

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП
С.А. Тишкова
«06» мая 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой физики
С.А. Тишкова
«07» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Составитель(-и)

Водолазская И.В., доцент, кандидат физико-математических наук, доцент;

Исмухамбетова А.С., доцент, к.пед. наук, доцент
03.03.02 Физика

Направление подготовки /
специальность

Направленность (профиль) ОПОП

Инженерная физика

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год приема

2023

Курс

3

Семестры

5, 6

Астрахань— 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Электродинамика» является формирование у студента физической картины мира в области электромагнитных взаимодействий.

1.2. Задачи освоения дисциплины: изучение фундаментальных понятий и принципов электродинамики и электродинамики сплошных сред, их приложения к современным задачам.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Электродинамика» относится к обязательной части и осваивается в 5 и 6 семестрах.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):

- *Математический анализ, Общая физика*

Знания: знать терминологию и основные правила математического анализа.

Умения: умение использовать аппарат математического анализа для решения физических задач.

Навыки: иметь навыки расчета математических моделей.

Для успешного изучения дисциплины студенты должны владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации; уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и практики, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- *Теоретическая физика*

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

б) *общепрофессиональной(ых) (ОПК):* ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;

в) *профессиональной(ых) (ПК):* ПК-5. Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Таблица 1 - Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования,	ОПК-1.2 Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и	ОПК-1.3 владеть навыками использования знаний естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального

	теоретического и экспериментального исследования	экспериментального исследования	исследования
ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК-5.1 знать фундаментальные понятия, законы и теории, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК-5.2 уметь применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК-5.3 владеть фундаментальными понятиями и законами, полученными при освоении профильных физических дисциплин

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины: 5 **зачетные единицы** (180 часов), количество академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем: 105 часа, из них 35 часов лекций, 70 часов практических занятий, на самостоятельную работу обучающихся отводится 75 час.

Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа	Форма текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации (<i>по семестрам</i>)
			Л	ПЗ	ЛР		
1	Раздел 1. Уравнения Максвелла. Тема 1. Уравнения Максвелла.	5	3	6		3	Опрос на занятиях,
2	Тема 2. Энергия и поток электромагнитного поля.	5	3	6		3	Опрос на занятиях,
3	Тема 3. Электромагнитные потенциалы.	5	3	6		3	Опрос на занятиях,
4	Раздел 2. Статические электрическое и магнитное поля. Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.	5	3	6		3	Опрос на занятиях, К.Р.1
5	Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков.	5	3	6		3	Опрос на занятиях, К.Р.2
6	Тема 6. Сверхпроводимость.	5	3	6		3	Опрос на занятиях
	Итого в 5 семестре		18	36		18	зачет
7	Раздел 3. Специальная теория относительности Тема 7. СТО. Преобразования Лоренца. Четырехвекторы.	6	3	6		10	Опрос на занятиях, К.Р.3

8	Тема 8. Преобразование электромагнитного поля.	6	3	6		10	Опрос на занятиях, К.Р.3
9	Раздел 4. Переменное электромагнитное поле. Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Дисперсия.	6	3	6		10	Опрос на занятиях, К.Р.4
10	Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн.	6	3	6		10	Опрос на занятиях
11	Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах.	6	3	6		10	Опрос на занятиях
12	Тема 12. Нелинейная электродинамика.	6	2	4		7	Опрос на занятиях
	Итого в 6 семестре		17	34		57	экзамен
ИТОГО (180 часов)			35	70		75	

Примечание:

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа по отдельным темам

Таблица 3 - Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема	Кол-во часов	Код компетенции			Общее количество компетенций
		1	2	3	
Раздел 1. Уравнения Максвелла. Тема 1. Уравнения Максвелла.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 2. Энергия и поток электромагнитного поля.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 3. Электромагнитные потенциалы.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Раздел 2. Статическое электрическое и магнитное поля. Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 6. Сверхпроводимость.	12	ОПК-1	ПК-5		2
Раздел 3. Специальная теория относительности Тема 7. СТО. Преобразования Лоренца. Четырехвекторы.	19	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 8. Преобразование электромагнитного поля.	19	ОПК-1	ПК-5		2
Раздел 4. Переменное электромагнитное поле. Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Дисперсия.	19	ОПК-1	ПК-5		2

Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн.	19	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах.	19	ОПК-1	ПК-5		2
Тема 12. Нелинейная электродинамика.	13	ОПК-1	ПК-5		2
ИТОГО	180				2

Краткое содержание каждой темы дисциплины

Раздел 1. Уравнения Максвелла

Тема 1. Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла в однородной и изотропной среде в интегральной и дифференциальной форме. Макроскопическое и локальное поля. Векторы напряженности и индукции. Сторонние заряды и токи. Связанные заряды и микротоки. Поляризация и намагниченность среды. Электрическая и магнитная проницаемости среды. Электропроводность. Граничные условия.

Тема 2. Энергия и поток электромагнитного поля. Закон сохранения заряда. Плотность электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга. Закон сохранения электромагнитной энергии.

Тема 3. Электромагнитные потенциалы. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Условия калибровки. Уравнения для потенциалов. Решение уравнений для потенциалов (запаздывающие потенциалы).

Раздел 2. Статические электрическое и магнитное поля

Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков. Уравнения электростатики. Электрическое поле диполя. Электрический дипольный момент. Мультипольное разложение для электростатического потенциала. Силы, действующие на проводники и диэлектрики в электрическом поле.

Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков. Уравнения магнитостатики. Магнитный дипольный момент системы. Разложение для векторного потенциала. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм.

Тема 6. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Теория Лондонов. Глубина проникновения магнитного поля. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости.

Раздел 3. Специальная теория относительности

Тема 7. Специальная теория относительности. Свойства пространства-времени. Преобразования Лоренца. Релятивистская кинематика и динамика. Четырехмерные векторы и тензоры. Четырехмерный формализм.

Тема 8. Тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Ковариантная запись уравнений и законов сохранения для электромагнитного поля и для частиц. Преобразование электромагнитного поля, частоты и волнового вектора электромагнитной волны. Инварианты поля.

Раздел 4. Переменное электромагнитное поле.

Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Волновое уравнение и его решение. Плоская электромагнитная волна. Волновой вектор. Лучевой вектор. Поляризация волн. Комплексная

форма записи уравнений Максвелла. Диссипация энергии. Комплексные проницаемости среды. Распространение электромагнитных волн в среде. Дисперсия диэлектрической проницаемости, поглощение, формулы Крамерса-Кронига. Фазовая и групповая скорости в диспергирующей среде. Отражение и преломление волн на границе раздела двух сред. Формулы Френеля. Скин-эффект. Уравнения магнитной гидродинамики.

Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн. Излучение нерелятивистских систем зарядов и токов. Спектральный состав излучения. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Радиационное трение.

Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах. Электрическая и магнитная проницаемости анизотропных сред. Электромагнитные флуктуации (флуктуационно-диссипативная теорема). Плоская электромагнитная волна в прозрачном кристалле. Явление двойного лучепреломления.

Тема 12. Нелинейная электродинамика. Границы применимости линейной электродинамики. Электрическая и магнитная проницаемости среды в сильных полях. Генерация второй гармоники. Самофокусировка.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине

№	Раздел/Тема	Семестр	Форма контроля	Методическое обеспечение (см.раздел Основная литература)
1	Раздел 1. Уравнения Максвелла. Тема 1. Уравнения Максвелла.	5	Опрос на занятиях	[1] Глава 4 § 26-30 стр. 91-103
2	Тема 2. Энергия и поток электромагнитного поля.	5	Опрос на занятиях	[4] Главы 7-9 п. 7.1-7.3 п. 8.1, 9.1-9.2 стр. 15-22, 56-66, 148-169
3	Тема 3. Электромагнитные потенциалы.	5	Опрос на занятиях	[1] Глава 4 § 31-33 стр. 103-114
4	Раздел 2. Статические электрическое и магнитное поля. Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.	5	Опрос на занятиях, К.Р.1	[3] Глава 2 п. 2.3 стр. 148-173
5	Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков.	5	Опрос на занятиях, К.Р.2	[1] Глава 8 § 62-64 стр. 207-213
6	Тема 6. Сверхпроводимость.	5	Опрос на занятиях	[3] Глава 2 п. 2.3 стр. 148-173 [1] Глава 8 § 62-64 стр. 207-213
			зачет	
7	Раздел 3. Специальная теория относительности. Тема 7. СТО. Преобразования	6	Опрос на занятиях, К.Р.3	[1] Глава 1 § 1-7 стр. 11-40

	<i>Лоренца. Четырехвекторы.</i>			
8	<i>Тема 8. Преобразование электромагнитного поля.</i>	6	Опрос на занятиях, К.Р.3	[3] Глава 3, 4 п. 3.1-3.2, 4.1-4.3 стр. 214-257, 302-348
9	<i>Раздел 4. Переменное электромагнитное поле. Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Дисперсия.</i>	6	Опрос на занятиях, К.Р.4	[5] Глава 10, § 1-2, с. 156-170
10	<i>Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн.</i>	6	Опрос на занятиях	[1] Глава 3 § 23-25 стр. 85-91
11	<i>Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах.</i>	6	Опрос на занятиях	[5] Глава 10, § 3, с. 70-176
12	<i>Тема 12. Нелинейная электродинамика.</i>	6	Опрос на занятиях	[1] Глава 6 § 46-49 стр. 143-158
	ИТОГО		Экзамен	

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер радела (темы)	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
<i>Тема 1</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий</i>	3	<i>Работа с конспектами лекций и практических занятий, с учебниками</i>
<i>Тема 2</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий</i>	3	
<i>Тема 3</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий</i>	3	
<i>Тема 4</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к контрольной работе</i>	3	
<i>Тема 5</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к контрольной работе</i>	3	
<i>Тема 6</i>	<i>Изучение лекционного материала, подготовка к зачету</i>	3	
<i>Тема 7</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к контрольной работе</i>	10	
<i>Тема 8</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к контрольной работе</i>	10	
<i>Тема 9</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к контрольной работе</i>	10	
<i>Тема 10</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала</i>	10	

	<i>практических занятий</i>		
<i>Тема 11</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий</i>	10	
<i>Тема 12</i>	<i>Изучение лекционного материала, материала практических занятий, подготовка к экзамену</i>	7	
Итого:			91

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

Для подготовки к контрольным работам самостоятельно выполняются домашние задания в форме задач. На аудиторных практических занятиях проводится выборочно проверка выполнения домашнего задания.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line в формах: видеолекций, лекций-презентаций, собеседования в режиме чат.

Формы учебных занятий:

- 1) лекция, с использованием компьютерных и технических средств, направленная на приобретение студентами новых теоретических знаний;
- 2) практическое занятие по расчету физических задач на основании теоретических знаний, направленное на приобретение умений по расчету физических моделей;
- 3) контрольная работа, направленная на определение уровня освоения дисциплины.

Образовательные технологии: интерактивные лекции, анализ ситуаций, равный обучает равного, тематические дискуссии

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Раздел 1. Уравнения Максвелла. <i>Тема 1. Уравнения Максвелла.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>
<i>Тема 2. Энергия и поток</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>не предусмотрено</i>	<i>Тематические</i>

электромагнитного поля.			дискуссии, анализ конкретных ситуаций
Тема 3. Электромагнитные потенциалы.	Обзорная лекция	не предусмотрено	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии
Раздел 2. Статические электрическое и магнитное поля. Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.	Лекция-диалог	не предусмотрено	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций
Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков.	Обзорная лекция	не предусмотрено	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии
Тема 6. Сверхпроводимость.	Лекция-диалог	не предусмотрено	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций
Раздел 3. Специальная теория относительности Тема 7. СТО. Преобразования Лоренца. Четырехвекторы.	Обзорная лекция	не предусмотрено	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии
Тема 8. Преобразование электромагнитного поля.	Лекция-диалог	не предусмотрено	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций
Раздел 4. Переменное электромагнитное поле. Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Дисперсия.	Обзорная лекция	не предусмотрено	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии
Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн.	Лекция-диалог	не предусмотрено	Тематические дискуссии, анализ конкретных

