

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка

Фізичний факультет
Кафедра експериментальної фізики

Затверджено

на засіданні кафедри експериментальної фізики
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 7 від 07.06.2023 р.)

Завідувач кафедри



проф. А.С.Волошиновський

Силабус

з навчальної дисципліни **“Динамічна голографія”**
що викладається в межах ОПП **“Прикладна фізика та наноматеріали”**
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Динамічна голографія
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія, 8, Львів, 79005
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	Гамерник Роман Васильович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики.
Контактна інформація викладачів	roman.gamernyk@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/hamernyk-roman-vasylovych
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/dynamichna-holohrafiia
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Динамічна голографія» є вибірковою навчальною дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається у II семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам відповідні загальні та фахові знання для розуміння закономірностей взаємодії світлових пучків з речовиною. У курсі представлені відповідні теоретичні дані та передбачені практичні заняття з розрахунку параметрів взаємодії світлових пучків з речовиною.
Мета та цілі дисципліни	<p>Мета – програма курсу “Динамічна голографія” передбачає як ознайомлення із загальними принципами голографії (механізми та схеми запису і зчитування стаціонарних голограм, реєструючі схеми і середовища та механізми реєстрації динамічних голограм, експериментальні методи дослідження та обробки результатів, методи перетворення лазерних пучків і оптичних зображень при їх взаємодії в нелінійних середовищах), так і допоможе в майбутньому на основі набутих знань робити правильний вибір з численних оптичних схем таку, яка забезпечить отримання достовірних результатів вимірювань.</p> <p>Завданням курсу є формування в студентів знань та умінь, необхідних для засвоєння необхідних теоретичних і практичних відомостей про основи і фізичні принципи голографії, практично оволодіти методами проведення голографічних вимірювань для технічного контролю.</p>
Література для вивчення дисципліни	<p>Базова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. N. Kukhtarev, T. Kukhtareva, P. Land, J.C. Wang, T. Murray, Yu. P. Gnatenko, I. O. Faryna, P.M. Bukivskij, O. A. Shigiltchoff and R. V. Gamernyk Dynamic holographic interferometry with double functions – Optical and electrical Research Signpost 37/661 (2), Fort P.O.,

	<p>Trivandrum-695 023, Kerala, India Nonlinear Optics and Applications, 2007: 257-268 ISBN: 978-81-308-0173-5 Editors: Hossin A. Abdeldayem and Donald O. Frazier</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. N.Kukhtarev, T.Kukhtareva, Yu.P.Gnatenko, P.M. Bukivskij, R.V.Gamernyk Dynamic holographic interferometry with double functions-Optical and electrical Nonlinear Optics and Applications, 2007:257-268 3. R. V. Gamernyk, Yu. P. Gnatenko, P.M. Bukivskij, P. A. Skubenko and V. Yu. Slivka Optical and photoelectric spectroscopy of photorefractive Sn₂P₂S₆ crystals J. Phys.: Condens. Matter 18 (2006) 5323–5331 4. N. Kukhtarev, T. Kukhtareva, Y. Gnatenko, P. Bukivskij, R. Gamernyk, IR-single beam dynamic holographic interferometer with three channels (two optical and one electrical) Optical Sensors 2008, edited by Francis Berghmans, Anna Grazia Mignani, Antonello Cutolo, Patrick P. Meyrueis, Thomas P. Pearsall, Proc. of SPIE Vol. 7003, 700327, (2008) 0277-786X/08/\$18 · doi: 10.1117/12.786282 5. В.Л. Винецький, М.В. Кухтарев. Динамічна голографія. 1990. <p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. N.Kukhtarev, T. Kukhtareva, J.H.Caulfield, J.C.Wang, T. Murray, Yu. P. Gnatenko . I. O. Faryna, P. M. Bukivskij , R. Gamernyk ,A.Grabar, Two-channel IR vibration sensor based on dynamic gratings in semiconductors and pyroelectrics Infrared Technology and Applications XXXIV, edited by Bjørn F. Andresen, Gabor F. Fulop, Paul R. Norton, Proc. of SPIE Vol. 6940, 694035, (2008) 0277-786X/08/\$18 · doi: 10.1117/12.778213 7. Yu.P. Gnatenko, M.S. Brodyn, P.M. Bukivskij, O.A. Shigiltchoff, N. Kukhtarev, T. Kukhtareva Energy structure and micromechanism of photo-electromotive force effect in V-doped CdTe crystals Phys. Stat. Solidi (a) (2007),204, 2431.
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 32 години аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 16 годин практичних занять та 58 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент повинен</p> <p style="text-align: center;">знати:</p> <p>фундаментальні основи динамічної голографії: методи описання взаємодії лазерних пучків в нелінійних середовищах, фізику фоторефрактивного ефекту в електрооптичних кристалах, перетворення лазерних пучків при їх самодифракції на динамічних ґратках; обернення хвильового фронту; сучасні застосування динамічної голографії, зокрема, для перетворення зображень і для створення елементів голографічної пам'яті.</p> <p style="text-align: center;">вміти:</p> <p>проводити теоретичне моделювання ефектів самодифракції лазерних пучків в різних нелінійних середовищах; створювати</p>

	теоретичні моделі, що описують механізми нелінійно-оптичного відгуку і утворення динамічних ґраток в різних середовищах; розробляти експериментальні установки для перетворення лазерних пучків і зображень, що базуються на методах динамічної голографії.
Ключові слова	Голограма, енергообмін, голографічний струм, фоторефрактивний ефект
Формат курсу	Очний: лекції, практичні заняття, самостійна робота та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Наведено у табл.1.
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з оптики, прикладної оптики,
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, виконання лабораторних робіт, підготовка доповідей, рефератів.
Необхідне обладнання	Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук. Лабораторні заняття – обладнання навчальної лабораторії фотоніки та спектроскопії наноматеріалів (молекулярної спектроскопії).
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100- бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • робота на лекціях – 10 балів; • виконання практичних робіт – 60 балів (6 практичних по 10 балів); • колоквіум – 20 балів. • Підсумкове заняття – 10 балів. <p>Разом: 100 балів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Підсумкова максимальна кількість балів: 100. <p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково</p>

	<p>враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. За якими критеріями класифікують голограми? 2. Назвати відомі механізми оптичного запису інформації. 3. Які кристали називаються фоторефрактивними? 4. Який механізм формування поля просторового заряду? 5. Чим відрізняються механізми формування локальної і нелокальної ґратки? 6. Як реалізується енергообмін при двохвильовій взаємодії? 7. Як виникає нестационарна електрорушійна сила? 8. Демодуляція фази оптичної хвилі. 9. Детектування ультразвуку з допомогою фоторефрактивних кристалів. 10. Голографічна інтерферометрія. 11. Просторово-часові модулятори світла. 12. Спеклінтерферометрія. 13. Адаптивне детектування коливань.
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу «Динамічна голографія»

Тиж- день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1	Вступ. Голографічний запис хвильових фронтів. Класифікація і характеристики голограм. Когерентно-оптичні системи обробки інформації. Механізми оптичного запису інформації. Дифузійний і дрейфовий механізми.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 4, 5	1 тиждень
2	Природа фоторефрактивного ефекту. Процеси формування поля просторового заряду у фоторефрактивних кристалах. Двохвильова взаємодія у фоторефрактивних матеріалах. Зонна теорія переносу.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 3	1 тиждень
3	Енергообмін при двохвильовій взаємодії. Орієнтаційні залежності коефіцієнта енергообміну. Залежність величини енергообміну від періоду ґратки. Нестационарна фото електрорушійна сила (голографічний струм)	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 5	1 тиждень
4	Світлова взаємодія у фоторефрактивних кристалах. Направлене змішування хвиль. Застосування для демодуляції фази оптичної хвилі. Фоторефрактивні кристали як детектори ультразвуку. Само модуляція поляризації.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2 Допоміжна: 6, 7	1 тиждень
5	Голографічна інтерферометрія. Спекл-інтерферометрія. Фазова демодуляція з використанням ефекту нестационарної фото-ЕРС. Пряма демодуляція фази при зовнішньому постійному полі. Демодуляція фази з використанням змінного зовнішнього поля і фільтруванням поляризації.	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 2, 3 Допоміжна: 6	1 тиждень
6	Просторово-часові модулятори світла (spatial light modulators – SLM). Використання SLM в системах голографічної пам'яті. Експериментальні дослідження запису динамічних ґраток. Поздовжній і поперечний електрооптичні ефекти в	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 3, 5	1 тиждень

	фоторефрактивних кристалах. Електрооптичні просторово-часові модулятори світла на ФРК.			
7	Основи методики спектроскопії з надвисокою часовою роздільною здатністю – pump-probe. Приклади використання методу pump-probe для виявлення механізмів нелінійно-оптичного відгуку в ФРК і в напівпровідниках. Взаємодія лазерних імпульсів в ФРК. Захоплення, зберігання і вивільнення лазерних імпульсів в ФРК. Сповільнення світла в ФРК при двох-пучковій взаємодії, и при чотирьох-пучковій взаємодії. Взаємодія фемтосекундних імпульсів в фоторефрактивних матеріалах.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год.	Базова: 1, 2, 5 Допоміжна: 7	1 тиждень
8	Адаптивне детектування коливань недзеркальних поверхонь. Датчики детектування поверхневих вібрацій. Класична межа детектування. Практичні схеми адаптивних детекторів .	Лекції – 2 год. практ. заняття – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 2, 3	1 тиждень