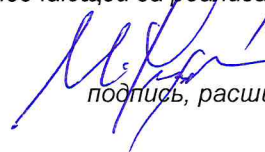


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
теоретической физики
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

 (Фролов М.В.)
подпись, расшифровка подписи

02.07.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.11.02 – Электродинамика

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.03 – Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

"Компьютерные технологии передачи информации", "Компьютерная электроника",
"Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

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

6. Составители программы: Овсянников Виталий Дмитриевич

ФИО

д.ф.-м.н.

профессор

ученая степень

ученое звание

ovd@phys.vsu.ru

физический

e-mail

факультет

теоретической физики

кафедра

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 27.06.2018 г. протокол № 6
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2020-2021

Семестр(-ы): 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

дисциплина является частью модуля «Теоретическая физика», целью которого является подготовка бакалавров, умеющих грамотно решать практические и теоретические задачи, возникающие, в том числе, и на стыке различных научных направлений. Цель данной дисциплины – дать студентам глубокое понимание закономерностей электромагнитных явлений, научить применять вычислительные методы электродинамики для решения различных прикладных задач, в том числе возникающих в процессе специализированного обучения и при проведении научных исследований в радиофизике. Студент должен овладеть математическим аппаратом классической электродинамики, приобрести навыки практического применения основных уравнений и методов их решения в конкретных задачах и на этой основе получать ясное представление о физической природе электромагнитных явлений, иметь понятие о релятивистских явлениях, четкое представление о границах применимости классической теории и ее вычислительных методов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Входит в модуль Б1.Б.11 «Теоретическая физика» базовой части Б1.Б. Курс знакомит с современными теоретическими методами описания электромагнитных свойств различных систем, содержащих неподвижные и движущиеся заряженные частицы, и с теоретическими подходами к исследованию в них динамических процессов. Студент должен обладать знаниями по дисциплинам «Электричество и магнетизм» (Б1.Б.7.3) и «Колебания и волны, оптика» (Б1.Б.7.4) из модуля Б1.Б.7 «Общая физика», по всем дисциплинам модуля Б1.Б.9 «Математика», а также по дисциплине «Теоретическая механика» (Б1.Б.11.1) из модуля Б1.Б.11 «Теоретическая физика», владеть основными математическими приемами и методами.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	<p>способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;</p> <p>способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>
ОПК-2	способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	

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

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы

	Всего	Трудоемкость	
		По семестрам	
Аудиторные занятия	84	5	84
в том числе: лекции	34		34
Практические Лабораторные	50		50
Самостоятельная работа	96		96
форма промежуточной аттестации	<i>экзамен</i>		<i>экзамен</i>
Итого:	180		180

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Дифференциальные характеристики скалярных и векторных полей	Введение. Заряженные частицы и электромагнитные поля. Графическое представление скалярного и векторного полей. Дифференциальные характеристики скалярных и векторных полей. Решение уравнения Пуассона. Построение поля по дифференциальным характеристикам
1.2	Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме	Закон Кулона и электрическое поле. Электростатический потенциал. Теорема Гаусса. Дифференциальные уравнения электростатического поля. Уравнение непрерывности заряда. Постоянное магнитное поле. Скачок поля на заряженной и токонесущей поверхности. Нестационарные электромагнитные поля. Закон Фарадея. Ток смещения. Система уравнений Максвелла. Потенциалы поля. Калибровочная инвариантность. Законы сохранения энергии и импульса для системы «заряженные частицы + электромагнитное поле»
1.3	Электромагнитные поля неподвижных и движущихся зарядов	Мультипольное разложение поля неподвижных зарядов. Энергия электростатического взаимодействия. Квазистационарное электромагнитное поле. Магнитный момент замкнутого тока. Энергия магнитного поля и магнитное взаимодействие токов. Поле произвольно движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы
1.4	Теория излучения	Поле дипольного излучателя. Дипольное излучение простейших систем. Электроквадрупольное и магнитодипольное излучение. Поле на близких расстояниях. Реакция излучения. Спектр излучения и естественная ширина излучаемых линий.
1.5	Рассеяние и поглощение электромагнитных волн	Плоские электромагнитные волны. Вектор поляризации плоской волны. Рассеяние электромагнитных волн. Поляризуемость системы связанных зарядов. Силы осцилляторов. Поглощение электромагнитного излучения
2. Практические занятия		
2.1	Скалярные и векторные поля	Дифференциальные операции и дифференциальные характеристики скалярных и векторных полей. Теорема Гаусса-Остроградского. Теорема

