

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

“ 25 ” червня 2021 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Олег РИБІН, доцент, доктор фізико-математичних наук, професор
кафедри квантової радіофізики

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 17 ” червня 2021 року № 9

Завідувач кафедри квантової радіофізики



(підпис) Вячеслав МАСЛОВ
(ім'я та прізвище)

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

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

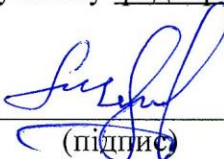


(підпис) Вячеслав МАСЛОВ
(ім'я та прізвище)

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

Протокол від “ 17 ” червня 2021 року № 6

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



(підпис) (Леонід ЧОРНОГОР)
(ім'я та прізвище)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Плазмоніка та метаматеріали»
 складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки
магістр
 (назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма радіофізика і електроніка

спеціалізація _____

1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надати майбутнім спеціалістам з лазерної фізики необхідного мінімуму попередніх відомостей з особливостей впливу випромінювання лазерів на речовини у різних мікро- та макроскопічних станах
- 1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами параметрів лазерного випромінювання і речовин, що обумовлюють їх взаємодію
- 1.3. Кількість кредитів – 3
- 1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
-
Лабораторні заняття
-
Самостійна робота
58 год.
Контрольні роботи
-

1.6. Заплановані результати навчання

знати: основи теорії взаємодії електромагнітних хвиль з металами; розуміти основні ідеї щодо теорії ефективного середовища та взаємодії в рамках цієї теорії електромагнітних хвиль з метаматеріалами; розуміти класифікацію електромагнітних метаматеріалів

вміти: вимірювати використовувати найпростіші математичні моделі плазмоніки щодо теоретичної та експериментальної характеристики електромагнітних метаматеріалів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Світ наночастинок.

Тема 1. Історична довідка. Коротка історія використання людством наночастинок. Формування математичного апарату щодо описання взаємодії електромагнітних хвиль з наночастинами.

Тема 2. Сучасні методи синтезу плазмонних частинок. Методи хімічних реакцій у твердому тілі. Методи нанохімії. Газофазний синтез. Нанолітографія. Використання сфокусованих іонних пучків.

Тема 3. Наночастинки та наноструктури. Розмаїття наноструктур, що виготовлялося людством на протязі віків.

Розділ 2. Вступ до плазмоніки.

Тема 1. Основи математичного апарату взаємодії ЕМ хвиль з металами. Рівняння Максвелла. Теорія Друде-Зомерфельда. Об'ємні плазмони.

Тема 2. Об'ємні плазмони. Основні поняття газу вільних електронів. Дисперсійне рівняння.

Тема 3. Поверхневі плазмони. Поверхневі плазмон-поляритони на одиночній границі розділу метал-діелектрик. Поверхневі плазмони у шаруватому середовищі. Схема параметричних генераторів з перестроюванням частоти шляхом зміни кутів синхронізму або температури кристалів. Нелінійно-оптичні матеріали для параметричних генераторів світла.

Тема 4. Збудження поверхневих плазмонів. Збудження поверхневих плазмонів на основі порушення повного внутрішнього відбиття. Збудження поверхневих плазмонів методом поверхневої дифракційної решітки. Збудження поверхневих плазмонів методом нанолокалізованих джерел світла. Спостереження поверхневих плазмонів.

Розділ 3. Плазмонні коливання в наночастинках.

Тема 1. ϵ -метод розв'язання рівнянь Максвелла. Випадок частинок довільної форми. Випадок наночастинок. Аналогія між спектрами локалізованих плазмонів і спектрами атомів та молекул.

Тема 2. Оптичні властивості сферичних частинок. Теорія Мі. Оптичні резонанси у сферичних частинках довільних розмірів. Взаємодія поздовжніх та поперечних плазмонів. Оптичні резонанси у шаруватих сферичних частинках.

Тема 3. Локалізовані плазмони у кластерах наночастинок. Класифікація плазмонних коливань у кластерах наночастинок. Плазмони в кластері з двох однакових сфер. Плазмонні коливання в кластері з більш, ніж двох наночастинок. Сили ван дер Ваальса між плазмоніями частинками. Збудження плазмонних коливань у кластерах наночастинок.

Тема 4. *Застосування плазмониці*. Візуалізація пухлин за допомогою наночастинок. Біосенсори на поверхневих плазмонах. Плазмонні хвильоводи.

Розділ 4. Метаматеріали.

Тема 1. *Поняття про електромагнітні метаматеріали*. Визначення та класифікація метаматеріалів. Приклади метаматеріалів Теорія ефективного середовища. Принципи теоретичної та експериментальної характеристики метаматеріалів.

