն, ավելի կայուն կլինեն, քան շրջակայքում գտնվող այլ միջուկներ: Բայց այս մոդելն ունի թերություն. այն տարբերություն չի դնում պրոտոնի և նեյտրոնի միջև: Այսինքն հաշվի չի առնվում կուլոնյան փոխազդեցությունը: Ստացվում է՝ միջուկին նեյտրոն կամ պրոտոն ավելացնելը հավասար հավանական է: Իրականում դա այդպես չէ, և ապացույցն այն է, որ սկսած որոշ կարգաթվից՝ միջուկում պրոտոնների ու նեյտրոնների թիվը ոչ թե հավասար է, այլ նեյտրոններն ունեն ավելցուկ: Այս հանգամանքը հաշվի առնելով սկսեցին ստեղծվել տարբեր մոդելներ: Ներկայացված աշխատանքներում կատարված են երկու մոդելների վերաբերյալ ուսումնասիրությունները:

ՍուպերՄիմետրիան 1980-ականներից առաջ քաշված տեսություն է, որը հնարավորություն է տալիս կազմելով միջուկների քառյակ, կարողանալ կանխատեսել քառյակի կենտ-կենտ միջուկի էներգետիկ մակարդակները օգտվելով միայն քառյակի մյուս անդամներից (գույգ-գույգ, կենտ-գույգ և գույգ-կենտ): Այս ՍուպերՄիմետրիան չունի ոչ մի ընդհանուր առնչություն CERN-ում կատարվող ուսումնասիրությունների հետ: Անվանումը ստացել է միմիայն այն պատճառով, որ կիրառվում են նույն սիմետրիաները: Ամենատարածված քառյակը $A \sim 190$ տիրույթում դա $^{194,195}\text{Pt}$ և $^{195,196}\text{Au}$ քառյակն է, որի վերաբերյալ կատարվել է գիտափորձ:

Ընդունված է ասել, որ ջրածնի, հելիումի և լիթիումի միջուկները առաջացել են Մեծ Պայթյունի արդյունքում և հանդիսացել են հետագա միջուկների սինթեզի հիմք: Միջուկների համար գոյություն ունի մոդել, որը ենթադրում է, որ միջուկներում որոշ էներգետիկ մակարդակից սկսած միջուկը ոչ թե ունենում է պրոտոնային ու նեյտրոնային բաշխում, այլ կազմված է լինում α -մասնիկներից: Այն միջուկները, որոնք ամողջությամբ α -կլաստեր են դառնում և չի մնում ազատ պրոտոն կամ նեյտրոն կոչվում են α -համալուծ միջուկներ: Այդպիսի միջուկի օրինակ են՝ ^8Be , ^{12}C , ^{16}O և այլն:

Աշխատանքի նպատակը

Առաջին գիտափորձի նպատակն է $^{195,196}\text{Pt}$ թիրախները ուրակոծել պրոտոնային փնջով և ստանալ $^{195,196}\text{Au}$, այնուհետև մշակելով ստացված արդյունքները՝ լավացնել ^{195}Au էներգետիկ մակարդակների պատկերը, և այն կիրառել ^{196}Au միջուկի էներգետիկ մակարդակները տեսականորեն հաշվելու համար, հնարավորության դեպքում չափել նաև ^{196}Au էներգետիկ մակարդակները, որպեսզի հնարավոր լինի համեմատել փորձարարական արդյունքների հետ:

Կիրառական նշանակությունը

Ինչպես նշվեց, ՍուպերՄիմետրիան թույլ է տալիս որոշել կենտ-կենտ միջուկի էներգետիկ մակարդակները՝ ունենալով միայն քառյակի այլ անդամների էներգետիկ մակարդակները: Առաջին գիտափորձի արդյունքները հետագայում կարելի է օգտագործել ^{196}Au միջուկի էներգետիկ մակարդակների ավելի մանրամասն ուսումնասիրության համար՝ այլ միջուկային ռեակցիաների միջոցով:

Համեմատած առաջին գիտափորձի կիրառելիության հետ՝ երկրորդ գիտափորձի արդյունքներն ունեն ավելի լայն կիրառում: ^{16}O միջուկի համար

չափված էներգիաները կարելի է կիրառել աստղերի տարիքը որոշելիս: Միայն հիմնական բաղադրիչ հանդիսանում է այն, որ ոչ բոլոր էներգետիկ մակարդակներն են հայտնի: Հնարավոր է կիրառել α -այրման ռեակցիաները միջուկներն ուսումնասիրելիս և բացատրել թեթև միջուկների առաջացման արագությունները Մեծ Պայթյունից հետո:

Գիտական նորությունը

Գիտափորձերի արդյունքում չափվել են ^{195}Au միջուկի տասը նոր անցում և ութ նոր էներգետիկ մակարդակ մինչև 1.5 ՄէՎ էներգետիկ տիրույթը, որոնք մեծ ներդրում են ունենում ^{196}Au միջուկի էներգետիկ մակարդակների կանխատեսման մեջ: Ցավոք, փոքր $^{196}\text{Pt}(p,n)$ ռեակցիան ուներ մի քանի անգամ փոքր կտրվածք, քան $^{196}\text{Pt}(p,2n)$ ռեակցիան և հնարավոր չեղավ չափել ^{196}Au միջուկի էներգետիկ մակարդակները: Այս փորձի նախապատրաստական աշխատանքների ժամանակ փորձարկվել է նոր և արագ Mesytec MADC-32 ԱԹՓ, որը համեմատաբար ավելի էժան է և ունի ավելի շատ մուտքային կանալ՝ համեմատած ORTEC ASPec-927 ԱԹՓ-ի հետ, որը համարվում է լավագույներից մեկը γ -ճառագայթի սպեկտրասկոպիայում: Սպացուցվել է, որ Mesytec MADC-32 ԱԹՓ չի զիջում ORTEC ASPec-927 ԱԹՓ-ին:

Երկրորդ գիտափորձի արդյունքում չափվեց երկու նոր էներգետիկ մակարդակ 20 ՄէՎ տիրույթից բարձր էներգիայով: Հաշվվեց ^{16}O միջուկի իներցիայի մոմենտը այդ միջուկների համար և ապացուցվեց, որ իսկապես որոշ էներգետիկ մակարդակներում ^{16}O միջուկը ունի 4α -մասնիկի գծային շղթայի տեսք, որն էլ հանգեցնում է մեծ իներցիայի մոմենտի:

Պաշտպանության ներկայացվող արդյունքները

Պաշտպանության ժամանակ կներկայացվեն երկու գիտափորձերի կատարման մեթոդները, հաշվարկման մեթոդները և ստացված արդյունքները:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Աշխատանքը կազմված է ներածությունից, չորս գլխից, վերջաբանից, աղյուսակների և նկարների ցանկից, հապավումներից և հղումների ցանկից:

Աշխատանքի բովանդակությունը

Ներածություն

Ներածությունում նկարագրվում են տարբեր մոդելների կիրառման տիրույթները, նրանց առավելությունները և թերությունները: Այնուհետև

նկարագրվում են ուսումնասիրվող մոդելների զարգացման փուլերը: ՍուպերՄիմետրիայի համար նկարագրվում են հիմնական օգտագործվող սիմետրիաները: Բերված են բանաձևեր էներգետիկ մակարդակները հաշվելու համար: Նկարագրվում է նրանց զարգացումը: Սուպերսիմետրիայի հիմք հանդիսացող Interacting Boson Model (IBM)-ը կիրառելի է միայն գույգ-գույգ միջուկների համար: Այնուհետև այն զարգացվեց և դարձավ Interaction Boson-Fermion Model (IBFM), որը ընդգրկում էր նաև կենտ կարգաթվով միջուկներ, և վերջապես ՍուպերՄիմետրիան, որը կիրառելի է կենտ-կենտ միջուկների համար:

Նկարագրվում է երկրորդ գիտափորձի ուսումնասիրությանը վերաբերող α -կլաստերային միջուկների ֆիզիկական նկարագիրը: Տրվում է տեղեկություն միջուկի α -մոդելի մասին, թե ինչու է α -մասնիկը առանձնանում մյուս թթթն միջուկներից:

Առաջին գլուխ

Ներկայացված են նախկինում կատարված հետազոտությունները: Բերված է տարբեր միջուկային մոդելների նկարագրությունը, նրանց կիրառության սահմանները:

Երկրորդ գլուխ

Աշխատանքը կատարվել է, ԱՄՆ-ի Նոտր Դամի Համալսարանի Վան-դե Գրաֆ տիպի արագացուցչով: Այդ իսկ պատճառով, աշխատանքի երկրորդ գլխում ներկայացվում է նաև արագացուցչի մասին ընդհանուր տեղեկություն: Նկարագրվում է նրա աշխատանքային մեթոդը, թե ինչպես է կատարվում միջուկների արագացումը զծային արագացուցչում: Նաև ներկայացվում է փնջերի ստեղծումը և զարգացումը երկու տեսակի իոնային աղբյուրներում (HIS - Helium Ion source և MC-SNICS - Multi-Cathode Source of Negative Ions by Cesium Sputtering).

Աշխատանքում օգտագործվել են տարբեր տիպի ծրագրային փաթեթներ: Միմուլյացիաների համար օգտագործվել է TALYS և Geant4, իսկ տվյալների մշակման համար ROOT և RadWare: Քանի որ Geant4-ը և ROOT-ը հանդիսանում են բազմաֆունկցիոնալ ծրագրեր, այս բաժնում նկարագրված են նրանց կառուցվածքը և աշխատեցնելու մեթոդները:

Երրորդ գլուխ

Այս գլուխը ներառում է առաջին գիտափորձից ստացված արդյունքները և այդ արդյունքների ստացման համար՝ կարևոր արդյունքներ նոր տիպի էլեկտրոնիկայի և դետեկտորների էֆեկտիվության վերաբերյալ: Փորձի

արդյունքում օգտագործվել են Գերմանիումի և Սիլիկոն-Լիթիումային դետեկտորներ:

Կ-ճառագայթի սպեկտրները մշակելու համար լավագույն ծրագրերից է RadWare-ը, որի մասին ներկայացվում է որոշ համառոտ տեղեկություն և դրանով տվյալների մշակման մեթոդը:

