Сучасне наближення до альфа-розпаду, альфа-захвату та альфа-ядерної взаємодії

В. Ю. Денисов

ІЯД НАН України

В рамках моделі UMADAC (Unified Model for Alpha-Decay and Alpha-Capture) [1], що одночасно описує альфа-розпад та захват альфа-частинки ядром, проаналізовано альфа-переходи між основним станом материнського та основним/збудженими станами дочірнього ядер, розраховано періоди напіврозпаду, ймовірності та фактори заборони відповідних переходів [1,2]. Описано існуючи експериментальні дані для 344 ядер та знайдено оцінки періодів напіврозпаду для ядер (біля 900), яки мають випромінювати альфа-частинки та періоді напіврозпаду ще не виміряні [1]. Вперше отримано потенціал взаємодії ядра та α-частинки, якій одночасно описує періоди α-розпаду сферичних, та деформованих ядер, а також поперечні перерізи злиття ядер та α-частинок при енергіях, близьких до бар'єру [1,3].

Запропоновано нові емпіричні співвідношення для розрахунку періодів напіврозпаду альфа-переходів між основними станами парно-парних, парно-непарних, непарно-парних та непарно-непарних ядер, які враховують орбітальні моменти відповідних переходів та їх парності. Знайдено параметри емпіричних співвідношень для опису повної сукупності ядер та окремо для області важких/легких ядер [4].

В рамках об'єднаної моделі UMADAC, а також в рамках простих емпіричних наближень проаналізовано альфа-розпади надважких парно-парних ядер з масовими числами у діапазоні $104 \le A \le 126$, які можна експериментально утворити в процесі реакцій холодного або гарячого синтезу [5]. Для розрахунку Q_α використовуються різні наближення для атомних мас. В результаті розрахунків показано, що періоди напіврозпаду суттєво залежать від Q-величин, тобто від моделі за якою розраховуються дефекти атомних мас. На відміну від цього, залежність величин періодів альфа-розпаду від моделі за якою вони розраховуються слабша. Розраховані періоди напіврозпаду альфа-розпаду добре узгоджуються із доступними експериментальними даними.

1. V. Yu. Denisov, A. A. Khudenko // At. Data Nucl. Data Tabl. – 2009. – Vol. 95. – P. 815-835.
2. V. Yu. Denisov, A. A. Khudenko // Phys. Rev. C. – 2009. – Vol. 80. – P. 034603, 10p.; // Phys. Rev. C. – 2010. – Vol. 82. – P. 059902(E), 1p.
3. V. Yu. Denisov, H. Ikezoe // Phys. Rev. C. – 2005. – Vol. 72. – P. 064613, 9p.
4. V. Yu. Denisov, A. A. Khudenko // Phys. Rev. C. – 2009. – Vol. 79. – P. 054614, 5p.; Phys. Rev. C. – 2010. – Vol. 82. – P. 059901(E), 2p.
5. V. Yu. Denisov, A. A. Khudenko // Phys. Rev. C. – 2010. – Vol. 81. – P. 034613, 12p.; // Phys. Rev. C. – 2010. – Vol. 82. – P. 059903(E), 1p.

НОВІ ОБРІЇ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

В.М. Пугач

ІЯД НАН України

Представлено перші фізичні результати, одержані на Великому Адронному Колайдері (ЦЕРН) у 2010 році при вперше досягнутій енергії зіткнень протонів 7 ТеВ в експериментах ATLAS, CMS, LHCb та 2.76 ТеВ/нуклон для зіткнень ядер свинця в експерименті ALICE. Розглянуто наземні та космічні експерименти з фізики високих енергій (ФВЕ), перспективи її розвитку в проектах нових експериментів (Super-BELLE, SuperB, CBM, ILC, EURISOL). Наведено приклади деяких застосувань техніки ФВЕ на синхротронах 3-ого покоління, лазерах на вільних електронах та в радіаційній терапії.

Контроль радіаційного окрихчування металу корпусів реакторів ВВЕР-1000 в Україні

В.М.Ревка, Л.І.Чирко, Ю.В.Чайковський

Радіаційне окрихчування корпусних металів, що визначає ресурс корпусів реакторів типу ВВЕР, контролюється за допомогою зразків-свідків, виготовлених з металу даного корпусу, і моніторингу його радіаційного навантаження. Використання технології реконструкції зразків-свідків типу Шарпі з половинок випробуваних забезпечує представницькі і достовірні результати для визначення ступеню радіаційного окрихчування корпусних металів.

В 2010 р. в ІЯД з використанням реконструкції та даних по радіаційному навантаженню зразків-свідків і стінки корпусу реактора виконані роботи з обґрунтування наступного терміну безпечної експлуатації корпусів реакторів енергоблоків №1 Южно-Української АЕС, №1 та №6 Запорізької АЕС. Показано, що безпечна експлуатація корпусу реактора забезпечена

- для блоку №1 ЮУАЕС до кінця 41-ї паливної кампанії (~ 2025 р.);
- для блоку №1 ЗАЕС до кінця 42-ї паливної кампанії (~ 2030 р.);
- для блоку №6 ЗАЕС до кінця 21-ї паливної кампанії (~ 2017 р.).

