Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.22 Электродинамика и электродинамика сплошных сред»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки)

Физика наноматериалов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.22 Электродинамика и электродинамика сплошных сред*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники
наименование кафедры

протокол № 5 от "18 " февраля 2025 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра радиофизики и электроники _____ А.П. Русинов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор _____ М.Г. Кучеренко
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Доцент _____ В.М. Налбандян
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика _____ Т.М. Чмерева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Бикташева
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Кучеренко М.Г., 2025
© Налбандян В.М., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов отчетливого понимания физических закономерностей и свойств, характеризующих как электромагнитное поле, так и сплошную среду, в которой присутствует поле, знания границ применимости классического подхода в описании этих свойств, выявление тех физических идей и понятий, которые являются общими для сплошных диэлектрических и проводящих сред различного типа.

Задачи:

Получить представление о методах усреднения микроскопических уравнений Максвелла при рассмотрении электромагнитных полей в материальных средах; освоить основные принципы получения базовых уравнений электродинамики в сплошных средах, при различных скоростях изменения характеристик полей; изучить методы решения уравнений Лапласа и Пуассона, волновые уравнения и у равнения параболического типа для анализа свойств квазистационарных полей; приобрести навыки решения задач по расчету характеристик полей, определению пространственного размещения электрического заряда и токов в сплошной среде.

Бакалавр должен уметь решать следующие задачи:

- понимать и исследовать общие свойства электрических зарядов и токов и издаваемых ими электромагнитных полей;
- хорошо разбираться в механизмах генерации, распространения, излучения и поглощения электромагнитных волн;
- при помощи соответствующего математического аппарата (векторный анализ, уравнения в частных производных) ставить, решать и анализировать различные задачи, связанные с электричеством и магнетизмом;
- отчетливо понимать и грамотно с физической точки зрения истолковывать релятивистский характер электромагнитного поля.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.17 Электричество и магнетизм*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1-В-1 Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии ОПК-1-В-2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний, методов	**Знать:** -основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного и теории вероятностей;

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	научного анализа и моделирования	- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, молекулярной физики и физики твердого тела. **Уметь:** - применять математические методы и физические законы для решения практических задач. **Владеть:** - методами решения дифференциальных уравнений, дифференциального и интегрального исчисления; - навыками практического применения законов физики.
ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2-В-1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений ОПК-2-В-2 Умеет использовать физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности	**Знать:** основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений. **Уметь:** использовать физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности. **Владеть:** приемами решения стандартных задач по электродинамике.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов

	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**108**	**252**
Контактная работа:	**51,25**	**35,25**	**86,5**
Лекции (Л)	34	18	52
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Консультации	1	1	2
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к коллоквиумам;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**92,75**	**72,75**	**165,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение	18	4	2		12
2	Основные понятия электродинамики	18	4	2		12
3	Общие свойства электромагнитного поля в вакууме	16	4	2		10
4	Релятивистская формулировка электродинамики	18	4	2		12
5	Электростатическое поле в вакууме	18	4	2		12
6	Стационарное магнитное поле в вакууме	18	4	2		12
7	Электромагнитные волны в вакууме	18	4	2		12
8	Излучение электромагнитных волн	20	6	2		12
	Итого:	144	34	16		94

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Электростатика проводников и диэлектриков	21	3	4		14
2	Постоянный ток	17	3	2		12
3	Постоянное магнитное поле	17	3	2		12
4	Квазистационарное электромагнитное поле	19	3	4		12
5	Электромагнитные волны	17	3	2		12
6	Рассеяние электромагнитных волн	17	3	2		12
	Итого:	108	18	16		74
	Всего:	252	52	32		168