			<i>ситуаций</i>
<i>Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>
<i>Тема 12. Нелинейная электродинамика.</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>не предусмотрено</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>

6.2. Информационные технологии

- 1) использование электронных учебников и сайтов Интернета в качестве источника информации;
- 2) использование возможностей электронной почты преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками);
- 3) использование презентаций при проведении лекций и семинаров;
- 4) при реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии: виртуальная обучающая среда (LMS Moodle «Электронное образование») или иные информационные системы, сервисы имессенджеры.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARKSQL НПО «Информ-систем».

<https://library.asu.edu.ru>

2. Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС». <http://dlib.eastview.com>. Имя пользователя: AstrGU. Пароль: AstrGU

3. Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте

информационных ресурсов. www.polpred.com.

4. Электронный каталог «Научные журналы АГУ» <https://journal.asu.edu.ru/>.
5. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. [Сводный каталог периодики библиотек России \(arbicon.ru\)](http://arbicon.ru).
6. Справочная правовая система КонсультантПлюс. Содержится огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила. <http://www.consultant.ru>.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Паспорт фонда оценочных средств.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Электродинамика» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 - Соответствие изучаемых разделов, результатов обучения и оценочных средств

№ п/п	Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	<i>Раздел 1. Уравнения Максвелла. Тема 1. Уравнения Максвелла.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
2	<i>Тема 2. Энергия и поток электромагнитного поля.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
3	<i>Тема 3. Электромагнитные потенциалы.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
4	<i>Раздел 2. Статическое электрическое и магнитное поля. Тема 4. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
5	<i>Тема 5. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
6	<i>Тема 6. Сверхпроводимость.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
7	<i>Раздел 3. Специальная теория относительности. Тема 7. СТО. Преобразования Лоренца. Четырехвекторы.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
8	<i>Тема 8. Преобразование электромагнитного поля.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.

9	<i>Раздел 4. Переменное электромагнитное поле. Тема 9. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде. Дисперсия</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях
10	<i>Тема 10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
11	<i>Тема 11. Распространение электромагнитных волн в неоднородной и в анизотропной средах.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.
12	<i>Тема 12. Нелинейная электродинамика.</i>	ОПК-1, ПК-5	Опрос на занятиях.

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Типы контроля для оценивания результатов обучения.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются устные ответы на вопросы, контрольные работы, экзамен.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются контрольные работы, экзамен.

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении

Шкала оценивания	Критерии оценивания
	заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Темы 1- 4. Уравнения Максвелла. Энергия и поток электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электростатика однородных и изотропных проводников и диэлектриков.

Контрольная работа 1.

1. Бесконечно длинный круговой цилиндр радиуса R равномерно заряжен по объему так, что на единицу его длины приходится заряд t . Найти потенциал ϕ и напряженность E электрического поля.

2. Сферический конденсатор с радиусами обкладок a и b заполнен диэлектриком, проницаемость которого меняется по закону $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot a^2 / r^2$. Найти емкость такого конденсатора и распределение связанного заряда, если разность потенциалов между обкладками U .

3. Найти потенциал ϕ вдали от заряженного отрезка, расположенного вдоль оси OZ , один конец которого имеет координату 0 , другой – координату a . Линейная плотность заряда

$$\tau = \tau_0 \cos\left(\frac{\pi z}{a}\right).$$

Темы 1-3, 5. Уравнения Максвелла. Энергия и поток электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Магнитостатика однородных и изотропных магнетиков

Контрольная работа 2.

1. Определить напряженность магнитного поля $\vec{H}$ и магнитную индукцию $\vec{B}$, создаваемые постоянным током I , текущим по бесконечному полному цилиндрическому проводнику (внутренний радиус a , внешний b). Магнитная проницаемость проводника μ_1 , окружающего проводник вещества - μ_2 .

2. Определить ток, который создает напряженность магнитного поля:

$$H_x = 0$$

$$H_y = 0$$

$$H_z = \frac{4\pi j_0 L}{c} \arctg \frac{y}{L}$$

где L, j_0 — постоянные величины.

Темы 7-8. СТО. Преобразования Лоренца. Четырехвекторы. Преобразование электромагнитного поля.

Контрольная работа 3.

1. В системе отсчета S движатся две частицы со скоростями $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$. Как меняется угол между скоростями движения этих частиц в системе S' , которая движется относительно системы S с постоянной скоростью $\vec{v}$ вдоль оси OX ?

2. Бесконечно длинный круговой цилиндр равномерно заряжен с линейной плотностью τ . Вдоль оси цилиндра течет равномерно распределенный ток I . Найти такую систему отсчета

S' , в которой существует только электрическое поле. С какой скоростью $\vec{V}$ относительно S должна она двигаться? Найти величину этого поля.

Темы 1-3, 9. Уравнения Максвелла. Энергия и поток электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Свободное электромагнитное поле. Распространение электромагнитных волн в однородной и изотропной среде.

Контрольная работа 4.

1. Найти комплексную диэлектрическую проницаемость среды, если ее магнитная проницаемость $\mu = 1$ и если для распространяющейся в данной среде плоской волны известны: ее частота ω , скорость перемещения волнового фронта v и расстояние L , на котором амплитуда волны убывает в e раз.
2. Электромагнитное поле представляет собой суперпозицию двух гармонических плоских волн с одинаковыми частотами ω и амплитудами E_0 . Векторы электрического поля в обеих волнах параллельны оси OX и колеблются без сдвига фаз. Волновые векторы $\vec{k}_1$ и $\vec{k}_2$ лежат в плоскости YZ , причем $k_{1z} = k_{2z}$ и $k_{1y} = -k_{2y}$. Проницаемости диэлектрической среды: ϵ, μ . Найти компоненты суммарного поля.

Перечень экзаменационных вопросов.

1. Поляризация среды. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость среды. Механизмы поляризации.
2. Намагниченность среды. Вектор магнитной индукции. Магнитная проницаемость среды. Диа- и парамагнетизм.
3. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм.
4. Уравнения Максвелла в веществе. Материальные уравнения для однородной и изотропной среды.
5. Потенциалы электромагнитного поля. Уравнения для потенциалов.
6. Свободное электромагнитное поле в диэлектрике. Свойства электромагнитных волн.
7. Распространение электромагнитного поля в проводнике. Глубина проникновения.
8. Граничные условия для электромагнитного поля.
9. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников.
10. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости.
11. Отражение и преломление электромагнитных волн.
12. Формулы Френеля.
13. Излучение. Характер электромагнитного поля в волновой зоне.
14. Дисперсия диэлектрической проницаемости.
15. Распространение электромагнитных волн в неоднородной среде.
16. Распространение электромагнитных волн в направляющих системах.
17. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Электрическая и магнитная проницаемости анизотропных сред.
18. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Явление двойного лучепреломления.
19. Радиационное трение.
20. Сильные электромагнитные поля. Нелинейные эффекты.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности				
ПК-5. Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин				
1.	Задание закрытого типа	На сферической границе радиусом R между металлом и изотропным диэлектриком (диэлектрическая проницаемость ϵ) величина вектора поляризации $\vec{P}$ испытывает скачок, равную ΔP. Величина и направление напряженности $\vec{E}$ электрического поля вблизи границы в диэлектрике: $E = \frac{4\pi\Delta P}{\epsilon-1}$, вдоль радиуса сферы ; $E = \frac{4\pi\Delta P}{\epsilon-1}$, вдоль касательной к сфере ; $E = \frac{4\pi\Delta P}{\epsilon}$, вдоль радиуса сферы ; $E = 4\pi\Delta P$, вдоль касательной к сфере .	1	5
2.		В плоской гармонической электромагнитной волне, распространяющейся в хорошем однородном и изотропном проводнике, вектор напряженности магнитного поля равен $\vec{H} = \vec{n}_y H_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp(i(\omega t - kx))$. Вектор напряженности $\vec{E}$ электрического поля в этой же области равен: $\vec{E} = -\vec{n}_z E_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp(i(\omega t - kx))$; $\vec{E} = \vec{n}_z E_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp(i(\omega t - kx + 5\pi/4))$; $\vec{E} = \vec{n}_z E_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp(i(\omega t - kx + \pi/2))$; $\vec{E} = \vec{n}_z E_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp(i(\omega t - kx + \pi))$.	2	5
3.		По бесконечному прямому проводу круглого сечения радиусом R течет постоянный ток I. Удельная электропроводность проводника σ. Величина напряженности электрического поля E и величина напряженности магнитного поля H в проводнике равны E и H в расстоянии r от оси провода) $E = \frac{I\pi R^2}{\sigma}, H = \frac{2IR}{cr^2}$; $E = \frac{I}{\pi R^2 \sigma}, H = \frac{2Ir^2}{cR}$; $E = \frac{I}{\pi R^2 \sigma}, H = \frac{2Ir}{cR^2}$; $E = \frac{2\pi RI}{\sigma}, H = \frac{2Ir^2}{cR^2}$.	3	5
4.		На сферической границе радиусом R между металлом и изотропным диэлектриком (диэлектрическая проницаемость ϵ) величина вектора поляризации $\vec{P}$ испытывает скачок, равную ΔP. Величина и направление напряженности $\vec{E}$ электрического поля вблизи границы в диэлектрике:	1, вдоль радиуса сферы будет направлен вектор напряженности	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		1. $E = \frac{4\pi\delta}{\varepsilon-1}$, вдоль радиуса сферы ; 2. $E = \frac{4\pi\delta}{\varepsilon-1}$, вдоль касательной к сфере ; 3. $E = \frac{4\pi\delta}{\varepsilon}$, вдоль радиуса сферы ; 4. $E = 4\pi\delta$, вдоль касательной к сфере .	и.	
5.		Даны четыре уравнения электродинамики: а. $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \vec{j} = 0$; б. $-\frac{\partial \omega}{\partial t} = \text{div} \vec{\gamma} + \vec{E} \cdot \vec{j}$; в. $\Delta \phi - \frac{\varepsilon \mu}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{\varepsilon} \rho$; г. $\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$. Уравнение неразрывности и уравнение электромагнитного поля – это уравнения 1. а и в ; 2. а и г; 3. в и б ; 4. г и б .	2	5
6.	Задание открытого типа	Вектор напряженности магнитного поля задан в цилиндрической системе координат: $\vec{H} = \frac{H_0 r^2}{R^2} \vec{n}_z \quad \text{при } r < R,$ $\vec{H} = \frac{H_0 R^3}{r^3} \vec{n}_z \quad \text{при } r > R,$ R, H_0 — постоянные величины. Определить плотность тока проводимости $\vec{j}$.	Для нахождения плотности тока проводимости используется уравнение Максвелла в дифференциальной форме $\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j}.$ Задача решается в цилиндрической системе координат отдельно для двух областей $r < R$ и $r > R$.	20
7.		Внутри цилиндрической оболочки с внутренним радиусом R_1 и внешним радиусом R_2 течет постоянный ток I . Определить напряженность магнитного поля $\vec{H}$ во всем пространстве.	Напряженность магнитного поля	30

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			поля находится с помощью уравнения Максвелла в интегральной форме $\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{r} = \frac{4\pi}{c} \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{r}$ Задача решается в цилиндрической системе координат отдельно для трех различных областей $r < R_1$, $R_1 < r < R_2$ и $r > R_2$	
8.		По бесконечному прямому цилиндрическому проводу радиусом R_1 течет постоянный ток I. Провод окружен диэлектрической цилиндрической оболочкой радиусом R_2 с магнитной проницаемостью μ_1. Вокруг диэлектрической оболочки находится диэлектрическая среда с магнитной проницаемостью μ_2. Определить скачок вектора магнитной индукции на границе двух диэлектрических сред.	Максвелла в интегральной форме $\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{r} = \frac{4\pi}{c} \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{r}$ Задача решается в цилиндрической системе координат. С помощью материального уравнения определяется вектор магнитной индукции в двух диэлектрических средах и далее определяется скачок этой величины.	30

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
9.		Вокруг бесконечного прямого линейного тока I находится среда, магнитная проницаемость которой равна $\mu = ar$, где r — расстояние от тока, a — постоянная величина. Определить распределение молекулярных токов $\vec{j}^{mol}$ в среде.	Максвелла в интегральной форме $\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{r} = \frac{4\pi}{c} \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$ Задача решается в цилиндрической системе координат. С помощью материального уравнения определяется вектор магнитной индукции и затем намагниченность среды по формуле $\vec{B} = \vec{H} + 4\pi\vec{M}$. После этого рассчитывается ротор напряженности и определяется плотность молекулярного тока по формуле $\text{rot} \vec{M} = \frac{1}{c} \vec{j}^{mol}$.	30
10.		По тонкой цилиндрической оболочке радиусом R и высотой h равномерно распределен заряд q . Оболочку привели во вращение вокруг ее оси с угловой скоростью $\vec{\Omega}$. Определить магнитный дипольный момент $\vec{m}$ системы.	Разделив цилиндрическую оболочку на большое число тонких колечек и используя формулу магнитного момента тонкого	15

№ п/ п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			кольца $\vec{m} = \vec{n} \frac{I S}{c},$ определяется магнитный момент оболочки путем суммирования .	

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	Ответ на занятии	5 / 0-4	20	На практическом занятии
2.	Выполнение контрольной работы	2 / 0-35	70	Конец семестра
Всего			90	-
Блок бонусов				
3.	Посещение занятий	8	2	На занятии
4.	Своевременное выполнение всех заданий	8	8	На занятии
Всего			10	-
ИТОГО			100	-

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1	Ответ на занятии	5 / 0-2	10	На практическом занятии
2.	Выполнение контрольной работы	2 / 0-15	30	Конец семестра
Всего			40	-

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Блок бонусов				
3.	<i>Посещение занятий</i>	8	2	На занятии
4.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	8	8	На занятии
Всего			10	-
Дополнительный блок				
5.	<i>Экзамен</i>		50	На экзамене
Всего			50	-
ИТОГО			100	-

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-0.1
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-0.1
<i>Неготовность к занятию</i>	-1
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-0.25

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69		
60–64	3 (удовлетворительно)	
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т.2. Теория поля. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2020, 536 с. (18 экз.),
<https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN5922100564.html>
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2022, 656 с. (54 экз.),
<https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN5922101234.html>
3. Батыгин В.В., Топтыгин, И.Н. Современная электродинамика. Часть 1. Микроскопическая теория. – Москва-Ижевск: «Институт компьютерных исследований», 2023, 736 с. (10 экз.).
4. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Часть 2. Теория электромагнитных явлений в веществе. – Москва-Ижевск: «Институт компьютерных исследований», 2022, 848 с. (1 экз.)

5. Батыгин В.В., Топтыгин, И.Н. Сборник задач по электродинамике. – М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2022, 640 с. (20 экз.)

8.2. Дополнительная литература:

1. Гильденбург, В.Б., Миллер, М.А. Сборник задач по электродинамике. М.: – Физматлит, 2001, 168 с. (20 экз.), <https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN5922101137.html>
2. Крамм, М.Н. Сборник задач по основам электродинамики. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011, 256 с. (1 экз.)
3. Говорков, В.А., Купалян, С.Д. Теория электромагнитного поля в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа, 1963, 372 с. (2 экз.)

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.

2. www.studentlibrary.ru. Регистрация с компьютеров АГУ

3. Электронная библиотечная система IPRbooks. www.iprbookshop.ru

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения занятий по данной дисциплине необходима аудитория с компьютером, экраном, большая лекционная доска.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).