



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

В.А. Тупик

2022 г.



**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ –
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

Группа научных специальностей: 1.3. «Физические науки»

1.3.4. «Радиофизика»

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

Факультет: ФЭЛ

Выпускающая кафедра: ФЭТ

Санкт-Петербург

2022

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет: ФЭЛ

Обеспечивающая кафедра: ФЭТ

Курс 4

Семестр 8

Виды занятий

Лекции

Самостоятельная работа

Вид промежуточной аттестации

Экзамен (семестр) 8

Разработчик



Устинов А. Б.

Зав. каф. ФЭТ



Семенов А. А.

Заведующий ОДА



Тумаркин А. В.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«РАДИОФИЗИКА»

Предусматривает изучение физических основ и специальных вопросов радиофизики в таких областях, как разработка и исследование устройств спин-вольновой электроники и радиофотоники. Также описываются способы применения устройств для обработки и генерации сверхвысокочастотных сигналов.

SUBJECT SUMMARY

"RADIOPHYSICS"

The course covers physical foundations and special issues of radiophysics in such areas as the development and investigation of spin wave devices and microwave photonic devices. Also, describe the application for microwave signal processing.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение принципов работы и характеристик устройств СВЧ и радиофотоники, выполняемых в виде интегральных схем.
2. Формирование умения проводить теоретический анализ, компьютерное моделирование и экспериментальные исследования физических процессов, лежащих в основе принципов работы устройств микроволновой электроники и радиофотоники.
3. Освоение навыков самостоятельной работы с литературой; аппаратными и методическими средствами экспериментального исследования приборов и устройств.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Общая классификация радиофизических задач.

Тема 1. Способы решения граничных задач для магнетиков

Уравнения Максвелла. Уравнение движения намагниченности. Граничные электродинамические задачи для магнетиков. Спиновые волны в безграничной магнитной среде.

Тема 2. Безобменные спиновые волны в ферромагнитных пленках

Уравнение Уокера. Спектры безобменных спиновых волн. Линейное затухание.

Тема 3. Спектр дипольно-обменных спиновых волн в ферромагнитных пленках

Постановка задачи. Уравнение для амплитуд спин-волновых мод. Точные дисперсионные уравнения и спектры дипольно-обменных спиновых волн. Приближенные дисперсионные уравнения.

Тема 4. Возбуждение бегущих спиновых волн в ферромагнитных пленках

Постановка задачи. Спин-волновые функции Грина. Спектр дипольно-обменных спиновых волн в ферромагнитных пленках. Импеданс микрополосковой антенны спиновых волн. Расчет спин-волновых устройств.

Тема 5. Магнонные кристаллы

Волновая теория для неограниченного по длине магнонного кристалла. Теория матриц передач для ограниченного по длине магнонного кристалла.

Тема 6. Теория кольцевых резонаторов

Постановка задачи. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики кольцевых резонаторов. Спектр резонансных частот кольцевых резонаторов.

Тема 7. Стабильные нелинейные спин-волновые процессы

Физика стабильных нелинейных спин-волновых процессов. Нелинейное уравнение Шредингера. Обобщенное нелинейное эволюционное уравнение. Нелинейное затухание интенсивных спиновых волн. Нелинейный фазовый набег интенсивных спиновых волн. Солитоны огибающей в магнонных кристаллах. Импульсное возбуждение солитонов в магнонном кристалле. Монохроматическое возбуждение солитонов в магнонном кристалле. Двухчастотное возбуждение солитонов в магнонном кристалле.

Тема 8. Динамический хаос

Понятие хаоса. Система Лоренца. Самосинхронизация хаотических колебаний. Параметры, характеризующие хаотический сигнал.

Заключение

Перспективы развития радиофизики, новые области применения функциональных материалов, устройств сверхвысокочастотной и оптической электроники.

В случае, если дисциплина реализуется в группах с малой численностью, занятия по отдельным разделам могут проходить в виде установочной лекций, выдачи и объяснения задания по теме, а текущий контроль может проходить в виде представления и защиты аспирантом выполненного задания.

Общие рекомендации по выполнению индивидуальных заданий доступны для аспиранта в печатном или электронном виде (на сайте Университета), либо аспирант может получить рекомендации у преподавателя, отвечающего за дисциплину, в часы консультаций. Задание формулируется с учетом тематики диссертационного исследования аспиранта в рамках изучаемой дисциплины.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические рекомендации по реализации дисциплины

Методические рекомендации преподавателям:

Перед началом преподавания дисциплины преподавателю необходимо:

- знать цели и задачи преподавания дисциплины;
- представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести аспирант в процессе изучения данной дисциплины;
- четко понимать, в формировании каких результатов освоения программы аспирантуры участвует дисциплина.

Если учебным планом по дисциплине предусмотрен экзамен, его рекомендуется проводить в форме индивидуальной беседы с аспирантом по вопросам, сформулированным в фондах оценочных средств дисциплины, используя вопросы из различных разделов дисциплины, обеспечив тем самым более полную проверку знаний аспиранта.

В своей деятельности преподаватель должен руководствоваться локальными нормативными актами, регламентирующими образовательную деятельность по образовательным программам подготовки кадров высшей квалификации в университете.

Методические рекомендации по самостоятельной работе аспирантов:

Изучение каждой дисциплины должно сопровождаться самостоятельной работой аспиранта с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины.

Ряд вопросов, подлежащих изучению в составе дисциплины, достаточно хорошо проработаны в учебной литературе, представлены в научных трудах, сборниках трудов, статьях, в сети Интернет. Эти вопросы могут быть переданы аспирантам на самостоятельное изучение. Такая работа строится на основе подготовленных преподавателем заданий с перечнем вопросов, на которые обучающийся должен найти ответы в процессе самостоятельного изучения. Самостоятельно

могут изучаться как целые темы, так и отдельные вопросы в составе обозначенных преподавателем, но не полностью раскрытых им тем. Для закрепления материала ведется конспектирование, готовятся рефераты, эссе или делаются доклады. Степень освоения самостоятельно изученных материалов обязательно проверяется контрольными мероприятиями с использованием фонда оценочных средств по дисциплине.

Особое место требуется уделить консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и аспирантами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,
необходимой для освоения дисциплины**

№	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ. (на каф.)
1	Б.А. Калиникос, А.Б. Устинов, С.А. Баруздин. Спин-волновые устройства и эхо-процессоры. Монография / Под ред. В.Н. Ушакова. - М.: Радиотехника, 2013. - с.: ил.	16
2	А. Б. Устинов, И. А. Рябцев, А. А. Никитин, Б. А. Калиникос, Приборы и устройства функциональной электроники и радиофotonики: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. 109 с.	20
3	А. Н. Пихтин. Квантовая и оптическая электроника.-М. :Абрис,2012.-655	99

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№	Электронный адрес
1	http://infotechlib.narod.ru
2	http://ru.wikipedia.org

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют федеральным государственным требованиям.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, включая перечень экзаменационных вопросов (Приложение 1), а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин доводятся до сведения обучающихся на первом занятии.

Список экзаменационных вопросов по дисциплине
«РАДИОФИЗИКА»

1. Способы решения граничных задач для магнетиков.
2. Тензор СВЧ магнитной восприимчивости.
3. Спиновые волны в безграничной магнитной среде.
4. Уравнение Уокера.
5. Безобменные спиновые волны в нормально намагниченных ферромагнитных пленках.
6. Безобменные спиновые волны в касательно намагниченных ферромагнитных пленках, продольное распространение.
7. Безобменные спиновые волны в касательно намагниченных ферромагнитных пленках, поперечное распространение.
8. Вывод тензорной функции Грина уравнений магнитостатики.
9. Спектр дипольно-обменных спиновых волн в ферромагнитных пленках.
Постановка задачи. Уравнение для амплитуд спин-волновых мод. Точные дисперсионные уравнения и спектры дипольно-обменных спиновых волн.
10. Спектр дипольно-обменных спиновых волн в ферромагнитных пленках.
Приближенные дисперсионные уравнения.
11. Возбуждение спиновых волн. Спин-волновые функции Грина.
12. Спектр дипольно-обменных спиновых волн в структурах МДФДМ.
13. Импеданс микрополосковой антенны спиновых волн.
14. Расчет спин-волновых устройств.
15. Волновая теория для неограниченного по длине магнонного кристалла.
16. Теория матриц передач для ограниченного по длине магнонного кристалла.
17. Теория кольцевых резонаторов. Спектр резонансных частот кольцевых резонаторов.

- 18.Физика стабильных нелинейных спин-волновых процессов. Нелинейное уравнение Шредингера. Обобщенное нелинейное эволюционное уравнение.
- 19.Нелинейное затухание интенсивных спиновых волн.
- 20.Нелинейный фазовый набег интенсивных спиновых волн.
- 21.Солитоны огибающей в магнонных кристаллах. Метод сплит-степ.
- 22.Понятие динамического хаоса. Система Лоренца.
- 23.Самосинхронизация хаотических колебаний осцилляторов.