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

«29» _____ 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та нанометаріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	вибіркова
ННІ	комп'ютерної фізики та енергетики

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

28 грудня 2023 року, протокол № 12-1/23

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Овчаренко Антон Ігорович, доцент кафедри комп'ютерної фізики

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 15 грудня 2023 року № 12/23

Завідувач кафедри комп'ютерної фізики

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо – професійної програми комп'ютерна фізика

Гарант освітньо-професійної програми прикладна фізика енергетичних систем

_____ Світлана РОГОВА

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

Протокол від 21 грудня 2023 року № 12/23

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

_____ Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Моделювання фізичних полів» складена відповідно до освітньо-професійних програм «Комп'ютерна фізика» підготовки першого (бакалаврського) рівня освіти

спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделювання фізичних полів» є вивчення математичних принципів побудови і імплементація моделі моделювання фізичних полів на прикладі елекромагнітного поля у Фур'є просторі.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення *дисципліни «Моделювання фізичних полів»* є побудова матриць переходу для обчислення перетворення електромагнітного поля при переході через різноманітні структури, проведення обчислювальних експериментів.

Загальні компетентності (ЗК)

1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-2)
2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК-3)
3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК-6)
4. Здатність працювати в команді. (ЗК-9)
5. Навички міжособистісної взаємодії.(ЗК-11)

Спеціальні компетентності (СК)

1. Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень. (СК-2)
2. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів. (СК-3)
3. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій. (СК-9)
4. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів. (СК-11)
5. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів та речовин. (СК-12)

1.3. Кількість кредитів — 4

1.4. Загальна кількість годин — 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Вибіркова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
8-й	
Лекції	
22 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
22 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.

Самостійна робота	
76 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

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

знати :

різницю між методами що обчислюють поле в дійсному та Фур'є простори, принципи роботи методу матриць переходу і розсіювання, метод RCWA, його особливості, обмеження, сильні і слабкі сторони.

вміти :

застосовувати отримані знання на практиці при вирішенні задачі розсіювання хвилі; проводити обчислювальні експерименти з періодичними структурами.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.

ПРН2. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.

ПРН6. У коректній формі формулювати професійні висновки, апробувати їх та доносити до аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами.

ПРН7. Фундаментально розуміти та знати принципів наукової роботи та наукового методу, включаючи етичні та суспільні обмеження та можливості.

ПРН12. Критично розуміти наукові методи, мати краще розуміння наукового процесу як такого, а також розуміти перспективи майбутньої роботи .

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Математичний базис та фізичні принципи моделювання полів.

Тема 1. Вступ. Поширення електромагнітної хвилі. Рівняння Максвелла.

Тема 2. Математичне моделювання в ортогональних системах координат.

Розділ 2. Метод матриці переходу.

Тема 3. Стандартне формулювання методу матриці переходу.

Тема 4. Покращене формулювання методу матриці переходу з використанням матриць розсіювання.

Тема 5. Моделювання періодичних структур та дифракційних решіток.

Розділ 3. Метод строгого аналізу зв'язаних хвиль.

Тема 6. Формулювання методу RCWA (строгого аналізу зв'язаних хвиль).

Тема 7. Імплементація RCWA.

Розділ 4. Сучасні програмні пакети для моделювання за допомогою RCWA.

Тема 8. Програмний пакет Reticolo для моделювання розсіювання періодичних та аперіодичних структур.

Тема 9. Інші програмні пакети.

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	10	11	12	13
Розділ 1. Математичний базис та фізичні принципи моделювання полів.												
Тема 1	10	2	2			6						
Тема 2	10	2	2			6						
Разом за розділом 1	20	4	4			12						
Розділ 2. Метод матриці переходу.												
Тема 3	10	2	2			6						
Тема 4	10	2	2			6						
Тема 5	12	2	2			8						
Разом за розділом 2	32	6	6			20						
Розділ 3. Метод строгого аналізу зв'язаних хвиль.												
Тема 6	18	3	3			12						
Тема 7	18	3	3			12						
Разом за розділом 3	36	6	6			24						
Розділ 4. Сучасні програмні пакети для моделювання за допомогою RCWA.												
Тема 8	16	3	3			10						
Тема 9	16	3	3			10						
Разом за розділом 4	32	6	6			20						
Усього годин	120	22	22			76						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивід і пояснення рівнянь, на яких ґрунтуються моделі.	4
2	Принципи та особливості імплементації методу матриць переходу.	6
3	Принципи та особливості імплементації методу строгого аналізу зв'язаних хвиль.	6
4	Робота з сучасними програмними пакетами для моделювання з відкритим вихідним кодом.	6
Разом		22

