

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

«ФІЗИКА КОМПОЗИТНИХ СЕРЕДОВИЩ»

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень освіти

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)

освітня програма Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи
(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

“ 24 ” червня 2024 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
професор кафедри квантової радіофізики, д.ф.-м.н., доцент Олег РИБІН

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 20 ” червня 2024 року, протокол № 11

Завідувач кафедри квантової радіофізики

 проф. Вячеслав МАСЛОВ
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи
 назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
 (керівник проектної групи) проф. Олександр Бутрим

 Олександр БУТРИМ
 (підпис) (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

 (проф.Олександр БУТРИМ)
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика композитних середовищ»
складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки
бакалавра
 (назва рівня вищої освіти)

спеціальність 105 прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи

спеціалізація _____

1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надати майбутнім спеціалістам з лазерної фізики необхідного мінімуму попередніх відомостей з особливостей моделювання ефективних матеріальних параметрів композитних середовищ/речовини у різних мікро- та макроскопічних станах
- 1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння принципів побудування теорії ефективного середовища, яка дозволяє теоретично характеризувати електромагнітний відгук композитного середовища на зовнішнє електромагнітне випромінювання.
- Компетентності, що забезпечуються дисципліною:
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-1).
 - Знання та розуміння предметної області, розуміння професійної діяльності (ЗК-2).
 - Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7).
 - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-8).
 - Здатність працювати в команді (ЗК-9).
 - Навички міжособистісної взаємодії (ЗК-10).
 - Здатність працювати самостійно (ЗК-11).
 - Здатність брати участь у обробці та оформленні результатів експерименту (ФК-6).
 - Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних систем (ФК-9).
 - Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок (ФК-13).
- 1.3. Кількість кредитів – 3
- 1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
4-й
Семестр
1-й

Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год.
Лабораторні заняття
-
Самостійна робота
42 год.
Контрольні роботи
2

1.6. Заплановані результати навчання

Знати: основи теорії взаємодії електромагнітних хвиль з композитними середовищами; розуміти основні ідеї щодо побудування теорії ефективного середовища композитних середовищ та взаємодії в рамках цієї теорії електромагнітних хвиль з метаматеріалами; розуміти класифікацію електромагнітних метаматеріалів;

Вміти: оперувати найпростішими математичними моделями комплексних ефективних діелектричних та магнітних проникностей електромагнітних метаматеріалів та композитів.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій (ПРН-3).
- Показувати знання іноземної мови (ПРН-4).
- Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій (ПРН-7).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. Поняття про електромагнітні метаматеріали і композити. Поняття метаматеріалів та їх класифікація. Поняття про теорію ефективного середовища.

Тема 2. Моді у сфері. Розв'язок задачі дифракції плоскої хвилі на металічній сфері. Квазістатичний випадок. Умови резонансу хвиль у сфері. Розрізи розсіяння та поглинання. Коефіцієнт екстинкції. Теорія Мі.

Тема 3. Основні матеріальні формули щодо взаємодії ЕМ хвиль з металами. Теорія Друде-Зомерфельда. Формула Друде-Лорентця.

Тема 4. Теорія ефективного середовища. Формула Максвелла. Формула Максвелла-Гарнета. Формула Бруггемана. Формула Клаузиса-Мозотті. Поза рамками теорії ефективного середовища.

Тема 5. Застосування метаматеріалів. Суперлінзи і гіперлінзи. Трансформаційна оптика. Новітні абсорбери. Низькочастотні плазмонні хвильоводи. Мініатюризація і покращення характеристик антен за допомогою метаматеріалів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7

Тема 1. Поняття про електромагнітні метаматеріали і композити.	12	4				8
Тема 2. Моді у сфері.	18	6	4			8
Тема 3. Основні матеріальні формули щодо взаємодії ЕМ хвиль з металами.	20	8	4			8
Тема 4. Теорія ефективного середовища	20	8	4			8
Тема 5. Застосування метаматеріалів.	20	6	4			10
Усього годин	90	32	16			42

4. Теми практичних/семінарських занять

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1	Тема 2. Формули Ми.	4
2	Тема 3. Узагальнення теорії Друде-Зомерфельда.	4
3	Тема 4. Корекція Лорентця для локальних полів. Співвідношення Клаузиса-Мозотті. Змішана формула Максвела-Гарнета	4
4	Тема 4. Трансформаційна оптика.	4
	Разом	16

5. Теми лабораторних робіт

Лабораторних робіт не передбачено

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання практичних занять	Кількість годин
1	Тема 1. Електромагнітні метаматеріали та їх класифікація. Поняття про теорію ефективного середовища.	8
2	Тема 2. Резонансні моді у металічній сфері. Теорія Мі.	8
3	Тема 3. Взаємодія електромагнітних хвиль з металами.	8
4	Тема 4. Гомогенізація композитних середовищ.	8
5	Тема 5. Застосування метаматеріалів. Трансформаційна оптика.	10
Усього годин		42

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

8. Методи навчання

Курс побудовано на лекціях та практичних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом. По цьому матеріалу здійснюється: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. Матеріал щодо теоретичного опитування, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи студентів наведені в літературі з даного курсу. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але повністю або частково не входять до лекційних та практичних занять.

9. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на практичних заняттях і самостійну роботу (50 балів), а також контрольні роботи (10 балів).

Підсумковий контроль – іспит (40 балів).

10. СХЕМА НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання													Іспит	Сума	
Розділ 1					Розділ 2				КР	Розділ 3		КР	Разом	40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		T10	T11				
3	4	3	4	3	4	3	4	43	10	4	4	10	60		

T1, T2 ... – теми розділів.

КР - контрольна робота, передбачена навчальним планом

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до іспиту, якщо всі розділи зараховані. Студент не допускається до іспиту, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Студенти з підсумковим рейтингом < 10 вважаються такими, що не допущені до іспиту з дисципліни.

Студентам перед сесією надається можливість підвищити оцінку і отримати допуск до іспиту шляхом виправлення нульових оцінок з окремих видів занять і контрольних завдань. Термін і порядок ліквідації заборгованостей встановлюється викладачами, котрі проводять відповідні заняття і контрольні заходи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

1. Виконання кожного залікового завдання оцінюється балом за шкалою оцінювання

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність	
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	20-24	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 формулі 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:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3,$$

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

11. Рекомендована література

Основна література

1. G. W. Milton, The Theory of Composites, Cambridge University of Composites, 2004. – 745 p.
2. Van de Hulst H. C. Light Scattering by Small Particles / H. C. Van de Hulst. - Dover Publications, NY, Inc., 2nd ed., 1981. - 478 p.
3. Vadim A. Markel, Introduction to Maxwell-Garnet approximation: tutorial. Journal of the Optical Society A, vol. 33, no. 7, 2016. – pp 1244-1256.
4. O. Rybin, S. Shulga. Generalized broad-band effective medium theory of two-component metamaterials including magnetic ones: A review (Invited review). Journal of Electromagnetic Waves and Applications, vol. 34, issue 11. 2020. – pp. 1513-1549.

Допоміжна література

5. A. H. Sihvola, I.V. Lindell, Polarizability Modeling of Heterogenous Media. PIER, vol. 6, 1992. - pp. 101-151.
6. M.A. Garcia. Surface plasmons in metallic nanoparticles: fundamentals and applications. Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 45, no. 38, 2012. - p. 389501.
7. B. T. Draine, The discrete-dipole approximation and its application to interstellar graphite grains. Astrophysical Journal, vol. 333, 1988. - pp. 848-872.
8. O. Rybin. 2021. Metamaterials: Technology and Applications. Edited by Pankaj Kumar Choudhury. Chapter 12: The Principles of Miniaturization of Patch Antennas, pp. 313-349. CRC press.

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

1. <https://www.intechopen.com/chapters/71222>
2. <https://www.intechopen.com/chapters/6533>
3. http://en.wikiversity.org/wiki/Waves_in_composites_and_metamaterials