

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное 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 №6  
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **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)

**ОК.3** готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала

**ОПК.2** готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.04.03 Радиофизика (направленность: Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	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>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 2. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - 8-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006, ISBN 5-9221-0056-4. - 536

### 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](http://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](http://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 и  
критерии их оценивания**

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОК.3</b> готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала</p>	<p>Знать подходы к саморазвитию и самореализации при решении профессиональных задач в области электродинамики сплошных сред. Уметь реализовывать творческий потенциал в профессиональной деятельности. Владеть основными приемами саморазвития и самореализации.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает подходы к саморазвитию и самореализации при решении профессиональных задач в области электродинамики сплошных сред. Не умеет реализовывать творческий потенциал в профессиональной деятельности. Не владеет основными приемами саморазвития и самореализации.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания подходов к саморазвитию и самореализации при решении профессиональных задач в области электродинамики сплошных сред. Демонстрирует частично сформированное умение реализовывать творческий потенциал в профессиональной деятельности. Имеет представление об основных приемах саморазвития и самореализации.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания подходов к саморазвитию и самореализации при решении профессиональных задач в области электродинамики сплошных сред. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения реализовывать творческий потенциал в профессиональной деятельности. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет основными приемами саморазвития и самореализации.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания подходов к саморазвитию и самореализации при решении профессиональных задач в области электродинамики сплошных сред. Сформированное умения реализовывать</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>творческий потенциал в профессиональной деятельности. Успешное систематическое применение приемов саморазвития и самореализации.</p>
<p><b>ОПК.2</b> готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия</p>	<p>Знать основные принципы руководства коллективом при решении проблем в сфере профессиональной деятельности. Уметь организовывать групповую работу над задачей, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия. Владеть навыками разрешения конфликтных ситуаций.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные принципы руководства коллективом при решении проблем в сфере профессиональной деятельности. Не умеет организовывать групповую работу над задачей, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия. Не владеет навыками разрешения конфликтных ситуаций.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания принципов руководства коллективом при решении проблем в сфере профессиональной деятельности. Демонстрирует частично сформированное умение организовывать групповую работу над задачей, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия. Имеет представление о приёмах разрешения конфликтных ситуаций.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов руководства коллективом при решении проблем в сфере профессиональной деятельности. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения организовывать групповую работу над задачей, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет приёмами разрешения конфликтных ситуаций.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных принципов руководства коллективом при решении проблем в сфере профессиональной деятельности. Сформированное умение организовывать групповую работу над задачей, толерантно</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия. Сформированное представление о приёмах разрешения конфликтных ситуаций.

## 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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Микроскопические и макроскопические значения физических величин <b>Входное тестирование</b>	Знание основных законов электромагнетизма и молекулярно-кинетической теории
<b>ОК.3</b> готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Феноменологическая теория Вейсса <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Усреднение уравнений Максвелла в среде. Заряды и токи. Свойства диэлектриков и магнетиков.
<b>ОПК.2</b> готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия <b>ОК.3</b> готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Поляризация в быстропеременном электрическом поле <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание теории распространения электромагнитных волн в веществе. Умение описывать отражение и преломление на границе различных сред.
	Распространение электромагнитных волн в волноводах. Главная волна <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	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