

**СИЛАБУС**  
**навчальної дисципліни**  
**«РАДІОАКТИВНІСТЬ»**

<b>Галузь знань</b>	<i>09 – Біологія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>091 – Біологія та біохімія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Радіобіологія</i>
<b>Освітній рівень</b>	<i>доктор філософії</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибірковий</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Курс / семестр</b>	<i>II курс, 1 (2) семестр</i>
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	<i>2 кредити</i>
<b>Розподіл за видами занять та годинами навчання</b>	<i>Лекції – 16 год. Практичні (семінарські) – 8 год. Консультації – 2 год. Самостійна робота – 34 год.</i>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<i>Залік</i>
<b>Відділ</b>	<i>Відділ фізики лептонів, ІЯД НАН України, корп. 31, кімн. 6, <a href="http://lpd.kinr.kiev.ua">http://lpd.kinr.kiev.ua</a></i>
<b>Викладач</b>	<i>Кобичев Владислав Валерійович, к. ф.-м. н., старший дослідник</i>
<b>Контактна інформація викладача</b>	<i>kobuchev@kinr.kiev.ua, +380-50-90-667-90</i>
<b>Дні занять</b>	<i>За розкладом</i>
<b>Консультації</b>	<i>Дистанційні, за домовленістю з ініціативи здобувача, групові</i>

**1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

**Мета** навчальної дисципліни – 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.

**Предмет** навчальної дисципліни – фізика радіоактивного розпаду, досягнення та експериментальні методи.

**Компетентності**

**Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв’язувати комплексні проблеми в області радіаційної біології, екології, проводити науково-дослідницьку, інноваційну діяльність, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

**Загальні компетентності (ЗК):**

ЗК1. Здатність до освоєння і системного аналізу нових знань в предметній та суміжних галузях, формування системного наукового та культурного світогляду.

ЗК2. Здатність до критичного аналізу і креативного синтезу нових ідей, які можуть сприяти

технологічному та соціальному прогресу, базованому на здобутих знаннях.

ЗК3. Здатність до вирішення комплексних науково-дослідних задач в професійній галузі, планування та здійснення дослідницької діяльності.

#### **Спеціальні (фахові) компетентності (ФК):**

ФК2. Здатність аналізувати широке коло проблем та задач радіобіології та суміжних біологічних наук шляхом розуміння їхніх фундаментальних основ та практичного вирішення.

ФК3. Здатність застосовувати сучасні методи біологічного та радіобіологічного експерименту, відповідного математичного, статистичного аналізу результатів.

ФК7. Здатність аналізувати процеси ураження та пострадіаційного відновлення організму та корекції радіогенних порушень, обґрунтовувати застосування засобів радіаційного захисту.

#### **Програмні результати навчання:**

ПРН2. Використовувати сучасні інформаційні джерела національного та міжнародного рівня для оцінки стану вивченості об'єкту досліджень, актуальності наукової проблеми.

ПРН4. Здійснювати інформаційний пошук та комунікацію за науковою проблематикою, працювати з сучасними бібліографічними і реферативними базами даних, наукометричними платформами.

ПРН12. Нести персональну відповідальність за результат роботи, набувати та використовувати навички організаційної та інноваційної діяльності.

ПРН13. Здійснювати науково-дослідницьку, науково-організаційну, науково-педагогічну діяльність, дотримуючись наукової професійної етики, принципів академічної доброчесності та громадянської позиції.

ПРН14. Удосконалювати знання з обраної спеціальності, дотримуватися принципу “life-learning” – безперервного самостійного набуття знань та вмінь.

ПРН15. Самостійно, незалежно та відповідально приймати рішення щодо виконання індивідуальних наукових проектів, завдань, активно використовувати набуті під час навчання знання, уміння/навички та комунікаційні компетентності.

**Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти повинен:** знати про проблеми фізики радіоактивного розпаду, знати про експериментальні методи дослідження у цій галузі, вміти виконувати пошук літератури з новітніх проблем галузі, робити оцінки можливостей експериментів, спрямованих на дослідження властивостей елементарних частинок та атомних ядер, виконувати розрахунки, пов'язані з реєстрацією ефектів рідкісних процесів радіоактивного розпаду, принципи організації сучасних досліджень у галузі.

#### **Передумови для навчання**

Перелік попередньо прослуханих дисциплін / Знання, вміння, навички, якими повинен володіти здобувач, щоб приступити до вивчення дисципліни

Для успішного засвоєння дисципліни аспірант повинен знати експериментальну та теоретичну ядерну фізику, методи математичного аналізу та теорії рівнянь математичної фізики, англійську мову в обсязі стандартних університетських курсів. Крім того, бажано мати навички програмування в сучасних математичних пакетах (Geant, PAW, ROOT, тощо). Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Радіоактивність», є необхідними для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

#### **Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи:

Розділ 1. Загальні закономірності радіоактивності.

Розділ 2. Окремі типи радіоактивності, її застосування.

## Матеріально-технічне (програмне) забезпечення дисципліни

Для виконання практичних завдань за темою курсу потрібен персональний комп'ютер; можна вважати, що ця вимога легко задовольняється для аспірантів ІЯД НАН України у тих відділах, де виконується наукова робота (навіть якщо аспірант не має персонального комп'ютера вдома). Доступ до Інтернету, та програмних засобів, необхідних для виконання практичних завдань, наприклад, Geant, EGS, COSMO, ACTIVIA, PAW, ROOT тощо.

Сторінка офіційного веб-сайту ІЯД НАНУ з інформаційним пакетом щодо навчальних дисциплін	<a href="http://www.kinr.kiev.ua/aspirant">http://www.kinr.kiev.ua/aspirant</a>
--	---

### Рекомендовані джерела

#### Базова 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.

### Навчальний контент

#### Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

#### Лекційні заняття

### Модуль 1. Загальні закономірності явища радіоактивності

#### Тема 1. Явище радіоактивності

Лекція 1. 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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.

#### **Практичні заняття**

**Заняття 1. Радіоактивність, схеми розпаду ядер, космічні промені, нейтронна активація.** Методи оцінки потоків випромінювань від природної радіоактивності від космічних променів, нейтронної активації.

**Заняття 2. Бази даних з радіоактивного розпаду (1).** Користування офф-лайнними базами даних з радіоактивного розпаду та компіляціями (ADNDT, Nuclear Data Sheets).

**Заняття 3. Бази даних з радіоактивного розпаду (2).** Користування он-лайнними базами даних з радіоактивного розпаду (NNDC, NuDat, Nuclear Science Reference, ENSDF, XUNDL тощо).

#### **Самостійна робота аспіранта**

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

Вид самостійної роботи	Кількість годин
Опрацювання матеріалу лекцій та літератури	16
Підготовка реферату на обрану тему	4
Виконання практичних завдань	6
Підготовка до заліку	8

#### **Політика та контроль**

##### **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу, заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до робочої навчальної програми даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені робочої навчальної програми дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Інституту здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика строків та перескладань: якщо аспірант не проходив або не з'явився на модульної контрольної роботи (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів.
- політика щодо академічної доброчесності: Положення встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в Інституті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Радіоактивність»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

## Система оцінювання результатів навчання

### Види контролю та система оцінювання результатів навчання

Поточний контроль: опитування за темою заняття.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) на практичних заняттях;
- 2) за відповідь на заліку;
- 3) зміст та якість реферату на обрану тему.

### Система рейтингових балів

1) Практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 18. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях, становить  $3 \times 18 = 54$  бали. Нарахування балів на одному практичному занятті:

- відмінне виконання 18 балів;
- дуже добре або добре виконання 13-18 балів;
- задовільні, достатні відповіді 5-12 балів.

2) Залік. Критерії оцінювання. Завдання містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 23 бали. Всього  $2 \times 23 = 46$  балів.

Нарахування балів за відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 39-46 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 32-38 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 25-31 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

## Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни

Види навчальної роботи	Мах кількість балів
Виконання самостійних практичних завдань	<b>54</b>
Залік	<b>46</b>
<b>Максимальна кількість балів</b>	<b>100</b>

**Відповідність шкали оцінювання ЄКТС  
національній системі оцінювання ІЯД НАНУ**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену (іспиту), диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики, тренінгу	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C	задовільно	
69 – 74	D	достатньо	
60 – 68	E	незадовільно	не зараховано
35 – 59	FX		
1 – 34	F		

*Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни, див. сайт ІЯД.*

Силабус затверджено на засіданні вченої ради ІЯД НАНУ «05» липня 2023 р. Протокол №6.