

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

от _____ № _____

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Метаматериалы и методики малоугловой дифракции в исследовании их
функциональных свойств*

Metamaterials and study of their properties by Small-Angle Diffraction methods

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

Курс рассчитан на студентов, обучающихся в магистратуре и нацелен на формирование у студентов общих представлений о метаматериалах и современных технологиях и способах их создания. В рамках курса рассматриваются особенности методик малоугловой дифракции нейтронов и синхротронного излучения, позволяющие использовать их для исследования метаматериалов. Студенты научатся определять структурные и магнитные характеристики метаматериалов с использованием современного программного обеспечения и смогут 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 «Метаматериалы и методики малоугловой дифракции в исследовании их функциональных свойств» 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 технологии синтеза метаматериалов;
- знать методики исследования структурных и магнитных свойств метаматериалов с использованием нейтронов и синхротронного излучения;
- уметь разрабатывать идеологию эксперимента на современном оборудовании синхротронов и нейтронных залов;
- иметь навыки анализа полученных экспериментальных данных с использованием компьютерных программ Parratt, Fit2D и Sandra.

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) (24 часа).
- Самостоятельная работа в присутствии преподавателя (12 часов)

Практическое занятие в форме расчетов и построения моделей с использованием специализированных программных сред (8 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 занятых	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.)		итоговая аттестация (сам.раб.)				
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																																				
очная форма обучения																																				
Семестр 4	36		2										2																							
(часы кол.студ.)	2-10		2-10										2-10																						52	2
ИТОГО	36		2										2																						52	2

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 4		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 4**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
-------	------------------------------------	---------------------	------------------

1	<p>Методы получения метаматериалов.</p> <p>1.1. Физические методы синтеза.</p> <p>1.2. Химические методы синтеза.</p> <p>Наночастицы в двумерных нанореакторах.</p> <p>1.3. Нанолитография.</p> <p>1.3.1. Оптическая литография.</p> <p>1.3.2. Внеосевая литография.</p> <p>1.3.3. Электронно-лучевая литография (ЭЛЛ).</p> <p>1.3.4. Ионно-лучевая литография (ИЛЛ).</p> <p>1.3.5. Безмасочная литография (direct writing).</p> <p>1.4. Технологии нанопечати.</p>	лекции	4
2	<p>Особенности методик малоугловой дифракции нейтронного и синхротронного излучений для исследования метаматериалов.</p> <p>2.1. Малоугловое рассеяние поляризованных нейтронов</p> <p>2.2. Рефлектометрия поляризованных нейтронов</p> <p>2.3. Ультрамалоугловое рассеяние синхротронного излучения. Переход к малоугловой дифракции</p> <p>2.4. Рефлектометрия синхротронного излучения</p> <p>2.5. Малоугловое рассеяние синхротронного излучения в скользящей геометрии</p> <p>2.6. Дифракция синхротронного излучения</p>	лекции	4
3	<p>Типы экспериментальных установок для исследования метаматериалов</p> <p>3.1. Установка малоугловой дифракции нейтронов</p> <p>3.2. Установка рефлектометрии поляризованных нейтронов</p> <p>3.3. Установка ультрамалоуглового рассеяния синхротронного излучения</p> <p>3.4. Установка рефлектометрии синхротронного излучения</p>	лекции	4
4	<p>Исследование метаматериалов методом малоугловой дифракции нейтронов. Поляризованные и неполяризованные нейтроны. Особенности исследования магнитных наноструктур. Три вклада в интенсивность нейтронного рассеяния:</p>	лекции	4

	ядерный, магнитный, ядерно-магнитная интерференция. Примеры.		
5	Исследование пленочных нанокompозитов на основании магнитных, полупроводниковых и диамагнитных метаматериалов методами рефлектометрии нейтронов и синхротронного излучения. Примеры.	лекции	4
6	Исследование метаматериалов методом малоугловой дифракции синхротронного излучения. Параметры порядка и беспорядка в наноструктурах. Прямые и инвертированные метаматериалы. Процессы самоорганизации. Реконструкция обратного пространства. Примеры.	лекции	4
7	Использование традиционной дифракции рентгеновского излучения для текстурного анализа наноструктур.	лекции	4
8	Исследование метаматериалов в геометрии рассеяния под скользящим углом (GISAS). Рассеяние на неоднородностях плотности в Борновском приближении: случай изолированных наночастиц. Рассеяние на взаимодействующих наночастицах. Примеры GISAS экспериментов для исследования твердых тел: наночастицы на поверхности. Примеры GISAS экспериментов для исследования самоорганизации наночастиц в плоской матрице.	лекции	4
9	Примеры комплиментарности методик малоугловой дифракции и традиционных методов исследования наноструктур – электронной микроскопии, электронного парамагнитного резонанса, метода Мессбауэра, оптической спектроскопии, SQUID магнитометрии.	лекции	4
10	Определение структурных и магнитных свойств метаматериалов из экспериментов по малоугловой	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4

	дифракции нейтронов с использованием программы Sandra.		
11	Определение структурных и магнитных свойств пленочных материалов из экспериментов по рефлектометрии нейтронов и синхротронного излучения с использованием программы Parratt.	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
12	Определение структурных свойств метаматериалов из экспериментов малоугловой дифракции синхротронного излучения с использованием программы Fit2D.	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4

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 Parratt, Fit2D и Sandra при выполнении заданий.

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

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде устного экзамена 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 в присутствии 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. Для подготовки к ответу по билету дается не более 1 часа. Затем, 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 обдумывание ответа на дополнительные вопросы студенту дается не более 10

минут на каждый ответ. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

Методика оценки и система соответствия баллов:

	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	Превосходно
Балльная система (100 баллов максимум)	< 30 31-49	50-59 60-70	71-80	81-90	91-100
Балльная система (5 баллов максимум)	2	3	4	5	5 с отличием

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. Физические методы синтеза метаматериалов.
2. Исследование метаоматериалов методом малоугловой дифракции нейтронов. Поляризованные и неполяризованные нейтроны. Особенности исследования магнитных наноструктур.

Билет 2.

3. Химические методы синтеза метаматериалов. Наночастицы в двумерных нанореакторах.
4. Исследование пленочных нанокомпозитов на основании магнитных, полупроводниковых и диамагнитных метаматериалов методами рефлектометрии нейтронов и синхротронного излучения.

Билет 3.

5. Методы нанолитографии для получения метаматериалов.
6. Исследование метаматериалов методом малоугловой дифракции синхротронного излучения. Параметры порядка и беспорядка в наноструктурах.

Билет 4.

7. Малоугловое рассеяние поляризованных нейтронов. Три вклада в интенсивность нейтронного рассеяния: ядерный, магнитный, ядерно-магнитная интерференция.
8. Исследование метаматериалов методом малоугловой дифракции синхротронного излучения. Процессы самоорганизации.

Билет 5.

9. Технологии нанопечати для получения метаматериалов.
10. Исследование метаматериалов методом малоугловой дифракции синхротронного излучения. Прямые и инвертированные метаматериалы. Реконструкция обратного пространства.

Билет 6.

11. Рефлектометрия поляризованных нейтронов и синхротронного излучения. Рефлектометрические установки.
12. Примеры комплиментарности методик малоугловой дифракции и традиционных методов исследования наноструктур – электронной микроскопии, оптической спектроскопии, SQUID магнитометрии.

Билет 7.

13. Дифракция синхротронного излучения. Установка малоугловой дифракции нейтронов и синхротронного излучения.
14. Исследование метаматериалов в геометрии рассеяния под скользящим углом (GISAS). Рассеяние на неоднородностях плотности в Борновском приближении: случай изолированных наночастиц. Рассеяние на взаимодействующих наночастицах.

Билет 8.

15. Особенности методик малоугловой дифракции нейтронного и синхротронного излучений для исследования метаматериалов.
16. Использование традиционной дифракции рентгеновского излучения для текстурного анализа наноструктур. Примеры.

Билет 9.

17. Ультрамалоугловое рассеяние синхротронного излучения. Переход к малоугловой дифракции.
18. GISAS эксперименты для исследования твердых тел: наночастицы на поверхности. GISAS экспериментов для исследования самоорганизации наночастиц в плоской матрице.

Билет 10.

19. Малоугловое рассеяние синхротронного излучения в скользящей геометрии.
20. Примеры комплиментарности методик малоугловой дифракции и традиционных методов исследования наноструктур – электронного парамагнитного резонанса, метода Мессбауэра, SQUID магнитометрии.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Метаматериалы и методики малоугловой дифракции в исследовании их функциональных свойств»

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 объёмы требуемых расходных материалов

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

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, Ю.Д. Третьяков. Функциональные наноматериалы. Москва, Физматлит, 2010, 456 с.
2. Суздаев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. — М.: КомКнига, 2006. — 592 с.
3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005. С. 186
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005. 416 с
5. Фетисов Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. — М.: Физматлит, 2007. — 672 с.
6. И.И.Гуревич, Л.В.Тарасов. Физика нейтронов низких энергий. "Наука", М. 1965.
7. Ю.А.Изюмов, В.Е.Найш, Р.П.Озеров. Нейтронография магнетиков. "Атомиздат", М. 1981
8. Ю.А.Изюмов, Н.А.Черноплёков. Нейтронная спектроскопия.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Григорьева Н.А., Петухов А.В., Вруге Г.Я. Неразрушающие методы исследования структуры наноматериалов. Учебно-методическое пособие, С.-Петербург, изд.«СОЛО», 2011, 79с.
2. Пул Ч., Оуэнс М. Нанотехнологии. М.: Техносфера (серия «Мир материалов и технологий»), 2006. 336 с. (Poole Ch.P., Owens F.J. Introduction in nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc 2003)
3. X-ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications, Lect. Notes Phys. 770, Eds. Daillant, J., Gibaud, A., Springer, Berlin Heidelberg, 2009.
4. А.А. Eliseev, A.V. Lukashin, S.V. Grigoriev Magnetic Nanopatterned Films, in Leading-Edge Materials Science Research, Ed. Paul W. Lamont, Nova Science Publishers, 2008, pp. 245-276
5. Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Theory, Techniques, and Applications Ed. Dawn Bonnell Wiley-VCH; 2 edition, 2000.
6. Nanobiotechnology. Edited by C.M. Niemeyer and Ch. Mirkin. 2004 WileyVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinhei
7. Garnett W. Bryant, Glenn S. Solomon. Optics of Quantum Dots and Wires. Artech House Publishers. 2004.
8. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. 319 с

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)
Григорьева Наталья Анатольевна	к.ф.м.н.	-	доцент	natali@lns.pnpi.spb.ru +7-921-7469488