

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“_____” _____ 2016 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ МЕТАМАТЕРІАЛИ

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 8.04020402 Радіофізика і електроніка

спеціалізація квантова радіофізика та фотоніка

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2016 / 2017 навчальний рік

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

“ 21 ” червня 2016 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
доцент кафедри квантової радіофізики, к.ф.-м.н Недух Сергій Володимирович

Програму схвалено на засіданні кафедри
квантової радіофізики

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 8

Завідувач кафедри квантової радіофізики

_____ проф. Маслов В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 16 ” червня 2016 року, протокол № 6

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

_____ проф. Черногор Л. Ф.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Електромагнітні метаматеріали ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістр

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 8.04020402 Радіофізика і електроніка

спеціалізації квантова радіофізика та фотоніка

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Надання студентам сучасного уявлення про особливості взаємодії електромагнітних мікрохвильових хвиль та штучних електромагнітних середовищ – метаматеріалів та фотонних кристалів, ознайомлення з загальними принципами «дизайну» штучних електромагнітних середовищ з наперед заданими параметрами

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення принципів створення новітніх штучних електромагнітних середовищ радіодіапазону для сучасних потреб суспільства

1.3. Кількість кредитів

6

1.4. Загальна кількість годин

180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

<u>Нормативна</u> / за вибором
<u>Денна форма навчання</u> Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
6-й
Семестр
11-й
Лекції
44 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год.
Лабораторні заняття
20 год.
Самостійна робота
100 год.
Індивідуальні завдання
- год.

1.6. Заплановані результати навчання

Як результат навчання студенти повинні:

- знати: сучасні принципи створення ефективних штучних електромагнітних середовищ радіодіапазону для сучасних потреб промисловості;
- вміти: самостійно створювати «дизайн» штучних мікрохвильових електромагнітних середовищ, проводити експериментальне вимірювання високочастотних параметрів мікрохвильових метаматеріалів та фотонних кристалів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи теорії взаємодії мікрохвильового випромінювання та твердого тіла.

Тема 1. Основні вирази теорії електромагнітного поля.

Рівняння Максвелла. Матеріальні рівняння. Вплив середовища. Діелектрична та магнітна проникності.

Тема 2. Фізична природа діелектричної та магнітної проникності.

Поляризованість і намагнічування. Частотна дисперсія. Теоретичні моделі діелектричної проникності. Теоретичні моделі магнітної проникності

Розділ 2. Електромагнітні метаматеріали: історія створення та сучасність.

Тема 3. Штучні електромагнітні матеріали: історія створення.

Штучні діелектрики. Штучні магнетики. Середовище Веселаго.

Тема 4. Основні принципи дизайну електромагнітних сучасних метаматеріалів.

Термін «метаматеріали». Підхід ефективного середовища. Елементи метаматеріалів мікрохвильового діапазону. Штучні елементи діелектричної та магнітної проникності. Класифікація метаматеріалів. Резонансні та нерезонансні метаматеріали.

Тема 5. Лівосторонні метаматеріали.

Основні електромагнітні властивості лівосторонніх метаматеріалів. Дизайн та експериментальне підтвердження основних високочастотних властивостей штучних лівосторонніх середовищ. Проблема зменшення електромагнітних втрат.

Тема 6. Планарні лівосторонні метаматеріали.

Опис високочастотних властивостей з застосуванням методу лінії передачі. Приклади дизайну.

Тема 7. Резонансні метаматеріали.

Штучні електромагнітні середовища, показник рефракції яких менше одиниці. Приклади дизайну.

Тема 8. Нерезонансні метаматеріали.

Штучна анізотропія діелектричної проникності. Дротяне середовище. Гіперболічні метаматеріали.

Розділ 3. Фотонні кристали мікрохвильового діапазону.

Тема 9. Електромагнітні хвилі в шаруватих середовищах.

Теорема Блоха. Зони Брілюена. Створення зонної структури спектру пропускання.

Тема 10. Електромагнітний фотонний кристал.

Метод матриць передачі. Види конструкцій. Планарні фотонні кристали мікрохвильового діапазону.

Тема 11. Магнітофотонний кристал мікрохвильового діапазону.

Особливості мікрохвильових властивостей. Керування спектром пропускання.

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
<i>Розділ 1. Основи теорії взаємодії мікрохвильового випромінювання та твердого тіла.</i>						
Тема 1. Основні вирази теорії електромагнітного поля	8	2				6
Тема 2. Фізична природа діелектричної та магнітної проникності	22	4	2	4		12
Разом за розділом 1	30	6	2	4		18
<i>Розділ 2. Електромагнітні метаматеріали: історія створювання та сучасність.</i>						
Тема 3. Штучні електродинамічні матеріали: історія створювання	8	2				6
Тема 4. Основні принципи дизайну електромагнітних сучасних метаматеріалів	24	8	2			14
Тема 5. Лівосторонні метаматеріали.	32	10	2	4		16
Тема 6. Планарні лівосторонні метаматеріали.	14	2	2	4		6
Тема 7. Резонансні метаматеріали	18	4	2			12
Тема 8. Нерезонансні метаматеріали	14	2	2	4		6
Разом за розділом 2	110	28	10	12		60
<i>Розділ 3. Фотонні кристали мікрохвильового діапазону.</i>						
Тема 9. Електромагнітні хвилі в шаруватих середовищах	14	4	2			8
Тема 10. Електромагнітний фотонний кристал	14	2	2	4		6
Тема 11. Магнітофотонний кристал мікрохвильового діапазону	12	4				8
Разом за розділом 3	40	10	4	4		22
<i>Усього годин</i>	180	44	16	20		100

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Штучні електромагнітні метаматеріали: перспективи застосування.	2
2	Нелінійні штучні електромагнітні метаматеріали.	2
3	Електромагнітні фотонні кристали: перспективи та напрямки розвитку.	2
	Разом	6

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Застосування теорії Максвелла для вирішення практичних завдань радіофізики.	2
2.	Розрахунок резонансного метаматеріалу: реалізація наперед заданих матеріальних параметрів.	2
3.	Розрахунок реального метаматеріалу в рамках моделі лінії передачі.	2
4.	Штучні електромагнітні середовища: моделювання дротяного середовища.	2
5.	Застосування методу матриць передачі: моделювання реального фотонного кристалу мікрохвильового діапазону.	2
Разом		10

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сучасні методи НВЧ радіоспектроскопії.	4
2	Лівосторонні метаматеріали НВЧ діапазону.	4
3	Планарні метаматеріали НВЧ діапазону.	4
4	Метаматеріали НВЧ діапазону: дротяне середовище.	4
5	Фотонні кристали НВЧ діапазону.	4
Разом		20

7. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1.	Інтегральна форма рівнянь Максвелла.	6
2.	Діелектрична та магнітна проникність природних середовищ та матеріалів	12
3.	Аналіз в рамках сучасної теорії метаматеріалів статті Дж.Ч. Бозе	6
4.	Елементи метаматеріалів терагерцового, ІЧ та оптичного діапазонів.	14
5.	Сверхлінза (суперлінза): теорія та застосування.	16
6.	Частотно-селективні поверхні: метаповерхні.	6
7.	Штучні електромагнітні середовища, показник рефракції яких менше одиниці: перспективі застосування.	12
8.	3D друкування та електромагнітні метаматеріали.	6
9.	Порівняння теоретичного опису створення зонної структури енергетичних рівнів у твердому тілі та зонної структури спектру пропускання електромагнітного фотонного кристалу.	8
10.	Застосування електромагнітних фотонних кристалів в якості хвилевідних елементів.	6
11.	Електромагнітний магнітофотонний кристал: ефект Фарадея.	8

Разом	100
--------------	------------

8. Методи контролю

Засвоєння матеріалу по дисципліні забезпечується циклом лекцій, розв'язанням задач на практичних заняттях, доповідями на семінарських заняттях, а також самостійною роботою.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота											Підсумковий семестровий контроль (залік)	Сума
Розділ 1		Розділ 2						Розділ 3				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	50	100
4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4		

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн – М.: Наука, 1989. – 544 с.
2. N. Engheta, R.W. Ziolkowski Metamaterials. Physics and engineering explorations – Wiley-IEEE Press, 2006. – 440 p.
3. F. Capolino Theory and phenomena of metamaterials – CRC Press, 2009. – 974 p.
4. Б. Салех, М. Тейх Оптика и фотоника. Принципы и применение – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 760 с.

Допоміжна література

1. Дж. Джексон Классическая электродинамика – М.: Мир, 1965. – 703 с.
2. R. Marques, F. Martin, M. Sorolla Metamaterials with negative parameters. Theory, design and microwave applications – Wiley, 2008. – 315 p.
3. L. Solymar, E. Shamonina Waves in Metamaterials – Oxford University Press, 2014. – 416 p.
4. Белотелов В.И., Звездин А.К. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы – М.: Бюро Квантум, 2006. – 144 с.

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

1. Відео-курс лекцій «Нанофотоніка та метаматеріали»: <https://nanohub.org/resources/19272>
2. Відео-лекція «Метаматеріали»: <https://www.youtube.com/watch?v=KS3tX3O0EJQ>