

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



УТВЕРЖДАЮ

Директор

С.В. Иванов

« 13 » 04 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**СОВРЕМЕННАЯ ЗОНДОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ**

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по научной специальности 1.3.6 Оптика

Принята решением Ученого совета  
от 04.03.2022 № 03/22

Санкт-Петербург

2022 г.

Рабочая программа дисциплины «Современная зондовая и оптическая спектроскопия» составлена на основании программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.6 Оптика (далее - программа аспирантуры)

## **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 ПРОГРАММЫ АСПИРАТУРЫ**

Дисциплина «Современная зондовая и оптическая микроскопия» входит в обязательную часть образовательного компонента программы аспирантуры и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

«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 программой аспирантуры.

### **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 анализировать и систематизировать научно-техническую информацию о новых разработках систем автоматизации физического эксперимента (ПК-2).

- способность организовывать разработку систем автоматизации физического эксперимента (ПК-3),

- способность к компьютерному моделированию (ПК-4).

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
Оптическая микроскопия			10		16	
Электронная микроскопия			14		30	
<b>Всего по дисциплине</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>26</b>		<b>46</b>	<b>зачет</b>

#### *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:

- аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- самостоятельная работа студентов;
- 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.

### **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](http://www.microscopyu.com)

3. <http://gwyddion.net/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

- Лекционная аудитория

- Мультимедийный проектор

- Персональный компьютер

- Компьютерный класс

Учебно-научная лаборатория оборудованная установкой Интегра Аура с управляю-

шей электроникой последнего поколения (PX Ultra контроллер).

Программу разработал:

г.н.с. лаборатории оптики биомолекул и кластеров,  
д-р физ.- мат. наук Васютинский О.С.