

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор Навчально-наукового інституту

«Фізико-технічний факультет»

(вказати назву структурного підрозділу)

Кузнецов П.Е. «Фізико-технічний факультет»

(вказати П.І.Б. керівника)

“ 22 ” серпня 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

МЕТОДИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ ступінь магістра _____

галузь знань _____ 10 природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність (напрямок підготовки) _____ 105-прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ Медична фізика _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ обов'язкова _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ ННІ «Фізико-технічний факультет» _____

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»

“21” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

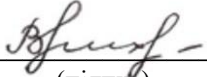
Баранник Євген Олександрович, д.ф.-м.н., професор, професор кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Програму схвалено на засіданні кафедри

медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Протокол від “24” червня 2024 року № 11

Завідувач кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій


(підпис)

Валерія ТРУСОВА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Медична фізика
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми


(підпис)

Євген БАРАННИК
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “12” липня 2024 року № 11

Голова методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»



Микола ЮНАКОВ

ВСТУП

Робочу програму навчальної дисципліни «Методи медико-біологічних досліджень» укладено відповідно до вимог стандарту вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 10 – «Природничі науки», спеціальність 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого і введеного в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 16.06.2020 р. № 804.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни полягає у засвоєнні основних принципів та методів експериментальної фізики, що найбільш часто застосовуються в сучасній медичній діагностиці та при вирішенні біофізичних задач з метою розробки нових фізичних методів досліджень.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни полягають у формуванні підходів до свідомого застосування методів експериментальної фізики, що найбільш часто використовуються в сучасній медичній діагностиці, терапії та хірургії при розробці нових наукоємних методів та вирішенні біофізичних задач.

Вивчення дисципліни «Методи медико-біологічних досліджень» спрямовано на забезпечення таких загальних (ЗК) та фахових компетентностей (ФК) за спеціальністю, затвердженого Стандартом вищої освіти:

ЗК-1. Готовність до саморозвитку та самореалізації.

ЗК-2. Здатність до абстрактного та системного мислення й аналізу.

ЗК-3. Здатність до управління та систематизації інформації.

ЗК-4. Здатність до письмової й усної комунікації державною, рідною та іноземною мовами для розв'язання виробничих задач.

ЗК-5. Готовність діяти в нестандартних ситуаціях.

ЗК-6. Розуміння необхідності роботи з дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці у галузі фізики та системи охорони здоров'я.

ФК-1. Здатність самостійно проводити наукові дослідження, складати план дослідження та одержувати нові наукові й прикладні результати.

ФК-2. Здатність використовувати сучасну апаратуру при проведенні наукових досліджень.

ФК-3. Здатність працювати у групі та керувати колективом у сфері своєї професійної діяльності.

ФК-4. Здатність використовувати методи аналітичної обробки результатів дослідження та математичного моделювання.

ФК-5. Здатність використовувати отримані знання для розробки та забезпечення працездатності сучасних систем медико-біологічних досліджень та діагностики із дотриманням нормативних заходів безпеки їх експлуатації.

1.3. Кількість кредитів – 7

1.4. Загальна кількість годин – 210.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
5-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
80 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
130 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Очікувані результати навчання відповідають програмним результатам навчання ОП «Медична фізика» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»:

Зн-1. Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень в галузі теоретичної та прикладної фізики, медичної радіаційної фізики, медичної біофізики, тощо.

Зн-2. Здатність продемонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, медичної радіаційної фізики, медичної біофізики, тощо.

Зн-3. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.

Зн-4. Здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.

Ум-1. Вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних системах, а також аналізувати отримані результати.

Ум-4. Застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого медичного діагностичного, терапевтичного та хірургічного устаткування та його складових включно із устаткуванням, що використовує джерела іонізуючого випромінювання та радіоактивні матеріали.

Ум-5. Застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації.

Ум-6. Здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел.

Ум-7. Ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

Ум-8. Поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

Ум-10. Критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання.

Ум-11. Застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання інженерних задач обраної спеціалізації та проведення досліджень.

Ум-12. Аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

Ком-1. Уміння ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну

та письмову комунікацію іноземною мовою.

Ком-2. Уміння представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань.

АіВ-1. Здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення.

АіВ-2. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.

АіВ-3. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

АіВ-4. Здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування.

Зокрема відповідно до вимог ОПП магістра прикладної фізики та наноматеріалів, студенти будуть:

знати сукупність фізичних засад і методів експериментальної фізики, що найбільш часто застосовуються в сучасній медичній діагностиці та при вирішенні біофізичних задач;

вміти обирати фізичні методи дослідження конкретних біологічних об'єктів у залежності від їх рівня організації та вирішувати фізичні проблеми при розробці та застосуванні сучасного високотехнологічного медичного обладнання.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Принципи медичної томографії та візуалізації зображень

Тема 1. Огляд методів томографії

Принципи та визначення методів томографії. Ультразвукова та рентгенівська трансмісійна томографія, основні рівняння. Емісійна томографія, ОФЕКТ, ПЕТ, основні рівняння, Перетворення Радона. Дифракційна томографія, основні рівняння. Функція відгуку точкового джерела. Роздільна здатність. Обернення згортки. Обернення згортки за наявності шумів. Залежність якості зображення від співвідношення сигнал-шум.

Тема 2. Ультразвукова томографія та голографія.

Ультразвукова візуалізація, як приклад відбивної томографії. Акустична голографія. Акустичні параметри біологічних середовищ. Рівняння акустичних хвиль в неоднорідному скалярному середовищі. Хвильове рівняння ультразвукової відбивної томографії. Сигнали ультразвукового відгуку. Генерація акустичних полів. Поперечна та поздовжня роздільна здатність систем ультразвукової томографії.

Тема 3. Ультразвукові доплерівські методи дослідження

Частота доплерівського зсуву та гетеродинна схема її виділення. Ультразвуковий доплерівський сигнал. Функція чутливості за полем випромінювання-прийому. Доплерівські спектри. Часопролітне та геометричне збільшення ширини спектрів при безперервному випромінюванні ультразвуку. Спектр від лінії току та повний доплерівський спектр. Залежність ширини спектру від діаметру кровоносної судини при безперервному випромінюванні ультразвуку. Доплерівські спектри та їх ширина при імпульсному випромінюванні ультразвуку.

Тема 4. Види ультразвукової діагностики

Ультразвукова візуалізація на гармоніках випромінювання. Дифракційна томографія параметру нелінійності біологічних об'єктів, умова синхронізму. Режими ультразвукових діагностичних досліджень, їх інтенсиметрія та метрологія. Характерні значення інтенсивності ультразвуку. Ультразвукова еластографія м'яких тканин, зсувнохвильова та компресійна еластографія.

Розділ 2. Дифракційна томографія в оптичному та рентгенівському діапазоні

Тема 1. Методи, що засновані на інтерференції та розсіянні світла.

Інтерференційна мікроскопія. Пружне розсіяння світла малою частинкою. Переріз розсіяння, фактор розсіяння, коефіцієнт розсіяння. Кореляційна та спектральна функції. Динамічне розсіяння світла при рівномірному русі частинок та з урахуванням броунівського руху. Розсіяння світла великими частинками. Інтенсивність розсіяння світла ансамблем великих частинок. Фактор розсіяння та метод визначення молекулярної маси та розміру макромолекул.

Тема 2. Метод комбінаційного розсіяння світла.

Непружне розсіяння світла. Діелектрична проникливість середовища з урахуванням внутрішніх ступенів свободи. Кореляційна та спектральна функції. Комбінаційні частоти. Стоксівські та антистоксівські лінії люмінесценції, співвідношення їх інтенсивностей. Симетричні та антисиметричні моди коливань молекул. Правила відбору коливань для раманівської та ІЧ- спектроскопії.

Тема 3. Рентгенівський структурний аналіз.

Дифракційні структурні методи рентгенографії, електронографії та нейтронографії. Переріз розсіяння рентгенівського випромінювання, його залежність від електронної густини. Рівняння Лауе. Побудова Евальда. Рівняння Бреґґа-Вульфа. Атомний форм-фактор і структурний фактор базиса. Визначення мікроскопічної структури. Метод ізоморфного заміщення. Метод Паттерсона. Рентгенівський структурний аналіз фібрилярних структур. Рентгенограми типу «косий хрест».

