

СИЛАБУС  
 ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ ДЛЯ АСПІРАНТІВ  
 Інститут радіофізики і електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України

<b>Назва дисципліни</b>	Вибрані питання сучасної експериментальної радіофізики	
<b>Кількість кредитів</b>	5	
<b>Рівень вищої освіти</b>	третій (освітньо-науковий) рівень	
<b>Статус</b>	вибірковий курс ОНП	
<b>Період викладання</b>	другий рік навчання, четвертий семестр	
<b>Відповідальний за курс</b>	Черпак Микола Тимофійович, д.ф.- м. н. професор	
<b>Контактна інформація</b>	cherpak@ire.kharkov.ua; n.t.cherpak@gmail.com 7634-320 сл.	
<b>Номер та назва розділу</b>	<b>Викладач</b>	<b>Зміст</b>
I. Поширення радіохвиль у природному середовищі	Миценко Ігор Михайлович, д. ф.-м. н., с.н.с.	<p><b><u>Знання</u></b></p> <p>1. Вступ Історія досліджень поширення радіохвиль у природному середовищі. Вклад в становлення цього наукового напрямку ІРЕ ім. О.Я.Усикова НАН України. Аналіз досягнутого рівня досліджень та головні результати.</p> <p>2. Особливості поширення радіохвиль над океанською поверхнею. Умови поширення радіохвиль за межі радіогоризонту та їх зв'язок з фізичними процесами в приводному шарі тропосфери.</p> <p>3. Дослідження дистанційних залежностей множника ослаблення радіохвиль метрового, дециметрового та сантиметрового діапазонів у Світовому океані. Методики визначення дистанційних залежностей множника ослаблення радіохвиль. Вимірювальні приймально-передавальні комплекси з імпульсним і безперервним випромінюванням. Результати експериментальних досліджень. Дослідження загоризонтного поширення радіохвиль поля прямого сигналу в період сонячного затемнення.</p> <p>4. Радіолокаційне спостереження надводних об'єктів. Методика досліджень і апаратура. Результати досліджень та їх аналіз. Використання результатів радіофізичних досліджень для вирішення радіолокаційних завдань.</p> <p><b><u>Вміння</u></b></p> <p>1. Знати основні механізми поширення радіохвиль за межі радіо горизонту.</p> <p>2. Вміти визначити індекс рефракції <math>N</math> через метеорологічні параметри атмосфери.</p> <p>3. Вміти визначити повне ослаблення сигналів на</p>

		<p>трасі поширення.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Вміти визначити модифікаційний індекс рефракції.</li> <li>5. Вміти визначити дальність дії РЛС з відомим енергопотенціалом, дистанційною залежністю ослаблення ЕПР надводного об'єкта.</li> <li>6. Знати як використати результати радіофізичних досліджень для вирішення прикладних завдань.</li> </ol> <p><b>Література</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Хитни Г.В., Рихтер Ю.Х., Папперт Р.А., Андерсон К.Д., Баумгартнер Дж. Б. Распространение радиоволн в тропосфере. Обзор ТИИЭР, 1985-т.73, №2.-с.106-128.</li> <li>2. Дальнее тропосферное распространение УКВ. Под. редакцией Б.А. Введенского и др. М., Сов. Радио, 1965. -415 с.</li> <li>3. Мыценко И.М., Загоризонтное распространение УКВ над Мировым океаном. Харьков, V lavke, 2016. -162 с.</li> <li>4. Радиофизические исследования Мирового океана: Сб. научных трудов / НАН Украины. Институт радиофизики и электроникию –Хар.ков. 1992.-220 с.</li> </ol>
<p>II. Фізика метаматеріалів</p>	<p>Тарапов Сергій Іванович, д. ф.-м. н., проф., член-кор. НАНУ</p>	<p><b>Знання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Штучні електродинамічні матеріали: Поняття штучних діелектриків та штучних магнетиків. Рівняння Максвелла. Матеріальні параметри природних і штучних середовищ. Магнітна проникність та джерела її дисперсії.. Магнітна проникність поблизу електронного спінового резонансу. Рішення феноменологічного рівняння Блоха для магнітного моменту. Фізична природа діелектричної проникності та природа її дисперсії. Закон Друде для природних матеріалів і для метаматеріалів. Поняття негативних і позитивних значень матеріальних параметрів штучних середовищ .</li> <li>2. Фотонні кристали (ФК): Зонна структура спектру в фотонних і в природних кристалах. Формування зонної структури енергетичного спектру природного матеріалу. Задача Кроніга-Пені. Дисперсійне рівняння для хвилі де Бройля. Формування зонної структури частотного спектру фотонного кристала. Просторово обмежений фотонний кристал. Метод матриць передачі. Хвиля Блоха в одновимірному фотонному кристалі. Дисперсійне рівняння (д/у) для ФК як аналог д/у для хвилі де Бройля. Магнітофотонний кристал. Звичайні і незвичайні хвилі. Стан Тамма як приклад поверхневого стану</li> <li>3. Лівобічні метаматеріали: Негативна діелектрична</li> </ol>

