

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Спецпрактикум: Современные структурные методы в физике твердого тела**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Фундаментальная и прикладная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих 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.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;

ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Получить представления о работе на оборудовании, на котором реализуются современные структурные методы исследований в области физики твердого тела.

– Научиться анализировать экспериментальные данные, получаемые с применением современных структурных методов исследования морфологии, структуры, состава поверхности и объема твердых тел.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Второй семестр, зачет с оценкой.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: общая физика, математический анализ, кристаллография, кристаллохимия полупроводников, рентгеноструктурный анализ, физическое материаловедение полупроводников, современные структурные методы исследований в физике твердого тела.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часа, из которых:

-лабораторные работы: 36 ч.

В том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Атомно-силовая микроскопия. Исследования поверхности твердых тел

Исследования поверхности полупроводниковых материалов и приборов на атомно-силовом микроскопе. Обработка результатов исследований, анализ полученных данных, написание отчета.

Тема 2. Растровая электронная микроскопия. Исследования поверхности твердых тел

Исследования поверхности полупроводниковых материалов и приборов на растровом электронном микроскопе. Обработка результатов исследований, анализ полученных данных, написание отчета.

Тема 3. Рентгеноспектральный микроанализ твердых тел

Исследования элементного состава полупроводниковых материалов и приборов на растровом электронном микроскопе с функцией микроанализа. Обработка результатов исследований, анализ полученных данных, написание отчета.

Тема 4. Просвечивающая электронная микроскопия. Подготовка объектов исследования. Исследование поверхности. Исследование тонких фольг

Подготовка объектов исследований. Исследования поверхности и тонких фольг полупроводниковых материалов на просвечивающем электронном микроскопе. Обработка результатов исследований, анализ полученных данных, написание отчета.

Тема 5. Метод скользящего рентгеновского пучка для исследования структуры и состава тонких пленок и поверхностных слоев твердых тел.

Исследования структуры и состава тонких гетероструктурных пленок и поверхностных слоев полупроводниковых материалов на рентгеновском дифрактометре. Обработка результатов исследований, анализ полученных данных, написание отчета.

Темы дисциплины могут меняться в зависимости от тем магистерских работ слушателей.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, контроля за выполнением лабораторных работ, контроля за написанием отчетов по выполненным лабораторным работам. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24596>

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Дифференцированный зачет во втором семестре проводится с учетом итогов выполнения всех лабораторных работ и включает ответы на контрольные вопросы по курсу. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24596>

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24596>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. В 2-х книгах. // пер. с англ. под ред. В.И. Петрова. – М.: Мир, 1984.

2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
3. Методы анализа поверхностей. /Под ред. А. Зандерны. - М.: Мир, 1979. - 562 с.
4. Основы аналитической электронной микроскопии. / под ред. Дж. Грена. Дж. И. Гольштейна, Д.К. Джоя, А.Д. Ромига. – М.: Металлургия, 1990. – 584 с.
5. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Москва: Техносфера, 2004. – 144 с.
6. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. – Москва: Техносфера, 2005. – 152 с.

б) дополнительная литература:

1. Электронно-зондовый анализ. /Под ред. И.Б. Боровского. - М.: Мир, 1974. - 260 с.
2. Практические методы в электронной микроскопии. /Под ред. О.М. Глоэра. - Л.: Машиностроение, 1980. - 375 с.
3. Дифракционные и микроскопические методы в материаловедении. // под ред С. Амелинка, Р. Геверса, Дж. Ван Ланде / пер. с англ. под ред. М.П. Усикова. М.: Металлургия, 1984. – 504 с.
4. Анализ поверхности методами ОЖЕ и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. /Под ред. Д. Биггса, М.П. Сиха. - М.: Мир, 1967. - 600 с.
5. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. - М.: Мир. - 1989. - 568 с.
6. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. - М.: Мир - 1989. - 342 с.
7. Наноструктуры в электронике и фотонике /под ред.Ф. Рахмана. – Москва: Техносфера, 2010. – 343 с.

### **13. Перечень информационных технологий**

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лабораторного типа.

Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

## **15. Информация о разработчиках**

Ивонин Иван Варфоломеевич, доктор физ.-мат. наук, ТГУ, кафедра физики полупроводников, профессор