


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор архитектурно-строительного
института

« 28 »  2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Физика твердого тела

Направление подготовки:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки:

**Материаловедение и технологии
конструкционных и специальных материалов**

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: архитектурно-строительный

Кафедра: материаловедения и технологии материалов

Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ №1331 от 12 ноября 2015 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель (составители): к.г.-м.н., доц. И.В. Жерновский

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. В.В. Строкова

« 19 » января 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 19 » января 2016 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. В.В. Строкова

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 28 » января 2016 г., протокол № 6

Председатель: к.т.н., доц. А.Ю. Феоктистов

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-3	Готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: принципы структурообразования сплавов и природу процессов и явлений, проходящих в них при деформационных и термических воздействиях.</p> <p>Уметь: применять навыки работы со справочной литературой по физико-химическим свойствам кристаллов для профессионально-технологических целей или для научной работы.</p> <p>Владеть: навыками прогнозирования свойств металлических материалов при различных видах механических и термических воздействий.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Физика
2	Неорганическая химия

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
2	Металловедение
3	Методы неразрушающего контроля в материаловедении
4	Физико-химические процессы структурообразования в материаловедении
5	Активационные процессы в материаловедении

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	68	68
лекции	34	34
лабораторные		
практические	34	34

Самостоятельная работа студентов, в том числе:	112	112
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	67	67
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Э 36	Э 36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	К-во лекци- онных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Практические и др. занятия	Лабора- торные занятия	Само- стоятель- ная работа
1	2	3	4	5	6
<i>Межатомные взаимодействия в кристаллах</i>					
1	Основные понятия физики твердого тела. Цели и задачи курса. Кристаллическая структура твердых тел и их форма. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с не направленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая. ОЦК, ГЦК, ГПУ. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах.	1	2		3
<i>Структура и симметрия твердых тел</i>					
2	Строение кристаллических твердых тел: элементы точечной и трансляционной симметрии; базис, кристаллические классы, сингонии и решетки Бравэ. Простые и сложные решетки, стехиометрические соотношения. Координационные числа. Обозначения плоскостей и направлений, индексы Миллера. Обратная	4	4		8

	решетка. Анизотропия и симметрия физических свойств, тензорное описание. Методы определения строения кристаллов.				
Дефекты в твердых телах					
3	Общая классификация дефектов. Классическая и квантовая теории колебаний решетки; упругие свойства кристаллов. Упругие волны. Частотный спектр. Тепловые колебания, фононы, тепловая энергия, термодинамические функции твердых тел. Теплоемкости по Эйнштейну, Дебаю, закон Дюлонга-Пти. Термодинамика образования точечных дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Равновесная концентрация дефектов. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации. Электронно-спиновые свойства дефектов.	4	4		8
Динамика кристаллической решетки					
4	Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.	3	3		6
Тепловые свойства твердых тел					
5	Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Анггармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.	4	4		8
Дифракция в кристаллах					

6	Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Интерпретация Эвальда. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция на неупорядоченных (аморфных) структурах.	4	4		8
Основы электронной теории твердых тел					
7	Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Основные приближения зонной теории Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Приближение слабо- и сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.	4	4		8
Магнитные свойства твердых тел					
8	Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных	4	4		8

	полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.				
Диэлектрические свойства твердых тел					
9	Свойства диэлектриков в статических полях. Виды поляризации. Диэлектрическая восприимчивость. Эффективное поле и наведенная поляризация. Ориентация диполей. Электрострикция и пьезоэлектричество. Спонтанная поляризация, пиро- и сегнетоэлектрики. Доменная структура. Диэлектрики в переменных электрических полях. Виды диэлектрических потерь.	3	3		6
Оптические свойства кристаллов					
10	Фотопроводимость. Излучательная рекомбинация. Оптоэлектрические явления. Закономерности поглощения и излучения света твердыми телами. Неравновесные носители заряда, механизмы рекомбинации, время жизни. Центры окраски, люминесценция, фотопроводимость. Акустические свойства кристаллов.	2	2		4
	ВСЕГО	34	34		67