Աշխատանքում կիրառվել է նոր տիպի Mesytec MADC-32 ԱԹՓ (Անալոգ-Թվային Փոխարկիչ ADC), որը շատ ավելի մատչելի է, արագ է և ունի ավելի շատ մուտքային կանալներ: Բերված է գծայնության և լուծողականության համեմատությունը աշխարհում ամենահայտնի ORTEC ASpec-927 ԱԹՓ-ի հետ, որը համարվում է լավագույնը Կ-ճառագայթի սպեկտրոսկոպիայում:

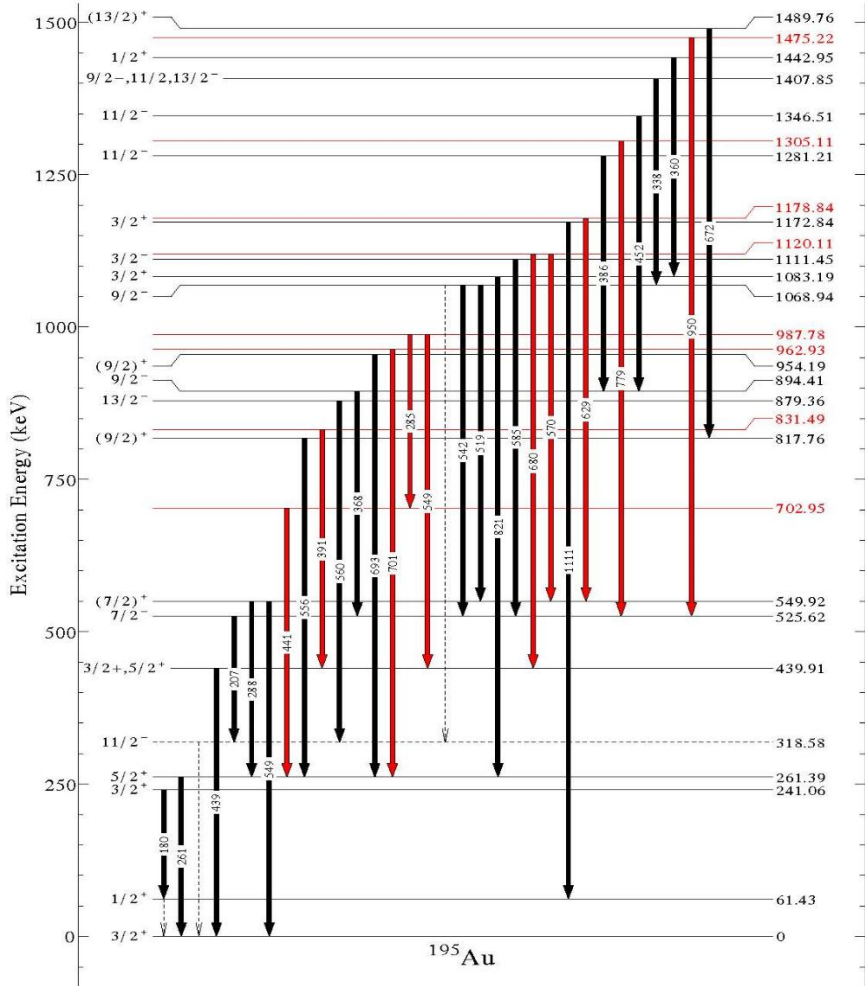
Նաև չափվել են բոլոր դետեկտորների արդյունավետությունները, քանի որ անհրաժեշտ է ունենալ լավ պատկերացում արդյունավետությունների վերաբերյալ Կ-ճառագայթների և էլեկտրոնների քանակը չափել կարողանալու համար:

Տվյալների մշակման ընթացքում չափվել են Կ-ճառագայթներ և կոնվեկցիոն էլեկտրոններ և հաշվվել է կոնվեկցիոն գործակիցը անցումների համար: Այդ գործակիցը համեմատելով տեսական արդյունքների հետ պարզ է դարձել անցումների տեսակը (E1, M1, E2 և այլն): Իմանալով անցման վերջնական էներգետիկ մակարդակի սպինը և զույգությունը, հնարավոր է դառնում կանխատեսել սկզբնական էներգետիկ մակարդակի սպինը և զույգությունը: Սպինի ավելի ճշգրիտ չափումների համար անհրաժեշտ է ստանալ անկյունային բաշխածությունը, որը ցավոք հնարավոր չէր անել դետեկտորների պակասի պատճառով:

Նկար 1-ում բերված է ամբողջական էներգետիկ մակարդակների կառուցվածքը ^{195}Au -ի համար մինչև 1.5 ՄեՎ տիրույթը: Չափվել է տասը նոր անցում, որոնցից իննի համար նաև կոնվեկցիոն գործակիցն է չափվել և ութ նոր էներգետիկ մակարդակ:

$$E = A[N_1(N_1 + 5) + N_2(N_2 + 3)] + B[\Sigma_1(\Sigma_1 + 4) + \Sigma_2(\Sigma_2 + 2)] + B'[\sigma_1(\sigma_1 + 4) + \sigma_1(\sigma_1 + 2) + \sigma_3^2] + C[\tau_1(\tau_1 + 3) + \tau_2(\tau_2 + 1)] + DL(L + 1) + EJ(J + 1) \quad (1)$$

