

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

**Авторы-составители: Шилов Виктор Павлович
Хеннер Виктор Карлович
Демин Виталий Анатольевич**

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕД
Код УМК 95865

Утверждено
Протокол №5
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Электродинамика материальных сред

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.03** Радиофизика

направленность Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Электродинамика материальных сред** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.03 Радиофизика (направленность : Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности

ОПК.2 Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.2.1 Использует физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их в профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.03 Радиофизика (направленность: Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Электродинамика материальных сред

Макроскопическое описание электромагнитного поля в среде

Этот раздел посвящен выводу макроскопических уравнений поля в среде из микроскопических уравнений и обсуждению условий на границе раздела сред. При макроскопическом изучении электромагнитного поля в среде мы считаем, что заряды непрерывным образом заполняют участки материальных тел («объемные заряды» или «объемные токи»). Такой подход применим к описанию электромагнитных полей в реальных материальных телах и основывается на экспериментальных данных.

Микроскопические и макроскопические значения физических величин

Понятие векторов средних макроскопических напряженностей электрического и магнитного полей, электрической и магнитной поляризации и индукции. Макроскопические уравнения Максвелла (в дифференциальной и интегральной формах) для поля в материальной среде как результат усреднения макроскопических уравнений классической электронной теории.

Заряды и токи в среде. Вектор электрической и магнитной поляризации. Материальные уравнения

Ток и поляризация как результат воздействия полей на среду и как источник этих полей. Материальные уравнения для различных сред. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, проводимость. Сторонние источники. Понятие временной и пространственной дисперсии. Полная система уравнений Максвелла в среде

Условия для полей на границе раздела сред

Граничные условия для тангенциальных и нормальных компонент векторов поля на произвольной поверхности. Понятие поверхностных зарядов и токов.

Энергия электромагнитного поля в среде

Плотность электромагнитной энергии в среде без дисперсии. Джоулевы потери.

Диэлектрики в постоянном электрическом поле

Теория Максвелла является феноменологической и постулирует параметры, связывающие свойства среды и электромагнитного поля в ней через материальные уравнения, не объясняя различие этих параметров у разных сред. В простом случае линейных изотропных сред это три функции координат и времени – диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость и проводимость. Только молекулярная теория может связать свойства диэлектриков и магнетиков с их молекулярным строением. В данном разделе мы рассмотрим некоторые положения молекулярной теории диэлектриков.

Поляризация диэлектриков I рода

Классификация диэлектриков. Поляризация неполярных диэлектриков

Поляризация диэлектриков II рода

Полярные диэлектрики. Теория Ланжевена.

Магнетики в постоянном магнитном поле

При внесении магнетика в магнитное поле молекулы приобретают дополнительные магнитный момент. В результате формируется макроскопическая намагниченность. Существуют магнетики, которые намагничены только в присутствии стороннего магнитного поля. Их намагниченность исчезает при выключении этого поля. Такие магнетики принято делить на две большие группы: диамагнетики и парамагнетики. Кроме перечисленных магнетиков есть большая группа веществ, которые намагничены

и в отсутствие внешнего поля (постоянные магниты). Они называются ферромагнетиками. Описанию таких типов магнетиков посвящен настоящий раздел.

Диамагнетизм

Классификация магнетиков. Теория Лармора. Магнитная восприимчивость электронной оболочки атома.

Парамагнетики

Собственный магнитный момент атома. Орбитальный и спиновый момент. Теория Ланжевена. Формула Бриллюэна.

Ферромагнетизм

Спонтанное намагничение. Фазовый переход в парамагнитную область. Температура Кюри. Доменная структура ферромагнетиков

Феноменологическая теория Вейсса

Молекулярное поле. Теория среднего поля Вейсса. Кривая намагничения и фазовый переход.

Плоские монохроматические волны в однородной среде

Электромагнитные волны могут распространяться не только в вакууме, но и внутри вещества, однако их свойства при этом зависят от свойств вещества. Данный раздел посвящен анализу особенностей распространения волн в среде. Рассмотрено затухание таких волн вследствие диссипативных процессов.

Дисперсионное соотношение. Идеальный диэлектрик

Однородные и неоднородные плоские волны в непоглощающей изотропной среде. Ориентация векторов электрического и магнитного поля. Дисперсионное соотношение.

Проводящая среда. Волны в хорошо проводящей среде

Распределение переменных полей и токов в проводящем полупространстве. Скин-эффект. Граничные условия Леонтовича. Энергетические соотношения при скин-эффекте.

Условия на границе идеального проводника

Отражение от хорошо проводящей поверхности и условие Леонтовича.

Распространение света. Законы отражения и преломления. Формулы Френеля

Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела двух сред. Нормальное падение. Наклонное падение. Угол Брюстера.

Поляризация в быстропеременном электрическом поле

Динамическая поляризация в поле световой волны. Связь между индукцией и напряженностью поля. Распространение импульсного сигнала в среде с временной дисперсией. Групповая скорость и скорость энергии. Диффузионное уравнение для огибающей импульса. Расплывание импульса.

Волноводы

Раздел посвящен решению характерных задач распространения электромагнитных волн в волноводах.

Передача электромагнитной энергии вдоль линий передач

Распространение электромагнитной волны в пространстве вокруг линии передачи. Передача энергии. Переменный ток в проводнике.

