

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Программа одобрена  
на заседании  
Ученого совета ИТПЭ РАН

Протокол № 3  
«05» июня 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

д.ф.-м.н.



*[Handwritten signature]*

/В.Н. Кисель/

июня 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Магнитоактивные материалы, включая наноманитные материалы,**  
**сверхпроводники, магнитные полупроводники»**

*(наименование дисциплины)*

Дисциплина по выбору

Направление подготовки:

03.06.01 - Физика и астрономия  
*(код и наименование направления подготовки)*

Направленность подготовки (профиль):

Электрофизика, электрофизические установки  
*(наименование направленности (профиля))*

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Москва, 2019 г.

**1. Цели и задачи дисциплины.** Целью курса является значительное расширение и углубление знаний, полученных при изучении таких базовых дисциплин, как "Основы электродинамики" и "Физика композитных материалов". Предполагается ознакомление с особенностями физики таких неоднородных материалов, как естественные нанокompозиты на основе магнитных оксидов (манганиты, кобальтиты и др.), разбавленные магнитные полупроводники, структуры на основе графена, наноразмерные и неоднородные сверхпроводники. Предполагается освоение методов решения конкретных задач электродинамики неоднородных материалов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП.**

Дисциплина относится к *вариативным* дисциплинам программы аспирантуры.

Изучается во 2 семестре 3 курса. Форма контроля – зачет.

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью исследований сложных электромагнитных процессов в разнообразных неоднородных материалах, которые активно изучаются в настоящее время и важны для технических приложений.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

1. способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
2. готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
3. способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
4. способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

Способность к исследованию механизмов взаимодействия физических тел, веществ, макро- и микрочастиц с электрическим, магнитным и электромагнитным полями в различных средах и вакууме, а также способность к совершенствованию существующих и поиску новых методов и принципов использования электрофизических явлений в технических приложениях (ПК-1).

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, в том числе 1,5 зачетные единицы аудиторных занятий и 2,5 зачетные единицы самостоятельной работы.

#### 5. Содержание разделов дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы занятий	Содержание	Объем	
			Аудиторная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1.	Основные представления об электронном фазовом расстройении.	Основные представления об электронном фазовом расстройении. Влияние электронных корреляций на наноразмерное фазовое расстройство в магнитных и сверхпроводящих материалах (высокотемпературные сверхпроводники, манганиты, кобальтиты).	6	10
2.	Оптические и высокочастотные характеристики естественных метаматериалов.	Оптические и высокочастотные характеристики естественных метаматериалов на основе манганитов и других нанокмпозитных систем с электронным фазовым расстройением. Условия гигантского усиления комбинационного рассеяния в объеме и на поверхности естественных метаматериалов.	6	10
3.	Плазмонные резонансы в периодических планарных металлических наноструктурах и в профилированных диэлектрических пленках.	Распределение интенсивности электромагнитного поля, возбуждение поверхностных плазмонов и условия лазерной генерации в периодических планарных металлических наноструктурах и в профилированных диэлектрических пленках.	6	10
4.	Структурные, электронные и магнитные свойства материалов на основе графена	Графен на подложке, система графен-графан, двухслойный графен.	8	14
5.	Механизмы формирования магнитоупорядоченного	Механизмы магнитного упорядочения в структурах разбавленных магнитных полупроводников с низкоразмерными магнитными включениями и его влияния на спин-зависящий электронный транспорт в	8	14

	состояния в разбавленных магнитных полупроводниках.	этих структурах (в частности, в двумерных наноструктурах типа квантовая яма с отделенным от нее дельта-слоем Mn).		
6.	Особенности температурных флуктуаций и куперовского спаривания в наноразмерных сверхпроводниках.	Проникновение магнитного потока в наноразмерные сверхпроводники. Влияние флуктуаций и симметрии сверхпроводящего параметра порядка на распределение магнитного потока.	10	16
7.	Механизмы развития неустойчивостей в сверхпроводниках второго рода.	Механизмы развития неустойчивостей в сверхпроводниках второго рода. Аналогия между неоднородными магнитными структурами в сверхпроводниках в ферромагнетиках.	10	16
Всего:			54	90

**Самостоятельная работа:**

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	- изучение теоретического курса – выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, методические пособия.	38 часа
2	- решение задач по заданию преподавателя – решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия.	40 часов
3	-подготовка к зачету	12 часов
<b>ВСЕГО (часов)</b>		<b>90 часов</b>

