

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра (циклова комісія) оптики
(для коледжів)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Оптика надкоротких імпульсів

для студентів

галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування <small>(шифр і назва)</small>
спеціальність	152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка <small>(шифр і назва спеціальності)</small>
освітній рівень	магістр <small>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</small>
освітня програма	лазерна та оптоелектронна техніка <small>(назва освітньої програми)</small>
спеціалізація <small>(за наявності)</small>	_____ <small>(назва спеціалізації)</small>
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська__
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: доцент Ящук Василь Павлович

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (підпис, ПІБ, дата) «__» 20__р.

на 20__/20__ н.р. _____ (підпис, ПІБ, дата) «__» 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)

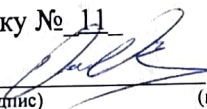
Протокол № 13 від « 19 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету _____

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії

(підпис)



(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – надання теоретичних знань, необхідних для розуміння принципів нелінійно-оптичних процесів в піко- та фемтосекундних часових діапазонах і їх використання для генерації надкоротких лазерних імпульсів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)¹:

2.1. Володіти знаннями із розділів загальної фізики: фізичної оптики та електродинаміки.

2.2. Знати основи нелінійної оптики (нелінійна поляризація, самофокусування).

2.3. Володіти базовими знаннями спеціальних курсів «Фур'є оптика» та «Лазерна техніка та прикладна квантова електроніка».

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Оптика надкоротких імпульсів» вивчає нелінійно-оптичні явища в піко- та фемтосекундному діапазоні, а також принципи генерації надкоротких імпульсів та вищих гармонік, методи їх реєстрації та можливі області їх застосування. Розглядаються вплив фазової і амплітудної самомодуляції та дисперсії групової швидкості на формування чірпованих світлових імпульсів. Розглядається формування/підсилення надкоротких світлових імпульсів за допомогою компресії/розтягування імпульсів початкових імпульсів. Розглядаються генерація аттосекундних імпульсів і вищих гармонік, властивості випромінювання фемтосекундних лазерів і їх застосування.

Програма складається двох розділів (тем):

Тема 1. Особливості і генерація надкоротких імпульсів.

Тема 2. Управління параметрами надкоротких імпульсів і взаємодія їх випромінювання із середовищем.

Теми діляться на два змістовних модулі:

модуль 1 - тема1

модуль 2 - теми 2.

Методи викладання: лекції та консультації. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, реферати, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок модульного контролю (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі): - вивчення фізичних механізмів і ефектів, що лежать в основі нелінійно-оптичних процесів генерації ультракоротких світлових імпульсів та особливостей їх взаємодії з середовищем.

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

Загальні компетентності

ЗК04 . Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності

ФК08. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для створення віртуальних засобів вимірювання та інформаційно-вимірювальної техніки

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:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати закономірності поширення надкоротких інтенсивних лазерних імпульсів в середовищі.	Лекції	Реферати на задані індивідуальні теми	10
1.2	Знати основні фізичні механізми, що лежать в основі формування надкоротких світлових імпульсів	Лекції	Модульна контрольна робота	10
1.3	Знати методи отримання високоінтенсивних фемтосекундних імпульсів, отримання аттосекундних імпульсів та оптичних гармонік високих порядків.	Лекції	Реферати на задані індивідуальні теми	10
1.4	Знати нелінійно-оптичні методи реєстрації надкоротких лазерних імпульсів.	Лекції	Модульна контрольна робота	10
1.5	Знати особливості характеристик фемтосекундних імпульсів та їх взаємодії із середовищем і застосування у метрології, біології, медицині та технології.	Лекції	Реферати на задані індивідуальні теми	10
2.1	Вміти використовувати набуті знання в практичній роботі та роботі з науковою літературою.	Самостійна робота	Реферати, опитування	10

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	1.4	1.5	2.1
Програмні результати навчання (назва)						
ПР01. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.	+		+	+	+	+
ПР08. Володіти сучасними методами та методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів	+	+		+	+	+
ПР17. Знати і розуміти принципи функціонування та будови оптичних та оптико-електронних інформаційно-вимірювальних систем	+	+				
ПР18. Знати і розуміти фізичні основи функціонування пристроїв та систем на основі лазерної техніки та нелінійної оптики.	+	+	+	+		+

7. Схема формування оцінки.

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

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1: 6 –10 балів
2. Модульна контрольна робота 2: 6–10 балів
3. Реферати (4)– 6–10 балів за кожний реферат

всього мінімум 24 бали, максимум – 40 балів.

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

	Модуль 1		Модуль 2		Екзамен	Підс. оцінка
	Контр. роб. 1	Реф. 1 і 2	Контр. роб. 2	Реф. 3 і 4		
Мінім.	6	6 (3x2)	6	6 (3x2)	36	60
Макс.	10	10 (5x2)	10	10 (5x2)	60	100

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав **менше ніж 24 бали**.
Оцінка за іспит не може бути **меншою 36 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). Кожна модульна контрольна робота і написання рефератів проводиться після вивчення відповідних тем.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно/Excelent	90 – 100
Добре/Good	75 -89
Задовільно/Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання/Fail	35 -59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	0 - 34
Зараховано/ Passed	60 - 100
Не зараховано/ Fail	0 -59

Програма навчальної дисципліни

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

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>Змістовий модуль 1. Особливості і генерація надкоротких імпульсів.</i>				
1	Лекція 1 Вступ: проблема вкорочення лазерних імпульсів і перспективи їх застосування. Обмеження вкорочення лазерних імпульсів методом модуляцією добротності резонатора.	2		3
2	Лекція 2. Метод синхронізації мод. Характеристики випромінювання лазера в режимі синхронізації мод. Методи і фізичні механізми синхронізації мод.	2		5
3	Лекція 3. Взаємозв'язок спектральних і часових характеристик світлових імпульсів. Особливості поведінки нелінійних середовищ у фемтосекундному часовому діапазоні. Принципи побудови рівнянь динаміки поля фемтосекундних світлових імпульсів.	2		4
4	Лекція 4. Амплітудна і фазова самомодуляція, дисперсія групової швидкості і їх вплив на світлові імпульси. Формування чірпованих світлових імпульсів.	2		3
5	Лекція 5. Компресія чірпованих імпульсів. Компенсатори дисперсії групової швидкості. Чірповані дзеркала. Стретчери.	2		5
6	Лекція 6. Загальні принципи побудови фемтосекундних лазерів. Принципова схема фемтосекундного лазера. Спектральні, часові, просторові та когерентні властивості випромінювання фемтосекундних лазерів.	2		5
7	Лекція 7. Оптичні елементи та схеми фемтосекундних лазерів. Активні середовища і пасивні модулятори добротності резонатора фемтосекундного лазера. Оптичне волокно, порожнистий і фотонно-кристалічний хвилеводи.	2		3
8	Лекція 8. Еволюція фемтосекундних лазерів. Солітонний режим генерації. Порогові умови формування оптичних солітонів і форма світлового імпульса солітонного фемтосекундного лазера.	2		4
<i>Змістовий модуль 2. Управління параметрами надкоротких імпульсів і взаємодія їх випромінювання із середовищем.</i>				
9	Лекція 9. Особливості підсилення фемтосекундних світлових імпульсів. Багатопрхідні та регенеративні підсилювачі фемтосекундних імпульсів. СРА підсилювачі Параметричні підсилювачі. Пентаватні фемтосекундні лазери.	2		4
10	Лекція 10. Реєстрація тривалості надкоротких імпульсів. Нелінійно-оптичні методи реєстрації тривалості надкоротких імпульсів. Функції взаємної кореляції першого та другого порядку.	2		4
11	Лекція 11. Спектрально-часові параметри і фазо чутливість УКІ. Методи реєстрації амплітудно-фазових характеристик УКІ. Керування формою УКІ.	2		4

12	Лекція 12. Активні середовища, оптичні та оптоелектронні елементи лазера УКІ. Керування тривалістю і спектром випромінювання фемтосекундного лазера.			
13	Лекція 13. Нелінійна взаємодія інтенсивних фемтосекундних імпульсів із середовищем. Генерація білого світла (суперконтинууму). Самостиснення надкоротких імпульсів у волоконних світловодах. Філаментация та перспективи її застосування.	2		5
14	Лекція 14. Нелінійні ефекти в полі інтенсивних фемтосекундних імпульсів: генерація високих гармонік оптичного випромінювання, генерація аттосекундних імпульсів. Використання аттосекундних імпульсів для дослідження атомної динаміки. Аттосекундні лазери на вільних електронах.	2		3
15	Лекція 15. Застосування випромінювання фемтосекундних лазерів. Використання фемтосекундного комбу для прецизійного вимірювання оптичних частот. Реєстрація молекулярної динаміки. Прецизійна обробка матеріалів. Застосування в біології та медицині.	2		4
	ВСЬОГО²	30³		60

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

Загальний обсяг 90 год.⁴, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **30 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

9. Рекомендовані джерела⁵:

Основна

1. S.Nolte, F.Schrempel, F.Dausinger. Ultrashort Pulse Laser Technology. Laser sources and application. Springer, 2016, 365 p.
2. Laser Pulses – Theory, Technology and applications. I.Peshko edit.Tech, Croatia, 2012, 554 p.
3. Andrew M. Weiner. Ultrafast Optics. J.Willey Inc., 2010, 596p.
4. K.Sugioka, Ya Cheng. REVIEW Ultrafast lasers—reliable tools for advanced materials processing. Nature Light: Science & Applications (2014) 3, e149; doi:10.1038/lsa.2014.30.
5. Allan Mak, Georgii Shamullov, Peter Salen etc. Attosecond single-cycle undulator light: a review. Rep. Prog. Phys. 82 (2019) 025901 (18pp), <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aafa35>

Додаткова

1. Armin Scrinzi and Harm Gert Muller. Attosecond Pulses - Generation, Detection and Application. Strong field Laser Physics, edit. T.Brabec. Springer, New York, 2008, pp. 281-300.
2. Matthias Wollenhaupt Dr., Andreas Assion Dr., Thomas Baumert. Femtosecond Laser Pulses - Linear Properties, Manipulation, Generation and Measurement. Springer Handbook of lasers and Optics, edit. Frank Tröger. Springer New York, 2007, pp. 938-983.

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

³ У робочій програмі навчальної дисципліни зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).

⁴ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁵ В тому числі Інтернет ресурси