

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 "30" ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины
«Современные методы оптической спектроскопии
твёрдых структур и объёмных материалов»

Уровень высшего образования

Подготовка научных и научно-педагогических кадров

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокмолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и нанoeлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

Нижегород

2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» является факультативной дисциплиной и изучается в 3 семестре.

2. Целями освоения дисциплины являются:

Освоение дисциплины «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» опирается на знания, умения, навыки и компетенции в области общей физики, сформированные на предшествующих уровнях образования, и направлено на углубление теоретических знаний и совершенствование практических навыков и умений в научных и научно-прикладных исследованиях. Целью освоения дисциплины является практическое изучение ряда базовых методов оптической спектроскопии, основанное на: 1. изучении принципов и теоретических основ оптической спектроскопии; 2. изучении аппаратурной и приборной базы оптической спектроскопии; 3. практическом изучении методических особенностей исследований свойств твердотельных структур и объёмных материалов на базе ряда распространённых методов оптической спектроскопии.

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет всего - 36 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа – 18 часа, 18 часа – занятия семинарского типа).

Таблица 2

Структура дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине | Всего (часы) | В том числе | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|---|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| Очное | | | | | | |
| Тема 1. Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии (законы излучения, спектры атомов, основные процессы взаимодействия излучения с веществом) | 14 | 4 | 0 | 0 | 4 | 10 |
| Тема 2. Оптика дифракционной решётки, основные | 14 | 4 | 0 | 0 | 4 | 10 |

| | | | | | | |
|--|----|----|---|----|----|----|
| параметры и типы дифракционных решеток | | | | | | |
| Тема 3. Принципы устройства и работы спектральных приборов, их основные типы и характеристики | 22 | 12 | 0 | 0 | 12 | 10 |
| Тема 4. Практическое освоение особенностей ряда типовых оптических схем для исследования объектов в лаборатории оптической спектроскопии, особенности настройки и калибровки оборудования | 10 | 0 | 0 | 8 | 8 | 2 |
| Тема 5. Практические примеры – измерение спектров пропускания, спектров фотолюминесценции, исследование кинетики затухания фотолюминесценции | 11 | 0 | 0 | 8 | 8 | 3 |
| ВСЕГО | 71 | 20 | 0 | 16 | 36 | 35 |
| В т.ч.текущий контроль | 2 | | | | | |
| Промежуточная аттестация - зачет | | | | | | |

Таблица 3

Содержание дисциплины

| №п /п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Форма проведения занятий | Форма текущего контроля |
|--------------|--|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|--------------|--|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|

| | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии | <p>Электромагнитное излучение и шкала электромагнитных волн. Оптическое излучение. Законы теплового излучения. Равновесное тепловое излучение. Оптические спектры излучения атомов. Взаимодействие излучения с веществом: оптические свойства диэлектриков, металлов, полупроводников, твердотельных наноструктур. Отражение, поглощение, люминесценция, фотоэффект, рамановское рассеяние и другие эффекты взаимодействия излучения с веществом. Принципиальные методы исследования спектрального состава излучения. Общие принципиальные характеристики спектральных приборов. Базы данных длин волн спектральных линий химических элементов.</p> | Лекции | Опрос (собеседование) |
| 2 | Аппаратурная и приборная база оптической спектроскопии | <p>Характеристики некоторых оптических сред и материалов. Просветляющие и зеркальные покрытия. Фильтрация и модуляция излучения. Источники теплового излучения. Источники нетеплового излучения (газоразрядные, светодиодные, лазерные и др.). Приёмники оптического излучения. Матричные приёмники излучения. Особенности спектральных приборов различных типов. Диспергирующие и недиспергирующие спектральные приборы, эшелле-спектрометры, интерференционные спектральные приборы, фурье-спектрометры. Щелевые и бесщелевые спектрометры. Оптика диспергирующих призм и дифракционных решёток, их основные особенности, типы и характеристики. Монохроматоры, спектрометры, спектрографы. Электронное измерительное оборудование, используемое в оптической спектроскопии. Метод</p> | Лекции, лабораторные работы | Опрос (собеседование) |

| | | | | |
|---|--|--|---------------------|------------------------------|
| | | синхронного детектирования слабых сигналов, селективные усилители с синхронным детектированием. Сопряжение спектральной установки с компьютером, оцифровка, визуализация, анализ и обработка спектральных данных. | | |
| 3 | Основные практические методы оптической спектроскопии и их особенности | Калибровка спектров по интенсивности и калибровка спектральных приборов по длинам волн. Измерение спектров пропускания (поглощения) и отражения с помощью спектрометров на основе дифракционных решёток и с помощью фурье-спектрометров. Измерение спектров фотолюминесценции и электролюминесценции. Спектральные исследования твердых тел при низких температурах (образец в криостате). Фотолюминесцентная спектроскопия полупроводников и квантово-размерных структур. Абсорбционная и фототермоионизационная спектроскопия фотоактивных примесей в полупроводниках. Методы фотоэлектрической спектроскопии квантово-размерных гетеронаноструктур. Спектроскопия поверхностной (конденсаторной) фотоэдс. Фотоэлектрическая спектроскопия в p-i-n диоде. Фотоэлектрическая спектроскопия на контактах полупроводника с металлом (барьер Шоттки) и электролитом. Спектроскопия барьерной фотопроводимости. Экспериментальная методика оценки квадратичной нелинейной восприимчивости на порошковых образцах нелинейно-оптических кристаллов. | Лабораторные работы | Опрос (собеседование), отчет |

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы,

подготовку устного доклада (публичного выступления), подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примерные темы для устного доклада (публичного выступления) приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные экзаменаторами);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая лаконичности);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

| Оценка | Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой |
|-------------------|--|
| <i>Зачтено</i> | владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях. |
| <i>Не зачтено</i> | непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях. |

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

5.2.1. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины

1. Перечислить и кратко охарактеризовать основные процессы взаимодействия излучений с твердыми телами.
2. Перечислить основные параметры, характеризующие работу спектральной оптической системы.
3. Изобразить принципиальную оптическую схему спектрального прибора (какого-либо типа), использующего: дифракционную решётку, диспергирующую призму.
4. Предложить вариант(ы) оптической схемы и методики, пригодной для проведения спектроскопического эксперимента по исследованию заданной спектральной характеристики некоторого материала (по выбору преподавателя).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

Основная литература:

1. Практическое руководство по оптической спектроскопии твердотельных наноструктур и объёмных материалов. / А.П. Горшков, М.О. Марычев / Электронное уч. пособие. ННГУ, Нижний Новгород. 2007. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/80.pdf>
2. Лебедева В.В. Техника оптической спектроскопии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1977. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81327> 2 экз
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81348> 2 экз

Дополнительная литература:

1. Толстой В.П. Введение в оптическую абсорбционную спектроскопию наноразмерных материалов. СПб.: Изд-во "СОЛО", 2014. – 187 с. <https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/2275/1/ТолстойВП-Введение%20в%20оптическую%20спектроскопию...pdf>
2. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объёмных полупроводников и наноструктур: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 512 с. http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Timofeev_Optic_sp.pdf
3. Милославский В.К. Спектроскопия твердого тела: учебное пособие для студентов старших курсов, аспирантов и научных работников. /В.К. Милославский, Л.А. Агеев. – Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2013 г. – 276 с. http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/9698/2/Miloslavsky_Ageev_Spektroskopiya_tverdogo_tela.pdf
4. Сизых А.Г., Герасимова М.А. Оптическая спектроскопия. – 244 с. Научная библиотека Сибирского федерального университета. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/127/u_course.pdf
5. А.М. Ефимов, Е.С. Постников. Физические основы и формализм оптики и спектроскопии оптических материалов. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 111 с. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1712.pdf>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. <https://www.nist.gov/pml/productsservices/physical-reference-data> - Physical Reference Data

3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий лекционного типа и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное спектроскопическое и измерительное оборудование Лаборатории оптической спектроскопии НОЦ "Физика твердотельных наноструктур" ННГУ;

- лицензионное программное обеспечение (Spectra Sense (Acton Research Corp.), Digilab Resolutions Pro (Varian Inc.), SRS-272 (Stanford Research Systems)).

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы:

_____ М.О. Марычев, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета;

_____ А.П. Горшков, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики полупроводников и оптоэлектроники физического факультета.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой

Е.В. Чупрунов

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____ 2022 года, протокол № б/н