


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з наукової роботи

 В. В. Давидовський

«05»  2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*ОСНОВИ РОЗРАХУНКОВОЇ ДОЗИМЕТРІЇ*

*для аспірантів*

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

**Галузь знань:** *09 – Біологія*

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

**Напрямок підготовки:** *Радіобіологія*

**Статус курсу:** *вибірковий*

Київ 2023

Основи розрахункової дозиметрії: робоча програма дисципліни.

Укладач : Дрозд І.П, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу радіобіології та радіоекології.

Робочу програму «**Основи розрахункової дозиметрії**» розглянуто та рекомендовано до затвердження на:  
Розширеному засіданні відділу радіобіології та радіоекології  
Протокол № 3 від «21 » червня 2023 р.

На засіданні секції Вченої ради ІЯД НАНУ «Ядерна, радіаційна та техногенно-екологічна безпека»

Протокол № 2 від «27» червня 2023 р.

Затверджено на засіданні Вченої ради ІЯД НАН України  
Протокол № 6 від « 05 » липня 2023 р.

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

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

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

Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом розрахункової дозиметрії, фундаментальними знаннями про кінетику радіонуклідів в організмі ссавців і людини, особливостями формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіонуклідів.

Курс «**Основи розрахункової дозиметрії**» викладається на 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі. Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 14 год.; семінарські заняття – 12 год.; консультації – 4 год.) і самостійну роботу (60 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 90 (3 кредити ЄКТС).

Галузь знань, спеціальність, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни	
	Академічна характеристика	Структура
09 – Біологія 091 – Біологія та біохімія напрямок підготовки – Радіобіологія  Доктор філософії	Рік навчання: 3 Семестр: 1 або 2 Статус курсу: вибірковий Кількість ECTS кредитів: 3	Кількість годин: Загальна: 90 Лекції: 14 Семінарські заняття: 12 Консультація 4 Самостійна робота: 60 Вид підсумкового контролю: залік

**Мета дисципліни** – формування у аспірантів-радіобіологів теоретичних знань про особливості та закономірності формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіонуклідів для набуття умінь та навичок, пов'язаних із плануванням та проведенням радіобіологічних досліджень.

**Завдання** – сформуванню у аспірантів базові знання про кінетику радіонуклідів в організмі ссавців і людини, особливості формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіонуклідів, сформуванню

вміння створювати багатокамерні моделі кінетики радіонуклідів в організмі, описування їх математичними методами та розрахунку біокінетичних констант, що їх характеризують.

### ***Структура курсу***

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

**Знати:** поняття, що використовуються в розрахунковій дозиметрії; особливості кінетики радіонуклідів різної тропності в організмі ссавців і людини; поняття про камерні моделі кінетики радіонуклідів; основні методи розв'язування систем диференційних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіонуклідів в організмі; особливості формування поглинених доз в органах і тканинах за внутрішнього надходження радіонуклідів різної тропності.

**Вміти:** будувати структурні схеми кінетики радіонуклідів різної тропності в організмі; розв'язувати системи диференційних рівнянь, що описують кінетику радіонуклідів в організмі ссавців і людини; розраховувати поглинені дози в органах і тканинах ссавців і людини за одноразового та хронічного надходження радіонуклідів. Орієнтуватися у доборі спеціальної сучасної наукової літератури та самостійно працювати з нею.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Основи розрахункової дозиметрії**» 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 «**Основи розрахункової дозиметрії**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної біології, радіобіології, фізики, атомної фізики, ядерної фізики.

## II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індивідуальна робота	Консультації
	<b>Розділ (змістовний модуль) 1.</b> Основні теоретичні відомості про кінетику радіоізотопів різної тропності в організмі ссавців і людини	-	-	-	-	-
	<b>Тема 1.</b> Вступ. Основні поняття розрахункової дозиметрії	2	2	-	-	-
	<b>Тема 2.</b> Особливості кінетики радіоізотопів різної тропності в органах і тканинах ссавців і людини.	14	2	2	10	-
	<b>Тема 3.</b> Камерні моделі в радіобіології. Побудова структурних моделей, що описують кінетику радіоізотопів в організмі ссавців і людини.	14	2	2	10	-
	<b>Тема 4.</b> Методи розв'язування систем диференціальних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіоізотопів в організмі.	15	2	3	10	-
	<b>Всього по розділу 1</b>	45	8	7	30	-
	<b>Розділ (змістовний модуль) 2.</b> Основні закономірності формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіонуклідів					
	<b>Тема 5.</b> Формування поглинених доз за зовнішнього та внутрішнього опромінення вищих біологічних організмів.	12	2	-	10	-
	<b>Тема 6.</b> Дозоутворення за одноразового надходження радіоізотопів до організму ссавців і людини	14	2	2	10	
	<b>Тема 7.</b> Дозоутворення за хронічного надходження радіоізотопів до організму.	15	2	3	10	
	<b>Всього по розділу 2</b>	41	6	5	30	-
	<b>Залік</b>	4	-	-	-	4
	<b>Всього</b>	90	14	12	60	4

## ЗМІСТ КУРСУ

### **Розділ (змістовний модуль) 1. Основні теоретичні відомості про кінетику радіоізопоів різної тропності в організмі ссавців і людини**

#### **ТЕМА 1. Вступ. Основні поняття розрахункової дозиметрії**

Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

Уран та трансуранові елементи як ядерне паливо в енергетичних реакторах; продукти поділу ядерного палива; основні ядерно-фізичні характеристики найбільш поширених продуктів поділу ядерного палива; взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною; біологічна дія різних видів іонізуючого випромінювання; поняття дози опромінення; дозиметрія; методи дозиметрії; апаратурна дозиметрія; детектори іонізуючих випромінювань; розрахункова дозиметрія; дозоутворення за внутрішнього надходження радіоізопоів до організму ссавців і людини;.

#### **ТЕМА 2. Особливості кінетики радіоізопоів різної тропності в органах і тканинах ссавців і людини.**

Кінетика радіонуклідів в організмі як основа розрахункової дозиметрії; поняття тропності радіоізопоів; кінетика ізопоів йоду в організмі ссавців і людини; кінетика ізопоів цезію в організмі; кінетика ізопоів стронцію в організмі.

#### **ТЕМА 3. Камерні моделі в радіобіології. Побудова структурних моделей, що описують кінетику радіоізопоів в організмі ссавців і людини.**

Моделювання кінетики радіонуклідів в організмі; камерні моделі в біології; поняття камери в біологічній камерній моделі; практичні способи побудови структурних камерних моделей кінетики радіоізопоів різної тропності в організмі ссавців і людини.

#### **ТЕМА 4. Методи розв'язування систем диференційних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіоізопоів в організмі.**

Математичне описування кінетики радіонуклідів в організмі з застосуванням камерних моделей; фізична сутність біокінетичних параметрів камерних моделей (біокінетичних констант); наближені методи розв'язування систем диференційних рівнянь першого порядку; метод Рунге-Кутти; практичне визначення біокінетичних констант.

### **Розділ (змістовний модуль) 2. Основні закономірності формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіоізопоів.**

### **ТЕМА 5. Формування поглинених доз за зовнішнього та внутрішнього опромінення вищих біологічних організмів.**

Процеси дозоутворення за різних способів опромінення біологічних об'єктів; дозоутворення за зовнішнього опромінення; повітряна керма; одиниці вимірювання дози зовнішнього опромінення (грей, зіверт, рентген, рад, бер); фракційне зовнішнє опромінення; дозоутворення за внутрішнього надходження радіоізоотопів; доза (поглинена, еквівалентна, ефективна); біокінетика радіоізоотопів як основа дозоутворення за внутрішнього опромінення; критичний орган; особливості дозоутворення за надходження радіоізоотопів різної тропності.

### **ТЕМА 6. Дозоутворення за одноразового надходження радіоізоотопів до організму ссавців і людини.**

Поняття одноразового надходження радіоізоотопу до організму; процес формування дози; системна реакція вищих організмів на одноразове внутрішнє опромінення; реакція імунної системи; поняття “малих” доз опромінення; радіаційний гормезис.

### **ТЕМА 7. Дозоутворення за хронічного надходження радіоізоотопів до організму.**

Особливості тривалого внутрішнього опромінення; хронічне опромінення; реакція імунної системи ссавців і людини на хронічне внутрішнє опромінення; особливості дозоутворення за внутрішнього хронічного опромінення; особливості практичного розрахунку доз опромінення критичних органів; порівняння біологічних ефектів за одноразового зовнішнього та хронічного внутрішнього тотального опромінення (за однакових поглинених доз).

## **Література**

### **Основна (О)**

1. Иванов В.И. Курс дозиметрии. Учебник для вузов. — 3-е изд. перераб. и доп. — М: Атомиздат, 1978. -392 с.
2. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. Учебник для ВУЗов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 464 с.
3. Гусев Н.Г. (ред.) Защита от ионизирующих излучений в 2-х томах. Том 1. Физические основы защиты от излучений. Учебное пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 512 с.
4. Гусев Н.Г. (ред.) Защита от ионизирующих излучений в 2-х томах. Том 2. Защита от излучений ядернотехнических установок. Учебное пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.

5. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 352 с .
6. Лощаков И.И. Введение в дозиметрию и защита от ионизирующих излучений. Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Изд. Государственного политехн. университета, 2008. - 145 с .
7. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник 4-е издание, переработанной и дополненное, М.: Энергоатомиздат, 1995. - 496 с.
8. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 2004. - 549 с.
9. Гродзинський Д.М. Радіобіологія: Підручник. – К.: Либідь, 2001. – 448 с.
10. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики.- М.: Из-во МГУ, 1982. - 304с.
11. Радиация. Дозы, эффекты, риск.– М.: Мир, 1990.–79 с.
12. Attix F. H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. — John Wiley & Sons, Inc, 2008. — 607 p.
13. Моисеев, А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1974.- 335 с.
14. Радиационная дозиметрия, под ред. Дж. Хайна и Г. Браунелла, пер. с англ., М.: Мир, 1958, - 758 с.
15. Осанов Д. П., Лихтарев И. А. Дозиметрия излучений инкорпорированных радиоактивных веществ. М.: Атомиздат, 1977. – 200 с.
16. Тимофеев Л.В. Расчётные методы дозиметрии бета-излучения–М.: Типогр. «Вашформат», 2017. – 240 с.
17. Лихтарев И.А. Кинетика транспорта радиоизотопов в организме человека и экспериментальных животных: Автореф. дис. ...докт. физ-мат. наук / ЛИРГ. – Л., 1974. – 32 с.
18. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97 (ДГН 6.6.1.- 6.5.001-98).
19. Гой Т.П., Копач М.І., Федак І.В. Наближені методи розв'язування диференціальних рівнянь. Навчальний посібник для студентів напряду підготовки “математика”. – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ Центру інформаційних технологій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. – 157 с.
20. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3-х томах. — М.: Мир, 1990.
21. Довідник з біології / За ред. К.М. Ситника. — К.: Наукова думка, 1998.- 683с.
22. Шелест З.М., Войціцький В.М., Гайченко В.А. Біологія / Підручник для студентів ВНЗ. - Житомир.: ЖДТУ, 2002. - 592 с

### **Додаткова (Д)**

1. Липська А.І. Дозоутворення, природа ранніх та ризики віддалених ефектів у тварин за тривалої дії радіонуклідів чорнобильського викиду:



- дис. докт. біол. наук 03.00.01-радіобіологія / А. І. Липська; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. - К., 2008. - 383 с
2. Липська А.І., Дрозд І.П. Розробка експрес-методики розрахунку доз внутрішнього опромінення лабораторних щурів з використанням теорії камерних моделей // Ядерна фізика та енергетика. – 2007. – № 1 (19).- С. 123-128.
  3. Колобашкин В.М. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива: справочник / В.М. Колобашкин, П.М. Рубцов, П.А. Ружанский, В.Д. Сидоренко. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 374 с.
  4. Василенко И.Я. Радиоактивный йод / И.Я. Василенко, О.И.Василенко // Энергия: экономика, техника, экология. — 2003. — № 5. — С. 57 — 72.
  5. Щитовидная железа. Фундаментальные аспекты / Под ред. проф. А.И. Кубарко и проф. S. Yamashita. — Минск-Нагасаки, 1998. — 368 с.
  6. Классовский Ю.А. Методы и результаты оценки эквивалентной дозы облучения щитовидной железы экспериментальных животных и человека различными изотопами йода и их смесями / [Ю.А. Классовский, И.Я. Василенко, М.Ф. Терехов] Под ред. Ю.И. Москалева. // Радиобиологический эксперимент и человек. — М.: Медицина, 1970. — С. 134 — 143.
  7. Москалёв Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / Ю.И. Москалёв.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 264 с.
  8. Распределение, кинетика обмена и биологическое действие радиоактивных изотопов йода : [сб.] / Под ред. Л.А. Ильина, Ю.И. Москалева.- М.: Медицина, 1970. — 240 с.
  9. Антоняк Г.Л., Влізло В.В. Біохімічна та геохімічна роль йоду: монографія. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 392 с.
  10. Ионизирующие излучения: источники и биологические эффекты / Нью-Йорк: НКДАР ООН. – 1982. – Т.1. – 882 с.
  11. Калистратова В.С. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / [Калистратова В.С., Беляев И.К., Жорова Е.С. и др.] – М.: Изд. ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2012. – 464 с.
  12. Ярилин А.А. Иммунология / А.А. Ярилин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 752 с.
  13. Москалев Ю.И. Радиобиологический эксперимент и человек / Ю.И. Москалев. — М.: Атомиздат, 1976. — С. 236-253.
  14. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. / Ю.И. Москалев. - М.: Медицина, 1985. - 287 с.
  15. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблее ООН с научными приложениями. Т. II:

- Эффекты (Ч. 4) / Пер. с англ., Под ред. Акад. РАМН Л.А. Ильина и проф. С.П. Ярмоненко. - М.: РАДЕКОН, 2002. - 320 с.
16. Запольская Н.А., Павлицкая Е.Д. Расчет доз на кишечник у мелких лабораторных животных // Радиобиология. – 1968. – Т.VIII, вып.2. – С. 315 – 317.
  17. Дрозд І.П. Дослідження кінетики обміну  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  та формування поглинутих доз при його одноразовому надходженні до організму щурів у модельному експерименті [І.П. Дрозд, А.І. Липська, Ю.П. Гриневич, І.Я. Мінчук] // Зб. наук праць Інституту ядерних досліджень. – К., 2003. - № 1(9). – С. 97-105.
  18. Ткаченко В.П. Конспект лекцій по курсу «Дозиметрія і захист від випромінювань». Обнинск. 1990. – 17 с.
  19. Матвеев, А. В., Козаченко, В. И., Котов, В. П. Практикум по дозиметрии и радиационной безопасности: учеб. пособие / под ред. А. В. Матвеева; ГУАП. СПб., 2006. – 88 с.
  20. Вопросы дозиметрии и радиационная безопасность на атомных электрических станциях. Уч.пособие под редакцией А.В. Носовского. – Славутич: Укратомиздат, 1998. -372 с.
  21. Стивен Прата. Язык программирования С++ (С++II). Лекции и упражнения, 6-е издание — М.: Вильямс, 2012. — 1248 с.
  22. Дрозд І.П., Павловський В.В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань для працівників не фізичних спеціальностей. - Львів: Видавництво “БОНА”, 2022. – 128 с.

### III. ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

#### МЕТА ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛЕКЦІЙ

Проведення лекційних занять націлено на донесення загальних знань та побудову теоретичних методів по дисципліні, на сприяння розвитку у аспірантів розумової діяльності і розширення світогляду.

#### **Розділ (змістовний модуль) 1. Основні теоретичні відомості про кінетику радіонуклідів різної тропності в організмі ссавців і людини**

##### **ТЕМА 1. Заняття 1. Тема 1. Вступ. Основні поняття розрахункової дозиметрії.**

План.

1. Мета, завдання та структура курсу.
2. Іонізуючі випромінювання. Види опромінення біологічних об'єктів.
3. Особливості опромінювання ссавців і людини.
4. Дози опромінення. Визначення та класифікація.
5. Вимірювання та теоретична оцінка доз. Поняття дозиметрії та її види.
6. Фізичні основи дозиметрії.
7. Дозиметрія внутрішнього опромінення.

##### *Література*

1. [O1]
2. [O2]
3. [O6]
4. [O8]
5. [D22]

##### **Заняття 2. Тема 2. Особливості кінетики радіоізоотопів різної тропності в органах і тканинах ссавців і людини.**

План.

1. Поняття кінетики хімічних елементів в вищих організмах. Метаболізм.
2. Критичні органи.
3. Тропність хімічних елементів. Радіоізотопи політропні та монотропні.
4. Класичні приклади найважливіших монотропних радіоізоотопів.

##### *Література*

1. [O15]
2. [O17]
3. [O18]

4. [Д14]

5. [Д17]

**Заняття 3. Тема 3. Камерні моделі в радіобіології. Побудова структурних моделей, що описують кінетику радіоізоотопів в організмі ссавців і людини.**

План.

1. Поняття камер у біології.
2. Математичне дослідження можливості камерного моделювання в живих організмах.
3. Багатокамерне моделювання кінетики радіоізоотопів в вищих організмах.
4. Принципи побудови камерних моделей в радіобіології.

*Література*

1. [О17]

2. [Д2]

3. [Д17]

**Заняття 4. Тема 4. Методи розв'язування систем диференційних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіоізоотопів в організмі.**

План.

1. Системи диференційних рівнянь першого порядку.
2. Задача Коші.
3. Метод Рунге-Кутти.
4. Формула Адамса.
5. Інші методи.

*Література*

1. [О19]

2. [О17]

3. [Д17]

**Розділ (змістовний модуль) 2. Основні закономірності формування поглинених доз за внутрішнього надходження радіоізоотопів.**

**Заняття 5. Тема 5. Формування поглинених доз за зовнішнього та внутрішнього опромінення вищих біологічних організмів**

1. Зовнішнє опромінення. Експозиційна доза. Одиниця виміру рентген та його фізична суть.
2. Внутрішнє опромінення. Поглинена доза. Фізична суть.
3. Особливості формування поглинених доз за внутрішнього опромінення.

***Література***

1. [О18]
2. [Д7]
3. [Д11]
4. [Д18]
5. [Д22]

**Заняття 6. Тема 6. Дозоутворення за одноразового надходження радіоіотопів до організму ссавців і людини.**

План.

1. Поняття одноразового надходження радіоіотопу.
2. Відповідь імунної системи.
3. Поняття “малих” доз опромінення.
4. Радіаційний гормезис.

***Література***

1. [О8]
2. [О9]
3. [О11]
4. [О112]
5. [Д10]
6. [Д12]
7. [Д15]

**Заняття 7. Тема 7. Дозоутворення за хронічного надходження радіоіотопів до організму.**

План.

1. Поняття тривалого та хронічного надходження радіоіотопів до організму.
2. Особливості відповіді імунної системи.
3. Відмінності від випадку одноразового надходження. Радіаційна “втома”.
4. Розрахункові методи як основа дозиметрії внутрішнього опромінення.

***Література***

1. [О10]
1. [О15]
2. [О16]
3. [Д2]
4. [Д10]
5. [Д12]
6. [Д15]

## IV. ПЛАН ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

### МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

Семінарські заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять, термінів і моделей з дисципліни та набуття практичних навиків розв'язання задач.

В процесі семінарських занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити числові оцінки, розв'язувати задачі.

Одним з важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків публічних виступів і дискусій.

### ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

*Передбачаються такі види аудиторної роботи:*

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу за переліком контрольних питань по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- проведення семінарів з публічними виступами та доповідями по рефератах, підготовлених аспірантами самостійно за рекомендованою тематикою;
- розв'язання задач аналітичного характеру;
- розв'язання задач обчислювального характеру;
- проведення колоквиумів для засвоєння теоретичного матеріалу;
- виконання контрольних робіт за індивідуальним завданням;
- перевірка практичних завдань, виконаних аспірантами під час самостійної роботи;
- проведення консультацій з дисципліни;

### **Заняття 1. Тема 2. Особливості кінетики радіоіотопів різної тропності в організмі ссавців і людини.**

Контрольні питання:

1. Метаболізм. Анаболізм. Катаболізм.
2. Кінетика хімічних елементів в організмі ссавців і людини.
3. Тропність радіоіотопів.
4. Критичні органи та тканини.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Відмінності метаболізму та кінетики хімічних елементів в організмі.
2. Критичний орган ссавців і людини для іотопів йоду.
3. Критичний орган ссавців і людини для іотопів стронцію.

#### 4. Приклади політропних радіонуклідів.

##### *Література:*

Основна: [17,20,21,22]

Додаткова: [8]

#### **Заняття 2. Тема 3. Камерні моделі в радіобіології. Побудова структурних моделей, що описують кінетику радіоізоотопів в організмі ссавців і людини.**

##### Контрольні питання:

1. Висхідна фізична модель.
2. Живий організм як просторово і функціонально гетерогенна система.
3. Камера, транспортна комунікація та диференційно-матрична форма моделі.
4. Стационарні фонди й потоки. Їх зв'язок з транспортною матрицею системи.
5. Стійкість камерних моделей.
6. Висновки Хірона.
7. Висновки за дослідженням можливості застосування камерних моделей до складних біологічних систем.

##### Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Фізичні й біологічні обмеження, що накладаються на елементи транспортної матриці.
2. Теорема Келі-Гамільтона.
3. Детермінанта Вандермода.
4. Теорема Сільвестра.
5. Критерії стійкості (за Ляпуновим) розв'язків системи диференційних рівнянь.
6. Вибір та обґрунтування конкретних структурних схем камерних моделей кінетики радіоізоотопів в організмі ссавців і людини.

##### *Література:*

Основна: [17,19,20]

#### **Заняття 3. Тема 4. Методи розв'язування систем диференційних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіоізоотопів в організмі.**

##### Контрольні питання:

1. Класифікація наближених методів розв'язування систем диференційних рівнянь.
2. Задача Коші.
3. Теорема Пікара.
4. Формула Лагранжа.
5. Теорія різницевого схем.

#### 6. Метод Рунге-Кутти.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Асимптотичні методи.
2. Метод послідовних наближень (ітерацій).
3. Метод Чаплигіна.
4. Метод Ейлера-Коші.
5. Метод Адамса.

#### *Література:*

Основна: [19]

### **Заняття 4. Тема 6. Дозоутворення за одноразового надходження радіоіотопів до організму ссавців і людини.**

Контрольні питання:

1. Структурні біокінетичні моделі за одноразового надходження радіоіотопів різної тропності до організму.
2. Системи лінійних диференційних рівнянь.
3. Алгоритм розв'язання систем диференційних рівнянь методом Рунге-Кутти.
4. Отримання пошукуваних значень біокінетичних констант.
5. Розрахунки поглинутих доз в камерах (органах і тканинах)

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Написання програм для розв'язування систем диференційних рівнянь, згідно алгоритму.
2. Константи переходів радіоіотопів між камерами (біокінетичні константи).
3. Малі дози.
4. Імунний захист. Репарація радіаційних ушкоджень
5. Явище радіаційного гормезису.

#### *Література:*

Основна: [9,10,12,14,15,16,19]

Додаткова: [1,2,8,12,19]

### **Заняття 5. Тема 7. Дозоутворення за хронічного надходження радіоіотопів до організму.**

Контрольні питання:

1. Структурні біокінетичні моделі за тривалого чи хронічного надходження радіоіотопів різної тропності до організму.
2. Системи лінійних диференційних рівнянь.
3. Алгоритм розв'язання систем диференційних рівнянь методом Рунге-Кутти.
4. Отримання пошукуваних значень біокінетичних констант.



## 5. Розрахунки поглинених доз в камерах (органах і тканинах)

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Написання програм для розв'язування систем диференціальних рівнянь , згідно алгоритму
2. Тривале надходження радіоізотопів різної тропності до організму.
3. Хронічне надходження.
4. Особливості розрахунку поглинених доз в органах та тканинах.
5. Особливості імунної відповіді на тривале та хронічне внутрішнє опромінення.

### *Література:*

Основна: [9,10,12,14,15,16,19]

Додаткова: [1,2,8,12,19]

## V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### МЕТА І ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни.

Важливою складовою самостійної роботи аспірантів є виконання індивідуальних робіт.

Виконання індивідуальних робіт має на меті:

- закріплення знань теоретичного курсу;
- набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей);
- напрацювання вмінь та навичок розв'язування фізичних задач;
- навчання ефективному використанню фізико-математичних довідників, енциклопедій (включно з on-line інформацією) і т. ін.

### ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ теми	Завдання	Література	Форма контролю
1	<p>Основні поняття розрахункової дозиметрії.</p> <p>Уран та трансуранові елементи як ядерне паливо в енергетичних реакторах.</p> <p>Продукти поділу ядерного палива.</p> <p>Основні ядерно-фізичні характеристики найбільш поширених продуктів поділу ядерного палива.</p> <p>Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.</p> <p>Біологічна дія різних видів іонізуючого випромінювання.</p>	<p>Основна – 9-12, 20-22;</p> <p>Додаткова – 3-11, 13-16, 21</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач .</p>

2	<p>Особливості кінетики радіоізотопів різної тропності в органах і тканинах ссавців і людини.</p> <p>Кінетика радіонуклідів в організмі як основа розрахункової дозиметрії.</p> <p>Поняття тропності радіоізотопів.</p> <p>Ізотопи йоду.</p> <p>Ізотопи цезію.</p> <p>Ізотопи стронцію.</p>	<p>Основна – 8,9,13,16,17; Додаткова – 4,5,7,8,11,14.</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач .</p>
3	<p>Камерні моделі в радіобіології. Побудова структурних моделей, що описують кінетику радіоізотопів в організмі ссавців і людини.</p> <p>Моделювання кінетики радіонуклідів в організмі.</p> <p>Практичні способи побудови структурних камерних моделей кінетики радіоізотопів різної тропності в організмі ссавців і людини.</p>	<p>Основна – 1,2; Додаткова – 17</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач .</p>
4	<p>Методи розв'язування систем диференціальних рівнянь першого порядку, що описують кінетику радіоізотопів в організмі.</p> <p>Математичне описування кінетики радіонуклідів в організмі з застосуванням камерних моделей.</p> <p>Фізична сутність біокінетичних параметрів камерних моделей (біокінетичних констант).</p> <p>Наближені методи розв'язування систем диференціальних рівнянь.</p> <p>Написання розрахункових програм.</p>	<p>Основна – 17,19; Додаткова – 2,17,21.</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>

5	<p>Формування поглинених доз за зовнішнього та внутрішнього опромінення вищих біологічних організмів.</p> <p>Доза опромінення.</p> <p>Основи дозиметрії.</p> <p>Дозиметрія зовнішнього опромінення.</p> <p>Дозиметрія внутрішнього опромінення.</p>	<p>Основна – 1-7,12-16; Додаткова – 6,18-20.</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи аудиторії, розв'язання задач аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p> <p style="text-align: right;">В В</p>
6	<p>Дозоутворення за одноразового надходження радіоізоотопів до організму ссавців і людини.</p> <p>Поняття одноразового надходження радіоізоотопу до організму.</p> <p>Процес формування дози.</p> <p>Реакція захисних систем вищих організмів на одноразове внутрішнє опромінення.</p> <p>Радіаційний гормезис: позитив чи негатив?</p>	<p>Основна – 9-11,16; Додаткова – 12,17.</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи аудиторії, розв'язання задач аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p> <p style="text-align: right;">В В</p>

7	<p>Дозоутворення за хронічного надходження радіоізоотопів до організму.</p> <p>Тривале та хронічне надходження радіоізоотопів до організму.</p> <p>Відмінності від випадку одноразового надходження.</p> <p>Радіаційна “втома”.</p> <p>Порівняння біологічних ефектів за одноразового зовнішнього, одноразового внутрішнього та хронічного внутрішнього тотального опромінення (за однакових поглинених доз).</p>	<p>Основна – 8,9,15; Додаткова – 1,2,12.</p>	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв’язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв’язання задач.</p>
---	---	--	---

### ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Підготовка до поточних семінарських занять	10
2.	Виконання поточних практичних завдань	10
3.	Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури	30
4.	Індивідуальні консультації з викладачем	5
5.	Підготовка до заліку	5
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>60</b>

### Завдання (задачі, вправи) для самостійної роботи

1. Побудувати камерну модель для ізоотопів цезію.
2. Побудувати камерну модель для ізоотопів стронцію.
3. Побудувати камерну модель для ізоотопів йоду.
4. Скласти систему диференційних рівнянь, що описують кінетику ізоотопів цезію в організмі експериментальних тварин (щурів).
5. Скласти систему диференційних рівнянь, що описують кінетику ізоотопів стронцію в організмі експериментальних тварин (щурів).
6. Скласти систему диференційних рівнянь, що описують кінетику ізоотопів йоду в організмі експериментальних тварин (щурів).

7. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за одноразового надходження  $^{137}\text{Cs}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
8. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за одноразового надходження  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
9. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за одноразового надходження  $^{131}\text{I}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
10. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за тривалого надходження  $^{137}\text{Cs}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
11. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за тривалого надходження  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
12. Написати програму на об'єктно-орієнтованій мові C++ для розрахунку значень біокінетичних констант за тривалого надходження  $^{131}\text{I}$  до організму експериментальних тварин (щурів). Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
13. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізопопом  $^{137}\text{Cs}$  за його одноразового надходження до організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
14. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізопопом  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  за його одноразового надходження до організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
15. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізопопом  $^{131}\text{I}$  за його одноразового надходження до організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
16. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізопопом  $^{137}\text{Cs}$  за його тривалого надходження до

організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.

17. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізотопом  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  за його тривалого надходження до організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.
18. Розрахувати дози опромінення органів і тварин експериментальних тварин (щурів) ізотопом  $^{131}\text{I}$  за його тривалого надходження до організму. Використовувати експериментально отримані дані щодо вмісту ізотопу в органах і тканинах.

