

Минобрнауки России

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кургалин Сергей Дмитриевич

Кафедра цифровых технологий

28.02.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.31 Электродинамика

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Встраиваемые вычислительные системы и интернет вещей, Информационные системы в телекоммуникациях, Информационные системы и сетевые технологии, Информационные системы и технологии в управлении предприятием, Обработка информации и машинное обучение, Программная инженерия в информационных системах, Информационные технологии в цифровом дизайне

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра цифровых технологий

6. Составители программы:

Запрягаев Сергей Александрович, д. ф.-м. н., профессор

7. Рекомендована: протокол НМС №3 от 25.02.2022

8. Учебный год:

2024-2025

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:

Электродинамика входит в цикл профессиональных дисциплин в обязательной части блока Б1. При изложении курса используются сведения из таких дисциплин, как “Алгебра и геометрия”, “Математический анализ”, “Механика и оптика”, “Уравнения математической физики

и специальные функции”.

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.1 Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	Знать: теоретические основы описания электромагнитного поля; способы их применения уравнений электродинамики; принципы проектирования электрических цепей.
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Уметь: решать фундаментальные электродинамические задачи; эффективно применять теорию излучений и передачи электромагнитного поля направляющими устройствами.
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.3 Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеть: навыками практического применения математического аппарата описания свойств электромагнитного поля.
ОПК-8 Способен применять математические модели, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем.	ОПК-8.2 Умеет применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем	Уметь: решать фундаментальные электродинамические задачи; эффективно применять теорию излучений и передачи электромагнитного поля направляющими устройствами.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

4/144

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 5	Всего
Аудиторные занятия	68	68
Лекционные занятия	34	34
Практические занятия	34	34
Лабораторные занятия		0
Самостоятельная работа	40	40
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	36	36
Часы на контроль	36	36
Всего	144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Исходные положения электродинамики	Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Основные понятия и законы электродинамики.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975
2	Математический аппарат электродинамики	Интегральное и дифференциальное исчисление векторов. Векторный анализ.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
6	Электромагнитные волны	Уравнения для потенциалов электромагнитного поля. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК

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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
8	Электродинамика зарядов и токов в материальных средах. Уравнения Максвелла в средах	Исходные положения макроэлектродинамики. Уравнения Максвелла в средах.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
10	Квазистационарные токи и поля	Уравнения Максвелла в квазистационарном случае. Квазистационарные токи в линейных проводниках.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11162 , https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10054
п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК

11	Электромагнитные волны в средах	<p>Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия электрической проницаемости. Электромагнитные волны в диспергирующих средах. Основы специальной теории относительности.</p>	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3975
----	---------------------------------	--	---

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	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
№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
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
		34	34	0	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 выполнения практических и лабораторных заданий в объеме, предусмотренном учебным планом.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также 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 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

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Аплеснин, С. С. Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты [Электронный ресурс] / Аплеснин С. С., Чернышова Л. И. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2016 .— 576 с. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87725 >
2	Савельев, И. В. Основы теоретической физики. Т. 1: Механика. Электродинамика : учебник. Т. 1 / Савельев И. В. — 5-е изд., стер. — 2018 .— 496 с. — <URL: https://e.lanbook.com/book/104956 >

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Алтунин, К. К. Электродинамика, специальная теория относительности и электродинамика сплошных сред : учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин .— 2-е изд. — Москва : Директ-Медиа, 2014 .— 109 с. — ISBN 978-5-4475-0326-0 .— <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240549 >
2	Бредов, М. М. Классическая электродинамика [Электронный ресурс] / Бредов М. М., Румянцев В. В., Топтыгин И. Н. — 2-е, испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2003 .— 400 с. — Книга из коллекции Лань - Физика .— ISBN 5-8114-0511-1 .— <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=606 >
3	Запрягаев, С. А. Электродинамика / С. А. Запрягаев. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. унта, 2005. — 535 с.
4	Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие / И. Е. Иродов .— Москва : Лань, 2009 .— 416 с. : ил. — (Классическая учебная литература по физике) (Классические задачки и практикумы, Физика) . — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4875 >
5	Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / И. Е. Иродов. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. — 320 с.
6	Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М. : Физматлит, 2003. — 530 с.
7	Ландау, Л. Д. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М. : Физматлит, 2003. — 651 с.
8	Черноуцан, А. И. Краткий курс физики / А. И. Черноуцан. - М. : Физматлит, 2002. — 319 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Электронная библиотека ВГУ https://lib.vsu.ru
2	Электронный университет ВГУ https://edu.vsu.ru
3	ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/
4	«Университетская библиотека online» https://biblioclub.ru/

5	«Консультант студента» http://www.studmedlib.ru/
6	«РУКОНТ» (ИТС Контекстум) https://lib.rucont.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Аплеснин, С. С. Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты [Электронный ресурс] / Аплеснин С. С., Чернышова Л. И. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 576 с. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87725 >
2	Запрягаев, С. А. Электродинамика / С. А. Запрягаев. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. унта, 2005. — 535 с.
3	Савельев, И. В. Основы теоретической физики. Т. 1: Механика. Электродинамика : учебник. Т. 1 / Савельев И. В. — 5-е изд., стер. — 2018. — 496 с. — <URL: https://e.lanbook.com/book/104956 >

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; специализированная мебель: доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве. ОС Windows v.7, 8, 10, набор утилит (архиваторы, файл-менеджеры), LibreOffice v.5-7, Foxit PDF Reader.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Разделы 1-11	ОПК-1	ОПК-1.1	Контрольная работа
2	Разделы 2-11	ОПК-1	ОПК-1.2	Контрольная работа
№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
3	Разделы 2-11	ОПК-1	ОПК-1.3	Контрольная работа
4	Разделы 2-11	ОПК-8	ОПК-8.2	Контрольная работа

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольная работа.

Примеры заданий для контрольных работ:

Контрольная работа № 1

Вариант № 1

Задание 1. (10 баллов) Вычислите $\operatorname{div} \mathbf{a}$ и $\operatorname{rot} \mathbf{a}$ в точке $M(-2, 2, 0)$, если $\mathbf{a} = 3x\mathbf{i} + 5y^2\mathbf{j} + 7xz\mathbf{k}$. **Задание 2. (10 баллов)** Упростите выражение $\operatorname{grad} |[\mathbf{a}, \mathbf{r}]|^2$, где $\mathbf{a} = \text{const}$, \mathbf{r} - радиус-вектор.

Задание 3. (15 баллов) Вычислите $\operatorname{grad} u$, если $u = (\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{r})$, где $\mathbf{a}, \mathbf{b} = \text{const}$, \mathbf{r} - радиус-вектор.

Задание 4. (15 баллов) Найдите циркуляцию векторного поля $\mathbf{a}(\mathbf{r}) = -y\mathbf{i} + x\mathbf{j} + 10z\mathbf{k}$ вдоль окружности $x^2 + y^2 = 1, z = 0$. Обход контура производится в положительном направлении.

Описание технологии проведения: контрольная работа проводится в письменной форме и состоит из четырех заданий, примеры которых указаны выше. На ее выполнение дается 2 академических часа.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания): за успешное выполнение задания выставляется оценка, указанная выше. Максимальная оценка за решение задачи ставится, если работа содержит полное, логически обоснованное и аккуратно оформленное решение, сопровождающееся всеми необходимыми расчетами. При наличии ошибок и недочетов, в зависимости от того, насколько они повлияли на ход решения, оценка снижается. Если учащийся допускает грубые ошибки, демонстрируя тем самым непонимание сути проблемы и незнание базового материала, то ставится оценка 0 баллов.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: комплект КИМ.

Перечень вопросов к экзамену:

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. Запаздывающие 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.

Примеры типовых контрольно-измерительных материалов:

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Энергия электростатического поля.
2. Уравнения Максвелла в средах.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции.
2. Поляризация волны.

Описание технологии проведения :о б у ч а ю щ е м у с я с л у ч а й н ы м образом дается один из экзаменационных билетов. Затем на подготовку предоставляется 3 академических часа. За отведенное время обучающийся должен письменно выполнить задания билета. После этого проводится собеседование, в ходе которого могут быть заданы уточняющие и дополнительные вопросы. При успешном ответе на дополнительные вопросы обучающийся может получить от 0 до 10 дополнительных баллов.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания: максимальная оценка за каждое задание - 25 баллов. Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели.

- 1) знание основных понятий электродинамики и ее методов, которые используются для построения моделей и конструирования алгоритмов решения практических задач;
- 2) знание постановки классических задач;
- 3) знание методов формулировки и доказательства математических утверждений;

- 4) умение применять методы электродинамики для решения задач профессиональной деятельности;
- 5) умение применять аппарат электродинамики для доказательства утверждений и теорем;
- 6) владение навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов для решения практических задач решения;
- 7) владение навыками использования методов решения классических задач электродинамики для решения различных естественнонаучных задач.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала:

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Критерии оценивания	Шкала оценок
Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 90–100.	<i>Отлично</i>
Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 70–89.	<i>Хорошо</i>
Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами лежит в диапазоне 50–69.	<i>Удовлетворительно</i>
Средний балл по результатам текущих аттестаций в сумме с оценкой за экзаменационную работу и дополнительными баллами меньше 50.	<i>Неудовлетворительно</i>