

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

УТВЕРЖДЕНО
решением
Ученого совета ННГУ
протокол от
«_____» _____ 202_ г. № _____

Рабочая программа дисциплины

Экспериментальные методы физики твердого тела

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.04.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

магистерская программа " Квантовые и нейроморфные технологии"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

магистр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2023

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Экспериментальные методы физики твердого тела» относится к блоку ФТД «Факультативные дисциплины» ООП, является факультативной и преподается на втором году обучения в магистратуре, в третьем семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов представления о современных экспериментальных методиках, широко используемых исследователями в различных разделах физики твердого тела;
- формирование у студентов в ходе лекционных и практических занятий умения выбирать адекватный экспериментальный метод, соответствующий поставленной задаче физики твердого тела;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	<i>З1 (ПК-1) Знать</i> новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности; основные понятия, принципы и методы проведения эксперимента в области физики твердого тела <i>У1 (ПК-1) Уметь</i> применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области <i>В1 (ПК-1) Владеть</i> навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях; методами описания конденсированных сред и использовать их при необходимости при проведении экспериментальных физических исследований.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 49 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 23 часа составляет самостоятельная работа обучающегося (23 часов самостоятельная работа в течение семестра).

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Получение низких температур.	12	2	2	2	6	6
Тема 2. Техника низкотемпературного эксперимента.	12	2	2	2	6	6
Тема 3. Низкотемпературная термометрия	12	2	2	2	6	6
Тема 4. Получение сильных магнитных полей	12	2	2	2	6	6
Тема 5. Конструкции гелиевых криостатов	13	2	2	2	6	7
Тема 6. Шумы в измерительных устройствах	12	2	2	2	6	6
Тема 7. Использование импульсной техники в физических измерениях	12	2	2	2	6	6
Тема 8. Приемники электромагнитного излучения	12	2	2	2	6	6
в т.ч.текущий контроль		1				
Промежуточная аттестация – зачет с оценкой					2	45

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Институте физике микроструктур Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, выполнение домашних заданий с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних заданий осуществляется раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины и темы рефератов составляются преподавателем самостоятельно при

ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся. В рамках освоения программы курса студенты должны подготовить реферат по одной из рассматриваемых тем, выбранной совместно с преподавателем. Ниже приводятся примерные темы для подготовки рефератов.

1. Методы получения низких температур. Техника низкотемпературного эксперимента, устройство и принципы работы криостатов.
2. Свойства жидкого He^4 и его использование в низкотемпературном эксперименте.
3. Получение температур ниже 1К. Наблюдение квантового эффекта Холла.
4. Устройство и принцип работы криостатов замкнутого цикла.
5. Методы низкотемпературной термометрии. Первичные и вторичные термометры. Международные и национальные температурные шкалы. Металлические и полупроводниковые термометры сопротивления. Термопары.
6. Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов. Расчет магнитного поля на оси соленоида.
7. Использование сверхпроводников для получения сильных магнитных полей. Импульсные магнитные поля.
8. Основные принципы конструирования гелиевых криостатов. Тепловые экраны. Оптимизация тоководов для сверхпроводящих соленоидов.
9. Естественные пределы измерений. Шумы в измерительных устройствах.
10. Фазочувствительное (синхронное) детектирование. Улучшение отношения сигнал/шум при синхронном детектировании.
11. Аналоговые и цифровые синхродетекторы. Использование фильтров низкой и высокой частоты.
12. Использование импульсной техники в физических измерениях. Стробоскопический анализ сигналов. Использование цифровых осциллографов для анализа импульсных сигналов.
13. Приемники электромагнитного излучения и их основные характеристики. Ограничение обнаружительной способности флуктуациями фонового излучения.
14. Микроволновая спектроскопия. Опыты по циклотронному резонансу.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Экспериментальные методы физики твердого тела» является **экзамен**.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

- 1) Методы получения низких температур. Холодильные циклы и конструкции азотных и гелиевых ожижителей.
- 2) Получение температур ниже 1К (использование He3, метод адиабатического размагничивания).
- 3) Устройство и принцип работы криостатов замкнутого цикла.
- 4) Свойства жидкого He4 и его использование в низкотемпературном эксперименте. Техника низкотемпературного эксперимента, устройство и принципы работы криостатов.

- 5) Методы низкотемпературной термометрии. Первичные и вторичные термометры. Международные и национальные температурные шкалы. Металлические и полупроводниковые термометры сопротивления. Термопары.
- 6) Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов. Расчет магнитного поля на оси соленоида. Использование сверхпроводников для получения сильных магнитных полей. Импульсные магнитные поля.
- 7) Основные принципы конструирования гелиевых криостатов. Тепловые экраны. Оптимизация тоководов для сверхпроводящих соленоидов.
- 8) Естественные пределы измерений. Шумы в измерительных устройствах. Фазочувствительное (синхронное) детектирование. Улучшение отношения сигнал/шум при синхронном детектировании. Использование фильтров низкой и высокой частоты. Аналоговые и цифровые синхродетекторы.
- 9) Использование импульсной техники в физических измерениях. Стробоскопический анализ сигналов. Использование цифровых осциллографов для анализа импульсных сигналов.
- 10) Приемники электромагнитного излучения и их основные характеристики. Тепловые и фотоэлектрические приемники. Ограничение обнаружительной способности флуктуациями фонового излучения.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Экспериментальные методы физики твердого тела»

а) основная литература:

1. *Монтгомери Д.* Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов. М., «Мир», 1971, 384с. – 4 экз.
2. *Макс Ж.* Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М., Мир, 1983. – 10 экз.
3. *Зи С. М.* - Физика полупроводниковых приборов: в 2 кн. [Кн.] 1. - М. : Мир , 1984. - - 455 с. – 16 экз.
4. *Ю П., Кардона М.* Основы физики полупроводников. 3-е изд. М., Физматлит, 2002, 560 с. – 3 экз.

б) дополнительная литература:

1. *Лоунасмаа О.В.* Принципы и методы получения температур ниже 1К. – М., Мир, 1977, 356 с. – 2 экз.
2. *Уилсон М. Н.* - Сверхпроводящие магниты. - М.: Мир, 1985. - 407 с. – 2 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://temperatures.ru> Информационный портал о температурных датчиках.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы)

/ Гавриленко В.И. /

Рецензент(ы)

Зав. кафедрой

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от «_____» _____ 202_ года, протокол № б/н.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ

_____ / Перов А.А. /