

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

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физического факультета



С.Н. Филимонов

2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Электронная микроскопия (лабораторный практикум)**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Фундаментальная физика»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.07.15

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 проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий;

ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2. Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования.

ИПК 1.1- Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования ;

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Ознакомиться с устройством электронного микроскопа;
- Ознакомиться с некоторыми практическими методами исследования металлических сплавов, фазового состава, анализа кристаллографических разориентировок зеренной структуры.

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, входит в модуль по выбору "Физика металлов".

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

Семестр 8, зачет .

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

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Кристаллография, Физика твердого тела.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лабораторные работы: 30 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Методика работы на электронном микроскопе

Устройство электронного микроскопа СМ-, основные принципы их работы

Подготовка прибора к работе и его юстировка; работа в режимах темного и светлого поля, микродифракции.

Методы электрохимической обработки поверхности металлических материалов. Методика приготовления реплик с экстракцией частиц неметаллических фаз. Электролитические методы приготовления тонких металлических фольг

Тема 2. Электронномикроскопический и электронографический фазовый анализ

Электронномикроскопическое исследование размеров и кристаллической структуры высокодисперсных частиц вторичных фаз методом их экстрагирования на углеродные реплики. Получение и анализ кольцевых электронограмм. Определение размеров частиц с использованием их темнопольных изображений.

Тема 3 Электронномикроскопическое исследование дефектов кристаллической решетки

Получение и анализ микроэлектронограмм от монокристаллического объекта с известным типом кристаллической решетки; оси зоны кристалла. Определение толщины фольги. Исследование дислокационной структуры. Работа в режимах светлого и темного поля. Анализ малоугловых разориентировок в субструктурах полигонизации.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения лабораторных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

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

Промежуточная аттестация по лабораторному практикуму проводится в форме зачета, который предусматривает написание отчетов по проведенным лабораторным работам.

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

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22062>

б) Методические указания по проведению лабораторных работ.

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

а) основная литература:

1. Фульц Б. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов / Б. Фульц, М. Хау Дж. – Москва: Техносфера, 2011. – 904 с.
2. Электронная микроскопия : учеб. пособие / А.И. Власов, К.А. Елсуков, И.А. Косолапов. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 168 с.
3. Хирш П., Хови А., Николсон Р., Пэшли Д., Уэлан М. Электронная микроскопия тонких кристаллов. - Изд. “Мир”. - Москва, 1968. - 576 с. Главы 1-7.
4. Утевский Л. М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. - Изд. “Металлургия. - Москва, 1973. - 584 с.
5. Бушнев Л.С., Колобов Ю.Р., Мышляев М.М. Основы электронной микроскопии. - Изд. Томского университета. - Томск, 1990. - 220 с.

6. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. - Изд. "Мир". - Москва, 1972. - 300 с.

б) дополнительная литература:

1. Утевский Л. М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. - Изд. "Металлургия. - Москва, 1973. - 584 с.
2. Томас Г., Гориндж М. Дж. Просвечивающая электронная микроскопия материалов. - Изд. "Наука". - Москва, 1983. - 320 с.
3. Спенс Дж. Экспериментальная электронная микроскопия высокого разрешения. - Изд. "Наука". - Москва, 1983. - 320 с.
4. Основы аналитической электронной микроскопии / Под. ред. Грена Дж. Дж., Гольдштейна Дж. И., Джоя Д.К., Ромига А.Д.: Пер. с англ. под ред. Усикова М.П. — М.: Metallurgy, 1990. 584 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
5. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
7. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
8. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
10. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>
11. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>
12. [www.matter.org.uk/tem/](http://www.matter.org.uk/tem/) /
13. [https://www.jic.ac.uk/microscopy/intro\\_EM.html](https://www.jic.ac.uk/microscopy/intro_EM.html)
14. [www.doitpoms.ac.uk](http://www.doitpoms.ac.uk) › TLP Library

### 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 On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX;

– 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**

Лаборатория с оборудованием для подготовки образцов для исследования и электронным микроскопом СМ-12.

#### **15. Информация о разработчиках**

Дитенберг Иван Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, заведующий кафедрой.

Пинжин Юрий Павлович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, доцент.