Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

"**ЗАТВЕРДЖУЮ**"

Директор навчально-наукового інституту
комп'ютерної фізики та енергетики
_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА
"20" червня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КОНСТРУКТИВНІ ЗАСОБИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	обов'язкова

навчально – науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

28 серпня 2024 року, протокол № 8/24

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Овчаренко Антон Ігорович, PhD, старший викладач кафедри комп'ютерної фізики,

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 28 серпня 2024 року № 8/24

Завідувач кафедри комп'ютерної фізики

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО
(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерна фізика»:

Гарант освітньої програми «Комп'ютерна фізика».

_____ Світлана РОГОВА
(підпис)

Програму погоджено науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від 28 серпня 2024 року № 8/24

Голова науково-методичної комісії
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Конструктивні засоби математичного моделювання та їх застосування» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «Комп'ютерна фізика» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.
спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни "Конструктивні засоби математичного моделювання та їх застосування" є дослідження фізичних явищ або процесів за допомогою відповідних математичних моделей.

2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни "Конструктивні засоби математичного моделювання та їх застосування" є реалізація можливостей математичного моделювання за допомогою методів чисельного розв'язку диференційних рівнянь на заданій сітці.

3. Кількість кредитів — 4
4. Загальна кількість годин — 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
7-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
48 год.	год.
Самостійна робота	
40 год.	год.
в тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати :

метод R-функцій в математичному моделюванні геометричних об'єктів та фізичних полів; варіаційні та проекційні методи; систему ПОЛЕ.

вміти :

застосовувати отримані знання на практиці при проведенні багатоваріантних обчислювальних експериментів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ, необхідні базові знання та навички.

Тема 1. Середа розробки Octave, особливості та принципи.

Основні принципи, засади та особливості роботою з матричними пакетами програмного забезпечення на прикладі Octave.

Тема 2. Базовий математичний формалізм та фізичні рівняння для моделювання фізичних полів.

Рівняння Максвелла для моделювання електромагнітного поля, вивід кінцевого математичного формалізму, на якому грунтується курс.

Тема 3. Наближення кінцевих різниць.

Формулювання наближення кінцевих різниць. Границі та особливості його застосування. Запис диференційних рівнянь у рамках наближення кінцевих різниць.

Тема 4. Поглинання на границі за допомогою Perfectly Matched Layer (PML).

Математичне формулювання шару з ідеальним поглинанням хвилі. Його роль і значення при моделюванні полів.

Розділ 2. Метод кінцевих різниць у частотному домені.

Тема 5. Метод кінцевих різниць для мод хвилеводу.

Математичне формулювання задачі для одно- та двовимірних хвилеводів. Знаходження власних мов. Аналіз та фізичне тлумачення результатів.

Тема 6. Метод кінцевих різниць у частотному домені для аналізу розсіювання на об'ємних структурах.

Математичне формулювання задачі для одно-, дво- та тривимірних сіток. Метод повного/розсіяного поля. Перетворення ближнього поля у дальнє. Аналіз та фізичне тлумачення результатів моделювання.

Розділ 3. Метод матриць переходу та матриці розсіювання.

Тема 7. Метод матриць переходу.

Математичне формулювання методу матриць переходу. Особливості та обмеження застосування.

Тема 8. Метод матриць розсіювання.

Математичне формулювання методу матриць розсіювання. Особливості, переваги та обмеження застосування.

Тема 9. Метод Rigorous Coupled-Wave Analysis, як узагальнення методу матриць розсіювання.

Математичне формулювання методу, фізичне тлумачення. Переваги та визначні риси у порівнянні з методом кінцевих різниць у частотному домені.