4.2 Содержание разделов дисциплины

5 семестр

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение.	Предмет классической ЭД. Место электромагнитного взаимодействия в иерархии фундаментальных взаимодействий. Системы единиц СИ и СГС и их роль в ЭД.
2	Основные понятия ЭД	Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности. Электромагнитное поле. Сила Лоренца. Основные задачи классической ЭД. Эмпирический базис классической ЭД. Уравнение электромагнитного поля.
3	Общие свойства электромагнитного поля в вакууме	Уравнение Максвелла в вакууме. Общие свойства уравнений Максвелла. Потенциалы электромагнитного поля, калибровочная инвариантность. Энергия электромагнитного поля; закон сохранения энергии для системы « частицы – поле». Импульс электромагнитного поля, давление света.
4	Релятивистская формулировка электродинамики	Ковариантный формализм в релятивистских теориях. Преобразование значений физических величин при переходе и движущейся системе отсчета. Четырехмерный потенциал, четырехмерный ток. Тензор электромагнитного поля. Уравнение Максвелла в ковариантной форме. Движение заряженной частицы в электромагнитном поле.
5	Электростатическое поле в вакууме	Уравнение электростатики в вакууме; уравнения Пуассона и Лапласа. Электростатическое поле в дипольном приближении. Понятие о квадрупольном моменте. Энергия электростатического поля. Заряженные частицы во внешнем электростатическом поле.
6	Стационарное магнитное поле в вакууме	Уравнение для стационарного магнитного поля. Электромагнитное поле равномерно движущегося заряда. Стационарное магнитное поле в дипольном приближении. Энергия стационарного магнитного поля, коэффициенты взаимной индукции и самоиндукции. Движущиеся частицы во внешнем магнитном поле.
7	Электромагнитные волны в вакууме	Свободное электромагнитное поле. Плоские электромагнитные волны в вакууме. Монохроматические плоские электромагнитные волны. Эффект Доплера..
8	Излучение электромагнитных волн.	Запаздывающие потенциалы. Дипольное приближение для поля в волновой зоне. Дипольное излучение. Простейшие излучающие системы. Рассеяние света свободными электронами, формула Томсона. Сила радиационного трения. Осцилляторная модель атома.

6 семестр

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Электростатика проводников и диэлектриков	Получение основных уравнений электродинамики сплошных сред. Усреднение Лоренца. Проводники и диэлектрики. Электростатика проводников. Задача электростатики проводников. Анализ граничных условий. Методы решения задач электроста-

		тики. Метод изображений. Энергия электростатического поля проводников. Плотность и поток энергии. Вектор Пойнтинга. Физический смысл вектора Пойнтинга. Емкостные и потенциальные коэффициенты. Энергия проводника во внешнем однородном электрическом поле. Тензор поляризуемости проводника. Электростатика диэлектриков. Вектор электрической индукции. Вектор поляризации. Физический смысл вектора поляризации. Анализ граничных условий. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость. Диэлектрический шар в однородном внешнем электрическом поле. Фактор Лоренца. Внутреннее поле в диэлектрическом цилиндре и эллипсоиде. Тензоры в трехмерном пространстве.Система главных осей тензора второго ранга. Тензоры диэлектрической проницаемости и диэлектрической восприимчивости в анизотропных средах. Поле точечного заряда воднородной анизотропной среде. Объемная плотность энергии диэлектрика. Эллипсоид энергии.
2	Постоянный ток	Плотность тока и проводимость. Закон Ома. Основная токовая задача. Таблица соответствия (аналогий) диэлектрических величин и характеристик проводящей среды. Аналогия токовой и электростатической задач. Два основных варианта токовой задачи. Коэффициенты сопротивлений. Тензор проводимости. Эффект Холла. Эффект Холла в изотропном проводнике. Термоэлектрические и термогальваномагнитные явления. Эффект Томсона. Эффект Пельтье. Эффект Нернста. Эффект Риги-Ледюка. Эффект Эттингсхаузена.
3	Постоянное магнитное поле	Постоянное магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Плотность молекулярных токов. Напряженность магнитного поля в среде и вектор намагниченности. Физический смысл вектора намагниченности. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость. Анализ граничных условий. Магнитное поле постоянных токов. Уравнение для векторного потенциала. Аналогия с задачей электростатики. Закон Био-Савара.
4	Квазистационарное электромагнитное поле	Уравнение квазистационарного поля. Граничные условия. Закон релаксации поля при выключении источника. Токи Фуко. Глубина проникновения магнитного поля в проводник. Решение задачи для полупространства, заполненного проводящей средой. Скин-эффект. Решение задачи для проводника кругового сечения.
5	Электромагнитные волны	Уравнения поля в диэлектриках в отсутствие дисперсии. Свойства волнового уравнения. Скорость распространения электромагнитных волн. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Неодномоментный характер связи между напряженностью и индукцией. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости для Фурье-компонент поля. Закон дисперсии. Комплекснозначность диэлектрической проницаемости. Предельный вид диэлектрической проницаемости на больших частотах. Применимость предельной формулы для реальных физических систем. Плоская монохроматическая волна. Волновой вектор и его обобщение на комплексные значения. Показатель преломления. Выражение показателя преломления и коэффициента поглощения через действительную и мнимую части диэлектрической проницаемости. Нелинейная проницаемость. Нелинейности второго порядка для кристаллов без центра инверсии. Эффекты нелинейности в изотропных средах. Явление самофокусировки. Порядок нелинейности. Закон дисперсии. Фокусирующие и дефокусирую-

