

**СИЛАБУС**  
**навчальної дисципліни**  
**«ЗАСТОСУВАННЯ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ В МЕДИЦИНІ»**

<b>Галузь знань</b>	10 - <i>Природничі науки</i>
<b>Спеціальність</b>	104 – <i>Фізика та астрономія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу</i>
<b>Освітній рівень</b>	доктор філософії
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Фаховий / 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>4 кредити ЄКТС</i>
<b>Розподіл за видами занять та годинами навчання</b>	<i>Лекції – 32 год.</i>
	<i>Практичні (семінарські) – 16 год.</i>
	<i>Лабораторні – 0 год.</i>
	<i>Самостійна робота – 38 год.</i>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<i>Іспит</i>
<b>Відділ</b>	<i>Відділ ядерних реакцій, ІЯД НАН України, корп. 101, к.402 тел. +380-44-525-5257</i>
<b>Викладач</b>	<i>Поворозник Орест Михайлович, зав ВЯР, д.ф.-м.н.</i>
<b>Контактна інформація викладача</b>	<i>orestpov@kinr.kiev.ua, +380-93 -993-0005</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 - формування у аспірантів компетентностей у застосуванням методів ядерної фізики як для медичної візуалізації, яка використовує невелику кількість радіоактивного матеріалу для діагностикита визначення тяжкості різних захворювань, так і для лікування цих виявлених недуг шляхом використання тих же методів ядерної фізики

**Предмет** навчальної дисципліни – застосування методів ядерної фізики в сучасній медицині, а саме яким чином знання та вміння отримані при вивченні ядерної фізики використовується в медицині для якісної діагностики та лікування захворювань.

**Компетентності**

**Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв’язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері застосування ядерної фізики в медицині, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики. Здатність продукувати нові ідеї, розв’язувати комплексні проблеми у галузі управління та адміністрування, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики, застосовувати новітні методології наукової та педагогічної діяльності, здійснювати власні наукові дослідження.

**Загальні компетентності (ЗК):**

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

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

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та

СК04. Здатність організовувати та здійснювати науково-педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії.

СК05. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проекти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організовувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

### **Програмні результати навчання**

РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН02. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку фізики та/або астрономії, а також дотичних міждисциплінарних напрямів.

РН06. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проєктні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проєктів.

РН10. Мати навички захисту прав інтелектуальної власності.

РН11. Організувати освітній процес і проводити педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії, забезпечувати відповідне наукове, навчально-методичне та нормативне

#### **Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти повинен знати:**

- типи іонізуючого випромінювання та їх властивості;
- основні фізичні механізми взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними об'єктами; механізми дії радіації на біологічно важливі макромолекули;
- основні типи біофізичних моделей радіобіологічних ефектів;
- вплив іонізуючого випромінювання на організм людини; особливості дії підвищених доз радіації на організм та пролонгованого хронічного впливу невеликих доз радіаційного випромінювання.
- фізичні основи і методи, що лежать в основі розробки та застосування сучасних медичних методик та обладнання, що використовує ядерні випромінювання
- фізичні та математичні основи і методи, що лежать в основі розробки та застосування сучасних медичних томографів.

#### **вміти:**

- здійснювати розрахунки величин радіоактивності та доз іонізуючого випромінювання;
- аналізувати особливості взаємодії випромінювання з біооб'єктами;
- оцінювати реальну дозу навантаження організму при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання; розраховувати реальні дози при радіо хірургічних операціях при лікуванні онкологічних пухлин;
- вирішувати фізичні проблеми при створенні та використанні сучасного високотехнологічного медичного обладнання, що використовує різні види ядерного випромінювання;
- вирішувати фізико-математичні проблеми при створенні та використанні

### **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 загальну фізику, ядерну фізику, радіаційну фізику та хімію, фізичні основи радіаційної біології та радіаційної медицини в обсязі стандартних університетських курсів, мати навички програмування. Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Основи прикладної ядерної фізики, радіаційні та ядерні технології виробництва», є необхідними для розуміння світових тенденцій вирішення сучасних проблем фізичних досліджень у прикладній ядерній фізиці, при розробці радіаційних та ядерних технологій.

### **Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи:

Розділ 1. Медична діагностика, що ґрунтується на ядернофізичних підходах

Розділ 2. Методи радіаційної терапії

### **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 ані особистого комп'ютера вдома, ані ноутбука). Отже, кожний відділ у змозі створити аспірантові достатні умови для виконання завдань курсу.

**Сторінка курсу на платформі Інституту (персональна навчальна система)**

### **Рекомендовані джерела**

*Базова література:*

1. *Zimmermann Richard NuclearMedicine Radioactivity for Diagnosis and Therapy*
2. *Maher Kieran and other. Basic physics of nuclear medicine*  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Basic\\_Physics\\_of\\_Nuclear\\_Medicine.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Basic_Physics_of_Nuclear_Medicine.pdf)
3. *Бекман И. Н РАДИОХИМИЯ Том VII Радиационная и ядерная медицина: физические и химические аспекты. Учебное пособие* Учебное пособие в 7 томах. — МО, Щёлково: Издатель Мархотин П.Ю., 2012. — 400 с. — ISBN: 978-5-905722-05-9.

*Допоміжна література:*

1. *Scintigraphy*<https://en.wikipedia.org/wiki/Scintigraphy>
2. *Single-photon emission computed tomography* [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-photon\\_emission\\_computed\\_tomography](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-photon_emission_computed_tomography)
3. *Positron emission tomography* [https://en.wikipedia.org/wiki/Positron\\_emission\\_tomography](https://en.wikipedia.org/wiki/Positron_emission_tomography)
4. *Neutron capture therapy of cancer* [https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron\\_capture\\_therapy\\_of\\_cancer](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_capture_therapy_of_cancer)

### **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**

**Розділ 1 МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА, ЩО ҐРУНТУЄТЬСЯ НА ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ ПІДХОДА**

**Лекція 1 (2 год)ТЕОРІЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ.**

Іонізуюче випромінювання. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Променева

діагностика. Радіаційна терапія. Радіонуклідна діагностика і терапія.

### **Лекції 3 - 4. АТОМНЕ ЯДРО І ЯДЕРНІ ПРОЦЕСИ.**

Атом і атомне ядро. Явище радіоактивності. Види радіоактивного розпаду. Ядерні реакції. Види іонізуючих випромінювання. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Особливості взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічної тканина

### **Лекція 5. ВИМІРЮВАННЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Детектори іонізуючого випромінювання. Гамма-спектроскопія. Апаратура для створення зображень радіаційних полів

### **Лекція 6. БІОЛОГІЧНА ДІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ.**

Молекулярний рівень впливу. Клітинний рівень впливу. Організмний рівень впливу. Управління радіобіологічним ефектом. Фізична і біологічна дози. Доза при зовнішньому опроміненні організму. Еквівалентна доза при внутрішньому опроміненні. Норми радіаційної безпеки і санітарні правила.

### **Лекція 7. ДІАГНОСТИКА.**

Рентгенодіагностика. Методи рентгенівської діагностики Проекційна рентгенографія. Апаратуру для рентгенівської діагностики. Рентгенівська комп'ютерна томографія. Принцип комп'ютерної рентгенівської томографії. Застосування комп'ютерної томографії

### **Лекція 8. СЦИНТИГРАФІЯ.**

Особливості радіонуклідної діагностики. Сканування. Статична сцинтиграфія. Динамічна сцинтиграфія. Фармакокінетика. Ізотопи і РФП для радіонуклідної діагностики. Клінічні застосування РФП для діагностики.

### **Лекція 9. ЕМІСІЙНА ТОМОГРАФІЯ.**

Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія. Принцип однофотонної емісійної комп'ютерної томографії. Радіонукліди і радіофармпрепарати для Оже-ефект. ПОЗИТРОННА ЕМІСІЙНА ТОМОГРАФІЯ.

Принцип двофотонної емісійної томографії. Апаратура для ПЕТ. Радіонукліди і радіофармпрепарати для ПЕТ

## **Розділ 2 МЕТОДИ РАДІАЦІЙНОЇ ТЕРАПІЇ**

### **Лекція 10. ПРОМЕНЕВА ТЕРАПІЯ.**

Основні принципи променевої терапії. Рентгенівська і гамма-терапія. Фотон-захватна терапія. Клінічна променева терапія. Дозиметрія в рентгено- і гамма-терапії.