### **Теми для рефератів та доповідей**

1. Дозиметрія як складова частина радіобіології.
2. Використання понятійного апарату та основ ядерної фізики в дозиметрії.
3. Апаратурна дозиметрія.
4. Розрахункова дозиметрія.
5. Біокінетика мікроелементів.
6. Тропність хімічних елементів.
7. Камерні моделі (загальні поняття)
8. Теорія камерних моделей.
9. Камерні моделі в радіобіології.
10. Застосування математичного апарату в радіобіології.
11. Застосування основ програмування в радіобіології.
12. Дозоутворення за одноразового надходження до організму дрібних експериментальних тварин (миші, щури) радіоізотопів.
13. Дозоутворення за тривалого та хронічного надходження до організму дрібних експериментальних тварин (миші, щури) радіоізотопів.
14. Розрахунки доз за одноразового надходження до організму дрібних експериментальних тварин (миші, щури) радіоізотопів.
15. Розрахунки доз за тривалого та хронічного надходження до організму дрібних експериментальних тварин (миші, щури) радіоізотопів.

## **VI. ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ**

### **МЕТА І ФОРМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ**

Мета поточного контролю – оцінити ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та рівень знань аспірантів з відповідних розділів дисципліни.

*Рівень поточних знань оцінюється в балах по кожному із передбачених видів практичних завдань окремо:*

- володіння теоретичним матеріалом;
- розуміння сутності фізичних явищ;
- вміння робити оцінки за порядком величин;
- розв’язання задач аналітичного характеру;
- розв’язання задач обчислювального характеру.

Згідно до методики рейтингової оцінки поточний рейтинг аспіранта розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань, колоквіуму та контрольної роботи (плюс показники відвідування лекційних та практичних занять) і нараховується протягом семестру.

Аспіранти, поточні знання яких оцінені на “незадовільно з обов’язковим повторним вивченням курсу” (1-34 балів), вважаються не атестованими і до іспиту з дисципліни не допускаються. Аспіранти, які за роботу в семестрі та на іспиті набрали 35-59 балів мають право на перескладання.

### **МЕТА І ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ**

Підсумковий контроль знань здійснюється наприкінці семестру шляхом зарахування заліку.

До отримання заліку допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Залік надається за завданнями, складеними на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення заліку дозволяється користуватися конспектом.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ**

1. Паливо в ядерних енергетичних реакторах.
2. Продукти поділу ядерного палива.
3. Взаємодія іонізуючих випромінювань з біологічною речовиною.
4. Поняття дози опромінення.
5. Тотальне опромінення.
6. Локальне опромінення.
7. Апаратурна дозиметрія.
8. Детектори іонізуючих випромінювань.
9. Розрахункові методи дозиметрії.



10. Процеси дозоутворення в живих організмах.
11. Поняття кінетики хімічних речовин в організмі ссавців.
12. Кінетика радіоізотопів в організмі як основа розрахункової дозиметрії внутрішнього опромінення.
13. Поняття тропності ізотопів.
14. Кінетика йоду в організмі
15. Кінетика цезію в організмі.
16. Кінетика стронцію в організмі.
17. Моделювання кінетики радіонуклідів в організмі.
18. Камерні моделі в біології.
19. Практичні способи побудови структурних камерних моделей кінетики радіоізотопів різної тропності в організмі ссавців і людини.
20. Математичне описування кінетики радіонуклідів в організмі з застосуванням камерних моделей.
21. Біокінетичні константи.
22. Наближені методи розв'язування систем диференціальних рівнянь.
23. Дозоутворення за зовнішнього опромінення.
24. Дозоутворення за внутрішнього опромінення.
25. Поняття малих доз.
26. Радіаційний гормезис: благо чи зло?
27. Порівняння біологічних ефектів за одноразового зовнішнього та хронічного внутрішнього тотального опромінення (за однакових поглинених доз)

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

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

<i>Вид роботи</i>	<i>Обсяг за семестр</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	4	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 4 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	4	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Розв'язування задач</i>	2	<i>Кожне правильне розв'язання – 5 балів. Всього за семестр – 10 балів</i>
<i>Проведення контрольної роботи</i>	2	<i>Кожне правильне розв'язання завдання – 5 балів. Всього за колоквиум та контрольну роботу – 10 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	14	<i>Кожна відвідана лекція – 1 бал. Всього за семестр – 14 балів</i>
<i>Відвідування семінарів</i>	12	<i>Кожний відвіданий семінар – 1 бал. Всього за семестр – 12 балів</i>
<i>Сукупний рейтинг</i>		<i>58 балів</i>

### КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ЗАЛІКУ

Кожне завдання для проведення 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 заліку наведені в таблиці.

#### *Критерії складання 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>	30
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задачі</i>	10
<b><i>ВСЬОГО</i></b>	<b><i>40 балів</i></b>

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

**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	
90 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
82 – 89	4 (добре)		B (дуже добре)
75 – 81			C (добре)
69 – 74	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 68			E (достатньо)
35 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 34			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)