

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

## Фізичний

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра (циклова комісія) ОПТИКИ  
(для коледжів)



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Методи та техніка спектральних вимірювань

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування

(шифр і назва)

спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень бакалавр

(належний бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма оптотехніка

(назва освітньої програми)

спеціалізація  
(за наявності)

(назва спеціалізації)

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання

**очна**

Навчальний рік

**2022/2023**

Семестр

**5**

Кількість кредитів ECTS

**3**

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

**українська**

Форма заключного контролю

**залік**

Викладачі: доцент Якунов Андрій Васильович

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(місяць, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(місяць, ПІБ, дата)

Розробники<sup>1</sup>: Якунов Андрій Васильович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедри оптики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Поперенко Л.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 13 від « 19 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету \_\_\_\_\_

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11  
Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Оліх О.Я.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

<sup>1</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

- 1. Мета дисципліни** – надати базові знання та навички, необхідні для виконання наукової роботи по плануванню спектральних експериментів, вимірюванню та обробці оптичних спектрів.
- 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)<sup>1</sup>:**
  - Знати основи геометричної та хвильової оптики, радіоелектроніки, атомної фізики.
  - Вміти будувати хід променів в простих оптичних системах, виконувати базові розрахунки параметрів оптичних систем.
  - Мати елементарні навички практичної роботи з оптичними та оптоелектронними приладами, зокрема, вміти готувати прилади до вимірювань, юстувати, калібрувати, оцінювати точність; вміти обробляти експериментальні дані, володіти навичками роботи зі спеціалізованими комп'ютерними програмами.

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Дисципліна «Методи та техніка спектральних вимірювань» - одна з фундаментальних дисциплін, покладених в основу наукової освіти, яка покликана дати студентам знання та навички експериментальної спектроскопії, розуміння будови та принципів роботи спектральних приладів, а також методів та прийомів спектральних досліджень.

Матеріал курсу розбито на три частини.

У першій частині розглядаються джерела оптичного випромінювання, світлофільтри та модулятори оптичних потоків. Друга частина – спектральні прилади - покликана надати студентам знання щодо основних принципів побудови спектральних приладів, особливостей їх конструкції, експлуатаційних параметрів та робочих характеристик. Третя частина – методи спектральних досліджень – вивчає основні методи експериментальної спектроскопії: емісійну, абсорбційну, люмінесцентну спектроскопію, а також спектроскопію розсіювання.

Методи викладання: лекції, консультації, лабораторні роботи. Методи оцінювання: домашні самостійні завдання, колоквиум, контроль знань шляхом поточного експрес-опитування, оцінка за лабораторні роботи. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та екзамену (40%).

### **4. Завдання (навчальні цілі)**

#### **Перелік компетентностей:**

#### Загальні компетентності

ЗК6. Навички здійснення безпечної діяльності.

#### Фахові компетентності

ФК1. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності у відповідності з моделями вимірювання.

ФК9. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об'єктах.

ФК13. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

---

<sup>1</sup> альтернативний варіант :

Успішне опанування курсу \_\_\_\_\_

Знання теоретичних основ \_\_\_\_\_

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	- Теплові джерела оптичного випромінювання - Газорозрядні джерела - Лазери - Світлофільтри та модулятори світла	<i>Лекції</i>	<i>Експрес-опитування, Колоквіум</i>	10
1. 2	- Функціональна схема спектрального приладу - апаратна функція та інформаційна спроможність СП - Призмові, дифракційні та інтерференційні СП	<i>Лекції</i>	<i>Домашні задачі, Поточне експрес-опитування</i>	10
2. 1	- Планувати спектральні експерименти, - Володіти методами обробки оптичних спектрів, - Градувати та калібрувати СП	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт</i>	15
2. 2	- Вимірювати спектри емісії, поглинання, відбивання, люмінесценції, розсіяння - Готувати зразки для вимірювань - Оптимізувати процес вимірювань - Правильно інтерпретувати результати	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт.</i>	15
3. 1	- Здатність працювати у колективі, обґрунтовувати власний погляд на задачу та формулювати робочі гіпотези, спілкуватися з колегами	<i>Лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Активна робота в лабораторно му практикумі, усні відповіді на питання</i>	5
4. 1	- Демонстрація авторитетності, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, відповідальність 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)

