

УДК 539.173

Л. П. Скібінський,

В. Г. Петрук, д. т. н., проф.

СИНТЕЗ ЛЕГКИХ АТОМНИХ ЯДЕР У ГІДРИДАХ МЕХАНІЧНОЮ АКТИВАЦІЄЮ ПРИ ПОНИЖЕНОМУ ЕЛЕКТРОНАМИ ПОТЕНЦІАЛЬНОМУ БАР'ЄРІ

Запропоновано електромагнітну теорію бета-розпаду n -нейтронів і на її основі розроблено теорію синтезу легких ядер у гідридах із пониженням електронами потенціального бар'єр. Вона пояснює принцип роботи гідродинамічних теплових генераторів із механічною активацією компонентів синтезу і відкриває можливість для створення нових типів реакторів синтезу легких і важких ядер.

Постановка задачі

Створення реактора керованого термоядерного синтезу, у якому енерговиділення за рахунок ядерних реакцій з надлишком компенсує витрати енергії від зовнішніх джерел на підтримання реакції поки не завершено через проблеми нагрівання плазми до температури $(300 - 400) \cdot 10^6$ К й утримання її у магнітному полі.

Разом з тим керований ядерний синтез можна здійснити у гідродинамічному тепловому генераторі з механічною активацією гідридів, заправленому важкою чи звичайною водою [1]. Молекули води із сумарною кінетичною енергією $\sim 0,1$ еВ під час зіткнення одна з одною можуть викликати синтез дейтерію або тритію, якщо в місці їхнього зіткнення виявляться атоми водню. Ядра дейтерію й водню в молекулах води екрановані електронами і потенціальний бар'єр між ними виявляється в кілька мільйонів разів нижчий, ніж у гарячій плазмі. Такі теплові генератори, що працюють на синтезі легких ядер з пониженням електронами потенціальним бар'єром [2], вже створені і працюють, але теорії, що пояснює їх принцип роботи ще немає. Тому авторами зроблена спроба розробки такої теорії, а саме — електромагнітної теорії бета-розпаду n -нейтрона.

1. Електромагнітна теорія бета-розпаду n -нейтрона

Е. Фермі створив у 1934 році чотирикомпонентну квантово-польову теорію розпаду нуклонів у ядрах. Процес розпаду нейтрона у цій теорії розглядається як наслідок взаємодії двох заряджених струмів — позитивного адронного струму $\bar{p}n$, що перетворює нейтрон у протон, і негативного лептонного струму $\bar{\nu}_e e$, що народжує $e - \tilde{\nu}_e$ -пару. За цією теорією вільний нейтрон мав розпадатися за схемою

$$n \rightarrow p + e + \tilde{\nu}_e. \quad (1)$$

Однак, якщо врахувати, що повна енергія розпаду нейтрона становить 1,29 МеВ, і, що народжений електрон із цієї енергії при виході з кулонівського поля сил протона повинен подолати потенціальний бар'єр 0,78 МеВ за рахунок слабких сил відштовхування, то порушень закону збереження енергії у цьому процесі не виникає, а на утворення неперервних енергетичних $e - \tilde{\nu}_e$ -спектрів не залишається ніякої енергії й нейтрон повинен розпадатися за схемою

$$n \rightarrow p + e^- + A_C, \quad (2)$$

де $A_C = 0,78$ МеВ — робота виходу електрона із протона. Однак, ця схема не забезпечує неперервних енергетичних $e - \tilde{\nu}_e$ -спектрів розпадів n -нейтронів. Отже, ці проблеми потребують глибо-

кого аналізу та розв'язання без порушення законів збереження енергії та лептонного заряду. Більше того, процеси поглинання та випромінювання електронів ядрами вказують на їх електромагнітну природу і спінову залежність сил між частинками, що взаємодіють.

З цього випливає, що нейтрон може бути і стабільною частинкою, якщо електрон у ньому знаходиться у триплетному з позитроном стані. Таким станом забезпечується стабільність нейтронів у ядрах та захоплення електронів ядрами з К-оболонки атомів. Процес захоплення електронів нуклонами атомних ядер повинен відбуватися за участю електромагнітних сил за схемою



де A_ZX — материнське ядро; ${}^0_{-1}e$ — електрон із масовим числом 0 і зарядовим числом -1; ${}^A_{Z-1}Y$ — дочірнє ядро; γ — фотон, що випромінюється з переходом електрона з К-рівня на ядерний рівень. Вільне місце в К-оболонці, займає електрон із наступної оболонки і супроводжується рентгенівським випромінюванням. Саме за цим випромінюванням й відкрив захоплення електронів нуклонами ядер Л. Альварец у 1937 році. Весь процес протікає так, начебто один із протонів ядра A_ZX перетворюється в нейтрон. Існування цього явища дає підстави припускати, що заряди ядер змінюють спіни та магнітні моменти К-електронів і роблять їх придатними для поглинання. Це явище спостерігається уже в атомах із Z , що ≥ 19 .

У роботі [3] були визначені квантово-механічні характеристики β - та $\tilde{\beta}$ -частинок у n -нейтроні. За цими визначеннями β - та $\tilde{\beta}$ -частинки являють собою кільцеві антиполяризовані електромагнітні частинки-хвилі та струми з радіусами $r_\beta = 0,9897 \cdot 10^{-15}$ м, $r_{\tilde{\beta}} = 0,58736 \cdot 10^{-15}$ м; спінами $\hbar_\beta = m_\beta r_\beta c = 0,27028 \cdot 10^{-36}$ Дж·с; $\hbar_{\tilde{\beta}} = m_{\tilde{\beta}} r_{\tilde{\beta}} c = 0,16046 \cdot 10^{-36}$ Дж·с, електричними струмами $I_\beta = e^- v_\beta = 0,77 \cdot 10^4$ А; $I_{\tilde{\beta}} = e^+ v_{\tilde{\beta}} = 1,302 \cdot 10^4$ А, магнітними моментами $\mu_\beta = -I_\beta s_\beta = -2,377 \cdot 10^{-26}$ Дж/Т; $\mu_{\tilde{\beta}} = I_{\tilde{\beta}} s_{\tilde{\beta}} = 1,41061 \cdot 10^{-26}$ Дж/Т, лінійними частотами β - та $\tilde{\beta}$ -частинок $\nu_\beta = c/2\pi r_\beta = 0,4821 \cdot 10^{23}$ Гц; $\nu_{\tilde{\beta}} = c/2\pi r_{\tilde{\beta}} = 0,81234 \cdot 10^{23}$ Гц; площами контурів β - та $\tilde{\beta}$ -частинок $s_\beta = \pi r_\beta^2$, $s_{\tilde{\beta}} = \pi r_{\tilde{\beta}}^2$, де m_β , $m_{\tilde{\beta}}$ — маси β - та $\tilde{\beta}$ -частинок; c — швидкість світла у вакуумі.

В основному стані n -нейтрона сили відштовхування між β - та $\tilde{\beta}$ -струмами діють радіально у площині, що перпендикулярна до напрямку його спіна й не виконують роботи і він буде знаходитися у стані рівноваги доти, поки якась стороння сила не виведе $\tilde{\beta}$ -частинку з цього стану. Нею може бути й магнітна сила Лоренца. Саме за допомогою цієї сили й відбувалося порушення стану рівноваги $\tilde{\beta}$ -частинок у n -нейтронах ядер β -радіоактивного ${}^{60}\text{Co}$ у досліді Ву Цзінь Сян, який описаний, наприклад, в роботі [4]. Це обумовило порушення закону збереження парності в слабких взаємодіях.

Силу відштовхування, із якою діють два концентричних кільцевих β - та $\tilde{\beta}$ -струми в n -нейтроні в основному його стані, можна визначити за законом Ампера

$$F_{\beta \leftrightarrow \tilde{\beta}} = I_{\tilde{\beta}} B_\beta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_\beta I_{\tilde{\beta}} 2\pi r_\beta}{b} = \frac{\mu_0 I_\beta I_{\tilde{\beta}} r_\beta}{b}, \quad (4)$$

де
$$B_\beta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_\beta}{b} \quad (5)$$

— магнітна індукція β -струму на відстані b від $\tilde{\beta}$ -струму; $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м — магнітна стала; $I_\beta = 0,77242 \cdot 10^4$ А — кільцевий β -струм; $I_{\tilde{\beta}} = 1,30152 \cdot 10^4$ А — кільцевий $\tilde{\beta}$ -струм; $2\pi r_\beta = 6,282 \cdot 10^{-15}$ м — довжина β -струму; $b = 0,4 \cdot 10^{-15}$ м — відстань між кільцеви-

ми β - та $\tilde{\beta}$ -струмами в основному стані нейтрона, яка дорівнює різниці їх радіусів.

Тоді повна робота сил відштовхування кільцевих заряджених зустрічних β - та $\tilde{\beta}$ -струмів повинна визначатися за формулою

$$A = \sum \Delta A_{\beta \leftrightarrow \tilde{\beta}} = \sum F_{\beta \leftrightarrow \tilde{\beta}} \cos \alpha \Delta s, \quad (6)$$

де α — кут між напрямом дії сили й напрямом руху β -частинки.

Якщо обчислити повну роботу сил відштовхування за формулами (4) та (6), то вона буде наближатися до величини 1,8 МеВ. Ця робота у процесі розпаду n -нейтрона витрачається на подолання електроном кулонівського потенціального бар'єра 0,78 МеВ, на утворення неперервних енергетичних $e - \tilde{\nu}_e$ -спектрів також 0,78 МеВ та на збудження протона 0,24 МеВ, що приводить до випромінювання гама-фотона під час розпаду n -нейтрона. Звідси випливає, що розпад n -нейтрона повинен відбуватися за схемою



де енергія спокою n -нейтрона повинна становити 940,0636 МеВ; A_A — енергія утворення неперервних енергетичних $e - \tilde{\nu}_e$ -спектрів. Поява у цій схемі розпаду $\gamma_{0,49}$ -фотона вказує на існування структури у протона та на участь позитрона у сильній взаємодії, і що всі ядерні частинки є адронами.

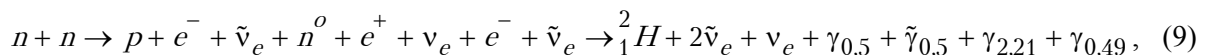
На нашу думку, підтвердженням запропонованої теорії є дослід Ву Дзінг Сян, який довів, що розпад нейтронів має електромагнітну природу, і що цим процесом можна керувати за допомогою магнітного поля. Отже, енергія спокою n -нейтрона потребує точнішого додаткового визначення.

Подібним чином можна визначити й енергію сил відштовхування позитронів в процесі зіткнення двох протонів з антипаралельними спінами. Протон є частинкою, що складається з n^0 -нейтрона та позитрона, які зв'язані між собою сильною взаємодією і розщепляється $\gamma_{0,5}$ -фотоном за схемою



На нашу думку, цю реакцію й спостерігали у серії дослідів 1953–56 років К. Коуен, Ф. Рейнес і Ф. Харрісон [5] відкривши легкий стабільний n^0 -нейтрон, якого ще немає у сім'ї баріонів.

Теорія передбачає й найнижчий потенціальний бар'єр для синтезу дейтронів із протонів, що входять до складу n -нейтронів. Він не перевищує й 0,001 еВ. Реакція синтезу дейтрона із двох повільних n -нейтронів повинна відбуватися за схемою



де 2_1H — легкий дейтерій; $\tilde{\gamma}_{0,5}$ -фотон антиполяризований до $\gamma_{0,5}$ -фотона. Ця ядерна реакція дає відповідь на запитання, чому в природі не існують подвійні нейтрони й протони. Мабуть, з цієї ж причини не повинні існувати у Всесвіті й нейтронні зірки.

Електромагнітна теорія бета-розпаду n -нейтрона передбачає й існування стабільних n -нейтронів із паралельними спінами бета-частинок й масою, що менша маси атома водню, які спостерігав у своїх дослідях Дж. Чедвік.

2. Синтез легких атомних ядер у гідридах механічною активацією з пониженим електронами потенціальним бар'єром

Можливість здійснення процесу холодного синтезу легких атомних ядер у гідридах та вуглеводнях з пониженим електронами потенціальним бар'єром ґрунтується на складній будові нуклонів. У роботі [2] та в попередньому розділі була зроблена спроба довести, що нейтрони мають складну будову, й що вони можуть утворювати дейтрон за схемою (9).

Кулонівський потенціальний бар'єр ядер ізотопів водню можна подолати, якщо кінетичні енергії двох ядер під час зіткнення \geq сумі 0,77 МеВ.

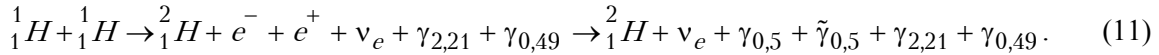
Тоді для здійснення інтенсивної термоядерної реакції у плазмі з однаковим складом компонент дейтерію й тритію ($d + t$) її потрібно нагріти до температури

$$T = W_k/k = 6,2 \cdot 10^{-14} / 1,38 \cdot 10^{-23} \approx 4,5 \cdot 10^9 \text{ К}, \quad (10)$$

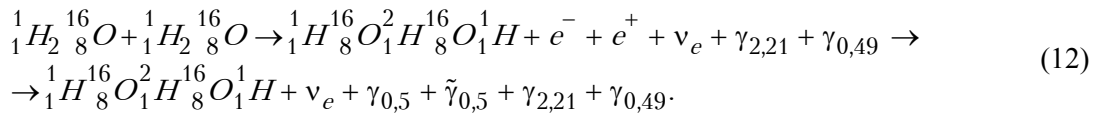
де $W_k = 6,2 \cdot 10^{-14}$ Дж — середні кінетичні енергії ядер у плазмі; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — стала Больцмана. Ця температура на цілий порядок перевищує температуру $\sim 4 \cdot 10^8$ К при якій, на думку фізиків, повинен відбуватися термоядерний синтез у дейтерій-тритієвій плазмі.

Однак, відомо, що в ядрі Сонця температура сягає $(13...16) \cdot 10^6$ К і термоядерний синтез у ядрі майже неможливий. Разом з тим він відбувається за межами ядра й досить інтенсивно. Пояснити це явище можна лише за допомогою пониження потенціального бар'єра електронами.

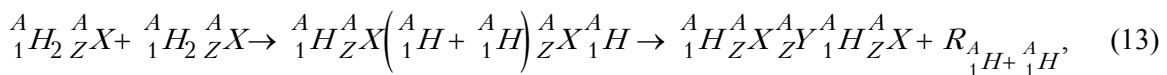
Енергія іонізації атомів водню становить 13,6 еВ і газ потрібно нагріти до температури $156 \cdot 10^3$ К, щоб він перетворився в плазму. З цього випливає, що речовина зірок в основному знаходиться не в плазмовому стані. Температура на поверхні Сонця становить $\sim 6 \cdot 10^3$ К, а з наближенням до ядра вона неперервно зростає. Тому можна припустити, що ядерні реакції протон-протонного синтезу дейтронів можливі вже при температурі $\sim 10^4$ К, що відповідає потенціальному бар'єру ~ 1 еВ. Такий низький потенціальний бар'єр забезпечують електрони, що екранують заряди протонів і реакція синтезу дейтронів повинна відбуватися за схемою



Однак, цей потенціальний бар'єр можна зробити ще нижчим, якщо заряди протонів додатково екранувати електронною оболонкою важчого хімічного елемента. Таке екранування протонів відбувається в гідридах та вуглеводнях. Наприклад, у воді та в усіх видах вуглеводнів протони водневих атомів додатково екрануються електронними оболонками атомів кисню та вуглецю. Звідси й випливає пониження потенціального бар'єра для синтезу дейтронів з протонів, що входять до складу гідридів, до 0,075 еВ і навіть нижче. Таким чином, ядерний синтез дейтронів із двох протонів, що входять до складу гідридів, можливий навіть при температурі 600...650 °С і повинен відбуватися за схемою.



Узагальнена реакція синтезу легких атомних ядер у гідридах та вуглеводнях з пониженням електронами потенціальним бар'єром до 0,075 еВ відбувається за схемою



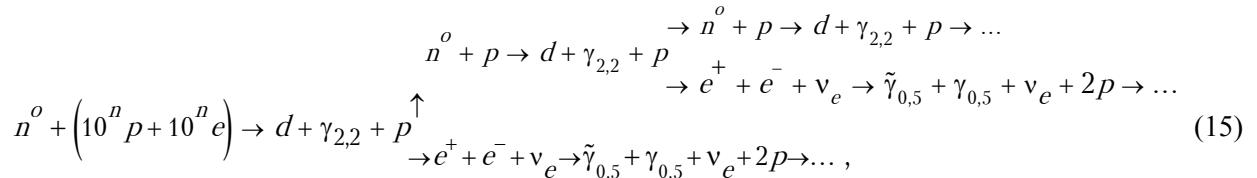
де A_ZX — хімічний елемент; A_1H — ізоотоп водню; A_ZY — хімічний елемент синтезу; $R_{A_1H + A_1H}$ —

компоненти ядерної реакції синтезу: $R_{p+p} = e^+ + \nu_e + 2,21 + \gamma_{0,49}$ МеВ при утворенні дейтерію 2_1H ; $R_{p+d} = 5,5$ МеВ при утворенні гелію 3_2He ; $R_{p+t} = 19,7$ МеВ при утворенні гелію 4_2He ; $R_{d+d} = 4$ МеВ при утворенні тритію і воденю ${}^3_1H + {}^2_1H$; $R_{d+d} = 3,3$ МеВ при утворенні ізоотопу гелію та нейтрона ${}^3_2He + n$; $R_{d+d} = 24$ МеВ при утворенні гелію 4_2He ; $R_{d+t} = 17,6$ МеВ при утворенні гелію та нейтрона ${}^4_2He + n^0$; $R_{t+t} = 11,3$ МеВ при утворенні гелію та двох нейтронів ${}^4_2He + n^0$.