Виконаний аналіз стану корпусів реакторів АЕС України показав, що серед тринадцяти корпусів реакторів ВВЕР-1000 існують два, метал зварних швів яких має підвищену схильність до радіаційного окрихчування (енергоблоки №1 Хмельницької АЕС та №2 Южно-Української АЕС), а також один корпус, в якого прискорено окрихчується основний метал (енергоблок №2 Запорізької АЕС).

Характерною особливістю корпусних металів є пряма залежність між радіаційним окрихчуванням та радіаційним зміцненням. Для основного металу корпусу реактора енергоблоку №2 ЗАЕС ця закономірність порушується. Це потребує додаткових досліджень, зокрема з використанням електронної мікроскопії з високою роздільною здатністю.

Тим не менше, порівняння дозових залежностей критичної температури крихкості з нормативною показує, що ступінь радіаційного окрихчування всіх корпусів реакторів не обмежує їх проектний ресурс.

Експериментальні дослідження процесів релаксації неідеальної плазми та їх порівняння з теорією

О.А. Федорович
ІЯД НАНУ

Неідеальна плазма (НП) знаходить все ширше практичне використання в технологічних процесах в наш час і ще більше передбачається її використання в майбутньому. Широко поширена густа та неідеальна плазма і в природі [1].

Але до нашого часу не встановлений однозначний зв'язок між параметрами НП і її властивостями. Відсутні надійні методики вимірювання параметрів НП при концентраціях електронів $N_e > 10^{19}$ см$^{-3}$. Це в першу чергу зв’язано з малими часами існування НП в лабораторних умовах, що складають нано-, мікро- і, рідко, мілісекунди. Відсутня також апаратура, яка дозволяла б одержувати розгортки спектрів випромінювання (поглинання) НП в часі та методики їх калібровки по інтенсивності.

Не досліджено процеси релаксації НП, не встановлено часи життя заряджених частинок (електронів та іонів) в такій плазмі. Відсутність експериментальних результатів в цій області суттєво гальмують розвиток теоретичних робіт.

В даній роботі наведено огляд результатів експериментальних досліджень оптичних властивостей НП імпульсних розрядів у воді (ІРВ), розробки нових методик вимірювань концентрації електронів на поверхні каналу НП, досліджень процесів розпаду НП при концентраціях електронів $2\cdot10^{17} \le N_e \le 10^{22}$ см$^{-3}$. Приводяться результати експериментальних досліджень та їх порівняння з теорією.

За результатами експериментальних досліджень процесів розпаду НП ІРВ одержано емпіричні формули залежності величини «оптичної щілини» ΔЕ (ΔЕ – різниця між величиною потенціалу іонізації атома і енергією верхнього рівня лінії, яка реалізувалася в НП) від концентрації електронів. За цими результатами запропоновано нову методику визначення концентрації електронів на поверхні каналу НП для концентрацій $2\cdot10^{17} \le N_e \le 10^{22}$ см$^{-3}$.

Дослідження процесів розпаду НП ІРВ дозволили встановити експериментальні залежності коефіцієнтів розпаду від температури плазми, тиску, концентрації атомів, електронів, ступеню неідеальності плазми . Одержано емпіричну формулу залежності коефіцієнтів розпаду від концентрації електронів в діапазоні $10^{16} \le Ne \le 10^{22}$ см$^{-3}$. Порівняння з теоретичними розрахунками дають велику розбіжність [2,3,5,6,]. Проводяться також порівняння експериментальних результатів з результатами числового моделювання НП методом молекулярної динаміки [4]. Одержано якісне співпадання експериментальної залежності значень коефіцієнтів розпаду від ступеню неідеальності плазми, одержаного при числовому моделюванні.

1. В.Е. Фортов. Экстремальные состояния вещества на земле и в космосе. М. Физматлит. 2008.
2. E. Hinnov, J. G. Hirschberg. Electron-ion recombination in dense plasmas // Phys. Rev., 1962, vol. 125, N 3, p. 795.
3. Л.М. Биберман, В.С. Воробьев, И.Т. Якубов. Коэффициенты рекомбинации в неидеальной плазме // *ДАН*, 1987. Т.296. №33, с. 576-578.
4. A. Lankin, G. Norman. Density and Nonideality Effects in Plasmas // *Contribution to Plasma Physics* 49, №10, p. 723-731. 2009.
5. О.А. Федорович, Л.М. Войтенко, УФЖ., т. 53, №5, с. 451÷457, (2008).
6. О.А. Федорович, Л.М. Войтенко, ВАНТ, серия «Плазменная электроника и новые методы ускорения», №4, с. 288-293, (2008); №4, с. 354-359, (2010).