## **6. Ресурсное обеспечение:**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Сарычев А.К., Шалаев В.М. Электродинамика метаматериалов, М.: Научный мир, 2011.
2. Каган М.Ю., Кугель К.И. Неоднородные зарядовые состояния и фазовое расслоение в манганитах, Успехи физических наук, 2001, т. 171, вып. 6, с. 577-596.
3. M.I. Katsnelson, Graphene: Carbon in Two Dimensions. Cambridge University Press, 2012.
4. T. Dietl, A ten-year perspective on dilute magnetic semiconductors and oxides, Nature Materials, 2010, v. 9, pp. 965–974.
5. Успенская Л.С., Рахманов А.Л. Динамические магнитные структуры в сверхпроводниках II рода и ферромагнетиках, Успехи физических наук, 2012, т. 182, № 7, с. 681-699.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Кугель К.И., Рахманов А.Л., Сбойчаков А.О., Каган М.Ю., Бродский И.В., Клапцов А.В. Характеристики фазово-расслоенного состояния манганитов и их связь с транспортными и магнитными свойствами, Журнал экспериментальной и теоретической физики, 2004, т. 125, вып. 3, с. 648-658.
2. K.I. Kugel, A.L. Rakhmanov, A.O. Sboychakov, Phase separation in Jahn-Teller systems with localized and itinerant electrons, Physical Review Letters, 2005, v. 95, no. 26, id. 267210 (4 pages).
3. A.K. Sarychev, S.O. Boyarintsev, A.L. Rakhmanov, K.I. Kugel, Yu.P. Sukhorukov, Collective volume plasmons in manganites with nanoscale phase separation: Simulation of the measured infrared spectra of  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ , Physical Review Letters, 2011, v. 107, no. 26, id. 267401 (4 pages).
4. A.L. Rakhmanov, A.V. Rozhkov, A.O. Sboychakov, Franco Nori, Phase separation of hydrogen atoms adsorbed on graphene and the smoothness of the graphene-graphane interface, Physical Review B, 2012, v. 85, no. 3, id. 035408 (6 pages).
5. Vikram Tripathi, Kusum Dhochak, B.A. Aronzon, Bertrand Raquet, V.V. Tugushev, K.I. Kugel, Noise studies of magnetization dynamics in dilute magnetic semiconductor heterostructures, Physical Review B, 2012, v. 85, no. 21, id. 214401 (13 pages).
6. W.V. Pogosov, V.R. Misko, Vortex quantum tunnelling versus thermal activation in ultrathin superconducting nanoislands, Physical Review B, 2012, v. 85, no. 22, id. 224508 (5 pages).

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

Ссылки на ресурсы приведены в ООП.

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебными планами аспирантов, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Лаборатории Института оснащены оборудованием для проведения научных исследований в области электрофизики, электродинамики, техники СВЧ и родственных направлений в соответствии с паспортом специальности.

В Институте построены уникальные установки для экспериментальных исследований.

Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

Залы, оснащенные компьютером с проектором, обычной доской – для проведения семинаров, лекционных и практических занятий.

### **8. Образовательные технологии. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научных конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

**9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.**

**Контрольные темы для проведения текущего контроля:**

1. Корреляционные эффекты в твёрдых телах. Электронные корреляции и фазовое расслоение.
2. Метаматериалы и нанокompозиты. Электромагнитный отклик метаматериалов.
3. Поверхностные плазмоны в металлических наноструктурах и их роль в усилении и генерации электромагнитного излучения.
4. Особенности электронной структуры графена и материалов на его основе, влияние адсорбированных атомов и присоединённых молекулярных групп.
5. Основные типы магнитных полупроводников. Механизмы формирования магнитоупорядоченного состояния в разбавленных магнитных полупроводниках.
6. Наноразмерные сверхпроводники, распределение магнитного потока в них, роль флуктуаций параметра порядка.
7. Термомагнитные неустойчивости в неоднородных сверхпроводниках, распространение нормальной зоны.

Зам.директора по научной работе  
ИТПЭ РАН



К.Н. Розанов

Программу разработал



К.И. Кугель

Ученый секретарь, заведующий  
аспирантурой ИТПЭ РАН



А.Т. Кунавин