Існування легкого n^0 -нейтрона означає, що в природі повинна існувати ще й реакція холодного ядерного синтезу легкого дейтрона d за схемою



Повна енергія γ -випромінювання під час синтезу легкого дейтрона та розмноження легких нейтронів складається з двох $\gamma_{0,5}$ -фотонів, що утворюються в процесі анігіляції електрон-позитронної пари та $\gamma_{2,21}$ -фотона (енергії зв'язку) і становить 3,2 MeV. Це дуже вигідний енергетичний процес. Його можна використати для розмноження n^0 -нейтронів. Один такий процес може розщепити безліч протонів у нескінченному об'ємі водню та викликати у ньому ланцюгову реакцію протон-нейтронного синтезу дейтронів за схемою



де $(10^n p + 10^n e)$ — об'єм водню.

Умови для протікання ядерних реакцій (12), (13), (14) та (15) створюються в теплових генераторах механічною активацією води, або нагріванням пари до температури 600...650 °C. Ознакою протікання таких реакцій мало б спостерігатися й вихід повільних n^0 -нейтронів. Такі вимірювання проводилися й було зареєстровано подвійне зростання радіаційного фону навколо генератора у порівнянні з природним [1], що вказує на присутність ядерних реакцій синтезу у тепловому генераторі. Слід звернути увагу і на те, що зростання концентрації у воді важкого водню й інших неметалічних гідридів H_2Te , H_2Se , H_2S повинно приводити і до зростання інтенсивності ядерних реакцій і підвищення ККД теплових генераторів. В експерименті М. Флейшмана і С. Понса [6] ні виходу повільних нейтронів, ні підвищення радіаційного фону не спостерігалось, мабуть, не було і холодного ядерного синтезу.

Однак, електромагнітна теорія бета-розпаду n -нейтрона була б неповною без реакцій протон-ядерного синтезу ядер із частковим пониженням потенціального бар'єра електронами за схемою



Ця схема підтверджує основний принцип природного й штучного перетворення ядер хімічних елементів. Якщо направити потік протонів з енергіями ~ 1 кеВ на електрично нейтральну мішень, наприклад, мідну, то деяка їхня частина захопить електрони з К-оболонки і поглинеться у вигляді нейтронів ядрами міді, а інша частина буде захоплена вже у вигляді протонів ізотопами міді, які перетворюються в ядра цинку. Таким чином, на поверхні міді утворюються ізотопи міді, цинку, ізотопи цинку й інші важчі елементи. Цей процес повинен супроводжуватися виділенням енергії ~ 8 МеВ на один протон, що падає на ядро, і може бути використаний для розробки нового типу ядерних реакторів.

Висновки

Електромагнітна теорія β -розпаду нейтронів може, певною мірою, доповнити теорію елементарних частинок та будови ядра.

Ця теорія пояснює процес розмноження легких нейтронів γ -фотонами в процесі протон-нейтронного синтезу легких дейтронів у водні й можливості створення реакторів протон-нейтронного синтезу й синтезу легких і середніх ядер на повільних протонах, а також принцип дії гідродинамічних теплових генераторів з механічною активацією компонентів синтезу легких атомних ядер і здатна забезпечити їхній розрахунок і пошук найефективніших технічних рішень. Згідно з теорією, максимальний ККД може забезпечити тільки тепловий генератор, що працює на перегрітій парі з високим тиском і температурою, що перевищує 600...650 °C.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фоминский Л. П. Теплогенератор Потапова — работающий реактор холодного ядерного синтеза // Электрик, 2001. — 1. — С. 19—21.

2. Скібінський Л. П., Петрук В. Г. Аналіз проблем енергії зв'язку у протон-протонному синтезі дейтрона та визначення спінів ядер й ядерних лептонів // Вісник ВПІ, 2004. — № 6. — С. 98—102.
3. Skibinskiy L. // Current Research in Optics and Photonics. Proceedings of SPIE/Ukraine. 2002. — Vol. 2. — P. 91—102.
4. Савельев И. В. Курс общей физики. — М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — С. 251, 290.
5. Cowan C., Reines F., Harrison F., et. al. — Science, 1956. — Vol. 124. — P. 103.
6. Pleischmann M., Pons S. Electrochemical Induced Nuclear Fusion of deuterium.—Jour. Electroanal. Chem., 1989, V. 261. — P. 301—308.

Рекомендована кафедрою хімії та екологічної безпеки

Надійшла до редакції 22.02.05
Рекомендована до друку 17.04.05

Скібінський Леонтій Петрович — інженер-оптик.

Петрук Василь Григорович — завідувач кафедри хімії та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету