

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем



Сергій ШУЛЬГА

“ 24 ” червня 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ФІЗИЦІ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень вищої освіти

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 105 прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)

освітня програма радіофізика та електроніка
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

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

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № 6 від “ 24 ” червня 2024 року

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: доцент кафедри квантової радіофізики, к.ф.-м.н., доцент Андрій ДЕГТЯРЬОВ.

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 20 ” червня 2024 року № 11

Завідувач кафедри квантової радіофізики



(підпис)

Вячеслав МАСЛОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) Радіофізика та електроніка
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) проф. Вячеслав МАСЛОВ



(підпис)

Вячеслав МАСЛОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 24 ” червня 2024 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем



(підпис)

Олександр БУТРИМ

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Математичне моделювання в фізиці” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки
магістр
 (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали
 освітня програма Радіофізика та електроніка
 спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни полягає у знайомстві з методами математичного комп’ютерного моделювання фізичних процесів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є знайомство з комп’ютерними математичними програмами і їх застосуванням для вивчення фізичних процесів та їх моделювання

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K06. Навички міжособистісної взаємодії.
- K07. Навички здійснення безпечної діяльності.
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.
- K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. Готовність діяти в нестандартних ситуаціях.
- K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- K14. Здатність реалізувати свої права і обов’язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної теоретичної та прикладної фізики.
- K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- K18. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
- K19. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати числові методи для розв’язування фізичних задач і моделювання фізичних систем.

- K20. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи, та керувати колективом у сфері своєї професійної діяльності.
- K21. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K22. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- K23. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень.
- K24. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів і теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.
- K25. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів - 5

1.4. Загальна кількість годин - 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Обов'язкова / за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
32 год.
Практичні заняття
16
Лабораторні заняття
–
Самостійна робота
102 год.
Індивідуальні завдання
–
Контрольні роботи – 2

1.6. Заплановані результати навчання – студенти повинні знати: принципи математичного моделювання фізичних процесів; вміти: користуватись комп'ютерними математичними програмами для моделювання фізичних процесів (проведення числових експериментів).

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- ПР01. Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо.
- ПР02. Здатність продемонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, радіофізики та електроніки, ядерної та термоядерної енергетики,

космічних досліджень, тощо.

- ПР03. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.
- ПР04. Здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.
- ПР05. Вміти вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних лінійних і нелінійних системах, а також аналізувати отримані результати.
- ПР06. Вміти самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати отримані результати.
- ПР07. Вміти застосовувати інформаційно- комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових наукових і інженерних завдань.
- ПР08. Вміти застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого радіотехнічного, електронного, електротехнічного устаткування та його складових.
- ПР09. Вміти застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач аналізу та синтезу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації.
- ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел.
- ПР11. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.
- ПР12. Вміти поєднувати теорію та практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.
- ПР13. Вміти самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою.
- ПР14. Вміти критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання.
- ПР15. Вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання інженерних задач обраної спеціалізації та проведення досліджень.
- ПР16. Вміти аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.
- ПР17. Вміти ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну та письмову комунікацію іноземною мовою.
- ПР18. Вміти представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань.
- ПР19. Здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення.
- ПР20. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.
- ПР21. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.
- ПР22. Здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Робота з комп'ютерною математичною програмою

Тема 1. Математичне моделювання та чисельний експеримент.

Зміст: Застосування математичного моделювання фізичних процесів в наукових дослідженнях. Числовий експеримент. Його особливості та області застосування.

Тема 2. Комп'ютерні математичні програми. Прості обчислення.

Зміст: Особливості сучасних математичних програм. Перші кроки в освоєнні програми.

Тема 3. Побудова плоских та об'ємних графіків. Графічне та чисельне розв'язання рівнянь.

Зміст: Побудова графіків Аналіз графіків на характерні точки. Розв'язання рівнянь.

Тема 4. Робота з масивами даних. Інтерполяція даних.

Зміст: Одновимірні та багатовимірні масиви даних. Робота з матрицями. Побудова графіків. Методи інтерполяції – лінійна, сплайнова.

Тема 5. Згладжування даних. Метод найменших квадратів (регресія).

Зміст: Методи згладжування даних. Необхідність згладжування. Особливості цього процесу. Методи регресії – лінійні та нелінійні.

Розділ 2. Математичне моделювання фізичних процесів і явищ

Тема 1. Механіка та механічні коливання.

Зміст. Моделювання руху тіл та коливальних систем – вільних та вимушених коливань. Складання коливань. Хвильові процеси.

Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів.

Зміст. Розподіл молекул за швидкостями (розподіл Максвелла). Розподіл молекул за енергіями (розподіл Больцмана). Залежність тиску повітря від висоти над поверхнею Землі.

Тема 3. Теплопередача. Теплові процеси при нагріванні та охолодженні тіл.

Зміст. Теплопровідність, конвекція, теплове випромінювання. Моделювання процесів поширення тепла в тілах.

Тема 4. Постійний електричний струм. Змінний електричний струм.

Зміст. Протікання струму через резистори, конденсатори та індуктивності. Електричний коливальний контур. Затухання струму в контурі. Електричний резонанс.

Тема 5. Спектральний аналіз електричних сигналів.

Зміст. Пряме та зворотне перетворення Фур'є. Моделювання проходження сигналів через електричні фільтри. Виділення сигналу з шумів.

Тема 6. Геометрична та фізична оптика.

Зміст. Закони відбиття та заломлення світла. Моделювання проходження світла через середовище. Формули Френеля. Поляризація світла при відбитті від границі розділу середовищ. Дисперсія світла. Інтерференція та дифракція світла. Моделювання дифракційних картин при взаємодії світла з різними об'єктами

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	практ	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Робота з комп'ютерною математичною програмою						
Тема 1. Математичне моделювання та чисельний експеримент.	10	2				8
Тема 2. Комп'ютерні математичні програми. Прості обчислення.	12	2	2			8
Тема 3. Побудова плоских та об'ємних графіків. Графічне та чисельне розв'язання рівнянь.	14	4	2			8
Тема 4. Робота з масивами даних. Інтерполяція даних.	12	2	2			8
Тема 5. Згладжування даних. Метод найменших квадратів (регресія).	16	4	2			10
Разом за розділом 1	64	14	8			42
Розділ 2. Математичне моделювання фізичних процесів і явищ						
Тема 1. Механіка та механічні коливання.	15	4	1			10
Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів.	13	2	1			10
Тема 3. Теплопередача. Теплові процеси при нагріванні та охолодженні тіл.	16	4	2			10
Тема 4. Постійний електричний струм. Змінний електричний струм.	14	2	2			10
Тема 5. Спектральний аналіз електричних сигналів.	15	4	1			10
Тема 6. Геометрична та фізична оптика.	13	2	1			10
Разом за розділом 2	86	18	8			60
Усього годин	150	32	16			102

4. Теми практичних занять

№ з/п	Види, зміст роботи: робота з літературою, підготовка до виконання практичних занять	Кількість годин
Розділ 1. Робота з комп'ютерною математичною програмою		
1	Тема 2. Комп'ютерні математичні програми. Робота з програмою.	2
2	Тема 3. Побудова плоских та об'ємних графіків. Редагування графіків. Графічне та чисельне розв'язання рівнянь.	2
3	Тема 4. Робота з масивами даних. Інтерполяція даних. Похідна та інтеграл формул.	2
4	Тема 5. Згладжування даних. Метод найменших квадратів (регресія). Області застосування методів.	2
Розділ 2. Математичне моделювання фізичних процесів і явищ		
8	Тема 1. Механіка та механічні коливання. Задачі фізики, хімії, біології.	1
9	Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів. Закони Максвелла, Больцмана, Менделєєва-Клапейрона.	1
11	Тема 3. Теплопередача. Теплові процеси при нагріванні та охолодженні тіл. Застосування теплових методів.	2
12	Тема 4. Постійний електричний струм Змінний електричний струм. Резонансні явища.	2
13	Тема 5. Спектральний аналіз електричних сигналів. Електричні фільтри.	1
14	Тема 6. Геометрична оптика. Оптичні прилади. Фотометрія. Фізична оптика. Інтерференція. Дифракція.	1
Разом		16

