

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 10.08.2023 16:24:51
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько



«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Распространение электромагнитных волн

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Третьяков С.А.

Тверь, 2023

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины являются основы знаний в области распространения электромагнитных волн, описываются волновые процессы, а также процессы излучения и дифракции. Подробно рассматриваются особенности сред с точки зрения электродинамики и вопросы распространения электромагнитных волн в различных средах, проводниках, полупроводниках, диэлектриках, ионизированном газе, находящемся в магнитном поле Земли.

Задачи дисциплины - представление о распространении электромагнитных волн в анизотропных средах, в качестве которых используются искусственные диэлектрики и устройства с намагниченными ферритами. Дисциплина существенно развивает понимание студентами взаимодействия различных физических полей с электромагнитными волнами.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Распространение электромагнитных волн» изучается в модуле Радиофизика Блока 1. Дисциплины обязательной части учебного плана ООП.

3. Объем дисциплины: 4 зачетных единиц, 144 академических часа, **в том числе:**

контактная аудиторная работа: лекции 26 часов, практические занятия 26 часов;

самостоятельная работа: 92 часа, в том числе контроль 27 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
---	---

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.	ОПК-1.1. Применяет базовые знания в области физико-математических наук для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Решает задачи профессиональной деятельности применяя базовые знания радиофизики.
ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.2. Проводит теоретическое изучение объектов, систем и процессов в рамках темы научного исследования.
ОПК-3. Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.	ОПК-3.1. Использует информационные технологии для поиска, систематизации и анализа данных в рамках поставленной задачи;

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Экзамен в 8 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Практические занятия		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
1. Основные понятия и уравнения электромагнетизма. Явления электромагнетизма и электромагнитное поле. Основные уравнения Максвелла в дифференциальной, интегральной и координатной форме. Расхождения электрической и магнитной индукции. Строение электромагнитного поля.	13	3		3		7
2. Электромагнитные свойства сред Электромагнитные процессы в средах,	14	3		3		8

восприимчивости и проницаемости сред, виды сред, анизотропия сред, электропроводность, проводники и диэлектрики, сторонние силы. Поля на границах раздела сред, независимые граничные условия, характер изменения электромагнитного поля. Примеры применения граничных условий: Экранирующая граница, поле на границе двух диэлектриков.						
3. Энергия электромагнитного поля Поглощение электроэнергии и действие источников. Закон Джоуля-Ленца. Уравнение баланса энергии. Поток вектора Пойнтинга	13	3		3		7
4. Электродинамика Система уравнений Максвелла. Источники поля. Уравнения второго порядка. Уравнения электродинамики в комплексной форме. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Процессы поляризации и намагничивания. Баланс энергии при гармонических колебаниях. Внутренняя задача электродинамики. Внешняя задача электродинамики.	13	3		3		7
5. Плоские однородные волны Одномерный электромагнитный процесс. Плоские гармонические волны при отсутствии поглощения. Строение волнового поля. Волны в поглощающих средах. Плоские однородные гармонические волны при поглощении. Волны в диэлектриках и проводниках. Поляризация электромагнитных волн. Распространение электромагнитных сигналов. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия.	14	3		3		8
6. Электромагнитные волны на плоской границе двух сред Нормальное падение, согласование волновых сопротивлений, отражение от идеального проводника и реального проводника. Наклонное падение, законы Снеллиуса. Полное отражение от идеального проводника и диэлектрика, направляемые волны. Поверхностный эффект и поглощение в проводниках. Поверхностное сопротивление. Граничные условия Леонтовича.	13	3		3		7
7. Характеристика и свойства радиоволн.	13	3		3		7

Диапазоны радиоволн. Физические процессы при распространении радиоволн: дифракция, рефракция, отражение, интерференция. Искажение радиосигнала при распространении в диспергирующей среде.					
8. Состав и строение атмосферы Земли. Тропосфера, стратосфера, ионосфера. Структура и свойства ионосферы. Физические основы распространения радиоволн: прямые, поверхностные и пространственные волны, рефракция радиоволн в тропосфере. Рассеяние радиоволн неоднородностями тропосферы, влияние рельефа и электрических неоднородностей земной поверхности. Влияние ионосферы на распространение радиоволн, гиромагнитный резонанс, критическая частота, максимально применимая и минимально применимая частота.	13	3		3	7
9. Особенности распространения электромагнитных волн разных диапазонов. Особенности распространения ЭМВ сверхдлинных, длинных, средних, коротких, ультракоротких волн и волн инфракрасного и оптического диапазонов и учет этих особенностей при проектировании различных систем связи, радиолокации и навигации.	11	2		2	7
экзамен	27				27
ИТОГО	144	26		26	92

III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Основные понятия и уравнения электромагнетизма. Явления электромагнетизма и электромагнитное поле. Основные уравнения Максвелла в дифференциальной, интегральной и координатной форме. Расхождения электрической и магнитной индукции. Строение электромагнитного поля.	<i>Лекции, практические занятия</i>	<i>Активное слушание. Мозговой штурм Решение индивидуальных задач</i>

<p>2. Электромагнитные свойства сред Электромагнитные процессы в средах, восприимчивости и проницаемости сред, виды сред, анизотропия сред, электропроводность, проводники и диэлектрики, сторонние силы. Поля на границах раздела сред, независимые граничные условия, характер изменения электромагнитного поля. Примеры применения граничных условий: Экранирующая граница, поле на границе двух диэлектриков.</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p>	<p><i>Активное слушание. Мозговой штурм Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>3. Энергия электромагнитного поля Поглощение электроэнергии и действие источников. Закон Джоуля-Ленца. Уравнение баланса энергии. Поток вектора Пойнтинга</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p>	<p><i>Активное слушание. Мозговой штурм Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>4. Электродинамика Система уравнений Максвелла. Источники поля. Уравнения второго порядка. Уравнения электродинамики в комплексной форме. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Процессы поляризации и намагничивания. Баланс энергии при гармонических колебаниях. Внутренняя задача электродинамики. Внешняя задача электродинамики.</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p>	<p><i>Активное слушание. Мозговой штурм Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>5. Плоские однородные волны Одномерный электромагнитный процесс. Плоские гармонические волны при отсутствии поглощения. Строение волнового поля. Волны в поглощающих средах. Плоские однородные гармонические волны при поглощении. Волны в</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p>	<p><i>Активное слушание. Мозговой штурм Решение индивидуальных задач</i></p>

<p>диэлектриках и проводниках. Поляризация электромагнитных волн. Распространение электромагнитных сигналов. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия.</p>		
<p>6. Электромагнитные волны на плоской границе двух сред Нормальное падение, согласование волновых сопротивлений, отражение от идеального проводника и реального проводника. Наклонное падение, законы Снеллиуса. Полное отражение от идеального проводника и диэлектрика, направляемые волны. Поверхностный эффект и поглощение в проводниках. Поверхностное сопротивление. Граничные условия Леонтовича.</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p> <p><i>Активное слушание. Мозговой штурм</i> <i>Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>7. Характеристика и свойства радиоволн. Диапазоны радиоволн. Физические процессы при распространении радиоволн: дифракция, рефракция, отражение, интерференция. Искажение радиосигнала при распространении в диспергирующей среде.</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p> <p><i>Активное слушание. Мозговой штурм</i> <i>Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>8. Состав и строение атмосферы Земли. Тропосфера, стратосфера, ионосфера. Структура и свойства ионосферы. Физические основы распространения радиоволн: прямые, поверхностные и пространственные волны, рефракция радиоволн в тропосфере. Рассеяние радиоволн неоднородностями тропосферы, влияние рельефа и электрических неоднородностей земной поверхности. Влияние ионосферы на распространение радиоволн,</p>	<p><i>Лекции, занятия</i></p>	<p><i>практические</i></p> <p><i>Активное слушание. Мозговой штурм</i> <i>Решение индивидуальных задач</i></p>

гиромагнитный резонанс, критическая частота, максимально применимая и минимально применимая частота.		
9. Особенности распространения электромагнитных волн разных диапазонов. Особенности распространения ЭМВ сверхдлинных, длинных, средних, коротких, ультракоротких волн и волн инфракрасного и оптического диапазонов и учет этих особенностей при проектировании различных систем связи, радиолокации и навигации.	<i>Лекции, занятия</i>	<i>практические</i> <i>Активное слушание.</i> <i>Мозговой штурм</i> <i>Решение индивидуальных задач</i>

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Распространение электромагнитных волн» могут сдать экзамен по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения в ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности:

ОПК-1.1. Применяет базовые знания в области физико-математических наук для решения задач профессиональной деятельности.

ОПК-1.2. Решает задачи профессиональной деятельности применяя базовые знания радиопизики.

Задание:

1. Факторы, влияющие на распространение радиоволн
2. Линии связи в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн.
3. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов
4. Особенности применения радиоволн диапазона СДВ.

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

- Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;
- тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;
- использованы публикации последних лет – 1 балл;
- определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;

ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные:

ОПК-2.2. Проводит теоретическое изучение объектов, систем и процессов в рамках темы научного исследования.

Задание:

1. Поглощение электроэнергии и действие источников. Закон Джоуля-Ленца.
2. Физические процессы при распространении радиоволн: дифракция, рефракция, отражение, интерференция.
3. Ковариантным уравнением Максвелла-Лоренца является:

a.
$$F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial K_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}$$

b.
$$mc \frac{dU_i}{dS} = \frac{l}{c} F_{ik} U_k$$

с.
$$\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_k^2} = \frac{4\pi}{c} j_i$$

д.
$$\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial x_i \partial x_k} = \frac{4\pi}{c} \frac{\partial j_i}{\partial x_i}$$

4. Роль диэлектрической проницаемости ϵ в теории магнитного поля выполняет _____.

Способ аттестации: устный или письменный

Критерии оценки:

- Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;
- тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;
- использованы публикации последних лет – 1 балл;
- определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;

ОПК-3. Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности:

ОПК-3.1. Использует информационные технологии для поиска, систематизации и анализа данных в рамках поставленной задачи;

Задание:

Реферат на тему: Особенности распространение волн СВЧ диапазона в веществе

Способ аттестации: устный и письменный

Критерии оценки:

- Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;
- тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;
- использованы публикации последних лет – 1 балл;

- определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Першин В.Т. Основы радиоэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Т. Першин. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2006. — 399 с. — 985-06-1054-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20243.html>

.б) дополнительная литература:

1. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Н. Романовский. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 123 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13933.html>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

План практических занятий

1. Основные понятия и уравнения электромагнетизма.
2. Электромагнитные свойства сред
3. Энергия электромагнитного поля
4. Электродинамика
5. Плоские однородные волны
6. Электромагнитные волны на плоской границе двух сред
7. Характеристика и свойства радиоволн.
8. Состав и строение атмосферы Земли.
9. Особенности распространения электромагнитных волн разных диапазонов.

Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических занятиях.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

Практические задания

Вопросы, подлежащие изучению:

Строение атмосферы Земли, молекулярный и атомарный состав тропосферы, стратосферы, ионосферы. Источники ионизации атмосферы, слои ионосферы, их изменения в зависимости от времени суток, времени года, географической широты.

Физические явления, наблюдаемые при распространении радиоволн: отражение, рассеяние, поглощение, дифракция, рефракция, интерференция.

Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.

Физические явления, наблюдаемые при распространении радиоволн в ионизированном газе, находящемся в магнитном поле Земли.

Влияние тропосферы на распространение радиоволн УКВ диапазона и источников инфракрасного излучения.

Итоговый контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные

или устные ответы на теоретические вопросы.

Вопросы к экзамену:

Строение атмосферы Земли.

Назовите источники ионизации атмосферы Земли.

Что такое диссоциация?

Что такое радиационные пояса Земли?

Структура и свойства ионосферы.

Как влияет солнечная активность на состояние атмосферы Земли?

Что такое ионосферно-магнитная буря?

От чего зависит состав ионосферы?

Какие факторы влияют на распространение радиоволн?

Назовите возможные пути распространения радиоволн.

Какие физические явления наблюдаются при распространении радиоволн?

Что такое дифракция радиоволн?

Что называется рефракцией радиоволн?

Назовите виды рефракции радиоволн в атмосфере Земли.

Какое физическое явление определяет поглощение радиоволн?

Объясните изменение траектории радиоволны при распространении ее в ионосфере.

Какое влияние оказывает магнитное поле Земли на распространение радиоволн?

Какие физические явления наблюдаются при связи с космическими объектами?

Назовите особенности распространения коротких волн.

Какая частота называется критической?

Что означает термин МПЧ?

Что означает термин НПЧ?

Что такое “фединг”?

Какими физическими явлениями можно объяснить образование зон молчания на КВ?

Назовите особенности применения радиоволн диапазона СДВ.

Особенности распространения радиоволн диапазона ДВ.

Особенности распространения радиоволн диапазона СВ.

Дальность связи на УКВ.

Физические явления при поглощении УКВ в тропосфере.

Условия выбора диапазона рабочих частот для космической связи.

Темы рефератов:

Системы космической связи.

Инфракрасные системы обнаружения и наблюдения.

Линии связи в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн.

Радионавигационные системы.

Системы радиотелеуправления.

Современные системы мобильной связи.

Системы персонального радиовызова.

Системы подвижной спутниковой связи.

Системы беспроводных телефонов.

Волоконно-оптические системы связи.

Требования к рейтинг-контролю

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

В каждом модуле студент может набрать максимально по 30 баллов. Для того чтобы студент был допущен к экзамену, ему нужно набрать не менее 20 баллов.

Интегральная (рейтинговая) оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:

- оценки по итогам текущего контроля (до 60 баллов);
- оценки итоговых знаний в ходе экзамена (до 40 баллов).

Критерии оценки качества знаний для итогового контроля

5-ти балльная оценка/ балльно-рейтинговая оценка	Пояснение к оценке
«отлично», 85-100 баллов	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены.
«хорошо», 70-84 баллов	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, предусмотренные программой обучения учебные задания частично выполнены.
«удовлетворительно», 40 -69 баллов	теоретическое содержание курса освоено не полностью, с пробелами, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы частично, предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с ошибками.
«Неудовлетворительно», Менее 40 баллов	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

VII. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Лекционная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Экран настенный Screen Media 153x203 2. Комплект учебной мебели на 24 посадочных места 3. Меловая доска 4. Переносной ноутбук 5. проектор EPSON EB-X05 с потолочным креплением	Microsoft Windows 10 Enterprise. MS Office 365 pro plus Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно
--	--	--

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			