

С И Л А Б У С
ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ ДЛЯ АСПІРАНТІВ
Інститут радіофізики і електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України

Назва дисципліни		Вибрані питання сучасної теоретичної радіофізики
Кількість кредитів		5
Рівень вищої освіти		третій (освітньо-науковий) рівень
Статус		
Період викладання		другий рік навчання
Відповідальний за курс		Свеженцев Олександр Євгенович, д.ф.- м. н., с.н.с
Контактна інформація		oleksandr.svezhentsev@gmail.com, тел. 0508020169
Номер та назва розділу	Викладач	Зміст
1. Моделювання електродинамічних процесів у відкритих структурах методом скінченних різниць у часовій області.	Пазинін Вадим Леонідович, д. ф.-м. н.	<u>Знання</u> 1. Основні рівняння обчислювальної електродинаміки. Області аналізу, крайові та початкові умови. Постановка початково-крайових задач у відкритих областях аналізу. 2. Базові поняття та алгоритми методу FDTD: сіткові функції, різницеві аналоги похідних, збіжність, стійкість та порядок апроксимації різницевої схеми. 3. Принципи та приклади резонансного розсіювання електромагнітних хвиль. 4. Принцип пасивного (дисперсійного) стискання електромагнітних імпульсів. Метод обернення хвильового фронту. Приклади пристроїв, що реалізують пасивне стискання. 5. Принцип активного (резонансного) стискання електромагнітних імпульсів. Механізм резонансного обміну енергією, що покладено в основу двоступеневого стискання. <u>Вміння</u> 1. Знати основні рівняння обчислювальної електродинаміки та задачі, що з ними пов'язані. 2. Давати вірну фізичну інтерпретацію результатів чисельних експериментів. 3. Використовувати метод кінцевих різниць, для розв'язання початково-крайових задач. 4. Використовувати метод обернення хвильового фронту для аналізу і синтезу базових елементів пасивних компресорів імпульсів. <u>Література</u>

		1. Стрэттон Д. А. Теория электромагнетизма. – М.: Гостехиздат, – 1948. 2. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М., Наука, – 1989. 3. В. Кравченко, К. Сиренко, Ю. Сиренко Преобразование и излучение электромагнитных волн открытыми резонансными структурами. Моделирование и анализ переходных и установившихся процессов. – М., Физматлит. – 2011. 4. Taflove A., Hagness S.C. Computational Electrodynamics: the Finite-Difference Time-Domain method. – Boston, London: Artech House, 2005. 5. Зельдович Б. Я. Обращение волнового фронта при вынужденном рассеянии света // <i>Успехи физических наук</i>. – 1982. – Т.138, вып.2. – С.249–288. 6. Ахманов С. А., Выслоух В. А., Чиркин А. С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. – М.: Наука, – 1988. 7. Пазинін В. Л. Моделювання і аналіз процесів пасивної та активної компресії електромагнітних імпульсів мікрохвильового і оптичного діапазонів // Дисс. ... д.ф.-м.н., 01.04.03 – радіофізика, Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, Харків, 2019
2. Поширення хвиль у закритих та відкритих хвильоводах складного поперечного перерізу. Сучасний прогрес в області циліндрично-конформних мікросмушкових антен (МСА): теорія, проектування та експеримент	Свеженцев Олександр Євгенович, д.ф.- м. н., с.н.с	<u>Знання</u> 1. Основні положення теорії хвиле-провідних структур . Основні рівняння, крайові умови. Постановка крайових задач. 2. Основні хвилі та їх структура по полю у відомих хвильоводах, а саме, у прямокутному та круглому хвильоводах, у лініях Губо та Зоммерфельда, у діелектричному хвильоводі, у клиноподібній лінії передачі, у щілинних та смушкових лініях, у жолобовому хвильоводі, у періодичних структурах. 3. Основні положення теорії циліндрично-конформних антен. Збудження антен плоскою хвилею, мікросмушкової лінією, пробою (штирем). Основні характеристики антен. 4. Особливості застосування методу моментів для аналізу циліндрично-конформних антен. Особливості використання комерційних пакетів для аналізу циліндрично-конформних антен. <u>Вміння</u> 1. Вміти формулювати та вирішувати краєві задачі

		для відомих хвильоводів, а саме, вміти записати і вирішувати рівняння Геймгольца у основних системах координат, ставити краєві умови та знаходити рішення крайових задач для відомих хвильоводів. 2. Вміти записати постійні поширення та структуру електромагнітного поля для основних хвиль у відомих відкритих та закритих хвильоводів. 3. Вміти використати метод моментів для розрахунку циліндрично-конформних антен. 4. Вміти пояснити процеси збудження основних мод у циліндрично-конформних антенах, та способи їх живлення, а саме, за допомогою лінії та штиря. 5. Вміти використати комерційні пакети для розрахунку циліндрично-конформних антен. <u>Література</u> 1. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. М.: Сов. радио, 1957. 483 с. 2. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М., Наука, 1989. 541 с. 3. Каценеленбаум Б.З. Высокочастотная электродинамика. М. Наука. 1966. 240 с. 4. Семенов Н.А. Техническая электродинамика. М. Связь, 1973. 5. Взятыйшев В.Ф. Диэлектрические волноводы. М.: Сов. радио, 1970. 211 с. 6. Панченко Б.А., Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. М. Радио и связь. 7. Докторська дисертація О.Є. Свеженцева. Библиотека ИРЕ НАН України
3. Методи часткових областей та дискретних особенностей в граничных задачах электродинамики.	Стещенко Сергій Олександрович, к.ф.-м.н., с.н.с.	<u>Знання</u> 1. Класифікація методів розв'язання граничних задач електродинаміки. 2. Метод часткових областей (МЧО) в задачах розрахунку модового базису хвильоводів складного поперечного перерізу з координатними границями в декартовій і циліндричній системах координат. 3. МЧО для розрахунку площинних зчленувань хвильоводів. 4. Методи розрахунку зчленувань хвильоводів, що накладаються. 5. Метод узагальнених матриць розсіяння для розрахунку дифракційних і спектральних характеристик об'єктів, що утворено відрізками хвильоводів довільного поперечного перерізу. 6. МЧО для аналізу періодичних структур: власні

		хвилі періодичних ґраток і сповільнювальних систем, матриця розсіяння напівскінченної періодичної структури. - Двовимірні задачі дифракції, які може бути розв'язано методом дискретних особливостей. - Сингулярне інтегральне рівняння з додатковою умовою і схема методу їх розв'язання. - Метод перевалу асимптотичної оцінки інтегралів для врахування поверхневих хвиль. <u>Вміння</u> - Вміти формулювати граничні задачі для власних хвиль хвилеводів складного поперечного перерізу різної поляризації. - Розуміти фізичний зміст узагальненої матриці розсіяння. - Розуміти сфери застосування методів часткових областей і методу дискретних особливостей. - Знати схему методів часткових областей і методу дискретних особливостей. - Знати визначення сингулярного інтегрального рівняння і методи його розв'язання. <u>Література</u> С. Приколотин, А. Кириленко, Д. Кулик, С. Стешенко “Метод частичных областей для декартово-координатных структур” LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017, 180 С. - Метод частичных областей с учетом особенностей во внутренних задачах с произвольными кусочно-координатными границами. Часть 1. Спектры собственных волн ортогонных волноводов / С.А. Приколотин, А.А. Кириленко // Радиофизика та електроніка. — 2010. — Т. 15, № 1. — С. 17-29. - Метод Частичных Областей с Учетом Особенности во Внутренних Задачах с Произвольными Кусочно-Координатными Границами. Часть 2. Плоско-Поперечные Соединения и «in-line» Объекты / С. А. Стешенко, С. А. Приколотин, А.А. Кириленко, Д. Ю. Кулик, Л. А. Рудь, С. Л. Сенкевич // Радиофизика и электроника, 2013. — Т.4(18), №3. — с. 13-21. - С.А. Стешенко "Алгоритм расчета плоскостных сочленений волноводов произвольного сечения с использованием собственных функций общей апертуры" // Радиофизика и электроника, 2013. — Т.4(18), №3. — с. 22-27. - Анализ трехмерных замедляющих систем на основе метода обобщенных матриц рассеяния /
--	--	---

