

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
/Студеняк І.П./
09 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НЕЛІНІЙНА ОПТИКА

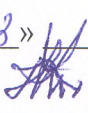
Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика і наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика і наноматеріали
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Нелінійна оптика**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **105 Прикладна фізика і наноматеріали** освітньої програми **Прикладна фізика і наноматеріали**.

Розробники: Сливка О.Г., професор, доктор-фізико математичних наук, перший проректор

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри **прикладної фізики**

протокол № 7 від «23» вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від «23» вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М. І.

© Сливка О.Г., 2020 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	1	1
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 4	1,2	1,2
	Лекції:	
	40	16
	Практичні (семінарські):	
	44	8
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	126	186

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Нелінійна оптика**» є формування цілісної системи знань та навиків в області нелінійної оптичної спектроскопії, засвоєння методики проведення фізичного експерименту та фізичних досліджень нелінійних оптичних явищ у різних середовищах, а також методики розрахунку нелінійних оптичних параметрів матеріалів та моделювання нелінійних оптичних процесів у розупорядкованих середовищах.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «**Нелінійна оптика**» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

– **інтегральна компетентність**: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

– **загальні компетентності**: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефхівцями (ЗК-10).

– **фахові компетентності**: здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6); володіння експериментальними методиками дослідження наноструктурованих матеріалів (ФК-7); знайомство з інформаційними технологіями та електронікою (ФК-8); володіння теоретичними методами, що застосовуються для дослідження низьковимірних систем і наноматеріалів (ФК-10).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення навчальної дисципліни «**Нелінійна оптика**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики, прикладної фізики та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1.
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Вміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Вміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3.
Вміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5.
Вміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6.
Вміти аналізувати наукові праці в галузі прикладної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Нелінійна оптика**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основну термінологію в області теорії нелінійних оптичних явищ та оптичної спектроскопії.	ПРН 1.1.
Знати фізичні принципи основних методів дослідження нелінійних оптичних явищ та процесів.	ПРН 1.1
Знати мікроскопічні моделі нелінійних оптичних процесів у твердих тілах, рідинах і газах.	ПРН 1.2
Знати особливості прояву нелінійних оптичних явищ і процесів у різних середовищах.	ПРН 1.2
Вміти планувати проведення експериментальних робіт по дослідженню різних типів оптичних явищ.	ПРН 2.2
Вміти теоретично розраховувати нелінійні оптичні параметри середовищ.	ПРН 2.3
Володіти методами побудови моделей, що описують оптичні явища у розупорядкованих середовищах.	ПРН 2.5
Вміти генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних задач в області нелінійної оптики.	ПРН 2.6
Вміти застосовувати фізичні теорії для опису та інтерпретації нелінійних оптичних процесів у різних матеріалах.	ПРН 2.6
Вміти аналізувати наукову літературу по нелінійним оптичним явищам у різних середовищах та їх моделюванню.	ПРН 2.7

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркоче усне опитування;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форми підсумкового семестрового контролю: залік, екзамен. До заліку або екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
5	10	10	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
10	10	5	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	11	30	11	30
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)		-		
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		-		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні				
Презентація		-		
Реферат		-		
Есе		-		
Модульна контрольна робота		70		70
Разом	11	100	11	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів.

Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Нелінійна оптика» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "незараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчати формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” (А; 90-100) виставляється в тому разі, коли аспірант бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” (В, С; 74-89) виставляється тоді, коли аспірант виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” (D, E; 60-73) виставляється в тому разі, коли аспірант в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” (FX, F; 1-59) виставляється тоді, коли аспірант не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90-100	зараховано	A	відмінно
82-89		B	добре
74-81		C	добре
64-73		D	задовільно
60-64		E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34		F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Аспірант, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно з обов'язковим повторним навчанням» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік або екзамен.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1.

Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Вступ. Мета та задачі курсу "Нелінійна оптика". Історичні передумови виникнення нелінійної оптики. Загальна класифікація нелінійних явищ в газах, рідинах і кристалах. Фізична природа оптичних нелінійностей. Експериментальна техніка нелінійної оптики. Джерела випромінювання. Умови збудження нелінійних оптичних ефектів. Методи вимірювання довжин та частот хвиль, спектральний розклад.

Тема 2. Феноменологічне описання нелінійних явищ. Нелінійна поляризація та нелінійна сприйнятливність середовища. Умова нелінійності оптичних явищ. Взаємодія хвиль в нелінійному анізотропному середовищі.

