

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
теоретической физики

 (Фролов М.В.)
02.07.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.07.02 – Электродинамика

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 – физика

2. Профиль подготовки/специализация: "Ядерная и медицинская физика", "Физика лазерных и спектральных технологий", "Физика твердого тела"

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

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

6. Составители программы: Флегель Александр Валерьевич

ФИО

к.ф.-м.н.

ученая степень

flegel@cs.vsu.ru

e-mail

теоретической физики

Кафедра

ученое звание

физический

факультет

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): 5-6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Изучить законы электромагнитных явлений, освоить математический аппарат классической электродинамики, приобрести навыки решения характерных задач электродинамики.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Входит в модуль Б1.Б.7 «Теоретическая физика» базовой части Б1.Б. Студент должен обладать знаниями по дисциплинам модулей Б1.Б.5 «Общая физика», Б1.Б.7.1 «Теоретическая механика» и Б1.Б.4 «Математика».

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 использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	<p>знать: основные понятия и законы классической электродинамика вакуума, сплошных сред и их релятивистскую формулировку.</p> <p>уметь: 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>владеть (иметь навык(и)): методами решения характерных задач электродинамики</p>
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах (в соответствии с учебным планом) — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость	
		По семестрам

	Всего	5	6	...
Аудиторные занятия	140	72	64	
в том числе:				
лекции	72	36	32	
практические	72	36	32	
лабораторные				
самостоятельная работа	76	36	44	
контроль	36		36	
Форма промежуточной аттестации (зачет – 13.5 час. / экзамен – 18.9 час.)	экзамен	зачет	экзамен	
Итого:	252	108	144	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
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. Запоздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара- Вихерта. Общая теория излучения. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения. Торможение излучением. Спектральное разложение излучения. Рассеяние электромагнитных волн.
1.5	Специальная теория относительности	Электродинамика в релятивистской формулировке. Принципы специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Импульс и энергия свободной частицы. Формула Эйнштейна. Четырехмерный формализм. Примеры 4-векторов. 4-вектор тока и 4-потенциал электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Эффект Доплера. Уравнения Максвелла в ковариантной форме. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Уравнение движения заряда в ковариантной форме.
1.6	Система уравнений	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и

	Максвелла в средах	намагничивающихся средах.
1.7	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.
1.8	Квазистационарные токи и поля	Квазистационарное приближение. Система линейных проводников. Скин-эффект.
1.9	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Отражение и преломление. Распространение волн в неоднородной среде.
2. Практические занятия 3. Лабораторные работы		
3.1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	Законы электромагнетизма. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.
3.2	Постоянное электрическое поле	Теорема Остроградского-Гаусса. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный и квадрупольный моменты.
3.3	Постоянное магнитное поле	Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитный момент. Магнитная энергия постоянных токов. Коэффициенты индуктивности. Токи в квазиоднородном магнитном поле. Силы в постоянном магнитном поле.
3.4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Плоские монохроматические волны. Поляризация волны. Запаздывающие потенциалы. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения. Торможение излучением. Спектральное разложение излучения. Рассеяние электромагнитных волн.
3.5	Специальная теория относительности	Преобразования Лоренца. Импульс и энергия свободной частицы. Формула Эйнштейна. 4-вектор тока и 4-потенциал электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Эффект Доплера. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
3.6	Система уравнений Максвелла в средах	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и намагничивающихся средах.
3.7	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.
3.8	Квазистационарные токи и поля	Система линейных проводников. Скин-эффект.
3.9	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела	Виды занятий (часов)
---	----------------------	----------------------

п/п	дисциплины	Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоят. работа	Контроль	Всего
1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	6	6		6	3	21
2	Постоянное электрическое поле	6	14		16	8	46
3	Постоянное магнитное поле	6	14		14	7	41
4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	18	18		18	9	63
5	Специальная теория относительности	16	8		10	4	36
6	Система уравнений Максвелла в средах	2	2		4	1	7
7	Постоянные электрическое и магнитное поля в средах. Постоянный ток в средах	6	2		4	2	14
8	Квазистационарные токи и поля	4	2		4	1	9
9	Электромагнитные волны в средах	6	2		4	1	11

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	Алтунин К.К. <i>Электродинамика, специальная теория относительности и электродинамика сплошных сред</i> / К.К. Алтунин. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 109 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=240549
2	Алексеев А.И. <i>Сборник задач по классической электродинамике</i> / А.И. Алексеев. – СПб.: Лань, 2008. – 320 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL : https://e.lanbook.com/book/100#book_name

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Бредов М.М. <i>Классическая электродинамика</i> / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. – СПб.: Лань, 2003. – 398 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL : http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=606 .

2	Ландау Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2003. – 530 с.
3	Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2003. – 651 с.
4	Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. — Москва : Лань, 2010. — 480 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=544
5	Терлецкий Я.П. Электродинамика / Я.П. Терлецкий, Ю.П. Рыбаков. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
6	Запругаев С.А. Электродинамика / С.А. Запругаев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 536 с.
7	Тамм И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – М.: Наука, 1976. – 620 с.
8	Мармо С.И. Лекции по электродинамике. Часть 1 / С.И. Мармо, А.В. Флегель, М.В. Фролов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 102 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-03.pdf
9	Мармо С.И. Лекции по электродинамике. Часть 2 / С.И. Мармо, А.В. Флегель, М.В. Фролов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 114 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-04.pdf .
10	Мармо С.И. Задачи по электродинамике. Часть 1 / С.И. Мармо, М.В. Фролов. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2014. – 63 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-87.pdf
11	Мармо С.И. Задачи по электродинамике. Часть 1 / С.И. Мармо, М.В. Фролов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. – 53с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-113.pdf

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

№ п/п	Ресурс
12	http://www.lib.vsu.ru/
13	https://biblioclub.lib.vsu.ru/
14	https://lanbook.lib.vsu.ru/

* 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.)

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, 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 использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Знать: основные понятия и законы классической электродинамика вакуума, сплошных сред и их релятивистскую формулировку. Уметь: использовать в профессиональной и научной деятельности математический аппарат классической электродинамики; применять полученные знания об электромагнитных явлениях для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач. Владеть: методами решения характерных задач электродинамики	Разделы 1.1-1.2, 3.1-3.2	Текущая аттестация №1 (контрольная работа)
		Разделы 1.3, 3.3	Текущая аттестация №2 (контрольная работа)
		Разделы 1.4, 3.4	Текущая аттестация №3 (контрольная работа)
		Разделы 1.5, 3.5	Текущая аттестация №4 (контрольная работа)
		Разделы 1.6-1.9, 3.6-3.9	Практические задания
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач			
Промежуточная аттестация 1 (зачет)			КИМ
Промежуточная аттестация 2 (экзамен)			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

Студент должен усвоить понятия, законы и вычислительные методы классической электродинамики и иметь навыки их практического применения при решении конкретных задач.

Критерии оценок:

Отлично – полное знание теоретического материала, умение решать характерные задачи электродинамики.

Хорошо – знание основных результатов электродинамики, умение установить связи между ними и решать типовые задачи.

Удовлетворительно – знание основных понятий электродинамики и связей между ними, умение сформулировать и выразить математически основные законы электродинамики.

Неудовлетворительно – неправильная формулировка законов электродинамики, непонимание и неумение истолковать основные уравнения электродинамики.

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

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 зачету (КИМ):

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме (как перейти от неё к интегральной форме?).
2. Уравнения Максвелла в интегральной форме (как перейти от неё к дифференциальной форме?).
3. Плотность энергии и плотность потока энергии.
4. Уравнения Максвелла для постоянного электрического поля, связь напряженности \mathbf{E} и электростатического потенциала φ .
5. Уравнение Пуассона на потенциал φ и его решение (с рисунком!).
6. Потенциал и напряженность поля точечного заряда и системы точечных зарядов (с рисунком!).
7. Энергия взаимодействия двух (нескольких) точечных зарядов.
8. Потенциал и напряженность поля на больших расстояниях от системы неподвижных зарядов (без квадрупольного члена). Определение дипольного момента.
9. Энергия диполя в квазигомогенном внешнем поле, действующие на него сила и момент сил.
10. Уравнения Максвелла для постоянного магнитного поля. Векторный потенциал, неоднозначность определения векторного потенциала.
11. Уравнение Пуассона для векторного потенциала и его решение (с рисунком!).
12. Закон Био–Савара–Лапласа для объёмных и квазилинейных токов (с рисунком!).
13. Определение магнитного момента. Векторный потенциал и магнитная индукция на больших расстояниях.
14. Магнитный момент плоского контура с током. Магнитный момент точечных частиц.
15. Собственная энергия и энергия взаимодействия постоянных токов через коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции.

16. Потенциальная функция тока в квазиоднородном магнитном поле. Сила и момент сил, действующие на проводник с током.
17. Уравнения для электромагнитных потенциалов (неоднородные волновые уравнения), связь векторов поля и потенциалов поля, условие Лоренца.
18. Волновое уравнение (однородное). Напряженность электрического поля в плоской монохроматической волне.
19. Дифференциальная и полная интенсивности излучения в длинноволновом приближении.
20. Сечение рассеяния электромагнитной волны свободным электроном (формула Томсона)

Перечень вопросов к экзамену (КИМ):

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. Принципы СТО. Преобразования Лоренца
23. Следствия из преобразований Лоренца
24. Функция Лагранжа свободной релятивистской частицы
25. Импульс и энергия свободной частицы
26. Четырехмерные векторы и тензоры. Тензорный характер дифференциальных операций
27. Примеры 4-векторов. Преобразование Лоренца для импульса, энергии, силы.
28. Тензор электромагнитного поля
29. Преобразования Лоренца для поля, инварианты электромагнитного поля
30. Эффект Доплера
31. Уравнения Максвелла в ковариантной форме
32. Функция Лагранжа и функция Гамильтона заряда в электромагнитном поле
33. Уравнение движения заряда в электромагнитном поле
34. Система уравнений Максвелла в средах
35. Электростатика проводников
36. Электростатика диэлектриков
37. Постоянный ток в проводящих средах
38. Квазистационарное электромагнитное поле. Система линейных проводников
39. Скин-эффект.
40. Постоянное магнитное поле в средах
41. Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии
42. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Дисперсионные соотношения
43. Классическая модель диспергирующей среды
44. Электромагнитные волны в диспергирующих средах

19.3.2 Перечень практических заданий

1. В однородное электрическое поле напряженности E внесли металлическую пластину. Плоскость пластины перпендикулярна направлению электрического поля. Чему равна поверхностная плотность зарядов на разных сторонах пластины?
2. Точечный заряд q находится на расстоянии r от центра O незаряженного сферического проводящего слоя, внутренний и наружный радиус которого равны соответственно a и b . Найти потенциал в точке O , если $r < a$.
3. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Определить поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости, как функцию расстояния r от перпендикуляра, опущенного из заряда q на плоскость.
4. Тонкое проводящее кольцо радиуса R , имеющее заряд q , расположено параллельно проводящей безграничной плоскости на расстоянии l от нее. Найти 1) поверхностную плотность заряда, находящуюся в точке плоскости, расположенной симметрично относительно кольца; 2) потенциал электрического поля в центре кольца.
5. Найти потенциал проводящей незаряженной сферы, вне которой на расстоянии l от ее центра находится точечный заряд q .
6. Между пластинами коротко замкнутого плоского конденсатора находится металлическая пластина с зарядом q . Пластины переместили на расстояние l . Какой заряд прошел при этом по закорачивающему проводнику? Расстояние между пластинами конденсатора d .
7. Определить поле вокруг проводящего незаряженного шара радиусом R , находящегося во внешнем однородном электрическом поле E .
8. Пластина из диэлектрика помещена в однородное электрическое поле так, что её нормаль составляет угол α с напряженностью электрического поля E . Найти напряженность поля внутри пластины.
9. Точечный заряд q находится на плоскости, отделяющей вакуум от безграничного однородного диэлектрика. Найти модуль векторов D и E во всем пространстве.
10. Показать, что в однородном диэлектрике, внутри которого нет сторонних зарядов, объемная плотность связанных зарядов равна нулю.
11. Диэлектрический полый шар находится в однородном внешнем электрическом поле. Определить поле в полости шара.

19.3.3 Текущие аттестации №1 – №4 (контрольные работы)

Текущая аттестация № 1

1. Пространство заполнено зарядом, плотность которого меняется по закону $\rho = \rho(r)$ (конкретный вид $\rho(r)$ будет задан). Найти напряженность поля E как функцию r .
2. Электрический заряд q равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом a . В центре кольца помещен заряд $-q$. Найти а) потенциал и напряженность поля, создаваемого системой на оси кольца; б) потенциал на оси кольца на большом расстоянии от системы (каким мультипольным моментом определяется его величина?).
3. Окружность радиусом R заряжена с линейной плотностью $\lambda = \lambda_0 \sin \alpha$ (угол α отсчитывается от одного из радиусов окружности). Найти дипольный момент системы.
4. На оси Oz в точках с координатами $-a$ и $+a$ расположены заряды $+e$, а в начале координат - заряд $-2e$. Найти тензор квадрупольного момента системы. Записать потенциал поля на большом расстоянии от зарядов как функцию угла θ .

Текущая аттестация № 2

1. Внутри бесконечного цилиндра радиусом R параллельно оси течет ток с объемной плотностью $\mathbf{j} = \mathbf{j}(r)$ (r - расстояние до оси цилиндра). Найти индукцию магнитного поля внутри и снаружи цилиндра.
2. Прямой провод имеет виток радиусом R . По проводу течет ток J . Определить индукцию магнитного поля в центре витка и на его оси на расстоянии h от центра.
3. Равномерно заряженный плоский диск вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Радиус диска - a , полный заряд - Q . Найти индукцию магнитного поля, создаваемого диском на расстояниях $r \gg a$.
4. Заряд Q равномерно распределен по объему шара радиуса R . Одна половина шара вращается вокруг своей оси симметрии с постоянной угловой скоростью ω_1 а другая вращается с постоянной угловой скоростью ω_2 в противоположном направлении. Найти магнитную индукцию B в центре шара.

Текущая аттестация № 3

1. Частица с массой m и зарядом e движется в однородном магнитном поле B по окружности радиусом R . Найти энергию, теряемую на дипольное излучение за один оборот.
2. Прямоугольная рамка с постоянным линейным током J вращается вокруг своей диагонали с постоянной угловой скоростью ω . Площадь рамки равна S , а ее линейные размеры малы по сравнению с длиной излучаемой волны. Найти интенсивность dI излучения в телесный угол $d\Omega$ в среднем по времени за период вращения рамки.
3. Электрон влетает в плоский конденсатор и через некоторое время покидает его в той же точке. Напряженность E поля в конденсаторе однородна и постоянна, скорость электрона при влете равна v . Найти спектральное распределение полной энергии $d\varepsilon_\omega$ дипольного излучения электрона.
4. Записать общую формулу для интенсивности излучения, возникающего при столкновении двух медленных ($v \ll c$) электронов.

Текущая аттестация № 4

1. Два сверхзвуковых самолета летят навстречу друг другу. Их скорости относительно земли равны соответственно 1500 км/ч и 3000 км/ч. Какова скорость первого самолета, измеренная пассажирами второго самолета?
2. Частицы с массами m_A , m_B , m_C участвуют в реакции $A \rightarrow B + C$. Доказать, что если A покоится в лабораторной системе, то частица B обладает энергией $\varepsilon_B = c^2(m_A^2 + m_B^2 - m_C^2)/2m_A$.
3. Доказать, что матрица преобразований Лоренца удовлетворяет условию ортогональности, $\alpha_i^l \alpha_k^l = \delta_{ik}$, где δ_{ik} - четырехмерный символ Кронекера.
4. Бесконечная плоскость равномерно заряжена с поверхностной плотностью σ в собственной системе отсчета. Найти электрическое и магнитное поля в системе отсчета, относительно которой плоскость движется со скоростью V . Направление скорости а) перпендикулярно плоскости; б) параллельно плоскости.

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

1. Две пересекающиеся под прямым углом бесконечные плоскости делят пространство на четыре области. Чему равна напряженность поля в этих областях, если поверхностная плотность зарядов плоскостей σ ?
2. В бесконечной равномерно заряженной с поверхностной плотностью σ плоскости вырезано круглое отверстие радиусом R . Определить напряженность электрического поля на оси, перпендикулярной плоскости и проходящей через центр отверстия.
3. Верхняя половина сферы радиусом R с центром в начале координат равномерно заряжена с поверхностной плотностью σ , нижняя --- с поверхностной плотностью $-\sigma$. Найти дипольный момент \mathbf{d} сферы.
4. Два коаксиальных равномерно заряженных тонких кольца с радиусами a и b ($a > b$) имеют заряды q и $-q$. Найти дипольный и квадрупольный моменты системы и потенциал ϕ на оси системы.
5. В цилиндре радиусом R_1 параллельно его оси течет ток с объемной плотностью $j_1 = \text{const}_1$. В цилиндрическом слое, охватывающем цилиндр R_1 , с внешним радиусом R_2 протекает постоянный ток $j_2 = \text{const}_2$ в противоположном направлении. При каком отношении j_2/j_1 поле вне проводника равно нулю?
6. Ток J циркулирует в контуре, имеющем форму равнобедренной трапеции. Отношение оснований трапеции η . Найти магнитную индукцию B в точке A , в которой пересекаются продолжения боковых сторон. Меньшее основание трапеции равно l , расстояние от A до меньшего основания равно b (достаточно выразить B через однократный интеграл).
7. По проволоке, согнутой в виде равностороннего треугольника со стороной a , пропускается ток силы J . Найти векторный потенциал и магнитную индукцию на большом расстоянии от системы.
8. Шар радиуса R , заряженный с объемной плотностью $\rho = \beta r^2$ вращается вокруг своего диаметра с постоянной угловой скоростью ω . Найти магнитную индукцию в центре шара.
9. Частица с массой m и зарядом e движется в однородном магнитном поле \mathbf{B} по окружности радиусом R . Найти энергию, теряемую на дипольное излучение за один оборот.
10. Прямоугольная рамка с постоянным линейным током J вращается вокруг своей диагонали с постоянной угловой скоростью ω . Площадь рамки равна S . Найти интенсивность dI излучения в телесный угол $d\Omega$ в среднем по времени за период вращения рамки.
11. Электрон влетает в плоский конденсатор и через некоторое время покидает его в той же точке. Напряженность \mathbf{E} поля в конденсаторе однородна и постоянна, скорость электрона при влете равна v . Найти спектральное распределение полной энергии $d\mathcal{E}_\omega$ дипольного излучения электрона.
12. Пассажир из середины вагона направляет световой сигнал в оба его конца A и B . Определить промежуток времени между приходом сигнала в A и B , который зафиксирует наблюдатель на платформе. Скорость поезда относительно платформы - V , собственная длина вагона - l_0
13. Неподвижное возбужденное ядро с массой m и энергией возбуждения ΔE излучает γ -квант. Найти частоту этого кванта.
14. Доказать, что метрический тензор, компоненты которого равны $g^{00}=1, g^{11}g^{22}=g^{33}=-1, g^{\alpha\beta}=0$ при $\alpha \neq \beta$, есть 4-тензор.

15. Шар радиусом R заряжен равномерно по объему в собственной системе отсчета до заряда Q . Какова плотность заряда шара, измеренная наблюдателем, относительно которого шар движется со скоростью V ?

19.3.5 Темы курсовых работ

1. Потенциал электрического поля, создаваемого заряженным кольцом.
2. Потенциал поля плоскости, заряженной с периодической поверхностной плотностью.
3. Потенциал электрического поля в области, ограниченной тремя плоскостями с заданными потенциалами
4. Потенциал электрического поля внутри полусферы
5. Поле в полупространстве, ограниченном бесконечной плоскостью, с заданным распределением потенциала
6. Потенциал электрического поля при наличии бесконечной цилиндрической поверхности с заданным распределением потенциала
7. Магнитное поле вращающегося заряженного цилиндра
8. Магнитное поле вращающегося заряженного шара
9. Векторный потенциал магнитного поля тока, текущего по поверхности бесконечного цилиндрического проводника с заданной плотностью
10. Заряженный шар в переменном магнитном поле
11. Условие Лоренца для запаздывающих потенциалов
12. Дипольный момент заряда при эллиптическом движении в кулоновском поле
13. Правила суммирования по поляризациям для линейно и циркулярно поляризованной волн
14. Дипольное излучение разлетающихся осколков ядра
15. Излучение электронного газа во внешнем магнитном поле
16. Интенсивность излучения системы двух периодических диполей
17. Энергия, теряемая на дипольное излучение при рассеянии заряженных частиц на атомном ядре
18. Излучение двух зарядов, закрепленных на колеблющемся стержне
19. Излучение разлетающихся осколков ядра с одинаковым отношением заряда к массе
20. Интенсивность излучения точечного диполя, движущегося по окружности с постоянной угловой скоростью
21. Интенсивность излучения заряженного эллиптического диска, параметры которого меняются со временем
22. Учет членов v^2/c^2 в полной интенсивности излучения нерелятивистской заряженной частицы
23. Излучение заряженной частицы, движущейся в однородном электрическом поле
24. Спектральная плотность дипольного излучения двух налетающих друг на друга заряженных частиц
25. Спектральная плотность дипольного излучения двух разлетающихся заряженных частиц
26. Спектральная плотность излучения сталкивающихся (разлетающихся) частиц
27. Спектральная плотность излучения двух налетающих друг на друга ядер
28. Спектральная плотность квадрупольного излучения разлетающихся осколков, образовавшихся при распаде ядра
29. Излучение протона, вылетающего из однородного электрического поля
30. Угловое распределение излучения двух антипараллельных диполей
31. Поляризация волн, излучаемых частицей, вращающейся по окружности
32. Проводящий шар и проводящий цилиндр в постоянном электрическом поле
33. Поле вблизи конца тонкого конического острия на поверхности проводника
34. Поле вблизи тонкого конического углубления на поверхности проводника
35. Дипольный момент тонкого проводящего цилиндрического стержня в электрическом поле
36. Условие устойчивости заряженной сферической капли

- 37. Распределение потенциала в проводящей сфере, подключенной полюсами к источнику тока
- 38. Излучение при кулоновском взаимодействии
- 39. Спектральное разложение поля равномерно движущегося заряда
- 40. Электрические силы в жидком диэлектрике

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 оценки приведены выше.