		Стокса.
2.2	Поле статических зарядов.	Теорема Гаусса. Дифференциальные уравнения электростатического поля. Поверхностные заряды и уравнения поля на заряженной поверхности. Решение уравнений Лапласа и Пуассона.
2.3	Поле в присутствии проводника.	Метод изображений.
2.4	Дифференциальные уравнения электростатики	Решение уравнений Лапласа и Пуассона
2.5	Магнитостатика	Магнитное поле электрического тока. Уравнение непрерывности заряда. Магнитный момент замкнутого тока.
2.6	Переменные поля	Вихревое электрическое поле. Запаздывающие потенциалы.
2.7	Запаздывающие потенциалы.	Дипольное излучение. Радиационное трение.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Дифференциальные характеристики скалярных и векторных полей	4	6		10	20
2	Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме	6	9		18	33
3	Электромагнитные поля неподвижных и движущихся зарядов	8	10		18	36
4	Теория излучения	8	15		28	51
5	Рассеяние и поглощение электромагнитных волн	8	10		22	40
	Итого	34	50		96	180

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 после каждой лекции по ее теме разбирать и осваивать лекционный материал, для его лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к практическому занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания в виде решения практических задач, 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	Ландау Л.Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. --М.: Физматлит, 2003. -- Т.2: Теория поля. -- 533 с.
2	Ландау Л.Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2003. -- Т.8: Электродинамика сплошных сред. -- 651 с.
3	Тамм И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – М. : Наука, 2003. -- 615 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Бредов М.М. Классическая электродинамика / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. -- СПб. : Лань, 2003. -- 398 с.
5	Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. -- М.: Наука, 2002. -- 639 с.
6	Терлецкий Я.П. Электродинамика / Я.П. Терлецкий, Ю.П. Рыбаков. -- М.: Высш. шк., 1990. -- 351 с.
7	Джексон Дж. Д. Классическая электродинамика./ Дж. Д. Джексон. – М.: Мир, 1965. - 850 с.
8	Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике./ А.И. Алексеев. – М.: Наука, 1977. – 317 с.
9	Сборник задач по теоретической физике / Л.Г. Гречко, В.И. Сузаков, О.Ф. Томасевич и др. -- М.: Высш. шк., 1984. -- 319 с.

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

№ п/п	Источник
10	http://www.lib.vsu.ru/ elib/texts/method/vsu/

* 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	Овсянников В.Д. Электродинамика зарядов и токов в вакууме : учебное пособие для вузов, Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2014 .— Ч. 1. - 95 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-153.pdf >
2	Овсянников В.Д. Релятивистская электродинамика. Электродинамика сплошных сред : учебное пособие для вузов / В.Д. Овсянников .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2016 .— Ч. 2. - 83 с.
3	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.
4	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.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

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

19. Фонд оценочных средств:**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности способность самостоятельно	Знать: основные положения и методы лекэродинамики	Разделы 1.1-1.11	Текущая аттестация №1 (собеседование)
	Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах электромагнитных явлений и методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач	Разделы 1.4-1.6, 1.10	Текущая аттестация №2 (собеседование)
	Владеть: практическими методами исследования электромагнитных явлений и применять их на практике при решении профессиональных задач	Разделы 3.1-3.11	Практическое задание
ОПК-2 приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии			
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Необходимо знать основные положения электродинамики, уметь записать с учетом физических свойств системы уравнения Максвелла и владеть методами их решения, уметь рассчитывать характеристики электромагнитных полей от различных источников, иметь представление о способах релятивистского описания электромагнитных процессов.

Критерии оценок:

Отлично – четкое знание и ясное понимание основных принципов, законов и уравнений электродинамики, умение объяснять закономерности физических явлений и их взаимосвязь. Ответ иллюстрируется соответствующими примерами.

Хорошо – уверенное и точное изложение основных категорий и понятий, основных принципов и закономерностей предмета. При этом не допускаются существенные искажения в толковании терминов.

Удовлетворительно – не четкое знание основных закономерностей и связей между электродинамическими понятиями, умение сформулировать основные теоремы и уравнения электродинамики, но неудовлетворительные ответы на один из основных и некоторые из дополнительных вопросов.

Неудовлетворительно – неправильная формулировка законов электродинамики, непонимание и неумение истолковать основные ее уравнения, неудовлетворительные ответы на большинство поставленных вопросов.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом	Повышенный уровень	Отлично
Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала	Базовый уровень	Хорошо
Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов	–	Неудовлетворительно

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Построение векторного поля по дивергенции и ротору.
2. Решение уравнения Пуассона.
3. Электрическое поле неподвижных зарядов.
4. Теорема Гаусса.
5. Электрический ток и уравнение непрерывности заряда.
6. Магнитное поле постоянного тока.
7. Закон электромагнитной индукции. Переменное электромагнитное поле.
8. Система уравнений Максвелла.
9. Потенциалы электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность.
10. Вектор Пойнтинга и закон сохранения энергии.
11. Закон сохранения импульса в электромагнитном поле.
12. Электромultipольные моменты системы зарядов.
13. Энергия электростатической системы. Теорема Ирншоу.
14. Квазистационарное электромагнитное поле. Закон Био-Савара.
15. Магнитный момент замкнутого тока.
16. Волновое уравнение. Запаздывающие потенциалы.

17. Потенциалы поля дипольного излучателя.
18. Поле вдали от дипольного излучателя.
19. Дипольное излучение простейших систем.
20. Магнитодипольное и электроквадрупольное излучение.
21. Поле переменной системы зарядов на близких расстояниях.
22. Вектор Герца и вектор поляризации для протяженных излучателей.
23. Реакция излучения.
24. Ширина излучаемых линий.
25. Плоские электромагнитные волны. Поляризация плоской волны.
26. Рассеяние электромагнитных волн заряженными частицами.
27. Поглощение излучения. Силы осцилляторов и поляризуемость системы.

19.3.2 Перечень практических заданий

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 шара.
4. Найти распределение напряженности электрического поля равномерно заряженного по объему цилиндра.
5. Найти распределение напряженности электрического поля точечного заряда, находящегося на расстоянии d от бесконечной проводящей плоскости.
6. Найти распределение напряженности электрического поля точечного заряда, находящегося на расстоянии d от центра заземленной проводящей сферы радиуса $R < d$.
7. Поверхностную плотность заряда и электродипольный момент сферы в однородном электрическом поле.
8. Определить электростатическую энергию равномерно заряженного шара.
9. Рассчитать емкость плоского конденсатора.
10. Рассчитать емкость сферического конденсатора.
11. Рассчитать емкость цилиндрического конденсатора.
12. Определить магнитное поле бесконечного цилиндрического проводника с током.
13. Определить магнитный момент проводящего кольца с током.
14. Определить магнитное поле на оси, перпендикулярной плоскости кольца с током.
15. Рассчитать магнитный момент равномерно заряженного шара, вращающегося вокруг своей оси.
16. Рассчитать магнитный момент равномерно заряженного диска, вращающегося вокруг оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости.
17. Определить угловую скорость вращения однородно заряженного шара, приобретаемую под действием включающегося при $t=0$ однородного магнитного поля $\mathbf{H}(t)$.

19.3.3 Тестовые задания

1. Записать выражение для плотности источников (дивергенции) векторного поля, исходя из теоремы Гаусса-Остроградского.
2. Записать выражение для плотности вихрей (ротора) векторного поля, исходя из теоремы Стокса.
3. Записать уравнение Пуассона и его решение.
4. Записать выражение для векторного поля через плотности его источников и вихрей.
5. Записать электростатическую теорему Гаусса в интегральной и дифференциальной форме.
6. Записать закон Ампера в интегральной и дифференциальной форме.
7. Записать закон Фарадея в интегральной и дифференциальной форме.
8. Уравнения для стационарных электрического и магнитного полей.
9. Записать уравнения Максвелла для электромагнитного поля в вакууме.

10. Выразить векторы напряженности электрического и магнитного полей через потенциалы электромагнитного поля.
11. Записать выражения для вектора Пойнтинга, плотности энергии электромагнитного поля и теоремы Пойнтинга (закон сохранения энергии) в вакууме.
12. Сформулировать закон сохранения импульса и записать выражение для плотности импульса электромагнитного поля в вакууме.
13. Записать условие лоренцевской калибровки и уравнения Даламбера для потенциалов электромагнитного поля.
14. Записать выражения для дипольного и квадрупольного моментов электрической системы зарядов.
15. Записать закон Био-Савара и общее выражение для напряженности магнитного поля.
16. Записать выражение для магнитного момента и магнитного поля замкнутого тока на больших расстояниях.
17. Записать выражения для запаздывающих потенциалов электромагнитного поля.
18. Потенциалы электродипольного излучателя.
19. Напряженности электрического и магнитного полей электродипольного излучателя.
20. Сила лоренцевского трения и пределы применимости классической электродинамики.
21. Время жизни классических моделей атома.
22. Плоская электромагнитная волна.
23. Сечение рассеяния электромагнитного излучения связанными и свободными зарядами: высокочастотное (Томсоновское), низкочастотное (Релеевское) и резонансное рассеяние.

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): **устного опроса (индивидуальный опрос); письменных работ (контрольные); тестирования**. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень умения решать практические задачи. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.