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.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	11	12	13
Розділ 1. Вступ, необхідні базові знання та навички.												
Тема 1. Середа розробки Octave, особливості та принципи..	10	2		6		4						

Тема 2. Базовий математичний формалізм та фізичні рівняння для моделювання фізичних полів.	12	2		6		4						
Тема 3. Наближення кінцевих різниць.	14	4		6		4						
Тема 4. Поглинання на границі за допомогою Perfectly Matched Layer (PML).		4		6		6						
Разом за розділом 1	36	12		24		18						
Розділ 2. Метод кінцевих різниць у частотному домені.												
Тема 5. Метод кінцевих різниць для мод хвилеводу.	14	4		4		4						
Тема 6. Метод кінцевих різниць у частотному домені для аналізу розсіювання на об’ємних структурах.	14	4		4		4						
Разом за розділом 2	44	8		8		8						
Розділ 3. Метод матриць переходу та матриці розсіювання.												
Тема 7. Метод матриць переходу.	10	4		4		4						
Тема 8. Метод матриць розсіювання.	12	4		4		4						
Тема 9. Метод Rigorous Coupled-Wave Analysis, як узагальнення методу матриць розсіювання.	18	4		8		6						
Разом за розділом 3	40	12		16		14						
Усього годин	120	32		48		40						

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова матріць, сіток, операції над ними в середовищі Octave.	8
2	Аналіз і робота з власними модами хвилевода.	8
3	Практичні та технічні моменти реалізації та роботи з методом кінцевих різниць на практиці.	8
4	Практичні та технічні моменти реалізації та роботи з методом матриць переходу.	8
5	Практичні та технічні моменти реалізації та роботи з методом матриць розсіювання.	8

6	Практичні та технічні моменти реалізації та роботи з методом RCWA.	8
	Разом	48

5.Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Побудова матриці зі складним центрально-симметричним розподілом елементів у середовищі Octave або подібному.	4
2	Побудова профілю падаючої, відбитої та заломленої плоских хвиль за допомогою аналітичних рівнянь у середовищі Octave або подібному.	4
3	Реалізація вирішення задачі на власні моди хвилеводу у середовищі Octave або подібному.	4
4	Реалізація задачі моделювання розсіювання на періодичній структурі у середовищі Octave або подібному.	6
5	Написання програми, що обраховує добуток Редхеффера у середовищі Octave або подібному.	4
6	Розробка імплементації методу матриць пере- ходу за допомогою матриць розсіювання у середовищі Octave або подібному.	4
7	Метод матриць переходу для структур, що повторюються у середовищі Octave або подібному.	4
8	Написання програми, що обраховує матрицю згортки у середовищі Octave або подібному.	6
9	Базова імплементація RCWS у середовищі Octave або подібному.	4
	Разом	40

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

7. Методи контролю

На заняттях – опитування. По закінченні розділу – усний контроль. Протягом семестру — 2 контрольні роботи. Форма підсумкового контролю знань — екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання												Екзамен	Сума
Розділ 1				Розділ 2		Розділ 3			Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
Т1	Т2	Т3	Т	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9					
2	6	6	6	7	7	7	7	7	5		60	40	100

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – 20 балів.

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Нарахування балів при поточному контролі.

2(3) бал – робота в аудиторії
3(4) бали – усний контроль.

Критерії оцінювання відповідей на контрольній роботі

Контрольне завдання (5 балів)

Наявність відповіді	– 2 бал
Правильність відповіді	– 2 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 1 бал

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – **20 балів**.

Критерії оцінювання відповідей на підсумковій роботі

Питання 1 – теоретичне питання (10 балів)	
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал
Коректність викладок	– 3 бал
Послідовність викладок	– 2 бал
Логічність викладок	– 3 бал
Питання 2 дослідницька задача. (15 балів)	
Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бал
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бал
Наявність графічного відображення	– 2 бал
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал
Питання 3 – дослідницька (15 балів)	
Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бал
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бал
Наявність графічного відображення	– 2 бал
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	

70-89	добре	зараховано
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Rumpf, Raymond C. Electromagnetic and Photonic Simulation for the Beginner: Finite-Difference Frequency-Domain in MATLAB®. Artech House, 2022.

Допоміжна література

1. Taflove, A., & Hagness, S. C. (2005). Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method (3rd ed.). Artech House.
2. Sheng, X., & Liu, Q. H. (2016). Finite Difference Frequency Domain Methods for Electromagnetic Waves. CRC Press.

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

1. Computational electromagnetism lectures: https://www.youtube.com/playlist?list=PLLYQF5WvJdJVmCm4cDrKmek6cDJZWVomk