		А.А. Кириленко, С.Л. Сенкевич, С.А. Стешенко // Радиофизика и электроника, Т. 12, спец. Вып., 2007, с. 122-129. 6. Гандель Ю.В. Метод дискретных особенностей в задачах электродинамики // Вопросы кибернетики. – М.: Изд. АН СССР, 1986. – ВК-124. – С. 166-183. 7. Гандель Ю.В., Еременко С.В., Полянская Т.С. Математические вопросы метода дискретных токов. Обоснование численного метода дискретных особенностей решения двумерных задач дифракции электромагнитных волн: Учеб. пособие. Ч. II. Харьков: ХГУ, 1992. – 145 с. 8. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. – М.: Янус, 1995. – 520 с. 9. Миттра Р., Ли С. Аналитические методы теории волноводов. – М.: Мир, 1974. – 328 с. 10. Nosich A.I. Radiation conditions, limiting absorption principle, and general relations in open waveguide scattering // Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 1994. – Vol.8, No.3. – pp. 329-353. 11. Стешенко С.А., Кириленко А.А. Строгая двумерная модель эффекта преобразования поверхностных волн в объемные // Радиофизика и электроника, 2005. – Т.10, №1. – С.30-38.
4. Чисельні моделі в електродинаміці. Резонанси в структурах з дискретним просторовим спектром. Природа резонансів в хвилеводах і решітках.	Кириленко Анатолій Опанасович, д. ф.-м. н., проф.	<u>Знання</u> 1. Основні принципи і можливості застосування чисельних моделей в мікрохвильовій електроніці та електродинаміки. Чисельно-аналітичні і сіткові моделі. Переваги та недоліки популярних комерційних пакетів. 2. Основні результати спектральної теорії в застосуванні до мікрохвильової електродинаміки. Зв'язок власних коливань відкритих структур з резонансними явищами в хвилеводах і решітках. Трансляційна симетрія, збої і суть екстраординарного проходження в хвилеводах і решітках. Новий погляд на резонанси на «замкнених» модах. 3. Метаматеріали і метаповерхні. Сенси і недоліки гомогенізації в шаруватих середовищах. Негативне переломлення і штучна оптична активність (ШОА). Збій подвійний дзеркальної симетрії і дієдральні коливання. Практичні застосування ШОА в управлінні поляризацією електромагнітного поля. <u>Вміння</u> 1. Знати основні можливості сучасних пакетів

		чисельного моделювання. - Вміти гамотно інтерпретувати амплітдно-частотні характеристики хвиеводних об'єктів і періодичних решіток. - Знати основні напрямки в застосуванні метаматеріальних об'єктів. - Володіти основними правилами грамотного фізичного прочитання результатів обчислювальних експериментів. Література - В.П.Шестопаов, А.А.Кириленко, Л.А.Рудь, Резонансное рассеяние волн т.2., Волноводные неоднородности. «Наукова думка», 1986, 216с. С. Приколотин, А. Кириленко, Д. Кулик, С. Стешенко “ Метод частичных областей для декартово-координатных структур” LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017, 180 С. - A.A.Kirilenko, B.G.Tysik, Connection of S-matrix of wave-guide and periodical structures with complex frequency spectrum. Electromagnetics, 1993, v.13, N3, 18p. - A.A. Kirilenko, S.O. Steshenko, V.N. Derkach, S.A. Prikolotin, D.Y. Kulik, S.L. Prosvirnin, L.P. Mospan “Rotation of the polarization plane by double-layer planar-chiral structures. Review of the results of theoretical and experimental studies,” Radioelectronics and Communications Systems, 2017, Vol.60, N.5, p. 193-205. - A.A. Kirilenko, S.O. Steshenko, V.N. Derkach, Y.M. Ostryzhnyi, A Tunable Compact Polarizer in a Circular Waveguide, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2019, vol.67, Is.2, pp.592-596. DOI: 10.1109/TMTT.2018.2881089. - А.А.Кириленко. Н.Г.Колмакова, А.О.Перов,С.Сенкевич. Аномальное прохождение ЭМВ сквозь запредельные отверстия и собственные колебания волноводных объектов и периодических структур, Радиоэлектроника. Известия вузов, 2011. т. 54, № 3. с. 3–13.
5. Метаматеріальні середовища. Трансформаційна оптика.	Пазинін Леонід Олександрович, к. ф.-м. н., с.н.с.	Знання - Метаматеріальні середовища. Особливості поширення електромагнітних хвиль. - Ефект негативної рефракції у «лівому» середовищі. - Дифракційне обмеження Аббе. Ідеальна лінза. - Інваріантність рівнянь Максвелла відносно

		координатних перетворень. Основні положення трансформаційної оптики 5. Ефект електромагнітного маскування та інші застосування трансформаційної оптики. 6. Знати, що такі «праві» та «ліві» середовища та чим відрізняються електромагнітні хвилі, що в них поширюються Вміння 1. Вміти пояснити особливості рефракції хвиль на межі «правого» та «лівого» середовища а також послаблення дифракційного обмеження Аббе для лінз, виготовлених з подвійно-негативних метаматеріалів. 2. Вміти по заданому координатному перетворенню знаходити параметри трансформованого середовища. 3. Вміти аналізувати найбільш важливі напрямки застосування трансформаційної оптики. Література 1. 1 Веселаго В.Г. Электродинамика материалов с отрицательным коэффициентом преломления // УФН, № 3, (2003). 2. Пендри Дж., Смит Д. В поисках суперлинзы // В мире науки, №11, 2006. 3. Блюх К.Ю., Блюх Ю. П. Что такое левые среды и чем они интересны? // Успехи физических наук. 2004, том 174, N. 4, с. 439–447. 4. Лагарьков А.Н., Кисель В.Н., Сарычев А.К., Тартаковский Г. Сверхразрешение и усиление в метаматериалах // УФН т.179 №9, с.1018-1027 (2009). 5. Гуляев Ю.В., Лагарьков А.Н., Никитов С.А. Метаматериалы: фундаментальные исследования и перспективы применения. // Вестник РАН, 2008, том 78, № 5, с. 438-457. 6. <u>Negative-Refractive Metamaterials: Fundamental Principles and Applications</u>. G. V. Eleftheriades and K. Balmain. Wiley-IEEE Press, 2005. 7. Дубинов А.Е., Мытарева Л.А. Маскировка материальных тел методом волнового обтекания // Успехи физических наук. 2010, том 180, №5, с. 475–501.
6. Обчислювальна електродинаміка у хвильовій оптиці та фотоніці	Носич Олександр Йосипович, д.ф.-м.н., професор	Знання 1. Впливання матеріальних властивостей речовин на постановку задач електродинаміки в оптичному діапазоні хвиль. 2. «Аномалії Вуда» та «аномалії Релея» в розсіянні хвиль на решітках 3. Особливості використання інтегральних рівнянь

		Мюллера в оптиці. 4. Знати, що таке плазмонна мода металевій стрічці або частинки як резонатора. Вміння 1. Вміти формулювати крайову задачу для нанолазеру. 2. Вміти порівняти та аналізувати типи резонансів решіток. 3. Вміти пояснити поняття хвильового розміру розсіювача у мікро- та нано-оптиці. Література 1. R. Petit (Ed.), <i>Electromagnetic Theory of Gratings</i>, Springer, 2-nd ed. 2011. 2. V.O. Byelobrov, <i>et al.</i>, "Binary grating of sub-wavelength silver and quantum wires as a photonic-plasmonic lasing platform with nanoscale elements," <i>IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics</i>, vol. 18, no 6, pp. 1839-1846, 2012 3. T.L. Zinenko, <i>et al.</i>, "Accurate analysis of light scattering and absorption by an infinite flat grating of thin silver nanostrips in free space using the method of analytical regularization," <i>IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics</i>, vol. 19, no 3, art. no. 9000108/8, 2013 4. V.O. Byelobrov, <i>et al.</i>, "Periodicity matters: grating or lattice resonances in the scattering by sparse arrays of sub-wavelength strips and wires," <i>IEEE Antennas and Propagation Magazine</i>, vol. 57, no 6, pp. 34-45, 2015 5. T.L. Zinenko, <i>et al.</i>, "Surface-plasmon, grating-mode and slab-mode resonances in THz wave scattering by a graphene strip grating embedded into a dielectric slab," <i>IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics</i>, vol. 23, no 4, art. no 4601809, 2017. 6. A.I. Nosich, "Method of analytical regularization in computational photonics," <i>Radio Science</i>, vol. 51, no 8, pp. 1421-1430, 2016
7. Чисельно-аналітичні методи розв'язання задач розсіювання електромагнітних хвиль на тонких металевих та	Балабан Михайло Васильович, к.ф.-м.н.	Знання 1. Двосторонні узагальнені граничні умови в задачах дифракції на тонкому шарі. 2. Парні інтегральні рівняння та методи їх розв'язку. 3. Скалярне та векторне перетворення Фур'є - Ганкеля для виразу компонент електромагнітних полів в циліндричних координатах 4. Застосування методу аналітичною регуляризації в задачах розсіювання електромагнітних хвиль на тонких лисках

