

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

Программа одобрена
на заседании
Ученого совета ИТПЭ РАН

Протокол № 2
« 12 » апреля 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
д.ф.-м.н.

 /К.Н. Розанов/

« 12 » апреля 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Радиофизические характеристики сложных объектов
и разработка средств изменения этих характеристик»
(наименование дисциплины)

Дисциплина по выбору

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ:

1.3.13. - Электрофизика, электрофизические установки
(код и наименование направления подготовки)

Физико-математические, технические науки
(отрасль науки)

Форма обучения: **очная**

Москва, 2022 г.

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является значительное расширение и углубление знаний, полученных при изучении таких базовых дисциплин, как "Основы электродинамики", курса "Методы вычислительной электродинамики". Курс обеспечивает базовую подготовку специалистов-электрофизиков в области оценки и измерений радиолокационной заметности сложных объектов.

Предполагается ознакомление с основными механизмами рассеяния электромагнитных волн на сложных объектах, изучение численных методов решения задач рассеяния, освоение методов измерений параметров материалов и характеристик покрытий на стендах, а также радиолокационных характеристик сложных объектов в безэховых камерах.

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 рассеяния электромагнитных волн на сложных объектах.

3. 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.

4. Содержание разделов дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы занятий	Содержание	Объем	
			Аудиторная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1.	Прикладные задачи радиофизики сложных объектов	Примеры прикладных задач: дифракция на сложных телах, задачи радиомаскировки, взаимодействие волн со сложными средами, метаматериалы, оптимизация радиопоглощающих покрытий, управляемые поверхности, задачи медицинской гипертермии и интроскопии. Основные радиолокационные характеристики объектов. Типы радиопоглощающих материалов.	6	10
2.	Механизмы обратного рассеяния электромагнитных волн. Основные центры рассеяния. Концепция зон Френеля	Основные механизмы рассеяния: рассеяние блестящими точками и краями поверхностей, переотражения, вторичная дифракция поверхностных токов и поверхностных волн на краях и элементах конструкции. Рассеяние щелями и зорами. «Геометрические» методы оценки вклада поверхностей в рассеяние на основе концепции зон Френеля. Влияние формы объекта на его радиолокационную заметность.	6	10
3.	Обзор методов численного решения задач обратного рассеяния электромагнитных волн	Математическое описание поверхностей объектов. Некоторые типы геометрических САПР. Методы численного решения задач рассеяния в строгой постановке: метод интегральных уравнений для поверхностей и проволочных структур, для периодических систем, метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной области. Декомпозиционный подход к определению рассеяния и прохождение, поглощения определённой областью.	6	10

4. Приближенные численные методы решения задач обратного рассеяния электромагнитных волн	Приближенные численные методы решения задач рассеяния: методы физической оптики, геометрической и физической теории дифракции. Гибридные методы решения задач прикладной электродинамики. Использование концепции центров рассеяния.	6	10
5. Радиопоглощающие материалы и покрытия. Основные свойства и технология производства	Радиопоглощающие материалы для безэховых камер, для нанесения на зеркальные точки и для минимизации обратного рассеяния при наклонном и при близком к скользящему падении. Знакомство с технологиями производства радиопоглощающих материалов.	6	12
6. Методики измерения электрофизических параметров материалов СВЧ	Обзор способов измерения электрофизических параметров материалов. Принципы и приёмы сверхширокополосной методики измерения электрофизических параметров материалов.	8	12
7. Радиопрозрачные обтекатели и укрытия микроволновых антенн. Частотно-селективные экраны	Методы и алгоритмы расчета электродинамических характеристик радиопрозрачных обтекателей микроволновых антенн, в том числе обтекателей с управляемой прозрачностью и с частотно-избирательными свойствами. Оценка радиолокационной заметности фазированных антенных решеток. Варианты конструкций экранов для снижения радиолокационной заметности антенны	8	12
8. СВЧ измерения в дальней зоне на открытых и компактных полигонах	Измерения на открытых полигонах, влияние подстилающей поверхности. Микроволновая измерительная система компактного полигона с коллиматором для изучения процессов излучения и дифракции электромагнитных волн. Измерительный автоматизированный комплекс компактный полигон ИТПЭ РАН. Малая безэховая камера. Пути построения облучателей коллиматора со специальной формой диаграммы направленности с целью увеличения размеров рабочей зоны компактного полигона.	8	14
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.	36 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.	42 часов
3	-подготовка к зачету	12 часов
ВСЕГО (часов)		90 часов

