

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальних справ



« 31 » вересня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Сучасна фотометрія

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(цифра і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(цифра і назва спеціальності)
освітній рівень магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Оптика, лазерна фізика
(назва освітньої програми)
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2023/2024
Семестр	1
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: к.т.н., с.н.с. Рибалочка Андрій Володимирович

Продовжено: на 20 24 / 20 23 н.р. (цифра і назва місяця)

на 20 / 20 н.р. (цифра і назва місяця) « » 20 р.

КИЇВ – 2023

Розробник(и): Рибалочка Андрій Володимирович – старший науковий співробітник, к.т.н.,
с.н.с., керівник лабораторії «Центр випробування і діагностики напівпровідникових джерел світла
та освітлювальних систем на їх основі» Центру колективного користування науковим
обладнанням «Діагностика напівпровідникових матеріалів, структур та приладних систем» (відділ
11) Інституту фізика напівпровідників ім. В.С. Лашкарьова НАН України

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. зав. кафедри оптики



(підпис)

(Кондратенко С.В.)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від « 16 » червня 2023 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від « 30 » червня 2023 року № 16

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

1. **Мета дисципліни** – дати студентам базові знання з основ технічної та законодавчої метрології, роз'яснити процедуру проведення акредитації органів оцінки відповідності, навчити методам, а також ознайомити із вимірювальним обладнанням та засобами вимірювальної техніки, що використовуються при проведенні випробувань оптичних, світлових та електричних параметрів світлотехнічної продукції різного типу та призначення.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):

Знати основи оптичної спектрометрії, фотометрії, квантової фізики, базові положення математичного аналізу, диференціальних рівнянь, лінійної алгебри, методів математичної фізики.

Вміти обчислювати порогові та інтегральні параметри спектрів поглинання та випромінювання із урахуванням вагових функцій різного призначення, розраховувати коефіцієнти корисної дії та ефективності світлових та електричних параметрів при обробці експериментальних даних з одно- та різнорозмірним величинами.

Мати навички практичної роботи з комп'ютерними програмами по обробці, аналізу та графічного представлення цифрових даних.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Сучасна фотометрія» - покликана дати студентам знання з основ технічної метрології, роз'яснити принципи законодавчої метрології, а також стандартизації продукції та методів випробувань, які використовують акредитовані органи оцінки відповідності для забезпечення єдності вимірювань параметрів та якості визначення характеристик світлотехнічної продукції широкого кола застосування.

Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: домашні самостійні завдання, контроль знань шляхом поточного експрес-опитування.

Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. **Завдання (навчальні цілі)** – вивчення методів та розуміння фізичних принципів проведення фотометричних вимірювань та розрахунку на їх основі світлотехнічних параметрів джерел світла; ознайомлення з фотометричним обладнанням на прикладі вимірювальних комплексів, що складаються зі спектрометрів та інтегруючих сфер, а також гоніометрів та фотоприймачів з додатковим електротехнічним обладнанням; вивчення фізичних та фізіологічних аспектів «не зорового» впливу світла на людину, на її циркадні ритми, зорову втому тощо; виконання індивідуальних завдань по розрахунку світлотехнічних параметрів зі спектральних характеристик випромінювання для традиційних та сучасних енергоефективних джерел світла; ознайомлення з основами законодавчої метрології, принципами проведення акредитації органів оцінки відповідності, процедурами проведення калібрування вимірювального обладнання випробувальних світлотехнічних лабораторій.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Оптика, лазерна фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК01);
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК02);
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК07);

Спеціальних:

- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії (СК02);
- Здатність розробляти наукові та прикладні проекти, керувати ними і оцінювати їх на основі фактів (СК06);
- Вміти використовувати методи чисельних та аналітичних розрахунків в оптиці (СК10);

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	- основні положення та принципи метрологічних досліджень, - основні принципи та завдання стандартизації та сертифікації, - математичні принципи розрахунку невизначеності вимірювань.	Лекції	Домашні завдання, експрес-опитування	10
1.2	- структуру національного агентства з акредитації України та напрямки за яким воно проводить акредитацію, - загальні положення стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025; - особливості процедур системи менеджменту фотометричних випробувальних лабораторій.	Лекції	Домашні задачі, експрес-опитування	10
1.3	- принципи роботи вимірювальних комплексів для визначення спектральних характеристик джерел світла, - методику роботи вимірювальних комплексів для дослідження просторового розподілу фотометричних параметрів джерел світла на основі гоніофотометру.	Лекції	Контрольна робота	10
2.1	- розбиратися в структурі документації випробувальних лабораторій, як акредитованих органів оцінки відповідності, - складати проекти протоколів випробувань акредитованих світлотехнічних лабораторій	Лекції	Контрольна робота	5
2.2	- за даними спектрорадіометричних досліджень джерел світла розраховувати світлові та колірні фотометричні параметри джерел світла, а також параметри не візуального впливу світла на циркадні ритми людини, - за даними гоніофотометричних досліджень визначити класи світлорозподілу освітлювальних систем різного типу та призначення, - структуру IES-файлів та вміти перевірити основні їх параметри за допомогою програми DiaLux	Лекції	Домашні задачі, експрес-опитування	15
3.1	- Здатність працювати у колективі, обґрунтовувати власний погляд на задачу та	Самостійна робота	Активна робота на	5

	формулювати робочі гіпотези, спілкуватися з колегами		лекціях, усні відповіді на питання	
4.1	- Демонстрація авторитетності, високий ступінь самостійності, демонстрація вміння дотримання принципів неупередженості та конфединційності, а також професійної доброчесності та відповідальності у ставленні до виконуваних робіт			5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)							
ПР01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+	+	+	+		+
ПР02. Проводити експериментальні або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.	+		+	+	+		+
ПР03. Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових і прикладних досліджень в області фізики або астрономії.			+	+	+	+	+
ПР12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименті спостережень.	+	+	+	+	+	+	+
ПР16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+	+
ПР17. Знати і розуміти фізичні основи функціонування оптичних пристроїв та систем.	+	+					+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. По результатах контрольної роботи, перевірки домашніх завдань та експрес-опитування

2. По результатах експрес-опитування та контрольної роботи

- підсумкове оцінювання (у формі екзамену/комплексного екзамену, диференційованого заліку)¹:

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	КР	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

- умови допуску до підсумкового екзамену:

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **36 балів**.² Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

¹ Залік виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру і не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше - 20 балів, а рекомендований мінімум не менше 36 балів, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше 24 балів (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони не додаються до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин	
		Лекції	Самостійна робота
1. МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ			
1	Метрологія як наука про вимірювання, основні поняття та визначення. Одиниці фізичних величин. Міжнародна система SI. Забезпечення єдності вимірювань. Еталони. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Схема метрологічних характеристик. Види еталонів.</i>	2	4
2	Похибки вимірів. Повірка та калібрування та вимірювального обладнання та засобів вимірювальної техніки. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Класифікація похибок. Довірчі межі одиночного та декількох паралельних визначень значень параметрів.</i>	2	4
3	Мета та завдання стандартизації, її суть та основні принципи. Суб'єкти та об'єкти стандартизації. Види стандартизації та стандартів. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Схема видів стандартизації. Схема видів стандартів.</i>	2	4
4	Міжнародні, європейські та міждержавні стандарти. Порядок розроблення та застосування. Системи національних стандартів. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Стадії розробки проектів стандартів. Система стандартів з якості.</i>	2	4
5	Основи, суть та завдання сертифікації. Види сертифікації та порядок її проведення. Основні вимоги до органів оцінки відповідності. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Нормативні документи згідно яких проводиться сертифікація та яким повинні відповідати органи сертифікації.</i>	1	4
2. АКРЕДИТАЦІЯ ОРГАНІВ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ			
6	Структура національної системи акредитації. Національне агентство з акредитації України (НААУ) та напрямки за яким воно проводить акредитацію. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Закон України "Про акредитацію органів з оцінки відповідності".</i>	2	4
7	Загальні положення стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій», основні аспекти його зміни між редакціями 2006 та 2019 років. Сфера акредитації. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Ознайомлення з прикладами сфер акредитації акредитованих органів оцінки відповідності https://naau.org.ua/reyestr-akreditovanix-ooov/</i>	2	4
8	Паспорт випробувальної лабораторії. Настанова щодо системи менеджменту. Особливості розробки даних документів для лабораторій, що проводять фотометричні дослідження. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Ознайомлення з набором робочими інструкціями випробувальної лабораторії</i>	2	4
9	Процедури системи менеджменту, що відповідають за неупередженість, конфіденційність, управління персоналом та поведінням з обладнанням <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Аналіз прикладів відповідних</i>	2	4

	<i>процедур системи менеджменту.</i>		
10	Процедури системи менеджменту, що відповідають за неупередженість, конфіденційність, управління персоналом та поведінням з обладнанням <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Аналіз прикладів відповідних процедур системи менеджменту.</i>	2	4
11	Забезпечення достовірності результатів випробувань, керування невідповідною роботою, захист та зберігання даних, управління документами та записами в системі менеджменту акредитованих випробувальних лабораторій. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Розробка алгоритмів захисту та зберігання даних для систем менеджменту випробувальних лабораторій.</i>	2	4
3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ			
12	Вимірювальні комплекси для визначення спектральних, світлових та електричних параметрів та характеристик освітлювальних систем на базі інтегруючих сфер, спектрометрів та аналізаторів якості електричного живлення. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Принцип роботи матричних спектрометрів та методи розрахунку зі спектральних характеристик фотометричних величин та параметрів.</i>	2	4
13	Вимірювальний комплекс для дослідження просторового розподілу фотометричних параметрів джерел світла на основі гоніофотометру. Створення та аналіз IES-файлів для проектних робіт.. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Ознайомлення з загальнодоступною програмою DiaLux для проектування умов зовнішнього та внутрішнього освітлення.</i>	2	4
14	Структура та форма протоколів випробувань акредитованих лабораторій. Основний перелік світлових та електричних параметрів, а також фотометричних характеристик, що до нього входять. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Заповнення тестових проектів протокові випробування зразків світлотехнічної продукції з урахуванням невизначеності вимірювань.</i>	2	4
15	Параметри невізуального впливу світла на організм людини. Вплив природного та штучного освітлення на циркадні ритми людини. Принципи створення штучного освітлення з параметрами наближеними до природного. <i>С.р. вивчення матеріалу лекцій. Розрахунки фотометричних параметрів, а також значень параметрів невізуального впливу світла на людину із його спектральних характеристик.</i>	1	4

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – 28 год.

Самостійна робота - 61 год.

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

9. Рекомендовані джерела⁴:

Основна: (Базова)

1. Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р., Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація, Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. – 560 с.
2. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф., Метрологія, стандартизація і сертифікація. Підручник /За заг. ред. В.В.Тарасової. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с.
3. E. Fred Schubert, Light-Emitting Diodes, 2nd ed. , Cambridge University Press, 2008, 434 pages.
4. Назаренко Л. А., Сорокін В. М., Основи радіометрії та фотометрії, Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2014, 352 с.
5. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT)
6. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019 Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг (EN ISO/IEC 17065:2012, IDT; ISO/IEC 17065:2012, IDT)
7. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008).
8. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст.96).
9. «Про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників», Постанова КМУ від 27.05.2015 р. №340.
10. «Про затвердження Технічного регламенту низьковольтного електричного обладнання», Постанова КМУ від 16.12.2015 р. № 1067.
11. «Про затвердження Технічного регламенту з електромагнітної сумісності обладнання», Постанова КМУ від 16.12.2015 р. № 1077.
12. «Про затвердження Технічного регламенту радіоблабднання», Постанова КМУ від 24.05.2017 р. №139.
13. «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення», Постанова КМУ від 13.10.2012 р. №992.

Додаткова:

1. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи : [монографія] / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова, Нац. ун-т "Львів. політехніка", НАМН України, Ін-т медицини праці. - Київ : Авіцена, 2016, 334 с.
2. Історія української світлотехніки: монографія / П. Говоров, Р. Пилипчук, Г. Кожушко, К. Намітоков; ред.: П. Говоров; Тернопіль, Джура, 2013, 179 с.
3. G.C. Brainard et al., “Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor,” J. Neurosci., vol. 21, no. 16, pp. 6405 – 6412, Aug. 2001.
4. A. Borisuit et al., “Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood,” Light. Res. Technol. 47, 192-209 (2014).
5. «Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для ламп спрямованого випромінювання, світлодіодних ламп і пов’язаного з ними обладнання», Постанова КМУ від 27.03.2019 р. № 264.
6. «Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для побутових ламп неспрямованого випромінювання», Постанова КМУ від 14.08.2019 р. № 734.
7. D. Kalustova, V. Kornaga, A. Rybalochka, V. Mukhin, Y. Kornaga and S. Valyukh, “Red, green, blue, and white clusters for daylight reproduction,” Optical Engineering, vol. 59, no. 5, pp. 1-14, 2020.
8. LED ColorCalculator. (Version 7.7X), OSRAM SYLVANIA (<https://www.osram.us/cb/tools-and-resources/applications/led-colorcalculator/index.jsp>).

⁴ В тому числі Інтернет ресурси