

Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет  
*Геологический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Динамика кристаллической решетки  
Crystal Lattice Dynamics**

Язык(и) обучения русский

---

---

Трудоёмкость 3 зачётных единиц

Регистрационный номер  
рабочей программы:

<small>код года утверждения</small>	/	<small>код факультета или иного структурного подразделения</small>	/	<small>порядковый номер или шифр</small>
---	---	--	---	--

Санкт-Петербург  
2012



ИТОГО:	10	19						2	30		20		25	19	3
--------	----	----	--	--	--	--	--	---	----	--	----	--	----	----	---

Виды, формы и сроки  
текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Промежуточная аттестация		Текущий контроль	
	Виды	Сроки	Формы	Сроки
<i>очная форма обучения</i>				
Модули не предусмотрены	зачет	с 10 января		

### 1.7. Структура и содержание учебных занятий

Динамика кристаллической решетки. Лекций – 10 час., семинары – 19 час.

Тема 1. Колебания одноатомной, двухатомной решетки, 2D и 3D решетки, зона Бриллюэна, вывод зависимости частоты от волнового вектора. Определение основных понятий: гармонический осциллятор, оптические фононы, акустические фононы, поляризация, стоячие и бегущие волны, обратное пространство, гармоническое приближение, дисперсия фононов по зоне Бриллюэна.

Тема 2. Энергия фононов. Законы сохранения энергии и импульса фононов. Квазичастица и дуализм фонона. Температура Дебая. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга-Пти. Приближение Дебая и Эйнштейна. Ангармонизм кристаллической решетки. Плотность состояний. Процессы взаимодействия фононов, переброс фононов. Теплопроводность кристаллов. Колебательный спектр кристаллов, основные методы исследований. Модельные расчеты динамики кристаллической решетки.

Тема 3. Теория структурных фазовых переходов 2-го рода. Поведение физических свойств при структурных фазовых переходах. Сегнетоэлектрические и антисегнетоэлектрические фазовые переходы. Сегнетоэластические фазовые переходы. Домены. Собственные и несобственные фазовые переходы. Фазовые переходы первого рода. Манитные фазовые переходы.

Тема 4. Рассеяние нейтронов. Основные типы источников нейтронов. Эффективное сечение рассеяния. Когерентное и некогерентное рассеяние нейтронов. Нейтронная спектроскопия. Времяпролетная техника рассеяния нейтронов, трехосный спектрометр. Малоугловое рассеяние нейтронов. Мюонная спектроскопия. Неупругое рассеяние синхротронного излучения.

Тема 5. Рассеяние света. Источники монохроматического излучения. Законы сохранения энергии и импульса для рассеяния света. Мандельштам-бриллюэновское рассеяние света. Комбинационное рассеяние света. Интерференционные решетки. Интерферометр Фабри-Перо. Тензор поляризуемости и упругости. Кристаллоакустика. Уравнение Кристоффеля. Расчеты скорости, затухания акустических фононов. Характеристические поверхности фазовых скоростей и связь их с кристаллографической симметрией. Правила отбора.

## Раздел 2. Обеспечение учебных занятий

### 2.1. Методическое обеспечение

#### 2.1.1. Методическое обеспечение аудиторной работы

Не требуется

#### 2.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы

Не требуется

#### 2.1.3. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Оценка на зачете, исходя из ответа на 2 вопроса. Правильный ответ на 2 вопроса - зачет; правильный ответ на 2 вопроса с отдельными ошибками - зачет; правильный ответ на 1 из 2 вопросов - зачет; 2 ответа с серьезными ошибками - незачет.

#### 2.1.4. Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы)

##### 2.1.4.1. Не требуется

##### 2.1.4.2. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы по всем разделам программы:

###### Динамик кристаллической решетки

- вывод выражения для зависимости частоты от волнового вектора фонона
- анализ и разбор предельных случаев ангармонизма
- анализ и разбор особых точек 1-ой зоны Бриллюэна в кристаллах
- анализ основных моделей в описании зависимости интенсивности от волнового вектора в экспериментах по малоугловому рассеянию нейтронов
- решение обратной задачи кристаллоакустики в кристаллах различных
- расчет и анализ поведения показателя преломления в окрестности фазового перехода 2-го рода в кристаллах

##### 2.1.4.3. Примерный перечень вопросов к экзамену по всем разделам учебной дисциплины

###### Динамика кристаллической решетки

- Граничные условия и фононы в 2D и 3D структурах.
- Основные методы исследования акустических фононов
- Влияние беспорядка на колебательный спектр кристаллов
- Теплоемкость и функция плотности состояний в эксперименте
- Роль ангармонизма в теплопроводности
- Поведение акустических фононов при сегнетоэластическом фазовом
- Поведение оптических фононов при сегнетоэлектрическом фазовом
- Закон Кюри-Вейса, соотношение Лиддена-Сакса-Тейлора
- Роль анализатора и поляризатора в экспериментах по неупругому
- Основные ограничения в экспериментах по неупругому рассеянию
- Симметричные ограничения в оптической спектроскопии.
- Теория "мягкой" моды
- Принцип работы тройного монохроматора.
- Затухающий гармонический осцилятор и релаксатор в обработке данных
- Тензор упругости и фазовые скорости кубического кристалла
- Основные механизмы диффузного рассеяния нейтронов

## 2.2. Кадровое обеспечение

2.2.1. Требования к образованию и (или) квалификации штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к преподаванию дисциплины  
Преподаватели с высшим специальным образованием (специальность - физика)

2.2.2. Требования к обеспеченности учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Учебно-вспомогательный персонал должен обладать навыками организации аудиторной работы

2.2.3. Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Не предусмотрены

## 2.3. Материально-техническое обеспечение

2.3.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

Аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием

2.3.2. Требования к аудиторному оборудованию, в том числе к неспециализированному компьютерному оборудованию и программному обеспечению общего пользования

Не требуется

2.3.3. Требования к специализированному оборудованию

Мультимедиа проектор, проекционный экран

2.3.4. Требования к специализированному программному обеспечению  
не требуются

2.3.5. Требования к перечню и объёму расходных материалов

1 пачка бумаги формата А4 для проведения семинаров и зачета

## 2.4. Информационное обеспечение

2.4.1. Список обязательной литературы

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. Пер с англ., 1978-792.

2. А. Пуле, Ж.-П. Матье Колебательные спектры и симметрия кристаллов. Пер. с англ., 1973-437.

3. Современная кристаллография, Том 4 под редакцией Шувалова Л.А и др.,

4. Блинц Р., Жекш Б. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. 1975-5

2.4.2. Список дополнительной литературы

1. Федоров Ф.И. Теория упругих волн в кристаллах М.: Наука, 1971.

2.4.3. Перечень иных информационных источников

Презентации лекций, опубликованные на сайте каф. кристаллографии

Тематические статьи из периодических изданий

### Раздел 3. Процедура разработки и утверждения рабочей программы

#### Разработчик(и) рабочей программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Лушников Сергей Германович	доктор физ.-мат.наук	снс	зав.лабораторией	<a href="mailto:sergey.lushnikov@mail.ioffe.ru">sergey.lushnikov@mail.ioffe.ru</a>

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ проведена двухуровневая экспертиза:

первый уровень (оценка качества содержания рабочей программы и применяемых педагогических технологий)		
Наименование кафедры	Дата заседания	№ протокола
кристаллографии	10.05.2012	№5
минералогии	04.05.2012	№6
второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)		
Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом		
<i>должностное лицо</i>	<i>дата приказа</i>	<i>№ приказа</i>
Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

#### Иные документы об оценке качества рабочей программы

Документ об оценке качества	Дата документа	№ документа

#### Утверждение рабочей программы

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

#### Внесение изменений в рабочую программу

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа