

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

## Фізичний факультет

Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Момот О.В.  
« 31 » серпня 2023 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Практикум із лазерної фізики для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній рівень магістр  
освітня програма Оптика, лазерна фізика  
вид дисципліни обов'язкова

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

Викладач(і): доцент Ящук Василь Павлович

Пролонговано: на 20<sup>24</sup>/20<sup>25</sup> н.р. Ящук (В. Павлович) «18» 06 20<sup>24</sup> р.  
на 20<sup>25</sup>/20<sup>26</sup> н.р. Ящук (В. Павлович) «23» 06 20<sup>25</sup> р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_») \_\_ 20\_\_ р.

КИЇВ – 2023

Розробник(и): Ящук Василь Павлович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри оптики.

(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

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** - отримання практичних навиків налаштування лазерів та контролю параметрів лазерного випромінювання.

2. **Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

2.1. Володіти базовими знаннями із спецкурсу «Лазерна техніка та прикладна квантова електроніка», «Оптика», «Геометрична оптика», «Техніка оптичної спектроскопії».

2.2. Мати навиків роботи із основними оптичними приладами: зоровою трубою, коліматором, інтерферометром, спектрографом.

2.3. Мати навиків роботи із спеціалізованими пакетами обробки фізичної інформації «Origin» або «Mathcard».

3. **Анотація навчальної дисципліни.**

В рамках спеціального практикуму практично вивчаються методи юстування лазерів, контролю та визначення параметрів їх випромінювання: спектру, енергії, діаграми спрямованості, часових характеристик, переналаштування спектру генерації та перетворення лазерних пучків.

Програма спеціального практикуму передбачає виконання восьми лабораторних робіт: (тем):

1. Лаб.1. Юстування резонатора рубінового лазера.
2. Лаб.2. Спектр генерації та селекція поздовжніх мод рубінового лазера.
3. Лаб.3. Юстування резонатора He-Ne лазера.
4. Лаб.4 . Поперечні моди та генераційні характеристики He-Ne лазера.
5. Лаб.5. Динаміка випромінювання неодимового лазера в режимах вільної генерації та модуляції добротності.
6. Лаб.6. Динаміка випромінювання неодимового лазера в режимах вільної генерації та модуляції добротності.
7. Лаб.7. Фокусування та перетворення лазерного пучка, визначення його просторових та енергетичних характеристик.
8. Лаб.8. Переналагодження довжини хвилі генерації лазера на органічному барвнику з дисперсійним резонатором.

Методи викладання: лабораторні роботи в спеціальному практикумі, консультації. Методи оцінювання: опитування, письмовий звіт і захист кожної лабораторної роботи. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок захистів виконання лабораторних робіт (80%) та заліку (20%).

4. **Завдання (навчальні цілі):** вивчення фізичних процесів, що лежать в основі формування випромінювання лазерної генерації, методів впливу на його параметри (монохроматичність, спрямованість тощо), а також набуття практичних навиків налаштування лазерів та реєстрації параметрів їхнього випромінювання.

Дисципліна спрямована на досягнення таких загальних та спеціальних (фахових, предметних) компетентностей випускника:

Загальні компетентності

- ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК09. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо, нести повну відповідальність за самостійно виконану роботу.

Фахові компетентності

- СК03. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та астрономії фахівцям і нефахівцям.
- СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.
- СК10. Вміти використовувати методи чисельних та аналітичних розрахунків в оптиці.

**5. Результати навчання за дисципліною:** *(описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)*

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	Результати навчання			
1.1	Знати методи створення інверсії і їх взаємозв'язок із активними середовищами.	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%
1.2	Знати режими роботи лазерів і параметри їх випромінювання.	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%
2.1	Вміти вибирати оптимальні умови фокусування і перетворення лазерних пучків, розраховувати розміри області концентрації енергії і	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%

	інтенсивність випромінювання в ній.			
2.2	Розуміти вимоги щодо забезпечення монохроматичності випромінювання лазера. Вміти проводити селекцію поздовжніх мод твердотільного лазера.	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%
2.3	Знати вимоги до точності юстування та юстувальних механізмів. Вміти проводити юстування газових і твердотільних лазерів.	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%
2.4	Вміти реєструвати основні параметри лазерного випромінювання (енергію, спектр, тривалість імпульсу, діаметр, розбіжність пучка).	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%
4.1	Самостійно оптимізувати параметри лазера для вирішення конкретних практичних завдань.	Самостійна робота	опитування	10%

\*письмовий звіт про виконання відповідної лабораторної роботи

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	4.1
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>							
ПРН02. 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		+	+	+		+	+

ПРН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.		+		+	+		
ПРН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень або інновацій в області фізики або астрономії		+					
ПРН15. Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.		+	+	+		+	+
ПРН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.			+	+	+	+	+
ПРН17. Знати і розуміти фізичні основи функціонування оптичних пристроїв та систем.	+	+		+			
ПРН18. Вміти здійснювати планування та проводити експериментальне дослідження структурних, оптичних та електрофізичних властивостей органічних (в тім числі біологічних та нанооб'єктів) і неорганічних середовищ.	+	+	+	+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів (*перелік видів робіт та форм їх контролю/ оцінювання із зазначенням мін. - граничної та макс. кількості балів чи відсотків*):

### - Семестрове оцінювання:

1. ЗМ1: виконання і захист лабораторних робіт №№ 1 -4 1 (24 балів – 40 балів).
2. ЗМ2: виконання і захист лабораторних робіт №№ 5 -8 1 (24 балів – 40 балів).

- Підсумкове оцінювання у формі заліку (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі).

за курс.

