

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.08.2023 16:25:09  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Физическая кристаллография**

Направление подготовки

03.03.03 Радиоп физика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

2 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Иванова А.И.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Курс основан на классической теории симметрических преобразований. В курсе изучаются основные свойства кристаллов, симметрия идеальных и реальных кристаллов, основные понятия геометрической кристаллографии и кристаллохимии, теория роста кристаллов, основные области применения кристаллических материалов. Курс является основой для ряда специальных предметов.

**Целью** изучения дисциплины является получение знаний и компетенций в области теории строения кристаллических материалов, способов описания и исследования характеристик кристаллов, умение правильно определить классы симметрии кристаллов и их структуры.

#### **Задачи**

– изучение симметрии внешней формы кристалла, симметрии кристаллической решетки, символики обозначения кристаллографических узлов, направлений, плоскостей, изучение взаимодействия элементов симметрии, формирование навыков анализа кристаллов разных сингоний, изучение основ кристаллохимии

- формирование умений и навыков определения класса симметрии, сингонии и категории кристаллов, определения простой формы и стереографической проекции

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Физическая кристаллография» изучается в Блоке 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. "Физическая кристаллография" базируется на курсах "Физика" (физика твердого тела), "Химия" (типы химических связей, валентность, электроотрицательность, физическая химия), "Математика" (осевая, центральная, зеркальная, трансляционная симметрия). Дисциплина является основой для

курсов "Кристаллофизика", "Физика кристаллизации", "Физика нелинейных кристаллов", "Кристаллооптика", "Акустооптика".

**3. Объем дисциплины:** 2 зачетные единицы, 72 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 32 часа, лабораторные работы 16 часов;

**самостоятельная работа:** 24 часа.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними.
ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.	ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований. ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Зачет в 4 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**1.Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
<b>1. Основные понятия о кристаллах. Кристаллы в науке и технике.</b> Определение кристаллов. Предмет кристаллографии. Природные и технические кристаллы. Важнейшие свойства кристаллов. Применение кристаллов. Инфракрасная оптика. Акустооптика. Пьезотехника. Фотоэлектроника. Микроэлектроника. Кристаллооптика. Лазерная техника. Ювелирная техника. Фотопреобразователи.	2	2				
<b>2.Элементы симметрии кристаллов</b> Понятие о симметрии. Конечные и бесконечные элементы симметрии. Формулы симметрии кристаллов по Герману-Могену, Флинту, Шенфлису.	4	2				2
<b>3.Виды симметрии. Сингонии. Категории</b> Сингонии, категории, виды - определения. Единичные направления. Низшая категория. Средняя категория. Высшая категория. Симметрия идеальных и реальных кристаллов.	6	2		2		2
<b>4. Гониометрия кристаллов.</b> Закон постоянства углов. Гониометрия. Стереографические проекции. Гномостереографическая и гномоническая проекции. Построение проекций. Кристаллографические символы. Определение символов узлов, направлений и граней кристаллов.	5	2		2		1

Индексы Миллера.					
<b>5. Кристаллическая решетка.</b> Элементарная ячейка. 14 типов решеток Браве. Симметрия кристаллических структур	6	2		2	2
<b>6. Установка кристаллов.</b> Кристаллографические символы. Определение символов узлов, направлений и граней кристаллов. Индексы Миллера Закон Вейса. Закон целых чисел. Индексы граней для кристаллов тригональной и гексагональной сингоний.	5	2		2	1
<b>7. Формы кристаллов</b> Простые формы низшей, средней и высшей категорий. Открытые и замкнутые простые формы. Комбинации простых форм.	5	2		2	1
<b>8. Сложные формы кристаллов.</b> Габитус. Облик. Закономерные и незаконмерные сростки. Скелеты и антискелеты, дендриты.	5	2		2	1
<b>9. Способы выращивания и исследования кристаллов.</b> Методы выращивания кристаллов. Выращивание кристаллов из гелей. Выращивание кристаллов из растворов. Выращивание кристаллов из расплава. Оборудование для роста кристаллов.	4	2			2
<b>10. Дефекты в кристаллах</b> Классификация дефектов. Виды дислокаций. Контур и вектор Бюргерса. Движение и взаимодействие дефектов	4	2			2
<b>11. Основы методов исследования свойств кристаллов.</b> Оптические исследования. Рентгеноструктурные исследования. ИК спектроскопия. Электронная микроскопия	6	2		2	2
<b>12. Основы кристаллохимии.</b> Координационное число. Координационный многогранник. Плотнейшие упаковки частиц структуры. Пределы устойчивости структур. Классификация кристаллических структур. по координационному типу.	4	2			2
<b>13. Типы связи в структурах.</b> Металлическая связь. Ионная связь. Ковалентная связь. Остаточная связь Ван-	4	2			2

