

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XVIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS
of the XVIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023
Астана**

УДК 001+37
ББК 72+74
G99

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII
Международная научная конференция студентов и молодых
ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International
Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE
BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

ISBN 978-601-337-871-8

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001+37
ББК 72+74

ISBN 978-601-337-871-8

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2023**

туралы негізгі түсінік береді, бұл өз кезегінде болашақта күрделірек есептеулер үшін пайдаланылуы мүмкін.

Борн жуықтаулары сыртқы электрондары бір ядроның айналасында қозғалатын атомдарға арналған, ядроның массасы электронның массасынан әлдеқайда үлкен. Аралық энергия диапазонында электрондар ядроға онша жақын емес қозғалғанда, электрондар арасындағы корреляциялық әсерлерді ескере отырып Борнның жуықтауын жақсартуға болады.

Мысалы, Хартри-Фок жуықтауы көпэлектронды атомдар үшін Борн жуықтауының модификациясы болып табылады. Ол бірнеше электрондары бар атомдар үшін есептеулердің дәлдігін жақсартуға мүмкіндік беретін электронды-электрондық әрекеттесулерді ескереді. Дегенмен, Хартри-Фок жуықтауын қолданса да, кванттық механика әлі күнге дейін көптеген электрон атомдары үшін Шредингер теңдеуін дәл шеше алмайды. Бұл жүйелер үшін тығыздықтың функционалдық әдістері немесе конфигурацияның өзара әрекеттесу әдістері сияқты күрделі әдістерді қолдану қажет.

Жалпы алғанда, Борн жуықтаулары және олардың модификациялары атомдық және молекулалық физика үшін маңызды құрал болып табылады, бірақ олар аралық энергия диапазонындағы жүйелерді және көп электрондары бар жүйелерді сипаттау үшін әрқашан жеткілікті дәл бола бермейді. Ядролық физикада Борн жуықтауы бөлшектердің ядролармен шашырауын сипаттау үшін қолданылады. Бұл жағдайда дифференциалдық қима бойынша шашырау реакциясын талдау үшін Борн жуықтаулары қолданылады, яғни бөлшектердің әртүрлі бұрыштарда шашырау ықтималдығы. Борн жуықтауы шашыраудың көлденең қимасын бөлшектердің өзара әрекеттесуін сипаттайтын шашырау потенциалымен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Борн жуықтауы әрқашан нақты ядролық жүйелерді сипаттау үшін жеткілікті дәл бола бермейді. Атап айтқанда, үлкен зарядтары бар ядролар жағдайында электромагниттік әсерлесу маңызды рөл атқарғанда, ядроның қозуымен байланысты әсерлерді ескеру қажет. Бұл әсерлерді ядролардың дисперсиясы мен қозуының әсерлерін ескеретін оптикалық потенциал моделі сияқты күрделі модельдерді қолдану арқылы есепке алуға болады.

Осылайша, Борн жуықтауы бөлшектердің ядролар бойынша шашырауын сипаттаудың маңызды құралы болып табылады, бірақ олардың қолданылуы кейбір жүйелер үшін шектеулі, ал дәлірек сипаттау үшін күрделі модельдерді пайдалану қажет.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. https://www.physics.udel.edu/~jim/PHYS425_20S/Class%20Notes/Notes_13.pdf
2. [https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Quantum_Mechanics/Introductory_Quantum_Mechanics_\(Fitzpatrick\)/14%3A_Scattering_Theory/14.02%3A_Born_Approximation](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Quantum_Mechanics/Introductory_Quantum_Mechanics_(Fitzpatrick)/14%3A_Scattering_Theory/14.02%3A_Born_Approximation)
3. http://atlas.physics.arizona.edu/~shupe/Indep_Studies_2015/Notes_Goethe_Univ/L5_Scattering_Born
4. <https://physics.stackexchange.com/questions/408726/born-approximation-at-low-energies>

ӘӨЖ 53.3937

РАДИОНУКЛИДТЕРДІ ҚАТЕРЛІ ІСІК ДИАГНОСТИКАСЫНДА ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ ЭНЕРГИЯДА ФОТОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНУІН ТАЛДАУ

Маралов Абдрасул
abdrasul.maralov@mail.ru

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, «Медициналық физика» мамандығының 2 курс
магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекші – Гиниятова Ш.Г.

Радионуклидтік диагностика онкологияда, эндокринологияда, кардиологияда, уронефрологияда, неврологияда кеңінен қолданылады. Қазіргі таңда радионуклидті диагностикада радиофармацевтикалық препараттардың ең үздігі ол – фтордезоксиглюкоза. Фтордезоксиглюкоза өзіндік құрамымен ерекшеленеді. Глюкозаның есебінен қатерлі ісік тіндерін айқындап визуалдауға мүмкіндік береді.

Радиофармпрепараттар қымбаттылығынан және оны тасымалдаудың қиындығынан Республикадағы диагностикалық клиникаларда оларды қолдану кейбір қиындықтар туғызады. Дегенмен циклотрондарды жақын жерде немесе клиникалардың базасында орнату арқылы бұл мәселелер өз шешімін тауып келеді.

Зерттеу бөлімі

Радионуклидтерді медицинада қолдану элементтердің тұрақсыз радиоактивті изотоптарын қолдануға негізделген. Радиоактивті ыдырау – атом ядроларында жүретін процестердің салдары. Радиоактивті ыдырау кезінде энергиясы жоғары бөлшек бөлінеді. Ядрода болып жатқан барлық процестер ядроның көлемі бірнеше фемтометр (10-14м) болатын ықшам түзілім болуымен байланысты. Ядро диаметрі 4-16 фм (${}^4\text{He} - {}^{238}\text{U}$)

$$R = r_0 A^{1/3}$$

$$r_0 = 1,25 \text{ фм.}$$

Ядродағы нуклондар тығыз орналасқан. Заттың тығыздығы $2 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$ жетеді. Ал ядродағы нуклондарды ұстайтын күштер химиялық реакциялар кезінде химиктер қолданатын күштерден әлдеқайда жоғары. Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы бір нуклонға бірнеше МэВ. 1-9 МэВ/нуклон (0,1-0,9 ТДж/моль). Сыртқы электрондардың байланыс энергиясынан айырмашылығы (ондаған эВ бірліктері). Мұндай жоғары энергиялар мен жоғары потенциалдар өздігінен жүретін радиоактивті ыдырау процесінің сыртқы жағдайларға (температура, қысым, т.б.) тәуелді болмауына әкеледі. Осы ыдырау жылдамдығы тұрақты болып қалады, біз бұл тұрақтылыққа әсер ете алмаймыз. Радиоактивті ыдырау заңы ядролардың радиоактивті ыдырау жылдамдығы осы ядролардың санына қатаң пропорционалды екенін айтады, ал ыдырау тұрақтысы уақыт бірлігінде осы ыдырау ықтималдығын сипаттайды.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

λ – ыдырау тұрақтысы

Радиоактивтілік – заттың мөлшерінің өлшемі. Радиоактивтілікті өлшеу заттың концентрациясын анықтауға мүмкіндік береді.

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$A = A_0 \exp(-\lambda t)$$

$$\ln \frac{A_0}{A} = \lambda t$$

Жартылай ыдырау периоды $T_{1/2}$ (t үшін $t = T_{1/2}$, $A = 1/2 A_0$)

$$\ln 2 = \lambda T_{1/2}$$

Радиация қауіпті құбылыс, егер біз аз зиян келтіргіміз келсе, оның ағзаға әсерін барынша азайтуымыз керек. Нуклидтердің ыдырауы неғұрлым тез болса, емдеу немесе диагностика процедурасынан кейін денедегі қалдық доза соғұрлым аз болады. Сондықтан медицинада көбінесе жартылай ыдырау периоды минуттар, сағаттар немесе тәуліктер болатын қысқа мерзімді нуклидтер қолданылады.

1 Белгіленген қосылыстардың меншікті радиоактивтілігі және анықтау шегі.

Нуклид	$T_{1/2}$	Ыдырау түрі	E_{max} , МэВ	р/акт 1 моль	Анықтау шегі *
^{14}C	5730 жыл	β^+	0,16	2,3 ТБк	44 пмоль/л
3H	12,4 жыл	β^+	0,018	1,07 ПБк	94 фмоль/л
^{131}I	8 тәулік	$\beta^+ (\gamma)$	0,61	0,6 ЭБк	166 амоль/л
^{67}Ga	3,3 тәулік	(γ)	0,09-0,3	1,5 ЭБк	67 амоль/л
^{99m}Tc	6 сағат	(γ)	0,14	19 ЭБк	5,2 амоль/л
^{18}F	109 минут	β^+	0,64(γ)	64 ЭБк	1,6 амоль/л
^{68}Ga	68 минут	β^+	1,9(γ)	103 ЭБк	1,0 амоль/л
^{11}C	20,4 минут	β^+	0,96(γ)	341 ЭБк	0,3 амоль/л

2 Негізгі ПЭТ радионуклидтерінің ядролық-физикалық сипаттамалары

Нуклид	$T_{1/2}$, мин	Ыдырау түрі	$E_{max}(\beta^+)$, МэВ	$R_{max}(\beta^+)$, Биотінде жүру қашықтығы, мм	A_{mol} , ТБк/нмоль $n \cdot 10^{21}$ Бк/моль
^{11}C	20,4	β^+ (99,8) ЕС (0,2)	0,96	4,1	0,34
^{13}N	10,0	β^+ (100)	1,19	5,4	0,70
^{15}O	2,0	β^+ (99,9) ЕС (0,1)	1,74	8,2	3,33
^{18}F	109,7	β^+ (97) ЕС (3)	0,63	2,4	0,063

Қазіргі уақытта зерттеулердің 90%-ға жуығы осы радионуклидтердің көмегімен жүргізіледі. Олардың меншікті белсенділігі жоғары (A_{mol}). ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O – биогенді элементтердің изотоптары. Олар салыстырмалы түрде қысқа өмір сүреді. ^{18}F биогендік элементтің «аналогы» (ол – Н және – ОН алмастыруға қабілетті). Ол ұсынылған радионуклидтердің β -бөлшектерінің ең аз энергиясына ие (пациентке аз доза жүктемесі және ыдырау орнын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді).

3 ПЭТ зерттеу үшін биогенді элементтердің радионуклидтерін алудың негізгі әдістері.

Нуклид	Алу реакциясы	Энергия диапазоны, МэВ	Қалың нысана үшін шығым,	Нысана	Химиялық формасы
^{11}C	$^{14}N(p, \alpha)$	13 – 3	3.820	$N_2(O_2)$	^{11}CO $^{11}CO_2$
^{13}N	$^{16}O(p, \alpha)$	16 – 7	1.655	$H_2^{16}O$	$^{13}NO_2$ $^{13}NO_3$

^{15}O	$^{14}\text{N}(\text{d}, \text{n})$	8 – 0	2.368	$^{14}\text{N}_2(\text{O}_2)$	$^{15}\text{O}_2$
	$^{15}\text{N}(\text{p}, \text{n})$	10 – 0	2.220	$^{15}\text{N}_2(\text{O}_2)$	
^{18}F	$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})$	16 – 3	3.893	$\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$ $^{18}\text{O}_2/(\text{F}_2)$	$^{18}\text{F}_{\text{aq}}$ $[\ ^{18}\text{F}]\text{F}_2$
	$^{20}\text{Ne}(\text{d}, \alpha)$	14 – 0	1.110	$\text{Ne}(\text{F}_2)$	$[\ ^{18}\text{F}]\text{F}_2$

^{18}F – ның басқа радионуклидтерге қарағанда артықшылығы:

- жартылай ыдырау периоды 110 минут, ПЭТ зерттеулері үшін өте қолайлы;
- циклотронның су нысанасында ^{18}F -фторидтің жоғары активтілігін алудың ыңғайлы тәсілі (^{18}O -мен реакциядан өте жоғары өнімділік: шамамен 5 Ки және зерттеу кезінде пациенттің ағзасына 5 мКи дозасы енгізіледі);
- ^{18}F бар нуклеофильді фторлау реакцияларына негізделген күрделі синтездер жүргізу мүмкіндігі;
- Күніне бір синтез арқылы ондаған ПЭТ зерттеулерін орындауға болады;
- Радиофармацевтикалық препараттарды басқа орталықтарға жеткізу мүмкіндігі.

Фтор-18 алудың әдістері

Ядролық реакция	Сәулелендірілетін материал	Химиялық формасы	Тасымалдаушы
$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})\ ^{18}\text{F}$	$\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$	^{18}F -фторид	Жоқ
$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})\ ^{18}\text{F}$	$^{18}\text{O}_2 + \text{F}_2(0.5 - 1\%)$	$^{18}\text{F}_2$	Бар
$^{20}\text{Ne}(\text{d}, \alpha)\ ^{18}\text{F}$	$^{20}\text{Ne} + \text{F}_2(0.5 - 1\%)$	$^{18}\text{F}_2$	Бар

Ең көп қолданылатын әдіс - циклотронның су нысанасында ($\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$) ^{18}F алу. Осы реакциялардың нәтижесінде алынған фтордың әртүрлі формалары әртүрлі химиялық реакцияларға түсе алады. Анион ретінде алынған фтор, (^{18}F)F- әрі қарай нуклеофильді орын басу реакцияларында қолданылады. Ал элементар фтор $^{18}\text{F}_2$ электрофильді механизммен әрекеттеседі.

Фтор-18 алудың ядролық реакцияларының сипаттамасы

Ядролық реакция	Сәулелендірілетін зат	^{18}F – ның химиялық формасы	Көлденең қимасы σ_{max} , барн	Қанықтыру шығымы, мКи/мкА*	Алынатын активтілік
$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})\ ^{18}\text{F}$	$[\ ^{18}\text{O}]\text{H}_2\text{O}$	$[\ ^{18}\text{F}]\text{ фторид}$ (тасымалдаушысыз)	0,70	240	25 Ки-ге дейін
$^{20}\text{Ne}(\text{d}, \alpha)\ ^{18}\text{F}$	$\text{Ne}(0.5 - 1\%\text{F}_2)$	$[\ ^{18}\text{F}]\text{F}_2$ (тасымалдаушымен)	0,12	45	300 мКи
$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})\ ^{18}\text{F}$	$[\ ^{18}\text{O}]\text{O}_2$ (плюс F_2)	$[\ ^{18}\text{F}]\text{F}_2$ (тасымалдаушымен)	0,70	160	1,5 Ки

*тәжірибеде циклотрондарда радионуклидтерді алу тиімділігі қанықтыру шығымы деп аталатын мәндермен бағаланады.

Талқылаулар мен нәтижесі

Талқылау нәтижесінде, ядролық физиканың медицинада қолданылуы изотоптарды топтарға бөлуге әкелді. Олар реакторлы, циклотронды және генераторлы изотоптар. Реакторлы нуклидтер (^{131}J , ^{133}Xe) тұрақты нысанды реактордың нейтронды каналына орналастыру арқылы, ыдырау өнімдерін ядролық жанармайлардан бөлу арқылы немесе уранды нысаннан алады. Әдетте бұл нуклидтер жоғары радиотоксикалы, β -сәулелендіргіштер, сондықтан реакторлы радионуклидтар ядролық диагностикада қолданылмайды.

Циклотронды радионуклидтерді (^{67}Ga , ^{123}J , ^{111}In , ^{201}Tl , ^{99}Tl , ^{15}O , ^{18}F , ^{13}N) нысанды циклотронда α -бөлшектермен, протондармен немесе дейтрондармен атқылау арқылы алады. Бұл изотоптар көбіне радио-диагностикалық зерттеулер жүргізуде тиімді электронды қармау арқылы γ -сәуле шығара отырып ыдырайды. Кемшілігі өндірудің қымбаттығы.

Генераторлы радионуклидтер ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{113\text{m}}\text{In}$, $^{81\text{m}}\text{Kr}$) аз өмір сүретін және ұзақ жартылай ыдырау периодты изотоптардан пайда болатын қорғасын контейнерге (генератор) орналастырылады. Генератордың қолданылу жетістігі үлкен ара қашықтыққа қарамастан еншілес нуклидті бөле отырып диагностикалық зертханаға тасымалдауға ыңғайлылығы болып табылады.

Қорытынды

Жалпы радиация қауіпті құбылыс, егер біз аз зиян келтіргіміз келсе, оның ағзаға әсерін барынша азайтуымыз керек. Нуклидтердің ыдырауы неғұрлым тез болса, емдеу немесе диагностика процедурасынан кейін денедегі қалдық доза соғұрлым аз болады. Сондықтан медицинада көбінесе жартылай ыдырау периоды минуттар, сағаттар немесе тәуліктер болатын қысқа мерзімді нуклидтер қолданылады. Зерттеу нәтижесіне сәйкес ең тиімді және қауіпсіз радионуклид адам ағзасына ^{18}F - Фтор-18 (фтордезоксиглюкоза) деп шештік

Пайдаланылған әдебиеттер

- 1 Сергиенко В.Б.и Ядерная медицина в клинической практике // Мед. физика. 2002. № 3 (15). С. 28–31.
- 2 Выпуск магистров физики по специальности "Ядерная медицина" // Мед. физика. 2014. № 3 (63). С. 118.
- 3 Научно-практическая конференция "Радиационные технологии: достижения и перспективы. Ядерная медицина" // Мед. физика. 2014. № 4 (64). С. 121–122.
- 4 Конференция "Ядерная медицина – реализованные проекты и перспективы развития" // Мед. физика. 2016. № 1 (69). С. 121–122.
- 5 Курашвили Ю.Б., Каприн А.Д. Ядерная медицина в России: организационные проблемы и пути их решения // Мед. физика. 2016. № 2 (70). С. 43–46.
- 6 Международная научно-практическая конференция "Радиационные технологии. Ядерная медицина" Мед. физика. 2016. № 4 (72). С. 159–161.
- 7 Секция физики Центрального Дома Ученых. Встреча из серии "На стыке наук". Ядерная медицина и медицинская физика // Мед. физика. 2018. № 2 (78). С. 118–119.
- 8 Давыдов А. С, Теория атомного ядра, М., 1958; Мухин К. Н., Введение в ядерную физику, 2 изд., 1965; Вильдермут К., Тан Я., Единая теория ядра, пер. с англ., М., 1980.
- 9 Бринкевич Д.И., Бринкевич С.Д., Барановский О.А., Чиж Г.В., Иванюкович А.А. Долгоживущие радионуклиды в производстве 2-[^{18}F]фтордезоксиглюкозы // Мед. физика. 2018. № 1 (77). С. 80–88.
- 10 Хмелев А.В. Радионуклиды для позитронной эмиссионной томографии // Мед. физика. 2019. № 1 (81). С. 91–109.