

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

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
И.о. декана  
А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

**Химия твердого тела и химическое материаловедение**

по специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Специализация:

**Фундаментальная и прикладная химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Химик / Химик-специалист. Преподаватель химии**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
В.В. Шелковников

Председатель УМК  
В.В. Шелковников

Томск – 2024

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии;

ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием;

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения;

ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы

РООПК 2.1 Знает стандартные приемы и операции, используемые при получении веществ неорганической и органической природы

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования

РООПК 2.3 Умеет проводить стандартные синтезы по готовым методикам, выполнять стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов, а также использовать серийное научное оборудование для изучения их свойств

РООПК 3.2 Умеет решать расчетно-теоретические задачи химической направленности по разработанным методикам, использовать аппарат теоретической химии и физики для грамотной интерпретации полученных результатов

РОПК 1.2 Умеет выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– сформировать у студентов представления о развитии химии твердого тела, а также ее роли в науке, практике для решения задач профессиональной деятельности;

– научить применять теоретические представления описания химической связи и химических превращений твердых тел и соотносить свойства твердых тел и материалов с их структурой и дефектностью;

– научить применять фундаментальные физико-химические принципы для создания материалов;

научить обосновывать выбор методик получения и методов исследования твердых веществ и материалов на их основе.

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

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль Неорганическая химия и химическое материаловедение.

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

Восьмой семестр, экзамен

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Физическая химия» и «Кристаллохимия».

#### **6. Язык реализации**

Русский

#### **7. Объем дисциплины**

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

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 48 ч.

в том числе практическая подготовка: 48 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

##### **Тема 1. Основные понятия и предмет химии твердых веществ (ХТВ).**

Спецификация химии твердого состояния как раздела химической науки. Методология науки о твердофазном веществе. История развития ХТВ. Классификация твердых веществ. Химический и физический подход к описанию природы твердого вещества. Химическая связь в твердых телах. Электронная и остовная подсистемы твердого тела. Основные модели твердых веществ: зонная, остовная.

##### **Тема 2. Кристаллохимические основы ХТВ. Кристаллическое и некристаллическое состояние вещества. Реальные кристаллы.**

Строение твердых веществ. Кристаллохимические основы ХТВ. Кристаллическое состояние вещества. Идеальный кристалл. Формы кристаллов. Ионные, металлические, ковалентные, молекулярные кристаллы. Свойства кристаллов. Расчет энергии кристаллической решетки. Поляризация.

Реальные кристаллы. Дефекты в твердом теле. Символика дефектов, причины возникновения, типы дефектов. Точечные дефекты. Расчет равновесной концентрации дефектов (термодинамический и квазихимический подход). Квазихимические реакции. Влияние дефектов на свойства твердых веществ. Линейные дефекты. Химические соединения, твердые растворы, нестехиометрические соединения (соединения переменного состава), механические смеси.

Некристаллические твердые вещества: аморфные, стеклообразные, полимеры, ситаллы, керамика.

##### **Тема 3. Факторы, определяющие реакционную способность твердых веществ. Поверхность твердого тела.**

Термодинамический и кинетический аспект существования стабильного и метастабильного состояния вещества. Реакционная способность твердых веществ. Факторы, определяющие реакционную способность твердых веществ. Дисперсные, тонкоплочные и макроскопические твердые тела. Поверхность твердого тела.

Поверхностные явления и процессы. Влияние состояния поверхности на свойства веществ. Методы изучения свойств поверхности.

#### **Тема 4. Твердофазные реакции.**

Реакции твердых веществ, классификация и типы. Реакции, инициируемые тепловой энергией: термодинамическое описание, механизмы таких реакций. Фотохимические реакции, основные модели и механизмы. Реакции, инициируемые электрическим полем. Методы исследования твердофазных реакций.

**Тема 5. Фундаментальные физико-химические принципы создания материалов.** Роль фазового состава и фазовых равновесий в формировании материала. Физическая и химическая совместимость материалов. Физико-химические основы технологии материалов, системный анализ в химическом материаловедении.

