

Приложение к приказу первого проректора
по учебной и научной работе

от _____ № _____

Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и
кристаллофизика

Symmetry, structure and properties of solids – crystallography and crystal physics

Язык(и) обучения

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2016

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам общее представление о геометрическом строении и симметрии кристаллических твердых тел. Показать особенности симметрии кристаллов и связь ее с симметрией физических свойств. Научить описывать основные структурные типы кристаллов и применять на практике символические обозначения пространственных групп, групп локальной симметрии. Научить проводить фактор-групповой анализ возбуждений в кристаллах. Научить определять и анализировать структурные характеристики кристаллов с использованием современного программного обеспечения. Научить использовать полученные навыки при подготовке магистерской диссертации и в профессиональной деятельности.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и кристаллофизика» студентам необходимо прослушать курсы лекций по общей физике и теоретической физике в рамках образования бакалавра.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные понятия симметрии систем материальных точек и кристаллов;
- знать общие положения теории групп;
- уметь определять и анализировать структурные свойства кристаллов;
- иметь навыки построения и анализа пространственных групп.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (8 часов).
- Семинар – коллективное обсуждение заранее подготовленных сообщений (4 часа).
- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов) (18 часов).
- Самостоятельная работа в присутствии преподавателя (14 часов).

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся				
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Всего учебных занятий	Трудовой объём

		лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																			
очная форма обучения																			
Семестр 1		30	2						2			28	14		32			62	3
(____ часы кол. студ.)		2-10	2-10						2-10			2-10	2-10		2-10				
ИТОГО		30	2						2			28	14		32			62	3

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 1		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 1**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	<p>Атомная структура кристаллов и типы химических связей в кристаллах</p> <p>1. Классификация твердых тел по типам связи. Энергия связи кристаллов. Ионные кристаллы, основные свойства.</p> <p>2. Ковалентные кристаллы, основные свойства. Ковалентная связь в молекуле водорода. Модель Гайтлера и Лондона. Гибридизация атомных орбиталей. sp-, sp^2-</p>	семинары	2

	<p>sp^3-гибридизация.</p> <p>3. Молекулярные кристаллы. Основные свойства. Силы Ван-дер-Ваальса. Кристаллы с водородными связями.</p> <p>4. Кристаллы с промежуточным типом связи. Энергия решетки ионных кристаллов. Кулоновское взаимодействие. Постоянная Маделунга.</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	2
2	<p>Геометрическая теория структуры кристаллов</p> <p>1. Внешняя форма кристаллов. Законы внешней огранки. Закон постоянства углов.</p> <p>2. Закон целых чисел в кристаллографии. Кристаллографические символы. Формы кристаллических многогранников. Простые формы.</p>	семинары	2
3	<p>Факторы, определяющие структуру кристаллов</p> <p>1. Геометрические закономерности атомного строения кристаллов: кристаллохимические радиусы: эффективные радиусы атомов и ионов. Координационное число и координационный многогранник – полиэдр. Структурные группировки, гомодесмические и гетеродесмические кристаллы. Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров.</p> <p>2. Геометрические пределы устойчивости структур. Принцип максимального заполнения пространства, связь координации с размерами атомов.</p> <p>3. Факторы, определяющие структуру кристаллов (Правило Гольдшмидта).</p> <p>4. Плотнейшие шаровые упаковки. Кубическая и гексагональные упаковки.</p> <p>5. Слоистые структуры. Плотнейшие атомные упаковки: плотноупакованный слой одинаковых атомов (двухслойная, трехслойная, многослойная). Точечная и пространственная симметрия, коэффициент упаковки, тип и характер сцепления.</p>	семинары	4
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	2

4	Основные структурные типы 1. Структура меди Cu (A2), вольфрама W (A3), каменной соли NaCl (B1). 2. Структура алмаза (A4) и графита. 3. Простейшие структуры соединений AX, AX ₂ , A ₂ X. 4. Структуры бинарных соединений A ₂ B ₅ , A ₃ B ₆ . Структуры сфалерита (цинковой обманки ZnS), вюрцита и политипов 4H, 8H, флюорита CaF ₂ , рутила TiO ₂ , перовскита CaTiO ₃ , кремнезема SiO ₂	семинары	2
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	8
5	Симметрия тел конечных размеров. Точечные группы симметрии 1. Введение. Понятие о симметрии. Симметрия и физические законы. 2. Перестановочно-инверсионная группа. Трудности классического описания. Связь перестановочно-инверсионной группы с точечными группами и с федоровскими группами. 3. Симметрия системы материальных точек. Точечная симметрия. Оси и плоскости симметрии. Комбинированные операции. Инверсия. Символические обозначения. C(φ), σ, I, E. Операции второго рода. Трансформированные операции $V = GAG^{-1}$. 4. Общие положения теории групп. Группа. Порядок группы. Коммутация, умножение, подгруппа, сопряженные элементы, изоморфизм. Классификация групп симметрии. Группы вращения. Группы II рода. Непрерывные группы.	семинары	8
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4

6	<p>Симметрия кристаллов</p> <p>1. Понятие кристаллической решетки.. Гомологичные точки, трансляции, узлы, ряды, ячейки, сетки, решетки. Пространственная решетка и решетка Бравэ. Базис. Кристаллическая структура.. Кристаллографическая элементарная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца, примитивная ячейка. Кристаллографическая и кристаллофизическая (ортогональная) системы координат.</p> <p>2. Трансляционная симметрия. Группа трансляций. Трехмерные кристаллы.</p> <p>3. Общий элемент симметрии кристалла. Ограничения, накладываемые трансляциями на точечные группы симметрии кристалла. Элементы пространственной симметрии кристаллов: трансляции, плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Изображение элементов пространственной симметрии на проекциях.</p> <p>4. Кристаллические системы – сингонии. Решетки Браве Кристаллический класс. Пространственные (Федоровские) группы. Элементарная и примитивная ячейки. Кристаллическая структура. Символические обозначения. Пространственные группы. Кристаллические обозначения: символы узлов, символы направлений и узловых рядов (ребер); символы узловых плоскостей (граней) – индексы Миллера. Кристаллографические проекции. Стереографическая и гномостереографическая проекции. Использование проекций в физике кристаллов.</p> <p>5. Пространственные группы симметрии кристаллов. Симморфные и несимморфные пространственные группы. Число правильных систем точек в структуре. Правильные системы точек. Точки общего и частного положения, их кратность, Локальная группа (точечная симметрия позиции точки. координаты позиций точек). Связь химической формулы кристалла с набором системы точек. Символика пространственных групп: международная и по Шёнфлису. Обменная группа. Фактор-группа.</p>	семинары	6
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	8
7	<p>Симметрия физических свойств кристаллов</p> <p>1. Симметрия кристаллов и физические свойства. Скаляры, векторы, тензоры. Тензорные свойства кристаллов. Преобразования координат. Характеристические поверхности.</p>	семинары	2

	<p>2. Пирозлектричество. Диэлектрическая проницаемость. Восприимчивость. Пьезоэлектричество. Электрострикция. Фотоупругость. Энантиоморфизм и оптическая активность.</p> <p>3. Магнитные свойства. Магнитная симметрия. Взаимодействия в упорядоченных магнетиках. Тензорное описание</p> <p>4. Механические напряжения и деформации. Упругость. Закон Гука. Распространение механических волн в кристаллах.</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	2
	<p>Дифракция волн и анализ структуры</p> <p>1. Электронография, рентгенография и нейтронография. Применения дифракции электронов. Структурная электронография.</p> <p>2. Дифракция рентгеновских лучей на периодической структуре. Формулы Брэгга-Вульфа и Лауэ. Амплитуда рассеяния. Обратное пространство. Обратимость преобразования Фурье.</p> <p>3. Структурный фактор. Атомный или форм-фактор. Фактор Дебая-Уоррена.</p> <p>4. Методика определения типа решетки и пространственной группы. Дифракционная симметрия.</p> <p>Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Атомные плоскости и направления. Погасания, обусловленные типом решетки.</p>	семинары	4
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
	<p>1. Классификация твердых тел по типам связи. Вычисление энергии решетки ионных кристаллов. Постоянная Маделунга.</p> <p>2. Классификация групп симметрии. Группы вращения и группы II рода. Непрерывные группы.</p> <p>3. Симметрия кристаллов. Кристаллические системы, решетки Браве, кристаллический класс. Пространственные группы. Элементарная и примитивная ячейки. Локальная группа. Число правильных систем точек в структуре. Обменная группа. Фактор-группа. Классификация возбуждений в кристаллах</p> <p>4. Решение задач</p>	Самостоятельная работа использованием методических материалов	14

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Семинарские занятия проводятся в виде интерактивных лекций с подготовленными слайдовыми презентациями.

Студенты обеспечиваются ксеркопиями рисунков и других фрагментов курса лекций

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- перечнем заданий для самостоятельной работы;
- методическими указаниями для использования программных продуктов при выполнении заданий.

Примеры задач:

Структура кристаллов.

1. Зная плотность $\rho=8,9 \text{ g/cm}^3$ меди, вычислить постоянную a ее гранецентрированной кубической решетки. $a=(2m/N_A \rho)^{1/3}=3,6 \text{ \AA}$
5. Вычислить структурный фактор для гранецентрированной кубической (ГЦК) решетки.
6. Вычислить структурный фактор для объемноцентрированной кубической (ОЦК) решетки. Вычислить расстояние d_{hkl} между плоскостями с индексами Миллера h, k, l в простой, объемноцентрированной и гранецентрированной кубической решетке с постоянной $a=5 \text{ \AA}$. $a/(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$; $a/2(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$; $a/3(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$;
7. Вычислить относительную интенсивность первых трех рефлексов Лауэ для простой кубической решетки, если электронная плотность объемного кристалла задана функцией $f(x)=\sin\pi x/a_x \cdot \sin\pi y/a_y \cdot \sin\pi z/a_z$.
8. Кристаллы каких сингоний являются оптически двуосными, одноосными и изотропными?
9. Сколько атомов содержится в примитивной ячейке алмаза (гранецентрированная кубическая решетка – ГЦК, $a=3,567 \text{ \AA}$)? 2. Какова длина вектора примитивной трансляции? $a\sqrt{2}/2=2,60 \text{ \AA}$.
10. Ковалентный радиус атома углерода приблизительно равен $0,77 \text{ \AA}$ (1,27). Каков размер ГЦК решетки алмаза в предположении, что атомы касаются друг друга? $3,567 \text{ \AA}$.
11. Доказать, что угол между тетраэдрическими связями в решетке алмаза (ГЦК) равен $109^\circ 28'$.
12. Сколько атомов содержится в гранецентрированной кубической элементарной ячейке? Сколько атомов содержится в гранецентрированной кубической примитивной ячейке? 4;1
13. Чему равна относительная доля объема, занимаемого атомами (твердыми шарами) для простой кубической, объемноцентрированной кубической (ГЦК) и гранецентрированной кубической (ГЦК) решеток. 0.52; 0.68; 0.74048.

Силы взаимодействия в кристаллах.

1. Оценить температуру плавления кристалла неона Ne, который кристаллизуется в гранецентрированную кубическую решетку с постоянной $a=3,8 \text{ \AA}$. Постоянная диполь-дипольного взаимодействия $C=4,67 \cdot 10^{-60} \text{ эрг} \cdot \text{см}^6$.
2. Вычислить постоянную Маделунга кристалла NaCl методом Эвьена с учетом взаимодействия ионов только в одной элементарной ячейке.
3. Изобразить элементарную и примитивную ячейку гранецентрированной кубической решетки. Вычислить во сколько раз объем элементарной ячейки больше, чем примитивной.
4. Потенциал ионизации атома Na равен 5,1 эВ, а энергия сродства к электрону у атома Cl равна $-3,6 \text{ эВ}$. Вычислить энергию связи кристалла NaCl, если ионный радиус Na равен $0,95 \text{ \AA}$, а Cl – $1,91 \text{ \AA}$. 7,9 эВ.
5. Найти гибридные волновые функции, образованные из нормированных атомных волновых функций s, p_x, p_y, p_z типа, образующие четыре тетраэдрические связи.

Обратная решетка.

1. В орторомбической решетке имеется три примитивных вектора трансляции $a=5 \text{ \AA}, b=3 \text{ \AA}, c=6 \text{ \AA}$. Определить размеры и форму первой зоны Бриллюэна.
2. Доказать, что в кристалле любой сингонии вектор обратной решетки \mathbf{K}_{hkl} перпендикулярен плоскости с индексами (hkl) в прямой.
3. Вычислить объем первой зоны Бриллюэна для объемноцентрированной кубической (ОЦК) решетки с постоянной $a=5 \text{ \AA}$.
4. Построить четвертую зону Бриллюэна для плоской квадратной решетки.

Симметрия кристаллов

1. Провести классификацию колебательных возбуждений конкретного кристалла ($\text{KNO}_3, \text{CaCO}_3, \text{CdS}, \text{ZnS}, \text{CdSe}$) по неприводимым представлениям фактор-группы ($D_{2h}16, D_{3d}6, Td2$).
2. Нарисовать элементы симметрии конкретной пространственной группы (\quad) и структуру.

3. Найти локальные поля, в которых находятся атомы конкретных соединений (алмаз, CaF_2 , NaCl).
4. Построение пространственных групп в классе C_{2h} монокриной сингонии.
5. Пространственные группы триклинной сингонии C_i^1-PI и $C_i^2-P\bar{I}$ и пространственные группы моноклинной сингонии кристаллических классов C_2-2 и C_s-m .
6. Возникновение правильных систем точек и групп локальной симметрии в простейших пространственных группах.

•

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Постоянный контроль навыков решения задач осуществляется в форме самостоятельной работы с использованием методических материалов и литературных источников, с последующей проверкой решений (разбора) в учебной группе. Варианты для контрольных работ составляются из задач, предлагаемых студентам для самостоятельного решения.

Текущий контроль – письменный опрос на занятиях в присутствии преподавателя. Письменный опрос проводится в конце каждого раздела по вопросам из пройденного материала с целью определения проблемных вопросов, тем и разделов курса, а также степени освоения курса студентами.

Промежуточная аттестация – экзамен в конце курса.

Экзамен проводится в устной форме.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Оценка "отлично" выставляется за грамотный, исчерпывающий ответ на два основных и дополнительные вопросы. За время ответа студент должен показать свободное владение материалом, изложенным на занятиях и полученным из дополнительных источников, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "хорошо" выставляется за грамотный ответ на два основных и один из дополнительных вопросов. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "удовлетворительно" выставляется за полный ответ на два основных или один основной и два дополнительных вопроса. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется за ответ, не отвечающий выше перечисленным критериям.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации студентов.

1. Классификация твердых тел по типам связи. Энергия связи кристаллов. Ионные кристаллы, основные свойства. Ковалентные кристаллы, основные свойства. Ковалентная связь в молекуле водорода. Модель Гайтлера и Лондона. Гибридизация атомных орбиталей. sp -, sp^2 -, sp^3 -гибридизация.
2. Классификация твердых тел по типам связи. Энергия связи кристаллов. Молекулярные кристаллы. Основные свойства. Силы Ван-дер-Ваальса. Кристаллы с водородными связями. Кристаллы с промежуточным типом связи. Энергия решетки ионных кристаллов. Кулоновское взаимодействие. Постоянная Маделунга.
3. Геометрические закономерности атомного строения кристаллов: кристаллохимические радиусы: эффективные радиусы атомов и ионов. Координационное число и координационный многогранник – полиэдр. Структурные группировки, гомодесмические и гетеродесмические кристаллы. Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров.
4. Геометрические пределы устойчивости структур. Принцип максимального заполнения пространства, связь координации с размерами атомов. Факторы, определяющие структуру кристаллов (Правило Гольдшмидта).
5. Плотнейшие шаровые упаковки. Кубическая и гексагональные упаковки. Слоистые структуры. Плотнейшие атомные упаковки: плотноупакованный слой одинаковых атомов (двухслойная, трехслойная, многослойная). Точечная и пространственная симметрия, коэффициент упаковки, тип и характер сцепления.
6. Понятие о симметрии. Симметрия и физические законы.
7. Общие положения теории групп. Группа. Порядок группы. Коммутация, умножение, подгруппа, сопряженные элементы, изоморфизм, гомоморфизм.
8. Общие положения теории групп. Перестановочно-инверсионная группа. Трудности классического описания. Связь перестановочно-инверсионной группы с точечными группами и с федоровскими группами.
9. Симметрия системы материальных точек. Точечная симметрия. Оси и плоскости симметрии. Комбинированные операции. Инверсия. Символические обозначения. $C(\varphi)$, σ , I , E . Операции второго рода. Трансформированные операции $B = GAG^{-1}$.
10. Классификация групп симметрии. Группы вращения. Группы II рода. Непрерывные группы.
11. Понятие кристаллической решетки. Гомологичные точки, трансляции, узлы, ряды, ячейки, сетки, решетки. Пространственная решетка и решетка Бравэ. Базис. Кристаллическая структура. Кристаллографическая элементарная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца, примитивная ячейка. Кристаллографическая и кристаллофизическая (ортогональная) системы координат.
12. Трансляционная симметрия. Группа трансляций. Трехмерные кристаллы. Общий элемент симметрии кристалла. Ограничения, накладываемые трансляциями на точечные группы симметрии кристалла. Элементы пространственной симметрии кристаллов: трансляции, плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Изображение элементов пространственной симметрии на проекциях.

13. Кристаллические системы – сингонии. Решетки Браве Кристаллический класс. Пространственные (Федоровские) группы. Элементарная и примитивная ячейки.
14. Кристаллическая структура. Символические обозначения. Пространственные группы. Кристаллические обозначения: символы узлов, символы направлений и узловых рядов (ребер); символы узловых плоскостей (граней) – индексы Миллера. Кристаллографические проекции. Стереографическая и гномостереографическая проекции. Использование проекций в физике кристаллов.
15. Пространственные группы симметрии кристаллов. Симморфные и несимморфные пространственные группы. Число правильных систем точек в структуре. Правильные системы точек. Точки общего и частного положения, их кратность, Локальная группа (точечная симметрия позиции точки, координаты позиций точек). Связь химической формулы кристалла с набором системы точек. Символика пространственных групп: международная и по Шёнфлису. Обменная группа. Фактор-группа.
16. Симметрия кристаллов и физические свойства. Скаляры, векторы, тензоры. Пироэлектричество. Диэлектрическая проницаемость. Восприимчивость. Пьезоэлектричество. Сегнетоэлектричество.
17. Симметрия кристаллов и физические свойства. Скаляры, векторы, тензоры. Магнитные свойства. Энантиоморфизм и оптическая активность.
18. Симметрия кристаллов и физические свойства. Скаляры, векторы, тензоры. Механические напряжения и деформации. Упругость. Закон Гука. Распространение механических волн в кристаллах.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и кристаллофизика»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

СПАСИБО!

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска др. оборудование или компьютерный класс.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint и др. (допустима версия MS Office 2003).

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Pentium III-800/ОЗУ-256 Мб / Video-32 Мб / Sound card – 16bit /Headphones / HDD 80 Гб / CD-ROM – 48x / Network adapter – 10/100/ Мбс / SVGA – 19”

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Каждый обучающийся во время занятий и самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет и корпоративную сеть факультета. Компьютерный класс должны быть обеспечен комплектом программного обеспечения Parratt, Fit2D, Sandra

3.3.5 Перечень и объемы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объеме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Давыдов В., Основы кристаллографии и кристаллофизики Части 1 – 2, Учебное пособие, Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 112с.

2. Кочемировский, Владимир Алексеевич. Дефекты кристаллической структуры полупроводниковых материалов : учебное пособие / В. А. Кочемировский, И. А. Соколов ; С.-Петербургский гос. ун-т. - СПб. : Изд-во СПбГУ, 2013. - 35 с.
3. Магомедов, Махач Насрутдинович. Изучение межатомного взаимодействия, образования вакансий и самодиффузии в кристаллах / М. Н. Магомедов. - М. : Физматлит, 2010. - 543 с.
4. Нелинейности в периодических структурах и метаматериалах / ред. Ю. С. Кившарь, Н. Н. Розанов. - М. : Физматлит, 2015. - 383 с.
5. J. Patterson, B. Bailey, Solid-State Physics. Introduction to the Theory, Springer, 2007.
6. Собрание научных трудов : в 5 т. / А. П. Александров; [РАН, Федерал. агентство по атомной энергии, Рос. науч. центр "Курчатовский ин-т"]. - М. : Наука, 2006
7. Crystal Structure Analysis. Principles and Practice / A. J. Blake [et al.] ; ed. W. Clegg ; International Union of Crystallography. - Second Edition. - Oxford ; New York : Oxford University Press, 2009. - XVIII, 387 p.
8. Методы структурного анализа : сб. науч. тр. / Академия наук СССР, Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова. - М. : Наука, 1989. - 303 с.
9. Задачник по кристаллофизике : учеб. пособие для студ. вузов / Н. В. Переломова, М. М. Тагиева; под ред. М. П. Шаскольской. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. литературы, 1972. - 192 с.
10. Дифрактометрия с использованием синхротронного излучения / [В. В. Болдырев, Н. З. Ляхов, Б. П. Толочко и др.]; отв. ред. Г. Н. Кулипанов ; АН СССР, Ин-т биофизики, Сибирское отд-ние, Ин-т химии твердого тела и переработки минерального сырья, Ин-т ядерной физики. - Новосибирск : Наука. Сибирское отд-ние, 1989. - 144 с. : ил. - Библиогр.: с. 141-143.
11. Структурная кристаллография : К 100-летию со дня рождения академика Н. В. Белова: Сборник научных трудов / Российская Академия наук, Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова ; отв. ред. Б. К. Вайнштейн. - М. : Наука, 1992. - 293 с.
12. Ч.Киттель, Введение в физику твердого тела. М.:Наука, 1978.
13. С.Багавантам и Т.Венкатарайуду. Теория групп и её применение к физическим проблемам.
14. Д.Пуле, Ж.-П. Матье. Колебательные спектры и симметрия кристаллов. Мир, 1973.
15. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1976.
16. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. 2-е изд. - М.: Наука, 1971. 400 стр.
17. Китайгородский А.И. "Рентгеноструктурный анализ", Г.Т.И., 1950 г.
18. M.Cardona, P.Yu. Fundamentals of semiconductors. Springer, 1999.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Карпов С.В., Классификация колебательных возбуждений в молекулах и кристаллах. Учебно-методическое пособие, С.-Петербург, изд.СПбГУ, 2002, 39с.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979- в 2-х томах.
3. В. Bushman, Handbook of Nanotechnology, Springer, Berlin, 2004
4. А.Анималу "Квантовая теория кристаллических твердых тел" М., Мир, 1981.
5. У.Харрисон. Теория твердого тела. М. Мир, 1972.
6. Дж.Блейкмар "Физика твердого тела" М., Мир, 1988.
8. 9. Дж. Най. Физические свойства кристаллов. Мир, 1967
10. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. - М.:Наука,1978.
- 11.Современная кристаллография. В 4-х томах. Под ред. Б.К.Вайнштейна. Т.1-4.-М.: Наука, 1979-1981

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Не предусмотрено

Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Григорьева Наталья Анатольевна	к.ф.м.н.	-	доцент	natali@lns.pnpi.spb.ru +7-921-7469488
Карпов Сергей Владимирович	к.ф.м.н.	доцент		