

*Приложение к приказу первого проректора  
по учебной и научной работе*

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Порядок и беспорядок в твердых телах: диффузное рассеяние*

*Order and Disorder in Solids: Diffuse Scattering*

**Язык(и) обучения**

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: \_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

2016

## Раздел 1. Характеристики учебных занятий

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам общее представление о методах, использующих синхротронное рассеяние и рассеяние тепловых нейтронов для исследования структуры и динамики разупорядоченных кристаллов. Ознакомить с основными положениями теории рассеяния на объектах с динамическим и статическим беспорядком. Научить определять структурные и магнитные характеристики разупорядоченных материалов по данным дифракционных экспериментов и современного программного обеспечения, использовать полученные навыки для подготовки магистерской диссертации и в последующей профессиональной деятельности.

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

Для успешного освоения программы дисциплины «Порядок и беспорядок в твердых телах: диффузное рассеяние» студентам необходимо прослушать курсы лекций «Теория взаимодействия синхротронного (рентгеновского) и нейтронного излучения с веществом» и «Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и кристаллофизика».

### 1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные положения теории рассеяния на объектах, характеризующихся как средней периодической структурой, так и локальными флуктуациями;
- знать методы описания структурного беспорядка связанного с вариациями состава и атомных позиций, в прямом и обратном пространствах;
- уметь планировать эксперимент по измерению диффузного рассеяния на современном оборудовании синхротронных и нейтронных источников;

иметь навыки визуализации и анализа полученных экспериментальных данных с использованием компьютерных программ Fit2D и CrysAlis.

### 1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Самостоятельная работа в присутствии преподавателя – 15 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			Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	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.)		
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>																
<b>очная форма обучения</b>																

Семестр 2 ( часы	30							2			15	21		4					
кол.студ.)	2-10							2-10			2-10	1		1				47	2
<b>ИТОГО</b>	<b>30</b>							<b>2</b>			<b>15</b>	<b>21</b>		<b>4</b>				<b>47</b>	<b>2</b>

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)
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>			
<b>очная форма обучения</b>			
Семестр 2		зачет	

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

**Основной курс      Основная траектория      Очная форма обучения**

Период обучения (модуль): **Семестр 2**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	1. ВВЕДЕНИЕ В КРИСТАЛЛОГРАФИЮ РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР. 1.1. Примеры дефектов в кристаллах и их роль в формировании физических свойств. 1.2. Дифракция на идеальном кристалле. 1.3. Дифракция на кристалле с беспорядком. Гипотеза эргодичности.	семинар	2
2	2. МОДЕЛИ РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА. 2.1 Марковские цепи, модели роста кристалла с дефектами, клеточные автоматы 2.2. Модель Изинга для разупорядоченных структур. 2.3 Марковские цепи в описании одномерного беспорядка. 2.3. Дифракционный отклик кристалла с одномерным беспорядком	семинар	2
3	3. БЕСПОРЯДОК В ДВУХ- И ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ 3.1. Бинарные модели 3.2. Модель роста кристалла с гауссовым распределением дефектов	семинар	2

	<p>3.3. Выделение средней структуры для кристалла с разупорядоченными положениями атомов</p> <p>3.4. Брегговский и диффузный вклад в дифракционную интенсивность, кристалл и пара-кристалл.</p>		
4	<p>4. ОБОБЩЕННОЕ ОПИСАНИЕ БЕСПОРЯДКА И ДИФРАКЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ</p> <p>4.1. Заселенности атомных позиций и условные вероятности.</p> <p>4.2. Описание распределения дефектов и ассоциированных смещений атомов</p> <p>4.3. Корреляционные функции в диффузном вкладе</p> <p>4.4. Параметры ближнего порядка Уоррена-Каули</p>	семинар	2
5	<p>5. ОБЩАЯ КАРТИНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПО КРИВОГЛАЗУ</p> <p>5.1. Усреднение по конфигурациям дефектов и выделение <math>\delta</math>-образного вклада в рассеяние</p> <p>5.2. Описание дефектов при помощи статических волн отклонений от среднего состава</p> <p>5.3. Волны статических смещений и силы Канзаки</p>	семинар	2
6	<p>6. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО ДВИЖЕНИЯ АТОМОВ НА ДИФРАКЦИОННУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ</p> <p>6.1 Факторы Дебая -Валлера и динамика решетки</p> <p>6.2 Метод S-матриц Борна, связь динамической матрицы с факторами Дебая-Валлера</p> <p>6.3 Анализ температурной зависимости дифракционной интенсивности и средние квадраты статических смещений</p>	семинар	2
7	<p>ТЕПЛОВОЕ ДИФфуЗНОЕ РАССЕЯНИЕ</p> <p>7.1 Динамика решетки и тепловое диффузное рассеяние</p> <p>7.2 Метод S-матриц Борна для теплового диффузного рассеяния</p> <p>7.3 Тепловое диффузное рассеяние при учете акустических фононов</p>	семинар	2
8	<p>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В ОБРАТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ</p> <p>8.1. Обратное пространство, сфера Эвальда</p> <p>8.2. Сфера разрешения дифрактометра с двумерным детектором, влияние размера и формы кристалла на распределение интенсивности в обратном пространстве</p>	семинар	2

	8.3. Функция Паттерсона для упорядоченного кристалла и автокорреляционная функция отклонений от средней структуры, ее связь с параметрами ближнего порядка.		
9	<p>ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФУЗНОГО РАССЕЙЯНИЯ В МОНОКРИСТАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ I</p> <p>9.1 Монокристалльная дифракция на современном источнике нейтронного и синхротронного излучения</p> <p>9.2 Лабораторные рентгеновские монокристалльные дифрактометры.</p> <p>9.3 Типы двумерных детекторов нейтронного и синхротронного излучений пригодные для диффузного эксперимента</p>	семинар	2
10	<p>ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФУЗНОГО РАССЕЙЯНИЯ В МОНОКРИСТАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ II</p> <p>10.1 Методы сканирования обратного пространства</p> <p>10.2 Обобщенные и локальные карты диффузного рассеяния</p> <p>10.3 Двух- и трехмерные представления диффузного рассеяния</p>	семинар	2
11	<p>ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СИНХРОТРОННОГО МОНОКРИСТАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА</p> <p>11.1 Резонансные вклады в рассеяние и 3-λ метод разделения вкладов в диффузное рассеяние</p> <p>11.2 Голографический метод</p> <p>11.3 Исследование кинетики и "in-situ" эксперименты</p>	семинар	2
12	<p>ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФУЗНОГО РАССЕЙЯНИЯ В ПОРОШКОВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ I</p> <p>12. 1. Порошковый дифракционный эксперимент на нейтронном и синхротронном источнике</p> <p>12. 2 Использование двумерных детекторов в порошковой дифракции</p> <p>12.3 Влияние размера кристаллитов на порошковую дифракцию</p>	семинар	2
13	<p>ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФУЗНОГО РАССЕЙЯНИЯ В ПОРОШКОВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ II</p> <p>13.1 Использование формулы Дебая для нанопорошков</p> <p>13.2 Метод Pair Distribution Function для анализа разупорядоченных структур</p> <p>13.1 Выбор образца, типа излучения, метода и шага сканирования, детектора.</p> <p>13.2 Инспекция обратного пространства и проведение дополнительных измерений</p> <p>13.3 Сбор, первичная обработка, архивирование и хранение данных</p>	семинар	2

	13.4 Тенденции развития современных монокристалльного и порошкового дифракционных экспериментов		
14	<p>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФFUЗНОГО РАСSEЯНИЯ В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ</p> <p>14.1 Восстановление корреляционных свойств изучаемого соединения и их связь с физическими свойствами</p> <p>14.2 Прямое моделирование разупорядоченных структур и определение локальной (истинной) структуры вещества</p> <p>14.3 Изучение фазовых переходов.</p> <p>14.4 Диффузное рассеяние в композитных и многофазных кристаллических системах</p>	семинар	2
15	<p>НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИФFUЗНОГО РАСSEЯНИЯ</p> <p>15.1 Выход за приближение парной корреляционной функции</p> <p>15.2 Исследование электронной структуры при помощи диффузного рассеяния</p> <p>15.3 Когерентное рассеяние синхротронного излучения при исследовании структурного беспорядка.</p>	семинар	2
1	<p>1. ДИФРАКЦИЯ НА РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ И НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ</p> <p>1.1 Дифракция на двумерной периодической сетке</p> <p>1.2 Описание систем периодических сеток и стержней в прямом и обратном пространстве.</p> <p>1.3 Учет форм-фактора рассеивающих объектов.</p> <p>2. ДИФFUЗНОЕ РАСSEЯНИЕ И ДЕФЕКТЫ УПАКОВКИ I</p> <p>2.1 Плотнейшие упаковки, слоевые структуры</p> <p>2.2 Дефекты упаковки и двойникования</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в присутствии преподавателя	2
2	<p>3. ДИФFUЗНОЕ РАСSEЯНИЕ И ДЕФЕКТЫ УПАКОВКИ II</p> <p>3.1 Дифракционная интенсивность для кубического кристалла с дефектами упаковки.</p> <p>3.2. Метод Гинье для анализа дефектной структуры</p> <p>4. ДИФFUЗНОЕ РАСSEЯНИЕ В ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ</p> <p>4.1. Природный опал и искусственные опалоподобные структуры</p> <p>4.2. Коллоидные кристаллы</p> <p>4.3 Современные подходы к моделированию дифракции на крупномасштабных</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в присутствии преподавателя	2