#### **Тема 6. Основные методы синтеза материалов.**

Методология создания новых материалов с заданными свойствами: классический синтез, направленный и целенаправленный синтез (ЦНС) веществ и материалов (алгоритм ЦНС). Вещество как предшественник материала, взаимосвязь фундаментальных, функциональных и целевых свойств. Современные методы синтеза материалов: химическая сборка, матричный синтез, эпитаксия, общетехнологические методы, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), плазмохимический, криохимический, механохимический, метод взрыва. Особенности синтеза монокристаллических, пленочных, порошкообразных материалов, стекла и керамики.

#### **Тема 7. Состояние и свойства поверхности твердых веществ на примере оксидов**

Структура кристаллов в поверхностном слое оксида. Термин «поверхностный центр» и их типы: электронодонорные ионы кислорода, электроноакцепторные катионы металлов, гидроксильно-гидратный покров. Образование на поверхности оксидов групп «металл-кислород», за счет адсорбции кислорода воздуха на катионах металла. Прочность связи поверхностных ионов. Льюисовские кислотные центры. Бренстедовские кислотные центры. Сила центров. Влияние валентности катионов на силу льюисовских и бренстедовских центров. Акцепторная способность катионов в различных степенях окисления. Закономерности в изменении кислотно-основных свойств поверхности по периодической системе.

#### **Тема 8. Методы изучения поверхности оксидов**

Изучение состояния поверхности оксидов методом ИК-спектроскопии. Классический метод обнаружения на поверхности бренстедовских и льюисовских центров. Молекулы-зонды. Изучение кислотно-основных свойств поверхности методом рН-метрии.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, входного теста по остаточным знаниям дисциплин: «Неорганическая химия», «Физическая химия» «Кристаллохимия»; устного коллоквиума, включающего теоретические вопросы и практические задания по теме: «Кристаллохимические основы ХТВ. Реальные кристаллы.»; выполнения лабораторных работ и написания отчетов по лабораторным работам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль 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**

Экзамен в восьмом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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 среде электронного обучения iDO - <https://lms.tsu.ru/enrol/index.php?id=23446>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
  - в) С.А. Кузнецова УМК «Оксиды в химическом материаловедении» //Электронно-образовательный ресурс, Изд-во: Томск, 2009, на CD –диске. ([ido.tsu.ru/tsu\\_res/res30/](http://ido.tsu.ru/tsu_res/res30/))
  - г) Козик В.В., Борило Л.П., Кузнецова С.А., Лютова Е.С. Химия твердого тела и химическое материаловедение: учебно-методическое пособие: Томск: Издательский Дом ТГУ. 2018. 53 с.

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

- а) основная литература:
  1. Фахльман Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии. / под ред. Третьякова Ю. Д. и Гудилина Е. А. // Изд. – во. Интеллект. 2011. 463 с.
  2. Владимиров Г. Г. Физика поверхности твердых тел. Санкт-Петербург: Лань . 2016. 348.
- б) дополнительная литература:
  - Ярославцев А. Б. Химия твердого тела. М.: Научный мир. 2009. 322 с.
  2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела. Санкт-Петербург: Лань , 2011. 288 с.
  3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. / пер. под общ. ред. А. А. Гусева // Москва: Альянс, 2013. 790 с.
  4. Волынский А., Бакеев Н. Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твердых полимеров. М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ 2014. 536 с.
  5. Гусев А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле. Москва: Физматлит . 2007. 855 с.
- в) ресурсы сети Интернет:
  - Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
  2. РХТУ Менделеева базы данных <http://crystal.imet-db.ru/>
  3. Образовательная программа «Кристаллическая и реальная структуры неорганических материалов» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/2.html>
  4. Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
  5. Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
  6. Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
  7. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
  8. 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.).

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

### 14. Материально-техническое обеспечение

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации; интерактивной доской (аудитория № 402 6-го учебного корпуса ТГУ) Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»);

Лабораторные аудитории (№ 102, 6-го учебного корпуса ТГУ).

Лаборатории оснащены вытяжными и сушильными шкафами, муфелями, весами, электроплитками, дистилляторами, центрифугами, термометрами; стеклянной и фарфоровой посудой; необходимыми для выполнения лабораторных работ реактивами.

### 15. Информация о разработчиках

Автор программы: Кузнецова Светлана Анатольевна, канд. хим. наук, доцент, кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Рецензент: Лютова Екатерина Сергеевна, канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент