Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт электронных и информационных систем

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС, профессор
_____ С.И.Эминов
«_30_» _06_____ 2017 г.

КРИСТАЛЛОХИМИЯ

Учебный модуль по специальности
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО
Начальник учебного отдела
_____ О.Б.Широколобова
«_30_» _06_____ 2017 г.

Заведующий кафедрой ФПХ
_____И.В.Зыкова
“09” _____2017 г.

Разработал
Профессор КФТТМ
_____ М.А.Захаров
«_05_» _____ 2017 г.

Принято на заседании КФТТМ
Протокол №_11_ от_05.06_____2017 г.
Заведующий кафедрой ФТТМ
_____ Б.И.Селезнев

1 Цели освоения учебного модуля

Цель учебного модуля (УМ) «Кристаллохимия» – формирование компетентности студентов в области физико-химических свойств и методов описания кристаллов в контексте наличия пространственной симметрии у кристаллических структур, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Комплексные цели освоения УМ: формирование у студентов фундаментальных представлений об основных понятиях и методах кристаллохимии и кристаллографии, выработка умений и навыков решения соответствующих задач.

Основные задачи УМ:

- изучение основных постулатов и принципов кристаллохимии и кристаллографии;
- изучение математического аппарата кристаллохимии и кристаллографии;
- изучение теории групп и методов ее применения к анализу симметрии конкретных кристаллов;
- изучение теории обратной решетки;
- изучение методов термодинамического описания реальных кристаллов на основе дискретных и континуальных решеточных моделей;
- изучение методов экспериментального определения кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей;
- подготовить студентов к активному использованию приобретенных знаний и умений в области кристаллохимии как при изучении смежных дисциплин подготовки специалиста, так и в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

Ведущая идея УМ – кристаллохимия имеет фундаментальное значение для описания, классификации и исследования кристаллических структур.

2 Место учебного модуля в структуре ОП 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Учебный модуль «Кристаллохимия» относится к базовой части цикла общепрофессиональных дисциплин Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия.

Изучение курса базируется на знаниях, полученных при изучении курсов «Физика», «Математика», «Физическая химия», «Квантовая химия» и изучается в девятом семестре.

В результате освоения предшествующих модулей и для изучения УМ «Кристаллохимия» студенты должны:

знать/понимать:

- основные законы, определения и понятия классической физики и физической химии;
- основные физические явления, их суть и интерпретацию;
- алгоритмы решения физических задач.

уметь:

- интерпретировать наблюдаемые простейшие явления природы, на основе известных классических и квантовых теорий.

владеть:

- аппаратом дифференциального и интегрального исчислений;
- методами матричной алгебры и векторного анализа;

- базовыми методами химической термодинамики и физико-химического анализа;
- основами работы на ПК и математическим пакетом MathCad.

Приобретенные знания и умения в результате освоения УМ «Кристаллохимия», как предшествующего, обеспечивают изучение последующих дисциплин, входящих в базовую и вариативную части цикла общепрофессиональных дисциплин по специальности 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ «Кристаллохимия» направлен на формирование следующей компетенции:

- ДПК-16 – способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для ориентации в создающихся условиях производственной деятельности и адаптации к нестандартным ситуациям.

В результате освоения учебного модуля «Кристаллохимия» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ДПК-16	повышенный	Основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата кристаллографии и кристаллохимии.	Исследовать свойства кристаллических структур методами кристаллографии и кристаллохимии.	Основными математическими методами кристаллографии и кристаллохимии.

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	9 сем.	
Трудоемкость учебного модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	4	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	144	
- лекции	18	ДПК-16
- практические занятия	36	
- аудиторная СРС	18	
- внеаудиторная СРС	54	
Аттестация: - экзамен	36	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

Раздел 1. Введение. Первичные понятия и геометрическое описание кристаллических структур.

Лекция №1

Кристаллохимия, основные цели и задачи курса. Краткий исторический обзор. Кристаллическая структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Термодинамическое описание агрегатных состояний вещества: сравнение и анализ, фазовые диаграммы. Конденсированное состояние вещества. Нулевые колебания и особенности гелия. Основные векторы, трансляционная симметрия кристаллов. Вектор трансляций. Примитивная элементарная ячейка. Простые и сложные решетки. Решетки с базисом. Бесконечные решетки и конечные кристаллы. Решетка Бравэ и ее свойства.