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Засвоєння математичного апарату і фізичних принципів моделювання поширення електромагнітної хвилі.	12
2	Побудова програми, що обраховує задачу поширення хвилі методом матриці переходу на вибраної мові програмування.	20
3	Побудова програми, що обраховує задачу поширення хвилі методом строгого аналізу зв'язаних хвиль на вибраної мові програмування.	24
4	Виконання чисельних експериментів з використанням вивчаємих програмних пакетів з відкритим вихідним кодом.	20
Разом		76

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

7. Методи навчання

Пояснювально-ілюстративний; репродуктивний; дослідницький; частково-пошуковий.

8. Методи контролю

На заняттях – опитування. По закінченні розділу – усний контроль. Форма підсумкового контролю знань — екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання									Залік	Сума
Розділ 1		Розділ 2			Розділ 3		Розділ 4		Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	60	40	100
4	4	4	4	4	10	10	10	10			

Т1, Т2 ... – теми розділів.

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

Критерії оцінювання навчальних досягнень

1. **Поточне оцінювання.**

Робота в аудиторії та самостійна робота:

Відсутність помилок в розрахунках	1 бали
Правильність відповіді	3 бали
Знання цілей задачі	1 бали

2. **Заключне оцінювання – 40 балів за залік**

Типовий білет

1. Який принцип лежить в основі RCWA? Як задається джерело? Яку інформацію ми отримаємо на виході? (20 балів).
2. Порахуйте ефективність дифракції решітки у +1 порядок, який відповідає куту 60 градусів. Решітка складається з одного гребня. Фактор заповнення – 0.6. Довжина хвилі 1.2 мікрона. Матеріал решітки – кремній. Товщина 600 нм. (20 балів).

Питання 1 (20 балів)

Відсутність помилок в теоретичній частині	– 5 балів
Коректність викладок	– 3 бали
Послідовність викладок	– 3 бали
Логічність викладок	– 3 бали
Наявність практичних прикладів	- 6 балів

Питання 2 (20 балів)

Наявність відповіді	– 5 балів
Правильність відповіді	– 3 бали
Відсутність помилок в розрахунках	– 3 бали
Логічність викладок	– 3 бали
Наявність практичних прикладів	- 6 балів

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	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. Yeh, P. (2005). *Optical Waves in Layered Media* (2nd ed.). Wiley-Interscience.
2. Joannopoulos, John D., Steven G. Johnson, Joshua N. Winn, and Robert D. Meade. "Molding the flow of light." *Princet. Univ. Press. Princeton, NJ [ua]* (2008).

Допоміжна література

1. Moharam, M. G., Pommet, D. A., Grann, E. B., & Gaylord, T. K. (1995). Stable implementation of the rigorous coupled-wave analysis for surface-relief gratings: enhanced transmittance matrix approach. *Journal of the Optical Society of America A*, *12*(5), 1077–1086. https://doi.org/10.1364/JOSAA.12.001077

2. Lalanne, P. (2002). Electromagnetic analysis of photonic crystal waveguides operating above the light cone. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, *38*(7), 800–804. https://doi.org/10.1109/JQE.2002.1017589

3. Moharam, M. G., Grann, E. B., Pommet, D. a., & Gaylord, T. K. (1995). Formulation for stable and efficient implementation of the rigorous coupled-wave analysis of binary gratings. *Journal of the Optical Society of America A*, *12*(5), 1068. https://doi.org/10.1364/JOSAA.12.001068

4. Cao, Q., Lalanne, P., & Hugonin, J.-P. (2002). Stable and efficient Bloch-mode computational method for one-dimensional grating waveguides. *Journal of the Optical Society of America A*, *19*(2), 335–338. https://doi.org/10.1364/JOSAA.19.000335

5. Lalanne, P., & Morris, G. M. (1996). Highly improved convergence of the coupled-wave method for TM polarization. *Journal of the Optical Society of America A*, *13*(4), 779–784. https://doi.org/10.1364/JOSAA.13.000779

6. Peng, S., & Morris, G. M. (1995). Efficient implementation of rigorous coupled-wave analysis for surface-relief gratings. *Journal of the Optical Society of America A*, *12*(5), 1087–1096. https://doi.org/10.1364/JOSAA.12.001087

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

Відсутні