	ЗМ1	ЗМ2	Залік	Підс. оцінка
мінімум	24	24	12	60
максимум	40	40	20	100

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав *менше 48 балів*. Оцінка за залік не може бути *меншою 12 балів* для отримання загальної позитивної оцінки

**7.2. Організація оцінювання:** Захисти всіх лабораторних робіт проводяться після виконання відповідних лабораторних робіт і надання письмових звітів з результатами їх виконання.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно/Excellent	90 – 100
Добре/Good	75 -89
Задовільно/Satisfactory	60-74
Незадовільно/ Fail	0 -59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять.

№ п/п	Назва лабораторних робіт	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	С/Р
<i>Змістовий модуль 1.</i>				
	Інструктаж з ТБ: Безпека роботи з лазерами, лазерними приладами і вимірювальною апаратурою.		1	2

1	<p><b>Лаб. робота №1. Юстування резонатора рубінового лазера. (4 год.)</b></p> <p>Зміст: Практично засвоїти методи юстування плоскопаралельних резонаторів твердотільних лазерів – оптичного важеля (допоміжного лазера) та автоколімаційний (трьох хрестів). Проаналізувати фактори, що впливають на точність юстування.</p>		3	6
2	<p><b>Лаб. робота №2. Спектр генерації та селекція поздовжніх мод рубінового лазера.</b></p> <p>Зміст: Зареєструвати спектр генерації рубінового лазера в залежності від енергії накачування та наявності дисперсійних елементів (стопи) в резонаторі і їх орієнтації. Визначити спектральні інтервали між модами випромінювання. Оцінити спектральну ширину лазерних мод. Юстуванням стопи досягнути режиму одномодової генерації.</p>		4	10
3	<p><b>Лаб. робота №3. Юстування резонатора He-Ne лазера.</b></p> <p>Зміст: Практично засвоїти методи юстування сферичних резонаторів газових лазерів – хрестів та зорової труби. Проаналізувати фактори, що впливають на точність юстування.</p>		3	6
4	<p><b>Лаб. робота №4. Поперечні моди та генераційні характеристики He-Ne лазера.</b></p> <p>Зміст: Вивчити поперечний розподіл інтенсивності випромінювання поперечних мод сферичного резонатора. По розподілу встановити тип поперечної моди. Зареєструвати генераційні характеристики He-Ne лазера та визначити діаметр та кут розбіжності його пучка.</p>		4	8
<b>Змістовий модуль 2.</b>				
5	<p><b>Лаб. робота №5. Динаміка випромінювання неодимового лазера в режимах вільної генерації та модуляції добротності.</b></p> <p>Зміст: Вивчити часові залежності інтенсивності випромінювання твердотільного лазера в режимі вільної генерації і модуляції добротності резонатора. Отримати експериментальні залежності тривалості, потужності, енергії і кількості лазерних імпульсів від енергії накачування в обох режимах і провести порівняння цих параметрів.</p>		4	9
6	<p><b>Лаб. робота №6. Генераційні характеристики</b></p>		3	6

	<p><b>рубінового лазера.</b> Зміст: Виміряти основні генераційні характеристики рубінового лазера – залежність енергії генерації від енергії оптичного накачування та кута роз'юстування резонатора. Визначити величину допустимого роз'юстування резонатора.</p>			
7	<p><b>Лаб. робота №7. Фокусування та перетворення лазерного пучка, визначення його просторових та енергетичних характеристик.</b> Зміст: Визначити експериментально просторовий розподіл випромінювання основної моди He-Ne лазера при фокусуванні лазерного пучка лінзою та телескопом. На основі цього визначити розміри області фокусування (лінзою) та середню інтенсивність випромінювання в ній. Визначити зміну діаметра, кута розбіжності та інтенсивності пучка при проходженні розширюючого та стискаючого телескопа. Порівняти отримані результати з теоретичними.</p>		3	8
8	<p><b>Лаб. робота №8. Переналагодження довжини хвилі генерації лазера на органічному барвнику з дисперсійним резонатором.</b> Зміст: Ознайомитися з принципами роботи лазерів на органічних барвниках та переналагодження довжини хвилі генерації в дисперсійних резонаторах. Зареєструвати криву переналагодження хвилі генерації, визначити та порівняти ширину спектра генерації в дисперсійному та звичайному резонаторі.</p>		3	6
	<b>ВСЬОГО</b>		<b>28</b>	<b>61</b>

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лабораторні роботи – **28 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота – **61 год.**

### **Рекомендована література**

1. Karl F. Renk. Basics of Laser Physics, 2-d edit. – Springer, 2017, 676 p.
2. H.J. Eicher, J. Eicher, O. Lux. Lasers. Basics, Advances and Applications. Springer, 2018, 511p.
3. K.Thyagarajan, A. Ghatak. Lasers. Fundamentals & applications, 2-d edit. – Springer, 2011, 659 p.
4. В.П.Гаращук. Основи фізики лазерів. – К., В-во «Пульсари», 2012, 342с.
5. В.П.Ящук. Вибрані питання фізики лазерів. -К., 2017, 72с.

6. В.П.Ящук. Розширений практикум з квантової електроніки. Методичний посібник.-К., 2017, 87с.
7. О.О.Птащенко. Основи квантової електроніки. – Одеса, Астропрінт, 2010, 390с.
8. ДСТУ EN 60825-1:2019 Безпечність лазерних виробів. Частина 1. Класифікація обладнання та вимоги (EN 60825-1:2014, IDT ; IEC 60825-1:2014, IDT).
9. ДСТУ EN ISO 11554:2019 Оптика та оптичні прилади. Лазери та лазерна апаратура. Методи випробування потужності, енергії та часових характеристик лазерного пучка (EN ISO 11554:2017, IDT; ISO 11554:2017, IDT).