		щие среды.
6	Рассеяние электромагнитных волн	Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами. Эффективное дифференциальное сечение рассеяния. Угловая зависимость дифференциального сечения рассеяния свободного заряда. Формула Томпсона для полного сечения рассеяния. Дифференциальное сечение рассеяния неполяризованной волны. Физическая интерпретация угловой зависимости сечения рассеяния неполяризованной волны. Рассеяние волн с малыми частотами. Комбинационное и когерентное рассеяние. Частотная зависимость интенсивности. Рассеяние волн с большими частотами. Сечение рассеяния системы зарядов с малыми собственными частотами. Когерентное и некогерентное рассеяние. Рассеяние электромагнитных волн на малых частицах.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
5 семестр			
1	1	Решение задач на силу Лоренца, законы Кулона, Био-Савара-Лапласа, Фарадея.	2
2	2	Решение задач электростатики (метод зеркальных изображений, метод электростатического потенциала и др.).	2
3	3	Уравнение Максвелла. Энергия и поток энергии электромагнитного поля.	2
4	4	Решение задачи для проводника кругового сечения.	2
5	5	Движение заряженных частиц в заданном электростатическом поле.	2
6	6	Расчет магнитных полей токов различной конфигурации. Закон полного тока и его применение к расчету магнитных полей. Коэффициенты взаимной индукции и самоиндукции.	2
7	7	Свойства плоских монохроматических электромагнитных волн.	2
8	8	Эффективное дифференциальное сечение рассеяния. Угловая зависимость дифференциального сечения рассеяния свободного заряда.	2
6 семестр			
1	1	Определение емкостных коэффициентов двух удаленных проводников с заданной емкостью. Задачи о распределении зарядов трех (и четырех) проводящих сфер расположенных в углах треугольника (квадрата). Метод изображений для плоской проводящей поверхности. Метод изображений для сферы. Определение дипольного момента незаряженного проводника в однородном электрическом поле. Поляризуемость.	2
2	1	Определение поля проводящего незаряженного шара и цилиндра, помещенного в однородное внешнее поле. Определение характеристик электрического поля в случае сферы, заряженной по поверхности по закону косинуса. Определение характеристик электрического поля от точечного диполя, расположенного в центре сферической полости, вырезанной в проводящей среде.	2
3	2	Задача о выделении джоулевого тепла в проводящей среде с заданными потенциалами электродов. Связь между потенциальными коэффициентами и коэффициентами сопротивления системы проводников в проводящей среде.	2
4	3	Манитное поле системы коаксиальных цилиндрических проводников. Магнитное поле цилиндрического проводника: ме-	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
		тод уравнений Максвелла и метод векторного потенциала.	
5	4	Квазистационарное поле в металлическом цилиндре с обмоткой. Исследование распределения плотности тока внутри цилиндра в случаях больших и малых частот.	2
6	4	Определение количества теплоты, выделившегося в цилиндре с токовой обмоткой в квазистационарном режиме. Определение активного сопротивления тонкого цилиндрического проводника при скин-эффекте.	2
7	5	Исследование углового распределения интенсивности излучения пульсирующей заряженной капли, деформирующейся с неизменной плотностью.	2
8	6	Определение характеристик поля заряженного тела, испытывающего радиальные (сферически-симметричные) пульсации.	2
		Итого:	32

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Расовский М. Р. Электродинамика [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. Р. Расовский, В. Н. Степанов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. - 132 с. - Библиогр.: с. 132. - ISBN 978-5-7410-0742-6.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т.: учеб. пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц . - М. : Физматлит, 2003.. - ISBN 5-9221-0053-X Т. 8: Электродинамика сплошных сред / под ред. Л. П. Питаевского. - , 2003. - 656 с - ISBN 5-9221-0123-4. - ISBN 5-9221-0053-X.

5.2 Дополнительная литература

1.Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике [Текст] / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин; под ред. М. М. Бредова.- 3-е изд., испр. - М. : РХД, 2002. - 640 с. - Библиогр.: с. 633-639. - ISBN 5-93972-155-9.
2. Кучеренко, М. Г. Формализм функций Грина. Решение задач оптики ближнего поля, наноплазмоники и молекулярной кинетики [Электронный ресурс] : монография / М. Г. Кучеренко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 6.81 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2022. - 250 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 8.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/work_all/177022_20220905.pdf - ISBN 978-5-7410-2877-3.

5.3 Периодические издания

Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН
Журнал «Успехи физических наук», - М. : Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

5.4 Интернет-ресурсы

http://www.femto.com.ua/index1.html – энциклопедия физики и техники.
http://kvant.mccme.ru/ - научно-популярный физико-математический журнал «Квант»;

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.