

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



/ Кургалин С.Д.

28.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.31 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
02.03.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки/специализация:**  
Распределенные системы и искусственный интеллект  
Квантовая теория информации
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** цифровых технологий
- 6. Составители программы:**  
Запрягаев Сергей Александрович, д. ф.-м. н., профессор
- 7. Рекомендована:** НМС ФКН (протокол № 3 от 25.02.2022)
- 8. Учебный год:** 2023-2024 **Семестр:** 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью курса является систематическое изучение основных положений электродинамики.

Задачи учебной дисциплины:

– изучение теоретических основ описания электромагнитного поля, способов применения уравнений электродинамики, принципов проектирования электрических цепей;

– формирование умений решать фундаментальные электродинамические задачи, эффективно применять теорию излучений и передачи электромагнитного поля направляющими устройствами;

– овладение математическим аппаратом описания свойств электромагнитного поля.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана (блок Б1).

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.	Знать: теоретические основы описания электромагнитного поля; способы их применения уравнений электродинамики; принципы проектирования электрических цепей.
		ОПК-1.2	Умеет использовать их в профессиональной деятельности.	Уметь: решать фундаментальные электродинамические задачи; эффективно применять теорию излучений и передачи электромагнитного поля направляющими устройствами.
		ОПК-1.3	Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Владеть: навыками практического применения математического аппарата описания свойств электромагнитного поля.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации 3 семестр – зачёт с оценкой.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 сем.
Аудиторные занятия		68	68
в том числе:	лекции	34	34
	практические	34	34
	лабораторные		
Самостоятельная работа		40	40
Зачёт с оценкой			
Итого:		108	108

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Исходные положения электродинамики	Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Основные понятия и законы электродинамики.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.2	Математический аппарат электродинамики	Интегральное и дифференциальное исчисление векторов. Векторный анализ.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.3	Микроскопическая теория электромагнитных явлений в вакууме. Уравнения электромагнитного поля	Система уравнений Максвелла как результат обобщения экспериментальных факторов. Законы электромагнетизма. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойтинга. Единственность решения уравнений Максвелла.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.4	Постоянное электрическое поле в вакууме	Электростатическое поле в вакууме. Потенциал поля. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции. Энергия электростатического поля. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный момент. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.5	Постоянное магнитное поле в вакууме	Магнитостатическое поле в вакууме. Основные уравнения. Закон Био-Савара. Магнитный момент. Магнитная энергия постоянных токов в постоянном внешнем поле.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.6	Электромагнитные волны	Уравнения для потенциалов электромагнитного поля. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.7	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Запаздывающие потенциалы. Изучение электромагнитных волн. Интенсивность излучения электромагнитных волн. Электрическое дипольное излучение. Рассеяние электромагнитных волн свободными и связанными зарядами.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.8	Электродинамика зарядов и токов в материальных средах. Уравнения Максвелла в средах	Исходные положения макроэлектродинамики. Уравнения Максвелла в средах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.9	Постоянное электрическое и магнитное поле в средах. Постоянный ток в средах	Электростатика проводников. Электростатика диэлектриков. Постоянный ток в средах. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца. Постоянное магнитное поле в средах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
1.10	Квазистационарные токи и	Уравнения Максвелла в квазистационарном случае.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a>

	поля	Квазистационарные токи в линейных проводниках.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">u/course/view.php?id=3975</a>
1.11	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия электрической проницаемости. Электромагнитные волны в диспергирующих средах. Основы специальной теории относительности.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Исходные положения электродинамики	Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Основные понятия и законы электродинамики.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.2	Математический аппарат электродинамики	Интегральное и дифференциальное исчисление векторов. Векторный анализ.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.3	Микроскопическая теория электромагнитных явлений в вакууме. Уравнения электромагнитного поля	Система уравнений Максвелла как результат обобщения экспериментальных факторов. Законы электромагнетизма. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойтинга. Единственность решения уравнений Максвелла.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.4	Постоянное электрическое поле в вакууме	Электростатическое поле в вакууме. Потенциал поля. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции. Энергия электростатического поля. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный момент. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.5	Постоянное магнитное поле в вакууме	Магнитостатическое поле в вакууме. Основные уравнения. Закон Био-Савара. Магнитный момент. Магнитная энергия постоянных токов в постоянном внешнем поле.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.6	Электромагнитные волны	Уравнения для потенциалов электромагнитного поля. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.7	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Запаздывающие потенциалы. Изучение электромагнитных волн. Интенсивность излучения электромагнитных волн. Электрическое дипольное излучение. Рассеяние электромагнитных волн свободными и связанными зарядами.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.8	Электродинамика зарядов и токов в материальных средах. Уравнения Максвелла в средах	Исходные положения макроэлектродинамики. Уравнения Максвелла в средах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.9	Постоянное электрическое и магнитное поле в средах. Постоянный ток в средах	Электростатика проводников. Электростатика диэлектриков. Постоянный ток в средах. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца. Постоянное магнитное поле в средах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.10	Квазистационарные токи и поля	Уравнения Максвелла в квазистационарном случае. Квазистационарные токи в линейных проводниках.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>
2.11	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия электрической проницаемости. Электромагнитные волны в диспергирующих средах. Основы специальной теории относительности.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Исходные положения электродинамики	4	0		2	6

2	Математический аппарат электродинамики	4	6		4	14
3	Микроскопическая теория электромагнитных явлений в вакууме. Уравнения электромагнитного поля	4	0		4	8
4	Постоянное электрическое поле в вакууме	4	4		4	12
5	Постоянное магнитное поле в вакууме	4	4		4	12
6	Электромагнитные волны	4	4		4	12
7	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	2	4		4	10
8	Электродинамика зарядов и токов в материальных средах. Уравнения Максвелла в средах	2	4		4	10
9	Постоянное электрическое и магнитное поле в средах. Постоянный ток в средах	2	4		4	10
10	Квазистационарные токи и поля	2	4		4	10
11	Электромагнитные волны в средах	2	0		2	4
	Итого:	34	34		40	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических (или лабораторных) заданий в объеме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины. Лекционные занятия формируют базу для практических (или лабораторных) занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических (лабораторных) занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов лекций, презентационным материалом (при наличии) и конспектов практических (лабораторных) занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы

определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Савельев, И. В. Основы теоретической физики : учебник для вузов / И. В. Савельев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 1 : Механика. Электродинамика — 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-9042-4 (том 1), 978-5-8114-0618-0 (общий). — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/183764">https://e.lanbook.com/book/183764</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. — 20-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 420 с. — ISBN 978-5-507-47570-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/392375">https://e.lanbook.com/book/392375</a>
2	Запругаев, С. А. Электродинамика / С. А. Запругаев. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. унта, 2005. — 535 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система "Лань": <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Запругаев, С. А. Электродинамика / С. А. Запругаев. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. унта, 2005. — 535 с.

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы ученические,

стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Аудитория для практических занятий: специализированная мебель, доска.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Разделы 1-11	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт с оценкой				Перечень вопросов к зачёту

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью контрольных работ.

#### Пример заданий для контрольных работ

##### Контрольная работа № 1

**Задание 1 (20 баллов).** Тонкое проволочное кольцо радиуса  $r = 100$  мм имеет электрический заряд  $q = 50$  мкКл. Каково будет приращение силы, растягивающей проволоку, если в центр кольца поместить точечный заряд  $q_0 = 7,0$  мкКл?

**Задание 2 (30 баллов).** Найти напряжённость электрического поля в центре шара радиуса  $R$ , объёмная плотность заряда которого  $\rho = ar$ , где  $a$  – постоянный вектор,  $r$  – радиус-вектор, проведённый из центра шара.

##### Контрольная работа № 2

**Задание 1 (20 баллов).** Металлический диск радиуса  $a = 25$  см вращают с постоянной угловой скоростью  $\omega = 130$  рад/с вокруг его оси. Найти разность потенциалов между центром и ободом диска, если внешнее магнитное поле отсутствует.

**Задание 2 (30 баллов).** На длинный прямой соленоид, имеющий диаметр сечения  $d = 5$  см и содержащий  $n = 20$  витков на один сантиметр длины, плотно надет круговой виток из медного провода сечением  $S = 1,0$  мм<sup>2</sup>. Найти ток в витке, если ток в обмотке соленоида увеличивают с постоянной скоростью  $I = 100$  А/с.

### Контрольная работа № 3

**Задание 1 (20 баллов).** Электрон начинает двигаться в однородном электрическом поле с напряжённостью  $E = 10$  кВ/см. Через сколько времени после начала движения кинетическая энергия электрона станет равной его энергии покоя?

**Задание 2 (30 баллов).** Частота генератора циклотрона  $\nu = 10$  МГц. Найти эффективное ускоряющее напряжение на дуантах этого циклотрона, при котором расстояние между соседними траекториями протонов с радиусом  $r = 0,5$  м не меньше, чем  $\Delta r = 1,0$  см.

#### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов к зачёту.

#### Перечень вопросов к зачёту

1. Место электромагнетизма в современной физической картине мира.
2. Основные понятия и законы электродинамики.
3. Интегральное и дифференциальное исчисление векторов.
4. Векторный анализ.
5. Система уравнений Максвелла как результат обобщения экспериментальных факторов.
6. Законы электромагнетизма.
7. Энергия электромагнитного поля.
8. Вектор Пойтинга.
9. Единственность решения уравнений Максвелла.
10. Электростатическое поле в вакууме.
11. Потенциал поля.
12. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции.
13. Энергия электростатического поля.
14. Поле на больших расстояниях от системы зарядов.
15. Дипольный момент.
16. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.
17. Магнитостатическое поле в вакууме.
18. Основные уравнения. Закон Био-Савара.
19. Магнитный момент.
20. Магнитная энергия постоянных токов в постоянном внешнем поле.
21. Уравнения для потенциалов электромагнитного поля.
22. Волновое уравнение.
23. Электромагнитные волны.
24. Плоские монохроматические волны.
25. Поляризация волны.



26. Запасывающие потенциалы.
27. Изучение электромагнитных волн.
28. Интенсивность излучения электромагнитных волн.
29. Электрическое дипольное излучение.
30. Рассеяние электромагнитных волн свободными и связанными зарядами.
31. Исходные положения макроэлектродинамики.
32. Уравнения Максвелла в средах.
33. Электростатика проводников.
34. Электростатика диэлектриков.
35. Постоянный ток в средах.
36. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца.
37. Постоянное магнитное поле в средах.
38. Уравнения Максвелла в квазистационарном случае.
39. Квазистационарные токи в линейных проводниках.
40. Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии.
41. Дисперсия электрической проницаемости.
42. Электромагнитные волны в диспергирующих средах.
43. Основы специальной теории относительности.

Для оценивания результатов обучения на зачёте с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), обучающийся свободно оперирует основными понятиями дисциплины, ориентируется в предметной области. Изложение материала не содержит ошибок, отличается последовательностью, грамотностью, логической стройностью.	Повышенный уровень	Отлично
Дан развёрнутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), обучающийся свободно оперирует основными понятиями дисциплины, ориентируется в предметной области. Материал изложен в целом последовательно и грамотно, отсутствуют грубые ошибки, однако имеются отдельные неточности в определениях, вычислениях, доказательствах, изложениях положений теории.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на поставленный вопрос (вопросы) содержит изложение только базового теоретического материала, имеются ошибки в определениях, вычислениях, доказательствах, формулировках положений теории. Нарушена логическая последовательность в изложении материала.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на поставленный вопрос (вопросы) отсутствует, либо содержит грубые ошибки в определениях, вычислениях, доказательствах, формулировках положений теории. Обучающийся не владеет основными понятиями дисциплины. Отсутствует логическая последовательность в изложении материала.	–	Неудовлетворительно