Тема 4. ЯМР-томографія

Загальні принципи отримання зображень. Реконструкція зображень по проекціях. Двовимірні Фур'є-зейматорграфія. Послідовності імпульсів. Градієнти фазового кодування та зчитування. Відгук одиниці об'єма об'єкту. Повний ЯМР-сигнал. Методи двовимірної ЯМР-томографії для розподілу часу спин-спінової релаксації. Якість ЯМР-томограм. Траєкторії збору інформації та реконструкція при складних траєкторіях збору.

Розділ 3. Сучасні методи визначення структури макромолекул

Тема 1. Ядернофізичні методи дослідження.

Властивості синхротронного випромінювання (СВ), формула Льєнара, прожекторний ефект, критична гармоніка. Ондуляторне випромінювання, Яркість джерел СВ різних поколінь. Метод нейтронографії, його особливості. Гамма-резонансне розсіяння, експериментальне устаткування для спостереження ефекту Мьоссбауера.

Тема 2. Мікроскопія атомної роздільної здатності.

Оптична мікроскопія. Принципи дії електронного мікроскопа, фокусна відстань і збільшення. Сферична, хроматична аберації та астигматизм. Растрові мікроскопи. Контрастування біологічних об'єктів, відтінення та негативне контрастування. Скануюча тунельна мікроскопія, її фізичні засади, робота виходу. Сканування в режимі постійного току. Метод визначення локальної роботи виходу.

Тема 3. Атомна силова мікроскопія

Основні вузли атомного силового мікроскопу (АСМ), кантилевер, зонд, система реєстрації відхилень кантилеверу. Взаємодія зонду зі зразком. Контактний спосіб роботи АСМ для визначення нормальних сил. Неконтактний спосіб роботи, його переваги та недоліки. Метод постукування. Фазове зображення для визначення в'язко-пружних властивостей зразку. Застосування АСМ для дослідження біологічних молекул.

Тема 4. Електросилові та магнітосилові скануючі мікроскопи.

Різність потенціалів та сила взаємодії між зондом і зразком. Складові сили взаємодії. Методика подвійного сканування для визначення діелектричних властивостей зразку. Магнітосиловий мікроскоп, енергія і сила взаємодії зонда та намагніченого зразку. Квазістатична двопрхідна методика сканування. Коливальна методика сканування. Застосування електросилової та магнітосилової мікроскопії для дослідження біологічних молекул.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Принципи медичної томографії та візуалізації зображень												
Тема 1 Огляд методів томографії	16	5				10						
Тема 2 Ультразвукова томографія та голографія.	15	5				10						
Тема 3 Ультразвукові доплерівські методи дослідження	16	5				10						
Тема 4 Види ультразвукової діагностики	15	5				10						
Разом за розділом 1	60	20				40						
Розділ 2. Дифракційна томографія в оптичному діапазоні												
Тема 1 Методи, що засновані на інтерференції та розсіянні світла	20	8				12						
Тема 2. Метод комбінаційного розсіяння світла	18	7				11						
Тема 3. Рентгенівський структурний аналіз	18	7				11						
Тема 4. ЯМР-томографія	19	8				11						
Разом за розділом 2	75	30				45						
Розділ 3. Сучасні методи визначення структури макромолекул												
Тема 1. Ядернофізичні методи дослідження	20	8				12						
Тема 2 Мікроскопія атомної роздільної здатності	18	7				11						
Тема 3 Атомна силова мікроскопія	18	7				11						
Тема 4. Електросилові та магнітосилові скануючі мікроскопи	19	8				11						
Разом за розділом 3	75	30				45						
Усього годин	210	80				130						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачені.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1.	Огляд методів томографії	10	Екзамен
2.	Ультразвукова томографія та голографія.	10	Екзамен
3.	Ультразвукові доплерівські методи дослідження	12	Екзамен
4.	Види ультразвукової діагностики	10	Екзамен
5.	Методи, що засновані на інтерференції та розсіянні світла	12	Екзамен
6.	Метод комбінаційного розсіяння світла	10	Екзамен
7.	Рентгенівський структурний аналіз	12	Екзамен
8.	ЯМР-томографія	12	Екзамен
9.	Ядернофізичні методи дослідження	10	Екзамен
10.	Мікроскопія атомної роздільної здатності	10	Екзамен
11.	Атомна силова мікроскопія	11	Екзамен
12.	Електросилові та магнітосилові скануючі мікроскопи	11	Екзамен
	Разом	130	

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються наочні, словесні, практичні та дискусійні методи навчання. Заплановано проведення лекцій та самостійна робота.

На лекціях використовують найчастіше словесний, наочний та дискусійний методи. Лекція служить для пояснення важкої та складної теми; її типовими ознаками є введення та характеристика нових понять, розкриття та деталізація матеріалу, завершальні висновки, відповіді на запитання. Лекційні заняття з навчальної дисципліни проводяться з застосування мультимедійних засобів (за потреби використовується ZOOM-відеоконференція), забезпечуються навчальними матеріалами (конспект лекцій, презентації, презентації з анімацією, відеофільми, онлайн сайти та інше).

Для закріплення матеріалу передбачена самостійна робота студентів, що включає поглиблене вивчення тем, що розглядаються на аудиторних заняттях, та виконання завдань, що видає викладач. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод навчання та використовується базова та допоміжна література.

8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

- поточний контроль передбачає відвідування занять та ведення конспекту, поточне опитування під час лекцій.
- підсумковий семестровий контроль – екзамен у комбінованій формі.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота														Екзамен	Сума
Разом															
Розділ 1				Розділ 2				Розділ 3				Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом		
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4				
3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	20	60	40	100

T1, T2 ... T4 – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий контроль – у формі екзамену.

Екзаменаційне завдання (білет) містить три теоретичних питання. Загальна кількість балів за екзаменаційну роботу є сумою балів за всі відповіді на теоретичні питання та дорівнює 40, з яких два більше складних питання оцінюються в 15 балів кожне, а інше – в 10 балів.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- повна розгорнута відповідь – 15 (10) балів.
- повна розгорнута відповідь з незначним зауваженням – 14 (9) балів.
- повна, але не розгорнута відповідь – 13 (8) балів.
- повна, але не розгорнута відповідь з незначними помилками – 11 (6) або 12 (7) балів.
- неповна відповідь без критичних помилок чи суперечностей – 10 (5) балів.
- неповна відповідь з помилками та суперечностями – від 10 (5) до 2 балів.
- неповна відповідь з критичними помилками та суперечностями – 1 бал.
- відсутність відповіді – 0 балів.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. B. Nolting. Methods in modern biophysics. Springer, 2005.
2. The physics of medical imaging. Is.1. Edited by Steve Webb, IOP Publishing Ltd, 1988.
3. The physics of medical imaging. Is.2. Edited by Steve Webb, IOP Publishing Ltd, 1988.
4. G. S. Kino, Acoustic Waves: Devices, Imaging and Analog Signal Processing. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1988.
5. Баранник Є.О. Дифракційні методи медико-біологічних досліджень – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013.
6. Баранник Є.О. Фізичні основи використання електромагнітних випромінювань в медицині – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013.
7. C.R. Hill, J.C. Bamber, G.R. ter Haar (Eds.), Physical Principles of Medical Ultrasonic, second ed., John Wiley, 2004.
8. C. Cantor, P. Schimmel. Biophysical Chemistry: Part I: The Conformation of Biological Macromolecules. Published W. H. Freeman; 1st edition, 1980.
9. C. Cantor, P. Schimmel. Biophysical Chemistry: Part II: Techniques for the study of biological structure and function. Published W. H. Freeman; 1st edition, 1980.
10. T. Blundell, L. Johnson. Protein Crystallography. Academic Press; 1st edition, 1976.
11. Ю. Бережной. Лекції з квантової механіки. К.: Майстер-клас, 2008
12. О. Ситенко. Теорія розсіювання. К.: Либідь, 1993

Допоміжна література

1. Медична та біологічна фізика. За ред.. О. В. Чалого. Вінниця, Нова Книга, 2017
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка. Львів: Вид-во ЛНУ, 2004
3. L. Landau, E. M. Lifshitz. Electrodynamics of continous media. Oxford, London, New York, Paris, Pergamon Press, 1984.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://medicalphysicsweb.org/>
2. <https://www.iaea.org/>
3. <http://www.icrp.org/>
4. <http://www.medicalimaging.org/>
5. <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside-r.htm>
6. <http://www.physics.nyu.edu/>
7. <https://www.researchgate.net/>
8. <http://www3.gehealthcare.co.uk/#>
9. <http://www.healthcare.philips.com/main/>
10. <http://www.healthcare.siemens.com/>