### **Лекція 11. БРАХІТЕРАПІЯ.**

Сутність методу брахітерапії. Внутрішньо-порожнинне опромінення. Внутрішньотканинна брахітерапія. Аплікаційна терапія

### **Лекції 12 - 13. РАДІОНУКЛІДНА ТЕРАПІЯ.**

Методи радіонуклідної терапії. Радіонукліди та РФП для радіонуклідної терапії.

Альфа-випромінюючі радіонукліди. Бета-випромінюючі радіонукліди.

Радіонукліди, що випромінюють оже-електрони. Наночастинки - носії радіонуклідів.

Радіоімунна терапія. Клінічне застосування радіотерапії.

### **Лекції 14 - 15. КОРПУСКУЛЯРНА РАДІОТЕРАПІЯ**

Електронна терапія. Протонна терапія. Мезонна терапія. Іонна терапія. Нейтронна терапія.

Радіотерапія на швидких нейтронах Нейтрон-захватна терапія.

### **Лекція 16. МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА РАДІОНУКЛІДІВ.**

Виробництво ізотопів на ядерних реакторах прискорювачах заряджених частинок.

### **МЕТОДИ СИНТЕЗУ РАДІОФАРМПРЕПАРАТІВ.**

РФП препарати для сцинтиграфії ОФЕКТ та радіоімунного аналізу. РФП для позитронної емісійної томографії. Ра діофармпрепарати для радіонуклідної терапії.

### **Практичні заняття**

- Заняття 1** Повторення базових понять ядерної фізики  
**Заняття 2.** Принципи дії діагностики, що побудовані на використанні методів ядерної фізики  
**Заняття 3.** Принцип дії, властивості різних типів детекторів  
**Заняття 4.** Контрольна робота  
**Заняття 5.** Особливості методів радіонуклідної діагностики  
**Заняття 6.** Особливості променевої та радіонуклідної терапій  
**Заняття 7.** Ознайомлення з роботою діючого ПЕТ томографа  
**Заняття 8.** Методи виробництва радіонуклідів.

### 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 СРС
Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосуванням основної та додаткової літератури	32
Підготовка до заліку	6

### Політика та контроль

#### Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: заняття проводяться відповідно до розкладу згідно із правилами встановленими [Положенням про організацію освітнього процесу в Інституті ядерних досліджень НАН України](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf). ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat\\_ed\\_inet.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf)), присутність на заняттях є добровільним і не допускається примушування до будь-яких дій в навчальному процесі без особистої згоди аспіранта. Відповідно до робочої навчальної програми даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях відповідно до [Уніфікованої система оцінювання навчальних досягнень аспірантів](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf). ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys\\_test.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf)).
- правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені робочою навчальною програмою 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 дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не виконував модульні контрольні роботи (без поважної причини), то його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання передбачено у разі поважних причин;
- 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 «Основи прикладної ядерної фізики, радіаційні та ядерні технології виробництва»;
- 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, модульні контрольні роботи (МКР), 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 лекційних та практичних заняттях;
- 2) за модульні контрольні роботи (МКР);
- 3) за відповідь на заліку.

Система рейтингових балів

1) Практичні та лекційні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 0,5 балів. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить  $40 \times 0,5 = 20$  балів.

2) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 20.

Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить  $2 \times 20 = 40$  балів.

Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 18-20 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 15-17 балів;

- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11-14 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

3). Залік. Критерії оцінювання. Завдання містить три основні, кожне з яких оцінюється у 12 балів та одне додаткове запитання, яке оцінюється 4 балами. Всього  $3 \times 12 + 1 \times 4 = 40$  балів.

Нарахування балів за відповідь на заліку:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;

- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;

- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;

- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

### Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни

Види навчальної роботи	Мах кількість балів
Навчальна активність на лекційних та практичних заняттях	20
Контрольна робота	40
Іспит	40
<b>Максимальна кількість балів</b>	<b>100</b>

### Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання та 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	
74 – 81	C		
64 – 73	D		
60 – 65	E	задовільно достатньо	не зараховано
35 – 59	FX	незадовільно	
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.*