

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Классическая электродинамика

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости

ИПК-1.2 Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат и теоретические методы классической электродинамики и специальной теории относительности.

– Научиться применять понятийный аппарат и теоретические методы классической электродинамики для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Первый семестр, зачет

Второй 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: Физика или Теоретическая физика (для нефизических специальностей), Высшая математика, Методы математической физики.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 48 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Специальная теория относительности.

Постулаты специальной теории относительности. Инвариантность интервала. Три типа интервалов. Принцип причинности. Классификация преобразований Лоренца.

Следствия преобразований Лоренца: замедление времени, собственное время, сокращение размеров движущихся тел, закон сложения скоростей, абберация света, инвариантность фазы, преобразование параметров плоской волны, эффект Доплера.

Лоренц-ковариантный формализм: лоренцевские тензоры и тензорные поля, примеры лоренцевских векторов и лоренцевских тензорных полей, лоренц-инвариантные тензоры, тензорная алгебра, дифференцирование лоренцевских тензорных полей.

Мировые линии частиц. Репараметризационная инвариантность. 4-скорость и 4-ускорение.

Модель массивной свободной релятивистской частицы: функционал действия, анализ модели в параметризации лабораторным временем, анализ модели в репараметризационно инвариантной форме.

Тема 2. Точечный заряд во внешнем электромагнитном поле

Постановка задачи. Функция Лагранжа. Уравнения движения.

Тема 3. Ковариантная формулировка классической электродинамики.

Тензор электромагнитного поля. Инварианты поля. Первая пара уравнений Максвелла. 4-вектор тока. Закон сохранения электрического заряда. Вторая пара уравнений Максвелла.

Калибровочная инвариантность. Выбор калибровки. Калибровка Лоренца. Кулоновская калибровка.

Функционал действия: постановка задачи, поле как система с бесконечным числом степеней свободы, вариационный принцип для полевой системы. Функционал действия свободного электромагнитного поля. Функционал действия классической электродинамики.

Тензор энергии импульса: нетермические токи и интегралы движения. Тензор энергии импульса классической электродинамики. Тензор энергии-импульса частиц. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Связь с однородностью пространства-времени. Тензор плотности момента импульса классической электродинамики.

Тема 4. Свободное электромагнитное поле.

Уравнения Максвелла в пустом пространстве. Плоские волны. монохроматическая плоская волна, разложение по монохроматическим плоским волнам, задача Коши во всем пространстве.

Тема 5. Запаздывающие поля. Электромагнитное излучение.

Запаздывающие поля. Запаздывающая функция Грина.

Поле произвольно движущегося заряда: потенциалы Лиенара-Вихерта, запаздывающие переменные, тензор электромагнитного поля движущегося заряда, структура тензора энергии-импульса, кулоновское поле и поле излучения.

Вектор энергии-импульса излучения.

Угловое распределение мгновенной мощности излучения заряда: формула для мощности излучения в лабораторной системе отсчета, анализ частных случаев

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, контроля решения задач практических занятий, проведения контрольных работ 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

Зачет в первом семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей: теоретической и практической. Продолжительность зачета 1 час.

Экзамен во втором семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей: теоретической и практической. 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://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21891>,
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21890>

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

в) План практических занятий по дисциплине

1. Свойства преобразований Лоренца и Пуанкаре.
2. Классификация преобразований Лоренца. Вращения и бусты.
3. Собственное время. Релятивистский закон сложения скоростей. Эффект Доплера.
4. Дуальные тензоры в пространстве Минковского.
5. Дуальные тензоры в трехмерном пространстве.
6. Законы преобразования лоренцевских тензорных полей.
7. Релятивистская механика свободной частицы.
8. Контрольная работа.
9. Уравнения Максвелла. 4-вектор-тока.
10. Движение релятивистской частицы в однородном внешнем поле.
11. Движение релятивистской частицы в поле плоской волны.
12. Тензор энергии-импульса. Законы сохранения.
14. Свободное электромагнитное поле. Плоские волны.
14. Запаздывающие переменные. Поле движущегося заряда.
15. Свойства поля излучение заряда.
16. Контрольная работа.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих частей:

