

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

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета  
А.С. Князев

«16» августа 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Химия твердого тела и химическое материаловедение**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Химия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**


Год приема

**2022**

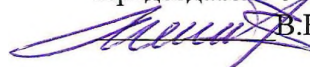
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.02.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.В. Шелковников

Председатель УМК

 В.В. Хасанов

Томск – 2022

## **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.

– ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

– ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

ИОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИПК-1.1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.

ИПК-1.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.

ИПК-1.3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.

ИПК-1.4. Готовит объекты исследования.

## **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 профессиональному циклу, части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина по выбору.

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

Семестр 8, 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 часа, из которых:

- лекции: 16 ч.;
- семинарские занятия: 0 ч.;
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 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 остоновая подсистемы твердого тела. Основные модели твердых веществ: зонная, остоновая.

##### ***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, тонкопленочные 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 позволяет проверить приобретенные знания по ОПК-1 (ИОПК-1.1., ИОПК-1.3), ОПК-2 (ИОПК-2.1, ИОПК-2.2, ИОПК-2.3, ИОПК-2.4.), ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-1.4).

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

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и 1 практическую задачу. Содержание экзаменационных билетов позволяет проверить сформированность компетенций ОПК-1 и ОПК-2. Продолжительность подготовки ответа по билетам 45 минут, ответ 20 минут.

*Примерное содержание экзаменационных билетов:*

1. Основные состояния твердого вещества (кристаллическое, некристаллическое, стеклообразное состояние вещества, ситаллы, керамика, ультрадисперсные вещества).
2. Точечные дефекты. Дефекты замещения. Дефекты внедрения. Дефекты вычитания.
3. Запишите цикл Борна-Габера для ионных, ковалентных, атомных, молекулярных кристаллов и дайте аналитическую запись энергии для каждого цикла. Проведите анализ величин, входящих в уравнения.

*Критерии оценивания:*

- студент определяет основные особенности состояния вещества (1 задание);
- оценивает особенности дефектов замещения, внедрения, вычитания. Приводит примеры (задание 2);
- владеет навыками написания цикла Борна-Габера для ионных, ковалентных, атомных, молекулярных кристаллов и дает аналитическую запись энергии для каждого цикла. Проводит анализ величин (3 задание).

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично – студент самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Хорошо – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Удовлетворительно – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, но допускает не более 3 ошибок, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи;

Неудовлетворительно – студент не может в логической последовательности и исчерпывающе отвечать на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, не умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное, устанавливать причинно-следственные связи.

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

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23446>
- б) Кузнецова С. А. УМК «Оксиды в химическом материаловедении» //Электронно-образовательный ресурс, Томск, 2009, на CD – диске. (ido.tsu.ru/tsu\_res/res30/)
- в) 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:

- Фахльман Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии. / под ред. Третьякова Ю. Д. и Гудилина Е. А. // М. : Интеллект. 2011. – 463 с.
- Владимирова Г. Г. Физика поверхности твердых тел. Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 348 с.

б) дополнительная литература:

- Ярославцев А. Б. Химия твердого тела. М. : Научный мир, 2009. – 322 с.
- Епифанов Г. И. Физика твердого тела. Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 288 с.
- Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. / пер. под общ. ред. А. А. Гусева // М. : Альянс, 2013. – 790 с.
- Волынский А., Бакеев Н. Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твердых полимеров. М. : Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 536 с.
- Гусев А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле. М. : 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/>
- РХТУ Менделеева базы данных <http://crystal.imet-db.ru/>
- Образовательная программа «Кристаллическая и реальная структуры неорганических материалов» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/2.html>
- Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
- Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
- Образовательная программа «Физика твердого тела» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/6.html>
- Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
- 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 – <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**

Обучение дисциплине осуществляется с использованием следующих площадей и оборудования:

– лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации; интерактивной доской (аудитория № 402 6-го учебного корпуса ТГУ);

– 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**

Кузнецова Светлана Анатольевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.