<b>Результати навчання дисципліни (код)</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>						
ПРН01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки.	+	+	+	+		
ПРН08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.	+	+	+	+	+	
ПРН14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо.	+	+	+	+		+
ПРН22. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень в галузі оптики, лазерної фізики та оптоелектроніки, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.	+	+	+	+	+	
ПРН24. Розуміти зв'язок оптики, лазерної фізики та метрології з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук.	+	+	+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. По результатах експрес-опитування та колоквиуму

2. По результатах експрес-опитування та захисту лабораторних робіт

- підсумкове оцінювання (у формі екзамену/комплексного екзамену, диференційованого заліку)<sup>2</sup>:

	ЗМ1/Частин а 1	ЗМ2/Частин а 2	Залік	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**.<sup>3</sup> 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

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

<sup>2</sup> Залік виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру і не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

<sup>3</sup> 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 та лабораторних занять**

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
<b>1.ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, ФІЛЬТРИ, МОДУЛЯТОРИ</b>				
1	Мета і задачі дисципліни. Спектральні прилади і методи в метрології. Закони теплового випромінювання. Джерела теплового випромінювання. <i>Ср:Практичні джерела ТВ, джерела для ІЧ-діапазону, типи та маркування ламп розжарювання. Міжнародні стандарти на лампи розжарювання та методи вимірювань їх параметрів.</i>	2		3
2	Газорозрядні джерела випромінювання. Фізика газового розряду. Лампи тліючого розряду. ВЧ-лампи. Дюгові лампи. Лампи з порожнистим катодом як стандарти для метрологічних вимірювань. <i>С.р. Узагальнена ВАХ, механізми розширення спектральних ліній +Практичні ГР-джерела, типи та маркування ГР-ламп +Особливості електроживлення ГР-ламп</i>	2		3
3	Лазери, як джерела випромінювання в спектральних дослідженнях. <i>С.р. типи та конструкція поширених лазерів,</i>	2		3
4	Оптичні світлофільтри. <i>С.р. Типи та маркування скляних світлофільтрів Л.р. Вимірювання пропускання інтерференційного світлофільтру.</i>	2	2	3
5	Модулятори оптичного випромінювання. <i>С.р. Швидкісні, волоконно-оптичні та інтегрально-оптичні модулятори</i>	2		3
<b>2.СПЕКТРАЛЬНІ ПРИЛАДИ</b>				
6	Класифікація спектральних приладів. Апаратна функція. Нормальна та спектральна ширина щілини. <i>С.р Інформаційна спроможність СП Л.р. Градування спектрометра ИСП-51</i>	2	2	3
7	Оптичні елементи та схеми СП. Світлосила СП. <i>С.р. Подвійні монохроматори +Схеми освітлення СП Л.р. Подвійні монохроматори</i>	2		3
8	Призмові СП. Дисперсія, кутове збільшення, роздільна здатність призмових СП. Спеціальні призми та призмові системи. Оптичні схеми серійних призмових СП. <i>С.р. Метеріали для дисперсійних призм</i>	2	2	3

	<i>+Втрати світла в СП, методи збільшення корисного сигналу Л.р. Макет спектрографа з призмою Аббе</i>			
9	<i>Дифракційні СП. Спектральні параметри та оптичні схеми дифракційних СП. С.р. СП з профільованими ґратками + Увігнуті дифракційні ґратки. Л.р. Юстування та калібрування спектрографа з плоскою ґраткою Л.р. Юстування та калібрування спектрографа з увігнутою ґраткою</i>	2	2	3
10	<i>Спектральні прилади високої роздільної здатності. Інтерферометр Фабрі-Перо: апаратна функція, спектральні параметри, схеми застосування. Спектрометр Фабрі-Перо. С.р. Пластина Люмера, ешелон Майкельсона + Методи розширення робочого діапазону СФП.</i>	2		3
11	<i>Фур'є спектрометрія. Оптична схема та принцип дії ФС, апаратна функція, світлосила. С.р. Прилади високої світлосили + Амплітудна та енергетична ФС</i>	2		3
<b>3.МЕТОДИ СПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ</b>				
12	<i>Класифікація методів спектральних вимірювань та їх використання в метрології. Емісійна спектроскопія. Спектральний аналіз в метрології. С.р. Якісний та кількісний спектральний аналіз + Оптимізація вимірювань спектрів емісії Л.р. Калібрування спектрометра ИСП-51 по спектральній чутливості</i>	2	2	3
13	<i>Закони поглинання світла у речовині. Методи та оптичні схеми абсорбційної спектроскопії. Оптимізація вимірювань спектрів поглинання + Вимірювання поглинання в ІЧ області. С.р. Методика перевірки спектрофотометрів. Л.р. Вимірювання спектрів поглинання розчинів</i>	2	2	3
14	<i>Люмінесцентна спектроскопія. Закони люмінесценції. Оптичні схеми вимірювання. Вимірювання спектрів фотозбудження + спектри фосфоресценції. Спектроскопія розділення у часі С.р. Методика перевірки спектрофлуориметрів. Л.р. Вимірювання спектрів люмінесценції</i>	2	2	3
15	<i>Спектроскопія комбінаційного розсіювання. Оптична схема та особливості вимірювань коливальних спектрів. С.р. Релеївське та Мандельштам-Брілюєнівське розсіяння світла.</i>	2		3



<b>ВСЬОГО<sup>4</sup></b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>45</b>
---------------------------	-----------	-----------	-----------

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

**Загальний обсяг 90 год.<sup>5</sup>**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Лабораторних робіт - **14 год.**

Консультацій – **1 год.**

Самостійна робота - **45 год.**

## 9. Рекомендовані джерела<sup>6</sup>:

### Основна: (Базова)

1. *Макаренко О.В., Одарич В.О., Поперенко Л.В., Якунов А.В.* Прикладна оптика, К., 2013
2. Техніка та методи спектральних досліджень: Спеціальний фізичний практикум / Упоряд. А.В.Якунов. – К., 2007.
3. *Якунов А.В.* Методи спектральних досліджень, К. 2021.
4. *Капустяник В. Б., Мокрий В. І.* Прикладна спектроскопія: Навчальний посібник / - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. - 302 с.
5. *Григорук В.І., Коротков П.А.* Основи прикладної оптичної спектроскопії. Експериментальна спектроскопія: Навчальний посібник / - К.:ВПЦ "Київський університет", 2015 .-239 с
6. Техніка спектроскопії : навчальний посібник / укл. І.В. Солтис – Чернівці : ЧНУ, 2022 р. – 132 с.
7. ГОСТ 23198-94 (Міждержавний стандарт) Лампи електричні. Методи вимірювання спектральних і колірних характеристик

### Додаткова:

1. ДСТУ 8945:2019 Метрологія. Фотометри, спектрофотометри флуоресцентні та хемілюмінесцентні. Методика повірки
2. ДСТУ 8948:2019 Метрологія. Спектрофотометри. Методика повірки
3. John Lindon, George Tranter, David Koppenaal - Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (2010, Academic Press)
4. Tōru Yoshizawa (ed.). Handbook of optical metrology: principles and applications, 2017

### Інтернет-джерела:

[https://metrology.kiev.ua/files/metodik\\_povir/](https://metrology.kiev.ua/files/metodik_povir/)

Голова Науково-методичної ради

<sup>4</sup> У робочій програмі навчальної дисципліни для лекційних, семінарських, практичних і лабораторних занять зазначається реальна кількість годин (кратне 2 год. – час тривалості пари).

<sup>5</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>6</sup> В тому числі Інтернет ресурси