

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Введение в спектроскопию твердого тела

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы
магистерская программа «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Введение в спектроскопию твердого тела» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается во втором семестре первого года обучения в магистратуре.

Целями освоения дисциплины являются:

1. формирование у студентов представления о передовых методах в области спектроскопии твердого тела, использующихся при экспериментальных исследованиях;
2. ознакомление студентов с модельными представлениями, используемыми при решении задач спектроскопии в твёрдых телах;
3. 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 и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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>ПК-1.1. Знание принципов построения научной работы, методов сбора и анализа полученного материала</i> <i>ПК-1.2. Уметь осуществлять постановку и проведение экспериментов с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</i> <i>ПК-1.3. Навыки решения поставленных задач с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</i>	(ПК-1) Знать базовые методики, новейшие достижения и современные проблемы в области спектроскопии твердого тела; (ПК-1) Уметь использовать новейшие достижения в области спектроскопии твердого тела в теоретической и экспериментальной научно-исследовательской работе; (ПК-1) Владеть передовыми современными методами решения практических задач спектроскопии твердого тела.	Индивидуальные собеседования	Вопросы к экзамену

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	39
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

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				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Идеи, положенные в основу спектроскопии твердых тел.	16	5			5	6
Отражательная спектроскопия. Спектроскопия твердых тел методом нарушенного полного внутреннего отражения	16	5			5	6
Основы нелинейной спектроскопии твердых тел	16	5			5	7
Межзонное поглощение в полупроводниках. Фотопроводимость. Фотолюминесценция.	16	5			5	6
Комбинационное рассеяние света.	18	5			5	6
Техника экспериментов по спектроскопии твердых тел. Многослойные твердотельные структуры.	24	7			7	8
в т.ч. текущий контроль			2			
Промежуточная аттестация – Экзамен					2	36

4. 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, решение домашних контрольных работ 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 в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних работ осуществляется еженедельно или 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 составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Экзамен	
Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Искрывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное решение любых типов практических заданий.
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения основных типов практических заданий.
Хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.

Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются значительные ошибки при выполнении практических заданий.
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

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)
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

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

Критерии ответа студента на экзамене

Оценка «отлично» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный и полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «хорошо» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две–три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя и правильно; полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «удовлетворительно» – Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ и выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «неудовлетворительно» – Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя, не выполнены индивидуальные практические задания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1 Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

Для оценки сформированности компетенции ПК-1: способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности:

Задача 1. Рассчитать выход люминесценции с учетом захвата электронов центрами рекомбинации.

Задача 2. Оценить ампер-ваттную чувствительность фотоприемника на основе эпитаксиального слоя HgCdTe по заданным времени жизни неосновных носителей и их подвижности.

Задача 3. Выписать выражение для диэлектрической проницаемости системы невзаимодействующих осцилляторов. Пояснить соотношения Крамерса — Кронига для диэлектрической проницаемости.

Задача 4. Объяснить выигрыши Жакино и Фелжета для фурье-спектрометра.

6.3.2. Вопросы для итогового контроля сформированности компетенции:

1. Диэлектрическая проницаемость системы невзаимодействующих осцилляторов. Формула Клаузиуса — Мосотти.
2. Соотношение Крамерса — Кронига для диэлектрической проницаемости.
3. Отражение электромагнитного излучения от однородной безграничной среды. Нормальное падение. Наклонное падение. ТЕ (s) и ТМ (p) поляризации падающих волн. Спектроскопия тонких пленок.
4. Межзонная и примесная фотопроводимость в полупроводниках. Механизмы рекомбинации носителей. Фотолюминесценция.
5. Поверхностные волны на границах раздела сред. Поверхностные поляритоны.
6. Поверхностные и волноводные моды в слоях и пленках. Высвечивающиеся (leaky) волны. Дифракционные способы возбуждения ПВ. Проблема оптимального размера щели между призмой и поверхностью.
7. Механизмы нелинейностей (электронная, керровская, из-за непараболичности зоны в полупроводниках и т. д.). Квадратичная и кубичная нелинейности. Генерация гармоник электромагнитного поля.
8. Поглощение в кристалле с идеальной решеткой. Классическое и квантовое выражения для показателя поглощения.
9. Соотношения между вероятностями поглощения, вынужденного и спонтанного излучения в термодинамическом равновесии. Люминесценция в твердых телах.
10. Квантовая теория комбинационного рассеяния света. Вывод вероятностей стоксового и антистоксового рассеяния методом теории возмущений.
11. Дифракционные монохроматоры. Линейная дисперсия, разрешающая способность, светосила. Расчет основных параметров призмы и дифракционной решетки.
12. Фурье-спектрометр. Спектральная дискриминация в интерферометре Майкельсона. Выигрыш Жакино и Фелжета.
13. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов, используемые в монохроматорной и фурье-спектроскопии.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

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

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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 по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

старший научный сотрудник отдела физики полупроводников, к.ф.-м.н., В.В. Румянцев.

Зав. каф. "Физика наноструктур и наноэлектроника" _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.