5. Ресурсное обеспечение:

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E.F. Knott, J.F. Shaeffer, M.T. Tuley, Radar Cross Section, Boston: Scitech Publishing Inc., 2004.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов, М.: Горячая линия–Телеком, 2007.
3. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. Пособие для вузов, М.: Наука, 1989.
4. C.A. Balanis, Advanced Engineering Electromagnetics, New York. John Wiley & Sons. 1989.
5. A.F. Peterson, L.R. Scott, R. Mittra, Computational Methods for Electromagnetics, New York. IEEE Press. 1998.
6. J.L. Volakis, A. Chatterjee, L.C. Kempel, Finite Element Method for Electromagnetics, New York. IEEE Press. 1998.
7. A. Taflov, S.C. Hagness, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method, Boston. Artech House. 2000.
8. Буторин Д.И., Мартынов Д.А., Уфимцев П.Я. Асимптотические выражения для элементарной краевой волны / Радиотехника и электроника, 1987, с. 1818-1829.
9. Уфимцев П.Я. Основы физической теории дифракции, М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009.
10. Уфимцев П.Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике, М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010.
11. Балабуха Н.П., Зубов А.С., Солосин В.С. Компактные полигоны для измерения характеристик рассеяния объектов, М.: Наука, 2007.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Е.Н. Возбуждение тел вращения. М.: Радио и связь, 1987.
2. Марков Г.Т., Чаплин А.Ф. Возбуждение электромагнитных волн, М.: Радио и связь, 1983.
3. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. Пер с англ., М.: Мир, 1977.
4. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. Пер. с англ. т. 1. Основы радиолокации, М.: Сов. радио, 1976.

5. Лебедев А.М., Федоренко А.И. Диаграммы обратного рассеяния неравномерных токов на характерных типах вытянутых неоднородностей поверхности / Докл. V Всероссийской научно-техн. конф. «Радиолокация и радиосвязь», М.: ИРЭ РАН, 2011, с. 482-485.
6. Лебедев А.М., Федоренко А.И. Эффективная частичная маскировка выпуклого проводящего объекта / Докл. V Всероссийской научно-техн. конф. «Радиолокация и радиосвязь», М.: ИРЭ РАН, 2011, с. 473-479.
7. Алексеев А.Г., Штагер Е.А., Козырев С.В. Физические основы технологии Stealth, СПб: ВВМ, 2007.
8. Балабуха Н.П., Григорьева М.И., Курочкин А.П. и др. Стержневой диэлектрический облучатель с диаграммой направленности специальной формы, / Антенны, №2, 2001.
9. Балабуха Н.П., Башарин А.А. Диэлектрический стержневой облучатель с расширенной полосой рабочих частот / Антенны, №12, 2008.
10. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели, М.: Сов. радио, 1975.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

Ссылки на ресурсы приведены в ООП.

6. 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.

7. 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 научные 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.

8. 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. Основные радиолокационные характеристики объектов.
2. Типы радиопоглощающих материалов и основные ситуации их применения.
3. Основные принципы снижения радиолокационной заметности объектов: изменение формы, нанесение радиопоглощающих покрытий.
4. Численные методы решения задач рассеяния электромагнитных волн на объектах в строгой постановке.
5. Приближённые асимптотические методы решения задач рассеяния электромагнитных волн на объектах. Гибридные численные методы.
6. Способы измерения диэлектрической и магнитной проницаемостей материалов в полосе частот.
7. Проведение измерений радиолокационных характеристик объектов на компактном полигоне с коллиматором.

Зам.директора
по научной работе ИТПЭ РАН



А.М. Мерзликин

Программу разработал



В.Н. Семенов

Ученый секретарь, заведующий
аспирантурой ИТПЭ РАН



А.Т. Кунавин