

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Кристаллохимия полупроводников**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Фундаментальная физика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

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**

– Получить представления о структуре кристалла и структурном типе, координационном числе и координационном многограннике, теории плотнейших шаровых упаковок, химической связи в твердых телах, энергии кристаллической решетки, изоморфизме и полиморфизме в кристаллах.

– Научиться применять понятийный и математический аппарат кристаллографии, теории симметрии, кристаллохимии кристаллов для описания моделей структуры кристаллов, кристаллохимической классификации материалов, анализа кристаллических структур и связи свойств материалов с фундаментальными свойствами элементов и химической связью в твердых телах.

## **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.

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

Шестой семестр, зачет

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: общая физика, симметрия кристаллов, основы рентгеноструктурного анализа.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

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

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

### Тема 1. Структура кристаллов.

Структура кристалла и структурный тип. Структура меди. Структура  $\alpha$ -Fe. Структура Mg. Структура алмаза. Структура графита. Простейшие структуры соединений типа AX. Структура NaCl, CsCl, Структура ZnS. Структура сфалерита, вюртцита. Структура никелина NiAs. Структура BN. Структура соединений AX<sub>2</sub>. Структура CaF<sub>2</sub>.

### Тема 2. Координационное число и координационный многогранник.

Понятие координационного числа и координационного многогранника. Классификация структур по координационным числам. Изображение структур с помощью координационных многогранников.

### Тема 3. Теория плотнейших шаровых упаковок.

Теория плотнейших шаровых упаковок. Гексагональная и кубическая плотнейшие шаровые упаковки. Пустоты плотнейших шаровых упаковок. Многослойные упаковки. Обозначения плотнейших шаровых упаковок. Симметрия шаровых упаковок. Теория плотнейших шаровых упаковок в кристаллохимии.

### Тема 4. Описание моделей структуры кристаллов.

Порядок записи при изучении моделей кристаллографических структур. Описание структуры сфалерита ZnS, NiAs, NaCl, Cu, Mg, CaF<sub>2</sub>, CsCl,  $\alpha$ -Fe, алмаза.

### Тема 5. Кристаллохимическая классификация материалов.

Принципы кристаллохимической классификации материалов. Характерные типы кристаллических решёток полупроводников. Факторы, определяющие структуру кристаллов. Формы записи классов полупроводниковых материалов.

### Тема 6. Химическая связь в твердых телах.

Периодическая система химических элементов и строение атомов. Химическая связь в твердых телах. Основные типы химической связи. Структура простых веществ с ковалентными связями. Гибридизация связей. Ковалентно-ионная (дативная) связь. Кристаллические структуры сложных соединений с ковалентной связью. Металлическая связь. Ван-дер-ваальсова (молекулярная) связь. Водородная связь. Промежуточные типы связи.

### Тема 7. Энергия решётки в кристаллах.

Квантово-механические теории химической связи. Единый подход к кристаллам с разными типами связей. Энергетический спектр электронов в кристаллах. Энергия решётки в ионных кристаллах. Энергетический спектр в кристаллах с металлической и ковалентной связью. Энергия решётки в металлических кристаллах. Энергия решётки в кристаллах с Ван-дер-ваальсовой связью.

### Тема 8. Поляризуемость и поляризация. Изоморфизм и полиморфизм в кристаллах.

Поляризуемость и поляризация. Поляризация и ограничения ионной связи. Дисперсионные силы. Дорентгеновские работы по изоморфизму. Рентгеноструктурные исследования изоморфных веществ. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Изоморфизм с заполнением пространства. Дорентгеновские работы по полиморфизму. Структурная классификация типов полиморфизма.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, опросов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий (решение задач) 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 пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и два контрольных вопроса. 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 «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21908>

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

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. - М.: Наука, 1971.

2. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1984.

3. Современная кристаллография. / Гл. редактор акад. Вайнштейн Б.К. - Т. 1. - М.: Наука, 1979.

4. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. – М.: Высшая школа, 1982.

5. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1964.

б) дополнительная литература:

1. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. - М: ЛИБРОКОМ, 2014.- 303с.

2. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий курс. - М: Изд-во МГУ, 2010. - 254с.

3. Егоров-Тисменко Ю. Кристаллография и кристаллохимия. – КДУ. – 2010.-588с.

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

Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов Института экспериментальной минералогии РАН (<http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index.php>)

## 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**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского 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.

Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ, компьютерный класс с доступом в интернет.

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

Бобровникова Ирина Анатольевна, кандидат физ.-мат. наук, ТГУ, кафедра физики полупроводников, доцент.