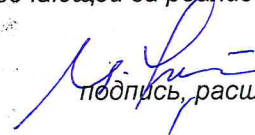


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
теоретической физики  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

 (Фролов М.В.)  
подпись, расшифровка подписи

.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.22 – Электродинамика

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

12.03.03 – фотоника и оптоинформатика

**2. Профиль подготовки/специализация:** "Фотоника и оптоинформатика"

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная (дневная)

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** 0802 - теоретической физики

**6. Составители программы:** Крыловецкая Татьяна Алексеевна

ФИО

к.ф.-м.н.

*ученая степень*

ученое звание

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета от 25.05.2023 г., протокол № 5  
*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(-ы):** 3

Цель дисциплины – ознакомить студентов с современными представлениями о законах электромагнитных явлений. Задачей – дать возможность студентам освоить математический аппарат классической электродинамики, приобрести навыки решения типичных задач электродинамики.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Входит в базовую часть Б1. Студент должен обладать знаниями по дисциплинам модулей «Общая физика» и «Математика».

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способность применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1	Умение применять знания естественных наук в инженерной практике	<p><b>знать:</b> основные понятия и законы классической электродинамика вакуума, сплошных сред и их релятивистскую формулировку.</p> <p><b>уметь:</b> использовать в профессиональной и научной деятельности математический аппарат классической электродинамики; применять полученные знания об электромагнитных явлениях для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач.</p> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b> методами решения характерных задач электродинамики</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.**

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – экзамен.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		3 семестр	...
Аудиторные занятия	68	68	
в том числе:	Лекции	34	34
	практические	34	34
	лабораторные		
Самостоятельная работа	40	40	
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	Экзамен - 36, Курс. работа	Экзамен - 36, Курс. работа	
Итого:	144	144	

### 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	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	Законы электромагнетизма как результат обобщения опытных данных. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.	-
1.2	Постоянное электрическое поле	Основные уравнения постоянного электрического поля. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный и квадрупольный моменты. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.	-
1.3	Постоянное магнитное поле	Уравнения постоянного магнитного поля. Закон Био–Савара–Лапласа. Магнитный момент. Магнитная энергия постоянных токов. Коэффициенты индуктивности. Токи в квазиоднородном магнитном поле. Силы в постоянном магнитном поле.	-
1.4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Уравнения для электромагнитных потенциалов. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны. Запаздывающие потенциалы. Общая теория излучения. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения. Торможение излучением. Спектральное разложение излучения. Рассеяние электромагнитных волн.	-
1.5	Система уравнений Максвелла в средах	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и намагничивающихся средах.	-
1.6	Постоянные электрическое и магнитное поля в средах. Постоянный ток в средах	Электростатика проводников. Электростатика диэлектриков. Постоянный ток в проводящих средах. Постоянное магнитное поле в средах.	-
1.7	Квазистационарные токи и поля	Квазистационарное приближение. Система линейных проводников. Скин-эффект.	-
1.8	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Отражение и преломление.	-

2. Практические занятия			
2.1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	Законы электромагнетизма как результат обобщения опытных данных. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.	-
2.2	Постоянное электрическое поле	Основные уравнения постоянного электрического поля. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный и квадрупольный моменты. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.	-
2.3	Постоянное магнитное поле	Уравнения постоянного магнитного поля. Закон Био–Савара–Лапласа. Магнитный момент. Магнитная энергия постоянных токов. Коэффициенты индуктивности. Токи в квазиоднородном магнитном поле. Силы в постоянном магнитном поле.	-
2.4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Уравнения для электромагнитных потенциалов. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны. Западающие потенциалы. Общая теория излучения. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения. Торможение излучением. Спектральное разложение излучения. Рассеяние электромагнитных волн.	-
2.5	Система уравнений Максвелла в средах	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и намагничивающихся средах.	-
2.6	Постоянные электрическое и магнитное поля в средах. Постоянный ток в средах	Электростатика проводников. Электростатика диэлектриков. Постоянный ток в проводящих средах. Постоянное магнитное поле в средах.	-
2.7	Квазистационарные токи и поля	Квазистационарное приближение. Система линейных проводников. Скин-эффект.	-
2.8	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Отражение и преломление.	-

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	4	4		4	12
2	Постоянное электрическое поле	4	4		6	14
3	Постоянное магнитное поле	4	4		6	14
4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	6	6		6	18
5	Система уравнений Максвелла в средах	4	4		4	12

6	Постоянные электрическое и магнитное поля в средах. Постоянный ток в средах	4	4		6	14
7	Квазистационарные токи и поля	4	4		4	12
8	Электромагнитные волны в средах	4	4		4	12
	Итого:	34	34		40	108

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Необходимо готовиться к лабораторному занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания, не пропускать текущие тестирования по пройденному теоретическому и практическому материалу.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернета, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Бредов, М. М. Классическая электродинамика : учебное пособие / М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 5-8114-0511-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210194">https://e.lanbook.com/book/210194</a> (дата обращения: 28.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности : учебное пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. — 4-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-0921-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210440">https://e.lanbook.com/book/210440</a> (дата обращения: 28.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

