

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 17 » 12 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

Направление подготовки 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов"

Профиль подготовки

Уровень высшего образования

бакалавриат

Форма обучения

очная

Семестр	Трудоем- кость, зач. ед. (час.)	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет)
IV	3 (108)	18	18		72	Зачет с оценкой
Итого	3 (108)	18	18		72	Зачет с оценкой

Владимир, 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Основы кристаллографии» является формирование инженерных знаний и навыков в области кристаллографии.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные общепрофессиональные и профессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО, к результатам освоения ОПОП ВО по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Таблица 1. Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Требования к результатам освоения программы бакалавриата
ОПК-5	способностью применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
ПК-6	способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК-11	способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Основы кристаллографии» относится к вариативной части блока 1 ОПОП ВО. Данную дисциплину студенты изучают во 4-м семестре.

Для успешного освоения студентами курса «Основы кристаллографии» необходимо знание основных курсов: математики, химии, физики.

Знания и навыки, полученные при изучении данного курса, широко применяются студентами при изучении других дисциплин блока 1: методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей; неметаллические и аморфные материалы; технология материалов функционального и конструкционного назначения; выбор материалов и технологий в машиностроении; ресурсо- и энергосбережение в производстве материалов.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Основы кристаллографии» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: основные принципы описания и изучения кристалла и кристаллического состояния вещества (ОПК-5; ПК-6, 11).

Уметь: самостоятельно изучать и рассматривать кристаллофизические особенности твердых тел с целью их применения и для получения различных свойств металлов и сплавов (ОПК-5; ПК-6, 11).

Владеть: способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов (ОПК-5; ПК-6, 11).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий:

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Консультации	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы, коллоквиумы	СРС			КП / КР
1	Тема 1	4	1-4	4						12		2/50	
2	Тема 2	4	5-6 7-8	4			14			12		6/33	Рейтинг 1
3	Тема 3	4	9-10 11-12	4			4			18		2/25	Рейтинг 2
4	Тема 4	4	13-15	3						18		2/67	
5	Тема 5	4	15-16 17-18	3						12		2/67	Рейтинг 3
Всего		4	18	18			18			72		14/39	Зачет с оценкой

4.2. Содержание разделов дисциплины

ВВЕДЕНИЕ. Кристаллография как наука. История развития кристаллографии. Разделы кристаллографии.

Тема 1. Основные понятия о кристаллах.

Тема 1.1. Понятие о кристалле, элементы кристалла. Пространственная решетка, особенности её строения.

Тема 1.2. Основные свойства кристаллических веществ: однородность, анизотропность, способность самоограняться, постоянная точка плавления.

Тема 1.3. Пути образования кристаллов: кристаллизация из расплавов; кристаллизация из растворов; кристаллизация из газообразного состояния (возгонка); кристаллизация из твердого состояния.

Тема 1.4. Явления, сопровождающие кристаллизацию. Дендритный рост кристаллов.

Тема 2. Геометрическая кристаллография.

Тема 2.1. Законы кристаллографии. Закон постоянства граничных углов. Закон рациональных двойных отношений, или закон целых чисел (закон Аюи).

Тема 2.2. Симметрия кристаллов. Элементы симметрии. Понятие о сингониях.

Тема 2.3. Формы кристаллов. Простые формы. Комбинации простых форм. Формы реальных кристаллических многогранников.

Тема 3. Основы кристаллохимии.

Тема 3.1. Взаимодействие частиц в кристалле.

Тема 3.2. Типы химических связей. Молекулярные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлические кристаллы. Ионные кристаллы.

Тема 3.3. Плотнейшие шаровые упаковки. Индексы Миллера

Тема 3.4. Способы изображения структур минералов: способ изображения структур шарами; способ изображения структур путем нанесения центров тяжести шаров; способ изображения структур координационными полиэдрами (формой группировок катионов и анионов). Мотивы структур: координационный мотив структуры; островной мотив структуры; цепочечный и ленточный мотивы структуры; слоистый мотив структуры; каркасный мотив структуры.

Тема 3.5. Изоморфизм. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Типы изоморфизма.

Тема 3.6. Полиморфизм.

Тема 4. Основные понятия из физической кристаллографии.

Тема 4.1. Твердость кристаллов. Эталоны шкалы Мооса.

Тема 4.2. Спайность.

Тема 4.3. Способность к пластической деформации.

Тема 4.4. Тепловые свойства кристаллов. Теплопроводность. Коэффициент линейного температурного расширения.

Тема 4.5. Электрические свойства кристаллов. Пьезоэлектрический эффект кристаллов. Явление пьезоэлектричества.

Тема 4.6. Оптические свойства кристаллов.

Тема 5. Введение в минералогию.

Тема 5.1. Морфология минералов. Морфология кристаллов. Морфология агрегатов.

Тема 5.2. Основные физические свойства.

4.3. Лекционный курс

Объем лекционной нагрузки составляет 33,3 % от общего объема аудиторной нагрузки.

Таблица 3. Распределение лекционной нагрузки по формам проведения

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем нагрузки (в часах)	
		Лекции в традиционной форме	Лекции-консультации в активной форме
1	Введение. Тема 1. Основные понятия о кристаллах.	2	2
2	Тема 2. Геометрическая кристаллография.	2	2
3	Тема 3. Основы кристаллохимии.	2	2
4	Тема 4. Основные понятия из физической кристаллографии.	1	2
5	Тема 5. Введение в минералогию.	1	2
Итого		8	10
Всего лекционной нагрузки		18	

4.4. Практические занятия

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования основных общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для освоения основной образовательной программы (ОПК-5; ПК-6, 11).

Таблица 4. Перечень тем практических занятий

№ п/п	Наименование практических занятий	Продолжительность
1.	Изучение простых форм кристаллических многогранников	4
2.	Анализ пространственных решеток. Определение кристаллографических индексов плоскостей.	4
3.	Расчет межплоскостных расстояний и рентгеновской плотности вещества	2
4.	Изучение симметрии кристаллических многогранников (симметрии континуума)	4
5.	Изучение типов изоморфных замещений	4
	Всего:	18

4.6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов является важнейшим компонентом образовательного процесса, развивающим их способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Цель самостоятельной работы – самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии, обобщать, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, а также критически анализировать полученные знания и аргументировано отстаивать свои предложения.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала (ОПК-5; ПК-6, 11), она включает в себя следующие виды работы студентов: опережающая самостоятельная работа, подготовка к практическим лабораторным занятиям и подготовка к зачету.

Дополнительно к этому преподаватель предлагает студенту выполнить реферативную работу (ОПК-5; ПК-6, 11). Студенты готовят реферат, делают по нему презентацию и докладываются перед студентами группы. Лучшие доклады представляются на вузовской студенческой конференции.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Большая часть лекционного материала оформлена в виде презентации с использованием стандартной программы в PowerPoint. Для демонстрации данного наглядно-иллюстрированного материала лекций используется соответствующая аппаратура (ноутбук, проектор).

В рамках проведения лекций и практических занятий запланирован разбор конкретных ситуаций с целью формирования и развития общепрофессиональных и профессиональных компетенций у обучающихся.

С целью активизации самостоятельной работы студентов целесообразно использование опережающей самостоятельной работы. Студенты самостоятельно изучают отдельные темы, отдельные вопросы, дополнительную литературу до изучения теоретического материала, что позволяет преподавателю опереться на изученный студентами материал. При этом вырабатываются значительный багаж знаний, навыков и умений, способность анализировать, осмысливать и оценивать современные события, решать профессиональные задачи на основе единства теории и практики, что гарантирует успешное освоение профессии.

Обсуждение студенческих докладов проходит в диалоговом режиме. Такая интерактивная технология развивает у студентов способность анализировать и синтезировать изучаемый материал, оформлять, представлять и докладывать его аудитории, умение вести дискуссию, аргументировано отстаивать свою точку зрения.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В соответствии с Положением о рейтинговой системе комплексной оценки знаний студентов на основе набранных баллов, успеваемость студентов оценивается следующим образом:

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине, закрываемой семестровой аттестацией, равна 100.

В конце семестра по данной дисциплине предусмотрена сдача зачета с оценкой; по результатам работы в семестре студент может получить оценку:

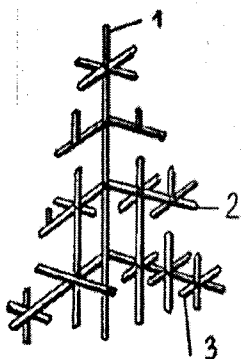
- «Зачтено с оценкой отлично» - 91-100 баллов;
- «Зачтено с оценкой хорошо» - 74-90 баллов;
- «Зачтено с оценкой удовлетворительно» - 61-73 баллов;
- «Не зачтено» - менее 60 баллов.

Ниже приведены вопросы для контроля текущей успеваемости.

Вопросы для рейтинг-контроля
(примерные задания)

Задание для рейтинга № 1

1. Назовите указанные обозначения.

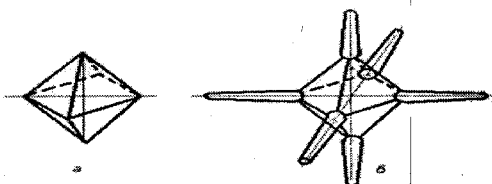


1 - _____;

2 - _____;

3 - _____.

2. На примере приведенного рисунка опишите начальную стадию дендритного роста кристаллов.



3. Рентгеноструктурный анализ _____.

а) позволяет рассматривать при увеличении непрозрачные тела в отраженном свете;

б) основан на отражении рентгеновских лучей от атомов кристаллической решетки и интерференции рентгеновских лучей, т.е. на их способности усиливать, ослаблять или гасить друг друга.

в) применяется для изучения более тонких деталей структуры (мельче 0,1 мкм); данный метод основан на взаимодействии электронов с твердым телом.

4. При рентгеноструктурном исследовании в методе _____ образец остается неподвижным.

а) Дебая-Шерера; б) Лауэ;

в) вращения;

г) Дебая-Шерера и Лауэ.

5. При рентгеноструктурном исследовании в методе _____ используется образец, полученный при склеивании поликристаллического порошка в стержень.

а) Дебая-Шерера;

б) Лауэ;

в) вращения;

г) Лауэ и вращения.

6. Что обозначает слово «эдра»?

7. Что обозначает слово «гония»?

8. Число граней в октаэдре равно _____.

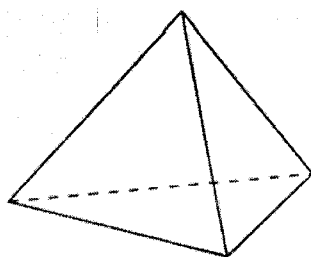
а) 4;

б) 8;

в) 12;

г) 24.

9. На рисунке изображен _____.



10. Гексаоктаэдр – это _____.

- а) 18-гранник;
в) 24-гранник;

- б) 20-гранник;
г) 48-гранник.

11. Форма, производная из тетраэдра - на каждой грани тетраэдра по три грани в виде равнобедренного треугольника, называется _____.

- а) гексаэдр; б) октаэдр; в) тригонритетраэдр; г) гексатетраэдр;

12. Нарисуйте тетраэдр.

13. Опишите количество вершин, граней, ребер в тетраэдре.

14. Нарисуйте гексаэдр.

15. Опишите количество вершин, граней, ребер в гексаэдре.

Задание для рейтинга № 2

1. Характеристика кристаллической решетки, определяющая число частиц (атомов, молекул или ионов), находящихся на наименьшем равном расстоянии от данной частицы, называется ...

- а) периодом решетки;
в) плотностью упаковки;

- б) координационным числом;
г) коэффициентом компактности;

2. Для гранецентрированной кубической решетки координационное число:

- а) K12; б) K8; в) Г12; г) K6;

3. Для объемно-центрированной кубической решетки координационное число:

- а) K12; б) K8; в) Г12; г) K6;

4. Для гексагональной плотноупакованной решетки координационное число:

- а) K12; б) K8; в) Г12; г) K6;

5. Для гексагональной плотноупакованной решетки число атомов (базис), принадлежащих одной кристаллической решетке, равно...

- а) 1; б) 2; в) 4; г) 6;

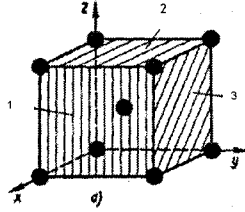
6. Для гранецентрированной кубической решетки число атомов (базис), принадлежащих одной кристаллической решетке, равно...

- а) 1; б) 2; в) 4; г) 6;

7. Для объемно-центрированной кубической число атомов (базис), принадлежащих одной кристаллической решетке, равно...

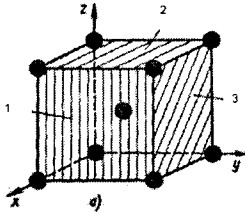
- а) 1; б) 2; в) 4; г) 6;

8. Под цифрой 1 обозначена кристаллографическая плоскость



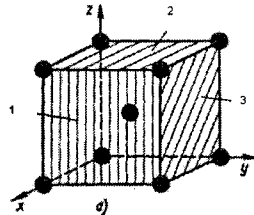
- а) (001);
- б) (010);
- в) (100);
- г) (111);

9. Под цифрой 2 обозначена кристаллографическая плоскость



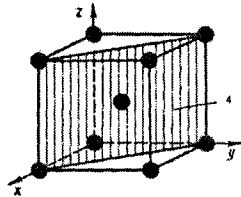
- а) (001);
- б) (010);
- в) (100);
- г) (110);

10. Под цифрой 3 обозначена кристаллографическая плоскость ...



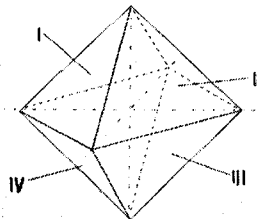
- а) (001);
- б) (010);
- в) (100);
- г) (110);

11. Под цифрой 4 обозначена кристаллографическая плоскость ...



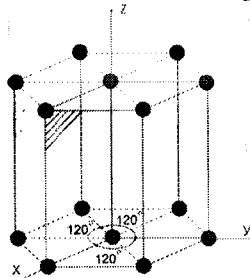
- а) (001);
- б) (010);
- в) (100);
- г) (110);

12. Под какой цифрой указана кристаллографическая плоскость (111)?



- а) I;
- б) II;
- в) III;
- г) IV;

13. Штриховкой показана кристаллографическая плоскость



- а) (001);
- б) (010);
- в) (100);
- г) (110);

14. Сложным элементом симметрии является

- а) центр симметрии;
- б) плоскость симметрии;
- в) поворотная ось;
- г) инверсионная ось.

15. Поясните сколько возможных осей и какого порядка можно установить, описывая симметрию куба.

Задание для рейтинга № 3

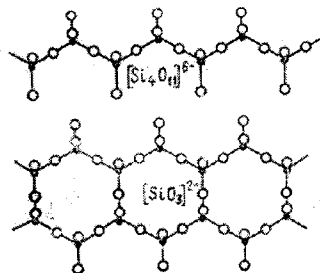
1. Тип связи, возникающий между частицами в кристалле, определяется

- а) электронным строением атомов, вступающих во взаимодействие;
- б) размера атомных радиусов веществ, входящих в состав минерала;
- в) химического состава минерала, плотности упаковки и мотива структуры;
- г) от химического состава и примесей;

2. В каком случае координационные полиэдры соединены друг с другом в бесконечные, вытянутые в одном направлении цепочки или сдвоенные цепочки – ленты?

- а) при цепочечном и ленточном мотиве структуры;
- б) при слоистом мотиве структуры;
- в) при островном мотиве структуры;
- г) при кольцевом мотиве структуры;

3. Для на рисунке изображен мотив структуры.



- а) цепочечный и ленточный мотив;
- б) слоистый;
- в) островной;
- г) кольцевой;

4. - способность кристаллов раскалываться по определенным параллельным плоскостям, соответствующим плоским сеткам кристаллов. Они всегда параллельны действительным или возможным граням кристалла.

- а) Спайность;
 - б) Твердость;
 - в) Способность к пластической деформации;
 - г) Теплопроводность;
5. Определить вид изоморфизма для Li^{1+} и Na^{1+} .
- а) совершенный изоморфизм;
 - б) несовершенный изоморфизм;
 - в) изоморфизм не возможен;
- Исходные данные: Размеры ионных радиусов Li^{1+} - 0,78 Å и Na^{1+} - 0,98 Å.

6. Определить вид изоморфизма для Ag^{1+} и Au^{1+} .

- а) совершенный изоморфизм;
 - б) несовершенный изоморфизм;
 - в) изоморфизм не возможен;
- Исходные данные: Размеры ионных радиусов Ag^{1+} - 1,33 Å и Au^{1+} - 1,37 Å.

7. Определить вид изоморфизма для Ba^{2+} и Mg^{2+} .
 а) совершенный изоморфизм;
 б) несовершенный изоморфизм;
 в) изоморфизм не возможен;
 Исходные данные: Размеры ионных радиусов Ba^{2+} - 1,43 Å и Mg^{2+} - 0,78 Å.
8. Для группы $Ca^{2+} Al^{3+}$ подобрать возможное замещение:
 а) $Na^{1+} Si^{4+}$; б) $Na^{1+} TR^{3+}$; в) $Na^{1+} Al^{3+}$; г) $Na^{1+} Nb^{5+}$;
9. Назовите тип замещения в задании 7.

10. Укажите количество минералов, принятых за эталоны твердости по Моосу.
 а) 8; б) 10; в) 12 г) 14.
11. Явление пьезоэлектричества наблюдается только у
 а) диэлектриков; б) полупроводников; в) проводников;
12. Удельный вес минерала зависит от
 а) размера атомных радиусов веществ, входящих в состав минерала;
 б) химического состава минерала, плотности упаковки и мотива структуры;
 в) от типа связи кристаллической решетки минерала;
 г) от химического состава и примесей.

Вопросы к зачету с оценкой

1. Кристаллография как наука. История развития кристаллографии. Разделы кристаллографии.
2. Понятие о кристалле, элементы кристалла. Пространственная решетка, особенности её строения.
3. Основные свойства кристаллических веществ.
4. Пути образования кристаллов.
5. Явления, сопровождающие кристаллизацию. Дендритный рост кристаллов.
6. Законы кристаллографии. Закон постоянства граничных углов. Закон рациональных двойных отношений, или закон целых чисел (закон Аюи).
7. Симметрия кристаллов. Элементы симметрии. Понятие о сингониях.
8. Формы кристаллов. Простые формы. Комбинации простых форм. Формы реальных кристаллических многогранников.
9. Взаимодействие частиц в кристалле. Типы химических связей.
10. Молекулярные кристаллы.
11. Ковалентные кристаллы.
12. Металлические кристаллы.
13. Ионные кристаллы.
14. Плотнейшие шаровые упаковки. Индексы Миллера
15. Способы изображения структур минералов.
16. Мотивы структур.
17. Изоморфизм. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Типы изоморфизма.

18. Полиморфизм.
19. Твердость кристаллов. Эталоны шкалы Мооса.
20. Спайность в кристаллах. Способность к пластической деформации.
21. Тепловые свойства кристаллов. Теплопроводность. Коэффициент линейного температурного расширения.
22. Электрические свойства кристаллов.
23. Пьезоэлектрический эффект кристаллов. Явление пьезоэлектричества.
24. Оптические свойства кристаллов.
25. Морфология минералов. Морфология кристаллов. Морфология агрегатов.
26. Основные физические свойства минералов.

Темы для самостоятельной работы

История развития кристаллографии.

Тема 1. Основные понятия о кристаллах.

Тема 1.2. Основные свойства кристаллических веществ: однородность, анизотропность, способность самоограняться, постоянная точка плавления.

Тема 1.3. Пути образования кристаллов: кристаллизация из расплавов; кристаллизация из растворов; кристаллизация из газообразного состояния (возгонка); кристаллизация из твердого состояния.

Тема 1.4. Явления, сопровождающие кристаллизацию. Дендритный рост кристаллов.

Тема 2. Геометрическая кристаллография.

Тема 2.3. Формы кристаллов. Простые формы. Комбинации простых форм. Формы реальных кристаллических многогранников.

Тема 2.4. Методы рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа.

Тема 3. Основы кристаллохимии.

Тема 3.2. Молекулярные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлические кристаллы. Ионные кристаллы.

Тема 3.4. Мотивы структур: координационный мотив структуры; островной мотив структуры; цепочечный и ленточный мотивы структуры; слоистый мотив структуры; каркасный мотив структуры.

Тема 3.6. Полиморфизм.

Тема 4. Основные понятия из физической кристаллографии.

Тема 4.2. Спайность.

Тема 4.3. Способность к пластической деформации.

Тема 4.4. Тепловые свойства кристаллов. Теплопроводность. Коэффициент линейного температурного расширения.

Тема 4.5. Электрические свойства кристаллов. Пьезоэлектрический эффект кристаллов. Явление пьезоэлектричества.

Тема 4.6. Оптические свойства кристаллов.

Тема 5. Введение в минералогию.
Тема 5.2. Основные физические свойства.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Брагина В. И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Брагина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 152 с. – ISBN 978-5-7638-2647-0. <http://znanium.com/bookread2.php?book=492236>
2. Кристаллография и минералогия. Основные понятия/ Бойко С.В. - Красноярск: СФУ, 2015. - 212 с.: ISBN 978-5-7638-3223-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=550292>

Дополнительная литература:

1. Аникина В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения [Электронный ресурс]: Практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 148 с. – ISBN 978-5-7638-2195-6. <http://znanium.com/bookread2.php?book=441367>
2. Картонова Л. В. Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ : учеб. пособие / Л. В. Картонова, В. А. Кечин ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014. – 176 с. Издание на др. носителе: Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ [Электронный ресурс], ISBN 978-5-9984-0503-7.

Периодические издания:

Журналы «Вопросы материаловедения», «Материаловедение»

Программное и коммуникационное обеспечение

Операционная система Windows, стандартные офисные программы.

Электронные версии пособий и методических разработок и указаний:

1. Картонова, Л. В. Основы кристаллографии: учеб. пособие/ Электрон, дан. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-R); 12 см. Системные требования: PC не ниже класса Pentium I; Windows 98/2000/XP; дисковод CD-ROM, мышь; 941 Кб. – Загл. с титула экрана. Библиотека ВлГУ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные аудитории, оборудованные проекторами. Ноутбук.
2. Макеты кристаллических решеток, альбомы.