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во лекц. часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Межатомные взаимодействия в кристаллах	Семинар по теме лекции	2	2
2	Структура и симметрия твердых тел	Семинар по теме лекции	4	4
3	Дефекты в твердых телах	Семинар по теме лекции	4	4
4	Динамика кристаллической решетки	Семинар по теме лекции	3	3
5	Дифракция в кристаллах	Семинар по теме лекции	4	4
6	Основы электронной теории твердых тел	Семинар по теме лекции	4	4
7	Магнитные свойства твердых тел	Семинар по теме лекции	4	4
8	Магнитные свойства твердых тел	Семинар по теме лекции	4	4
9	Диэлектрические свойства твердых тел	Семинар по теме лекции	3	3
10	Оптические свойства кристаллов	Семинар по теме лекции	2	2
ИТОГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные работы не предусмотрены.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Межатомные взаимодействия в кристаллах	1. Классификация твердых тел по типу межатомной связи. 2. Энергия сил связи. 3. Молекулярные кристаллы. Силы Ван – дер – Ваальса. 4. Ионные кристаллы. Энергия решетки и постоянная Маделунга. 5. Ковалентные кристаллы. 6. Металлические кристаллы и металлическая связь. 7. Кристаллы с водородными связями. 8. Сравнительная характеристика различных типов связи в твердых телах.
2	Структура и симметрия твердых тел	1. Классификация структурных состояний твердого тела. 2. Кристаллические и аморфные тела. Ближний и дальний порядок. 3. Пространственная кристаллическая решетка. Однородность и анизотропия решетки. 4. Элементарная ячейка. 5. Ячейка Вигнера-Зейтца. 6. Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. 7. Трансляционные решетки Бравэ. 8. Кристаллографические символы. Задание узлов, направлений и плоскостей в кристаллической решетке. 9. Обратная решетка и ее свойства. Зоны Бриллюэна.
3	Дефекты в твердых телах	1. Классификация дефектов кристаллической решетки. 2. Тепловые и точечные дефекты и их свойства. Энергия образования дефекта. 3. Равновесная концентрация дефектов Шоттки. 4. Равновесная концентрация дефектов Френкеля. 5. Влияние колебательной энтропии на равновесную концентрацию точечных дефектов. 6. Комплексы точечных дефектов, энергия связи и концентрация. Комплексы “собственный дефект – примесный дефект”. 7. Неравновесные дефекты. 8. Миграция точечных дефектов в решетке. Конфигурационная модель дефекта. 9. Диффузия и ионная проводимость в твердых телах. 10. Методы исследования дефектной структуры кристаллов.
4	Динамика кристаллической решетки	1. Гармоническое и адиабатическое приближение. Нормальные колебания.

		<p>2. Колебания однородной струны. Упругие волны в кристаллах. Закон дисперсии.</p> <p>3. Колебания линейной цепочки одинаковых атомов.</p> <p>4. Граничные условия Борна-Кармана.</p> <p>5. Колебания линейной цепочки с двухатомным базисом. Акустические и оптические колебания.</p> <p>6. Колебания трехмерной решетки. Одноатомный кристалл с базисом.</p> <p>7. Спектр нормальных колебаний. Локализованные колебания.</p> <p>8. Фононы и фононная статистика.</p> <p>9. Тепловые свойства. Теплоемкость электронная и решеточная.</p> <p>10. Тепловые свойства. Термическое расширение твердых тел.</p> <p>11. Тепловые свойства. Теплопроводность.</p>
5	Тепловые свойства твердых тел	<p>1. Решеточная теплоемкость.</p> <p>2. Электронная теплоемкость.</p> <p>3. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.</p> <p>4. Классическая теория теплоемкости.</p> <p>5. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.</p> <p>6. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю.</p> <p>7. Предельные случаи высоких и низких температур.</p> <p>8. Температура Дебая.</p> <p>9. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение.</p> <p>10. Анггармонические колебания.</p> <p>11. Теплопроводность решеточная и электронная.</p> <p>12. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.</p>
6	Дифракция в кристаллах	<p>1. Дифракция рентгеновского излучения на кристаллах. Закон Вульфа-Бреггов.</p> <p>2. Уравнения Лауэ.</p> <p>3. Геометрическая интерпретация условия интерференции. Построение Эвальда.</p> <p>4. Что непосредственно определяется в дифракционном эксперименте – структурная амплитуда или структурный фактор?</p> <p>5. В чем заключается различная природа дифракции рентгеновского излучения, электронов и нейтронов?</p> <p>6. Особенности дифракции на неупорядоченных (аморфных) структурах.</p>
7	Основы электронной теории твердых тел	<p>1. Классификация твердых тел по электропроводности. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Сверхпроводники.</p> <p>2. Стационарное уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Электрон в периодическом поле.</p> <p>3. Функция Блоха – волновая функция электрона в кристалле. Энергетический спектр электрона в одномерном кристалле.</p>

		<p>4. Закон дисперсии для электронов в кристалле. Схемы периодических, расширенных и приведенных зон.</p> <p>5. Классификация твердых тел по характеру заполнения энергетических зон электронами.</p> <p>6. Динамические свойства электрона в кристаллической решетке.</p> <p>7. Приближение эффективной массы. Свойства эффективной массы электрона. Положительная дырка.</p> <p>8. Распределение электронных уровней по энергетическим зонам. Плотность состояний.</p> <p>9. Экспериментальные методы исследования энергетического спектра электронных состояний в твердых телах (рентгеновские и оптические).</p>
8	Магнитные свойства твердых тел	<p>1. Намагниченность и восприимчивость.</p> <p>2. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики.</p> <p>3. Закон Кюри.</p> <p>4. Закон Кюри - Вейсса.</p> <p>5. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.</p> <p>6. Фазовый переход в ферромагнитное состояние.</p> <p>7. Роль обменного взаимодействия.</p> <p>8. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.</p> <p>9. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).</p> <p>10. Антиферромагнетики.</p> <p>11. Точка Нееля.</p> <p>12. Восприимчивость антиферромагнетиков.</p> <p>13. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.</p> <p>14. Спиновые волны, магноны.</p> <p>15. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>16. Ядерный магнитный резонанс.</p>
9	Диэлектрические свойства твердых тел	<p>1. Свойства диэлектриков в статических полях.</p> <p>2. Виды поляризации.</p> <p>3. Диэлектрическая восприимчивость.</p> <p>4. Эффективное поле и наведенная поляризация.</p> <p>5. Ориентация диполей.</p> <p>6. Электрострикция и пьезоэлектричество.</p> <p>7. Спонтанная поляризация, пиро- и сегнетоэлектрики.</p> <p>8. Доменная структура.</p> <p>9. Диэлектрики в переменных электрических полях.</p> <p>10. Виды диэлектрических потерь.</p>
10	Оптические свойства кристаллов	<p>1. Фотопроводимость.</p> <p>2. Излучательная рекомбинация.</p> <p>3. Оптоэлектрические явления.</p> <p>4. Закономерности поглощения и излучения света твердыми телами.</p> <p>5. Неравновесные носители заряда, механизмы рекомбинации, время жизни.</p> <p>6. Центры окраски, люминесценция, фотопроводимость.</p> <p>7. Акустические свойства кристаллов.</p>

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

На выполнение индивидуального домашнего задания (ИДЗ) предусмотрено 9 часов самостоятельной работы студента.

Темы индивидуальных домашних заданий:

1. Рассеяние рентгеновских лучей в совершенных кристаллах.
2. Углеродные наноструктуры.
3. Процессы создания нанокompозитов.
4. Диаграмма состояний металлических систем.
5. Принципы моделирования картин рентгеновской дифракции.
6. Пространственная и временная когерентность света.
7. Рентгеновское синхротронное излучение и его применение для исследования структуры и свойств материалов.
8. Фазовые превращения в твердых телах.
9. Дислокация и пластичность твёрдых тел.
10. Феноменологические и первопринципные методы расчета фононного спектра кристаллов.

Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ) – это самостоятельная работа студента, которая выполняется по заданию преподавателя. Она имеет описательный характер и предполагает создание краткого научно-исторического обзора с целью показать способность использовать полученные в курсе «Физика твердого тела» знания, умение работать с литературой и информационными Web-источниками. Студент должен кратко и четко изложить в пояснительной записке полученные результаты.

Расчетно-пояснительная записка по ИДЗ должна включать:

- титульный лист,
- задание на ИДЗ,
- основной раздел,
- заключение (выводы),
- список использованной литературы.
- приложения (при необходимости).

Перечень конкретных вопросов, которые должны быть отражены в основном разделе ИДЗ, определяется преподавателем. Изложение материала основного раздела должно быть достаточно детальным, чтобы была возможность провести проверку результатов.

Заключение по работе должно содержать перечень и оценку результатов выполнения квалификационной работы и степени их соответствия требованиям задания. В приложения следует включать вспомогательный материал, необходимый, по мнению автора, для лучшего понимания изложенного материала, который, однако, загромождает текст основного раздела. Например, вывод используемого в ИДЗ графического иллюстративного материала и т.п.

Общий рекомендуемый объем расчетно-пояснительной записки по ИДЗ с приложениями составляет 10–15 страниц.

5.4. Перечень контрольных работ.

Не предусмотрено учебным планом.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Физика твердого тела: учебное пособие. / Ред. И.К. Верещагин. – 2-е изд. испр. – М.: Высшая школа, 2001. – 237 с.
2. Физика твердого тела: учебное пособие. / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – М.: Высшая школа, 2000. – 494 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник /Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иваноф, Л.Н. Расторгуев. – М.: Металлургия, 1982. – 631 с.
2. Физико-химические основы материаловедения: учебное пособие. / Г. Гоппштайн, пер с англ. К.Н. Золотова, Д.О. Чаркина, ред. В.П. Зломанова. – М.:Бином Лаборатория знаний, 2009. – 400 с.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

7.1. Перечень программного обеспечения


Для проведения занятий используется пакет программного обеспечения Microsoft Office Professional 2013 или аналог.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 6 заседания кафедры от «18» мая 2016 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  В.В. Строкова


Директор института д.т.н., проф.  В.А. Уваров

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 5 заседания кафедры от «23» мая 2017 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  В.В. Строкова

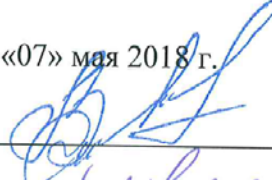
Директор института д.т.н., проф.  В.А. Уваров

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 6 заседания кафедры от «07» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  В.В. Строкова

Директор института д.т.н., проф.  В.А. Уваров

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 5 заседания кафедры от «30» мая 2019 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  В.В. Строкова

Директор института д.т.н., проф.  В.А. Уваров

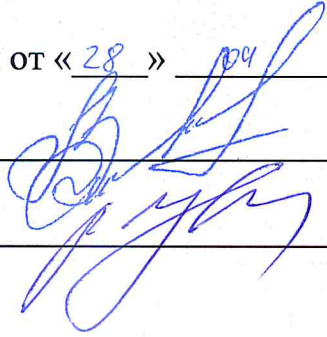
8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 3 заседания кафедры от « 28 » 04 2020 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  В.В. Строкова

Директор института д.т.н., проф.  В.А. Уваров

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Для повышения эффективности и наглядности преподавания любых дисциплин кристаллографической направленности, крайне желательно проводить занятия с демонстрацией моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур. Используемая, в настоящее время, демонстрация этих сложных пространственных объектов на мониторе компьютера (при помощи соответствующих программ) не всегда удовлетворяет требованиям наглядности. С дидактико-методической точки зрения, гораздо нагляднее для восприятия модели этих объектов. В связи с этим, желательно приобрести для использования в преподавательской практике набор кристаллических структур:

Cu (Au, Ag, Pt), Mg, α -, β -, γ -Fe, C (α -, β -графит), BN (борнитрид), C (алмаз, лонсдейлит), модификации ZnS (сфалерит, вюрцит) и C (карборунд), CsCl, NaCl (галит) = MgO (периклаз) = PbS (галенит), NiAs (никелин) = FeS (пирротин), CaF₂ (флюорит) = Li₂O, модификации TiO₂ (рутил, брукит, анатаз), модификации CaCO₃ (кальцит, арагонит), FeS₂ (марказит, пирит), MoS₂ (молибденит), CO₂, модификации CdI₂ = Mg(OH)₂ (брусит), Cu₂O (куприт), CaTiO₃ (перовскит), Al₂O₃ (корунд) = Fe₂O₃ (гематит), MgAl₂O₄ (шпинель).

Силикаты: (Mg,Fe)₂[SiO₄] (оливин), Ca₃Al₂[SiO₄] (гранат), Zr[SiO₄] (циркон), Al₂[SiO₄](F,OH)₂ (топаз), Zn₄[SiO₄](OH)₂·2H₂O (каламин = гемиморфит), BaTi[Si₃O₉] (бенитоит), Be₃Al₂[Si₆O₁₈] (берилл), Cu₆[Si₆O₁₈]·6H₂O (диоптаз), MgCa[Si₂O₆] (диопсид, Ca₃[Si₃O₉] (волластонит), Ca₂Mg₅[Si₄O₁₁]₂(OH)₂ (тремолит), Al₂[Si₂O₅](OH)₄ (каолинит), Mg₃[Si₂O₅](OH)₄ (серпентин), Al₂[Si₄O₁₀](OH)₂ (пирофиллит), Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂ (талък), KAl₂[Si₃AlO₁₀](OH)₂ (мусковит), K(Mg,Fe)₃[Si₃AlO₁₀](OH)₂ (биотит), CaAl₂[Si₂Al₂O₁₀](OH)₂ (маргарит), модификации SiO₂ (α -, β -кварц, тридимит, кристобалит), K[Si₃AlO₈] (ортоклаз).