


**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник директора з наукової роботи



В. В. Давидовський

«05»  2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**РАДІОАКТИВНІСТЬ**  
*для аспірантів*

**Освітньо-кваліфікаційний рівень:** *доктор філософії*

**Галузь знань:** *09 – Біологія*

**Спеціальність:** *091 – Біологія та біохімія*

**Напрямок підготовки:** *Радіобіологія*

**Статус курсу:** *вибірковий*

Київ 2023

Радіоактивність: Робоча програма. – Київ: ІЯД НАНУ, 2021 . - 11 с.

**Укладач:** Кобичев В. В. кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, ІЯД НАНУ.

Робочу програму «Радіоактивність» затверджено на засіданні Вченої ради ІЯД НАН України

**Протокол № 6 від « 05 » липня 2023 р.**

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Програма з курсу «**Радіоактивність**» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю **091 – Біологія** (галузь знань: **09 - Біологія**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Курс «**Радіоактивність**» є необхідною складовою є складовою вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю **091 – Біологія**, напрям підготовки: Радіобіологія.

Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом процесів радіоактивного розпаду; набуття умінь та навичок для аналізу поведінки радіоактивних ядер, еволюції їх активності та характеристик частинок, що випромінюються ними; самостійного пошуку ядерно-фізичних даних для розв'язання поставлених власних науково-дослідницьких задач..

Курс «**Радіоактивність**» викладається на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі та розрахований на 8 навчальних тижнів (по 2 ауд. год. щотижня; перший тиждень занять – лекційний). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 16 год.; практичні заняття – 8 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (34 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 60 (2 кредити ЄКТС).

**Метою та завданням** навчальної дисципліни є поглиблення та удосконалення теоретичних та практичних знань аспірантів щодо процесів радіоактивного розпаду; набуття умінь та навичок для аналізу поведінки радіоактивних ядер, еволюції їх активності та характеристик частинок, що випромінюються ними; самостійного пошуку ядерно-фізичних даних для розв'язання поставлених власних науково-дослідницьких задач.

### **Структура курсу**

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

- **Знати:** загальні закономірності радіоактивного розпаду, їх фізичне підґрунтя;
- якісні характеристики впливу параметрів ядра на ймовірність розпаду за специфічним каналом;
- особливості всіх основних типів радіоактивних перетворень, їх механізми; обмеження, що накладені на них законами збереження та правилами відбору; характеристики іонізуючого випромінювання, що створюється в ході цих процесів.
- **Вміти:** користуватись джерелами ядерно-фізичних даних для самостійного визначення характеристик іонізуючого випромінювання, що створюється радіоактивними ядрами;
- аналізувати поведінку активності радіонуклідів в залежності від часу та інших факторів;

- передбачати на якісному рівні енергетичні спектри частинок, які випромінюються в ході радіоактивного розпаду конкретних радіонуклідів.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Радіоактивність**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

**Зв'язок з іншими дисциплінами.** При вивченні дисципліни «**Радіоактивність**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики.

## II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

Назва лекції			
	Лекції	Практичні/ семінари	Самостійна Робота
<b><i>Змістовний модуль 1. Загальні закономірності радіоактивності.</i></b>			
<b>Тема 1.</b> Явище радіоактивності	4	2	4
<b>Тема 2.</b> Загальні властивості радіоактивних перетворень	4	2	6
<b><i>Разом за змістовний модуль 1</i></b>	8	4	10
<b><i>Змістовний модуль 2. Окремі типи радіоактивності, її застосування.</i></b>			
<b>Тема 3.</b> Особливості окремих типів радіоактивного розпаду	10	4	14
<b>Тема 4.</b> Природна та техногенна радіоактивність, її застосування	2	2	6
<b><i>Разом за змістовний модуль 2</i></b>	12	6	20
<b><i>Всього</i></b>	20	10	30

Загальний обсяг: 60 год., зокрема: лекцій – 16 год.; самостійна робота – 34 год.

### Тематичний план практичних та семінарських занять (10 год)

№	Назва теми	К-ть годин
1.	Робота з таблицею нуклідів, визначення їх ядерно-фізичних характеристик. Визначення радіоактивних процесів, дозволених та заборонених законами збереження	2
2.	Застосування закономірностей радіоактивного розпаду. Розрахунки активностей радіонуклідів в залежності від часу, початкової активності, розпаду материнського нукліду, коефіцієнту розгалуження.	2
3.	Відтворення на якісному рівні характеристик спектрів випромінюваних частинок для різних типів розпаду.	4
4.	Робота з ядерно-фізичними базами даних для отримання інформації о радіоактивних процесах.	2

**Самостійна робота**

№	Назва	К-ть годин
1.	Виконання модульних контрольних робіт	8
2.	Підготовка до навчальних занять та контрольних робіт	22

## ЗМІСТ КУРСУ

### **Модуль 1. Загальні закономірності явища радіоактивності**

#### **Тема 1. Явище радіоактивності**

Лекція 1 (2 год.). Історія відкриття та досліджень радіоактивності. Властивості атомного ядра: заряд, маса, об'єм (геометричний переріз) ядра. Нуклони, їх характеристики. Комбінація числа протонів і нейтронів, що забезпечують стійкість ядра. Ізотопи, ізобари. Ядерно-фізичні характеристики нуклідів. Стабільні і радіоактивні нукліди.

Лекція 2 (2 год.). Співвідношення Ейнштейна (маса-енергія). Енергія зв'язку ядер, їх маси. Енергія спонтанного ядерного перетворення і енергія частинок, що випромінюються. Збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу при радіоактивному розпаді. Ядра віддачі. Природні, космогенні і техногенні радіонукліди. Збереження нуклонного числа, лептонного числа, електричного заряду. Парність ядер. Закон збереження парності. Крапельна і оболонкова моделі атомних ядер. Формула Вайцеккера. Магічні числа.

#### **Тема 2. Загальні властивості радіоактивних перетворень**

Лекція 3 (2 год.). Закони радіоактивного розпаду. Стохастичність розпаду. Період напіврозпаду, константа розпаду, час життя. Активність радіонукліду (абсолютна, питома, об'ємна, поверхнева), одиниці її вимірювання. Зв'язок між активністю та кількістю радіонукліду.

Лекція 4 (2 год.). Типи радіоактивного розпаду. Правила зміщення. Таблиця нуклідів. Ланцюжки радіоактивних перетворень. Радіоактивні ряди. Радіоактивна рівновага, вихід з рівноваги та повернення до неї. Канали розпаду, коефіцієнт розгалуження. Парціальний період напіврозпаду, парціальна константа розпаду.

### **Модуль 2. Окремі типи радіоактивності, її застосування**

#### **Тема 3. Особливості окремих типів радіоактивного розпаду**

Лекція 5 (2 год.). Схематичне зображення різних типів ядерних перетворень. Приклади схем розпадів деяких нуклідів. Альфа-розпад. Спектр кінетичної енергії  $\alpha$ -частинок. Закон Гейгера – Нетола. Тунельний ефект, кулонівській бар'єр, центробіжний бар'єр.

Лекція 6 (2 год.). Закономірності  $\beta$ -розпаду. Типи бета-розпаду:  $\beta^-$  і  $\beta^+$  розпад, електронний захват. Подвійний бета-розпад і його типи. Перетворення нуклонів ядра при  $\beta$ -розпаді. Ізобарний ланцюжок. Долина бета-стабільності. Конкуренція видів розпаду.

Лекція 7 (2 год.). Безперервність і форма спектру  $\beta$ -частинок. Нейтрино і антинейтрино. Середня кінетична енергія бета-частинок. Класифікація бета-переходів (фермієвські, гамов-телерівські, дозволені, заборонені), правила відбору для бета-переходів. Анігіляційне випромінювання. Оже-електрони і характеристичне рентгенівське випромінювання, що супроводжує електронний захват.

Лекція 8 (2 год.). Фотонне випромінювання, що супроводжує ядерні перетворення. Дискретність спектра гамма-випромінювання. Енергія гамма-квантів. Час життя ядра в збудженому стані. Ядерна ізомерія. Метастабільний стан, ізомерний перехід. Правила відбору для гамма-випромінювання. Внутрішня конверсія, спектр конверсійних електронів. Ефект Мессбауера.

Лекція 9 (2 год.). Поділ ядра. Спонтанний та вимушений поділ. Ланцюгові реакції поділу. Розподіл продуктів поділу за масою. Радіоактивність продуктів поділу. Миттєві та запізнілі нейтрони. Кластерний розпад. Протонна і нейтронна радіоактивність.

#### **Тема 4. Природна та техногенна радіоактивність, її застосування**

Лекція 10 (2 год.). Природні радіоактивні елементи. Примордіальні, радіогенні та космогенні радіонукліди в природі. Наведена радіоактивність. Техногенні радіонукліди. Застосування радіоактивності природних об'єктів, радіоізотопна геохронологія. Основні джерела інформації про радіонукліди, ядерні дані та схеми розпаду. Користування ядерно-фізичними базами даних.

#### **Запитання до заліку**

Стабільність ядра, абсолютна та відносно певних мод розпаду.

Радіоактивна рівновага, характерний час її відновлення після порушення.

Аналіз масової кривої заданого ізобарного ланцюжка.

Аналіз схеми розпаду заданого радіонукліда, характеристики частинок, що випромінюються.

Спектр бета-частинок дозволеного розпаду.

Походження довгопробіжних альфа-частинок.

Анігіляційне випромінювання після  $\beta^+$ -розпаду.

Реакція електронної оболонки на електронний захват або внутрішню конверсію.

Масова крива уламків поділу.

Ймовірність альфа-розпаду на збуджені рівні дочірнього ядра.

Вплив спину та парності на ймовірність ізомерного переходу; метастабільність.

Природна радіоактивність (основні джерела).

#### **Форма контролю знань аспіранта**

Основною формою поточного контролю знань є проведення модульних контрольних робіт. За результатами 2-х модульних контрольних робіт виводиться основна оцінка, яка переводиться у рейтингові бали (0-30 балів за модульну контрольну роботу). До них додаються бали за результатами складання заліку (0-40 балів).



## Література

1. Мухин Н.К. Экспериментальная ядерная физика. Физика атомного ядра. Т.1. – М.: Атомиздат, 1974. – 584 с.
2. Широков Ю. М. , Юдин Н. П. Ядерная физика. – М.: Наука, 1980. – 728 с.
3. Костеж А.Б., Лаврова Т.В. Прикладная ядерная спектрометрия радионуклидов уран-ториевых рядов в пробах окружающей среды. Ч. 1. – К.: УкрНИГМИ, Віпол, 2011. – 212 с.

## VII. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ СТУДЕНТІВ, УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Рівень поточних знань студентів оцінюється відповідно до методики рейтингової оцінки. Сутність методики полягає у визначенні поточного рейтингу студента, що розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань та результатами самостійної роботи і наращується протягом семестру.

<i>Вид роботи</i>	<i>Обсяг за семестр</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 4 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Розв'язування задач</i>	<i>2</i>	<i>Кожне правильне розв'язання – 5 балів. Всього за семестр – 10 балів</i>
<i>Проведення колоквиуму та контрольної роботи</i>	<i>1</i>	<i>Кожне правильне розв'язання завдання – 5 балів. Всього за колоквиум та контрольну роботу – 10 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	<i>16</i>	<i>Кожна відвідана лекція – 1 бал. Всього за семестр – 16 балів</i>
<i>Відвідування семінарів</i>	<i>14</i>	<i>Кожний відвіданий семінар – 1 бал. Всього за семестр – 14 балів</i>
<i>Сукупний рейтинг</i>	<i>-</i>	<i>60 балів</i>

### КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ІСПИТУ (ЗАЛІКУ)

Кожне завдання для проведення іспиту (заліку) має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин.

*Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40.*  
Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці .

#### *Критерії складання іспиту (заліку)*

<i>Характеристика відповіді по варіанту</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді</i>	<i>30</i>
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задач</i>	<i>10</i>
<b><i>ВСЬОГО</i></b>	<b><i>40 балів</i></b>

За результатами складання іспиту (заліку) якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS

Таблиця

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS.

За шкалою університету	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	4 (добре)		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
30 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 29			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)