Тема 2. *Застосування метаматеріалів*. Супер і гіперлінзи. 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
Розділ 1. Світ наночастинок.						
Тема 1. Історична довідка.	2	2				
Тема 2. Сучасні методи синтезу плазмонних частинок.	16	4				12
Тема 3. Наночастинки та наноструктури.	6	2				4
Разом за розділом 1	24	8				16
Розділ 2. Вступ до плазмониці.						
Тема 1. Основи математичного апарату взаємодії ЕМ хвиль з металами.	6	2				4
Тема 2. Об'ємні плазмони.	6	2				4
Тема 3. Поверхневі плазмони.	6	2				4
Тема 4. Збудження поверхневих плазмонів.	6	2				4
Разом за розділом 2	24	8				16
Розділ 3. Плазмонні коливання в наночастинках.						
Тема 1. ϵ -метод розв'язання рівнянь Максвела.	5	2				3
Тема 2. Оптичні властивості сферичних частинок.	6	2				4
Тема 3. Локалізовані плазмони у кластерах наночастинок.	8	4				4
Тема 4. Застосування плазмониці.	9	4				5
Разом за розділом 3	28	12				16

Розділ 4. Метаматеріали.						
Тема 1. Поняття про електромагнітні метаматеріали.	6	2				4
Тема 2. Застосування метаматеріалів.	8	2				6
Разом за розділом 4	14	4				10
Усього годин	90	32				58

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Семінарських (практичних, лабораторних) занять не передбачено.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання практичних занять	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 2. Сучасні методи синтезу плазмонних частинок.	12
2	Розділ 1. Тема 3. Наночастинки та наноструктури.	4
3	Розділ 2. Тема 1. Основи математичного апарату взаємодії ЕМ хвиль з металами.	4
4	Розділ 2. Тема 2. Об'ємні плазмони.	4
5	Розділ 2. Тема 3. Поверхневі плазмони.	4
6	Розділ 2. Тема 4. Збудження поверхневих плазмонів.	4
7	Розділ 3. Тема 1. ϵ -метод розв'язання рівнянь Максвела.	3
8	Розділ 3. Тема 2. Оптичні властивості сферичних частинок.	4
9	Розділ 3. Тема 3 Локалізовані плазмони у кластерах наночастинок.	4
10	Розділ 3. Тема 4. Застосування плазмониці.	5
11	Розділ 4. Тема 1. Поняття про електромагнітні метаматеріали.	4
12	Розділ 4. Тема 2. Застосування метаматеріалів.	6
Усього годин		58

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

7. Методи навчання

Курс побудовано на індивідуальних заняттях у вигляді лекцій, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом. Питання для теоретичного опитування, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи студентів наведені в методичному посібнику з даного курсу. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практик.

8. Методи контролю

Поточний контроль включає самостійну роботу (32 бали), виконання домашніх завдань (14 балів) та усне опитування по теоретичному матеріалу (14 балів).

Підсумковий контроль - іспит (40 балів).

9. Схема нарахування балів

Поточне тестування та самостійна робота																Екзамен	Сума	
Розділ 1				Розділ 2				Розділ 3				Розділ 4				Разом	40	100
T1	T2	T3	KP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	KP	60		
3	3	3	9	3	3	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	9		

T1, T2 ... – теми розділів, передбачені навчальним планом.

KP - контрольна робота, передбачені навчальним планом.

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50% можливих балів за тему. Студент допускається до іспиту, якщо всі розділи зараховані та здано звіт за лабораторними роботами. Студент не допускається до іспиту, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів (з урахуванням оцінки звіту за лабораторними роботами). Студенти з підсумковим рейтингом < 10 вважаються такими, що не допущені до іспиту з дисципліни. Їм 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 викладачем.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

1. Виконання кожного завдання екзаменаційного білета 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 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	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 іспиту 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 екзаменаційного білету.

10. Рекомендована література

Основна література

1. Stefan A. Mayer. Plasmonics: Fundamental and Applications. Springer, 2007. – 223 p.
2. Said Zouhdi, Ari Shihvola, Alexey P. Vinogradov. Metamaterials and Plasmonics. Springer, 2008. – 305 p.
3. L. Solymar, and E. Shamonina. Waves in Metamaterials. Oxford University Press, 2009. – 420 p.
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. Lukas Novotny, Bert Hecht. Principle of Nano-Optics. Cambridge University Press, 2007. – 558 p.
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. A. K. Sarychev, V. M. Shalayev. Electrodynamics of Metamaterials. World Scientific, 2007. – 260 p.

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

1. www.Edx.org
2. www.Courser.org