

АТОМНА І ЯДЕРНА ФІЗИКА: РАДІОАКТИВНІСТЬ ТА ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У доповіді розглянуто основні поняття атомної та ядерної фізики, зокрема явище радіоактивності та ядерні реакції. Описано історію відкриття, механізми ядерних реакцій і їх значення в природі й науці. Розглянуто сучасні дослідження та практичне застосування ядерних технологій в енергетиці, медицині, геології й екології. Підкреслено важливість подальших досліджень для безпечного використання ядерної енергії.

Ключові слова: радіоактивність, ядерна фізика, альфа-розпад, бета-розпад, гамма-випромінювання, ядерна енергетика, ядерна медицина, радіоізотопи, екологія, CONUS, історія радіоактивності.

Abstract

The report examines the basic concepts of atomic and nuclear physics, in particular the phenomenon of radioactivity and nuclear reactions. The history of the discovery, the mechanisms of nuclear reactions and their significance in nature and science are described. Modern research and practical application of nuclear technologies in energy, medicine, geology and ecology are considered. The importance of further research for the safe use of nuclear energy is emphasized.

Keywords: radioactivity, nuclear physics, alpha decay, beta decay, gamma radiation, nuclear power, nuclear medicine, radioisotopes, ecology, history of radioactivity.

Вступ

Атомна та ядерна фізика вивчає будову атомів, їхніх ядер та процеси, пов'язані з ядерними перетвореннями. Особливу увагу привертає радіоактивність — здатність нестабільних ядер самовільно перетворюватися з виділенням енергії. Ці явища є ключовими для розуміння структури матерії, розвитку нових джерел енергії, медицини й безпеки. Сучасні технології в енергетиці та діагностиці базуються на знанні механізмів радіоактивного розпаду та ядерних реакцій. У цій доповіді розглядаються фізичні основи, історія відкриттів, прикладні аспекти та виклики, пов'язані з радіоактивністю.

Результати дослідження

1. Основи радіоактивності

Радіоактивність — це явище спонтанного перетворення нестабільних ядер атомів у більш стійкі, під час якого відбувається випромінювання різних видів частинок або електромагнітного випромінювання. Цей процес є фундаментальним у ядерній фізиці і поділяється на кілька основних типів розпаду.

Альфа-розпад (α -розпад): ядро втрачає дві протони та дві нейтрони, утворюючи альфа-частинку. Це зменшує атомний номер на 2 і масове число на 4.

Бета-розпад (β -розпад) — це процес, під час якого відбувається перетворення нейтрона у протон або навпаки, що супроводжується випуском електрона (β^-) або позитрона (β^+). При цьому заряд ядра змінюється, але масове число залишається незмінним, що веде до утворення нового ізотопу або елемента.

Гамма-розпад (γ -розпад) характеризується випромінюванням високочастотних електромагнітних хвиль без зміни кількості нуклонів у ядрі. Зазвичай гамма-випромінювання супроводжує інші види розпаду, дозволяючи ядерній системі перейти у більш стабільний енергетичний стан [1].

2. Історія відкриття радіоактивності

Почалося все з відкриття рентгенівського випромінювання Вільгельмом Рентгеном у 1895 році. Він виявив, що невидимі промені проходять крізь предмети та створюють зображення, що стало проривом у науці й медицині. У 1896 році Антуан Анрі Беккерель, досліджуючи флуоресценцію,

випадково виявив, що уран випромінює енергію без зовнішнього джерела — це й було відкриттям природної радіоактивності.

Подальші дослідження продовжили Марія та П'єр Кюрі. У 1898 році вони відкрили два нові радіоактивні елементи — полоній і радій, активність якого виявилася в мільйони разів вищою за уран. Їхня праця стала основою нової галузі науки. Виділення радіо вимагало величезних зусиль і позначилося на їхньому здоров'ї — небезпека радіації тоді ще не була відома. У 1903 році Беккерель і подружжя Кюрі отримали Нобелівську премію за відкриття радіоактивності, що стало початком нової ери у фізиці, медицині та енергетиці [2].

3. Ядерні реакції

Нещодавні дослідження вчених з Університету Суррея та інших установ дозволили вперше виміряти ядерну реакцію, що може відбуватися під час зіткнень нейтронних зірок. Зокрема, було вивчено реакцію $^{94}\text{Sr}(\alpha, n)^{97}\text{Zr}$, де радіоактивний стронцій-94 захоплює альфа-частинку, випромінює нейтрон і перетворюється на цирконій-97. Це дослідження надає нові уявлення про утворення важких елементів у Всесвіті та може сприяти розвитку ядерної енергетики [3].

Також, в рамках експерименту CONUS, вчені досліджують когерентне розсіяння нейтрино на ядрах атомів, що може мати важливе значення для розуміння властивостей нейтрино та фундаментальних взаємодій [4].

