

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

Лейфа А.В. Лейфа

13 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ»

Направление подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль) образовательной программы – Физика твердого тела

Квалификация выпускника – Магистр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 2 Семестр 3

Экзамен 3 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель Е.В. Стукова, доцент, д-р физ.-мат. наук

Институт компьютерных и инженерных наук

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.20 № 898

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.02.2024 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

13 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

13 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

13 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

13 июня 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Формирование теоретических представлений и практических навыков в области современных теоретических и экспериментальных методов, применяемых в физике твердого тела для исследования его структурного и фазового состава, физических свойств.

### Задачи дисциплины:

1. Изучение основ и физических принципов современных теоретических и экспериментальных методов анализа структуры, состава и свойств твердых тел.
2. Практическое овладение методами расчетов, техникой и методикой экспериментов, последующей математической обработкой экспериментальных результатов исследования и интерпретацией полученных данных.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теоретические и экспериментальные методы в физике» относится к дисциплинам, части формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) курс общей физики;
- 2) курс теоретической физики;
- 3) физика твердого тела.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен проводить патентные исследования и определять характеристики продукции	ИД-1ПК-1 Знает основную научно-техническую документацию в соответствующей области знаний ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы анализа применимости в объекте исследований известных объектов интеллектуальной собственности
ПК-2 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИД-1ПК-2 Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний и методы анализа научных данных ИД-2ПК-2 Умеет оформлять результаты научно-исследовательских работ
ПК-3 Способен проводить научно-исследовательские работы по тематике организации	ИД-1ПК-3 Знает методы организации и проведения научных исследований ИД-2ПК-3 Умеет применять актуальную нормативную документацию и результаты научно-исследовательских работ

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Кинетика электронов проводимости	3	2										16	Проверка в ходе устного опроса
2	Теоретические основы оптической спектроскопии	3	2										18	Проверочная работа
3	Молекулярный спектральный анализ	3	2										18	Проверка в ходе устного опроса
4	Методы колебательной спектроскопии	3	2										16	Проверочный тест
5	Перспективные методы оптической спектроскопии	3	2										16	Проверка в ходе устного опроса
6	Курсовая работа	3			14				3				33	
7	Экзамен	3									0.3	35.7		
	Итого			10.0	14.0	0.0	3.0	0.0	0.3		35.7	117.0		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Кинетика электронов проводимости	Явления переноса и кинетическое уравнение Больцмана для невырожденного электронного газа. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации. Время релаксации при

		рассеянии носителей тока на ионах примеси. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в кристалле. Условия применимости кинетического уравнения
2	Теоретические основы оптической спектроскопии	Строение молекул. Число степеней свободы. Разделение энергии молекулы на части. Квантование энергии колебательного движения атомов. Кривые потенциальной энергии. Колебательные степени свободы. Нормальные колебательные координаты. Классификация нормальных колебаний по форме. Общий метод решения задачи о нормальных колебаниях. Статистика фононов. Характеристические частоты. Ангармоничность колебаний. Волны поляризации в ионных кристаллах. Поляритоны: типы и дисперсия.
3	Молекулярный спектральный анализ	Типы колебаний. Вращательные и колебательные спектры. Электронные спектры. Понятия эмиссионной и абсорбционной спектроскопии. Оптические переходы. Сплошные, линейчатые и полосатые спектры. Число линий в спектрах. Интенсивность спектральных линий. Зависимость интенсивности линии от концентрации вещества. Ширина и форма спектральных линий. Контуры Гаусса и Лоренца. Дисперсионный контур. Характеристические групповые частоты в колебательных спектрах.
4	Методы колебательной спектроскопии	Спектральные приборы. Типы монохроматоров. Линейная дисперсия. Спектральная ширина щели. Разрешающая способность. Светосила. Фотографическая и фотоэлектрическая фотометрия. Техника регистрации ИК- спектров поглощения. Дифференциальная спектроскопия. Спектроскопия ИК- отражения. ИК- Фурье спектроскопия. Выигрыши Жакино и Фелджета. Техника ИК- Фурье спектроскопии. Определение следов примесей методом ИК- спектроскопии поглощения. Чувствительность качественного анализа. Техника спектроскопии КРС. Методы возбуждения. Поляризационные измерения КРС, степень деполяризации. Основные схемы КРС. Резонансное КРС.
5	Перспективные методы оптической спектроскопии	СИСАМ. Растровые спектральные приборы (спектрометры). Модуляционная спектроскопия. Спектроскопия насыщения поглощения. Двухфотонная и трехуровневая спектроскопия. Флюоресцентная ИК- спектроскопия. Спектроскопия НПВО. Вынужденное КРС. Микро- КРС. Инверсное комбинационное рассеяние и ГКР. Четырехволновое смешение (КАРС). Спектры фотолуминесценции при возбуждении спонтанного КРС.

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Курсовая работа	Выдача задания. Обоснование выбора темы, новизны исследования, актуальности работы. Подготовка и обсуждение разделов курсовой работы: * Раздел 1 "Литературный обзор". * Раздел 2 "Объекты и методы исследования". * Раздел 3 "Результаты проведенного исследования" * Заключение

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Кинетика электронов проводимости	Проверка в ходе устного опроса	16
2	Теоретические основы оптической спектроскопии	Проверочная работа	18
3	Молекулярный спектральный анализ	Проверка в ходе устного опроса	18
4	Методы колебательной спектроскопии	Проверочный тест	16
5	Перспективные методы оптической спектроскопии	Проверка в ходе устного опроса	16
6	Курсовая работа	Проверка глав курсовой работы в соответствии с графиком	33

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 – «Прикладная математика и физика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Теоретические и экспериментальные методы в физике» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция- семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар- дискуссия, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их

формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Теоретические и экспериментальные методы в физике».

Примерные темы курсовых работ

1. Теоретические методы определения теплофизических свойств материалов ЭВТИ
2. Влияние прогрева на оптические свойства порошков титаната бария, полученных золь-гель методом
3. Влияние облучения ультрафиолетом на оптические свойства полых частиц диоксида титана
4. Размерные эффекты в наноразмерном итрате калия
5. Влияние частиц титаната свинца на диэлектрические свойства хлорида диизопропиламмония в композите  $(DIPAC)_{1-x}/(PbTiO_3)_x$
6. Исследование сегнетоэлектрических свойств нитрата калия в нанокompозите  $KNO_3/Al_2O_3$
7. Использование метода Фурье для анализа вибрационных колебаний элементов имитатора транспортно-пускового контейнера
8. Методы определения поглощённой дозы при дистанционной лучевой терапии»
9. Исследование тонких пленок силицида магния, сформированных на кремнии, методами Рамановской и ИК спектроскопии
10. Применение метода рентгеновской дифракции для расчета параметров решетки тонких пленок силицида магния

Примерные вопросы к экзамену

1. Явления переноса и кинетическое уравнение Больцмана для невырожденного электронного газа.
2. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации.
3. Строение молекул. Число степеней свободы.
4. Разделение энергии молекулы на части. Квантование энергии колебательного движения атомов.
5. Кривые потенциальной энергии. Колебательные степени свободы.
6. Нормальные колебательные координаты. Классификация нормальных колебаний по форме. Общий метод решения задачи о нормальных колебаниях.
7. Статистика фононов. Характеристические частоты. Ангармоничность колебаний.
8. Волны поляризации в ионных кристаллах. Поляритоны: типы и дисперсия. Взаимодействие электромагнитного излучения с волнами поляризации.
9. Приближенный анализ в рамках одноосцилляторной модели Хейвлока.
10. Типы колебаний. Вращательные и колебательные спектры. Электронные спектры.
11. Понятия эмиссионной и абсорбционной спектроскопии.
12. Сплошные, линейчатые и полосатые спектры. Число линий в спектрах. Интенсивность спектральных линий. Зависимость интенсивности линии от концентрации вещества. Ширина и форма спектральных линий.
13. Контуры Гаусса и Лоренца. Дисперсионный контур. Характеристические групповые частоты в колебательных спектрах.
14. Интенсивность полос поглощения и методы введения вещества.
15. Идентификация молекулярных полос. Методы отнесения линий.
16. Основные характеристики оптических абсорбционных спектров. Закон Бугера-Ламберта-Бера.
17. Основные характеристики спектров инфракрасного поглощения. Основные характеристики спектров КРС.
18. Спектральные приборы. Типы монохроматоров.
19. Линейная дисперсия. Спектральная ширина щели. Разрешающая способность. Светосила.
20. Фотографическая и фотоэлектрическая фотометрия.
21. Техника регистрации ИК-спектров поглощения.

22. Дифференциальная спектроскопия.
23. Спектроскопия ИК-отражения.
24. ИК-Фурье спектроскопия. Техника ИК-Фурье спектроскопии.
25. Техника спектроскопии КРС. Методы возбуждения. Поляризационные измерения КРС, степень деполяризации.
26. Растровые спектральные приборы (спектрометры).
27. Модуляционная спектроскопия.
28. Спектроскопия насыщения поглощения.
29. Двухфотонная и трехуровневая спектроскопия. Флюоресцентная ИК-спектроскопия. Спектроскопия НПВО.
30. Вынужденное КРС. Микро-КРС.
31. Инверсное комбинационное рассеяние и ГКР. Четырехволновое смещение (КАРС).
32. Спектры фотолюминесценции при возбуждении спонтанного КРС.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) литература

1. Старовиков, М. И. Введение в экспериментальную физику : учебное пособие / М. И. Старовиков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-0862-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/210155](https://e.lanbook.com/book/210155) (дата обращения: 22.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Фомин, Д. В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие / Д. В. Фомин. — Саратов : Вузовское образование, 2017. — 185 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/57258.html> (дата обращения: 22.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Фриш, С. Э. Оптические спектры атомов : учебное пособие / С. Э. Фриш. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 640 с. — ISBN 978-5-8114-1143-6. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/210515](https://e.lanbook.com/book/210515) (дата обращения: 22.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : учебное пособие / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/211838](https://e.lanbook.com/book/211838) (дата обращения: 22.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования

### в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
2	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
3	<a href="http://www.mavicanet.ru/">http://www.mavicanet.ru/</a>	MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.



## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, лаборатории курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.