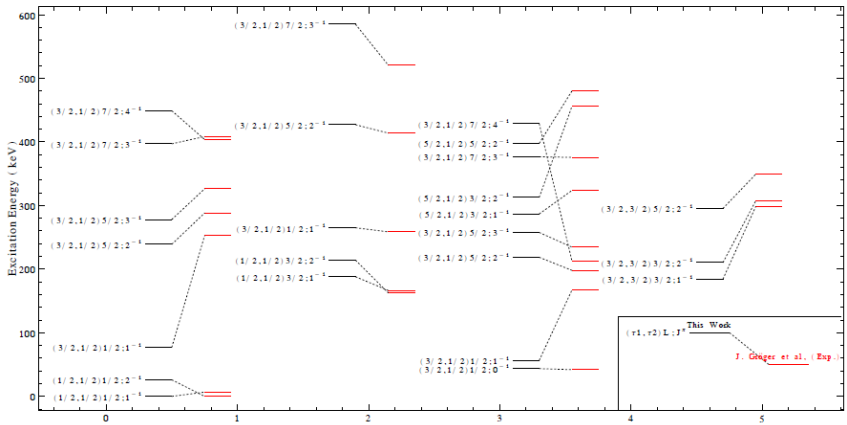
Այնուհետև օգտագործելով ստացված արդյունքները հնարավոր է Մուպերսիմետրիայի միջոցով կատարել կանխատեսումներ ^{196}Au -ի համար: Դա կատարելու համար օգտագործվում է վեր բերված բանաձևը: Բանաձև 1-ում A, B, B', C, D և E-ն պարամետրեր են, իսկ Ni, Si, si, ti, L և J-ն քվանտային թվեր են: Օգտագործելով ^{195}Au -ի համար ստացված էներգետիկ մակարդակները հնարավոր է որոշել պարամետրերը: Այնուհետև այդ պարամետրերով հնարավոր է կառուցել ^{196}Au -ի էներգետիկ մակարդակները:



Նկար 1. Պատկերված են ^{195}Au էներգետիկ մակարդակները մինչև 1.5 ՄէՎ տիրույթ: Գետագծերով պատկերված են այն անցումներն ու էներգետիկ մակարդակները, որոնք չեն դիտվել, բայց այդ անցումները և մակարդակները դիտվել են նախկինում: Սև անընդհատ անցումները և էներգետիկ մակարդակները մինչև այս փորձը հայտնի էին, իսկ կարմիր անընդհատ անցումները և էներգետիկ մակարդակներն այս աշխատանքում են չափված

Քանի որ հնարավորություն չի եղել չափել ^{196}Au -ի էներգետիկ մակարդակները, ապա այն համեմատվել է նախկինում կատարված փորձի արդյունքների հետ: Արդյունքում ստացվել է, որ հաշվված էներգետիկ մակարդակները ավելի լավ են համընկնում փորձարարական արդյունքների հետ: Նկար 2-ում բերված է այդ համեմատությունը:

Արդյունքում ստացվում է, որ ^{195}Au -ի համար մինչև 1250 կԷՎ տիրույթը հնարավոր է հաշվել էներգետիկ մակարդակները մինչև 80 կԷՎ ճշտությամբ, իսկ ^{196}Au -ի համար մինչև 600 կԷՎ էներգետիկ տիրույթը 120 կԷՎ ճշտությամբ:



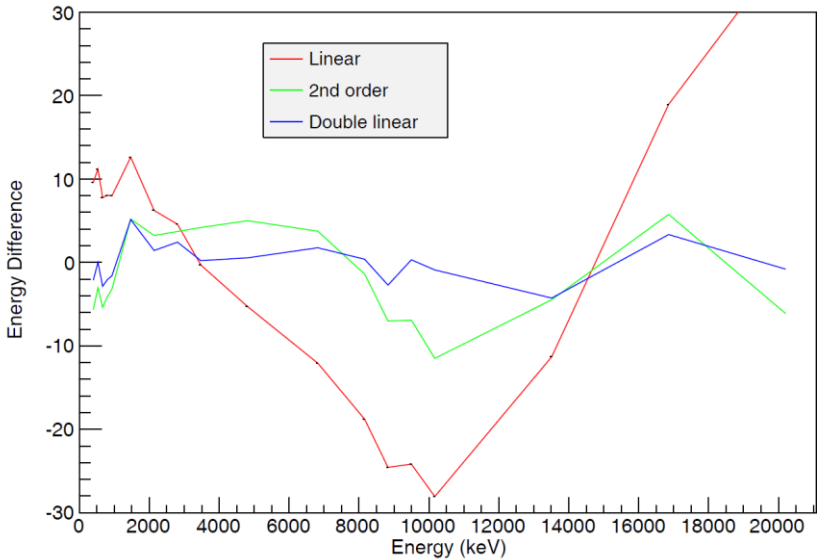
Նկար 2. Պատկերված է ^{196}Au -ի տեսական էներգետիկ մակարդակների և նախկինում կատարված փորձնական արդյունքների համեմատությունը:

Չորրորդ գլուխ

Այս գլխում ներկայացված են $^{13}\text{C}(^4\text{He},n)$ ռեակցիայով գիտափորձի նախապատրաստական աշխատանքները, սիմուլյացիաները և արդյունքները:

Այս փորձը կատարելիս օգտագործվել է չորս 32x32 չափի DSSD (Double-sided Silicon Strip Detector) դետեկտոր, լիցքավորված իոններ գրանցելու և տասներկու հեղուկ սցինտիլյատոր դետեկտորներ՝ նեյտրոնները գրանցելու համար: Ընդհանուր կանալների թիվը DSSD-ի համար 256 է: Այս ամբողջ կանալների համար անհրաժեշտ էր կատարել չափագրում: Դրա համար օգտագործվել է պուլսար և α -աղբյուր: Պուլսարը օգտագործվել է, որպեսզի ստացվի ամբողջ տիրույթում չափագրման կորի տեսքը, իսկ α -աղբյուրը՝ որպեսզի այդ կորը լարումային տեսքից փոխակերպվի էներգետիկ տեսքի: Բոլոր կանալների համար

կիրառված լարումը եղել է 0.02 V – 3 V, իսկ α -աղբյուրը ճառագայթել է երկու էներգիայով α -մասնիկ (3182.8 կէՎ և 5476.0 կէՎ):

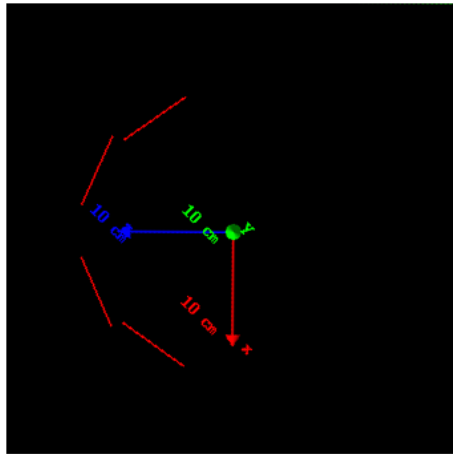


Նկար 3. Չափագրման համար օգտագործված երեք մեթոդները, Գծային (կարմիր), քառակուսային (մանուշակագույն) և երկու գծային (կանաչ):

Չափագրման համար օգտագործված վերը նշված մեթոդները հնարավորություն են տալիս շատ լավ նկարագրել էներգիայի կախումը կանալների թվից: Աշխատանքում օգտագործվել են մի քանի տիպի ֆունկցիաներ, որպեսզի գտնվի լավագույնը: Նկար 3-ում բերված են գծային, քառակուսային և երկու գծային ֆունկցիաների միջոցով կատարված չափագրումները: Երկու գծայինը այն դեպքն է, երբ ամբողջ տիրույթը բաժանվում է երկու մասի և ամեն մեկում դիտարկվում է առանձին գծային ֆունկցիա՝ որպես չափագրման ֆունկցիա: Նկարում կարելի է տեսնել, որ ամենավտոքը էներգետիկ շեղումը ամբողջ տիրույթում ստացվում է, երբ ամբողջ տիրույթը բաժանված է երկու մասի:

DSSD-ի տիպի դետեկտորներում հնարավոր է գրանցել ազդանշան որևէ լարից, որը չի ստեղծվել լիցքավորված մասնիկից: Այդպիսի ազդանշաններ առաջանում են, երբ մի լարում մասնիկի ստեղծած լարումը շատ մեծ է, որը մակածում է հոսանք կողքի լարերում: Արդյունքում կողքի լարերից նույնպես ազդանշան է ստացվում: Այդպիսի ազդանշանը կոչվում է crosstalk: Այս ուղղումները կատարվել են և մուտքագրվել ծրագրերի մեջ, որպեսզի չափվեն էներգետիկ մակարդակները:

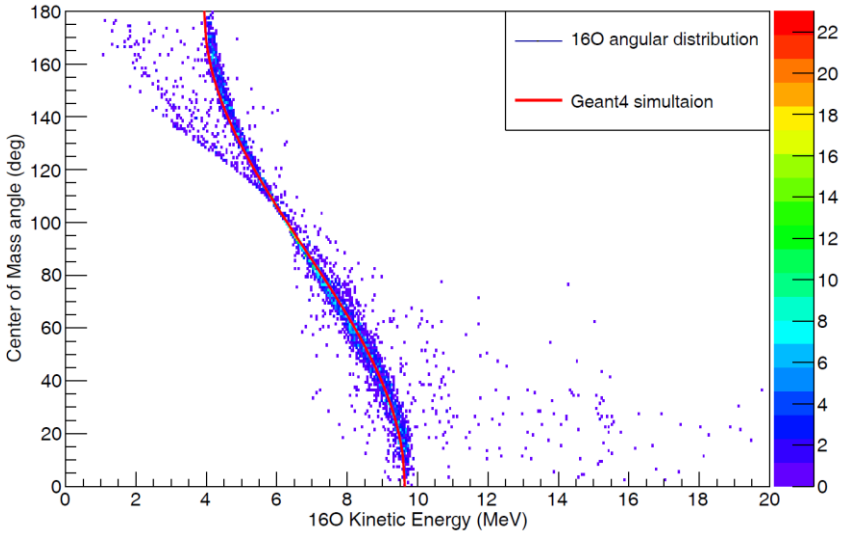
$^{13}\text{C}(^4\text{He},n)$ ռեակցիայի արդյունքում առաջանում է ^{16}O , որը գտնվում է 4α տրոհման մակարդակից բարձր էներգետիկ մակարդակում: Այն կարող է տրոհվել մի քանի ձևով. $^{16}\text{O} \rightarrow 4\ ^4\text{He}$, $^{16}\text{O} \rightarrow ^{12}\text{C} + ^4\text{He}$ կամ $^{16}\text{O} \rightarrow ^8\text{Be} + ^8\text{Be}$: Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել ^{16}O տրոհումը երկու ^8Be -ի միջոցով: ^{16}O էներգետիկ մակարդակի սպինը որոշելու համար անհրաժեշտ է չափել անկյունային բաշխվածությունը: Այդ իսկ պատճառով կատարվել է սիմուլյացիա Geant4-ով, որպեսզի ստացվի իզոտրոպ տրոհման ժամանակ անկյունային բաշխվածությունը: Այդ բաշխվածությունը օգտագործվել է փորձարարական տվյալները մշակելու ժամանակ անկյունային բաշխվածության մեջ:



Նկար 4. Պատկերված են DSSD դետեկտորները (կարմիր գծերով) և կենտրոնում առանցքները 10 սմ չափով:

Սիմուլյացիայի մանրամասն արդյունքները ներկայացվում են երրորդ գլխում: Նկար 4-ում բերված են դետեկտորները (կարմիր գծով), իսկ կենտրոնում բերված են առանցքները 10 սմ չափով:

Վերակառուցելով փորձարարական ^{16}O -ն հնարավոր է դառնում կառուցել ցրման անկյունը: Սիմուլյացիայի և փորձարարական արդյունքի համեմատությունը ներկայացված է նկար 5-ում: Նկարից երևում է, որ սիմուլյացիայի և փորձարարական արդյունքները համընկնում են շատ լավ, այսինքն ծրագիրը կարելի է կիրառել հաշվարկներ կատարելու համար:



Նկար 5. Պատկերված է փորձի արդյունքում չափված անկյունային բաշխվածության համեմատությունը Geant4-ով կատարված սիմուլյացիայի հետ:

Վերջաբան

Վերջաբանում համառոտ ներկայացված են երկու գիտափորձերի արդյունքները, այսինքն այն ամենը, ինչ չափվել է այս աշխատանքների ընթացքում և հանդիսանում է նորույթ ցածր էներգիայի միջուկային ֆիզիկայի բնագավառում:

Աղյուսակների ցանկում ներկայացվում են ատենախոսությունում բերված բոլոր աղյուսակների կարճ բնութագրերը:

Նկարների ցանկում ներկայացվում են ատենախոսությունում պատկերված բոլոր նկարների կարճ բնութագրերը:

Հապավումներում ներկայացվում են ատենախոսությունում օգտագործված բոլոր հապավումները:

Օգտագործված Գրականության ամբողջական ցանկը ներկայացված է ատենախոսությունում, իսկ մի քանի կարևորագույնները նշված են ստորև.

1. J. Gröger, J. Jolie, R. Krücken, C. W. Beusang, M. Caprio, R. F. Casten, J. Cederkall, J. R. Cooper, F. Corminboeuf, L. Genilloud, G. Graw, C. Günther, M. de Huu, A. I. Levon, A. Metz, J. R. Novak, N. Warr and T. Wendel, Phys. Rev. C 62, 064304, (2000)
2. J. Jolie, U. Mayerhofer, T. von Egidy, H. Hiller, J. Klora, H. Linder and H. Trieb, Phys. Rev. C 43, R16 (1991)
3. Susan M. Fischer, Ph.D. Thesis (1994)
4. M. Freer, S. Almaraz-Calderon, A. Aprahamian, N. I. Ashwood, M. Barr, B. Bucher, P. Copp, M. Couder, N. Curtis, X. Fang, F. Jung, S. Leshner, W. Lu, J. D. Malcolm, A. Roberts, W. P. Tan, C. Wheldon, and V. A. Ziman, Phys. Rev. C 83, 034314 (2011)
5. P. Chevallier, F. Scheibling, G. Goldring, I. Plessner, M. W. Sachs, Phys.Rev. 160, 827 (1967)

Անփոփում

Առաջին գիտափորձի արդյունքում չափվել են նոր էներգետիկ մակարդակներ և անցումներ ^{195}Au համար, որոնք մեծ դեր են խաղում ^{196}Au էներգետիկ մակարդակների ուսումնասիրության և տեսական հաշվարկների համար:

Երկրորդ գիտափորձի արդյունքում չափվել են չափագրման ֆունկցիաները, կատարվել են սիմուլյացիաներ և կատարվել են ուղղումներ, որպեսզի հնարավորինս ճշգրիտ չափվեն սպինը և էներգետիկ մակարդակների էներգիաները:

Կատարված աշխատանքները ներկայացվել են APS-ի կոնֆերանսներում, որոնք կարելի է գտնել հետևյալ վերնագրերով.

1. “Examining the Structure of the Oxygen-16 Nucleus”, E. Sauer, A. Aprahamian, W. Tan, A. Gyurjinyan, B. Frenzt, B. Guerin, Annual APS DNP Meeting Bulletin, (2015)
2. “Alpha Cluster states in ^{16}O ”, A. Gyurjinyan, E. Sauer, B. Frenzt, W. Tan, A. Battaglia, A. Nystrom, C. Casarella, M. K. Smith, P. O'Malley, S. T. Marley, S. Strauss, A. Bermudez-Perez, B. Guerin, P. Fasano, A. Aprahamian, M. Febraro, R. O. Torres-Isea, F. D. Becchetti, M. Freer, G. Goldring, Annual APS Prairie Section Bulletin, (2015)
3. “Alpha Cluster States in ^{12}C and ^{16}O ” B. Frenzt, A. Gyurjinyan, E. Sauer, W. Tan, A. Battaglia, A. Nystrom, C. Casarella, M. K. Smith, P. O'Malley, S. T.

Marley, S. Strauss, A. Bermudez-Perez, B. Guerin, P. Fasano, A. Aprahamian, M. Febraro, R. O. Torres-Isea, F. D. Becchetti, M. Freer, G. Goldring, Annual APS Prairie Section Bulletin, (2015)

4. "Coincident Measurements of ^{176}Lu Level Structure for Nuclear Astrophysics using ICEBall and GEORGINA", A. Battaglia, W. Tan, A. Aprahamian, R. Avetisyan, C. Casarella, A. Gyurjinyan, S. T. Marley, A. Nystrom, N. Paul, K. Siegl, K. Smith, M. K. Smith, S. Strauss, Annual APS DNP Meeting Bulletin, (2014)
5. "Nuclear structure studies of ^{195}Au and ^{196}Au ", A. Gyurjinyan, A. Battaglia, A. Gyurjinyan, C. Casarella, A. Nystrom, K. Siegl, K. Smith, M. K. Smith, S. Strauss, W. Tan, A. Aprahamian, Annual APS DNP Meeting Bulletin, (2014)
6. "Characterisation of a new multiple channel analyzer-linearity", R. Avetisyan, A. Gyurjinyan, W. Tan, A. Aprahamian, Annual APS DNP Meeting Bulletin, (2013)

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքների ցանկը`

1. " $^{16}\text{O} \rightarrow ^8\text{Be} + ^8\text{Be}$ Decay Simulation", Armenian Journal of Physics, 9 (1). pp. 39-43. ISSN 1829-1171 A. Gyurjinyan, (2016)
2. "Characterizing New Multi-Channel Peak Sensing ADC-Mesytec MADC-32", Armenian Journal of Physics", 9 (1). pp. 29-33. ISSN 1829-1171 A. Gyurjinyan and R. Avetisyan, (2016)
3. "Conversion Coefficients Measurements for ^{195}Au " Armenian Journal of Physics", 9 (2). pp. 117-119. ISSN 1829-1171 A. Gyurjinyan, (2016)
4. "Measurements of Conversion Electrons in the s-process Branching Point nucleus ^{176}Lu ", A. Battaglia, W. Tan, R. Avetisyan, C. Casarella, A. Gyurjinyan, K. Manukyan, S.T. Marley, A. Nystrom, N. Paul, K. Siegl, K. Smith, M.K. Smith, S. Strauss, and A. Aprahamian, Manuscript number EPJA-103416.R1 (approved for publication)

Studying atomic nuclei based on symmetry and clusters models

Abstract

The structure studies of nuclei is the key part in the explanations of the development of matter after “Big Bang”. Many models were developed to explain the structure of nuclei. They all have advantages and solve a lot of problems, but they also had disadvantages. Due to new models were developed.

The experiment that are presented in this dissertation were carried out at the Nuclear Science Laboratory of the University of Notre Dame, IN, USA. The 11 MV FN Tandem was used to accelerate beam. Following work discuss two models and bring the experimental measurements that were done.

One of the model is the SUSY (SuperSymmetry) which does not have any relationship with the SUSY that was developed in the CERN. This is the model based on the symmetries to predict excited levels of the medium-heavy nuclei ($A \sim 190$). The origin of the model is IBM (Interacting Boson Model) which was developed to study even-even nuclei. Later the model was extended to IBFM (Interacting Boson-Fermion Model), which also include the odd- A nuclei. Later with the IBFM and dynamical symmetries the model was extended to SUSY, which is useful to do predictions for odd-odd nuclei.

The model describes the quartet of nuclei. In the quartet should be an even-even nucleus, odd-even and even-odd nuclei, and odd-odd nucleus. Historically, measuring the odd-odd nuclei excited levels were challenging, the model allows to use other members excited levels fit them with the theoretical equation and get the excitation energy dependence from quantum numbers of the excited state of the odd-odd nuclei. The best example of the group that can be studied with SUSY is $^{194,195}\text{Pt}$, $^{195,196}\text{Au}$ quartet. The experiment in this work presents new experimental results for ^{195}Au studies and theoretical predictions for ^{196}Au . 10 new transitions and 8 new excited levels were measured for the ^{195}Au , which have big impact on ^{196}Au level prediction.

Second model is studying the α -clusters in the light nuclei. During the “Big Bang” only nuclei that were created were Hydrogen, Helium and Lithium. Later they become the building block to produce rest of the periodic table. ^4He is very strong bounded nucleus and interacts very rare with other nuclei. The model was developed that assumes that in some excited levels the nuclei will not just consist of proton and

neutrons, but they will form the α -particles in the nuclei and the excited level should be discussed as a group of α -particles.

The nuclei that completely clustered called α -conjugate nuclei. The best example is the ^{16}O it consists of 4 α -particles. ^{16}O is very important not just for the structure studies, but also for α -burning rates and $^{12}\text{C}/^{16}\text{O}$ rates, which is important to predict the age of stars.

Previously was measured that the ^{16}O has big momentum of inertia in some excited levels. That was explained that the ^{16}O has linear α -chain structure. Second experiment was carried out to reveal that problem. The ^{16}O was excited in such level in which it will break-up into 4 α -particles. This work presents the experimental data analyzes preparations to find out the levels in which ^{16}O breaks into two ^8Be .

The work describes calibration methods with the pulsar and α -sources. Different functions tested and the best calibration function was picked up. Simulations were done with the Geant4 package to find out the isotropic angular distribution which can be used during spin assignment. Comparison of Geant4 with the experimental results are presented in the current work. Other corrections like crosstalk and hit handling was done as well. The corrections were implemented into the scripts which will be used to calculate excited levels of ^{16}O

At the end I would like to thank professors Ani Aprahamian, Wanpeng Tan and other members of the Nuclear Science Laboratory who helped me to do experiments and analyze datas.

Исследование атомных ядер на основе моделей симметрии и кластеров

Резюме

Структурное исследование ядер является ключевым элементом при объяснении развития материи после "Большого Взрыва". Многие модели были разработаны для объяснения структуры ядер. Все они имеют свои преимущества и решают много проблем, однако они имеют также свои недостатки. Поэтому были разработаны новые модели.

Эксперименты, которые представлены в настоящей диссертации, проводились в научной ядерной лаборатории университета Нотр-Дам, Индиана, США. Для ускорения частиц был использован 11 МВ FN Тандем. В данной работе рассмотрены две модели и приведены экспериментальные результаты.

Одной из моделей является СУСИ (СУперСИмметрия), не имеющая никакого отношения с СУСИ, разработанной в CERN. Эта модель, основанная на симметрии, предсказывает возбужденные уровни средне-тяжелых ядер ($A \sim 190$). Модель является следствием IBM (Interacting Boson Model), разработанной для изучения четно-четных ядер. Позже эта модель была расширена до IBFM (Interacting Boson-Fermion Model), которая также включает в себя ядра с нечетным- A . Позже модель IBFM и динамические симметрии были расширены до СУСИ в целях предсказания уровней нечетно-нечетных ядер.

Модель описывает квартет ядер. В квартете должны быть четно-четные, нечетно-четные, четно-нечетные и нечетно-нечетные ядра. Традиционно измерения возбужденных уровней нечетно-нечетных ядер довольно сложны. Модель позволяет использовать возбужденные уровни других членов квартета, приспособить их к теоретическим уравнениям и получить зависимость энергии возбуждения от квантовых чисел возбужденного состояния нечетно-нечетных ядер. Лучшим примером групп, которые могут быть изучены с помощью СУСИ, является квартет $^{194,195}\text{Pt}$, $^{195,196}\text{Au}$. Эксперимент, выполненный в рамках данной работы, представляет новые результаты исследований ^{195}Au и теоретические предсказания для ^{196}Au . Для ^{195}Au были измерены 10 новых переходов и 8 новых возбужденных уровней, которые оказывают большое влияние на предсказания уровней ^{196}Au .

Вторая модель изучает α -кластеры в легких ядрах. Водород, гелий и литий были единственными ядрами, которые образовались в результате "Большого Взрыва". Позже они стали строительными блоками для получения остальных элементов таблицы Менделеева. ^4He очень стабильное ядро и довольно редко

взаимодействует с другими ядрами. Модель предполагает, что некоторые возбужденные уровни ядра состоят не только из протонов и нейтронов, но образуют также α -частицы, и возбужденные уровни ядер следует рассматривать в качестве группы α -частиц.

Полностью кластеризованные ядра называются α -сопряженными. Наилучшим примером такого ядра является ^{16}O , который состоит из 4 α -частиц. ^{16}O представляет интерес не только с точки зрения изучения структуры, но и для определения скорости α -сжигания и $^{12}\text{C}/^{16}\text{O}$, что очень важно для предсказания возраста звезд.

Проведенные ранее измерения показали, что ^{16}O имеет большой момент инерции в некоторых возбужденных уровнях. Этим объяснялась линейная структура α -цепей в ^{16}O .

Второй эксперимент был проведен с целью выявления этой проблемы. В эксперименте ядра ^{16}O возбуждались до определенного уровня, при котором оно распадалось на 4 α -частицы. В работе представлены экспериментальные данные анализов препаратов, чтобы выяснить уровни, в которых ^{16}O разбивается на два ^8Be .

Работа описывает методы калибровки с пульсаром и α -источников. Различные функции проверены и лучшая функция калибровки подхватила. Моделирование было сделано с пакетом Geant4, чтобы выяснить изотропное угловое распределение, которое может быть использовано в ходе спин задания. Сравнение Geant4 с экспериментальными результатами представлены в текущей работе. Другие поправки, как перекрестные помехи и хит обработки было сделано, а также. Поправки были реализованы в сценарии, которые будут использоваться для расчета возбужденных уровней ^{16}O .

В заключение я хочу поблагодарить профессора Ani Aprahamian, Wanpeng Tan и других членов научно-ядерной лаборатории, которые мне помогли при проведении эксперимента и анализе полученных данных.