		<p>проникність і її природа в а) природних і б) штучних середовищах. Негативна магнітна проникність і її природа в а) природних і б) штучних середовищах. Формування зворотної хвилі в одновимірному шаруватому метаматеріалі. Лівобічний кіральний метаматеріал. Оптична активність у фізиці твердого тіла та електродинаміці.</p> <p><b><u>Вміння:</u></b>  <b><u>Знати:</u></b>  Головні закони взаємодії електромагнітного поля із ансамблем атомів твердого тіла (в класичному наближенні) та з типовими електродинамічними структурами, що (як "штучні атоми") є основою класичних метаматеріалів електродинаміці.</p> <p><b><u>Вміти:</u></b>  розв'язувати хвильове рівняння, рівняння Хіла, рівняння Маг'є - для класичних випадків задач збудження електромагнітних хвиль в штучних матеріалах, а саме – в фотоннокристалічних структурах.</p> <p><b><u>Основна література</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн, М.: Наука 1983, 608с.</li> <li>2. K. Inoue, K. Ohtaka, Photonic crystals, Springer, 320 p, m 2004</li> <li>3. Ф.Г. Басс, А.А. Булгаков, А.П. Тетервов, Высоочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками, М.» Наука».1989 г., 287 стр.</li> <li>4. R. Marcos, F. Martin, M. Sorrola, Metamaterials with Negative Parameters, Willey , 267p., 2007,</li> <li>5. K. Busch, S. Lolkes, R. Wehrspolnetc., Photonic Crystals, (Advances in Design Fabrication Characterization) , Wiley 2004, 354 p.</li> <li>6. A. Serdukov, I. Semchenko, A. Sihvola, Electromagnetics of Bi-anisotropic Materials: Theory and Applications, Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 2001, 337p.</li> <li>7. Qantum Electornics. A.Yariv, Wiley&amp;Sons 1988, 676с.</li> <li>8. М. Борн, Э Вольф, Основы оптики, Наука, 1973, 719 стр</li> <li>9. S.I. Tarapov, Yu. P. Machehkhin, A.S. Zamkovoy. Magnetic Resonance for Optoelectronic Materials Investigating. Kharkov: Collegium, 2008, 144 p., ISBN 978-966-8604-42-3.</li> </ol> <p><b><u>Додаткова література</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Microwaves in Dispersive Magnetic Composite Media (Review Article), S.I. Tarapov and D.P. Belozorov, Low Temperature Physics, 2012, v.38, N.7, p.766-792.</li> <li>2. Resonant Response in Mechanically Tunable Metasurface Based on Crossed Metallic Gratings with Controllable Crossing Angle, V. Yachin, L. Ivzhenko, S. Polevoy, and</li> </ol>
--	--	--

