

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

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Классическая электродинамика

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ОПК-2 Способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 Способность проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений

ИОПК 2.1 Выбирает адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области, планирует проведение научных исследований

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования

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 (модуля) 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

Семестр 5, зачет.

Семестр 6, 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: Общая физика, Классическая механика, Математический анализ, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дифференциальные уравнения, Методы математической физики.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 часов, из которых:

– лекции: 64 ч.;

– практические занятия: 32 ч.;

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), 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.

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.

Нетеровские токи и законы сохранения: постановка задачи, вариация координат частиц и электромагнитного поля при бесконечно малых преобразованиях координат, вычисление вариации действия классической электродинамики при бесконечно малых преобразованиях координат частиц и электромагнитного поля, нетеровские токи и заряды, тензор энергии-импульса частиц, тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

Тема 4. Некоторые классы электромагнитных полей.

Выбор калибровки. Калибровка Лоренца. Кулоновская калибровка.

Свободное электромагнитное поле: уравнения Максвелла в пустом пространстве, плоские волны, монохроматическая плоская волна, разложение по монохроматическим плоским волнам, задача Коши во всем пространстве.

Запаздывающие поля. Запаздывающая функция Грина.

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

Заряд и электромагнитное поле как замкнутая система.

Уравнение Лоренца-Абрагама-Дирака.

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 5 семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам.

Экзамен в 6 семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам.

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 (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

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.
8. Движение релятивистской частицы в однородном внешнем поле.
9. Движение релятивистской частицы в поле плоской волны.
10. Электростатические поля.
11. Магнитостатические поля.
12. Свободное электромагнитное поле.
13. Тензор энергии-импульса. Законы сохранения.
14. Запаздывающие переменные потенциалы Льенара-Вихерта.
15. Поля излучения.
16. Контрольная работа.

Тема 1. Парадоксы специальной теории относительности. 2. Вариационные принципы релятивистской механики.

Литература.

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — Издание 8-е, стереотипное. — М.: Физматлит, 2006. — 534 с.
2. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. Москва-Ижевск: НИЦ Динамика. 2001, 512 с.
3. Дуков В.М. Электродинамика. М.: Высшая школа, 1975, 248 с.
4. Сазанов А.А.. Четырехмерный мир Минковского. М.: Наука, 1988, 224 с.
5. Богуш А. Очерки по истории физики микромира. М.: УРСС, 298 с.

Тема 2. Вариационные принципы релятивистской механики.

Литература.

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — Издание 8-е, стереотипное. — М.: Физматлит, 2006. — 534 с.
2. Зильберман Г.С. Электричество и магнетизм. Учебное пособие.. 2-е изд. — Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект». — 2008. — 376с.
2. Ленерт. Б. Динамика заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1967, 352 с.
3. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни её творцов. М.: Просвещение, 1986, 256 с.

4. Карцев В. Приключения великих уравнений. М.: Изд. «Знание», 1986, 288с.

Тема 3. Проблема устойчивости замкнутой системы заряженных частиц. 2. Релятивистские эффекты в ускорителях элементарных частиц.

Литература.

1. Зильберман Г.С. Электричество и магнетизм. Учебное пособие.. 2-е изд. – Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект». – 2008. – 376с.
2. Джексон Дж. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965, 702 с.
3. Терлецкий Я.П. Электродинамика. М.: Высшая школа, 1980, 335 с.
4. Липсон Г. Великие эксперименты в физике. М.: Мир, 1972, 214 с.
5. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.: Изд. «Знание», 1985, 136 с.

Тема 4. Релятивистские эффекты в ускорителях элементарных частиц.

Литература.

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — Издание 8-е, стереотипное. — М.: Физматлит, 2006. — 534 с.
2. Бордовицын В.А. Динамика релятивистских частиц. Томск: ТГПИ, 1976, 88с.
3. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1972, 224 с.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

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. – Word Scienti_c. 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://mipt.ru/students/organization/mezhpr/biblio/mekhanika-i-teoriya-polya.php> – Электронный ресурс. Дата обращения 31.07.2021. – 420 с.
10. А. Лайтман, В. Пресс, Р. Прайс, С. Тюкольски. 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.:Мир, 1966. 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. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности. – СПб: Лань.- 2016.- 480с.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Задачи и упражнения с ответами и решениями. М.: Мир, 1969, 624 с.
7. Векштейн Е.Г. Сборник задач по электродинамике. М.: Изд. Высшая школа, 1966, 288 с.
8. Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике. М.: Наука, 1977, 318 с.
9. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М. Сборник задач по теоретической физике. М.: Высшая школа, 385 с.
10. Пановский В., Филипс М. Классическая электродинамика. М.: ГИТТЛ, 1963, 432 с.
11. Ленерт Б. Динамика заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1967, 352 с.
12. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1972, 224 с.
13. С.Р. де Гроот, Сатторп Л.Г. Электродинамика. М.: Наука, 1982, 560 с.
14. Мешков И.Н., Чириков Б.В. Электромагнитное поле. Части 1, 2. М.: Наука, 1987, 272 и 252 с.
15. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1983, 280 с.
16. Бордовицын В.А. Динамика релятивистских частиц. Томск: ТГПИ, 1976, 88с.
17. 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://mipt.ru/students/organization/mezhpr/biblio/mekhanika-i-teoriya-polya.php>

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-elektrodinamike.html>

Классическая электродинамика: 11 книг

<http://bookash.pro/ru/s/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0/>

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 смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

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