дер-Ваальсова связь. Водородная связь. Общая природа химической связи						
<b>14. Кристаллохимические радиусы.</b> Межатомные расстояния. Атомные и ионные радиусы. Закономерности ионных радиусов. Правила Фаянса	6	2		2		2
<b>15. Фазовые переходы</b> Полиморфизм. Виды полиморфизма. Аллотропия. Фазовые переходы первого и второго рода. Правило Оствальда	4	2				2
<b>16. Изоморфизм.</b> Изоструктурность. Изоморфизм. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм. Диагональные ряды изоморфизма. Политипия.	4	2		2		
<b>ИТОГО</b>	72	32		16		24

### III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем (	Вид занятия	Образовательные технологии
<b>1. Основные понятия о кристаллах. Кристаллы в науке и технике.</b> Определение кристаллов. Предмет кристаллографии. Природные и технические кристаллы. Применение кристаллов. Инфракрасная оптика. Акустооптика. Пьезотехника. Фотоэлектроника. Микроэлектроника. Кристаллооптика. Лазерная техника. Ювелирная техника. Фотопреобразователи.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i>
<b>2. Элементы симметрии кристаллов</b> Понятие о симметрии. Конечные и бесконечные элементы симметрии. Единичные направления. Модели кристаллов. Классы кристаллов. Формулы симметрии кристаллов по Герману-Могену, Флинту, Шенфлису.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>3. Виды симметрии. Сингонии.</b> Сингонии, категории, виды - определения. Низшая категория. Средняя категория. Высшая категория.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>

Симметрия идеальных и реальных кристаллов.		
<b>4. Гониометрия кристаллов.</b> Закон постоянства углов. Гониометрия. Стереографические проекции Гномостереографическая и гномоническая проекции. .	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>5. Кристаллическая решетка.</b> Элементарная ячейка. 14 типов решеток Браве. Симметрия кристаллических структур	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>6. Установка кристаллов.</b> Кристаллографические символы. Определение символов узлов, направлений и граней кристаллов. Индексы Миллера Закон Вейса. Закон целых чисел. Индексы граней для кристаллов тригональной и гексагональной сингоний.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>7. Формы кристаллов</b> Простые формы низшей, средней и высшей категорий. Открытые и замкнутые простые формы. Комбинации простых форм..	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>8.Сложные формы кристаллов.</b> Габитус. Облик. закономерные и не закономерные сростки. Скелеты и антискелеты.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание</i>
<b>9. Способы выращивания и исследования кристаллов.</b> Методы выращивания кристаллов. Выращивание кристаллов из гелей. Выращивание кристаллов из растворов. Выращивание кристаллов из расплава. Оборудование для роста кристаллов.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Проектная технология</i>
<b>10. Дефекты в кристаллах</b> Классификация дефектов. Виды дислокаций. Контур и вектор Бюргера. Движение и взаимодействие дефектов. Методы исследования дефектов.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>11. Основы методов исследования свойств кристаллов.</b> Оптические исследования. Рентгеноструктурные исследования. ИК спектроскопия. Электронная	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание</i>

микроскопия.		
<b>12. Координационное число.</b> Координационное число. Координационный многогранник. Плотнейшие упаковки частиц структуры. Пределы устойчивости структур. Классификация кристаллических структур. по координационному типу.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>13. Типы связи в структурах.</b> Общая природа всех видов связи. Металлическая связь. Ионная связь. Ковалентная связь. Остаточная связь (Ван-дер-Ваальсова). Водородная связь. Энергия и длина связи.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>14. Кристаллохимические радиусы.</b> Межатомные расстояния. Атомные и ионные радиусы. закономерности ионных радиусов. Правила Фаянса	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач. Занятия с применением затрудняющих условий</i>
<b>15. Фазовые переходы</b> Полиморфизм. Типы полиморфизма. Полиморфные модификации. Фазовые переходы первого и второго рода. Правило Оствальда.	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач.</i>
<b>16. Изоморфизм.</b> Изоструктурность. Изоморфизм. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм. Диагональные ряды изоморфизма. Политипия	<i>Лекция традиционная, лекция-визуализация</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач.</i>

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**Форма проведения зачета:** студенты, освоившие программу курса «Физическая кристаллография» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).



**Для проведения текущей и промежуточной аттестации:**

**УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений:**

УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними.

**Задание:** Подготовка доклада-презентации "Методы выращивания кристаллов из расплава"

**Способ аттестации:** промежуточная аттестация (проект)

**Критерии оценки:** тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла; использованы публикации последних лет – 1 балл; определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;

**ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы:**

ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.

ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации.

**Задание:** Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов кубической сингонии

**Способ аттестации:** текущая аттестация

**Критерии оценки:**

- Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла
- Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл
- Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла

- Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла
- Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### а) основная литература:

1. Шаскольская М.П. Кристаллография / Шаскольская М.П. -М. 1984. -376с.
2. Егоров-Тисменко Ю.К.. Егоров-Тисменко Е.К. Кристаллография и кристаллохимия /Егоров-Тисменко Ю.К.. Егоров-Тисменко Е.К. М.: КДУ, 2010. -592с.
3. Васильев Д. Кристаллография: учеб.для вузов. СПб. 2008. 474.
4. Франк-Каменецкая О. В. Кристаллофизика: учебное пособие. - СПб.: Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 84 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457943>

### б) дополнительная литература:

1. Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии: учебник для студ. вузов, обуч. по физ. и хим. специальностям./ Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фаддеев. -М.: Физматлит, 2004. -498 с.
2. Ворошилов Ю.В. Павлишин В.И. «Основы кристаллографии и кристаллохимии.
3. Рентгенография кристаллов» Киев, КНТ, 2011. 568 стр.
4. Басалаев Ю. М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебное пособие. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>

### 2) Программное обеспечение

#### а) Лицензионное программное обеспечение

#### б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);

2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;

3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

[www.crystallography.ru](http://www.crystallography.ru), [www.crys.ras.ru](http://www.crys.ras.ru)

<http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index3.php>-

<http://www.shapesoftware.com/>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### ***План лабораторных работ***

1. Изучение элементов симметрии.
2. Решение кристаллографических задач.
3. Изучение стереографических проекций элементов симметрии и классов
4. Изучение кристаллографии сложных форм кристаллов.
5. Определение простых форм на кристаллографических моделях.
6. Изучение комбинаций простых форм на кристаллографических моделях
7. Определение символов граней, ребер, направлений.
8. Определение классов симметрии на кристаллографических моделях

- Практические задания

Практические задания №1

1. Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов ромбической сингонии. Указать отличия в количестве и существе элементов симметрии и их взаимном расположении.

2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.

3. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.

4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $L_2PC$ ,  $L_44L_25PC$ ,  $3L_24L_3$ .

#### Практические задания №2

1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов тетрагональной сингонии. Указать отличия в количестве и существовании элементов симметрии и их взаимном расположении.

2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.

3. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.

4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $1$ ,  $mm2$ ,  $m3$ .

#### Практические задания №3

1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов гексагональной сингонии. Указать отличия в количестве и существовании элементов симметрии и их взаимном расположении.

2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.

3. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.

4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $3m$ ,  $4mm$ ,  $m3m$ .

#### Практические задания №4

1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов кубической сингонии. Указать отличия в количестве и существо элементов симметрии и их взаимном расположении.

2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.

3. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.

4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $C$ ,  $L_44L_2$ ,  $3L_44L_36L_29PC$

- типовые тесты

Тест 1

1. Кристалл. Свойства кристалла

2. Кристаллическая структура

3. Элементы симметрии (определение, перечислить)

4. Конгруэнтное равенство

5. Теоремы о сочетании элементов симметрии

6. Единичное направление (определение, пример)

7. 3-н постоянства углов был установлен:

а) Н. Стеноном

б) Роме Делилем

в) М.В. Ломоносовым

г) И. Кеплером

Тест 2

1. Кристалл (определение)

2. Кристаллическая решетка

3. Элементы конечной симметрии (центр симметрии, поворотная ось симметрии, плоскость симметрии)

3. Элементы бесконечной симметрии (трансляция, плоскость скользящего отражения, винтовая поворотная ось)

4. Элементарный угол поворота

5. Единичная грань

6. Основные свойства обратной решетки

7.3-н рациональности отношений параметров (закон целых чисел) утверждает:

а) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как небольшие целые числа

б) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как большие нецелые числа

в) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как рациональные числа

### Тест 3

1. Сравнить следующие формулы симметрии кристаллов  $L_24L_2$  и  $422$ :

1. Приведены различные классы кристаллов.

2. Записаны одинаковые классы кристаллов, но в неприменяемом обычно виде.

3. Формулы симметрии совершенно аналогичные.

4. Формулы симметрии тождественны, но в практике обычно применяется второй по счёту вид записи.

### Тест 4

1. Как правильно указать наличие в монокристалле плоскости симметрии и перпендикулярной к ней двойной поворотной оси:

$\frac{2}{1, m}$

2.  $2/m$
3.  $2m$
4.  $2, m, \bar{1}$

#### Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических и лабораторных занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиков учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

#### **Требования к рейтинг-контролю**

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

Итоговый контроль проводится в форме зачета, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. Кристалл. Свойства кристалла (однородность, анизотропия, симметрия, способность самоограняться)
2. Монокристалл, поликристалл
3. Кристаллическая структура
4. Кристаллическая решетка
5. Элементы симметрии (определение)
6. Симметричная фигура
7. Элементы конечной симметрии (центр симметрии, поворотная ось симметрии, плоскость симметрии)

8. Элементы бесконечной симметрии (трансляция, плоскость скользящего отражения, винтовая поворотная ось)

9. Обозначения элементов симметрии по Флинту и в международной символике (плоскость симметрии, центр симметрии, поворотные оси симметрии, инверсионно-поворотные оси симметрии)

10. Конгруэнтное и энантиоморфное равенство

11. Теоремы о сочетании элементов симметрии

12. Элементарная ячейка

13. Единичное направление

14. Категории кристаллов (перечислить, описать)

15. Сингония (определение, перечислить)

16. Элементарный угол поворота

17. Простые формы (определение)

18. Открытые и закрытые простые формы (определение и примеры)

19. 3-н постоянства углов Стенона

20. 3-н рациональности отношений параметров (закон целых чисел)

21. Кристаллографические направления, плоскости.

22. Индексы кристаллографических плоскостей и направлений.

23. Координационное число

24. Координационный многогранник.

25. Классификация структурных типов по координационным признакам.

26. Типы связей в структурах (металлическая, ионная, ковалентная, Ван-дер-Ваальсова, водородная).

27. Гомо- и гетеродесмические структуры

28. Изоморфизм

29. Полиморфизм

30. Полиморфные переходы

31. Политипия

32. Политипы

33. Дефекты в кристаллах (классификация)



34. Дислокации (краевые, винтовые, плотность)
35. Контур и вектор Бюргерса.
36. Взаимодействие дефектов
37. Эффективный радиус атома (иона)
38. Закономерности размеров ионных радиусов
39. Правила Фаянса.
40. Стереографические проекции элементов симметрии, классов.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Учебная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Экран настенный Screen Media 153x203</li> <li>2. Комплект учебной мебели на 24 посадочных места</li> <li>3. Меловая доска</li> <li>4. Переносной ноутбук</li> <li>5. проектор EPSON EB-X05 с потолочным креплением</li> </ol>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.</p> <p>Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Google Chrome – бесплатно</p>

Реальные моно- и поликристаллы; модели простых форм и комбинаций; модели кристаллической структуры веществ, модели плотных упаковок, заготовки для производства интегральных схем и интегральные схемы.

## VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.02.09.20	Пространственные группы	Создана лекция на тему "Пространственные группы симметрии кристаллов"	
2.			