

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

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

С.Н. Филимонов

«15»

апреля

2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**СПЕЦПРАКТИКУМ: СОВРЕМЕННЫЕ СТРУКТУРНЫЕ МЕТОДЫ  
В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

по направлению подготовки

**03.04.02 – Физика**

Профиль подготовки

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.05.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

О.Н. Чайковская

Председатель УМК

О.М. Сюсина

Томск – 2021

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

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 практические навыки работы на исследовательских установках, применяемых для изучения структуры и состава твердых тел, освоить способы анализа получаемой экспериментальной информации об объекте.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

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**

Семестр 2, дифференцированный зачет.

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

Для успешного освоения дисциплины требуются знания по следующим дисциплинам: кристаллография, кристаллохимия, рентгеноструктурный анализ, общая и атомная физика, физическое материаловедение.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

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

– лабораторные работы: 36 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. 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 2. 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 3. 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 4. Просвечивающая электронная микроскопия. Подготовка объектов исследования. Исследование поверхности. Исследование тонких фольг.

Подготовка объектов исследований. Исследования поверхности и тонких фольг полупроводниковых материалов на растровом 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.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лабораторным занятиям;
- анализ и обработку получаемых экспериментальных данных.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по пройденному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

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

**Дифференцированный зачет** проводится в устной форме по билетам, содержащим вопросы по курсу, предполагающие развернутый ответ и проверяющие ИПК-1.2, а также по контрольным вопросам по материалу курса, требующим краткий ответ и проверяющим ИПК-1.1.

Примеры вопросов в билете:

1. Классификация физических процессов, протекающих в твердых телах при взаимодействии с высокоэнергетическими частицами
2. Основные типы детекторов в методах исследования структуры и состава твердых тел
3. Методы получения ускоренных частиц,
4. Основные подходы к управлению потоками заряженных частиц.
5. Физические основы растровой электронной микроскопии
6. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа
7. Физические основы Оже-электронной спектроскопии
8. Физические основы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии
9. Физические основы вторичной ионной масс-спектрометрии
10. Физические основы электронографии
11. Физические основы спектрометрии обратного рассеяния Резерфорда
12. Физические основы туннельной и атомно-силовой микроскопии
13. Физические основы электронной микроскопии высокого разрешения
14. Техническая реализация перечисленных методов (по выбору преподавателя)
15. Интерпретация экспериментальных данных, получаемых с применением перечисленных методов (по выбору преподавателя)

Промежуточная аттестация (контрольная точка) предполагает посещаемость всех практических занятий, ответы на вопросы тестов и выполнение не менее половины домашних заданий.

Результаты **дифференцированного зачета** определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» ставится, если студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, способен самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность. Оценка «хорошо» ставится, если студент твердо знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает не критичные неточности в ответе. Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент, показывает фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирует базовые понятия. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.

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

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22922>

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.
7. Наноструктуры в электронике и фотонике /под ред.Ф. Рахмана. – Москва: Техносфера, 2010. – 343 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.

- в) 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 On-eNote, 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.).

г) 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 с исследовательским оборудованием по тематике курса.

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.