

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи
Момот О.В.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика високих інтенсивностей

для студентів

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

Е Природничі науки, математика та статистика
Е5 Фізика та астрономія
магістр
Оптика, лазерна фізика
обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2025/2026
Навчальний семестр	4
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач(і): доц. Яшук В.П.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2025

Розробник(и): Лихоліт Микола Іванович, доктор. фіз.-мат. наук, професор
кафедри оптики.

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

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри оптики



(підпис)

(Кондратенко С.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «19» травня 2025 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» травня 2025 року №10

Голова науково-методичної комісії

(підпис)



(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

Вступ

1. **Мета дисципліни** – надати базові знання в сфері практичних аспектів побудови інтенсивних джерел оптичного випромінювання, приладів для підсилення та перебудови довжини хвилі та їх застосування для індукування та вивчення процесів у твердому тілі, газах та рідких середовищах.
2. **Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)¹:**

– Знати основи фізичної оптики, електродинаміки та квантової механіки.

– Володіти базовими знаннями спеціальних курсів «Основи нелінійної оптики», «Лазерна спектроскопія», «Лазерна техніка та прикладна квантова електроніка» та «Оптика ультракоротких імпульсів»

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Фізика високих інтенсивностей» є завершальною в циклі дисциплін, що вивчають генерацію, поширення та взаємодію лазерного випромінювання з речовиною. Дисципліна акцентує увагу на узагальненні знань студентів в прикладних та технічних аспектах застосування високоінтенсивних джерел лазерного випромінювання. Зокрема, вагома увага приділяється різним типам лазерних джерел в терагерцовому, інфрачервоному, видимому, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазоні.

В рамках дисципліни розглянуто практичні аспекти застосування імпульсного випромінювання для вивчення фізичних процесів індукованих високоінтенсивними надкороткими лазерними імпульсами в твердих тілах, газах та рідинах. Зокрема, лазерне прискорення електронів та процеси філаментатії в газах, фотоіндуковані надшвидкі фазові переходи в твердих тілах, тощо.

Програма складається трьох розділів (тем):

Тема 1. Узагальнення фізичних процесів, що необхідні для побудови високоінтенсивних лазерних джерел випромінювання.

Тема 2. Технічні аспекти реалізації надшвидких лазерних джерел різних спектральних діапазонів.

Тема 3. Експериментальні методики застосування високоінтенсивного надшвидкого імпульсного випромінювання

Теми діляться на два змістовних модулі:

модуль 1 – тема 1 модуль 2 – тема 2,

модуль 3 – тема 3

Методи викладання: лекції та консультації. Методи оцінювання: домашні завдання, доповідь, модульні контрольні роботи, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі)

Перелік компетентностей:

Загальні компетентності

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії.

СК10. Здатність проводити теоретичні та експериментальні дослідження фізичних явищ в середовищах, які перебувають в різних фазових станах із застосуванням оптичних методів.

¹ 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	Знати особливості поширення і механізми взаємодії високоінтенсивних надкоротких лазерних імпульсів із різними середовищами.	Лекції	експрес-опитування,	10
1.2	Знати принципи та джерела генерації когерентно випромінювання в ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах	Лекції	експрес-опитування,	10
1.3	Знати методи генерації, властивості, механізми генерації і застосування імпульсного випромінювання терагерцового діапазону.	Лекції	експресопитування	10
1.4	Знати розділені в часі методики вивчення фізичних процесів і їх переваги	Лекції	експрес-опитування, реферати	20
2.1	Вміти використовувати набуті знання в практичній роботі та роботі з науковою літературою.	Самостійна робота	експрес-опитування,	10

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

Результат навчання (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1
Програмні результати навчання					
ПРН01. 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.	+	+	+	+	
ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.	+	+	+	+	+

ПРН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень або інновацій в області фізики або астрономії.			+	+	+
ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач			+	+	
ПРН17. 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 експресопитування

2. По результатах експрес-опитування та контрольної роботи

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

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 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**.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

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 та практичних занять

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні роботи	С/Р
Тема 1. Узагальнення фізичних процесів, що необхідні для побудови високоінтенсивних лазерних джерел випромінювання.				
1	Вступне заняття. Огляд методів отримання і застосування високо інтенсивного лазерного випромінювання. Базовий принцип методу pump-probe.	2		4
2	Основи класичної фізичної моделі нелінійного поширення світла в анізотропному середовищі.	2		4
3	Використання нелінійності середовища для підсилення і генерації когерентного випромінювання в широкому спектральному діапазоні. Нелінійна взаємодія 3-х хвиль. Практичні схеми параметричних підсилювачів світла та методи і типовий діапазон переналадження довжини хвилі їх випромінювання.	2		4
4	Вимушене розсіяння світла і його різновиди. Використання вимушеного розсіяння для генерації когерентного випромінювання та корекції і обернення хвильового фронту.	2		4
5	Самовплив інтенсивного лазерного випромінювання при розповсюдженні через діелектричне середовище і його прояви. Фізичні механізми виникнення нелінійності показників заломлення та поглинання, нелінійного двопроменезаломлення. Самофокусування та філаментация.	2		4
6	Нелінійність показника світлорозсіяння. Затемненні і просвітлення випадково-неоднорідного середовища. Механізми кубічної нелінійності: електронний, ядерний, електрострикційний, тепловий, концентраційний, хімічний.	2		4
	Модульний контроль (контрольна робота)			
Тема 2. Практичні аспекти реалізації надшвидких лазерних джерел різних спектральних діапазонів.				

7	Механізми генерації імпульсного випромінювання террагерцового діапазону. Розділене у часі детектування фази террагерцового імпульсу. Лазерна філаментация як джерело террагерцового випромінювання.	2		4
8	Проблема перекриття когерентним випромінюванням широкого спектрального діапазону від ультрафіолетового до інфрачервоного. Класичні схеми для зміни довжини хвилі випромінювання на базі параметричного підсилення та генерації різницевої та сумарної частот.	3		4
9	Особливості оптичних імпульсів, що містять одне коливання довжини хвилі і методи їх отримання. Контроль фази огинаючої оптичного імпульсу.	2		4
10	Джерела когерентного випромінювання ультрафіолетового та рентгенівського діапазону та принципи їх дії. Генерація гармонік високих порядків. Синхротронне випромінювання. Техніка рентгенівського “фемпто-нарізання”. Лазери на вільних електронах.	4		8
	Модульний контроль (контрольна робота)			
Тема 3. Експериментальні методики застосування високоінтенсивного надшвидкого імпульсного випромінювання				
11	Розділені у часі методи вивчення фізичних процесів із залученням високоінтенсивних лазерних джерел. Розділена у часі (РЧ) електронна мікроскопія. РЧ фотоемісійна спектроскопія. РЧ рентгенівська дифрактометрія, РЧ лазерна спектроскопія, тощо. Застосування даних методів на прикладі квантових матеріалів з сильно-корельованою взаємодією.	3		4
12	Застосування лазерної філаментации для дистанційного зондування та вивчення процесів в атмосфері.	2		4
13	Генерація плазми та прискорення електронів інтенсивними лазерними пучками.	2		
13	Термінологічні аспекти презентації наукових результатів в галузі фізики високих інтенсивностей.	1		2
14	Модульний контроль: Доповіді студентів на задані теми по застосуванню інтенсивного лазерного випромінювання в наукових дослідженнях та в промисловості.	2		6
	ВСЬОГО	30	0	60

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

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

8. Рекомендовані джерела⁵:

Основна: (Базова)

1. Kozlov SA, Samartsev VV. Fundamentals of femtosecond optics. Elsevier; 2013 234 p.
2. Chang Z. Fundamentals of attosecond optics. CRC press; 2016 507 p
3. Andrew M. Weiner. Ultrafast Optics. JohnWiley & Sons Inc., 2009, 596p.
4. Femtosecond Laser Spectroscopy. Springer Science + Business Media, Boston, 2005. 356p.
5. Nisoli M., Sansone G. New frontiers in attosecond science // Prog. Quant. Electron. – 2009. – V. 33. – N 1. – P. 17–59.

Додаткова:

1. Agostini P., DiMauro L. F. The physics of attosecond light pulses // Rep. Prog. Phys. – 2004. – V. 67. – N 6. – P. 813–855.
2. Powers PE, Haus JW. Fundamentals of nonlinear optics. CRC press; 2017

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

