

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

от _____ № _____

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Электронные, упругие и магнитные свойства в мультиферроиках и
магнетиках*

*Elastic, electronic and magnetic properties of multiferroics and magnetic
materials*

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 об основных свойствах магнитных и мультиферроидных материалов. Показать различные возможности обеспечения связи поляризации и намагниченности. Дать представления о методах исследования мультиферроидных материалов с использованием зондовой микроскопии, рассеяния нейтронов и синхротронного рассеяния. Обучить студентов современным методам анализа электронной и магнитной структуры с использованием рассеяния нейтронов и синхротронного излучения, а также фотоэмиссионной спектроскопии. Обучить студентов принципам записи и чтения информации на мультиферроидных носителях с использованием магнитной силовой микроскопии и атомной силовой микроскопии пьезоотклика

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

Для успешного освоения программы дисциплины «Электронные, упругие и магнитные свойства в мультиферроиках и магнетиках» студентам необходимо прослушать курсы лекций «Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и кристаллофизика» и «Электронная и зондовая микроскопия».

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные технологии синтеза метаматериалов;
- Иметь основные понятия о микроскопических механизмах возникновения магнитных фаз и мультиферроидного состояния ;
- Иметь представление о магнитоэлектрическом эффекте, типах мультиферроиков;
- уметь оценивать эффективность композитных мультиферроиков на основе информации о компонентах материала;
- знать основные методы изучения магнитных, электрических и упругих свойств магнетиков и мультиферроиков;
- иметь навыки самостоятельной работы с литературными источниками с целью системного анализа состояния проблемы и генерации новых идей.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (22 часов).
- Семинар – коллективное обсуждение заранее подготовленных сообщений (20 часа).
- 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 4		42	2						2			14			10			60	2
(____ часы кол. студ.)		2-10	2-10						2-10			2-10			2-10				
ИТОГО		42	2						2			14			10			60	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>1. Магнетизм и свойства магнетиков</p> <p>1.1 Магнитный момент, восприимчивость, диамагнетизм, парамагнетизм</p> <p>1.2. магнитное упорядочение, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики</p> <p>1.2.1 магнитная симметрия, магнитные группы</p> <p>1.2.2 магнитные взаимодействия</p> <p>1.2.3 упругие свойства магнетиков, магнитострикция, виды магнитострикции, инвар эффект</p> <p>1.2.4 магнитные домены , процессы переключения</p> <p>1.2.5 магнетики без дальнего порядка, суперпарамагнетики, спиновые стекла</p> <p>1.3 Магнетизм и электронный транспорт. Магнитосопротивление, колоссальное магнитосопротивление</p>	семинары	10
2	<p>2. Сегнетоэлектрики и магнетоэлектрики</p> <p>2.1. Сегнетоэлектрики</p> <p>2.1.1 Кристаллическая симметрия, пространственная симметрия, пирозлектрические группы</p> <p>2.1.2 фазовый переход в сегнетоэлектриках, спонтанная поляризация, пьезоэффект</p> <p>2.1.3 сегнетоэлектрические домены, процессы переключения</p> <p>2.2 Связь поляризации и деформации, магнетоэлектричество, симметричные ограничения на магнетоэлектрический эффект</p>	семинары	10
3	<p>3. Мультиферроики</p> <p>3.1. Мультиферроики I-го типа с независимо возникающими параметрами порядка</p> <p>3.1. Мультиферроики II-го типа с индуцированной поляризацией</p> <p>3.1.1 Мультиферроики с зарядовым упорядочением</p> <p>3.2. Искусственные мультиферроики, связь поляризации и намагниченности через стрикционные эффекты</p> <p>3.2.1. Планарные наноструктуры</p> <p>3.2.2. Вертикальные наноструктуры</p> <p>3.2.3. Возможность создания трехмерных наноконпозитов</p>	семинары	11
4	<p>4. Методы исследования</p> <p>4.1 Прямые методы изучения намагниченности и поляризации; магнетометрия, измерение электрических и магнитных петель гистерезиса, диэлектрическая спектроскопия</p>	семинары	11

	<p>4.2. Оптические методы исследования сегнетоэлектрической и магнитной доменных структур</p> <p>4.2 Рассеяние нейтронов, как метод изучения магнитной структуры и намагниченности</p> <p>4.3. Магнитное рассеяние синхротронного излучения</p> <p>4.4 Зондовая микроскопия; магнитная силовая микроскопия, силовая микроскопия пьезоотклика</p> <p>4.5. Изучение электронной структуры мультиферроиков и магнетиков с колоссальным магнитосопротивлением. Фотоэмиссионная спектроскопия с угловым разрешением (ARPES) и жесткая фотоэмиссионная спектроскопия с угловым разрешением (HARPES)</p>		
5	<p>Подготовки рефератов с последующей презентацией по направлениям:</p> <p>a. Взаимодействие поляризации и намагниченности с деформацией: соединения с гигантским пьезоэффектом и гигантской магнетострикцией</p> <p>b. Колоссальное магнитосопротивление</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
6	<p>Подготовки рефератов с последующей презентацией по направлениям:</p> <p>a. Мультиферроики с зарядовым упорядочением</p> <p>b. Искусственные мультиферроики и их практическое применение</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	5
7	<p>Подготовки рефератов с последующей презентацией по направлениям:</p> <p>a. магнитная силовая микроскопия, силовая микроскопия пьезоотклика при низких температурах и в сильных магнитных полях</p> <p>b. Развитие исследования электронной структуры в объеме материала (HARPES) и перспективы её развития на лазерах на свободных электронах</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	5

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, использующихся для обработки электронных, упругих и магнитных свойств материалов.

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. Магнетики, магнитная симметрия, намагниченность, восприимчивость.
2. Мультиферроики общие понятия, мультиферроики I-го типа

Билет 2.

3. Магнитный порядок, Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
4. Мультиферроики I-го типа

Билет 3.

5. Суперпарамагнетики и спиновые стекла
6. Зарядовое упорядочение в магнетиках и мультиферроиках

Билет 4.

7. Намагниченность и деформация, магнитострикция.
8. Искусственные мультиферроики

Билет 5.

9. Намагниченность и транспортные свойства. Магнитосопротивление, колоссальное магнитосопротивление
10. Применение мультиферроиков

Билет 6.

11. Доменная структура ферромагнетиков, переключение доменов
12. Прямые методы изучения намагниченности и восприимчивости, магнитометры, квантовые магнитометры (SQUID)

Билет 7.

13. Сегнетоэлектрики, симметрия, поляризация, диэлектрическая проницаемость
14. Исследование магнитной структуры методом рассеяния нейтронов

Билет 8.

15. Электрострикция, материалы с гигантской электрострикцией
16. Зондовые методы изучения магнитной и сегнетоэлектрической доменных структур

Билет 9.

17. Сегнетоэлектрические домены, процессы переключения
18. Магнитное рассеяние синхротронного излучения

Билет 10.

19. Связь поляризации и деформации, магнетоэлектричество, симметричные ограничения на магнетоэлектрический эффект
20. Методы исследования электронной структуры магнетиков и мультиферроиков.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Электронные, упругие и магнитные свойства в мультиферроиках и магнетиках»

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. Должен быть обеспечен доступ к электронным базам данных (Web of Knowledge) и электронным копиям основных физических журналов

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. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер, «Лекции по магнетизму», - М.: Физматлит, 2005.
2. А.П. Пятаков, А.К. звездин «Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики», Успехи физических наук, т.182, №6, 2012, 593-620.
3. Е.А.Туров, А.В.Колчанов, В.В.Меньшенин, И.Ф.Мирсаев, В.В.Николаев, «Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков», - М.: Физматлит, 2001
4. Фетисов Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. — М.: Физматлит, 2007. — 672 с.
5. Ю.А.Изюмов, В.Е.Найш, Р.П.Озеров. Нейтронография магнетиков. "Атомиздат", М. 1981
6. В.А.Боков – Физика магнетиков, «Невский Диалект», 2002, 271 с.
7. Макоед И.И. – Получение и физические свойства мультиферроиков, Брест: БрГУ, 2009,
8. В.Л. Миронов – Основы сканирующей зондовой микроскопии, РАН, Институт физики микроструктур 2004, 114с.
(<http://www.nano.nnov.ru/documents/lectures/Mironov/SPM.Book.pdf>)

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. В.Л. Аксенов, Н.М. Плакида, С. Стаменкович, Рассеяние нейтронов сегнетоэлектриками – М.: Энергоатомиздат 1984
2. Ramesh Ramamoorthy, Lane Martin – Multiferroics: Synthesis, Characterization and Applications John Wiley & Sons,.2012 450с.
3. Форстер Д. Гидродинамические флуктуации, нарушенная симметрия и корреляционные функции. М.: Атомиздат 1980 288с
4. Пятаков А П, Звездин А К "Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики" УФН, принята к публикации 2012
5. Jeroen van den Brink and Daniel I Khomskii – Multiferroicity due to charge ordering J. Phys.: Condens. Matter 20 (2008) 434217 (12pp)
6. Beaurepaire, E.; Bulou, H.; Scheurer, F.; Jean-Paul, K. (Eds.) – Magnetism and Synchrotron Radiation, Springer Proceedings in Physics, Vol. 133 2010, XXI, 421 p.

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)
Вахрушев Сергей Борисович	д.ф.-м.н.		профессор	s.vakhrushev@mail.ioffe.ru тел.: 2927921