Распространение электромагнитных волн в волноводах. Главная волна

Прямоугольный волновод. Коаксиальный волновод. Собственные функции. Главная волна. Конструирование поля в волноводе и колебаний в резонаторе из однородных плоских волн. Волна типа TE (H) в прямоугольном волноводе; колебание типа E в прямоугольном резонаторе.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0123-4. - 656
2. Потапов, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для бакалавриата и специалитета / Л. А. Потапов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 196 с. — (Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-05369-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/437993>

Дополнительная:

1. Полях, Н. Ф. Методика обучения решению физических задач по электродинамике : учебное пособие / Н. Ф. Полях, Е. М. Филиппова. — Волгоград : Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2016. — 78 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/44315.html>
2. Лобов Н. И., Любимов Д. В. Электродинамика сплошных сред: учебно-методическое пособие / Н. И. Лобов, Д. В. Любимов. - Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1889-7, 2-е изд., стер. - 1. <https://elis.psu.ru/node/25313>
3. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Сборник задач по электродинамике: учебное пособие для студентов вузов / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин ; под ред. М. М. Бредова. - Москва: Наука, 1970. - 503. - Библиогр.: с 500-503

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

library.psu.ru/node/738 Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<http://elis.psu.ru> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Электродинамика материальных сред** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
- 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
- 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов

Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Для проведения лекционных занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Для проведения занятий семинарского типа (семинары, практические занятия) - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
3. Для проведения групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
4. Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
5. Для самостоятельной работы - аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную

информационно-образовательную среду университета.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Электродинамика материальных сред**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.2

Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.2.1 Использует физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать пределы применимости квазистационарного приближения. Уметь описывать скин-эффект, выводить уравнения для электромагнитных волн в однородных и неоднородных средах. Владеть навыками решения уравнений, описывающих распространение электромагнитных волн в сплошной среде.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает пределы применимости квазистационарного приближения. Не умеет описывать скин-эффект, выводить уравнения для электромагнитных волн в однородных и неоднородных средах. Не владеет навыками решения уравнений, описывающих распространение электромагнитных волн в сплошной среде.</p> <p align="center">Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания пределов применимости квазистационарного приближения. Демонстрирует частично сформированное умение описывать скин-эффект, выводить уравнения для электромагнитных волн в однородных и неоднородных средах. Имеет представление о методах решения уравнений, описывающих распространение электромагнитных волн в сплошной среде.</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания пределов применимости квазистационарного приближения. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения описывать скин-эффект, выводить уравнения для электромагнитных волн в однородных и неоднородных средах. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками решения уравнений, описывающих распространение электромагнитных волн в сплошной среде.</p> <p align="center">Отлично Сформированные систематические знания пределов применимости квазистационарного приближения. Сформированное умение</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>описывать скин-эффект, выводить уравнения для электромагнитных волн в однородных и неоднородных средах. Успешное и систематическое применение навыков решения уравнений, описывающих распространение электромагнитных волн в сплошной среде.</p>

ОПК.1

Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать уравнения Максвелла для поля в среде. Уметь применять метод усреднения, получать уравнения для постоянных токов в среде. Владеть навыками составления и анализа материальных уравнений.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает уравнения Максвелла для поля в среде. Не умеет применять метод усреднения, получать уравнения для постоянных токов в среде. Не владеет навыками составления и анализа материальных уравнений.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания уравнений Максвелла для поля в среде. Демонстрирует частично сформированное умение применять метод усреднения, получать уравнения для постоянных токов в среде. Имеет представление о навыках составления и анализа материальных уравнений.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы знания уравнений Максвелла для поля в среде. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения применять метод усреднения, получать уравнения для постоянных токов в среде. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками составления и анализа материальных уравнений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>уравнений Максвелла для поля в среде. Сформированное умение применять метод усреднения, получать уравнения для постоянных токов в среде. Успешное и систематическое применение навыков составления и анализа материальных уравнений.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Микроскопические и макроскопические значения физических величин Входное тестирование	Знание основных законов электромагнетизма и молекулярно-кинетической теории
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания физико-математических наук в профессиональной деятельности	Феноменологическая теория Вейсса Письменное контрольное мероприятие	Усреднение уравнений Максвелла в среде. Заряды и токи. Свойства диэлектриков и магнетиков.
ОПК.2.1 Использует физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их в профессиональной деятельности	Поляризация в быстропеременном электрическом поле Письменное контрольное мероприятие	Знание теории распространения электромагнитных волн в веществе. Умение описывать отражение и преломление на границе различных сред.
ОПК.2.1 Использует физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их в профессиональной деятельности	Распространение электромагнитных волн в волноводах. Главная волна Итоговое контрольное мероприятие	Знание элементов теории линий передачи. Умение находить собственные функции волноводов.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Микроскопические и макроскопические значения физических величин

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Молекулярное строение вещества. Взаимодействия молекул.	5
Закон электромагнитной индукции. Закон Кулона. Закон Био-Савара-Лапласа.	5

Феноменологическая теория Вейсса

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Заряды и токи в среде. Осреднение уравнений Максвелла	8
Диэлектрики и магнетики	7
Классификация веществ	6
Материальные уравнения. Условия для полей на границе раздела сред.	5
Энергия поля в среде	4

Поляризация в быстропеременном электрическом поле

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Законы отражения и преломления. Формулы Френеля.	9
Волны в проводящей среде. Поглощение	8
Идеальный диэлектрик. Дисперсионное соотношение	7
Скин-эффект	6

Распространение электромагнитных волн в волноводах. Главная волна

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Дисперсия в волноводе. Главная волна	13
Электромагнитное поле в проводнике.	10
Передача энергии вдоль проводника	9

Собственные функции волновода	8