

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:
Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
М.Л. Громов

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

ПК-2 Способен проводить математическое моделирование процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении профессиональных задач..

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Обладает базовыми знаниями в области математики и физики, необходимыми для освоения специальных дисциплин.

ИОПК 1.2 Обладает базовыми знаниями в области радиофизики, необходимыми для профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Применяет базовые знания в области физики и радиофизики при осуществлении профессиональной деятельности.

ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого радиоэлектронного прибора или устройства.

ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач.

ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники.

2. Задачи освоения дисциплины

Лекции призваны сформировать у студентов фундаментальные знания в области физики электромагнитных полей на основе уравнений Максвелла, как результата обобщения законов электромагнетизма. Вводятся основополагающие представления о фазовом переходе квазистатических полей в свободно распространяющиеся волны. Дается описание взаимодействия электромагнитных полей с зарядами и токами и формулируются материальные уравнения. Путем перехода к релятивистским представлениям показывается взаимное единство электрических и магнитных полей.

Практические занятия призваны сформировать у студентов умение практического использования фундаментальных знаний в области физики электромагнитных полей на основе уравнений Максвелла. Предлагаемые задачи и методы их решения способствуют развитию требуемых профессиональных компетенций. Контрольные занятия способствуют закреплению сформированных компетенций.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: методы математической физики, векторный и тензорный анализ.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 48 ч.

-практические занятия: 36 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Предмет электродинамики. История - основные этапы эволюции, современное состояние, перспективы развития. Роль электродинамики в современной физической картине мира. Связь с другими дисциплинами.

Тема 2. Основные законы и уравнения электродинамики и теории электромагнетизма.

Уравнения Максвелла: дифференциальная и интегральная формы. Уравнения Максвелла и законы электромагнетизма: сохранения заряда, Фарадея, Гаусса, Био-Савара-Лапласа, Кирхгофа. Уравнения Максвелла для материальной среды. Граничные условия для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга и теорема Пойнтинга. Примеры использования теоремы Пойнтинга: накопление электрической энергии в конденсаторе, тепловые потери в проводнике. Теорема единственности решения уравнений Максвелла.

Тема 3. Электромагнитные поля заданных источников.

Волновое уравнение для электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы. Вектор Герца. Решение однородного волнового уравнения: сферические, плоские, цилиндрические волны. Решение неоднородного волнового уравнения: запаздывающие потенциалы. Дифференциальный закон Био-Савара-Лапласа. Поля электрического и магнитного диполей. Поле колеблющегося диполя: ближняя и дальняя зоны, вектор Пойнтинга. Излучение ускоренного заряда, радиационное трение.

Тема 4. Гармонические поля

Уравнения электродинамики в комплексном представлении. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Вектор Пойнтинга и теорема Пойнтинга в комплексном представлении. Поле элементарного электрического вибратора в комплексном представлении, структура поля. Картина формирования поля излучения и общая мощность излучения. Излучение элементарного магнитного вибратора. Поляризация электромагнитных волн. Основные принципы электродинамики: двойственности, взаимности, Гюйгенса-Френеля-Кирхгофа (излучение элемента Гюйгенса). Теорема об эквивалентности.

Тема 5. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом.

Силы Кулона и Лоренца. Импульс и давление электромагнитного поля. Движение заряда в постоянном магнитном поле. Движение заряда в постоянном электрическом поле. Движение заряда в однородных скрещенных полях. Дрейф заряда в поперечно неоднородном магнитном поле. Пространственно-временная инвариантность магнитного момента заряда при движении в продольно неоднородном магнитном поле. Диэлектрическая проницаемость облака заряженных частиц. Электромагнитные поля в плазме и металлах.

Тема 6. Релятивистские представления в электродинамике.

Постулаты Эйнштейна и матрица преобразования Лоренца. Четырех-векторы и тензоры. Четырех-векторы скорости и ускорения. Четырех-векторы потенциала и тока: основные уравнения, преобразование, свойства. Функция Грина точечного источника в четырехмерном пространстве. Решение неоднородного волнового уравнения для

потенциала в четырехмерном пространстве. Четырех-вектор потенциала точечного заряда, потенциалы Льенара-Вихерта. Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда. Тензоры электромагнитного поля. Преобразование компонент электромагнитного поля. Единство электрических и магнитных полей. Релятивистские инварианты электромагнитного поля. Инвариантность фазы волны. Релятивистский эффект Доплера.

Практические занятия

1. Элементы векторного анализа в электродинамике (Темы 1-3).

Дифференциальные операции и интегральные теоремы, ортогональные системы координат.

2. Постоянные электрические и магнитные поля (Темы 1-3)..

2.1. Одномерные и симметричные задачи о полях точечного заряда, заряженной плоскости, линейного тока, витка тока. Принцип суперпозиции и метод зеркальных изображений для диполя, квадруполь, конденсаторов (плоского, цилиндрического и сферического). Ёмкость и индуктивность. Сопоставление различных методов решения.

2.2. Поля в цилиндрических структурах: комплексный потенциал и метод конформных преобразований (плоскость, двугранный угол, плоский и цилиндрический конденсатор).

2.3. Метод спектрального разложения полей по собственным функциям в сложных структурах (цилиндр с диэлектрическим покрытием, цилиндрическая полость в диэлектрике, сфера).

3. Динамика электромагнитных полей (Темы 4-6).

3.1. Медленно меняющиеся электрические и магнитные поля в раздвигаемом конденсаторе. Переменный ток и скин-слой в проводящей среде - полупространстве, цилиндре.

3.2. Излучение электромагнитных волн ускоренными зарядами в атоме Бора, при упругом ударе, при вращении в магнитном поле. Радиационное трение. Излучение однородной токовой плоскости: компоненты поля, вектор Пойнтинга.

3.3. Давление электромагнитных волн в радиометре Лебедева, на солнечный парус космического корабля.

4. Контрольные занятия.

Проводятся по всем основным разделам курса.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ в рамках практических занятий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=14280>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Якубов В.П., Беличенко В.П., Фисанов В.В. Основы электродинамики излучения и его взаимодействия с веществом: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – 296 С.
2. Якубов В.П. Электродинамика: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 148 С.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля: Учебное пособие.- М.: Наука, 1973. - 504 С.

б) дополнительная литература:

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1992. - 416 С.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Радио и связь. 2000 – 559 с.
3. Сборник задач по курсу "Электродинамика и распространение радиоволн./Под ред. С.И.Баскакова. - М.: Вышш. школа, 1981.- 208 С.
4. Комплексные представления в электродинамике / Якубов В.П.: Методические указания. - Томск: УОП Томск. ун-та, 1994.- 16 С.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.6. Электродинамика.- М.: Мир, 1966. - 344 С.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Электродинамика : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 010800 - Радиофизика и по специальности 010801 - Радиофизика и электроника] /В. П. Якубов ; Том. гос. ун-т Якубов, Владимир Петрович <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000223210>
2. Фейнман Р.Ф. Фейнмановские лекции по физике 6. Электродинамика. – М.: Мир. – 1977, DJVU - <http://mexalib.com/view/41329>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Суханов Дмитрий Яковлевич, доктор физ.-мат. наук, кафедра радиофизики, профессор.