

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Фізичний факультет
Кафедра прикладної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету
Пілазур В.Ю./
« 02 » березня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІЧНИХ І
НЕКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Рівень вищої освіти
Галузь знань
Спеціальність
Освітня програма
Статус дисципліни
Мова навчання

другий (магістерський)
10 природничі науки
105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітньо – професійна програма
вибіркова
українська

Ужгород 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних і некристалічних матеріалів» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 природничі науки спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали Освітньо – професійна програма

Розробник: Поп М.М., кандидат фізико-математичних наук

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики

Протокол № 8 від «23» 02. 2023 року

Завідувач кафедри прикладної фізики  (Небола І.І.)

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від «02» 02, 2023 року

Голова науково-методичної комісії  (Карбованець М.І.)

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 120	1- й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студентів – 4	1- й	
	Лекції	
	22 год.	
	Практичні (семінарські)	
	-	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні	
	20 год.	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	78 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 42 /78

для заочної форми навчання – відсутня

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» впливає із цілей освітньої-професійної програми підготовки випускників вищого навчального закладу та визначається змістом тих системних знань і умінь, котрими повинен оволодіти фахівець в галузі природничих наук. Знання, які студенти-магістри отримують із навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» є спеціальними для блоку дисциплін, що забезпечують природничо-наукову і професійно-практичну підготовку.

В спеціальному курсі «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» розглядаються ефекти взаємодії падаючого електромагнітного випромінювання з твердим тілом в кристалічному та некристалічному станах, зумовлені частотною та просторовою дисперсією тензора діелектричної проникності, досліджується фізична природа явищ, що при цьому спостерігаються, та з'ясовуються механізми їх виникнення, а також особливості експериментального прояву. Наголошується, що багатий спектр різноманітних оптичних явищ пов'язаний з особливостями оптичних властивостей твердих тіл, які, в свою чергу, зумовлені як хімічним складом сполуки, так і характером міжатомної взаємодії, що приводить до структурного упорядкування чи розупорядкування. Розглядаються основні оптичні параметри та характеристики матеріалів, визначення яких здійснюється оптичними методами, їх фізична сутність та методи визначення, а також напрями прикладного використання.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- **інтегральна компетентність:** здатність самостійно ставити та розв'язувати на інноваційному рівні наукові та науково-технічні задачі в галузі прикладної фізики та наноматеріалів

- **загальні компетенції (ЗК):** здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК2); навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 5); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7); здатність працювати в команді (ЗК 8). здатність працювати автономно (ЗК10).

- **фахові компетенції (ФК):** здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів (ФК2); здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для проведення наукового дослідження або науково-технічної розробки (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше) (ФК3); здатність відповідно до поставленої задачі виконувати науково-технічні розробки в галузі прикладної фізики та наноматеріалів. (ФК 4); здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач (ФК5); здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження (ФК6); здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок (ФК7); здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (ФК 9);.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» є опанування таких навчальних дисциплін: ««Прикладна механіка», «Теплові явища і молекулярна фізика»» Основи метрології в прикладній фізиці»,

«Електричні і магнітні явища», «Атомна і ядерна фізика», «Оптичні явища», «Матеріалознавство»,

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми вивчення навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.	ПРН 01
Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.	ПРН02
Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.	ПРН03
Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	ПРН05
Ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.	ПРН06
Коректно формулювати професійні висновки, аргументувати власну позицію, презентувати результати досліджень і розробок та доносити їх до аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами.	ПРН07
Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.	ПРН08
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН09
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.	ПРН11
Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.	ПРН12
Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.	ПРН13

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Оптичні властивості кристалічних і некристалічних матеріалів»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
знати використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач для дослідження оптичних властивостей кристалічних і некристалічних матеріалів.	ПРН01

вміти відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах про оптичні властивості кристалічних і некристалічних матеріалів	ПРН02
вміти дати обґрунтовану інтерпретацію результатів експериментального дослідження оптичних параметрів матеріалів, вміти пояснити характерні особливості прояву будь-якого оптичного явища	ПРН03
знати встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	ПРН05
вміти ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.	ПРН06
вміти коректно формулювати професійні висновки, аргументувати власну позицію, презентувати результати досліджень і розробок та доносити їх до аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами.	ПРН07
вміти застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів у галузі оптики кристалічних і некристалічних матеріалів.	ПРН08
володіти технікою оптичного експерименту, методами отримання оптичних спектрів різних речовин та методами їх аналізу	ПРН09
вміти зробити обґрунтований вибір методу та методики дослідження заданих оптичних параметрів матеріалів	ПРН 11
вміти зробити обґрунтований вибір методу та методики дослідження заданих оптичних параметрів матеріалів	ПРН 11
вміти вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі оптики кристалічних і некристалічних матеріалів .	ПРН 11
вміти зробити аргументований висновок про належність досліджуваної речовини до кристалічного чи некристалічного матеріалу за результатами аналізу отриманих даних	ПРН 11
вміти планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проектів	ПРН 12
вміти оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати пов'язані з реалізацією наукового проєкту у сфері прикладної фізики	ПРН 13

5. 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,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- 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.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік. До заліку допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань ;
- підсумкового семестрового контролю знань – залік.

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

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6		70	100
5	5	5	5	5	5			

T1, T2, T3, T4, T5, T6 – теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6		70	100
5	5	5	5	5	5			

T1, T2, T3, T4, T5, T6 – 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	-	-	-	-
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	-	20	-	20
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		-		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	20	1	20

Презентація		-		
Реферат		-		
Есе		-		
...		-		
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом	2	100	2	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється 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 «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів» здійснюється у виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: «зараховано», «незараховано».

Підсумкова оцінка «зараховано»/«незараховано» визначається наступними критеріями:

- оцінка «зараховано» виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, демонструє вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, демонструє здатність до мислення, кваліфіковано використовує набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

- оцінка «незараховано» виставляється тоді, коли студент 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 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 студента 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 та вище	зараховано	A	відмінно
80-89	зараховано	B	добре
65-79	зараховано	C	добре
55-64	зараховано	D	задовільно
50-54	зараховано	E	задовільно
35-49	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено залік, заносяться до залікової відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Класична оптика ізотропних та анізотропних поглинаючих середовищ.

Тема 1. Вступ. Предмет і мета курсу. Роль досліджень взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною у фізиці. Місце оптики твердого тіла в галузі природничих і технічних наук. Головні напрямки розвитку оптики кристалічних та некристалічних напівпровідників. Оптичні явища та сучасна твердотільна фотоніка. Хвильова і корпускулярна природа світла. Основні характеристики електромагнітного випромінювання: поляризація, частота, швидкість, енергія фотона, хвильовий вектор. Область енергій. Одиниці вимірювання.

Тема 2. Розповсюдження електромагнітного випромінювання в провідному середовищі за відсутності зовнішніх полів. Рівняння Максвелла. Оптичні константи. Дійсна та уявна частини комплексної діелектричної проникності. Дисперсійні співвідношення Крамерса — Кроніга. Поведінка електромагнітної хвилі на поверхні. Нормальне відбивання від поверхні провідника. Заломлення на межі розділу між повітрям і провідником. Багатократне відбивання в тонких плівках. Зміна стану поляризації світла при відбиванні і заломленні. Еліпсометрія.

Тема 3. Феноменологічний опис оптичних властивостей кристалів. Класична теорія дисперсії в діелектриках. Властивості гармонічного класичного осцилятора. Частотна дисперсія і несинхронність зв'язку. Модель Лоренца. Смуги залишкових променів. Квантовомеханічна теорія дисперсії. Амплітуда і фаза відбитого променя. Співвідношення між показником заломлення і поглинанням. Співвідношення у формі Робінсона-Яходи. Співвідношення у формі Толла-Мосса. Дисперсія в провідному середовищі. Металічне поглинання. Тензор діелектричної проникності, його зв'язок з симетрією кристала. Нелінійно-оптичні явища в кристалах. Межі застосованості феноменологічного опису оптичних властивостей.

Тема 4. Основні поняття квантової теорії взаємодії світла з речовиною. Суть квантового (напівкласичного) підходу. Зонна модель та локалізація електронів в твердих тілах. Основні положення зонної моделі. Заселеності електронних рівнів енергії

(енергетичних зон). Оператор взаємодії світла з речовиною. Мультипольні переходи. Правила відбору. Індуковані та спонтанні переходи. Універсальне співвідношення Б.І.Степанова.

Тема 5 Ефекти просторової дисперсії тензора діелектричної проникності (ч 1). Поняття про просторову дисперсію та нелокальність зв'язку. Рівняння зв'язку. Тензор гірації. Властивості симетрії тензорів гірації. Вказівна поверхня тензорів гірації. Хвилі в гіротропних кристалах. Оптична активність. Циркулярний дихроїзм. Циркулярне двопротропне заломлення.

Тема 6. Ефекти просторової дисперсії тензора діелектричної проникності (ч 2). Поняття про мікроскопічну теорію оптичної активності. Природа гіротропії в напівпровідникових кристалах. Штучна оптична активність. Ефекти Фарадея та Фойгта. Ефект Фарадея в напівпровідниках на зв'язаних та вільних носіях.

Модуль 2. Електронні процеси в кристалічних та некристалічних матеріалах.

Тема 1. Процеси поглинання в напівпровідниках. Спектри поглинання і відбивання. Енергетична структура і залежність поглинання від енергії падаючого світла. Уявна частина діелектричної проникності для переходів між станами, що описуються функціями Блоха. Правила відбору по квазіімпульсу. Зведена та комбінована міжзонна густина станів. Типи критичних точок Ван-Хова. Міжзонні оптичні переходи. Прямі переходи. Ймовірність переходу. Коефіцієнт поглинання. Прямі дозволені переходи. Прямі «заборонені» переходи. Непрямі переходи. Вплив кулонівської взаємодії електронів і дірок (екситонне поглинання). Екситони. Екситони слабого зв'язку. Екситони Френкеля. Донорно-акцепторні пари. Фотопоглинання. Внутрішньозонне поглинання на вільних носіях. Переходи домішка-зона. Сприйнятливість носіїв та ІЧ-плазмове відбивання. Поглинання електронами в локалізованих станах.

Тема 2. Край поглинання в кристалічних та некристалічних напівпровідниках. Особливості зонної структури прямозонних та непрямоzonних напівпровідників. Теорія краю власного поглинання при прямих та непрямих (електрон-фононних) переходах. Випромінювання та поглинання фононів. Екситони при прямих та непрямих переходах. Поглинання світла в аморфних напівпровідниках. Правило Урбаха та екситон-фононна взаємодія. Моделі Доу-Редфілда та Сумі-Тойозави. Вплив різних типів розупорядкування на край власного поглинання. Край поглинання сильно легованих напівпровідників. Ефект Бурштейна-Мосса. Значення домішкових хвостів станів. Поглинання в електричному полі. Ефект Франца-Келдиша. Вплив температури, тиску, магнітного поля на край власного поглинання. Магнітооптичне поглинання.

Тема 3. Взаємодія світла з коливаннями ґратки. Спектр коливань ґратки. Поперечні та продольні моди. Вплив іонності сполук. Однофононний резонанс. Смуга остаточних променів. Правила відбору для однофононних переходів. Поляритони. Спектри поглинання та відбивання для однофононних переходів. Співвідношення Ліддена-Сакса-Теллера. ІЧ-поглинання світла. Розсіювання світла при фотон-фононній взаємодії. Комбінаційне розсіювання світла на оптичних фонах (Рамана-Ландсберга). Розсіювання світла на акустичних фонах (Мандельштама-Бриллюена). Багатофононне поглинання світла.

Тема 4. Люмінесценція в напівпровідниках. Випромінювальні процеси в напівпровідниках. Випромінювальна здатність. Міжзонна випромінювальна рекомбінація. Визначення люмінесценції Вавілова-Відемана. Універсальне співвідношення між спектрами поглинання та люмінесценції. Від'ємна люмінесценція. Енергетичний та квантовий вихід люмінесценції. Тривалість люмінесценції та час життя надлишкових носіїв. Поляризація випромінювання. Гаряча люмінесценція. Випромінювальна рекомбінація на локальних енергетичних станах. Крайова та довгохвильова люмінесценція в напівпровідниках. Процеси безвипромінювальної рекомбінації.

Тема 7. Процеси поглинання в напівпровідниках.	10	2		3		5
Тема 8. Край поглинання кристалічних та некристалічних напівпровідників.	9	2		3		4
Тема 9. Взаємодія світла з коливаннями ґратки.	10	2				8
Тема 10. Люмінесценція в напівпровідниках.	9	1				8
Тема 11. Оптичні методи дослідження параметрів твердих тіл.	11	1		4		6
Тема 12. Оптичні властивості некристалічних твердих тіл.	9	1				8
Модульна контрольна робота	2	2				-
Разом за модуль	60	11		10		39

6.3. Тематичний план лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Лабораторна робота №1. Дослідження спектру поглинання напівпровідника шляхом вимірювання відносного пропускання сколотих пластинок різної товщини.	3	
2.	Лабораторна робота №2. Визначення оптичних констант напівпровідників із вимірювань пропускання при врахуванні багаторазових відбивань.	4	
3.	Лабораторна робота №3. Дослідження дисперсії показників заломлення твердих тіл шляхом вимірювання інтерференційних спектрів пропускання тонких плівок.	3	
4.	Лабораторна робота №4. Оптична орієнтація кристалічних (негіротропних) пластинок. Анізотропія поглинання.	3	
5.	Лабораторна робота №5. Дослідження двозаломлення кристалічних матеріалів методом інтерференції поляризованих променів.	3	
6	Лабораторна робота №6. Температурні дослідження природи краю поглинання кристалічного напівпровідника.	4	
Разом		20	-

6.4. Самостійна робота

№ п/п	Тема	Кількість годин
	Модуль 1.	
1.	Підготовка до лабораторних занять – теоретична підготовка та опрацювання практичних навичок.	8
2.	Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять	
2.1	Головні напрямки розвитку оптики кристалічних та некристалічних напівпровідників.	1
2.2.	Основні характеристики електромагнітного випромінювання: поляризація, частота, швидкість, енергія фотона, хвильовий вектор.	2
2.3.	Область енергій. Одиниці вимірювання.	1
2.4.	Поведінка електромагнітної хвилі на поверхні.	2

2.5.	Нормальне відбивання від поверхні провідника.	2
2.6.	Багатократне відбивання в тонких плівках.	2
2.7.	Властивості гармонічного класичного осцилятора.	2
2.8.	Співвідношення між показником заломлення і поглинанням.	2
2.9.	Межі застосованості феноменологічного опису оптичних властивостей.	1
2.10.	Основні положення зонної моделі.	2
2.11.	Індуковані та спонтанні переходи.	2
2.12.	Вказівна поверхня тензорів гірації.	2
2.13.	Циркулярний дихроїзм. Циркулярне двопроменезаломлення.	2
2.14.	Ефект Фарадея в напівпровідниках на зв'язаних та вільних носіях.	2
	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння модуля 1	6
	Разом	39
	Модуль 2.	
1.	Підготовка до лабораторних занять – теоретична підготовка та опрацювання практичних навичок.	7
2.	Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять	
2.1.	Правила відбору по квазіімпульсу.	2
2.2.	Коефіцієнт поглинання.	1
2.3.	Екситони слабкого зв'язку. Екситони Френкеля.	1
2.4.	Внутрішньозонне поглинання на вільних носіях.	1
2.5.	Екситони при прямих та непрямих переходах.	1
2.6.	Вплив різних типів розупорядкування на край власного поглинання.	1
2.7.	Ефект Бурштейна-Мосса.	1
2.8.	Ефект Франца-Келдиша.	1
2.9.	Смуга остаточних променів.	2
2.10.	Розсіювання світла при фотон-фононній взаємодії.	1
2.11.	Багатофононне поглинання світла.	1
2.12.	Визначення люмінесценції Вавілова-Відемана.	1
2.13.	Тривалість люмінесценції та час життя надлишкових носіїв.	1
2.14.	Процеси безвипромінювальної рекомбінації.	1
2.15.	Інтерференційний метод визначення оптичних констант.	1
2.16.	Метод призми визначення показників заломлення твердих тіл.	1
2.17.	Імерсійний метод визначення показників заломлення.	1
2.18.	Дослідження оптичної активності матеріалів.	2
2.19.	Методи ІЧ-спектроскопії.	1
2.20.	Границі застосування зонної моделі кристалічних твердих тіл.	1
2.21.	Поглинання та пропускання (оптичний хвіст і порогова ділянка).	1
2.22.	Внутрішньозонне поглинання.	1
2.23.	Показник заломлення і дисперсія світла.	1
	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння модуля 2	6
	Разом	39

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

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки. Монохроматор МДР-3. ІЧ-спектрометр IR Tracer100. Спектральний еліпсометр Horiba SmartSE.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Office, OriginLab.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Давидюк Г.Є. Нерівноважні процеси в напівпровідниках: Навч. посіб./ Г.Є. Давидюк; Волин. держ. ун-т ім. Л.Українки. - Луцьк, 2000. - 151 с.
2. Третяк О.В. Основи фізики напівпровідників: підручник: у 2 т. Т. 2 / О.В. Третяк, В.З. Лозовський ; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. - К., 2009. - 383 с.
3. Студеняк І.П., Сусліков Л.М.. Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів: навч. поібник. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2021. - 232 с.
4. Гавриленко В.И., Гріхов А.М., Корбутяк Д.В., Литовченко В.Г. Оптичні властивості напівпровідників. Довідник.- Київ: Наукова думка, 1987.– 607 с.
5. Студеняк І.П., Краньчец М. Ефекти розупорядкування в суперіонних провідниках зі структурою аргіродита. Ужгород: Говерла, 2007. – 200 с.
6. Студеняк І.П., Краньчец М, Курик М. В. Оптика розупорядкованих середовищ. Ужгород: Гражда, 2008. – 220 с.
7. Студеняк І.П., Куш П. Структурне розупорядкування в кристалічних та аморфних суперіонних провідниках. Ужгород: Говерла, 2015. - 200 с.
8. Борець О.М. Оптичні властивості напівпровідників, ч.2. Ужгород: УжДУ, 1973. - 112 с.

Допоміжна література

1. Кондиленко І.І., Коротков П.А. Введення в атомну спектроскопію.- Київ.:Вища школа,1976. – 304 с.
2. Сердюк В.В., Ваксман Ю.Ф. Люмінесценція напівпровідників. – Київ –Одеса: Вища школа, 1988. – 300 с
3. Готри З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готри. – Львів: “Бескід”, 2005. – 680 с.
4. Височанський Ю.М. Твердотільна електроніка. Лабораторний практикум /Ю.М. Височанський, А.А. Горват, О.О. Грабар – Ужгород: ІВА, 2001. – 388 с.