

Приєднання п'ятого нейтрона до конфігурації двох октуполів у берилії  ${}^9_4\text{Be}$ , із-за неможливості зв'язати непарне число диполів з послідовним чергуванням полюсів дає незначне збільшення енергії зв'язку на 1,7 М еВ.

Десятий нуклон берилію  ${}^{10}_4\text{Be}$  усуває непарність нуклонів, і енергія зв'язку ядра ізотопу  ${}^{10}_4\text{Be}$  зростає на 6,8 М еВ.

У берилії  ${}^{11}_4\text{Be}$  та ж проблема непарності, що і у ізотопу  ${}^9_4\text{Be}$ , і, з його утворенням додається всього 0,5 М еВ.

Подібний аналіз з позиції дипольних взаємодій нуклонів можна провести практично для усіх ізотопів, але доцільніше відмітити більш специфічні властивості дипольних взаємодій нуклонів.

### Список використаних джерел:

1. Широков Ю. М. і Юдін Н. П. Ядерна фізика. Видавництво «Наука» 1972.
2. Степанець Ю. А. Попенко В. Й. Взаємодія магнітних диполів. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.
3. Попенко В. Й. Векторні властивості електрона. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2014.

### Попенко В.Й.

*старший науковий співробітник,*

*Науково-виробнича корпорація «Київський інститут автоматики»*

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ НУКЛОНІВ

Природна радіоактивність нестабільних ізотопів відбувається з випусканням електронів, позитронів,  $\alpha$  – часток і  $\gamma$  – випромінювання [1].

$\alpha$  – частка є ядром гелію, що складається з чотирьох нуклонів, двох протонів і двох нейтронів, пов'язаних попарно в квадруполі, з утворенням октуполя [2]. Середня енергія взаємодії нуклонів пов'язаних в октуполь близько 8,07 М еВ, всього на 0,73 М еВ меншою максимальної енергії зв'язку нуклонів в ядрах атомів, що становить 8,8 М еВ на нуклон.

Випускання  $\alpha$  – часток, а не окремих нуклонів, припускає, що нуклони в ядрі об'єднані у блоки, у вигляді октуполів [2]. Підтвердженням тому служить збільшення енергії зв'язку, (сплески) що перевищують у декілька разів середню енергію зв'язку на нуклон, при приєднанні чергового нуклона деяких ізотопів.

Додавання нуклона до ядра підвищує енергію зв'язку, в середньому, на величину  $7 \div 8$  М еВ. Але, коли кількість нуклонів стає кратним чотирьом нуклонам октуполя, два протони і два нейтрони, додавання нейтрона, що завершує цю кратність, супроводжується збільшенням енергії на  $15 \div 20$  М еВ, що перевершує середню енергію зв'язку в два три рази.

Особливо помітно це проявляється у тридцяти легких елементів.

У таблиці V приведені ізотопи елементів з парними номерами, яким властиві сплески енергії зв'язку при додаванні до ядра чергового нуклона.  ${}^4\text{He}^8$ ;  ${}^6\text{C}^{12}$ ... – символи хімічних елементів з номером елементу, нижній індекс, і масовим числом, верхній індекс. Енергія зв'язку ядра в М еВ в першій числовій колонці. Середня енергія зв'язку на нуклон в другій колонці. Енергія приєднання нейтрона, що завершує кратність октуполу (сплеск енергії) в третій колонці. Число блоків – октуполів в четвертій колонці. Енергія зв'язку на один блок – октуполь ядра в п'ятій колонці.

Табл. V.