Тема 3. Гармонічний та ангармонічний осцилятор. Рівняння руху. Взаємодія світла з гармонічним та ангармонічним осцилятором. Загальна поляризація середовища. Зв'язок між лінійною та нелінійною сприйнятливостями середовища.

Тема 4. Електронні нелінійні явища. Лінійний електрооптичний ефект (ефект Покельса). Оптичне детектування і генерація гармонік. Їх феноменологічне описання. Умова хвильового (фазового) синхронізму. Когерентна довжина, напрямок і кут синхронізму.

Модуль 2.

Тема 1. Генерація світла на довільній частоті і перетворення частоти. Параметричне перетворення частоти. Параметричний генератор світла. Умови генерації.

Тема 2. Поширення світлових пучків в нелінійному середовищі. Ефект самовпливу світла. Самофокусування світла. Фізичні причини його виникнення. Умова самофокусування світла. Довжина самофокусування світла. Явище самоканалізації світлового пучка.

Тема 3. Спонтанне та вимушене КРС. Квантова інтерпретація КРС. Частоти та відносні інтенсивності спектральних ліній. Стоксові та антистоксові хвилі. Когерентні властивості розсіяного випромінення. Застосування КРС.

Тема 4. Практичне застосування явищ нелінійної оптики. Явище оптичної бістабільності нелінійних середовищ. Бістабільність із зворотнім оптичним зв'язком. Оптичні резонатори Фабрі-Перо. Оптичний транзистор. Властивості конкуруючих нелінійних процесів. Багатофотонне поглинання. Багатофотонна іонізація. Оптичний пробій. Штарківські зсуви частоти. Нелінійна спектроскопія. Перетворення інфрачервоних зображень у видимі. Елементи пам'яті та логічні пристрої на основі бістабільності. Гібридні електрооптичні бістабільні системи.

5.2. Структура навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Загальна класифікація нелінійних явищ в газах, рідинах і кристалах.	24	4	4			16
Тема 2. Феноменологічне описання нелінійних явищ.	24	4	6			14
Тема 3. Гармонічний та ангармонічний осцилятор.	26	6	6			14
Тема 4. Електронні нелінійні явища.	26	6	6			14
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	20	22			58
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Генерація світла на довільній частоті і перетворення частоти.	26	4	4			18
Тема 2. Поширення світлових пучків в нелінійному середовищі.	28	4	6			18
Тема 3. Спонтанне та вимушене КРС.	28	6	6			16
Тема 4. Практичне застосування явищ нелінійної оптики.	28	6	6			16
Модульна контрольна робота	2					

Разом за модуль	110	20	22			68
Разом за семестр	210	40	44			126

Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: заочна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Загальна класифікація нелінійних явищ в газах, рідинах і кристалах.	24	2				22
Тема 2. Феноменологічне описання нелінійних явищ.	26	2	2			22
Тема 3. Гармонічний та ангармонічний осцилятор.	26	2	2			22
Тема 4. Електронні нелінійні явища.	24	2				22
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	8	4			88
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Генерація світла на довільній частоті і перетворення частоти.	28	2	2			24
Тема 2. Поширення світлових пучків в нелінійному середовищі.	28	2	2			24
Тема 3. Спонтанне та вимушене КРС.	28	2				26
Тема 4. Практичне застосування явищ нелінійної оптики.	26	2				24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	8	4			98
Разом за семестр	210	16	8			186

5.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Фізична природа оптичних нелінійностей. Експериментальна техніка нелінійної оптики.	2	
2.	Умови збудження нелінійних оптичних ефектів. Умова нелінійності оптичних явищ.	2	
3.	Нелінійна поляризація та нелінійна сприйнятливність середовища. Взаємодія хвиль в нелінійному анізотропному	2	

	середовищі.		
4.	Рівняння руху гармонічного осцилятора.	4	2
5.	Рівняння руху ангармонічного осцилятора. Загальна поляризація середовища. Зв'язок між лінійною та нелінійною сприйнятливостями середовища.	4	2
6.	Оптичне детектування і генерація гармонік. Умова хвильового (фазового) синхронізму. Когерентна довжина фазового синхронізму.	2	
7.	Ефекти самовпливу світла в нелінійному середовищі.	2	
8.	Явище самофокусування світла. Фізичні причини його виникнення.	2	
9.	Спонтанне та вимушене комбінаційне розсіювання світла. Квантова інтерпретація комбінаційного розсіювання світла. Стоксові та антистоксові хвилі.	4	2
10.	Явище оптичної бістабільності нелінійних середовищ. Бістабільність із зворотнім оптичним зв'язком. Резонатор Фабрі-Перо.	2	
11.	Елементи пам'яті та логічні пристрої на основі оптично бістабільних середовищ.	4	2
12.	Принцип дії оптичного транзистора.	4	
13.	Загальна характеристика конкуруючих нелінійних явищ.	4	
14.	Багатофотонне поглинання світла. Багатофотонна іонізація середовища.	4	
15.	Оптичний пробій середовища та штарківські зсуви частоти.	2	
Разом		44	8

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Фізична природа оптичних нелінійностей.	4	6
2.	Експериментальна техніка нелінійної оптики.	4	6
3.	Умови збудження нелінійних оптичних ефектів.	4	6
4.	Нелінійна поляризація та нелінійна сприйнятливість середовища.	6	8
5.	Умова нелінійності оптичних явищ.	6	8
6.	Взаємодія хвиль в нелінійному анізотропному середовищі.	4	6
7.	Рівняння руху гармонічного осцилятора.	4	6
8.	Рівняння руху ангармонічного осцилятора.	4	8
9.	Загальна поляризація середовища. Зв'язок між лінійною та	4	6

	нелінійною сприйнятливостями середовища.		
10.	Лінійний електрооптичний ефект (ефект Покельса).	6	8
11.	Оптичне детектування.	4	6
12.	Генерація гармонік.	4	6
13.	Умова хвильового (фазового) синхронізму.	4	6
14.	Когерентна довжина фазового синхронізму.	4	6
15.	Напрямок і кут фазового синхронізму.	4	6
16.	Ефекти самовпливу світла в нелінійному середовищі.	4	6
17.	Явище самофокусування світла. Фізичні причини його виникнення.	4	6
18.	Умова самофокусування світла, довжина самофокусування світла.	6	8
19.	Явище самоканалізації світлового пучка.	6	8
20.	Спонтанне та вимушене комбінаційне розсіювання світла.	6	8
21.	Квантова інтерпретація комбінаційного розсіювання світла. Стоксові та антистоксові хвилі.	4	6
22.	Явище оптичної бістабільності нелінійних середовищ.	6	8
23.	Бістабільність із зворотнім оптичним зв'язком. Резонатор Фабрі-Перо.	4	8
24.	Елементи пам'яті та логічні пристрої на основі оптично бістабільних середовищ.	4	8
25.	Принцип дії оптичного транзистора.	6	8
26.	Багатофотонне поглинання світла. Багатофотонна іонізація середовища.	6	8
27.	Оптичний пробій середовища та штарківські зсуви частоти.	4	6
	Разом	126	186

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні ком'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Блонберген Н. Нелинейная оптика.- М.: Мир, 1966.- 424 с.
2. Шуберт М, Вильгельми Б. Введение в нелинейную оптику, Ч.1.- М: Мир, 1973-244 с.
3. Шуберт М., Вильгельми Б. Введение в нелинейную оптику, Ч.2.- М.: Мир, 1979.-512 с.
4. Райтжес Дж. Нелинейные оптические параметрические процессы в жидкостях и газах.- М.: Мир, 1987.- 510 с.
5. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света.- М.: Мир, 1988.-520 с.
6. Герзанич О.І., Сливка О.Г., Гуранич П.П., Шуста В.С., Кедюлич В.М. Програми загальних та спеціальних курсів і лабораторних практикумів для студентів-фізиків. - Ужгород, вид-во УжНУ, 2003.– 93 с.
7. Герзанич О.І., Кедюлич В.М., Сливка О.Г., Гуранич П.П., Шуста В.С. Програми спеціальних курсів та практик спеціалізації “Оптоелектроніка” . - Ужгород, вид-во УжНУ, 2005.– 64с.
8. Сливка О.Г., Гомоннай О.О. Нелінійна та волоконна оптика. Методичний посібник. –Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2012. – 19 с.

Допоміжна література

1. Влох О.Г. Електродинаміка в нелінійній оптиці.- Львів: Львівський університет, 1983. -82 с.
2. Коренева Л.Г., Золин В.Ф., Давыдов Б.Л. Нелинейная оптика молекулярных кристаллов.- М.: Наука, 1985.- 200 с.
3. Перина Я. Квантовая статистика линейных и нелинейных оптических явлений.- М.: Мир, 1987. -368 с.
4. <http://pidruchniki.com.ua/12191214>.