

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе

П.Н. Брунков

«09» 01 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СОВРЕМЕННАЯ ЗОНДОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ-
основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль 01.04.05 Оптика

Квалификация:

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято Ученым советом

Протокол № 4 от 29.03 2019 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями учебной дисциплины являются:

- формирование знаний по основам устройства и принципа работы зондовых и оптических микроскопов;
- ознакомление аспирантов с принципами измерения микро- и макро- расстояний.
- практическое ознакомление аспирантов с принципом работы сканирующего зондового микроскопа

Для достижения задач, поставленных при изучении дисциплины, используется набор методических средств: учебная, учебно-методическая литература, информационные ресурсы библиотеки, электронные курсы и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Рассматриваемая дисциплина является вариативной в плане подготовке аспирантов, обучающихся по профилю 01.04.05 Оптика.

«Современная зондовая и оптическая микроскопия» логически связана с изучаемыми ранее курсами общей физики и оптики. Содержание дисциплины и объем материала, рассматриваемого в лекционном курсе и на семинарских занятиях, призваны познакомить аспирантов с принципами работы и устройством современных микроскопов. Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «современная зондовая и оптическая микроскопия» необходимы для формирования у аспирантов понимания возможностей современного использования микроскопии.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Современная зондовая и оптическая микроскопия» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность формулировать задачи экспериментальных исследований, планировать и реализовывать постановку экспериментов, направленных на решение поставленных задач (ПК-1);

- способность проводить самостоятельные исследования, владеть современными методами оптической спектроскопии (ПК-2).

- способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики (ПК-3).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут

знать:

- современные методы электронной, зондовой и флуоресцентной микроскопии;
- способы измерения микро- и макро- расстояний

уметь:

- использовать методы микроскопии для решения задач современной физики
- интерпретировать данные полученные методами микроскопии

владеть:

- методами подготовки образцов для исследования;
- навыками юстировки оптических систем микроскопа.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану 72 часа, 2 ЗЕ.

Наименование разделов и тем	Трудоемкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
			лекции	Лаб. / практ	самостоятельная работа	контроль
1	2	3	4	5	6	7
Оптическая микроскопия			10		16	
Электронная микроскопия			14		30	
Всего по дисциплине	2	72	24		46	2

4.2. Содержание разделов и тем

Тема 1. Оптическая микроскопия

1. Измерение размеров: микроскопических (метод тестового объекта); макроскопических (параллакс, фотометрия, цефеиды, красное смещение).
2. Глаз человека и цифровой фотоаппарат: сходство и различия.
3. Принципы работы микроскопа и телескопа; дифракционный предел.
4. Конфокальная микроскопия. Фотолюминесценция. Лазерная спектроскопия неупругого рассеяния света.
5. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ). Методы пропускания и отражения, люминесцентный метод. Апертурная и рассеивающая (безапертурная) СБОМ.
6. Оптический пинцет (световое давление, лазерные ловушки для одиночных ионов). Фотонный силовой микроскоп.

Тема 2. Электронная микроскопия.

1. Электронная микроскопия (СЭМ, ТЭМ), предельное разрешение.

2. Атомно-силовой микроскоп (АСМ), основные узлы, описание работы. Следящая система, получение изображения.
3. Конструкция, материалы и параметры АСМ зонда. Потенциал взаимодействия зонд-поверхность. Предельное разрешение по вертикали и в плоскости.
4. Четыре режима работы АСМ: статический контактный, квазистатический прыгающий поточечный, динамические прерывистого контакта и бесконтактный.
5. Химический контраст АСМ данных, анализ особенностей рельефа гетерогенных областей, артефакты изображений. Сравнение с традиционными методами химического микроанализа поверхностных структур (ОЖЕ, рентгеновская спектроскопия).
6. Принципы АСМ манипуляции наночастицами (молекулами, атомами, и их кластерами).
7. Простейшие основы теории измерения рельефа в АСМ.
8. Сканирующая туннельная микроскопия, базовый принцип, пространственное и спектральное разрешение.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Современная зондовая и оптическая микроскопия» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Комплект оценочных средств для текущего контроля

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов реализуется в виде выступлений на семинарах по индивидуальным домашним заданиям, ответам на тестовые вопросники, проведением теоретических зачетов. По окончании курса аспиранты сдают зачет.

Вопросы:

1. Измерение размеров: микроскопических (метод тестового объекта); макроскопических (параллакс, фотометрия, цефеиды, красное смещение).
2. Глаз человека и цифровой фотоаппарат: сходство и различия.
3. Принципы работы микроскопа и телескопа; дифракционный предел.
4. Конфокальная микроскопия.
5. Лазерная спектроскопия неупругого рассеяния света (Раман).
6. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ).
7. Апертурная и рассеивающая (безапертурная) СБОМ.
8. Оптический пинцет (световое давление, ловушки для одиночных ионов).
9. Фотонный силовой микроскоп.
10. Электронная микроскопия (СЭМ, ТЭМ).
11. Атомно-силовой микроскоп (АСМ), основные узлы, описание работы. Следящая система, получение изображения.
12. Конструкция, материалы и параметры АСМ зонда. Потенциал взаимодействия зонд-поверхность. Предельное разрешение по вертикали и в плоскости.

13. 4 режима работы АСМ: статический контактный, квазистатический прыгающий поточечный, динамические прерывистого контакта (тэппинг) и бесконтактный.
14. Химический контраст СЗМ данных, анализ особенностей рельефа гетерогенных областей, артефакты изображений.
15. Сравнение с традиционными методами химического микроанализа поверхностных структур (ОЖЕ, рентгеновская спектроскопия).
16. Принципы СЗМ манипуляции наночастицами (молекулами, атомами и их кластерами).
17. Основы теории измерения рельефа в СЗМ.
18. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), базовый принцип, пространственное и спектральное разрешение.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Миронов В.Л., Основы сканирующей зондовой микроскопии, Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 2004
2. Ахманов С.А., Никитин С.Ю., Физическая оптика, Издательство МГУ и "Наука", Москва 2004.
3. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). М.: Издательство МГУ, 1989.
4. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Издательство МГУ, 1994.

1.2. Дополнительная литература

1. Матвеев А.Н. Оптика. М.: "Высшая школа", 1985
2. Г.С. Ландсберг. Оптика. Уч. пособие для ВУЗов. Москва, Физматлит, 2003.
3. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: "Мир", 1989.
4. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство МГУ, 1994.

7.3. Интернет-ресурсы

1. Сканирующая зондовая микроскопия <https://www.ntmdt-si.ru/resources>
2. www.microscopyu.com
3. <http://gwyddion.net/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционная аудитория

Мультимедийный проектор

Персональный компьютер

Компьютерный класс

Лаборатория, оборудованная установкой Интегра Аура с управляющей электроникой последнего поколения (PX Ultra контроллер).