${}^4\text{He}^8$ ; 28,3; 7,0; 20,6; 1; 28,3.  ${}^6\text{C}^{12}$ ; 92,2; 7,6; 18,8; 3; 30,7.  ${}^8\text{O}^{16}$ ; 127,6; 7,9; 15,7; 4; 31,9.  
 ${}^{10}\text{Ne}^{20}$ ; 160,6; 8,0; 16,18; 5; 32,1.  ${}^{12}\text{Mg}^{24}$ ; 198,3; 8,2; 16,6; 6; 33,1.  
 ${}^{14}\text{Si}^{28}$ ; 236,5; 8,4; 17,1; 7; 33,8.  ${}^{16}\text{S}^{32}$ ; 271,8; 8,5; 15,1; 8; 34.  
 ${}^{18}\text{Ar}^{36}$ ; 306,7; 8,5; 15,3; 9; 34,1.  ${}^{20}\text{Ca}^{40}$ ; 342; 8,5; 15,6; 10; 34,2.  
 ${}^{22}\text{Ti}^{44}$ ; 375,6; 8,5; 16,4; 11; 34,15.  ${}^{24}\text{Cr}^{50}$ ; 422,1; 8,4; 12,9; 12; 35,2.  
 ${}^{26}\text{Fe}^{54}$ ; 471,7; 8,7; 13,6; 13; 36,2.  ${}^{28}\text{Ni}^{58}$ ; 506,4; 8,7; 12,1; 14; 36,17.  
 ${}^{30}\text{Zn}^{62}$ ; 538,1; 8,7; 12,6; 15; 35,9.  ${}^{32}\text{Ge}^{68}$ ; 590,2; 8,7; 12; 16; 36,9.

У таблиці VII дані сплески енергії зв'язку, при приєднанні нейтрона, що завершує кратність октуполю для ядер ізотопів з непарними номерами.

Табл. VII.  ${}^5\text{B}^9$ , 18,6;  ${}^7\text{N}^{13}$ , 20,3;  ${}^9\text{F}^{19}$ , 10,4;  ${}^{11}\text{Na}^{21}$ , 18,5;

${}^{13}\text{Al}^{25}$ , 17,1;  ${}^{15}\text{P}^{29}$ , 17,3;  ${}^{17}\text{Cl}^{33}$ , 16,1;  ${}^{19}\text{K}^{39}$ , 13,1;  
 ${}^{21}\text{Sc}^{41}$ , 15,7;  ${}^{23}\text{V}^{47}$ , 13,1;  ${}^{25}\text{Mn}^{51}$ , 13,5;  ${}^{27}\text{Co}^{55}$ , 14.

Ізотопи таблиці VII є об'єднанням протона з асоціаціями октуполів таблиці V, а деякі містять два додаткові нейтрони, що показано нижче:

${}^5\text{B}^9 = p + {}^4\text{Be}^8$ ;  ${}^7\text{N}^{13} = p + {}^6\text{C}^{12}$ ;  ${}^9\text{F}^{19} = p + {}^8\text{O}^{16} + 2n$ ;  ${}^{11}\text{Na}^{21} = p + {}^{10}\text{Ne}^{20}$ ;  
 ${}^{13}\text{Al}^{25} = p + {}^{12}\text{Mg}^{24}$ ;  ${}^{15}\text{P}^{29} = p + {}^{14}\text{Si}^{28}$ ;  ${}^{17}\text{Cl}^{33} = p + {}^{16}\text{S}^{32}$ ;  ${}^{19}\text{K}^{39} = p + {}^{18}\text{Ar}^{36} + 2n$ ;  
 ${}^{21}\text{Sc}^{41} = p + {}^{20}\text{Ca}^{40}$ ;  ${}^{23}\text{V}^{47} = p + {}^{22}\text{Ti}^{44} + 2n$ ;  ${}^{25}\text{Mn}^{51} = p + {}^{24}\text{Cr}^{50}$ ;  ${}^{27}\text{Co}^{55} = p + {}^{26}\text{Fe}^{54}$ .

Блокова архітектура ядер припускає відхилення їх форми від сферичної.

Із зростанням числа нуклонів ядро поступово набуває сферичної форми, відбувається нівеляція блокової структури ядра у його поверхні. Приєднання нуклонів до ядер важких елементів відбувається не до незавершених фрагментів блоків – октуполів, що супроводжується сплесками енергії зв'язку, а до знівелюваної, однорідної поверхні ядра. Енергія зв'язку їх, починаючи з 80го, стає одноріднішою, величина сплесків помітно зменшуються. Це наочно видно по зміні енергії зв'язку при послідовному приєднанні чергового нуклона до ізотопів свинцю  ${}^{82}\text{Pb}^{203} \div {}^{82}\text{Pb}^{211}$  і вісмуту  ${}^{83}\text{Bi}^{203} \div {}^{83}\text{Bi}^{211}$

${}^{82}\text{Pb}^{203}$  8.4; 6.7; 8.1; 6.7; 7.4; 4.0; 5.2; 3.7; 5.2...

${}^{83}\text{Bi}^{203}$  7.3; 8.4; 7.1; 8.0; 6.9; 7.4; 4.6; 5.1; 4.4...

З позиції дипольного характеру зв'язку нуклонів, ядро атома подібно до грудки злиплої намагніченої залізної тирси, основна відмінність якої відсутність Кулонівського відштовхування між частками.

Кулонівський скалярний потенціал декількох зарядів алгебраїчно складається, тому Кулонівські сили розштовхування протонів в ядрі з підвищенням зарядового числа ядра Z зростають.

Кожен диполь — нуклон інтенсивно взаємодіє з сусідніми прилягаючими до нього диполями і практично не взаємодіє з диполями, що йдуть за ними. Сили дипольних взаємодій є короткодійними силами. З цієї причини середня енергія зв'язку в ядрі, що доводиться на один нуклон, із зростанням числа нуклонів зростає не значно, від 5,5 М еВ для літію до 8,7 М еВ для середніх ядер.

Зростання Кулонівського потенціалу, пропорційно числу протонів знижує енергію зв'язку нуклонів, але, проте, зі збільшенням числа нуклонів в ядрі енергія зв'язку все ж зростає. Сприяє цьому поверхневий ефект, пояснення якому є у будь-якому керівництві по ядерній фізиці.

Збільшення числа протонів в ядрі збільшує щільність заряду і його Кулонівський потенціал. Кулонівські сили розштовхування в ядрі, конкуруючи з ядерними силами, знижують середню енергію зв'язку нуклонів.

Починаючи з ядер з масовим числом більше 50, зростання Кулонівського потенціалу починає випереджати зростання енергії зв'язку диполів, нуклонів. Максимум середнього на нуклон енергії зв'язку, що становить 8,8 М еВ, доводиться на ядра з масовими числами близько 56. Подальше збільшення числа нуклонів в ядрі, і протонів у тому числі, і зростанням Кулонівського потенціалу супроводжується пониженням середньої енергії зв'язку до величини близько 7,5 М еВ для ядер з масовими числами близько 240.

У штучно отримуваних в лабораторних умовах ядер, з масовими числами більше 240 Кулонівський потенціал настільки високий, що Кулонівські сили розштовхування між протонами стають порівнянні з ядерними силами. Ці, штучно створювані ядра розвалюються, проіснувавши не більше за долі секунд з моменту їх виникнення.

Складові ядра нейтрони поза ядром, поза зв'язком з протонами не можуть існувати тривалий час, і за час порядку 11,7 хвилин розпадаються.

Розпад вільного нейтрона на протон і електрон наштовхує на припущення, що нейтрони — це протони, пов'язані з електронами і утримувані від розпаду Кулонівським потенціалом спареного з ним в квадруполь протона.

Відстані між спареними нуклонами в ядрі приблизно дорівнюють декільком долям радіусу дії ядерних сил,  $\sim 0.5 \cdot 10^{-13}$  см. Кулонівський потенціал сусіднього, спареного з нейтроном протона на такій відстані складає величину, близько  $13,6 \cdot \frac{5.3 \cdot 10^{-9}}{0.5 \cdot 10^{-13}} \approx 106$  К еВ, що на багато перевищує потенціал при якому починає проявлятися явище К — захоплення електрона ядром деяких атомів.

Про те, що нейтрон утримує від розпаду, зв'язок з протоном переконує факт стабільності дейтрона. Пов'язані в нім стабільний протон і не стабільний нейтрон, утворюють стабільну сполуку.

Навіть не зовсім стабільний ізотоп тритій, в ядрі, якого пов'язані один протон і два нейтрони, також підтверджує те, що нейтрон утримує від розпаду зв'язок з протоном. Час напіврозпаду тритона, з випусканням електрона і трансформацією одного нейтрона в протон складає близько 12 років. В тому разі, як розпад вільного, не пов'язаного з протоном нейтрона, складає час близько 11 хвилин.

Розпад характерний не лише для вільних нейтронів [1]. Розпад нейтронів відбувається і у середині ядра, коли співвідношення протонів і нейтронів не являється достатнім для утримання деяких збиткових нейтронів від розпаду. Для легких елементів, як літій  ${}^7_3\text{Li}$  це співвідношення складає 1,333, для важких як уран  ${}^{238}_{92}\text{U}$  – 1,587. У ізотопі гелію  ${}^6_2\text{He}$  із співвідношенням числа нейтронів до кількості протонів рівного двом, розпад надмірного нейтрона, з подальшим викидом ядром ізотопу гелію електрона відбувається за час порядку 0.82 с. А в гелії  ${}^8_2\text{He}$  із співвідношенням рівним трьом – відбувається за час порядку 0.12 с.

Ядра ізотопів, переобтяжені нейтронами практично усіх хімічних елементів схильні до електронного розпаду. Час життя їх може тривати від дольов секунди до декількох годин:

$${}^6_2\text{He} - 0,82\text{с}; {}^8_2\text{He} - 0,17\text{с}; {}^8_3\text{Li} - 0,64\text{с}; {}^9_3\text{Li} - 0,17\text{с};$$

$${}^{19}_8\text{O} - 29\text{с}; {}^{20}_8\text{O} - 14\text{с}; {}^{27}_{12}\text{Mg} - 9,4\text{м}; {}^{28}_{12}\text{Mg} - 21\text{ч};$$

При розпаді вільного нейтрона енергія, близько 0,783 М еВ, передається у вигляді кінетичної енергії часткам, що розлітаються, і випромінюванню, при прискоренні електрона що викидається нейтроном, на частотах більших за частоту рентгенівських випромінювань, яке називається анти нейтрино.

Нейтрино і анти нейтрино випромінювання важко спостережувати, оскільки щільність їх на десятки порядків нижче спостережуваних оптичних і рентгенівських випромінювань атомів, щільність яких настільки ж порядків більше щільності нейтронів, що розпадаються.

Для нестабільних ізотопів ядер з недоліком нейтронів характерний протилежний до електронного розпаду процес К – захоплення електронів, який ініціюється високим Кулонівським потенціалом, і супроводжується трансформацією усередині ядра протона в нейтрон [1].

Перевищення енергії нейтрона, що утворюється, над енергією електрона і протона, що утворюють його, відбувається за рахунок перерозподілу енергії зв'язку нуклонів.

Електричні дипольні і мультипольні взаємодії, властиві атомам і молекулам реалізуються в незмірній кількості молекулярних, синтетичних, біохімічних і біологічних утворень мінерального світу і живої природи.

Магнітні дипольні взаємодії [3], властиві нуклонам ядер реалізуються всього в півтора, двох тисячах ізотопів.

Можна вважати, що викладений в доповіді підхід з позиції дипольних взаємодій магнітних моментів нуклонів до природи ядерних сил, дає цілком логічне якісне пояснення спектрів енергії зв'язку нуклонів в атомних ядрах. Втілити правомірність його в математичну форму – справа теоретиків.

### Список використаних джерел:

1. Широков Ю. М. і Юдін Н. П. Ядерна фізика. Видавництво «Наука» 1972.
2. Попенко В. Й. Дипольні взаємодії і взаємодії між нуклонами ядра. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.
3. Степанець Ю. А. Попенко В. Й. Взаємодія магнітних диполів. Тези для наукової конференції «Перспективи розвитку сучасної науки» 2015.