		<p>S. Tarapov, Applied Physics Letters, 2016, v.109, pp.221905 (1-4).</p> <p>3, Mechanically Tunable Wire Medium Metamaterial in the Millimeter Wave Band, L. Ivzhenko, E. Odarenko, and S.I. Tarapov, PIERL, 2016, v. 64, p. 93-98.</p> <p>4. Surface electromagnetic states in the photonic crystal–ferrite–plasma-like medium structure, Yu. O. Averkov, S.I. Tarapov, A.A. Kharchenko, and V.M. Yakovenko, Low Temp. Phys. 2014, 40, p. 667-674.</p>
<p>III. Надпровідникова радіофізика</p>	<p>Черпак Микола Тимофійович д.-ф. м. н., проф.</p>	<p><b><u>Знання:</u></b></p> <p>1. Вступ. Основні експериментальні факти фізики надпровідності. Квантування магнітного потоку. Відмінності основних фізичних властивостей надпровідників і нормальних провідників. Основи феноменологічних теорій (Лондонів, Гінзбурга-Ландау) і мікроскопічної теорії (БКШ) надпровідності.</p> <p>2. Надпровідники у мікрохвильових електромагнітних полях. Концепція мікрохвильового поверхневого імпедансу провідників. Поверхневий імпеданс надпровідників, залежність від температури і частоти. Співвідношення поверхневого імпедансу і комплексної провідності надпровідників. Експериментальна техніка для вимірювання поверхневого імпедансу надпровідників, зокрема ВТНП. Проблема вимірювання поверхневого реактансу. Імпеданс тонких плівок. Ефекти нелінійного імпедансу надпровідників та методи їх вимірювання. Критерій нелінійності.</p> <p>3. Основи надпровідникової радіофізики. Мікрохвильові лінії передачі на основі ідеального металу, нормального металу і надпровідника; порівняння. Пасивні прилади: Резонатори, фільтри, мультиплексери. Квазічастинкове тунелювання, ВАХ. Туннельна спектроскопія. Активні прилади: квантові детектори та частотні змішувачі (міксери), їх значення для субТГц радіофізики. Квантова межа шумової температури. Ефекти Джозефсона. Модель Фейнмана і закон збереження енергії. Внутрішній ефект Джозефсона в ВТНП структурах. Джозефсонівські генератори. Декілька слів про сквіди як прилади, які не мають аналогів на основі інших матеріалів.</p> <p><b><u>Вміння:</u></b></p> <p>1. Знати основні фізичні, зокрема електричні, магнітні та електромагнітні властивості надпровідників.</p> <p>2. Вміти визначати мікрохвильовий поверхневий імпеданс надпровідних плівок за результатами вимірювання добротності та частотного зсуву резонатора з надпровідником. Чітко уявляти проблему вимірювання поверхневого реактансу.</p>

		<p>3. Вміти визначати комплексну провідність надпровідників із вимірювання поверхневого імпедансу.</p> <p>4. Вміти аналізувати хвилеводні та резонаторні структури, що створюються на основі надпровідників, зокрема ВТНП.</p> <p><b><u>Основна література</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В.В. Шмидт, Введение в физику сверхпроводников, МЦНМО, М., 2000</li> <li>2. Zhi-Yan Shen, High-Temperature Superconducting Microwave Circuits, Artech House, Boston-London, 1994.</li> <li>3. M. Lancaster, Passive Microwave Device Applications of High-Temperature Superconductors, Cambridge, 1997.</li> <li>4. I.B. Vendik, O.G. Vendik, High Temperature Superconductor Devices for Microwave Signal Processing, parts I, II and III, SCLADEN Ltd, St.-Petersburg, 1997.</li> </ol> <p><b><u>Додаткова література</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Баранник А. А., Губин А. И., Лавринович А. А., Черпак Н. Т., Микроволновая радиофизика необычных сверхпроводников, Радиофизика и электроника, т. 23, №4, с. 15-36, 2018.</li> <li>2. О. А. Баранник, Квазіоптичні діелектричні резонатори з елементами незвичайних надпровідників, доктор. дис. фіз.-мат. наук. ІРЕ ім. О.Я.Усикова, Харків, 2020.</li> <li>3. S. M. Anlage, Microwave superconductivity, IEEE, Journal of Microwave, vol. 1, no 1, p. 389-402, 2021.</li> </ol>
IV. Квазіоптика та терагерцева радіофізика	Мізрахі Сергій Вікторович, к.-ф. м. н., с. н. с.	<p><b><u>Знання:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вступ. Квазіоптика та терагерцеві технології у сучасній науці й техніці. Квазіоптика: історичні передумови й сучасні тенденції розвитку. Піонерські дослідження в області квазіоптики. Внесок радянських і українських учених в розробку й розвиток квазіоптичних терагерцевих технологій. Принципи й сучасні тенденції розвитку терагерцевої квазіоптики.</li> <li>2. Основні засоби та методи генерування та приймання терагерцевих хвиль. Передача електромагнітної енергії хвилеводами та спрямованими квазіоптичними пучками; квазіоптичні лінії передачі. Хвилеводи класу «порожнистий діелектричний проміневід». Діелектричні, металодіелектричні, гофровані хвилеводи. Інші типи квазіоптичних ліній передачі. Порожнистий діелектричний проміневід (ПДП) - базова лінія передачі для створення радіовимірювальних приладів</li> </ol>

		<p>терагерцевого діапазону. Основні вимоги до базового проміневоду. Типи хвиль (моди) у ПДП. Загасання хвиль та мода самофільтрація у ПДП.</p> <p>3. Функціональні квазіоптичні елементи і пристрої загального застосування на основі ПДП. Лінійний поляризуючий елемент. Роздільник пучка. Поляризаційний роздільник пучка. Принципи дії. Основні радіофізичні характеристики. Особливості конструкції. Параметри та область застосування.</p> <p>4. Терагерцеві методи дослідження для найбільш важливих спеціальних застосувань. Діагностика плазми. Електродинамічне моделювання радіолокаційних характеристик розсіяння. Неруйнівний контроль матеріалів: еліпсометрія, рефлектометрія та спектроскопія внутрішнього відбиття, мікрохвильова томографія.</p> <p><b><u>Вміння</u></b></p> <p>1. Знати основні фізичні властивості терагерцевої ділянки частот. Розуміти основні принципи квазіоптики та знати основні історичні досягнення у галузі. Уявляти сучасні тенденції розвитку. 2. Знання основних засобів та методів генерування та приймання терагерцевих хвиль. Знання основних видів ліній передачі електромагнітних хвиль терагерцевої ділянки частот. Розуміння принципів дії хвилеводів та квазіоптичних ліній передачі.</p> <p>3. Знати принцип дії, конструктивні особливості і характеристики функціональних квазіоптичних елементів і пристроїв загального застосування.</p> <p>4. Знання основних методів досліджень терагерцевої радіофізики для найбільш важливих спеціальних застосувань.</p> <p><b><u>Основна література</u></b></p> <p>4. Кулешов Е.М. Главы 7- 8 / Е. М. Кулешов // Электроника и радиофизика миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн под ред. А.Я.Усикова – Киев: Наукова думка, 1986.–С.126-157.</p> <p>5. P. F. Goldsmith, Quasioptical Systems: Gaussian Beam Quasioptical Propagation and Applications, Wiley-IEEE Press, 1998.</p> <p>6. C. Yeh , F. I. Shimabukuro, The Essence of Dielectric Waveguides, Springer, 2008.</p> <p>7. Генерация и усиление сигналов терагерцевого диапазона / А. Г. Баланов, В. Д. Ерёмка, В. Е. Запевалов, А. Е. Храмов и др. – Саратов : Изд-во Саратов. гос. техн. ун-т. - 2016. - 460 с. ISBN 978-5-7433-3013-3.</p> <p>8. Квазиоптические антенно-фидерные системы // Киселев В.К., Костенко А.А., Хлопов Г.И.,</p>
--	--	---

		<p>Яновский М.С / Под ред. Г.И. Хлопова. – Харьков: ИПП «Контраст», 2013. – 408с. ISBN 978-966-8855-92-4.</p> <p>9. Киселев В.К. Физическое моделирование электромагнитного рассеяния в квазиоптических направляющих структурах терагерцевого диапазона /В.К. Киселев// Радиофизика и электроника. – Харьков: Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. – 2008. – т. 13, спец. выпуск. – С. 359-376.</p> <p>10. Конев В.А., Кулешов Е.М., Пунько Н.Н. Радиоволновая эллипсометрия / Под ред. И.С.Ковалева. - Минск: Наука и техника, 1985. - 104с.</p> <p>11. Bahaa E. A. Saleh, Introduction to Subsurface Imaging, Cambridge, 2011.</p> <p><b><u>Додаткова література:</u></b></p> <p>12. A. A. Kostenko, A. I. Nosich, and P. F. Goldsmith, “Historical background and development of Soviet quasi-optics at near-mm and sub- mm wavelengths,” Chapter 15 in T. Sarkar (Ed.), History of Wireless, New York: Wiley, pp. 473-542, 2006.</p> <p>13. T. L. Zinenko, “Yevgeny Mitrofanovich Kuleshov, 1922–2016 – His contribution to early sub-millimeter wave quasi-optics,” Int. J. Microwave and Wireless Technologies, vol. 8, no 8, pp. 1129–1132, 2016.</p> <p>14. Mizrakhly S. History and Perspectives of THz Components and Circuits Using Oversize Dielectric-Lined Waveguides / Sergey Mizrakhly // Proceedings of the 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), May 29 – June 2, 2017, Kyiv, Ukraine. –P. 198-201.</p> <p>15. A. A. Galuza, V. K. Kiseliov, I. V. Kolenov, A. I. Belyaeva, Y. M. Kuleshov, “Developments in THz-range ellipsometry: quasi-optical ellipsometer,” IEEE Trans. on Terahertz Science and Technology, vol. 6, no. 2, pp. 183-190, 2016.</p> <p>16. V. I. Bezborodov, V. K. Kiseliov, Y. M. Kuleshov, P.K. Nesterov, S.V. Mizrakhly, et al. “Sub-Terahertz quasi-optical reflectometer for CFRP surface inspection advanced materials research,” Trans. Tech. Publications. Switzerland, vol. 664. pp. 547-550, 2013.</p>
<p>V. Методи розв’язання зворотних некоректних задач обробки даних радіофізичних</p>	<p>Мельник Сергій Іванович к. т. н., с. н. с.</p>	<p><b><u>Знання:</u></b> 1. Загальний підхід до обробки експериментальних даних. Томографічні методи як узагальнений інформаційний підхід до обробки експериментальних даних. Специфіка та фізичні особливості радіофізичних вимірювань. Інформаційний аналіз радіофізичних сигналів та їх моделювання. Особливості первинної</p>

