

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Краузин Павел Васильевич**

Рабочая программа дисциплины

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН**

Код УМК 60406

Утверждено  
Протокол №11  
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Распространение электромагнитных волн

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Распространение электромагнитных волн** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.3** Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области

#### **Индикаторы**

**ПК.3.1** Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Распространение электромагнитных волн**

#### **Электромагнитные волны в изотропных средах**

Уравнения Максвелла и материальные уравнения. понятие о временной и пространственной дисперсии. Примеры определения функций линейной реакции и их фурье-компонент. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощение электромагнитной энергии в среде с дисперсией. Нормальные электромагнитные волны в среде с дисперсией. Простейшие модели материальных сред: неполярные диэлектрики, полярные диэлектрики проводники. Оптические свойства проводников. Скин-эффект в проводниках. Электромагнитные волны в плазме. Отражение и преломление волн. Распространение волн в неоднородной среде.

#### **Электромагнитные волны в анизотропных средах**

Диэлектрическая проницаемость кристаллов. Плоская волна в анизотропной среде. Оптические свойства одноосных кристаллов. Двухосные кристаллы. Двойное преломление в электрическом поле. Магнитооптические эффекты. Динамооптические явления.

#### **Нелинейная оптика**

Нелинейная поляризация среды. Первое приближение. Оптическое детектирование. Генерация вторых гармоник, суммарной и разностной частот. Второе приближение. Самофокусировка. Параметрическая генерация света.

## **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. Андрусевич, Л. К. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л. К. Андрусевич, А. А. Ишук. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009. — 207 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/54807>
2. Замотринский В. А. Электромагнитные поля и волны: Учебное пособие/Замотринский В. А.- Томск:Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,2012, ISBN 5-86889-318-2.-181. <http://www.iprbookshop.ru/72228.html>
3. 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

### Дополнительная:

1. Боков, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. — 410 с. — ISBN 978-5-86889-578-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72050.html>
2. Электромагнитные поля и волны. Сборник задач и упражнений : учебное пособие / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, Ж. М. Соколова, Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. — 185 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72229.html>
3. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин [и др.]. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 200 с. — ISBN 978-5-8256-1146-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63924.html>

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ.

<https://www.theoretical-physics.net/0.1/index.html> Справочник по теоретической физике.

<https://elementy.ru> Научно-популярный проект «Элементы большой науки».

<http://www.feynmanlectures.caltech.edu> Фейнмановские лекции по физике.

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

Образовательный процесс по дисциплине **Распространение электромагнитных волн** 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:

- просмотрщик PDF файлов;
- ALT Linux, LibreOffice.

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

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций и проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

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  
Распространение электромагнитных волн**

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

**ПК.3**

**Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.3.1</b> Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> базовые теоретические фундаментальные разделы электродинамики материальных сред, физики волновых процессов. <b>УМЕТЬ:</b> получать дисперсионные соотношения для непрерывных и цепочечных линий передач. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками построения простейших моделей материальных сред с точки зрения взаимодействия с электромагнитными волнами.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Отсутствие знаний. Не знает основ дисциплины, необходимых при формировании компетенции. Отсутствие умений. Отсутствие навыков.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания базовых теоретических фундаментальных разделов электродинамики материальных сред и физики волновых процессов. Частично сформированное умение получать дисперсионные соотношения для непрерывных и цепочечных линий передач. Фрагментарное применение построения простейших моделей материальных сред с точки зрения взаимодействия с электромагнитными волнами.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых теоретических фундаментальных разделов электродинамики материальных сред и физики волновых процессов. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения получать дисперсионные соотношения для непрерывных и цепочечных линий передач. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков построения простейших моделей материальных сред с точки зрения взаимодействия с электромагнитными волнами.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания базовых теоретических фундаментальных</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>разделов электродинамики материальных сред и физики волновых процессов. Сформированное умение получать дисперсионные соотношения для непрерывных и цепочечных линий передач. Успешное и систематическое применение навыков построения простейших моделей материальных сред с точки зрения взаимодействия с электромагнитными волнами.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**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 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Электромагнитные волны в изотропных средах <b>Входное тестирование</b>	Базовые знания основных законов и понятий науки об электричестве.
<b>ПК.3.1</b> Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Электромагнитные волны в изотропных средах <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знает базовые теоретические фундаментальные разделы электродинамики материальных сред физики волновых процессов. Умеет получать дисперсионные соотношения для непрерывных и цепочечных линий передач, определять тип фильтра и его полосу пропускания. Владеет навыками построения дисперсионных кривых.
<b>ПК.3.1</b> Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Нелинейная оптика <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знает базовые теоретические фундаментальные разделы электродинамики материальных сред физики волновых процессов. Владеет навыками построения простейших моделей материальных сред с точки зрения взаимодействия с электромагнитными волнами. Знает основное назначение и возможности функционирования измерительных приборов.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.3.1</b> Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Нелинейная оптика <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знает базовые теоретические фундаментальные разделы электродинамики материальных сред физики волновых процессов. Умеет находить фазовую и групповую скорости. Владеет навыками нахождения магнитного поля, плотности тока и омической мощности для скин-эффекта.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Электромагнитные волны в изотропных средах**

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Приведено полное правильное решение задачи, включающее правильный ответ. Проведены необходимые математические преобразования и расчёты.	4
Приведено полное решение задачи, но в необходимых математических преобразованиях допущены незначительные ошибки.	3
Приведено неполное решение задачи, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	2
Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1
Решение задачи отсутствует.	0

#### **Электромагнитные волны в изотропных средах**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Получено дисперсионное соотношение.	2
Определен тип фильтра и его полоса пропускания.	1
Построена дисперсионная кривая.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 8, проходной первичный балл - 4. Выше указаны критерии получения первичных баллов за одну из двух задач в контрольном мероприятии. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале	0

рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	
---	--

### **Нелинейная оптика**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **18**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Задание содержит 20 кратких теоретических вопросов. За каждый правильный ответ дается 1 балл.	20
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 20, проходной первичный балл - 9. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### **Нелинейная оптика**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Задача по теме "Скин-эффект". Найдено магнитное поле - 2, плотность тока - 1.5, удельная омическая мощность - 1.5	5
Задача по теме "Групповая и фазовая скорости".	3
Задание, включающее базовые соотношения для ЭМ волны, распространяющейся в среде без потерь.	2
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 10, проходной первичный балл - 5. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0