Лекция №2

Основы теории групп и ее терминология. Определение группы, четыре свойства элементов группы. Подгруппы, порядок группы, таблица умножения (квадрат Кэли), абелевы группы, циклические группы, прямое произведение групп, изоморфизм и гомоморфизм групп.

Лекция №3

Основы теории групп и ее терминология (продолжение). Понятие точечных операций симметрии, матричные представления. Примеры. Группа D_3.

Лекция №4

Некоторые трехмерные решетки Бравэ и плотные упаковки кристаллов. Трехмерные решетки Бравэ кубической сингонии: простая кубическая решетка, объемноцентрированная кубическая решетка (ОЦК) и гранецентрированная кубическая решетка (ГЦК). Условная (непримитивная) элементарная ячейка и ее связь с примитивной элементарной ячейкой. Симметричный выбор тройки основных векторов ГЦК и ОЦК решеток. Простая гексогональная решетка. Симметричная ячейка (ячейка Вигнера-Зейтца).

Лекция №5

Некоторые трехмерные решетки Бравэ и плотные упаковки кристаллов (продолжение). Важные примеры: структура типа алмаза, структура типа цинковой обманки, структура типа хлорида цезия, структура типа хлорида натрия, гексагональная плотноупакованная структура (ГПУ). Типы плотных упаковок, степень упаковки, сравнение степени упаковки для ПКР, ОЦК и ГЦК решеток. Идеальный случай упаковки ГПУ-структуры. Золотое сечение.

Лекция №6

Классификация решеток Бравэ и сингоний. 14 трехмерных решеток Бравэ и 7 кристаллических систем (сингоний), их связь и анализ. Кубическая, тетрагональная, ромбическая, моноклинная, триклинная, тригональная и гексагональная сингонии и их иерархия.

Раздел 2. Точечная симметрия кристаллов.

Лекция №7

Простейшие точечные операции симметрии (простой поворот, зеркальный поворот, инверсия, отражение в плоскость и т.д.) и их матричные представления. Обозначения Шенфлиса и международные обозначения. Связь точечной и трансляционной симметрии кристаллов: ограничения порядка поворотных осей в кристаллических структурах. Группы C_n, S_{2n}, C_{nv}, C_{nh}.

Лекция №8

Точечная симметрия кристаллов (продолжение). Группы D_n, $D_{nh}(D_{nv})$, D_{nd}. Группы T, T_d, T_h, O, O_h. 32 точечных группы симметрии кристаллов. Пространственная симметрия кристаллов. Понятие пространственных (федоровских) групп.

Раздел 3. Обратная решетка и ее свойства.

Лекция №9

Определение обратной решетки. Обратная решетка как решетка Бравэ. Решетка обратная к обратной. Прямая решетка. Примеры обратных решеток для простой кубической, ОЦК и ГЦК решеток. Первая зона Бриллюэна.

Лекция №10

Атомные плоскости и их свойства. Индексы Миллера атомных плоскостей. Связь семейств атомных плоскостей и векторов обратной решетки. Некоторые правила обозначения направлений в кристаллах. Примеры.

Раздел 4. Определение кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей.

Лекция №11

Формулировка Брэгга условия дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Формулировка Лауэ условия дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Эквивалентность формулировок Брэгга и Лауэ.

Лекция №12

Экспериментальные методы, основанные на условии Лауэ: построение Эвальда, метод Лауэ, метод вращающегося кристалла, порошковый метод (метод Дебая-Шеррера). Дифракция на моноатомной решетке с базисом. Геометрический структурный фактор. Дифракция на полиатомном кристалле. Атомный форм-фактор.

Раздел 5. Термодинамическое описание кристаллов на основе решеточных моделей.

Лекция №13

Дискретные и континуальные решеточные моделей кристаллов, приближение самосогласованного поля, метод Гиббса. Процедура минимизации функционала свободной энергии Гельмгольца в рамках обобщенной решеточной модели (ОРМ).

