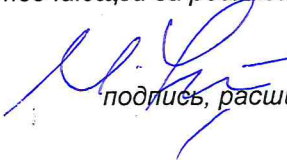


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

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.25 – 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: Физика лазерных и спектральных технологий, Физика твердого тела, Ядерная и медицинская физика

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

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

6. Составители программы Фролов Михаил Владимирович

ФИО

д.ф.-м.н.

профессор

ученая степень

ученое звание

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 25.05.2023 г. протокол № 5
(наименование recommending structure, date, protocol number)

8. Учебный год: 2024 — 2025, 2025 — 2026

Семестр(ы)/Триместр(ы): 4–5

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: Является дисциплиной базовой части. Для освоения курса необходимо использовать материал математических дисциплин базовой части: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», общефизических дисциплин базовой части: «Механика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», а также дисциплины базовой части «Теоретическая механика и механика сплошных сред».

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.4	Умение решать типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированных в рамках базовых дисциплин естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	<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-1.5	Умение использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	
		ОПК-1.6	Владение навыками использования знаний о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук при решении практических задач, структурирования естественно- научной информации	

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

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет, экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		4	5	...
Аудиторные занятия	148	64	84	
в том числе:	лекции	66	32	34
	практические	82	32	50
	групповые консультации	8	8	
Самостоятельная работа	60	36	24	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен – 36 час.)	36	Зачет	Экзамен – 36	
Итого:	252	108	144	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
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. Запаздывающие 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 Максвелла в средах	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и 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			
2.1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	Законы электромагнетизма. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.	-
2.2	Постоянное электрическое поле	Теорема Остроградского-Гаусса. Уравнение Пуассона. Принцип суперпозиции. Поле на больших расстояниях от системы зарядов. Дипольный и квадрупольный моменты.	-
2.3	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.	-
2.4	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.	-
2.5	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.	-
2.6	Система уравнений Максвелла в средах	Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и намагничивающихся средах.	-
2.7	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.	-
2.8	Квазистационарные токи и поля	Система линейных проводников. Скин-эффект.	-
2.9	Электромагнитные волны в средах	Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии.	-
3. Групповые консультации			
3.1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.	-
3.2	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.	-
3.3	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.	-
3.4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Уравнения для электромагнитных потенциалов. Электромагнитные волны. Плоские монохроматические волны. Поляризация волны.	-

	Запаздывающие потенциалы. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения. Торможение излучением. Спектральное разложение излучения. Рассеяние электромагнитных волн.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

* 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 темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
4 семестр						
1	Основные уравнения электромагнитного поля в вакууме	6	2	2	6	16
2	Постоянное электрическое поле	6	6	2	6	20
3	Постоянное магнитное поле	6	6	2	6	20
4	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	14	18	2	18	52
5 семестр						
6	Специальная теория относительности	12	12		6	30
7	Система уравнений Максвелла в средах	5	4		4	13
8	Постоянные электрическое и магнитное поля в средах. Постоянный ток в средах	6	24		6	36
9	Квазистационарные токи и поля	6	6		4	16
10	Электромагнитные волны в средах	5	4		4	13
	Итого:	66	82	8	60	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

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, не пропускать текущие тестирования по пройденному теоретическому и практическому материалу.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, 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	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
2	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
3	Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике / А.И. Алексеев. – СПб.: Лань, 2008. – 320 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=100

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Алтунин К.К. Электродинамика, специальная теория относительности и электродинамика сплошных сред / К.К. Алтунин. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 109 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL : « https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&id=240549&sr=1 »
5	Бредов М.М. Классическая электродинамика / 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 ».
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	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 »
9	Терлецкий Я.П. Электродинамика / Я.П. Терлецкий, Ю.П. Рыбаков. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10	Запругаев С.А. Электродинамика / С.А. Запругаев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 536 с.
11	Тамм И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – М.: Наука, 1976. – 620 с.
12	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 ».
13	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
14	http://www.lib.vsu.ru/
15	https://biblioclub.lib.vsu.ru/
16	https://lanbook.lib.vsu.ru/

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

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

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, дисплейный класс.

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 1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1-3.2	ОПК - 1	ОПК – 1.4 ОПК – 1.5 ОПК – 1.6	контрольная работа 1
2	Разделы 1.3, 2.3, 3.3			контрольная работа 2
3	Разделы 1.4, 2.4, 3.4			контрольная работа 3
5	Разделы 1.5-1.9, 2.5-2.9			контрольная работа 4
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Список вопросов к зачету
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 1,2,3,4

Пример варианта контрольной работы 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 .

Пример варианта контрольной работы 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.

Пример варианта контрольной работы 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 dE_ω дипольного излучения электрона.
4. Записать общую формулу для интенсивности излучения, возникающего при столкновении двух медленных ($v \ll c$) электронов.

Пример варианта контрольной работы 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 $\mathcal{E}_B = c^2(m_A^2 + m_B^2 - m_C^2)/2m_A$.
3. Доказать, что матрица преобразований Лоренца удовлетворяет условию ортогональности, $\alpha_i^i \alpha_k^k = \delta_{ik}$, 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.

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 зачета

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 квазигодородном 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)

Описание технологии проведения

Зачет проходит в письменной форме. Студенту предлагается 15 вопросов из полного списка вопросов, на которые он должен дать краткий ответ в течение одного академического часа.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

«Зачтено»: даны правильные и полные ответы на 10 и более вопросов, допускаются погрешности, которые студент способен скорректировать под руководством преподавателя

«Не зачтено»: правильные и полные ответы даны на менее, чем 10 вопросов; ответы на вопросы содержат неточности и ошибки, которые студент не способен скорректировать под руководством преподавателя

Список вопросов для проведения экзамена

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

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 задачи 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.