

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

Физика II

по направлению подготовки

09.03.02 Информационные системы и технологии

Профиль подготовки

Цифровая астрономия и геоинформационные системы

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер-разработчик информационных технологий

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.М. Сюсина

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Результатами обучения дисциплины являются:

РООПК 1.2 – Умеет решать задачи профессиональной деятельности с применением математических методов анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат и определения, изложенные в курсе Электричество и магнетизм

– Владеть основными методами изучения электромагнитных процессов и явлений.

– Уметь применять полученные знания для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Семестр 2, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными понятиями и методами курса физики общеобразовательной школы.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

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

– лекции: 32 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.

– практические занятия: 64 ч.;

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

№	Раздел дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона	Введение. Предмет науки об электричестве. Развитие науки об электричестве. Основные этапы развития. Свойства наэлектризованных тел. Электризация трением и электризация через влияние (индукция). Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда. Единицы измерения заряда. Точечные заряды. Закон Кулона. Запись формулы закона Кулона в системе единиц СИ и СГС. Принцип суперпозиции. Закон Кулона в применении к заряженным телам произвольной формы. Экспериментальная проверка

		закона Кулона. Метод Кавендиша. Пределы применимости закона Кулона.
2	Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса	Полевая трактовка закона Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Графическое изображение электрического поля. Единицы измерения напряженности поля (система единиц СИ и СГСЭ). Принцип суперпозиции. Электрическое поле, создаваемое системой точечных зарядов. Электрическое поле заряженных тел произвольной формы. Напряженность электрического поля диполя. Диполь в однородном и неоднородном электрическом поле. Электрическое поле, создаваемое нейтральной системой электрических зарядов. Теорема Гаусса. Дифференциальная форма теоремы Гаусса. Теорема Ирншоу. Расчет электрических полей с помощью теоремы Гаусса (поле бесконечной заряженной плоскости, поле плоского конденсатора, поле бесконечной заряженной нити, поле заряженной сферы и шара).
3	Работа в электрическом поле. Потенциал. Связь потенциала с напряженностью электрического поля	Работа перемещения заряда в электрическом поле. Потенциальный характер электростатического поля. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Разность потенциалов и определение потенциала электростатического поля. Принцип суперпозиции для потенциала. Единицы измерения потенциала. Связь потенциала с напряженностью поля. Вычисление потенциала точечного заряда, системы точечных зарядов, непрерывного распределения заряда в объеме и на поверхности, бесконечно заряженной плоскости, нити, заряженного шара и сферы. Потенциал диполя.
4	Проводники в электрическом поле. Электроемкость	Электрическое поле в веществе. Общие закономерности электропроводности веществ. Классификация материалов по проводимости. Проводники в электрическом поле. Электрическая индукция. Электрическое поле вблизи поверхности проводника. Механизм образования поля вблизи поверхности проводника. Электроемкость. Электроемкость уединенного проводника. Система проводников. Потенциальные и емкостные коэффициенты. Теорема взаимности. Конденсаторы. Виды конденсаторов. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора.
5	Диэлектрики и их свойства	Диэлектрики. Механизмы поляризации диэлектриков. неполярные диэлектрики. Поляризуемость и периодическая система элементов. Тензор поляризуемости. Полярные диэлектрики. Ориентационная поляризуемость. Ионные кристаллы. Смешанная поляризация. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации с напряженностью электрического поля. Связь поляризуемости с объемной и поверхностной плотностью электрических зарядов. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для диэлектриков. Граничные условия. Преломление линий напряженности на границе двух диэлектриков. Знаки связанных зарядов. Связь между диэлектрической проницаемостью и атомной поляризуемостью. Поляризация плотных неполярных

		диэлектриков.
6	Энергия электростатического поля	Энергия плоского конденсатора, системы заряженных тел. Энергия взаимодействия при непрерывном распределении зарядов. Собственная энергия. Энергия диэлектрика во внешнем поле. Пондеромоторные силы.
7	Постоянный электрический ток	Электрический ток. Плотность и сила тока. Сила тока, как поток вектора плотности тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Сторонние силы. Закон Ома для полной цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Правила Кирхгофа.
8	Магнитное поле в вакууме. Основные законы. Работа в магнитном поле	Опыты Эрстеда и Ампера. Релятивистская природа магнитного поля. Формулы преобразования электрического поля. Сила взаимодействия между двумя точечными электрическими зарядами, (взаимодействие неподвижных зарядов, взаимодействие неподвижного и движущегося зарядов и взаимодействие движущихся зарядов). Сила Лорентца. Физический смысл вектора В . Магнитное поле точечного заряда. Закон Био-Савара. Сила Ампера. Закон Ампера. Магнитное поле проводника с током. Система единиц Гаусса. Формулы преобразования электромагнитного поля. Поле точечного заряда, движущегося равномерно. Основные уравнения для стационарного магнитного поля. Векторный потенциал. Уравнение для векторного потенциала. Поле элементарного тока. Сила и момент силы, действующие на магнитный момент. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле.
9	Магнитное поле в веществе	Вектор намагничивания. Векторный потенциал при наличии магнитного поля. Объемная плотность молекулярных токов. Напряженность магнитного поля. Граничные условия для В и Н .
10	Электромагнитная индукция	Закон Фарадея. Правило Ленца. Объяснение явления по электронной теории. Вывод ЭДС индукции по Гельмгольцу. Электромагнитная индукция и релятивистское преобразование полей. Инварианты ЕН , $E^2 - c^2 B^2$. Изменяющееся магнитное поле. Изменяющееся электрическое поле. Плотность тока смещения. Индуктивность. Самоиндукция и взаимная индукция. Энергия магнитного поля изолированного контура с током, нескольких контуров с током.
11	Уравнения Максвелла	Основные законы электромагнетизма. Ток смещения (вывод по Максвеллу). Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде. Материальные уравнения. Свойства уравнений Максвелла. Электромагнитные волны. Уравнения электромагнитной волны. Свойства электромагнитных волн. Токи Фуко. Скин-эффект. Способы получения электромагнитных волн.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, контроля выполнения практических занятий, контрольных заданий и тестов, коллоквиумов по материалам дисциплины, выполняемых самостоятельно.

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два вопроса. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнил все практические задания.

Вопросы билетов проверяют формирование ОПК-1 в соответствии с результатом обучения РООПК 1.2. Ответы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов.

I. Электрическое поле в вакууме

1. Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Экспериментальная проверка. Пределы применимости.
2. Электрическое поле. Напряженность. Принцип суперпозиции. Поле диполя. Диполь в электрическом поле. Электрическое поле создаваемое нейтральной системой электрических зарядов. Теорема Гаусса. Дифференциальная форма. Теоремы Гаусса.
3. Работа перемещения заряда в электрическом поле. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов. Связь потенциала с напряженностью поля.
4. Потенциалы полей точечного заряда, системы точечных зарядов, непрерывное распределение зарядов поверхностных зарядов.

Электрическое поле в веществе

5. Проводники в электрическом поле. Электрическая индукция. Электрическое поле вблизи поверхности проводника. Механизм образования поля вблизи поверхности проводника. Зависимость поверхностной плотности зарядов от кривизны поверхности.
6. Система проводников. Электроемкость. Емкостные коэффициенты. Теорема взаимности. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
7. Диэлектрики. Механизмы поляризации диэлектриков. Неполярные диэлектрики. Тензор поляризуемости. Полярные диэлектрики. Ориентационная поляризуемость. Ионные кристаллы. Смешанная поляризация.
8. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации с напряженностью электрического поля. Связь поляризуемости с объемной и поверхностной плотностью электрических зарядов.
9. Теорема Гаусса для диэлектриков. Граничные условия. Преломление линий напряженности на границе двух диэлектриков. Знаки связанных зарядов. Связь между диэлектрической проницаемостью и атомной поляризуемостью.
10. Энергия электростатического поля. Энергия плоского конденсатора, системы заряженных тел. Энергия взаимодействия при непрерывном распределении зарядов. Собственная энергия. Энергия диэлектрика во внешнем поле.

II. Постоянный электрический ток

11. Электрический ток. Плотность и сила тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Сторонние силы. Закон Ома для полной цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Правила Кирхгофа.

11. Магнитное поле в вакууме

12. Формулы преобразования электрического поля. Сила взаимодействия между двумя точечными электрическими зарядами. Сила Лоренца. Физический смысл вектора \mathbf{B} . Релятивистская природа магнитного поля.

13. Магнитное поле точечного заряда. Закон Био-Савара. Сила Ампера. Закон Ампера. Магнитное поле проводника с током. Система единиц Гаусса.
14. Формулы преобразования электромагнитного поля. Поле точечного заряда, движущегося равномерно. Основные уравнения для стационарного магнитного поля. Векторный потенциал. Уравнение для векторного потенциала.
15. Поле элементарного тока. Сила и момент силы, действующих на магнитный момент. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле.

IV. Магнитное поле в веществе

16. Вектор намагничивания. Векторный потенциал при наличии магнитного поля. Объемная плотность молекулярных токов. Напряженность магнитного поля. Граничные условия для **B** и **H**.
17. Магнитные свойства атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Спин. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Диамагнетизм электронной оболочки. Парамагнетики.
18. Парамагнетизм свободных электронов. Ферромагнетики и их свойства. Теория ферромагнетизма.

V. Электромагнитная индукция

19. Закон Фарадея. Правило Ленца. Объяснение явления по электронной теории.
20. Индуктивность. Самоиндукция и взаимная индукция. Энергия магнитного поля изолированного контура с током, нескольких контуров с током.

VI. Уравнения Максвелла

21. Основные законы электромагнетизма. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде. Материальные уравнения. Свойства уравнений Максвелла.
22. Электромагнитные волны. Уравнения электромагнитной волны. Свойства э-м волн. Способы получения э-м волн.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Критерий оценивания	
	Б	Д
5		
4		
3		

	Полный развернутый ответ
	Неполный ответ
	Фрагментарный ответ
	Отсутствие ответа

Здесь Б – вопросы по билету; Д – дополнительные вопросы; 5 – отлично; 4 – хорошо; 3 – удовлетворительно. Неудовлетворительная оценка соответствует всем иным случаям, не указанным в таблице.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=3736>

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

Перечень вопросов, выносимых на экзамен.

1. Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона. Принцип суперпозиции для вектора напряженности электрического поля. Поле системы точечных зарядов.
2. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для вектора напряженности.
3. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Потенциал.
4. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряженности поля и потенциала.
5. Проводники в электростатическом поле.
6. Связь между плотностью заряда на поверхности проводника и полем вблизи него.
7. Конденсаторы.
8. Энергия системы точечных зарядов. Энергия заряженного проводника и конденсатора. Плотность энергии электрического поля.
9. Дипольный момент молекул. Вектор поляризации.
10. Теорема Гаусса для вектора поляризации.
11. Вектор электрической индукции. Теорема Гаусса для вектора электрической индукции.
12. Линейные среды. Связь между векторами поляризации и напряженности, напряженности и индукции электрического поля.
13. Механизмы поляризации диэлектриков с неполярными и полярными молекулами.
14. Связь между диэлектрической проницаемостью и атомной поляризуемостью.
15. Граничные условия для векторов напряженности и индукции электрического поля.
16. Энергия электрического поля при наличии диэлектриков. Плотность энергии электрического поля.
17. Поверхностная плотность силы, действующей на границе металла.
18. Объемная плотность силы, действующей на диэлектрик в электрических полях.
19. Электрический ток. Плотность и сила тока. Сила тока, как поток вектора плотности тока. Уравнение непрерывности.
20. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Сторонние силы. Закон Ома для полной цепи.
21. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
22. Правила Кирхгофа.
23. Закон Био-Савара-Лапласа.
24. Поле прямого провода.
25. Поле на оси соленоида.
26. Сила Лоренца и сила Ампера.
27. Момент сил, действующих на рамку с током в магнитном поле.

28. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля.
29. Теорема о циркуляции вектора намагничения.
30. Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля.
31. Линейные среды. Связь векторов индукции, напряженности и намагничения.
32. Граничные условия для векторов индукции и напряженности магнитного поля.
33. Механизм намагничения диамагнетиков.
34. Механизм намагничения парамагнетиков.
35. Ферромагнетики.
36. Явление электромагнитной индукции в движущихся проводниках. Примеры.
37. Явление электромагнитной индукции в неподвижных проводниках. Вихревое электрическое поле.
38. Индуктивность (коэффициент самоиндукции). Примеры вычисления.
39. Процессы установления в контуре с индуктивностью.
40. Магнитная энергия.
41. Коэффициент взаимной индукции. Примеры вычисления.
42. Магнитная энергия двух связанных контуров.
43. Работа при перемещении витка в магнитном поле.
44. Свободные контуры.
45. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля с учетом тока смещения.
46. Система уравнений Максвелла в вакууме.
47. Система уравнений Максвелла в веществе.
48. Граничные условия для векторов напряженности и индукции электрического поля, индукции и напряженности магнитного поля.
49. Волновое уравнение. Электромагнитные волны.
50. Энергия, импульс, момент импульса электромагнитного поля.

в) Перечень рекомендуемых семинаров и практических занятий:

1. Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона. Вектор \mathbf{E} . Принцип суперпозиции. Напряженность поля системы зарядов (точечных и непрерывных).
2. Теорема Гаусса.
3. Работа перемещения заряда в электростатическом поле. Потенциальная энергия. Потенциал. Зависимость $\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi$. Уравнения Пуассона и Лапласа.
4. Электростатика проводников. Емкость. Конденсаторы.
5. Электростатика диэлектриков. Граничные условия.
6. Энергия электрического поля.
7. Электрический ток. Законы Ома и Джоуля – Ленца.
8. Методы измерения э.д.с., напряжений, токов и сопротивлений. Правила Кирхгофа. Электрические цепи.
9. Магнитное поле. Закон Био–Савара. Магнитный диполь.
10. Взаимодействие токов и магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лорентца
11. Магнитное поле в веществе. Граничные условия.
12. Электромагнитная индукция.
13. Магнетики. Энергия магнитного поля.
14. Ток смещения. Уравнения Максвелла.
15. Энергия и поток энергии электромагнитного поля.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых

источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение.

- Теорема Ирншоу
- Метод зеркальных отображений

Литература к темам для самостоятельного изучения

1. Савельев И. В., Курс общей физики. В 4 томах. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика Издательство: «КноРус» 2012 г. ISBN: 978-5-406-02589-5, 978-5-406-02586-4
2. Сивухин Д. В., Общий курс физики. В 5-ти томах. Том 3. Электричество, Издательство: Физматлит, 2015 г, ISBN: 978-5-9221-0673-3, Страниц: 656

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

3. Савельев И.В., Курс общей физики. В 4 томах. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика Издательство: «КноРус» 2012 г. ISBN: 978-5-406-02589-5, 978-5-406-02586-4
4. Сивухин Д.В., Общий курс физики. В 5-ти томах. Том 3. Электричество, Издательство: Физматлит, 2015 г, ISBN: 978-5-9221-0673-3, Страниц: 656
5. Иродов, И.Е., Задачи по общей физике. – СПб: Издательство:Лань, 2016. – 416 с. ISBN: 978-5-8114-0319-6

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иродов И.Е., Основные законы электромагнетизма, М.: Высшая школа, 1991. - 288с
2. Парселл Э, Электричество и магнетизм (Берклеевский курс физики, т.2)
3. Тамм И.Е., Основы электромагнетизма, Учеб. пособие для вузов., 10-е изд- испр. -М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.—501 с
4. Фейнман, Лейтон, Сэндс, Фейнмановские лекции по физике, изд.3-е, М, Мир, 1976-78
5. Матвеев А.Н., Электродинамика, Учеб. пособие.—2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1980.— 383 с.
6. Ахиезер А.И., Ахиезер И.А., Электромагнетизм и электромагнитные волны.
7. Матвеев А.Н., Электричество и магнетизм, Высшая школа, М.,1983.— 463 с.
8. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Лебедев А.К., Справочник по физике, изд. 8-е, 2006,
9. Корн Г., Корн Т, Справочник по математике, 1968 и позже.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://www.codata.org>, International Council for Science : Committee on Data for Science and Technology—самые свежие значения мировых констант
2. <http://www.ufn.ru/> - "Успехи физических наук" - Электронная версия он-лайн ежемесячного журнала. Свободно распространяются абстракты статей с 1995 г. и материалы последнего номера.

3. <https://ru.wikipedia.org> – портал Физика

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

Капарулин Дмитрий Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии ФФ ТГУ