	периодических структурах		
3	<p>5. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В СПЛАВАХ I</p> <p>5.1 Сплавы и беспорядок</p> <p>5.2 Эксперименты на высокоэнергетичных пучках синхротронного излучения</p> <p>5.3 Учет геометрии эксперимента и необходимых поправок при анализе данных</p> <p>6. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В СПЛАВАХ II</p> <p>6.1 Извлечение информации о ближнем порядке и динамике решетки</p> <p>6.2 Связь диффузного рассеяния в сплавах с электронной структурой</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в присутствии преподавателя	2
4	<p>7. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ТРЕХМЕРНОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ ДИФФУЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ</p> <p>7.1 Схема эксперимента, форматы представления данных</p> <p>7.2 Инспекция исходных данных, программы Fit2D, ALBULA</p> <p>7.3 Восстановление слоев в обратном пространстве, программа CrysAlis</p> <p>7.4 Объемные представления диффузного рассеяния</p> <p>8. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ I</p> <p>8.1 Указания на беспорядок в средней структуре</p> <p>8.2 Беспорядок связанный с замещением молекул</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в присутствии преподавателя	2
5	<p>9. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ II</p> <p>9.1 Статические смещения и деформации молекул</p> <p>9.2 Тепловое движение жестких молекул - трансляции и либрации.</p> <p>9.3 Примеры исследования разупорядоченных молекулярных кристаллов</p> <p>10. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ И РЕАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЛЬДА</p> <p>10.1 Нейтронные и рентгеновские исследования структуры льдов</p> <p>10.2 Диффузное рассеяние, беспорядок протонов и динамика решетки</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в присутствии преподавателя	2
6	<p>11. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В ПЕРОВСКИТАХ И ПОДОБНЫХ СТРУКТУРАХ I</p> <p>11.1 Указания на беспорядок в средней структуре и составе перовскитов</p> <p>11.2 Беспорядок, связанный с замещением</p>	интерактивный семинар с презентациями и самостоятельная работа студентов в	2

	атомов 11. 3 Примеры диффузного рассеяния, связанного с химическим беспорядком  12. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В ПЕРОВСКИТАХ И ПОДОБНЫХ СТРУКТУРАХ II 12.1 Тепловое диффузное рассеяние в кубических перовскитах 12.2 Проявление мягкой моды в диффузном рассеянии 12. 3 Примеры диффузного рассеяния связанного с мягкими фонами	присутствии преподавателя	
7	13. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В РЕЛАКСОРАХ I 13.1 Релаксоры, их физические свойства 13. 2 Структура и состав "кубических" релаксоров 13.3 Брегговская дифракция и ее температурная эволюция  14. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В РЕЛАКСОРАХ I 14.1 Диффузное рассеяние - критический обзор экспериментальной информации 14. 2 Интерпретация диффузного рассеяния, модели беспорядка и физические свойства релаксоров 15. ДИФФУЗНОЕ РАССЕЙЯНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ СВЕРХРОВОДНИКАХ 15.1 Фазовое расслоение и его проявление в обратном пространстве 15.2 Стехиометрический беспорядок 15.3 Реальная симметрия и структура нестехиометрических сверхпроводников	интерактивный семинар презентациями самостоятельная работа студентов присутствии преподавателя	с и в 3

### Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

#### 3.1. Методическое обеспечение

##### 3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, содержащая разделы 2, 3.1 и 3.4 данной Рабочей программы, а также электронная презентация всех лекций в формате PPT или PDF.

