

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

проктор по научно-методической  
учебной работе

 Е.И. Скафа

22» апреля 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основы кристаллофизики и кристаллохимии

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко



17 апреля 2020 г.

Программа учебной дисциплины «Основы кристаллофизики и кристаллохимии» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:  
Профессор кафедры  
теоретической физики и нанотехнологий

Н.П. Иваницын

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий  
Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.  
Заведующий кафедрой

В.Н.Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета  
Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

В.Н.Котенко

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Основы кристаллофизики и кристаллохимии» является дисциплиной вариативной части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Дифференциальные уравнения», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Основы процессов микро и нанотехнологий», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Квантовая механика» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	3
Год подготовки	4	4
Семестр	7	
Количество часов	108	108
- лекционных	32	6
- практических, семинарских	32	6
- лабораторных		
- самостоятельной работы	44	96
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	12
в т.ч. аудиторных	4	12

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи

**Цель** - формирование фундаментальных представлений об атомной структуре и симметрии идеальных кристаллов, а также о связи симметрии кристаллов с их свойствами.

#### **Задачи:**

- дать основные представления о влиянии симметрии на макроскопические свойства кристаллов;
- ознакомить с современным математическим аппаратом кристаллофизики и кристаллохимии;
- выработать умения и навыки решения практических задач с применением пространственной симметрии кристаллических структур, физических тензоров.

**Требования к результатам освоения дисциплины.** Процесс изучения дисциплины «Основы кристаллофизики и кристаллохимии» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

***а) общекультурных (ОК):***

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

***б) общепрофессиональных (ОПК):***

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием (ОПК-4);

***в) профессиональных (ПК):***

**научно-исследовательская и проектная деятельность:**

способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем (ПК-1);

способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

**научно-инновационная деятельность:**

способность применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных и углеродных) природы (твердых, жидких, гелеобразных, аэрозольных), включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, для решения производственных задач, владением навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения (ПК-5);

способность применять навыки использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения и свойств

нанообъектов (кластеров, наночастиц, фуллеренов, нанотрубок), наносистем, наноматериалов и изделий из них (ПК-7).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**

**Знать:**

- фундаментальные понятия, терминологию кристаллофизики и кристаллохимии;
- об основных компьютерных базах кристаллоструктурных данных;
- о теоретических моделях, используемых в кристаллофизике и кристаллохимии для описания пространственного строения кристаллов и выявления зависимостей между их составом, строением и свойствами кристаллов.

**Уметь:**

- осуществлять поиск кристаллоструктурной информации;
- использовать первичную кристаллоструктурную информацию для определения основных особенностей строения кристаллических веществ;
- объяснить связь физических свойств кристаллов с их симметрией;
- применять основные методы исследования структуры кристаллов;
- самостоятельно изучать и рассматривать кристаллофизические особенности твердых тел с целью применения их в научно-исследовательских разработках по получению различных свойств твердых тел.

**Владеть:** методами поиска кристаллоструктурной информации, исследования структуры кристаллов и т.д.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<i><b>Содержательный модуль 1</b></i>	
<b>Тема 1.</b> Введение	Кристаллофизика и кристаллохимия, их место в системе наук, изучающих твердые тела. Исторические этапы развития кристаллофизики и кристаллохимии.
<b>Тема 2.</b> Основные свойства кристаллов	Аморфные и кристаллические вещества, свойства кристаллических веществ. Моно- и поликристаллы. Симметрия кристаллов. Элементы теории групп и их использование для описания симметрии кристаллов. Структура кристаллов и пространственная решетка. Элементарная ячейка, параметры элементарной ячейки, сингонии. Элементы симметрии пространственных решеток. Пространственные группы, их обозначение. Решетки Бравэ, базис решетки. Правильные системы точек, кратность системы. Понятия прямой и обратной решеток. Математическое определение обратной решетки. Основные свойства и описание обратной решетки, связь с прямой решеткой. Построение обратной решетки для основных типов кристаллических структур (ГЦК, ОЦК и др.).
<b>Тема 3.</b> Кристаллохимия	Основные кристаллохимические представления. Решетки как плотные шаровые упаковки. Пустоты в плотнейших упаковках. Атомные и ионные радиусы, координационное число, координационный многогранник. Пределы устойчивости структур. Основные типы структур, их описание..
<b>Тема 4.</b> Кристаллофизика	Основной принцип симметрии в кристаллофизике. Принцип Неймана. Принцип суперпозиции Кюри. Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия. Свойства кристалла, подвергнутого

	внешнему воздействию. Тензорное описание физических свойств кристаллов. Физико-химические свойства кристаллов. Ограничения, налагаемые симметрией кристалла.
--	--

### Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение	26	8	8		10		22	1	1		20	
Тема 2. Основные свойства кристаллов	26	8	8		10		30	2	2		26	
Тема 3. Кристаллохимия	28	8	8		12		28	1	1		26	
Тема 4. Кристаллофизика	28	8	8		12		28	2	2		24	
Всего по модулю	108	32	32		44		108	6	6		96	

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

#### Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Введение	8
2	Основные свойства кристаллов	8
3	Кристаллохимия	8
4	Кристаллофизика	8
	<b>ВСЕГО</b>	<b>32</b>

#### Темы практических занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Исторические этапы развития кристаллофизики.	2
2	Роль кристаллохимии в изучении свойств твердых тел.	2
3	Свойства алмаза.	2
4	Анизотропия кристаллов.	2

5	Пьезоэлектрики	2
6	Квазикристаллы.	2
7	Суперионные кристаллы.	2
8	Области применения кремния.	2
9	Химические и физические свойства кристаллов	2
10	Свойства аморфных и кристаллических веществ.	2
11	Люминесценция кристаллов.	2
12	Физика жидких кристаллов	2
13	Магнитные свойства кристаллов.	2
14	Нано-кристаллы.	2
15	Кристаллы для лазеров	2
16	Твердые электролиты.	2
17	Оптические свойства кристаллов.	1
18	Кристаллооптика видимого света и рентгеновских лучей	1
	<b>ВСЕГО</b>	<b>32</b>

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Организация самостоятельной работы студентов

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Драгоценные камни.	5
2	Оловянная чума.	5
3	Как определить вещество по форме его кристаллов.	5
4	Как выращивать кристаллы в домашних условиях.	5
5	Кристаллы в жизни человека	5
6	Снежинки – природные кристаллы	5
7	Кристаллы в облаках	5
8	Искусственные кристаллы	5
9	Выращивание кристаллов в космосе	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>44</b>

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (не предусмотрено рабочим планом)

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Исторические этапы развития кристаллофизики и кристаллохимии.
2. Аморфные и кристаллические вещества, свойства кристаллических веществ.
3. Моно- и поликристаллы.
4. Симметрия кристаллов. Элементы теории групп и их использование для описания симметрии кристаллов.
5. Структура кристаллов и пространственная решетка. Элементарная ячейка, параметры элементарной ячейки, сингонии.

6. Элементы симметрии пространственных решеток. Пространственные группы, их обозначение.
7. Решетки Бравэ, базис решетки. Правильные системы точек, кратность системы.
8. Понятия прямой и обратной решеток. Математическое определение обратной решетки. Основные свойства и описание обратной решетки, связь с прямой решеткой.
9. Построение обратной решетки для основных типов кристаллических структур (ГЦК, ОЦК и др.).
10. Основные кристаллохимические представления. Решетки как плотные шаровые упаковки. Пустоты в плотнейших упаковках.
11. Атомные и ионные радиусы, координационное число, координационный многогранник. Пределы устойчивости структур. Основные типы структур, их описание.
12. Основной принцип симметрии в кристаллофизике. Принцип Неймана. Принцип суперпозиции Кюри.
13. Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия.
14. Свойства кристалла, подвергнутого внешнему воздействию.
15. Тензорное описание физических свойств кристаллов.
16. Физико-химические свойства кристаллов.
17. Ограничения, налагаемые симметрией кристалла.

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**  
 Профиль: \_\_\_\_\_  
 Программа подготовки: **бакалавриат**  
 Семестр: **8**  
 Учебная дисциплина: **Основы кристаллофизики и кристаллохимии**

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Основные кристаллохимические представления.
2. Тензорное описание физических свойств кристаллов.
3. Решетки Бравэ, базис решетки.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,  
 протокол № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
 Преподаватель \_\_\_\_\_

#### Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10

Задание 3	10
<b>Всего</b>	<b>30</b>

## 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

### *Теоретические вопросы к экзамену*

1. Симметрические операции и элементы симметрии. Операторное и матричное представление элементов симметрии. Взаимодействие (умножение) операций симметрии. Примеры.
2. Поворотные и инверсионные оси. Зеркально-поворотные оси. Символы Германа – Могена и символы Шенфлиса. Примеры.
3. Изображение расположения элементов симметрии с помощью обычной и стереографической проекции. Группы симметрии и структурные классы.
4. Основные понятия абстрактной теории групп. Группа, подгруппа, коммутативные и циклические группы. Порядок группы. Теорема Лагранжа. 5. Сопряженные элементы группы. Классы сопряженных элементов.
6. Понятие точечной группы симметрии. Пример построения таблицы умножения точечной группы симметрии
7. Разбиение точечной группы симметрии на классы сопряженных элементов. Пример.
8. Международное обозначение точечных групп симметрии. Символика Шенфлиса.
9. Орбиты (системы эквивалентных точек) точечных групп. Симметрия и кратность позиции.
10. Единичные и полярные направления. Полярность и хиральность молекул, энантиомеры. Представления групп.
11. "Операторные" и "матричные" представления, их взаимосвязь. Примеры представлений точечных групп.
12. Эквивалентные представления. Приводимые и неприводимые представления.
13. Характеры представлений, их простейшие свойства.
14. Соотношения ортогональности для унитарных неприводимых представлений и для их характеров.
15. Редукция (приведение) приводимых представлений точечных групп.
16. Число неэквивалентных неприводимых представлений конечной группы. Таблицы характеров точечных групп. Принцип их вычисления. Использование теории групп в молекулярных задачах
17. Инвариантность гамильтониана, описывающего электронно-ядерную систему, относительно операций группы симметрии. Представление группы в пространстве собственных функций оператора Шредингера.
18. Строение матрицы гамильтониана в базисе функций, преобразующихся по неприводимым представлениям группы симметрии. Классификация собственных состояний системы с помощью неприводимых представлений точечной группы симметрии.
19. Прямое произведение представлений групп. Правила отбора для матричных элементов физических величин. Оптическая Колебательная спектроскопия
20. Постановка задачи о колебаниях многоатомной молекулы. Разделение электронного, колебательного и вращательного движения молекулы. Колебания ядерного остова молекулы. Гармоническое приближение. Классическое и квантовое решение колебательной задачи.
21. Использование симметрии молекулы при решении колебательной задачи. Симметрия потенциальной функции молекулы относительно преобразований ядерного остова.

Нормальные координаты, нормальные колебания, частоты колебаний. Координаты симметрии.

22. Классификация нормальных колебаний с помощью представлений группы симметрии. Полностью симметричные колебания. Валентные и деформационные колебания, характеристические частоты.

23. Типы колебательных переходов, фундаментальные переходы. Роль больших амплитуд колебаний и ангармонизма. Обертоны и составные тоны. 24. Проявление колебательных переходов в спектрах инфракрасного (ИК) поглощения и комбинационного рассеяния (КР). Дипольный момент и поляризуемость молекулы.

25. Переходы из одного молекулярного состояния в другое под воздействием электромагнитного излучения. Ограничения по симметрии на матричные элементы операторов перехода.

26. Использование колебательных ИК- и КР-спектров молекул для выяснения их структуры. Правило альтернативного запрета для спектральных линий. Группы трансляций.

27. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Симметрия решетки.

28. Кристаллографические координатные системы Голоэдрические точечные группы.

29. Элементарная ячейка. Прimitивные и непримитивные параллелепипеды повторяемости. Типы решеток (типы Бравэ).

30. Число формульных единиц в ячейке. Кристаллографические точечные группы. Сингонии. Симметрия позиции в кристаллической структуре. Зависимость физических свойств кристаллов от их симметрии.

31. Описание физических свойств кристаллов при помощи тензоров. Свойства, описываемые тензорами второго ранга (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, тепловое расширение и др.).

32. Принцип Неймана и принцип Кюри.

33. Пиро- и пьезоэлектрические свойства.

34. Оптические свойства кристаллов. Энантиоморфизм. Пространственные группы симметрии.

35. Сочетания операций поворотов с перпендикулярными трансляциями.

36. Открытые элементы симметрии кристаллических структур. Винтовые оси. Плоскости скользящего отражения.

37. Пространственные группы симметрии Федорова. Принцип их вывода.

38. Общие и частные системы эквивалентных позиций (орбиты).

39. Структурные классы атомных и молекулярных кристаллов.

40. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов.

41. Многообразие групп симметрии с различной размерностью. Группы симметрии и структурные классы цепей и слоев.

## ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль:

Программа подготовки:

**бакалавриат**

Семестр

**8**

Учебная дисциплина

**Основы кристаллофизики и кристаллохимии**

### БИЛЕТ №1

1. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Симметрия решетки.
2. Пространственные группы симметрии Федорова.

3. Прямое произведение представлений групп. Правила отбора для матричных элементов физических величин.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой  
Экзаменатор

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### *Критерии оценивания экзамена*

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
<b>Всего</b>	<b>50 баллов</b>

## **11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

По курсу «Основы кристаллофизики и кристаллохимии» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты  
в процессе изучения дисциплины*

Организационно учебная работа студента	СРС		Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

### *Шкала соответствия баллов национальной шкале*

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
<b>A</b>	90-100	5 (отлично)	зачтено
<b>B</b>	80-89	4 (хорошо)	зачтено
<b>C</b>	75-79	4 (хорошо)	зачтено
<b>D</b>	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>E</b>	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>FX</b>	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Основы кристаллофизики и кристаллохимии» проводятся в учебной лаборатории №014 «Масс-спектрологии». Оснащена комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 Масс-спектрометр химический-MX7304, 1 Монохроматор-СМП1, 1 компьютер с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет. В учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Лаборатория оснащена комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, фломастерной доской, масс-спектрометр (МИ 1201АТ-01), микроскоп электронный растровый РЭМ-106 И, установка для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков), 1 компьютер для снятия и обработки данных.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 1 (г. Донецк, пр. Гурова, 6, № 103) иностранной литературы. Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 33 посадочных места, компьютер в комплекте (1 шт); зал электронной информации (Донецк, пр. Гурова, 6, № 104-а.). Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 40 посадочных мест, компьютер в комплекте (14 шт).

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

## 13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Сиротин, Ю. И. Основы кристаллофизики / Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская. - М. : Наука, 1975. - 680 с.	3	
2.	Переломова, Н. В. Задачник по кристаллофизике : [Для вузов] / Н. В. Переломова, М. М. Тагиева ; Под ред. М. П. Шаскольской. - М. : Наука, 1972. - 192 с.	21	
3.	Урусов, В. С. Теоретическая кристаллохимия : [Учеб. для геохим. и хим. специальностей вузов] / В. С. Урусов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 272 с.	6	
4.	Пенкаля, Т. Очерки кристаллохимии / Т. Пенкаля ; Пер. с пол. В. В. Макарского ; Под ред. В. А. Франк-Каменецкого. - Л. : Химия, 1974. - 496 с.	9	
<b>Дополнительная литература</b>			
5.	Крегер Ф. Химия несовершенных кристаллов / Ф. Крегер ; Пер. с англ. В. П. Зломанова, В. А. Левицкого, Б. А. Поповкина ; Под ред. О. М. Полторака. - М. : Мир, 1969. - 654 с.	6	
6.	Ковалев, О. В. Неприводимые и индуцированные представления и копредставления федоровских групп : Справ. рук. / О. В. Ковалев. - М. : Наука, 1986. - 367 с.	6	

7.	Порай-Кошиц, М. А. Основы структурного анализа химических соединений : Учеб пособие для хим. специальностей ун-тов / М. А. Порай-Кошиц. - 2-е изд. - М. : Высш. шк., 1989. - 192 с.	5	
----	---	---	--

#### 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки

#### 15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_