

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
электроники
Усков Г.К.



31.01.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.12 Физика волновых процессов

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

Радиофизика и электроника

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *электроники*

6. Составители программы:

Аверина Л. И., доктор физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована:

НМС физического факультета 30.08.2021, № протокола: 8

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи курса заключаются в изложении физических основ теории волновых процессов применительно к электромагнитным волнам, математических методов анализа распространения радиоволн в различных средах, подготовке студентов к применению данных методов для моделирования различных электродинамических задач и радиотехнических устройств

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения её теоретической части студенты должны свободно владеть аппаратом математического анализа, теории дифференциальных уравнений, знать основы электродинамики и оптики. Для освоения практических методов дисциплины студенты должны уметь использовать математические пакеты прикладных программ и пакеты электродинамического моделирования радиоэлектронных устройств. Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин профессионального цикла, использующих понятия радиоволн.

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
ПК-1	Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической информации, необходимой для решения профессиональных задач	ПК-1.1	Применяет знания о методах исследований, методах структурирования естественно-научной информации, современных концепциях в области физики и радиофизики при решении профессиональных задач	Знать: основные закономерности распространения электромагнитных волн в средах с различными свойствами Уметь: анализировать решения для характеристик электромагнитных волн, полученные из системы уравнений Максвелла для различных условий распространения Владеть: понятийным аппаратом, применяемым в теории волновых процессов
ПК-3	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик). Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение. Оформляет результаты лабораторного или компьютерного эксперимента в соответствии с действующими требованиями.	Знать: основные математические методы, применяемые при решении разных типов волновых уравнений Уметь: анализировать зависимости основных параметров сред и электромагнитных волн, полученные в результате компьютерного эксперимента Владеть: навыками программирования в современных математических пакетах, навыками работы в пакетах электродинамического моделирования
ПК-4	Способен принимать участие в разработке и исследованиях, а	ПК-4.1 ПК-4.2	Владеет фундаментальными знаниями физических основ и принципов	Знать: физические основы и принципы функционирования СВЧ приборов и систем, основанных на диспергирующих, анизотропных, нелинейных свойствах сред распространения.

	также эксплуатировать радиоэлектронные приборы и системы различного назначения		функционирования радиоэлектронных приборов и систем. Применяет знания в области теории электрических колебаний и электромагнитных волн для решения профессиональных задач.	<p>Уметь: применять знания в области распространения электромагнитных волн для решения задач радиосвязи, радионавигации и радиолокации</p> <p>Владеть: навыками работы с радиоэлектронными приборами СВЧ диапазона</p>
--	--	--	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 5/180.

Форма промежуточной аттестации - экзамен.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			7	...
Аудиторные занятия		68	68	
в том числе:	лекции	34	34	
	практические			
	лабораторные	34	34	
Самостоятельная работа		76	76	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – _ час.)		36	36	
Итого:		180	180	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Волновое уравнение. Плоские волны в однородной изотропной среде	Понятие о волнах. Примеры волновых движений. Волновое уравнение и его модификации. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Поляризация волн. Энергия электромагнитного поля. Плоские волны. Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах.
1.2	Распространение волн в диспергирующих средах	Комплексная диэлектрическая проницаемость. Связь между дисперсией и поглощением. Дисперсия электромагнитных волн в неполярных и полярных диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость сред со свободными зарядами. Волновой пакет в диспергирующей среде.
1.3	Распространение волн в анизотропных средах	Тензор диэлектрической проницаемости. Лучевой вектор. Распространение плоских волн в кристаллических средах. Распространение плоских волн в магнитоактивной плазме. Распространение электромагнитных волн в феррите. Гиротропия ионосферы.
1.4	Распространение волн в нелинейных средах	Уравнения для нелинейных волн. Метод медленно изменяющихся амплитуд. Условие фазового синхронизма. Генерация второй гармоники. Трёхчастотные взаимодействия. Соотношения Мэнли-Роу. Распадная неустойчивость волн. Самовоздействие волн.
1.5	Теория дифракции. Распространение ограниченных волновых пучков	Метод Кирхгофа и функция Грина в теории дифракции. Угловой спектр плоских волн. Параболическое уравнение в теории дифракции. Дифракция гауссова волнового пучка и сфокусированного пучка.
1.6	Самовоздействие волновых	Нелинейная рефракция при безабберационном и аббераци-

