

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Проректор з наукової  
роботи УжНУ

Студеняк І.П.  
2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ТЕОРЕТИКО – ГРУПОВИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ  
ДЛЯ СЕНСОРИКИ**

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10- Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітньо програма	Фізика та астрономія
статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2019

Робоча програма навчальної дисципліни «**Теоретико-груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії галузі знань **10 Природничі науки спеціальності 104 Фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.

**Розробник:** Небола Іван Іванович професор д.ф.-м.н., завідувач кафедри прикладної фізики


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

протокол № 2 від « 12 » вересня 2019 р.

Завідувач кафедри  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від « 25 » вересня 2019 р.

Голова науково-методичної комісії  доц. Карбованець М.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 6	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 180	<b>1-й</b>	<b>1-й</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 4	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
	Лекції: 30	
	<b>30</b>	<b>10</b>
	Практичні (семінарські):	
	<b>30</b>	<b>8</b>
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>120</b>	<b>162</b>

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Теоретико – груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики**» є формування цілісної системи знань та навиків в області використання висновків теоретико – групового аналізу фізичних властивостей та параметрів одночастинкових спектрів матеріалів, перспективних для використання в якості сенсорів, їх опису та комп'ютерного моделювання їх основних фізичних величин, засвоєння методів та методик проведення модельних експериментів, ознайомлення з конструюванням засобами зонної інженерії та інженерії хвильових функцій (надграток, квантових ям, точок та ниток, квантових контактів, атомних кластерів і т.п.) з електронним спектром і властивостями, що можуть бути виявлені і вивчені в штучно створених матеріалах і структурах.

Завдання курсу «Теоретико – груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики»

– ознайомлення з квантомеханічною теорією опису властивостей у твердих тілах, розробка на її основі моделей опису симетрії їх властивостей; розробка та засвоєння методів та методик теоретико – групових методів аналізу основних параметрів; вивчення особливостей симетрійного опису, правил відбору, тензорних властивостей, розмірного квантування, електронних і фононних спектрів та транспортних явищ в них; проведення модельних фізичних досліджень зміни параметрів при накладанні зовнішніх полів.

Фокус навчальної дисципліни: зміст та матеріал навчальної дисципліни стосується теоретико – групового аналізу та комп'ютерного моделювання фізичних властивостей матеріалів, перспективних для використання у сенсоричі.

Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми: спецкурс відноситься до дисциплін наукової спеціалізації варіативної частини, за результатами яких здобувачі здають екзамен та виконують навчальний процес по спеціальності

...

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів наукового ступеня таких знань, умінь та компетентностей.:

### **Знати:**

основну термінологію в області теоретико – групового аналізу і комп'ютерного моделювання властивостей перспективних матеріалів, що можуть бути використані для створення різного роду датчиків фізичних величин; фізичні принципи опису структури та їх енергетичних параметрів; мікроскопічні моделі різних фізичних властивостей і розрахунку їх параметрів та особливостей обмежень, що викликані їх симетрією; особливості прояву їх властивостей, пов'язаних в твердому тілі.

### **Вміти:**

планувати проведення модельних досліджень фізичних властивостей різних типів кристалів; розробляти програмні продукти з використанням сучасних мов програмування їх тестування і адаптації до зміни симетрії модельованої системи; аналізувати наукову літературу по теоретико – групових методах аналізу та комп'ютерному моделюванню явищ у твердих тілах; генерувати нові ідеї при

вирішенні дослідницьких і практичних задач в області комп'ютерного моделювання та його узгодження з експериментальними даними; аналізувати альтернативні варіанти вирішення наукових і прикладних задач та оцінювати потенційні виграші / програші реалізації цих варіантів при дослідженні та моделюванні фізичних властивостей та проведення оцінки їх величин у твердих тілах; застосовувати комп'ютерне моделювання для адаптації фізичних теорій і їх узгодження з даними експериментальних досліджень виконаних на реальних зразках.

### **Володіти:**

навичками аналізу методологічних проблем, що виникають при вирішенні дослідницьких і практичних завдань в області дослідження та моделювання фізичних явищ в реальних зразках наноматеріалів, структур, врахування впливу зовнішніх полів параметрів та релаксаційних явищ у твердих тілах і наноматеріалах, в тому числі в міждисциплінарних областях (оптика, конденсовані середовища, наноструктури); методами побудови моделей.

Викладання курсу сприяє поглибленню універсальних знань з сучасної фізики і дозволяє розвинути цілий ряд компетенцій, серед них:

#### **Загальні компетенції (ЗК)**

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1)
2. Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2)
3. Здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3)
4. Здатність до пошуку, обробки на аналізу інформації з різних джерел (ЗК-4)
5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5)
6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі (ЗК-6)
7. Здатність до планування часу (ЗК-7)
8. Здатність до роботи в команді, вміння мотивувати інших у просуванні до спільної мети (ЗК-8)
9. Здатність комунікації на фахову тематику з нефахівцями (ЗК-9)

#### **Фахові компетенції (ФК)**

1. Здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ у різних галузях сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії (ФК-1)
2. Здатність визначати завдання і проблематику фізичного дослідження в одній із галузей фізики або астрономії відповідно до обраної спеціалізації. (ФК-2)
3. Здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3)
4. Здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4)
5. Здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам, процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5)
6. Вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6)
7. Оволодіння інформаційними технологіями та електронними засобами проведення, обробки та аналізу результатів дослідження (ФК-7)

8. Загальна поінформованість у питаннях фінансового забезпечення прикладних фізичних досліджень, знайомство із шляхами фінансування проектів (ФК-8)
9. Володіння теоретичними методами, що застосовуються для вивчення фізичних об'єктів, явищ і процесів в тій області фізики, який був обраний здобувачем для власного дослідження (ФК-9)

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Теоретико – груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) Фізика конденсованого стану (твердого тіла), матеріалознавства, інформаційні технології, комп'ютерне моделювання дисципліни

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Теоретико – груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики**», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

#### Програмні результати навчання

##### Знання

- ПРН 1.1. Сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики і астрономії та суміжних галузей знань.
- ПРН 1.2. Фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.
- ПРН 1.3. Принципи планування та фінансування науково-дослідної роботи, структура кошторисів на її виконання.

##### Уміння

- ПРН 2.1. Формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.
- ПРН 2.2. Формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.
- ПРН 2.3. Формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.
- ПРН 2.4. Аналізувати наукові праці в галузі сучасної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.
- ПРН 2.5. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.
- ПРН 2.6. Визначати інформаційну цінність джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.
- ПРН 2.7. Визначати принципи та методи дослідження, використовуючи міждисциплінарні підходи.

##### Комунікація

ПРН 3.1. Вести спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та

громадськістю в галузі фізики та прикладної фізики.

ПРН 3.2. Ефективно працювати в команді, мати навички міжособистісної взаємодії.

ПРН 3.3. Уміти використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні інформацією, зборі, аналізі, обробці, інтерпретації джерел.

Автономія та відповідальність

ПРН 4.1. Ініціювати наукові та інноваційні комплексні проекти в галузі фізики та прикладної фізики.

ПРН 4.1. Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.

ПРН 4.3. Приймати обґрунтовані рішення, мотивувати людей та рухатися до спільної мети.

<b>Очікувані і результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
. Сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики і астрономії та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1
Фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Принципи планування та фінансування науково-дослідної роботи, структура кошторисів на її виконання	ПРН 1.3.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни **«Теоретико – груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики»**

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати основну термінологію в області теорії твердого тіла та комп'ютерного моделювання фізичних властивостей.	ПРН 1.1.
Знати фізичні принципи основних методів дослідження і розрахунку фізичних процесів.	ПРН 1.1
Знати мікроскопічні моделі дослідження енергетичних одночастинкових спектрів у твердих тілах і наноматеріалах.	ПРН 1.2
Вміти планувати проведення розрахункових робіт по дослідженню різних типів фізичних властивостей твердих тіл і наноматеріалах.	ПРН 2.2
Вміти розраховувати параметри різних фізичних властивостей твердих тіл, проводити їх аналіз і порівняння з експериментальними вимірюваннями.	ПРН 2.3
Володіти методами побудови моделей, що описують фізичні властивості в твердому тілі.	ПРН 2.5
Вміти генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних задач в комп'ютерного моделювання.	ПРН 2.6
Вміти застосовувати фізичні теорії для опису та проведення розрахунків та моделювання в різних твердо тільних матеріалах.	ПРН 2.6

#### 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: усне опитування, письмові тести

Форма модульного контролю: контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік, іспит.

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

Форма підсумкового семестрового контролю: залік та екзамен. До заліку та 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	...	...	...	...	...	...		100

T1, T2 ... – теми

##### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль ...)

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	...	...	...	...	...	...		100

T1, T2 ... – 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	15	45	15	45
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	нема			
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні	5	15	5	15
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	3	15	3	15
...				
Презентація	2	16	2	16
Реферат	1	4	1	4
Есе				
...				
Модульна контрольна робота	1	10	1	10
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### 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 45 балів.

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «**Теоретико-груповий аналіз характеристик матеріалів для сенсорики**» 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;

- "не зараховано" - 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 розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

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

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

Оцінка „відмінно” 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” 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” 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” 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 екзаменаційна 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:

...

## **5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **5.1. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

Тема 1. *Вступ. Порядок і безпорядок в фізиці конденсованого середовища. Симетрія кристалічного стану її теоретико-груповий опис. Симетрія фізичного явища його тензорні характеристики. Симетрія фізичного явища в конденсованому стані, як складного об'єкту....*

Тема 2. *Кількість незалежних компонент тензорів фізичних властивостей. Кристалографічні і кристалофізичні системи координат і зв'язок між ними. ...*

Тема 3. *Вимоги до методів експериментальних досліджень і зв'язок між значеннями фізичних параметрів визначених при різних умовах експерименту. Врахування термодинамічних умов.*

Тема 4. *Визначення конструктивних особливостей сенсорів електричних та магнітних параметрів з урахуванням симетрії активного середовища.*

Тема 5. *Аналіз кристалічної структур активного середовища в інфрачервоній області спектру. Теоретико – групове дослідження симетрії коливного спектру. Визначення і аналіз спектру активних фононних ліній поглинання і розсіювання.*

Тема 6. *Аналіз активних втрат сенсорного середовища в інфрачервоній області спектру. Врахування спонтанного порушення симетрії і м'які моди в області температури фазового переходу.*

#### **Модуль 2**

Тема 1. *Методи розрахунку дисперсії фононного і електронного спектрів. Теоретико – груповий аналіз розщеплення енергетичних рівнів в сенсорних середовищах різної симетрії. Виродження енергетичних рівнів, що описуються хвильовими функціями з врахування спіну і без його врахування.*

Тема 2. Теоретико – групове дослідження особливих точок зони Бриллюена, вигляд законів дисперсії в їх околі. Метод інваріантів Біра - Пікуса....

Тема 3. Теоретико – груповий аналіз правил відбору для прямих, непрямих переходів що формують край фундаментального поглинання в конденсованому стані. Врахування одно і двох фононних процесів.

## 5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
<b>1-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
	60	15	15			40
Тема 1. Вступ. Порядок і безпорядок в фізиці конденсованого середовища. Симетрія кристалічного стану її теоретико-груповий опис. Симетрія фізичного явища його тензорні характеристики. Симетрія фізичного явища в конденсованому стані, як складного об'єкту.		1	1			12
Тема 2. Кількість незалежних компонент тензорів фізичних властивостей. Кристалографічні і кристалофізичні системи координат і зв'язок між ними.		1	1			6
Тема 3. Вимоги до методів експериментальних досліджень і зв'язок між значеннями фізичних параметрів визначених при різних умовах експерименту. Врахування термодинамічних умов.		2	2			6
Тема 4. Визначення конструктивних особливостей сенсорів електричних та магнітних параметрів з урахуванням симетрії активного середовища.		2	2			6
Тема 5. Аналіз кристалічної структур активного середовища в інфрачервоній області спектру. Теоретико – групове дослідження симетрії коливного спектру. Визначення і аналіз спектру активних фононних ліній поглинання і розсіювання.			2			6
Тема 6. Аналіз активних втрат сенсорного середовища в інфрачервоній області спектру. Врахування спонтанного порушення симетрії і м'які моди в області температури фазового переходу.		2				4
Модульна контрольна робота		1	1			

Разом за модуль		15	15			40
Разом за семест		15	15			40
<b>Модуль 2</b>						
	60	15	15			40
Тема 1 Методи розрахунку дисперсії фононного і електронного спектрів. Теоретико – груповий аналіз розщеплення енергетичних рівнів в сенсорних середовищах різної симетрії. Виродження енергетичних рівнів, що описуються хвильовими функціями з врахування спіну і без його врахування. ...		6	6			18
Тема 2. Теоретико – групове дослідження особливих точок зони Бриллюена, вигляд законів дисперсії в їх околі. Метод інваріантів Біра - Пікуса		4	4			12
Тема 3. Теоретико – груповий аналіз правил відбору для прямих, непрямих переходів що формують край фундаментального поглинання в конденсованому стані. Врахування одно і двох фононних процесів		4	4			10
Модульна контрольна робота		1	1			
Разом за модуль		15	15			40
<b>Разом за семестр</b>		15	15			40
<b>Разом</b>		30	30			80

### Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
1-й семестр						
<b>Модуль 1</b>						
	60	15	15			40
Тема 1. Вступ. Порядок і безпорядок в фізиці конденсованого середовища. Симетрія кристалічного стану її теоретико-груповий опис. Симетрія фізичного явища його тензорні характеристики. Симетрія фізичного явища в конденсованому стані, як складного об'єкту.		1	1			12
Тема 2. Кількість незалежних компонент тензорів фізичних властивостей. Кристалографічні і		1	1			6

кристалофізичні системи координат і зв'язок між ними.					
Тема 3. Вимоги до методів експериментальних досліджень і зв'язок між значеннями фізичних параметрів визначених при різних умовах експерименту. Врахування термодинамічних умов.		2	2		6
Тема 4. Визначення конструктивних особливостей сенсорів електричних та магнітних параметрів з урахуванням симетрії активного середовища.		2	2		6
Тема 5. Аналіз кристалічної структур активного середовища в інфрачервоній області спектру. Теоретико – групове дослідження симетрії коливного спектру. Визначення і аналіз спектру активних фононних ліній поглинання і розсіювання.			2		6
Тема 6. Аналіз активних втрат сенсорного середовища в інфрачервоній області спектру. Врахування спонтанного порушення симетрії і м'які моди в області температури фазового переходу.		2			4
Модульна контрольна робота		1	1		
Разом за модуль		15	15		40
Разом за семестр		15	15		40
<b>Модуль 2</b>					
	60	15	15		40
Тема 1 Методи розрахунку дисперсії фононного і електронного спектрів. Теоретико – груповий аналіз розщеплення енергетичних рівнів в сенсорних середовищах різної симетрії. Виродження енергетичних рівнів, що описуються хвильовими функціями з врахування спіну і без його врахування.		6	6		18
Тема 2. Теоретико – групове дослідження особливих точок зони Бриллюена, вигляд законів дисперсії в їх околі. Метод інваріантів Біра - Пікуса		4	4		12
Тема 3. Теоретико – груповий аналіз правил відбору для прямих, непрямих переходів що формують край фундаментального поглинання в конденсованому стані. Врахування одно і двох фононних процесів		4	4		10
Модульна контрольна робота		1	1		
Разом за модуль		15	15		40
<b>Разом за семестр</b>		15	15		40
<b>Разом</b>		30	30		80

### 6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Моделювання і аналіз кристалічної структури складних сполук з використанням оболочки CaRine.	4	2
2.	Знаходження позицій атомів, орбіт і їх виродження з використанням оболочки CaRine.	2	
3.	Розрахунок коефіцієнта проходження крізь потенціальний бар'єр прозорого і квазікласичного бар'єра.	4	2
4.	Дослідження розсіювання на кристалічній ґратці в стаціонарній квантовій механіці. Формалізм трансфер-матриці.	2	
5.	Моделювання двовимірного електронного газу у схрещених електричному і магнітному полях.	4	2
6.	Розрахунок електронного спектру в наближенні пустої ґратки. Оаис симетрії.	2	
7.	Розрахунок дисперсії фононного спектру в середовищі MAPLE.	4	2
8.	Розрахунок енергетичної структури германію в методі електронної щільності. Моделювання псевдо потенціалів.	4	2
9.	Розрахунок мілких домішкових станів в гетеро структурах та композитах.	2	
10.	Моделювання резонансних та тунельних явищ у квантово-розмірних системах та композитах.	2	
<b>Разом</b>		<b>30</b>	

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Моделювання і аналіз кристалічної структури з використанням оболочки CaRine.	6	8
2.	Знаходження позицій атомів, орбіт і їх виродження об'єкту дисертаційного дослідження з використанням оболочки CaRine.	6	10
3.	Одновимірна потенціальна яма. Стани з дискретним спектром.	6	8
4.	Стани з неперервним спектром. Віртуальні рівні енергії.	6	8
5.	Експериментальні та розрахункові методи дослідження розупорядкованих систем.	6	8
6.	Моделювання класичних і квантово розмірних ефектів у кристалах.	8	10
7.	Розрахунок дисперсії фононного спектру складних кристалів в середовищі MAPLE.	8	10
8.	Моделювання двовимірного електронного газу у схрещених електричному і магнітному полях.	8	10
9.	Розрахунок електронного спектру в наближенні пустої ґратки.	6	10
10.	Розв'язок стаціонарного рівняння Шредінгера за допомогою детермінанта Слетера.	8	10
11.	Розрахунок енергетичної структури германію в методі електронної щільності.	8	10
12.	Моделювання псевдо потенціалів.	6	8
13.	Розрахунок мілких домішкових станів в гетеро структурах.	6	8
14.	Моделювання резонансних явищ у квантово-розмірних системах.	6	8

15.	Моделювання тунельних явищ у квантово-розмірних системах та композитах.	8	10
16.	Модель Шоклі-Андерсона. Розрахунок і аналіз поодиноких гетеропереходів.	6	8
17.	Розрахунок енергетичної структури гетеропереходів в електричному полі.	6	8
18.	Розрахунок електронного спектра наночастинок та композитів в методі «конфігурації».	6	8
	<b>Разом</b>	<b>120</b>	<b>162</b>

**6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,  
ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**  
(у разі потреби)

Технічні засоби: комп'ютери,  
Обладнання комп'ютерний клас.  
Програмне забезпечення: Середовище MAPLE/

**7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

**Основна література**

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика (нерелятивистская теория). - М.: Наука, 1989.
2. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская Основы кристаллофизики. - М.: Наука, 1979.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц Статистическая физика. Часть I. - М.: Наука, 1989.
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц Электродинамика сплошных сред. - М.: ФМЛ, 2005.
5. Г.Л. Бир, Г.Е. Пикус Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. - М.: Наука, 1972.

...

**Допоміжна література**

1. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам. М.: Мир, 1966.
2. Курош А.Г. Теория групп. М.: Наука, 1967.
3. Эллиот Дж., Добер П. Симметрия в физике. М.: Мир, 1983, т.1-2.
4. Г.Штрайтвольф Теория групп в физике твердого тела, М. Мир, 1971
5. У.Вустер Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов, М., Мир, 1977