

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Практикум із лазерної фізики та квантової електроніки

для студентів

галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
спеціальність	152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка
освітній рівень	магістр
освітня програма	Лазерна та оптоелектронна техніка
вид дисципліни	обов'язкова


Форма навчання	очна
Навчальний рік	2022/2023
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\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.

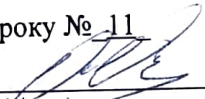
КИЇВ – 2022

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

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

## 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 навик роботи із основними оптичними приладами: зоровою трубою, коліматором, інтерферометром, спектрографом.

2.3. Мати навик 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. Перетворення та фокусування лазерного пучка лінзою.
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

ЗК03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК04. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

### Фахові компетентності

- ФК03. Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів експериментальної інформатики.
- ФК07. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань із застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки та прикладного програмного забезпечення.
- ФК08. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для створення віртуальних засобів вимірювання та інформаційно-вимірювальної техніки.
- ФК15. Здатність використовувати математичний апарат теоретичної фізики, фізичні моделі, прийоми аналізу достовірності фізичних моделей для розв'язання фізичних задач в оптиці та лазерній фізиці.
- ФК16. Здатність проводити теоретичні та експериментальні дослідження фізичних явищ в середовищах, які перебувають в різних фазових станах із застосуванням оптичних методів.

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

<b>Результат навчання (1. Знати; 2. Вміти; 3. Комунікація, 4. Автономність та відповідальність)</b>		<b>Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання</b>	<b>Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)</b>	<b>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</b>
<b>код</b>	<b>Результати навчання</b>			
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	Самостійна робота, консультації	Письмовий звіт* і захист	15%

	концентрації енергії і інтенсивність випромінювання в ній.			
2.2	Розуміти вимоги щодо забезпечення монохроматичності випромінювання лазера. Вміти проводити селекцію позовжніх мод оптичного резонатора.	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) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	4.1
	ПР01. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.	+	+	+	+		+
ПР02. Знати і розуміти основні						+	+

поняття теорії вимірювань, застосовувати на практиці та при комп'ютерному моделюванні об'єктів та явищ.							
ПР13. Застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно вимірювальної техніки.			+	+	+		
ПР18. Знати і розуміти фізичні основи функціонування пристроїв та систем на основі лазерної техніки та нелінійної оптики.	+	+	+	+	+	+	+
ПР20. Формулювати робочі гіпотези досліджуваної проблеми, вибирати та вміти обґрунтувати необхідні та ефективні методи їх експериментальних досліджень в залежності від предмету та об'єкту досліджень.	+	+	+	+	+	+	+

## 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:**

- ЗМ1: виконання і захист лабораторних робіт №№ 1 -4 1 (24 балів – 40 балів).
- 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
<b>Змістовий модуль 1.</b>				
1	<b>Лаб. робота №1. Юстування резонатора рубінового лазера. (4 год.)</b> Зміст: Практично засвоїти методи юстування плоскопаралельних резонаторів твердотільних лазерів – оптичного важеля (допоміжного лазера) та автоколімаційний (трьох хрестів). Проаналізувати фактори, що впливають на точність юстування.		4	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 рубінового лазера.</b></p> <p>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>		3	6
7	<p><b>Лаб. робота №7. Перетворення лазерного</b></p>		4	8



	<b>пучка лінзою.</b> Зміст: Визначити експериментально розподіл випромінювання основної моди He-Ne лазера в просторі при перетворенні лазерного пучка лінзою і на основі цього визначити розміри області фокусування та середню інтенсивність випромінювання в ній. Порівняти отримані результати з теоретичними.			
8	<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.		3	6
9	<b>Інструктаж з ТБ:</b> Безпека роботи з лазерами, лазерними приладами і вимірювальною апаратурою.		1	1
	<b>ВСЬОГО</b>		<b>30</b>	<b>60</b>

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

Лабораторні роботи – *30 год.*

Самостійна робота – *60 год.*

### Рекомендована література

1. Karl F. Renk. Basics of Laser Physics, 2-d edit. – Springer, 2017, 676 p.
2. K.Thyagarajan, A. Ghatak. Lasers. Fundamentals & applications, 2-d edit. – Springer, 2011, 659 p.
3. В.Е.А. Saleh & М.С. Teich. Fundamentals of photonics, 3d edit., Willey, 2019, 2751 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. Р.В.Трембовецька, В.Я.Гальченко, В.В. Тичков, М.О.Бондаренко. Проектування та метрологічне забезпечення оптичних та оптико-електронних приладів. - Черкаси, ЧДТУ, 2020, 235с.

9. ДСТУ EN 60825-1:2019 Безпечність лазерних виробів. Частина 1. Класифікація обладнання та вимоги (EN 60825-1:2014, IDT ; IEC 60825-1:2014, IDT).
10. 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).