5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання практичних занять	Кількість годин
Розділ 1. Робота з комп'ютерною математичною програмою		
1	Тема 1. Математичне моделювання та чисельний експеримент.	8
2	Тема 2. Комп'ютерні математичні програми. Робота з програмою.	8
3	Тема 3. Побудова плоских та об'ємних графіків. Редагування графіків. Графічне та чисельне розв'язання рівнянь. Розв'язання систем рівнянь. Порівняння методів.	8
4	Тема 4. Робота з масивами даних. Інтерполяція даних. Похідна та інтеграл формул.	8
5	Тема 5. Згладжування даних. Метод найменших квадратів (регресія). Області застосування методів.	10
Розділ 2. Математичне моделювання фізичних процесів і явищ		
6	Тема 1. Механіка та механічні коливання. Задачі фізики, хімії, біології.	10
7	Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів. Закони Максвелла, Больцмана, Менделєєва-Клапейрона.	10
8	Тема 3. Теплопередача. Теплові процеси при нагріванні та охолодженні тіл. Застосування теплових методів.	10
9	Тема 4. Постійний електричний струм Змінний електричний струм. Резонансні явища.	10

10	Тема 5. Спектральний аналіз електричних сигналів. Електричні фільтри.	10
11	Тема 6. Геометрична оптика. Оптичні прилади. Фотометрія. Фізична оптика. Інтерференція. Дифракція.	10
Разом		102

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних занять не заплановано

7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з практичних занять, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практичної роботи.

8. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на практичних заняттях, самостійну роботу і виконання домашніх завдань (20 балів).

Після вивчення 1 і 2-го розділів курсу проводиться письмова контрольна робота, яка оцінюється у 20 балів кожна.

Підсумковий контроль – залік (40 балів).

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота											Залік	Сума			
Розділ 1					КР	Розділ 2						КР	Разом		
T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5	T6				
2	2	2	2	2		1	1	2	2	2	2				
10					20	10						20	60	40	100

T1, T2,.. – номер теми.

КР – контрольна робота, передбачена навчальним планом.

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані. Студент не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Студенти з підсумковим рейтингом < 10 вважаються такими, що не допущені до заліку з дисципліни. Їм перед сесією надається можливість підвищити оцінку і отримати допуск до заліку шляхом виправлення нульових оцінок з окремих видів занять і контрольних завдань. Термін і порядок ліквідації заборгованостей устанавлюється викладачами, котрі проводять відповідні заняття і контрольні заходи.

Критерії оцінювання

1. Виконання кожного завдання залікового білета оцінюється балом за таблицею:

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недоброчесність	
2	1-8	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	9-19	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	10-24	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	25-32	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	33-36	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	37-40	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка заліку за 40-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (П1+П2+П3)/3 ,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання залікового білету.

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. Математичне моделювання у фізиці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / А. В. Дегтярьов, М. Г. Кокодій, В. О. Маслов, В. А. Свіч. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 388 с.
2. Бабкіна Р. М. Математичне моделювання – метод пізнання навколишнього світу / Р. М. Бабкіна // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – №1. – Бердянськ: БДПУ, 2005. – 200 с.
3. Калапуша Л.Р. Моделі в науці та навчальному процесі з фізики Ч. I, II / Л.Р.Калапуша // Фізика та астрономія в школі : Науково-методичний журнал. – К.: «Педагогічна преса», 2007. - №1. - С. 10-13, - 2007. - № 3. - С. 13-17
4. Атаманчук П. Моделювання природних явищ як ефективний засіб вивчення загальної фізики / П. Атаманчук, А. Губанова, Р. Ткачук. // Фізика та астрономія в школі: Науково-методичний журнал. – К.: «Педагогічна преса», 2008. – №2. – С. 17-20.

Допоміжна література

5. Математичне моделювання систем : навчальний посібник для студентів спеціальностей "Комп'ютерна інженерія", "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". - Харків : Друкарня Мадрид, 2019. - 267 с.
6. Математичні методи моделювання : навчальний посібник / О.П. Чорний [та ін.] ; загальна редакція : О.П. Чорний. - Кременчук : О.В. Щербатих, 2016. - 232 с.
7. Шрюфер Е. Обробка сигналів: Цифрова обробка дискретизованих сигналів: Підручник. – К.: Либідь, 1992. – 296 с.

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

1. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології:
<http://www.fmmit.lviv.ua/index.php/fmmit>
2. Математичне та комп'ютерне моделювання:
<http://mcm-math.kpnu.edu.ua/>