	пучков и волновых пакетов в нелинейных средах	онном самовоздействии пучков. Волноводное распространение пучков. Самокомпрессия волновых пакетов. Солитоны огибающих.
2. Практические занятия		
2.1		
3. Лабораторные работы		
3.1	Распространение волн в диспергирующих средах	Дисперсионные характеристики неполярных и полярных диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость сред со свободными зарядами.
3.2	Распространение волн в анизотропных средах	Тензор диэлектрической проницаемости магнитоактивной плазмы. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита.
3.3	Распространение волн в нелинейных средах	Дисперсионные характеристики нелинейных сред для генерации высших гармоник. Параметрическое усиление и генерация волн в нелинейных средах. Нелинейная дисперсия и нелинейное поглощение.
3.4	Распространение ограниченных волновых пучков	Изменение основных характеристик гауссова волнового пучка и сфокусированного пучка при распространении.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Волновое уравнение. Плоские волны в однородной изотропной среде	4			6	10
2	Распространение волн в диспергирующих средах	6		10	6	22
3	Распространение волн в анизотропных средах	6		8	6	20
4	Распространение волн в нелинейных средах	6		8	6	20
5	Теория дифракции. Распространение ограниченных волновых пучков	6		8	6	20
6	Самовоздействие волновых пучков и волновых пакетов в нелинейных средах	6			6	12
	Итого:	34		34	36	104

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение практических и лабораторных работ.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обра-

титься к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

Лабораторные занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ необходимо обращать внимание на особенности функционирования исследуемых устройств. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела. При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Виноградова М.Б. Теория волн: Учебное пособие для студентов физических специальностей/ М.Б.Виноградова, О.В.Руденко, А.П.Сухоруков. – М.: Наука, 1990. – 432с.</i>
2	<i>Аверина Л.И. Распространение волн в диспергирующих средах: Учебное пособие по курсу «Физика волновых процессов». Спец.013800 – Радиофизика и электроника/ Л.И.Аверина, Воронеж.гос.ун-т. – Воронеж: Б.у., 2004. – 35с.</i>
3	<i>Аверина Л.И. Распространение волн в анизотропных средах: Учебное пособие по курсу «Физика волновых процессов». Спец.010801 – Радиофизика и электроника/ Л.И.Аверина, Воронеж.гос.ун-т. – Воронеж: Б.у., 2005. – 36с.</i>
4	<i>Аверина Л.И. Распространение монохроматических волн в нелинейных средах : учебное пособие для вузов : [для студ. 3 к. д/о и 5 к. в/о физ. Фак. Воронеж. Гос. Ун-та, сдающих экзамен по курсу « Физика волновых процессов» специальности 010801 – Радиофизика и электроника] / Л.И. Аверина, А.А. Лещинский ; Воронеж. Гос. Ун-т. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. — 35 с.</i>
5	<i>Аверина Л.И. Распространение волновых пучков и волновых пакетов в нелинейных диспергирующих средах [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студ. бакалавриата 4-го курса очной и очно-заоч. форм обучения физ. фак.; для направления 03.03.03 - Радиофизика] / Л.И. Аверина, Е.П. Никитенко ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ,</i>

	2018. — Загл. с титула экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-208.pdf >
6	Трубецков Д.И. Линейные колебания и волны: Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по физич. спец./ Д.Н.Трубецков, А.Г.Рожнев. — М.:Физматлит, 2001. — 415с.
7	Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. Пособие для студ. радиотехн. спец. вузов/ В.В.Никольский, Т.И.Никольская. — 3-е изд. — М.:Наука, 1989. — 543с.
8	Кузусев А.М. Основы радиоэлектроники: Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб.пособие для студ.вузов, обуч.по спец. «Радиотехника»/ А.М.Кузусев, Н.С.Голубева, В.Н.Митрохин.-М.:Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2001. — 367с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
9	Проектирование СВЧ-устройств с помощью пакета программ SERENADE 8.0: Пособие по спец. 013800 «Радиофизика и электроника», 071900 «Информ. системы и технологии»/ Ворон. Гос.ун-т; Сост.: Алгазинов Э.К. и др. — Воронеж: Б.и., 2003. — 23с.
10	Кузнецов А.П. Линейные колебания и волны: Сб.задач: Учеб.пособие для студ.вузов, обуч. по физич. спец./ А.П.Кузнецов, А.Г.Рожнев, Д.И.Трубецков. — М.:Физматлит, 2008. — 127с.
11	Инфельд, Эрик. Нелинейные волны, солитоны и хаос / Э.Инфельд, Дж.Роуландс; пер.с англ. под ред. Е.А.Кузнецова. — Изд.2-е. — М.:Физматлит, 2005. — 478с.
12	Микроэлектронные устройства СВЧ: Учеб пособие для радиотехн. спец. вузов/ Г.И.Веселов и др.: Под ред.Г.И.Веселова. — М.:Высшая школа, 1988. — 279с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
13.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus
14.	Электронно-библиотечная система «ЮПАИТ» : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457
15.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308
16.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1307
17.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1306