##### 3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- перечнем заданий для самостоятельной работы;
- методическими указаниями для использования программных продуктов Fit2D и CrysAlis при выполнении заданий.



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

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде зачета и оцениваться на основании балльно-рейтинговой системы. Целями введения балльно-рейтинговой системы являются стимулирование систематической учебной работы студентов в течение всего периода обучения, повышение объективности оценки знаний студентов и мотивация их к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины в течение семестра.

Общее максимальное количество баллов – 100, из них за посещение и работу на лекциях – 10 баллов, за работу, выполняемую под руководством преподавателя – 20 баллов, за ответ на вопросы во время промежуточной аттестации – 70 баллов.

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.

Для получения зачета студенту достаточно набрать 50 баллов.

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

#### **Перечень билетов для проведения промежуточной аттестации студентов.**

Билет 1.

1. Примеры дефектов в кристаллах и их роль в формировании физических свойств
2. Исследование дефектных кристаллов методом дифракции рентгеновского излучения. Методы измерения интенсивности диффузного рассеяния.

Билет 2.

3. Средняя и локальная структуры, параметризация структурного беспорядка.
4. Тепловое диффузное рассеяние.

Билет 3.

5. Описание дефектов при помощи статических волн отклонений от среднего состава.
6. Классификация дефектов по Кривоглазу

Билет 4.

7. Параметры ближнего порядка Уоррена-Каули.
8. Дефекты упаковки и двойникования

Билет 5.

9. Функция Паттерсона для упорядоченного кристалла и автокорреляционная функция отклонений от средней структуры.
10. Типы двумерных детекторов нейтронного и синхротронного излучений пригодные для диффузного эксперимента.

Билет 6.

11. Выделение средней структуры для кристалла с разупорядоченными положениями атомов.
12. Двух- и трехмерные представления диффузного рассеяния

Билет 7.

13. Сравнительный анализ синхротронного и нейтронного излучений для измерения диффузного рассеяния.
14. Дифракционный отклик кристалла с одномерным беспорядком.

Билет 8.

15. 3- $\lambda$  метод разделения вкладов в диффузное рассеяние.
16. Влияние размера кристаллитов на порошковую дифракцию. Примеры.

Билет 9.

17. Диффузное рассеяние в молекулярных кристаллах.
18. Проявление мягкой моды в диффузном рассеянии.

Билет 10.

19. Метод Гинье для анализа дефектов упаковки.
20. Проявление электронной структуры в диффузном рассеянии.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

**Анкета-отзыв** на дисциплину «Порядок и беспорядок в твердых телах: диффузное рассеяние»

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, Fit2D.

#### **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. Ч.Киттель, Введение в физику твердого тела. М.:Наука, 1978.
2. М.П.Шаскольская, Кристаллография, М.:Высшая школа, 1984.
3. М.А. Кривоглаз, Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах, Наукова Думка, Киев, (1983).
4. Duncan W. Bruce, Dermot O'Hare, Richard I. Walton, Structure from Diffraction Methods. Inorganic Materials Series. Wiley, 2014.

#### **3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. V.M. Nield and D.A. Keen, Diffuse neutron scattering from crystalline materials. Oxford Clarendon Press (2001).
2. R.B. Neder and T. Proffen, Diffuse Scattering and Defect Structure Simulations. A cook book using the program DISCUS. Oxford University Press (2008).
3. Д. М. Каули, Физика дифракции. М. : Мир, 1979.
4. T.R. Welberry, Diffuse X-ray scattering and models of disorder. Oxford University Press, (2004).
5. E.J. Mittemeijer, U. Welzel, Modern Diffraction Methods. Wiley, 2012.

### 3.4.3 Перечень иных информационных источников

#### Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Зобкало Игорь Александрович	к.ф.м.н.	-	доцент	<a href="mailto:zobkalo@pnpi.spb.ru">zobkalo@pnpi.spb.ru</a> +7-921-6376070
Чернышев Дмитрий Юрьевич	к.ф.м.н.	-	-	<a href="mailto:dmitry.chernyshov@esrf.fr">dmitry.chernyshov@esrf.fr</a> +33 (0)4 76 88 27-75