

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет  
Кафедра фізики функціональних матеріалів



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**“ФІЗИКА КОМП’ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ”**

**для студентів**

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104: Фізика та астрономія  
освітній рівень магістр  
освітня програма медична фізика  
вид дисципліни вибіркова (ОК11)

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2021
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: **д.ф.-м.н., Вячеслав ЛІЗУНОВ**

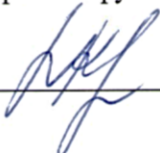
Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.

**КИЇВ – 2021**

Розробник: Лізунов Вячеслав Вячеславович, доктор фізико-математичних наук, викладач-сумісник кафедри фізики функціональних матеріалів

ЗАТВЕРДЖЕНО


Зав. кафедри фізики функціональних матеріалів

\_\_\_\_\_ (підпис)  (Микола КУЛІШ)

Протокол № 10 від «20» травня 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (підпис)  (Олег ОЛІХ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** — отримання знань про фізичні основи комп'ютерній томографії, зокрема, основні теоретичні підходи та математичні моделі, що використовують у комп'ютерній томографії, методики обробки даних та апаратне забезпеченням сучасних томографів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

Для оволодіння дисципліною необхідні знання, одержані в рамках загального курсів фізики та математичного аналізу, а також квантової механіки. В свою чергу знання, вміння і навички, одержані в рамках даного курсу, використовуються при вивченні інших курсів біофізичного напрямку.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Дисципліну “Фізика комп'ютерної томографії” присвячено викладенню фізичних основ комп'ютерній томографії. Розглянуто основні принципи формування зображень у комп'ютерній томографах, а також підходи до розшифровки виміряних зображень, які дозволяють відновити характеристики досліджуваних об'єктів.

**4. Завдання (навчальні цілі):** — формування фізичного мислення у студентів в межах матеріалу, що вивчається.

*Структура курсу*

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** основні методи, що використовуються для одержання томографічних зображень; основні алгоритми для відновлення інформації про об'єкти.

**вміти:** будувати та використовувати для встановлення характеристик об'єктів відповідні математичні моделі, зокрема, описати поведінку та властивості об'єкту моделювання сукупністю математичних рівнянь.

**Інтегральні:**

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

**Загальні:**

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

**Спеціальні:**

- Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.
- Здатність аналізувати, вибирати і застосовувати чисельні та аналітичні методи для відповідних розрахунків в галузі медичної фізики.
- Здатність планувати та проводити експериментальні дослідження фізичних властивостей медико-біологічних систем.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	<b>Знати:</b> ✓ основні поняття та методи комп'ютерної томографії; ✓ основні етапи побудови відповідних математичних моделей.	Лекції	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на конкретну кількість питань	50
2.1	<b>Вміти:</b> ✓ використовувати для визначення характеристик об'єктів відповідні математичні моделі; ✓ описати поведінку та властивості об'єкту моделювання сукупністю математичних рівнянь.	Лекції і		50

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (ОК 11)	1.1	2.1
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>		
Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.	+	
Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+	
Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.		+
Розуміти та вміти формулювати та аналізувати фундаментальні фізичні принципи медичних діагностичних і лікувальних технологій.		+
Знати і вміти застосовувати чисельні та аналітичні методи для відповідних розрахунків в галузі медичної фізики.		+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

	Захист робіт	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	20	20	60
Максимум	60	40	100

– семестрове оцінювання:

– підсумкове оцінювання у формі заліку: 40 балів

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту. Формою проведення іспиту є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить 60 балів за 100 бальною шкалою. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

– умови допуску до підсумкового заліку:

Обов'язковою умовою допуску до заліку є відпрацювання всіх практичних робіт та написання модульних контрольних робіт. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

## 7.2 Організація оцінювання:

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 входять теми 1–14.

Обов'язковим для заліку є отримання мінімальної кількості балів за захист лабораторних робіт.

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60–100
Не зараховано / Fail	0–59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій.

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Сем. лаб. пр	С/Р
1	<b>Тема 1. Вступ.</b> <b>Лекція 1.</b> Історія комп'ютерної томографії.	2		0
2	<b>Тема 2. Джерела рентгенівського випромінення</b> <b>Лекція 2.</b> Генерація рентгенівських променів. Рентгенівські трубки. Синхротронні джерела випромінення.	2		0
3	<b>Тема 3. Детектори рентгенівського випромінення</b> <b>Лекція 3.</b> Детектування рентгенівського випромінення. Основні характеристики детекторів.	2		0
4	<b>Тема 4. Взаємодія рентгенівського випромінення з речовиною</b> <b>Лекція 4.</b> Розповсюдження рентгенівського випромінення через речовину. Поглинання та заломлення рентгенівських променів.	2		0
5	<b>Тема 5. Хвильове рівняння</b> <b>Лекція 5.</b> Однорідне та неоднорідне хвильове рівняння. Перше Борнівське наближення, наближення Рітова.	2		0
6	<b>Тема 6. Дифракційна теорема Фур'є</b> <b>Лекція 6.</b> Дифракційна теорема Фур'є. Метод функцій Гріна. Метод Фур'є-перетворень. Короткохвильове наближення.	2		0
7	<b>Тема 7. Перетворення Радона</b> <b>Лекція 7.</b> Теорема о проєкційному зрізі. Пряме та обернене перетворення Радона.	2		0
8	<b>Тема 8. Реконструкція зображень, одержаних у паралельних пучках випромінення</b> <b>Лекція 8.</b> Геометрія сканера для одержання зображень у паралельних пучках випромінення. Відновлення зображень за проєкціями.	2		0
9	<b>Тема 9. Метод оберненої проєкції</b> <b>Лекція 9.</b> Вибір фільтру форми. Метод згортки. Метод фільтрації. Вплив обмеженості кількості проєкцій на точність реконструкції.	4		0
10	<b>Тема 10. Реконструкція зображень, одержаних у розбіжних променях</b> <b>Лекція 10.</b> Геометрія проєкційної системи. Пряма реконструкція. Вплив обмеженості кількості проєкцій на точність реконструкції.	2		0
11	<b>Тема 11. Спіральна томографія</b> <b>Лекція 11.</b> Однозрізова спіральна томографія. Багатозрізова спіральна томографія.	2		0
12	<b>Тема 12. Методи алгебраїчної реконструкції</b>	2		0

	Лекція 12. Алгебраїчна постановка задачі реконструкції зображень за проєкціями. Алгоритми алгебраїчної реконструкції. Ітераційний координатний алгоритм спуску.			
13	Тема 13. Тестові об'єкти для моделювання проєкцій Лекція 13 Математичні моделі для зображень у паралельних пучках випромінення. Математичні моделі для зображень у розбіжних променях. Вплив шумів на інтерпретацію зображень	2		0
14	Тема 14. Когерентна дифракційна мікроскопія: принципи та біологічні застосування. Лекція 14. Методи фазового контрасту. Фазоконтрастна томографія.	2		0
<b>ВСЬОГО</b>		<b>30</b>		

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекції – 30 год. залік 2 год.

Самостійна робота – 60 год.

### 9. Рекомендовані джерела:

#### Основна:

1. R. Cierniak, *X-Ray Computed Tomography in Biomedical Engineering* (Springer: 2011).
2. A. C. Kak and M. Slanley, *Principles of Computerized Tomographic Imaging* (New York: IEEE Press: 1988).
3. W. A. Kalender, *Computed Tomography: Fundamentals, System Technology. Image Quality* (New York: Wiley: 2009).
4. J. Als-Nielsen and D. McMorrow, *Elements of Modern X-Ray Physics. 2<sup>nd</sup> ed.* (Wiley: 2011).
5. D. M. Paganin, *Coherent X-Ray Optics* (Oxford University Press: 2006).
6. D. K. Bowen and B. K. Tanner, *High Resolution X-Ray Diffractometry and Tomography* (Taylor and Francis: 1998).
7. T. Lei, *Statistics of Medical Imaging* (CRC Press: 2012).

#### Додаткова:

1. J. Hsieh, *Computed Tomography. Principles, Design, Artifacts, and Recent Advanced* (Wiley: 2009).
2. W. R. Hendee and E. R. Ritenour, *Medical Imaging Physics* (Wiley-Liss: 2002).
3. *Introduction to the Science of Medical Imaging* (Ed. R.N. Bryan) (Cambridge University Press: 2010).
4. *Handbook of Medical Imaging: Processing and Analyses* (Ed. I. N. Bankman) (Academic Press: 2000).
5. S. Webb, *The Physics of Medical Imaging* (Bristol: IOP Publishing: 1988).