

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

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник директора з наукової роботи

 В. В. Давидовський

« 05 »  2023 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

***ЗАСТОСУВАННЯ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ В МЕДИЦИНІ***  
*для аспірантів*

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

**Галузь знань:** *09 – Біологія*

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

**Напрямок підготовки:** *Радіобіологія*

**Статус курсу:** *вибірковий*

Київ 2023

Застосування ядерної фізики в медицині: Робоча програма. – Київ: ІЯД НАНУ, 2021 . - 12 с.

**Укладач:** Поворозник О.М. доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу ядерних реакцій ІЯД НАН України,

Робочу програму «Застосування ядерної фізики в медицині» затверджено на засіданні Вченої ради ІЯД НАН України

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

## Вступ

Дисципліна «*Ядерна фізика у медицині*» є додатковою дисципліною, В курсі вивчаються основні положення ядерної фізики на яких ґрунтується 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.

Курс викладається на 3 році навчання та передбачає аудиторну (лекції – 24 год.) і самостійну роботу (36 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 60 (2 кредити ЄКТС).

**Метою** курсу «*Ядерна фізика у медицині*» є ознайомлення аспірантів із застосуванням методів ядерної фізики як для медичної візуалізації, яка використовує невелику кількість радіоактивного матеріалу для діагностики та визначення тяжкості різних захворювань, так і для лікування цих виявлених недуг шляхом використання тих же методів ядерної фізики.

**Завданням** курсу «*Ядерна фізика у медицині*» є надати аспірантам уявлення про застосування способів діагностики та лікування в медицині, що базується на використанні методів ядерної фізики.

В результаті вивчення курсу аспірант студент 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 сучасного медичного томографічного обладнання.

## **Зміст та структура навчальної дисципліни**

### **Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1. Вступ. ІСТОРІЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ**

##### **Тема 1. Вступ, лекція 1 (2 год).**

###### **Лекція 1. (2год.) Вступ. ІСТОРІЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ.**

Іонізуюче випромінювання. Біологічна дія іонізуючого випромінювання.

Променева діагностика. Радіаційна терапія. Радіонуклідна діагностика і терапія.

**Модуль 2. Медична діагностика, що ґрунтується на ядернофізичних підходах.**

##### **Тема 2. Лекції 2 - 8 (12год.).**

###### **Лекція 2 - 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. Сцинтиграфія та**

Методи рентгенівської діагностики. Проекційна рентгенографія.

Апаратуру для рентгенівської діагностики. Рентгенівська комп'ютерна

томографія. Застосування комп'ютерної томографії  
Особливості радіонуклідної діагностики. Сканування.  
Статична сцинтиграфія. Динамічна сцинтиграфія.  
Фармакокінетика.  
Ізотопи і РФП для радіонуклідної діагностики.  
Клінічні застосування РФП для діагностики.

### **Лекція 8. ЕМІСІЙНА ТОМОГРАФІЯ.**

Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія. Принцип одно- фотонної 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.

### ***Модуль 3. МЕТОДИ РАДІАЦІЙНОЇ ТЕРАПІЇ***

**Тема 3. Лекція 9 - 12 (8 год).**

### **Лекція 9. ПРОМЕНЕВА ТЕРАПІЯ.**

Основні принципи променевої терапії.  
Рентгенівська і гамма-терапія.  
Фотон-захватна терапія.  
Клінічна променева терапія.  
Дозиметрія в рентгено- і гамма-терапії.  
Брахітерапія. Сутність методу брахітерапії.  
Внутрішньо-порожнинне опромінення.  
Внутрішньотканинна брахітерапія.  
Аплікаційна терапія

### **Лекції 10. 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 11. КОРПУСКУЛЯРНА РАДІОТЕРАПІЯ**

Електронна терапія.  
Протонна терапія.

Мезонна терапія. Іонна терапія.  
 Нейтронна терапія. Радіотерапія на швидких нейтронах  
 Нейтрон-захватна терапія.

**Лекція 12. 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. Радіофармпрепарати для радіонуклідної терапії.

**Структура навчальної дисципліни**

<i>Назва лекції</i>	<i>ГОЛИНИ</i>	
	<i>лекції</i>	<i>Самостійна</i>
<i>Змістовний модуль 1. Вступ. Історія ядерної медицини.</i>		
<i>Тема 1. Вступ. Історія ядерної медицини. Лекції 1,(2год).</i>	2	4
<i>Разом за змістовний модуль 1</i>	2	4
<i>Змістовний модуль 2. Медична діагностика, що ґрунтується на ядернофізичних підходах</i>		

Тема 2. Медична діагностика, що ґрунтується на ядернофізичних підходах. Лекції 2 - 8 (14год).	14	10
<i>Разом за змістовний модуль 2</i>	14	10
<i>Змістовний модуль 3. Методи радіаційної терапії.</i>		
Тема 3. Методи радіаційної терапії. Лекції 9-12 (8 год)	8	12
<i>Разом за змістовний модуль 2</i>	8	12
<b><i>Всього</i></b>	<b>24</b>	<b>36</b>

Загальний обсяг: 60 год., з них: лекційних - 24 год.; самостійна робота - 36 год.



