

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан  
Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Физические методы исследования материалов**

по направлению подготовки / специальности

**15.03.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**Компьютерный инжиниринг конструкций, биомеханических систем и материалов**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема  
**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
Э.Р. Шрагер  
Ю.Н. Рыжих

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

Томск – 2024

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ОПК-7 Способен нести ответственность за принятие решений по части или всем сложным видам инженерной деятельности.

ОПК-8 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.

ПК-1 Способен осуществлять проведение расчетов композиционных материалов и микромеханики.

ПК-2 Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-3 Способен выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РООПК-7.1 Знает оценки эффективности результатов профессиональной деятельности

РООПК-7.2 Умеет выбирать средства и технологии, в том числе с учетом последствий их применения в профессиональной сфере, определять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования

РООПК-8.1 Знает методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации

РООПК-8.2 Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации

РОПК 1.1 Знает основы технологии конструкционных и композиционных материалов, основы упругости, пластичности и ползучести, основы механики композиционных материалов и конструкций, основы материаловедения, физические и механические характеристики конструкционных и композиционных материалов, основы теплопроводности и теплопередачи, основы усталостной прочности, основы теории устойчивости конструкций, основы теории проведения измерений при экспериментальных работах

РОПК 1.2 Умеет применять методики расчета на прочность конструкций различной сложности, составлять математические модели с учетом геометрической нелинейности элементов силовых, температурных воздействий, и пластичности материалов, проводить расчеты на прочность аналитическими и численными методами решения задач механики,

проводить расчеты на прочность в универсальных программных системах конечно-элементного анализа, читать и понимать техническую документацию на английском языке, использовать стандартное программное обеспечение при оформлении документации и инженерных расчетов, использовать программное обеспечение для расчетов на прочность

РОПК 2.1 Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок, методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации

РОПК 2.2 Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации

РОПК 3.1 Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок, отечественный и международный опыт в соответствующей области исследований, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.

РОПК 3.2 Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы проведения экспериментов

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить физические методы исследования материалов, понять принципы работы основных методов исследования материалов и сформировать алгоритмы проведения требуемых исследований для получения конкретной информации о структуре, строении и составе материалов, в зависимости от решаемых задач.

– Научиться применять реальные подходы отдельных методов исследования материалов для решения практических задач профессиональной деятельности.

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

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Восьмой семестр, 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: Физика, Материаловедение и технология конструкционных материалов. Студент должен знать: основные термины, понятия, законы, принципы, методы указанных дисциплин.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 14 ч.

-лабораторные: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

**Тема 1. Введение. Оптические методы исследования материалов.**

Краткое содержание темы: Тема посвящена методам оптической микроскопии.

Включает в себя рассмотрение таких понятий как строение вещества, строение твердых тел, масштабные уровни структуры, оптическая микроскопия, методы наблюдения (светлого поля, темного поля, в поляризованных лучах, фазового контраста, интерференционная микроскопия, дифференциальная интерференционно-контрастная микроскопия, оптическая металлография, конфокальная микроскопия).

**Тема 2. Дифракционный анализ.**

Краткое содержание темы: Рассматриваются такие понятия как интерференция и дифракция рентгеновского излучения, пучка электронов или нейтронов, непрерывный и характеристический рентгеновские спектры, преломление рентгеновских лучей, ослабление рентгеновского излучения при прохождении через материал и при дифракционном анализе, поглощение материалами рентгеновского излучения. Уделяется внимание вопросам выбора, фильтрации и монохроматизации излучения. Затрагиваются такие понятия кристаллографии как кристаллическая решетка, пространственная решетка, элементарная ячейка, ячейки Бравэ, а также принятые в кристаллографии и рентгеноструктурном анализе обозначения.

**Тема 3. Анализ материалов методом дифракции рентгеновского излучения.**

Краткое содержание темы: Рассматриваются рассеяние рентгеновских лучей отдельными атомами, условия Лауэ, формула Вульфа-Брэгга, разрешенные и запрещенные рефлексы, обратная решетка, построение Эвальда, интерференционная функция, факторы, влияющие на интенсивность вторичного луча.

**Тема 4. Растровый электронный микроскоп.**

Краткое содержание темы: Рассматривается устройство растрового электронного микроскопа, формирование пучка в микроскопе, фокусировка луча.

**Тема 5. Регистрация сигналов и прикладная электронная микроскопия.**

Краткое содержание темы: Затрагиваются вопросы, связанные с регистрацией сигнала при растровой электронной микроскопии, кратко характеризуются виды детекторов, использующихся в микроскопии, уделяется внимание вопросам пробоподготовки.

**Тема 6. Анализ материалов методом просвечивающей электронной микроскопии.**

Краткое содержание темы: Кратко описывается устройство просвечивающего электронного микроскопа, рассматриваются способы пробоподготовки, характеризуются физические принципы, лежащие в основе методов ПЭМ.

**Тема 7. Анализ материалов методами атомно-силовой микроскопии, Рамановской, Оже, рентгенофлуоресцентной и энергодисперсионной спектроскопии.**

Краткое содержание темы: Рассматриваются методы атомно-силовой микроскопии, Рамановской, Оже, рентгенофлуоресцентной и энергодисперсионной спектроскопии. Затрагиваются вопросы пробоподготовки и интерпретации результатов, получаемых данными методами.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

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

Зачет в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

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

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24738>

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

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

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

а) основная литература:

- Растворная электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение / [Роберт Андерхальт, Поль Анзалоне, П. Роберт Апкариан и др.] ; под ред. Уэйли Жу и Жонг Лин Уанга ; пер. с англ. С. А. Иванова и К. И. Домкина ; под ред. Т. П. Каминской. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 582 с. – Режим доступа ЭБС Лань: [https://e.lanbook.com/book/66212#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/66212#book_name)

- Попечителев Е. П. Технические методы диагностики биоматериалов: [учебное пособие] / Е. П. Попечителев. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 315 с.

б) дополнительная литература:

- Кларк Эшли Р. Микроскопические методы исследования материалов: пер. с англ. / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. — Москва: Техносфера, 2007. — 371 с.;

- Фульц Брент. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов: пер. с англ. / Б. Фульц, Дж. Хай. — Москва: Техносфера, 2011. — 904 с.: ил. — Мир физики и техники. — Библиогр.: с. 805-820.

- Современные методы исследования материалов и нанотехнологий: учебное пособие: (лабораторный практикум) / [М. А. Бубенчиков, Е. Э. Газиева, А. О. Гафуров и др.; под ред. В. И. Сырямкина]. – Томск: Издательство Том. ун-та, 2010. – 365 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000395423>

- Зевайль А. Трёхмерная электронная микроскопия в реальном времени / А. Зевайль, Дж. Томас; пер. с англ. А. В. Сухова. – Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 327 с.

- Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий: учебное пособие / Л. И. Тушинский, А. В. Плохов, А. О. Токарев, В. И. Синдеев. — Москва: Мир, 2004. — 384 с.;

- Косенков Владимир Михайлович. Рентгенография в реакторном материаловедении / В. М. Косенков; Ульяновский государственный университет. — 2-е

изд., перераб. и доп. — Ульяновск: Изд-во Ульяновского ГУ, 2006. — 168 с.: ил. — Библиогр.: с. 160-167.;  
- Синдо Дайзуке. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия: пер. с англ. / Д Синдо, Т. Оикава. — Москва: Техносфера, 2006. — 253 с.;  
- Егорова Ольга Владимировна. Техническая микроскопия. Практика работы с микроскопами для технических целей / О. В. Егорова. — 2-е изд., перераб. — Москва: Техносфера, 2007. — 360 с.;  
- Химич М.А. Физические методы исследования материалов: учебно-методическое пособие. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2023. — 128 с.  
- Химич М.А. Введение в рентгеноструктурный анализ: учеб. пособие. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2022. — 88 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/> (Электронный ресурс SpringerLink: <http://link.springer.com/>);
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000-. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>? ;
- Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru>
- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

### 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);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);
- программа Powder Cell (в открытом доступе).

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/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

- Учебные материалы по курсу кристаллохимия (в свободном доступе) –  
<http://www.chem.msu.su/rus/lab/phys/cryschem/lectures/index.html>
- открытая база данных (в свободном доступе) – <http://www.crystallography.net/cod/>
- JP-Minerals (в свободном доступе) – <https://jp-minerals.org/en/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий практического типа, 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**

Химич Маргарита Андреевна, к.т.н., Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, н.с./ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Физико-технический факультет, доцент/ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томский материаловедческий центр, инженер.