діелектричних дисках		<u>Вміння</u> 1. Вміти формулювати крайову задачу для задачі розсіювання на тонкому матеріальному диску 2. Вміти знайти вирази для образів компонент зосереджених джерел в системі циліндричних координат що пов'язана с диском. 3. Вміти пояснити резонансну поведінку характеристик розсіювання та поглинання електромагнітних хвиль відкритим резонатором у формі тонкого діелектричного диску <u>Література</u> 1. Марков Г. Возбуждение электромагнитных волн / Г. Марков, А. Чаплин. — М. : Радио и связь, 1983. — 296 с. 2. Bleszynski E. Surface-integral equations for electromagnetic scattering from impenetrable and penetrable sheets / E. Bleszynski, M. Bleszynski, T. Jaroszewicz // IEEE Antennas and Propagation Magazine. — 1993. — Vol. 35, No. 6. — P. 14–25. 3. Mandal B. Advances in dual integral equations / B. Mandal, N. Mandal. —New York, USA : Chapman & Hall/CRC, 1999. — 226 p. 4. Balaban M. V. Dual integral equations technique in electromagnetic wave scattering by a thin disk / M. V. Balaban, R. Sauleau, T. M. Benson, A. I. Nosich // Progress In Electromagnetics Research B. — 2009. — Vol. 16. — P. 107–126. 5. Balaban M. Accurate quantification of the Purcell effect in the presence of a dielectric microdisk of nanoscale thickness / M. Balaban, R. Sauleau, T. Benson, A. Nosich // Micro & Nano Letters. — 2011. — Vol. 6, No. 6. — P. 393. 6. Balaban M. V. Nystrom-type techniques for solving electromagnetics integral equations with smooth and singular kernels / M. V. Balaban, E. I. Smotrova, O. V. Shapoval, et al. // International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields. — 2012.
8. Методи дослідження задач дифракції електромагнітних хвиль на періодичних решітках зі стрічок та	Натаров Денис Михайлович, к.ф.-м.н.	<u>Знання</u> 1. Проблеми, що вирішуються в задачах дифракції на періодичних решітках зі стрічок та циліндрів. 2. Узагальнені граничні умови в задачах дифракції на решітках зі стрічок. 3. Блочне матричне рівняння Фредгольма другого роду. 4. Характеристики розсіювання та поглинання в задачах дифракції на решітках зі стрічок та

циліндрів		циліндрів. 5. Застосування оптичної теореми. 6. Елементарні дипольні випромінювачі, формування діаграми спрямованості. Вміння 1. Вміти робити постановку задачі дифракції на нескінченних та скінченних періодичних решітках зі стрічок або циліндрів, розуміти різницю між решітками з нескінченної кількості розсіювачів та скінченної. 2. Вміти застосовувати опричну теорему для знаходження характеристик розсіяння та поглинання. 3. Вміти розрізняти різні типи резонансів на характеристиках розсіяння та поглинання. Література 1. O.V. Shapoval, A.I. Nosich, "Finite gratings of many thin silver nanostrips: optical resonances and role of periodicity," <i>AIP Advances</i>, vol. 3, no 4, pp. 042120/13, 2013. 2. В.П. Шестопапов. Метод задачи Римана-Гильберта в теории дифракции и распространения электромагнитных волн, Харьков, 1971, 400 с. 3. D.M. Natarov <i>et. al.</i>. "Periodicity-induced effects in the scattering and absorption of light by infinite and finite gratings of circular silver nanowires," <i>Optics Express</i>, vol. 19, no 22, pp. 22176-22190, 2011. 4. O.V. Shapoval <i>et. al.</i> "Integral equation analysis of plane wave scattering by coplanar graphene-strip gratings in the THz range," <i>IEEE Trans. Terahertz Science and Technology</i>, vol. 3, no 5, pp. 666-673, 2013. 5. D.M. Natarov <i>et. al.</i>. "Effect of periodicity in the resonant scattering of light by finite sparse configurations of many silver nanowires," <i>Plasmonics</i>, vol. 9, no 2, pp. 389-407, 2014. 6. В.В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн, 1989.
Звітність		Екзамен