### Самостійна робота

<i>№</i>	<i>Назва</i>	<i>Кількість годин</i>
1	Виконання модульних контрольних робіт	4
2	Підготовка до навчальних занять та контрольних робіт	32

### Запитання до заліку

1. Дози при рентгенівській та радіонуклідній діагностиці.
2. Джерела рентгенівського випромінювання.
3. Рентгенодіагностика.
4. Принцип комп'ютерної рентгенівської томографії.
5. Спіральна томографія.
6. Шкала одиниць Хаунсфілда.
7. Контрастні речовини в комп'ютерній томографії.
8. Перетворення Радону.
9. Особливості радіонуклідної діагностики.
10. Критерії вибору радіонукліда.
11. Ізотопні генератори.
12. Отримання зображень за допомогою радіоізотопів.
13. Гамма-камера.
14. Основні стадії емісійної томографії.
15. Принцип однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (Оже-ефект)
16. Методи променевої терапії
17. Нейтрон-захватна терапія
18. Нейтронна терапія Радіотерапія на швидких нейтронах
19. Іонна терапія
20. мезонна терапія
21. Джерела випромінювання в терапії
22. Протонна терапія
23. Електронна терапія
24. Методи радіонуклідної терапії
25. Радіонукліди і РФП для радіонуклідної терапії
26. Альфа-випромінюючі радіонукліди
27. Бета-випромінюючі радіонукліди

28. Наночастинки - носії радіонуклідів
29. Клінічне застосування радіотерапії
30. Способи Виробництво радіоізотопів
31. Генератори радіонуклідів
32. Отримання  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{213}\text{Bi}$

### 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).

### Шкала оцінювання: національна та ЕСТ8.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	За шкалою ЕСТ8	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен	Залік
91 - 100	А (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
81 - 90	В (дуже добре)	4(добре)	
71 - 80	С (добре)		
66 - 70	О (задовільно)	3 (задовільно)	
60 - 65	Е (достатньо)		
30 - 59	FX (незадовільно - з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
1 - 29	F (незадовільно - з обов'язковим повторним		

### Література

1. Бекман И.Н. Радиационная и ядерная медицина: физические и химические аспекты Радиохимия. Том VII : учебное пособие МО, Щёлково : Издатель Мархотин П. Ю., 2012. — 400 с. ISBN 978-5-905722-400 с.
2. В.Н. Забаев. /– Применение ускорителей в науке и промышленности: учебное пособие Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 195с/

3. What is a radionuclide generator  
<https://med.uth.edu> › Nuclear-Lab-2-Generator
4. Променева терапія(wikipedia)
5. Брахитерапія (wikipedia)
6. TYPES OF RADIATION THERAPY
7. Nath et al. Intravascular brachytherapy physics. Med. Phys. 26 (2), February 1999
8. S. Balter, R.C. Chan, T.B. Shope. Intravascular Brachytherapy - Fluoroscopically Guided Interventions
9. Radioisotopes in Medicine
10. Adriana Alexandre S. Tavares, Joao Manuel R. S. Tavares.  $^{99m}\text{Tc}$  Auger Electrons for Targeted Tumor Therapy: A Review
11. Amin I. Kassis. Cancer Therapy with Auger Electrons: Are We Almost There?
12. K.Fujii, M.Maruyama, T.Satoh et al. 25 - 70 MEV VARIABLE ENERGY CYCLOTRON FOR RADIO-ISOTOPE PRODUCTION .
13. А. И. Папаш. Ю. Г. Аленицкий. Коммерческие циклотроны. Часть 1. Коммерческие циклотроны в диапазоне энергий от 10 до 30 МэВ для производства изотопов
14. А.А. Веревкин, Н.Г. Стервеедов, Г.П. Ковтун. Получение и применение короткоживущих и ультракороткоживущих изотопов в медицине
15. Д.Ю. Чувилин, В.А. Загрядский, В.Я. Панченко, М.А. Прошин. Способ получения радионуклида висмут-212,
16. М.А. Прошин, П.П. Болдырев, Д.Ю. Чувилин, В.А. Загрядский, В.Я. Панченко, А.С. Захаров. Способ получения радионуклида висмут-213
17. Г.Е. Труфанов, М.А. Асатурян, Г.М. Жаринов. Лучевая терапия
18. Accelerators for America's Future
19. Francis T. Cole. Medical Accelerators - SLAC
20. Neutron Therapy Facility
21. Fast neutron therapy
22. Neutron capture therapy (NCT) (wikipedia)
23. Сергей Таскаев (ИЯФ) О бор-нейтронозахватной терапии  
<http://old.computerra.ru/science/532140/> , /532948/
24. К.Б. Сиваев, В. И. Брегадзе. Бор-нейтронозахватная терапия рака. Химический аспект. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2004, т. XLVIII № 4.
25. Proton therapy(wikipedia)
26. Г.В.Мицын, А.Г.Ольшевский, Е.М.Сырессин. Протонная терапия сегодня и завтра
27. Marco Silari. Applications of particle accelerators in medicine
28. Ervin B. Podgorsak. Particle Accelerators in Medicine
29. Б.С. Ишханов, З.И. Кзбин. Антиматерия. Использование антиматерии в медицине
30. В.Г. Недорезов, А.Н. Мушкаренко. Электромагнитное взаимодействия

- ядер. Применение синхротронного излучения в медицине.
31. Сцинтиграфия (wikipedia)
  32. Single-photon emission computed tomography (wikipedia)
  33. Positron emission tomography (wikipedia)
  34. PET-CT (wikipedia)
  35. Positron emission tomography-magnetic resonance imaging (wikipedia)
  36. И.Н. Бекман Позитронная эмиссионная томография
  37. С. Casella, M. Heller, C. Joram, T. Schneider. A high resolution TOF-PET concept with axial geometry and digital SiPM readout
  38. Хорнак Дж. П. Основы МРТ
  39. О.В. Филонин. Общий курс компьютерной томографии
  40. Зверт Блинк. МРТ
  41. Ядерний магнітний резонанс (wikipedia)
  42. Магнітно-резонансна томографія (wikipedia)
  43. Устройство магнитно-резонансного томографа
  44. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
  45. How does MRI and PET work?
  46. How does an MRI scan work?
  47. CT scan Компьютерная томография (wikipedia)