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

№ п/п	Ресурс
3	<a href="http://www.lib.vsu.ru/">http://www.lib.vsu.ru/</a>
4	<a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/">https://biblioclub.lib.vsu.ru/</a>
5	<a href="https://lanbook.lib.vsu.ru/">https://lanbook.lib.vsu.ru/</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Крыловецкая Т.А. Задачи по электродинамике. Ч.1. Стационарные электромагнитные поля. Пособие к практическим занятиям./ сост. Т.А. Крыловецкая, В.Д. Овсянников. -- Воронеж: ИПЦ ВГУ,, 2015. -- 42 с.
2	Крыловецкая Т.А. Задачи по электродинамике. Ч.2. Переменные электромагнитные поля / сост. Т.А. Крыловецкая, В.Д. Овсянников , А.В. Флегель . Воронеж, Воронеж. гос. ун-т, 2015. – 55 с.
3	Крыловецкая Т.А. Практический курс электродинамики/ Т.А. Крыловецкая, В.Д. Овсянников. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2019. – 102 с.

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

Курс на сайте Электронный университет ВГУ <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4592>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, электронные средства презентации.

**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)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Разделы 1.1 – 1.8, 2.1 – 2.8	ОПК - 1	ОПК – 1.1	контрольная работа 1, контрольная работа 2, контрольная работа 3
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Список вопросов к экзамену

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

**20.1. Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

**Контрольная работа 1,2,3**

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

**Пример варианта контрольной работы 1**

1. Показать, что  $\operatorname{div} \operatorname{rot} \mathbf{A}(\mathbf{r}) = 0$ ;  $\operatorname{rot} \operatorname{grad} f(\mathbf{r}) = 0$ .
2. Доказать, что  $\operatorname{div} \mathbf{r} = 3$ ;  $\operatorname{rot} \mathbf{r} = 0$ ;  $\operatorname{div}(\varphi(\mathbf{r})\mathbf{r}) = 3\varphi(\mathbf{r}) + r d\varphi/dr$ .

3. Найти распределение напряженности электрического поля равномерно заряженного по объему цилиндра.

### Пример варианта контрольной работы 2

1. Найти распределение напряженности электрического поля точечного заряда, находящегося на расстоянии  $d$  от центра заземленной проводящей сферы радиуса  $R < d$ .
2. Найти поверхностную плотность заряда и электродипольный момент проводящей сферы в однородном электрическом поле.
3. Рассчитать емкость плоского конденсатора.

### Пример варианта контрольной работы 3

1. Определить магнитное поле бесконечного цилиндрического проводника с током.
2. Определить магнитное поле на оси, перпендикулярной плоскости кольца с током.
3. Рассчитать магнитный момент равномерно заряженного шара, вращающегося вокруг своей оси.

#### Описание технологии проведения

На решение заданий контрольной работы выделяется 2 академических часа. При решении задач студент может пользоваться заранее подготовленными методическими материалами.

#### Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Оценка «отлично»: *Подробные и безошибочные решения всех задач, допускаются незначительные вычислительные неточности.*

Оценка «хорошо»: *Подробные решения всех задач, выбор правильного хода решения для всех задач, допускаются вычислительные неточности, а также неполное выполнение отдельных заданий.*

Оценка «удовлетворительно»: *решение отдельных задач, допускаются незначительные неточности в выборе метода и хода решения задачи.*

Оценка «неудовлетворительно» *отсутствие правильно решенных задач, использование ошибочных методов и приемов для решения поставленных задач.*

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Список вопросов для проведения экзамена

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

1. Законы электромагнетизма как следствие экспериментальных данных.
2. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме.
3. Энергия электромагнитного поля.
4. Импульс электромагнитного поля.
5. Основные уравнения постоянного электрического поля.
6. Энергия электростатического поля.
7. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный и квадрупольный моменты.
8. Система зарядов в квазиоднородном внешнем поле.
9. Постоянное магнитное поле.

10. Магнитный момент.
11. Магнитная энергия постоянных токов. Коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции.
12. Токи в квазиоднородном магнитном поле.
13. Уравнения для электромагнитных потенциалов.
14. Электромагнитные волны.
15. Плоские монохроматические волны.
16. Запаздывающие потенциалы.
17. Дипольное излучение.
18. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучения.
19. Спектральное разложение излучения.
20. Торможение излучением.
21. Рассеяние электромагнитных волн.
22. Система уравнений Максвелла в средах.
23. Электростатика проводников.
24. Электростатика диэлектриков.
25. Постоянный ток в проводящих средах.
26. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект.
27. Постоянное магнитное поле в средах
28. Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии
29. Теорема Пойнтинга и единственность решения уравнений Максвелла. Плоские волны в диэлектрике.
30. Отражение и преломление плоских волн на границе двух сред.

### **Описание технологии проведения**

Экзамен проходит в устной форме. Студенту предлагается 2 вопроса из полного списка вопросов, на которые он должен дать развернутый ответ в течение одного академического часа. В случае, если студент имеет оценку «неудовлетворительно» по одной из контрольных работ текущей аттестации, ему также предлагается одна из задач из соответствующей контрольной работы.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

*«Отлично»: Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом, умение решать практические задачи*

*«Хорошо»: Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала, умение решать практические задачи*

*«Удовлетворительно»: Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала, низкие навыки решения практических задач*

*«Неудовлетворительно»: плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов, отсутствие навыков решения практических задач*