- проработка конспекта;
- проработка материала по одному из основных рекомендованных учебников;
- самостоятельное решение задач и подготовка к практическим занятиям;
- проработка дополнительных материалов по дисциплине в соответствии с тематикой учебной практики

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т. II. Теория поля. – Издание 8-е, стереотипное. – М.: Физматлит, 2006. – 534 с.
2. J.D. Jackson. Classical Electrodynamics. – Third Edition. – USA, Jhon Willey & Sons. 1999. – xxi+808 p.; Имеется перевод первого издания: Дж. Джексон. Классическая электродинамика. – М.: Мир, 1965, 702 с.

3. Я.П. Терлецкий, Ю.П. Рыбаков. Электродинамика. – 2-е изд. перераб. – М.: Высшая школа, 1990, 352 с.
4. К. Меллер. Теория относительности. – Второе издание. – М.: Атомиздат. 1975. – 400 с.
5. В. Паули. Теория относительности. – М.: Наука. Физ.-мат. лит. 1983. – 356 с.
6. Л.И. Мандельштам. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука. 1972. – 440 с.
7. F. Rohrlich. Classical charged particles. – Third Edition. – World Scientific, 2007. – xiii+305 p.
8. Б.П. Косяков. Введение в классическую теорию частиц и полей. – М., Ижевск. РХД. 2017. – 656 с.
9. М.Г. Иванов. Механика и теория поля. –
https://old.mipt.ru/upload/medialibrary/8bd/mex21_2025_09_10.pdf
 Электронный ресурс. Дата обращения 31.08.2025. – 547 с.
10. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности. – СПб: Лань.- 2016.- 480с.
11. А. Лайтман, В. Пресс, Р. Прайс, С. Тьюкольски. Сборник задач по теории относительности и гравитации. – М. Мир. 1979 – 536 с.

б) дополнительная литература:

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.6. Электродинамика. М.: АСТ, 2020. 343с.
2. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Часть 1. Микроскопическая теория. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 736 с.
3. Новожилов Ю.В., Яппа Ю.А. Электродинамика. М.: Наука, 1978, 352 с.
4. Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н. Классическая электродинамика. Санкт-Петербург _ Москва _ Краснодар: Лань, 2003, 400с.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Задачи и упражнения с ответами и решениями. М.: Мир, 1969, 624 с.
6. Векштейн Е.Г. Сборник задач по электродинамике. М.: Изд. Высшая школа, 1966, 288 с.
7. Алексеев А.И..Сборник задач по классической электродинамике. М.: Наука, 1977, 318 с.
8. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М. Сборник задач по теоретической физике. М.: Высшая школа, 385 с.
9. Пановский В., Филипс М. Классическая электродинамика. М.: ГИТТЛ, 1963, 432 с.
10. Ленерт Б. Динамика заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1967, 352 с.
11. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1972, 224 с.
12. С.Р.де Гроот, Сатторп Л.Г. Электродинамика. М.: Наука, 1982, 560 с.
13. Мешков И.Н., Чириков Б.В. Электромагнитное поле. Части 1, 2. М.: Наука, 1987, 272 и 252 с.
14. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1983, 280 с.
15. Бордовицын В.А. Динамика релятивистских частиц. Томск: ТГПИ, 1976, 88с.
16. Jentschura U.D. Advanced classical electrodynamics : Green functions, regularizations, multipole decompositions. Singapore ; Hackensack, NJ : World Scientific, 2017. xiii+356 pp.

в) ресурсы сети Интернет:

- М.Г. Иванов. Механика и теория поля. –
https://old.mipt.ru/upload/medialibrary/8bd/mex21_2025_09_10.pdf

О.В. Жиров Классическая электродинамика

<https://www.inp.nsk.su/~zhirov/em-lect.pdf>

В.И. Денисов Лекции по электродинамике

<https://studizba.com/files/show/djvu/2872-1-v-i-denisov--lekcii-po-elektrodynamiche.html>

Учебно-образовательная физико-математическая библиотека

<https://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=phys>

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/>
- 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

Горбунов Иван Владиславович, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра теоретической физики физического факультета ТГУ, доцент.