вимірювань		<p>обробки даних радіофізичних вимірювань.</p> <p>2. Класичні методи вирішення некоректних задач. Коректність зворотної задачі за Тихоновим. Стабілізуючий функціонал. Параметр регуляризації. Ітераційні алгоритми вирішення зворотних задач. Вінеровська фільтрація.</p> <p>3. Нові інформаційні методики вирішення зворотних некоректних задач обробки даних. Інформаційна складність як узагальнення параметрів регуляризації. Вирішення зворотних некоректних задач за умов недоліку апіорної інформації. Обробка сигналів з великої дискретністю в інформаційному полі результатів.</p> <p><b>Вміння:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вміння будувати математичну модель радіофізичних вимірювань.</li> <li>2. Вміння розробити оптимальну схему вирішення зворотної некоректної задачі.</li> <li>3. Вміння оптимізувати вибір параметру регуляризації згідно апіорної інформації щодо рішення зворотної задачі.</li> <li>4. Вміння застосовувати загальний критерій мінімізації складності опису до вибору оптимального рішення зворотної некоректної задачі.</li> </ol> <p><b>Література</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якубов В.П. Статистическая радиофизика: Учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ, 2006.</li> <li>3. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. М.: Мир, 1989.</li> <li>4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных, М.: Мир, 1989, ISBN 5-03-001071-8.</li> <li>6. Свешников А. Г. Математические методы в задачах анализа и синтеза слоистых сред / А. Г. Свешников, А. В. Тихонравов // Мат. моделирование – 1989. – 1, № 7. – С. 13–38.</li> <li>7. Якубов В.П., Шипилов С.Э., Суханов Д.Я., Клоков А.В. Радиоволновая томография: достижения и перспективы: монография / Под ред. В.П. Якубова. Томск: Изд-во НТЛ, 2014. 264 с.</li> <li>8. Якубов В.П., Машаруев М.Л. Метод двойной фокусировки для когерентной томографии неоднородных сред. // Известия вузов. Физика, 1997, №4, 87- 92.</li> <li>9. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.</li> <li>10. Василенко Г.И., Тараторин А.М. Восстановление изображений. М.: Радиоисвязь, 1986.</li> </ol>
------------	--	--



		<p><b>Додаткова література</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tuluzov, I. and Melnyk, S. "Solution of problems of dynamics in the information space of states on the basis of the principle of complexity minimization". Ukrainian Metrological Journal, [S.l.], n. 3, p. 15-18, Sep. 2017.</li> <li>2. Melnik S.I., Melnik S.S. Reconstruction of images with large non-uniform increments. Telecommunications and Radio Engineering 75(8):719-732, January 2016</li> <li>3. Мельник С.И., Мищенко І. М. Можливості побудови томографічних вимірювань стану атмосфери на основі сигналів геостационарних супутників. Сборник тезисов XI Международной научно-технической конференции МЕТРОЛОГИЯ – 2018. 9–11 октября 2018 г. Харьков.</li> </ol>
Звітність		<b>Екзамен</b>