4. Застосування радіоактивності та ядерних реакцій

Енергетика. Ядерна енергетика базується на використанні реакцій поділу важких ядер, таких як уран-235, для виробництва електроенергії. Ці реакції відбуваються в ядерних реакторах, де контрольований ланцюговий процес дозволяє отримувати значну кількість енергії. Сучасні дослідження спрямовані на розробку нових типів реакторів, що будуть більш безпечними та ефективними [5].

Медицина. У медицині радіоактивні ізотопи широко використовуються як для діагностики, так і для лікування. Радіофармацевтичні препарати (РФП), що містять радіоізотопи, застосовуються в ядерній медицині для виявлення та лікування онкологічних захворювань. Такі методи, як позитронно-емісійна томографія (ПЕТ), однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОФЕКТ) та сцинтиграфія дозволяють точно локалізувати пухлини й оцінити функціональний стан органів. Крім того, радіонуклідна терапія забезпечує адресну доставку радіоактивних речовин безпосередньо до патологічного осередку [6].

Екологія та геологія Радіоактивні методи використовуються в геології для датування порід та вивчення процесів, що відбувалися в минулому. Також, дослідження радіоактивного забруднення навколишнього середовища дозволяє оцінювати вплив техногенних факторів на екосистеми та розробляти заходи з охорони довкілля [7].

Висновок

Радіоактивність — це одне з фундаментальних явищ ядерної фізики, яке суттєво розширило наше розуміння будови атомного ядра та закономірностей перетворення хімічних елементів. У цій роботі детально проаналізовано природу радіоактивності, основні типи ядерного випромінювання — альфа-, бета- та гамма-випромінювання — та механізми їх виникнення. Особлива увага приділена фізичним процесам, що лежать в основі ядерних перетворень, а також ролі внутрішньоядерних взаємодій у підтриманні стабільності атомних ядер.

Також розглянуто історичний розвиток досліджень у цій галузі, що дозволило сформулювати сучасні теоретичні моделі та методи експериментального вивчення радіоактивності. Практичне застосування радіоактивних ізотопів проаналізоване у різних сферах: медицині, енергетиці, промисловості та екології. Зокрема, висвітлено роль радіоактивних методів у діагностиці та лікуванні захворювань, контролі якості матеріалів і вимірюванні параметрів технологічних процесів.

Радіоактивність не лише є ключовим фізичним явищем, а й має глибокий вплив на розвиток науки, техніки та суспільства загалом. Вивчення цього явища відкриває нові перспективи для наукових відкриттів у галузях ядерної фізики, енергетики, медицини та охорони навколишнього середовища. Таким чином, радіоактивність залишається складним і багатогранним явищем, що поєднує фундаментальні наукові питання з прикладними викликами сучасності, а глибоке її розуміння є важливим чинником розвитку новітніх технологій і забезпечення безпеки у різних сферах людської діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вибрані лекції з курсу «Радіаційна біофізика», [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/biofiziki/Library/Rad_Biophys_2012.pdf.

2. Marie and Pierre Curie and the discovery of polonium and radium, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nobelprize.org/prizes/themes/marie-and-pierre-curie-and-the-discovery-of-polonium-and-radium/>.
3. Nanomaterials used to measure first nuclear reaction on radioactive nuclei produced in neutron star collisions, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://phys.org/news/2025-03-nanomaterials-nuclear-reaction-radioactive-nuclei.html>.
4. CONUS experiment, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/CONUS_experiment
5. Радіоактивність — Енергетика, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energetika.in.ua/ua/books/book-2/46-entsiklopediya/piznannya-j-dosvid-shlyakh-do-suchasnoji-energetiki/chastina-4-stanovlennya-atomnoji-energetiki/rozdil-16-vid-vidkrytya-radioaktivnosti-do-lantsyugovoji-reaktsiji-podilu-uranu/11-16-1-na-stseni-vikhodit-uran-radioaktivnist>.
6. Сучасні досягнення радіаційної медицини, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://soic.in.ua/articles161>.
7. РАДІОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi36/0030447.pdf>

Сніжинська Влада Володимирівна – студентка групи ЗКН-246, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vladasnizhynska@gmail.com

Кравець Вадим Володимирович – студент групи ЗКН-246, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vadim13040@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — доцент кафедри загальної фізики Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: martyniuk.v.v@vntu.edu.ua

Snizhynska Vlada Volodymyrivna – student of group 3CS-24b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladasnizhynska@gmail.com

Kravets Vadym Volodymyrovych – student of group 3CS-24b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vadim13040@gmail.com

Academic supervisor: **Martyniuk Volodymyr Valeriiovych** — Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: martyniuk.v.v@vntu.edu.ua

