

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. Анатолій ВОЛОШИНОВСЬКИЙ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“ПРИКЛАДНА ОПТИКА”,**  
**що викладається в межах ОНП «Експериментальна фізика»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів з спеціальності 104 «Фізика та астрономія»**

<b>Назва дисципліни</b>	Прикладна оптика
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Кирила і Мефодія, 8, м. Львів, 79005
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
<b>Викладачі дисципліни</b>	Гамерник Роман Васильович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:roman.gamernyk@lnu.edu.ua">roman.gamernyk@lnu.edu.ua</a> , <a href="mailto:r.gamernyk@ukr.net">r.gamernyk@ukr.net</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/hamernyk-roman-vasylowych">https://physics.lnu.edu.ua/employee/hamernyk-roman-vasylowych</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/prykladna-optyka-2">https://physics.lnu.edu.ua/course/prykladna-optyka-2</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Прикладна оптика» є нормативною навчальною дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія», яка викладається у 1 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс «Прикладна оптика» розроблено таким чином, щоб надати учасникам відповідні загальні та фахові компетентності засновані на розумінні принципів дії оптичних приладів. У курсі представлені відповідні теоретичні дані та передбачені практичні заняття з отримання достовірних світлових вимірювань.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<p>Мета – ознайомлення із загальними принципами дії оптичних приладів (мікроскопів, телескопічних систем, інтерферометрів, поляризаційних пристроїв та елементів інтегральної оптики) і на основі набутих знань правильно вибирати з численних оптичних способів такий, який забезпечить проведення достовірних світлових 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 побудови оптичних приладів, використовуваних для проведення світлових вимірювань та технічного контролю.</p> <p>Підготовлення студентів до самостійного виконання експериментальних наукових досліджень.</p>
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прикладна оптика: конспект лекцій для студентів фізичного факультету в ЛНУ / Р.В.Гамерник.</li> <li>2. В.О.Чадюк. Оптоелектроніка: від макро до нано. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 398 с.</li> </ol> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шишловський О.А. Експериментальна оптика. – Київ, 1969. – 656 с.</li> <li>2. Борбат А.М., Горбань І.С., Охрименко Б.А. Оптичні</li> </ol>

	вимірювання. – К., 1967. – 419 с. <b>Інформаційні ресурси:</b> Wikipedia. <a href="http://www.wikipedia.org">http://www.wikipedia.org</a> .
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	90 годин, з яких 32 години аудиторних занять, з них 16 год. лекцій, 16 год. лабораторних занять та 58 год. самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p><b>Загальні компетентності:</b></p> <p><b>ЗК01.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК02.</b> Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p><b>ЗК03.</b> Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p><b>ЗК04.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК05.</b> Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.</p> <p><b>ЗК06.</b> Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</p> <p><b>ЗК07.</b> Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p><b>Спеціальні (фахові) компетентності:</b></p> <p><b>СК01.</b> Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.</p> <p><b>СК02.</b> Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем у галузі фізики та/або астрономії.</p> <p><b>СК05.</b> Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опановувати знання та навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.</p> <p><b>СК08.</b> Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі у галузі фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.</p> <p><b>СК11.</b> Здатність використовувати фізичну апаратуру та обладнання.</p> <p><b>СК12.</b> Здатність обирати відповідні методи фізичного аналізу для вузько напрямленого вивчення конкретних об'єктів досліджень.</p> <p><b>СК13.</b> Здатність виявляти й тлумачити основні закономірності поведінки фізичних величин і процесів, ґрунтуючись на одержаних експериментальних даних.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен</p>

знати:

- загальні принципи дії оптичних приладів та принципи їх конструювання;
- схеми проходження променів через оптичні пристрої (мікроскопи, телескопічні системи);
- роль різного роду діафрагм в оптичних приладах;
- основні способи світлових вимірювань;
- про різноманітні можливості оптичних методів технічного контролю;
- елементи геометричної теорії інтерферометрів;
- методи реєстрації інтерференційних картин;
- принцип дії типових двопробневих інтерферометрів;
- основи багатопроменевої інтерференції;
- основні вимоги до конструювання інтерферометрів;
- фізичні основи методів поляризаційних вимірювань;
- методи і прилади для отримання і опису поляризованого світла;
- методи і прилади для вимірювання кутів повороту площини поляризації;
- методи і прилади для вимірювання параметрів еліптично поляризованого світла.

вміти:

- проводити для параксіальної області прості розрахунки для визначення положення і величини зображення предмета, всіх діафрагм, які належать системі;
- здійснювати світлові вимірювання, правильно поєднуючи оптичні прилади з джерелами і приймачами світла, освітлювальними і проєкційними системами до них;
- розраховувати збільшення, роздільну здатність і числову апертуру оптичних пристроїв (мікроскопи, телескопічні системи);
- здійснювати вибір принципіальної схеми інтерферометра для проведення вимірювань довжини, визначення показника заломлення, контролю форми поверхні і дослідження неоднорідностей прозорих об'єктів;
- проводити якісний аналіз поляризованого світла;
- здійснювати вимірювання кута повороту площини поляризації оптично активними середовищами;
- проводити аналіз еліптично поляризованого світла з використанням компенсаторів Сенармона, Бабіне і Солейля;
- проводити еліпсометричне дослідження складних відбиваючих систем.

#### **Програмні результати навчання:**

**РН01.** Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної та експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

**РН02.** Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та

	<p>пропозиції щодо подальших досліджень.</p> <p><b>РН04.</b> Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.</p> <p><b>РН05.</b> Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.</p> <p><b>РН06.</b> Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій у галузі фізики та/або астрономії.</p> <p><b>РН10.</b> Відшукувати інформацію і дані, необхідні розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отриману інформацію та дані.</p> <p><b>РН11.</b> Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p><b>РН17.</b> Застосовувати спеціальну фізичну апаратуру й обладнання для вимірювання фізичних величин.</p> <p><b>РН19.</b> Вміння обробити, проаналізувати та пояснити фізичну інформацію, одержану за допомогою методів х-променевої дифракції, люмінесцентної й оптичної спектроскопії, моделювання, електронної мікроскопії, термічного аналізу.</p> <p><b>РН20.</b> Дотримуватися вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці під час експлуатації лабораторного обладнання</p>
<b>Ключові слова</b>	Оптичні прилади, інтерферометри, поляризатори.
<b>Формат курсу</b>	Очний: проведення лекцій, лабораторних занять та консультації для поглибленого розуміння тем.
<b>Теми</b>	Наведено у табл.1.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з Оптики, Атомної фізики.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, дискусія, виконання лабораторних робіт, підготовка доповідей, рефератів.
<b>Необхідне обладнання</b>	Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук. Лабораторні заняття – обладнання навчальної лабораторії фотоніки та спектроскопії наноматеріалів (спектральна фотометрична установка на базі монохроматора МДР-23).
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100- бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• робота на лекціях – 10 балів;</li> <li>• лабораторні роботи – 60 балів = (5 робіт x 12 балів)</li> <li>• колоквиум – 20 балів.</li> <li>• Підсумкове заняття – 10 балів.</li> </ul> <p>Разом: 100 балів. Підсумкова максимальна кількість балів: 100.</p> <p style="text-align: center;"><b>Шкала оцінювання лабораторної роботи</b></p>

Бали	Критерії оцінювання
12-11	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт з виконання роботи, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.
10-8	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, при оформленні допущено незначні помилки, самостійно робить висновки, на захисті, за винятком несуттєвих фізичних неточностей, продемонстрував глибокий рівень знань.
7-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, зробив правильні висновки або їх частину, на захисті продемонстрував середній рівень знань.
4-3	Студент виконав експеримент відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.
2-1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.
0	Не представлено до захисту звіту з відповідної тематичної лабораторної роботи здобувачем.

**Додаткові бали** можна отримати за результатами **неформального та/або інформального навчання** по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання. Також до 10 додаткових балів включно можна отримати через наукову роботу здобувача, куди входить написання тез, статей, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100.

У разі відсутності студента під час проведення лабораторних занять чи на контрольних замірах з поважних причин йому надається право на відпрацювання. У всіх інших випадках відсутність здобувача автоматично зараховується йому як незадовільна оцінка (0 балів) за відповідну тематичну лабораторну роботу чи контрольний замір. Незадовільну оцінку

	<p>студент має право перескласти. Додатковий термін перездачі призначає викладач.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b> 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><b>Відвідання занять</b> 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><b>Література.</b> 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на лекціях, лабораторних роботах, колоквіумі. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь 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><b>Питання до колоквіуму</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В яких одиницях вимірюється потік випромінювання на довжині хвилі <math>\lambda=800</math> нм?</li> <li>2. В якій спектральній області найбільша спектральна чутливість родопсину?</li> <li>3. Завдяки чому сприймається колір оком людини?</li> <li>4. Яка роздільна здатність ока людини?</li> <li>5. Вказати вікна прозорості атмосфери, які використовуються для оптичного зв'язку через повітря.</li> <li>6. За якими ознаками проводиться класифікація зображуючи ОЕС?</li> <li>7. Назвати неселективні приймачі оптичного випромінювання.</li> <li>8. В якому діапазоні працюють прилади нічного бачення.</li> <li>9. Якими приладами досліджують форму дзеркально відбиваючих поверхонь, вимірюють лінійні зміщення, швидкості і прискорення об'єктів?</li> <li>10. Чим досліджують тонку структуру випромінювання об'єктів?</li> <li>11. Які порядки інтерференції використовуються в інтерференційних фільтрах?</li> </ol>

	12. Про що несе в собі інформацію спекл-структура? 13. Назвати поляризаційні призми, в яких на виході є два промені. 14. Поляризатори для ІЧ-області спектру використовують фізичне явище 15. Чим аналізують еліптично поляризоване світло? 16. Де знаходяться причини оптичної активності речовин? 17. Яка дифракція використовується в активних елементах інтегральної оптики?
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

## Схема курсу «Прикладна оптика»

Тиж-день	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Завдання	Термін виконання
1	Вступ. Оптичне випромінювання. Основні енергетичні і фотометричні величини і співвідношення між ними. Астрофізичні зоряні величини. Джерела випромінювання.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 5 год.	Б: 1 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
2	Загальні відомості про оптико-електронні прилади. Визначення і класифікація оптико-електронних приладів. Узагальнена схема оптико-електронних приладів спостереження. Око як оптичний прилад. Оптична система оптико-електронних приладів. Оптичні матеріали. Приймачі оптичного випромінювання.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 7 год.	Б: 1, 2	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
3	Типові оптико-електронні прилади. Прилади нічного бачення. Телевізійні системи спостереження. Тепловізійні системи. Цифрові фотоапарати. Оптичні локатори.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 7 год.	Б: 1, 2	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
4	Інтерферометричні прилади. Класична інтерфе-рометрія. Інтерферометри. Багатопроненава интерфе-	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 9 год.	Б: 1 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу.	1 тиждень



	ренція. Інтерферометр Фабрі-Перо. Вузькосмугові інтерференційні фільтри.			Підготовка до лабораторної роботи	
5	Голографічна інтерферометрія. Спекл-інтерферометрія.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 5 год.	Б: 1 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
6	Поляризація світла. Поляріди. Поляризатори для інфрачервоної області спектру. Багатошарові інтерференційні поляризатори. Еліптично поляризоване світло.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 8 год.	Б: 1 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
7	Еліптично-поляризоване світло та його аналіз. Візуальні методи аналізу еліптично-поляризованого світла (компенсатори Сенармона, Бабіне, Солейля, Берека). Поляриметрія.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 8 год.	Б: 1 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень
8	Інтегральна оптика. Планарні лінзи і призми. Методи вводу і виводу випромінювання з оптичних мікрохвильоводів. Інтегрально-оптичні елементи. Активні елементи інтегральної оптики.	Лекція – 1 год. колоквіум – 1 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 9 год.	Б: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи	1 тиждень