Лекция №14

Описания двухфазных равновесий бинарных растворов в рамках ОРМ, спинодальный распад.

Раздел 6. Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов на основании обобщенной решеточной модели.

Лекция №15

Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состояниях. Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состояниях при наличии экстремума на кривой ликвидуса.

Лекция №16

Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов с простой эвтектикой.

Лекция №17

Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов эвтектического типа с промежуточными фазами постоянного состава. Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов эвтектического типа с промежуточными фазами переменного состава.

Лекция №18

Теория типов химической связи в кристаллах. Ван-дер-ваальсово притяжение в молекулярных кристаллах. Ионная связь. Ковалентная связь. Металлы. Вещества с водородной и смешанной связью.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте (Приложение Б).

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения УМ используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый (экзамен) – по окончании изучения дисциплины.

Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене – 50. Максимальное количество баллов по дисциплине – 200.

Оценка качества освоения учебного модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» и Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: расчетные задачи, опросы и экзамен. Содержание видов контроля и график отражены в технологической карте учебного модуля приложения Б. Паспорта компетенций представлены в приложении В.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами. Для практических занятий, в т.ч. аудиторной СРС, используется компьютерный класс.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения УМ

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Кристаллохимия»

Учебный модуль «Кристаллохимия» состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрены лекционные и практические занятия.

В таблице А.1 отражены разделы дисциплины, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний об основных понятиях и методах кристаллохимии.

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

Как правило, в начале лекции проводится опрос (не более 20 мин.) для экспресс-оценки уровня усвоения теоретического материала студентами. Опрос состоит из вопросов, полный список которых содержится в Фонде оценочных средств (ФОС) (приложение В) данного учебного модуля.

Пример вопросов по разделу 1, лекция №1:

1. Дайте аналитическое определение вектора трансляции, поясните входящие в формулу величины.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – закрепление теоретического материала и выработка у студентов умения решать задачи по практическим аспектам УМ.

Практические занятия строятся следующим образом:

– 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовой задачи у доски;

– 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;

– 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок при решении задач.

Большинство задач содержится в фонде оценочных средств (ФОС) (приложение А) и в учебном пособии: Моделирование диаграмм состояния бинарных растворов: Методические указания / Авт.-сост. М.А.Захаров, НовГУ. – В.Новгород, 2007. – 90 с.

Конкретная форма проведения практических занятий указана в таблице А.1.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Для подготовки к опросам, контрольной работе и экзамену рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

Для самостоятельной подготовки к экзамену предлагаются контрольные вопросы по УМ.

Вопросы к экзамену по учебному модулю
«Кристаллохимия»

1. Трансляционная симметрия кристаллов. Тройка основных векторов, элементарная ячейка. Простые и сложные решетки (решетка с базисом). Базисные вектора.
2. ПКР, ОЦК и ГЦК решетки. Симметричная тройка основных векторов для кубических решеток.
3. Решетка Бравэ и ее свойства. Примитивная и условная элементарные ячейки. Примеры.
4. Симметричная ячейка (ячейка Вигнера-Зейтца) и ее построение. Примеры.
5. Некоторые типы кристаллических структур.
6. Упаковки кристаллов. Вычисление степени упаковки кристалла на примере ПКР, ОЦК, ГЦК и простой гексагональной решеток. Золотое сечение.
7. Точечная симметрия кристаллов. Определение группы и основные определения теории групп (элементы, порядок, подгруппы [собственные и несобственные], таблица умножения [квадрат Кэли]).
8. Точечная группа симметрии кристалла и ее элементы. Матричные представления элементов симметрии – поворот (простой), отражение в плоскость, поворот (зеркальный), инверсия.
9. Пространственная симметрия кристаллов. Теорема о связи допустимого порядка поворотной оси и трансляционной симметрии кристалла. Группы C_n, S_{2n}, C_{nv}, C_{nh}.
10. Группы D_n, $D_{nh}(D_{nv})$, D_{nd}.
11. Группы T, T_d, T_h, O, O_h. 32 точечных группы симметрии кристаллов.
12. Классификация решеток Бравэ – 14 решеток, 7 сингоний, 3 кристаллических системы.
13. Обратная решетка и ее свойства. Обратная решетка как решетка Бравэ, выбор тройки основных векторов. Решетка обратная к обратной.
14. Нахождение обратных решеток к ПКР, ОЦК, ГЦК и простой гексагональной решеткам. Первая зона Бриллюэна.
15. Атомные плоскости и их семейства. Теорема (прямая и обратная) о связи семейства атомных плоскостей прямой решетки и некоторыми векторами обратной решетки. Индексы Миллера, обозначения направлений.
16. Экспериментальное исследование структуры кристаллических тел. Формулировки Брэгга и Лауэ, доказательство их эквивалентности.
17. Построение Эвальда. Метод Лауэ, метод вращающегося кристалла, порошковый метод.
18. Геометрический структурный фактор. Атомный структурный фактор.
19. Термодинамика кристаллов. Дискретная решеточная модель, критические явления.
20. Термодинамика кристаллов. Обобщенная решеточная модель, критические явления.

Пример экзаменационного билета

Министерство науки и образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ
по учебному модулю
«Кристаллохимия»

1. Упаковки кристаллов. Вычисление степени упаковки кристалла на примере ПКР, ОЦК, ГЦК и простой гексагональной решеток. Золотое сечение.

2. Атомные плоскости и их семейства. Теорема (прямая и обратная) о связи семейства атомных плоскостей прямой решетки и некоторыми векторами обратной решетки. Индексы Миллера, обозначения направлений.

Зав. кафедрой ФТТМ Б.И. Селезнев

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля «Кристаллохимия»

Раздел дисциплины	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
1. Введение. Первичные понятия и геометрическое описание кристаллических структур.	информационные лекции решение задач	– подготовиться к опросу	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Кривуша Л.С. Кристаллография, кристаллохимия и минералогия / Л.С. Кривуша. – Днепропетровск : Gaudeamus, 2002. – 231 с.
2. Точечная симметрия кристаллов.	информационные лекции решение задач	решать задачи (ауд. СРС)	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Хамермеш Моргон. Теория групп и ее применение к физическим проблемам = Group theory and its application to physical problems / Пер.с англ.Ю.А.Данилова. - 2-е изд., стер. - М. : Эдиториал УРСС, 2002. - 587с.
3. Обратная решетка и ее свойства.	информационные лекции решение задач	подготовиться к опросу	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Кривуша Л.С. Кристаллография, кристаллохимия и минералогия / Л.С. Кривуша. – Днепропетровск : Gaudeamus, 2002. – 231 с.
4. Определение кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей.	информационные лекции решение задач	подготовиться к опросу	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. – М. : МИСИС, 2002. - 357,[1]с.
5. Термодинамическое описание кристаллов на основе решеточных моделей.	информационные лекции	подготовиться к опросу	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Захаров М.А. Динамика кристаллической решетки: гармоническое приближение и ангармонизмы / М.А. Захаров. –Учеб.-метод. пособие. НовГУ. – В.Новгород, 2007. – 48 с.
6. Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов на основании обобщенной решеточной модели.	информационные лекции решение задач	решать задачи (ауд. СРС)	http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html Шишлянников Б.М. Физическая химия материалов и процессов электронной техники: учебное пособие для вузов / НовГУ. – Великий Новгород, 2005. – 161 с.

Приложение Б

(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Кристаллохимия»

семестр – 9, ЗЕ – 4, вид аттестации – экзамен, акад.часов – 144, баллов рейтинга – 200

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
1. Введение. Первичные понятия и геометрическое описание кристаллических структур.	1-6	12	6		2	6	опросы	30
2. Точечная симметрия кристаллов.	7-8	4	10		4	12	расчетные задачи	15
3. Обратная решетка и ее свойства.	9-10	4	2		2	2	опросы	10
4. Определение кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей.	11-12	4	2			2	опросы	10
5. Термодинамическое описание кристаллов на основе решеточных моделей.	13-14	4				2	опросы	10
6. Расчет фазовых диаграмм бинарных растворов на основании обобщенной решеточной модели.	15-18	8	16		10	30	расчетные задачи	75
Экзамен						36		50
Итого:		**18**	**36**		**18**	**54**		**200**

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины:

- «удовлетворительно» – от 100 до 139 баллов;
- «хорошо» – от 140 до 179 баллов;
- «отлично» – от 180 до 200 баллов.

Приложение В

(обязательное)

Паспорта компетенций

ДПК-16 – способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для ориентации в создающихся условиях производственной деятельности и адаптации к нестандартным ситуациям

Уровни	**Показатели**	**Оценочная шкала**		
		удовлетворительно	**хорошо**	**отлично**
Повышенный уровень	Знает основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата кристаллографии и кристаллохимии.	Испытывает трудности в формулировке основных понятий, законов и наиболее важных элементов математического аппарата кристаллографии и кристаллохимии.	Недостаточно четко формулирует основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата кристаллографии и кристаллохимии.	Четко формулирует основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата кристаллографии и кристаллохимии.
	Умеет исследовать свойства кристаллических структур методами кристаллографии и кристаллохимии.	Испытывает трудности в исследовании свойств кристаллических структур методами кристаллографии и кристаллохимии.	Не всегда корректно умеет исследовать свойства кристаллических структур методами кристаллографии и кристаллохимии.	Способен в полной мере исследовать свойства кристаллических структур методами кристаллографии и кристаллохимии.
	Владеет основными математическими методами кристаллографии и кристаллохимии.	Испытывает трудности при использовании методов кристаллографии и кристаллохимии.	Недостаточно уверенно использует методы кристаллографии и кристаллохимии.	Полностью владеет основными математическими методами кристаллографии и кристаллохимии.

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

УМ **«Кристаллохимия»**
Направление (специальность) 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия
Формы обучения очная
Курс 5 Семестр 9
Часов**:** всего 144, лекций 18, практ. зан. 36, лаб. раб. -, СРС 54
Обеспечивающая кафедра ФТТМ

Таблица Г.1 - Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия / Ю.К. Егоров-Тисменко. – М. : Книжный дом «Университет», 2005. – 584 с.	5	
2. Гусев А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле / А. И. Гусев. – М. : Физматлит, 2007. – 855 с.	3	
3. Курош А.Г. Теория групп / А.Г. Курош: Учебник. - 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2005. – 648 с.	1	
4. Кнотько А.В. Химия твердого тела/ А.В. Кнотько : учеб. пособие для вузов. – М. : Академия, 2006. – 301,[1]с.	2	
5. Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров : учеб. пособие для вузов / Науч.ред.Л.А.Алешина. – М. : Техносфера, 2007. – 518 с.	3	
Учебно-методические издания		
1. Рабочая программа модуля с приложениями «Кристаллохимия» /Авт.-сост. М.А.Захаров; НовГУ. – В.Новгород, 2017. – 15 с.		
2. Моделирование диаграмм состояния бинарных растворов: Методические указания / Авт.-сост. М.А.Захаров, НовГУ. – В.Новгород, 2007. – 90 с.	10	
3. Шишлянников Б. М.Физическая химия материалов и процессов электронной техники : учеб. пособие для вузов / Б. М. Шишлянников; НовГУ. – Великий Новгород, 2005. – 161 с.	26	
4. Захаров М.А. Динамика кристаллической решетки: гармоническое приближение и ангармонизмы / М.А. Захаров. –Учеб.-метод. пособие. НовГУ. – В.Новгород, 2007. – 48 с.	10	

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, Интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Таблица Г.3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Кривуша Л.С. Кристаллография, кристаллохимия и минералогия / Л.С. Кривуша. – Днепропетровск : Gaudeamus, 2002. – 231 с.	1	
2. Хамермеш Моргон. Теория групп и ее применение к физическим проблемам = Group theory and its application to physical problems / Пер.с англ.Ю.А.Данилова. - 2-е изд., стер. - М. : Эдиториал УРСС, 2002. - 587с.	1	
3. Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. – М. : МИСИС, 2002. - 357,[1]с.	4	

Действительно для учебного года _____/_____

Зав. кафедрой _____ Б.И. Селезнев

_____ _____ 20 г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: _____ _____ _____

должность подпись расшифровка