

Резоскан препаратының тиімділігі мен қауіпсіздігін бағалау үшін, простатит қатерлі ісігі бар пациенттерде қаңқадағы патологиялық өзгерістер болған жағдайда, біз Резоскан,  $^{99m}\text{Tc}$  және Технофор,  $^{99m}\text{Tc}$  препараттарымен остеосцинтиграфия нәтижелерін ашық көп орталандырылған салыстырмалы зерттеу жүргіздік.

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Билик, А.С. Атомная физика, изложенная на языке физики свойств / А.С. Билик. - М.: Издательство ЛКИ, 2017, 184 с.
2. Браун, А.Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум: Учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. - М.: Инфра-М, 2019, 352 с.
3. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие: для вузов в 5 томах. Том 5. Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин. - М.: Физматлит, 2008, 784 с.

ӘӨЖ 539.172.6

## АЛЬФА-БӨЛШЕКТЕРІН БЕРУ РЕАКЦИЯЛАРЫ

Сайлаубеков Ерназар Қанатұлы

[ernazardosym@gmail.com](mailto:ernazardosym@gmail.com)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – А.К. Морзабаев

Кластерлі ядролық модельдерде ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  және т.б.) протондар мен нейтрондардың тең саны бар жеңіл ядролардың бар екендігін көрсететін себептер бар болып шыққан. Ол  $\alpha$ -бөлшектің аномальды түрде үлкен тұрақтылығының болуымен түсіндіріледі. Мәселен,  $\alpha$ -бөлшекте, нуклонның байланыс энергиясы шамамен 20 МэВ деп алынды (мысалы, көптеген ядроларда шамамен 7 МэВ қана).

XXI-ші ғасыр басында нуклондардың кластерлі құбылысы эксперименталды түрде жақсы анықталған болатын. Соның ішінде ең жиі кездесетін  $\alpha$ -бөлшектер кластерлері. Олар төрт нуклонның бірігуін білдіреді (екі нейтрон, екі протон). Ядрода кластерлердің болуы тәжірибе жүзінде байқалатын құбылыстар: осы кластерлердің бөлінуімен ядроның ыдырау ықтималдығының артуы, осы кластерлердің берілуімен жүретін реакция қимасының жоғарылауы (мысалы,  $^{12}\text{C} + ^6\text{Li} \rightarrow ^{16}\text{O} + ^2\text{H}$  реакциясындағы  $\alpha$ -бөлшектерінің берілу реакциясы) және т.б.[1].

$^{12}\text{C} + ^6\text{Li} \rightarrow ^{16}\text{O} + ^2\text{H}$  реакциясын мысал ретінде алып, арнайы программада шағын тәжірибе жүргізіп көрелік. Ол үшін, сол программа жайлы қысқаша ақпарат бере кетсек. NRV-энергиясы аз ядролық білім базасы (NRV-Low Energy Nuclear Knowledge Base) атты сайттың ішіндегі программаларды қолданамыз. Жоғарғыдағы реакцияда берілу бөлшегі гелий атомы. Ол жерде көміртек гелийді қабылдап алып, оттекке түрленген. Кіру каналына жататын реакция ол әрине  $^{12}\text{C} + ^6\text{Li}$ . Кіру каналындағы реакция энергиясы және тағы басқа физикалық шамаларды программа бірден шығарып береді. Ол 1-ші кестеде көрсетілген.

Екінші шығу каналына келетін болсақ, ол реакцияның екінші бөлігі, яғни  $^{16}\text{O} + ^2\text{H}$ . Осы реакция жайлы да физикалық параметрлер автоматты түрде анықталады. Оны 2-ші кестеге толтырамыз. Ол жерде энергия, спин, арақашықтықтар көрсетілген.

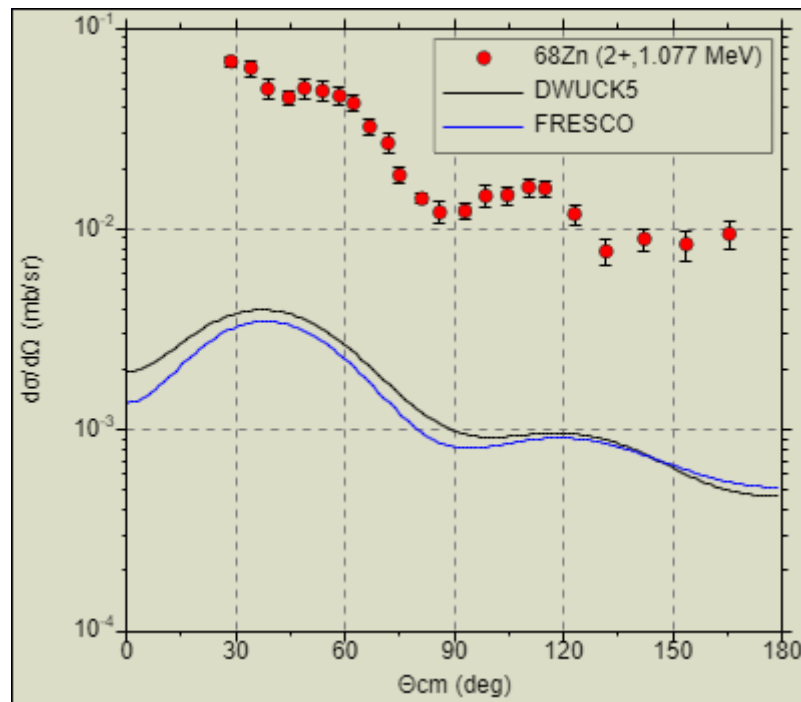
Енді біз зерттеп отырған реакцияға келсек, ол  $^{12}\text{C} + ^6\text{Li} \rightarrow ^{16}\text{O} + ^2\text{H}$ , және ондағы берілетін бөлшек  $^4\text{He}$ . Спині нөлге тең. Бұрмаланған толқынның ішіндегі ядролардың берілуі және жуықтауға келесі графиктерде бейнелеуге тырысамыз. Толқындардың бұрмаланған соңғы диапазоны (DWBA) төмен коллизиялық энергиядағы нуклонның ауысу реакцияларының қосымшасында сипатталған, және компьютердің DWUCK5 коды NRV-ге бейімделген. Толық сипаттамасы DWBA беріліс амплитудасы және қимасы болады. 1-ші суретке назар аударайық.

Кесте 1  $^{12}\text{C} + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^{16}\text{O} + {}^2\text{H}$  реакцияның бірінші бөліміне қатысты параметрлер

Кіру каналы (Entrance channel)							
Атқылаушы бөлшек (Projectile)	Li	6	Spin	1	$r_0$	1.22	Fm
Нысана Бөлшек (Target)	C	12	Spin	2	$r_0$	1.16	Fm
Реакция энергиясы (Energy)	Lab	6	CM	4	E/A	1	MeV

Кесте 2  $^{12}\text{C} + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^{16}\text{O} + {}^2\text{H}$  реакциясының екінші бөліміне қатысты параметрлер

Шығу каналы (Exit channel)										
Ұшып шыққан бөлшек (Ejectile)	H	2	Spin	0	$r_0$	1.22	fm	$E^*$	0	MeV
Түзілген Бөлшек (Target like)	O	16	Spin	0	$r_0$	1.16	fm	$E^*$	0	MeV
Энергия (Energy)	Lab	10,89	CM	9,688	E/A	5,45	MeV			
Q (реакция энергиясы)	5,688	MeV								



1- Сурет.  $^{12}\text{C}({}^6\text{Li},d){}^{16}\text{O}$ ,  $E_{\text{lab}} = 6 \text{ MeV}$  реакциясының қималардан тәуелділік графигі

NRV тарату реакциясы бөлімі компьютердің DWUCK5 кодына негізделген. Ол шекті диапазонды қолдана отырып, екілік ядролық реакциялар үшін шашыраңқы бақылауларды есептейді. Бұрмаланған толқын Born жуықтау (DWBA).  $A$  ( $a$ ,  $b$ )  $B$  реакциясын қай жерде қарастырамыз. снаряд  $a$  композициялық жүйе ретінде қарастырылады  $a = b + x$  (1-суретті қараңыз). Бөлшек  $x$  нуклон немесе бірнеше нуклон кластері болуы мүмкін, мысалы  $\alpha$ -бөлшек. Бөлшектің  $x$  нысанаға ауысуы композициялық нысана тәрізді түзілуіне әкеледі, шығу каналындағы фрагмент  $B = A + x$ . Барлық бөлшектер болуы мүмкін деп болжаймыз[2].

Үстіндегі сурет туралы айта келе, енгізу параметрлері жайлы талқылайық. NRV білім қоры кіріс параметрлерін орнатуға арналған веб-қызметті (диалогты) ұсынады, DWBA шеңберіндегі нуклондарды ауыстыру қималарын есептеу үшін. Түймешіктердің жоғарғы қатарында пайдаланушы нақты бөлімдерді таңдай алады, (Reaction, Тиісті өзгерту үшін потенциалдар, шекаралық күйлер немесе эксперименттік деректер) параметрлері 1, 2 кесте түрінде беріледі. Альфа – бөлшекпен алмасу қималары 1 –ші суретте көрсетілген. Реакция бөлімінде пайдаланушы өзара әрекеттесетін ядролардың массалары мен зарядтарын таңдай алады, олардың айналуы мен радиусы (радиус жақындық потенциалын есептеу кезінде қолданылады) үшін де кіру және шығу арналары, сондай-ақ берілетін бөлшек және оның реакция түрі (алу немесе беру).

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Оглоблин А. А. Кластерная модель ядра// Большая Российская энциклопедия, Т.14, №5, 2009, С.239-240.
2. Жеребчевский В.И. Тройной кластерный распад//Вест. Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург. 2007, С. 16–33.

УДК 539.12.04

### ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В ЯДЕРНУЮ МЕДИЦИНУ РАДИОХИРУРГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ «ГАММА-НОЖ» В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Сарсенов Руслан Маратович

[Rusykk@gmail.com](mailto:Rusykk@gmail.com)

Магистрант 2-го курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Республика Казахстан  
Научный руководитель – Кабышев А. М.

Радиохирургическая установка «Гамма-нож» (Leksell Gamma Knife) широко применяется в ядерной медицине. В установке «Гамма-нож» используют кобальт-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), его производят и доставляют из Канады.

В нашей стране установку «Гамма-нож» запустят в 2020 году в АО «Национальном центре нейрохирургии» (рис. 1), модель данной установки - Leksell Gamma Knife Perfexion. Монтаж завершен, пусконаладочные работы окончены, калибровка проведена.



Рис. 1. Установка «Гамма-нож» (снимок был сделан в АО «Национальный центр нейрохирургии»).

Во всем аппарате используется 192 радиоактивных источников. Все источники расположены по окружности к мишени. На момент загрузки кобальта в аппарат, он имеет начальную активность около 30 Ки, общая активность примерно 5760 Ки.

Кобальт-60 получают в ядерном реакторе, в результате бомбардировки нейтронами стабильного изотопа кобальта  $^{59}\text{Co}$ .