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Аверина Л.И. Распространение волн в диспергирующих средах: Учебное пособие по курсу «Физика волновых процессов». Спец.013800 – Радиофизика и электроника/ Л.И.Аверина, Воронеж.гос.ун-т. — Воронеж: Б.и., 2004. — 35с.
2.	Аверина Л.И. Распространение волн в анизотропных средах: Учебное пособие по курсу «Физика волновых процессов». Спец.010801 – Радиофизика и электроника/ Л.И.Аверина, Воронеж.гос.ун-т. — Воронеж: Б.и., 2005. — 36с.
3.	Аверина Л.И. Распространение монохроматических волн в нелинейных средах : учебное пособие для вузов : [для студ. 3 к. д/о и 5 к. в/о физ. Фак. Воронеж. Гос. Ун-та, сдающих экзамен по курсу «Физика волновых процессов» специальности 010801 – Радиофизика и электроника] / Л.И. Аверина, А.А. Лещинский ; Воронеж. Гос. Ун-т. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. — 35 с.
4.	Аверина Л.И. Распространение волновых пучков и волновых пакетов в нелинейных диспергирующих средах [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студ. бакалавриата 4-го курса очной и очно-заоч. форм обучения физ. фак.; для направления 03.03.03 - Радиофизика] / Л.И. Аверина, Е.П. Никитенко ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. — Загл. с титула экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-208.pdf >

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

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютер RAMEC МТЛ5-6400/8GB/500GB – 20 шт.

Коммутатор HPJ9981A – 1 шт.

Комплекс для проведения лекций, семинаров и презентаций – 1 шт.

Проектор Optoma W402 – 1шт.

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.	Волновое уравнение. Плоские волны в однородной изотропной среде	ПК-1.1	Применяет знания о методах исследований, методах структурирования естественно-научной информации, современных концепциях в области физики и радиофизики при решении профессиональных задач	Тесты
2.	Распространение волн в диспергирующих средах	ПК-3.1	Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик).	Тесты Лабораторные работы
3.	Распространение волн в анизотропных средах	ПК-3.2	Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение.	Тесты Лабораторные работы
4.	Распространение волн в нелинейных средах	ПК-3.3	Оформляет результаты лабораторного или компьютерного эксперимента в соответствии с действующими требованиями.	Тесты Лабораторные работы
5.	Теория дифракции. Распространение ограниченных волновых пучков	ПК-4.1	Владеет фундаментальными знаниями физических основ и принципов функционирования радиоэлектронных приборов и систем.	Тесты Лабораторные работы
6.	Самовоздействие волновых пучков и волновых пакетов в нелинейных средах	ПК-4.2	Применяет знания в области теории электрических колебаний и электромагнитных волн для решения профессиональных задач.	Тесты
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				КИМ

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: тесты по лекционному материалу, лабораторные работы.

Темы лабораторных работ:

1. Рассчитать и отобразить дисперсионные характеристики неполярных диэлектриков.
2. Рассчитать и отобразить дисперсионные характеристики полярных диэлектриков.
3. Рассчитать и отобразить диэлектрическую проницаемость сред со свободными зарядами.
4. Рассчитать тензор диэлектрической проницаемости магнитоактивной плазмы.
5. Рассчитать тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита.
6. Рассчитать и отобразить дисперсионные характеристики нелинейных сред для генерации высших гармоник.
7. Рассчитать требуемые параметры электромагнитных волн и сред для возможности параметрического усиления и генерации волн в нелинейных средах.
8. Рассчитать требуемые параметры электромагнитных волн и сред для возможности управления амплитудой и фазовой скоростью волны в нелинейной среде.

Тесты выполняются студентами самостоятельно с применением дистанционных образовательных технологий на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru. Количество попыток выполнения теста не ограничено. Переход к выполнению следующего теста возможен только при условии успешного прохождения предыдущего. Лабораторные работы выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующей лабораторной работы возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

Для успешного выполнения теста необходимо набрать 100 баллов.

За лабораторную работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс расчёта основных параметров и характеристик электромагнитных волн в различных средах в математическом пакете, дать физическое объяснения полученным результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольно-измерительные материалы.

Вопросы к экзамену:

1. Волновое уравнение
2. Уравнения Максвелла в комплексной форме
3. Энергия электромагнитного поля
4. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде
5. Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах
6. Дисперсия электромагнитных волн в диэлектриках
7. Диэлектрическая проницаемость сред со свободными зарядами
8. Радиоволны в ионосфере, диапазонные особенности распространения радиоволн
9. Волновой пакет в диспергирующей среде
10. Распространение гауссова импульса с квадратичной модуляцией фазы в диспергирующей среде
11. Распространение волн в анизотропных средах. Общие закономерности
12. Распространение плоских волн в кристаллических средах
13. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в постоянном магнитном поле
14. Распространение плоских волн в магнитоактивной плазме
15. Тензор магнитной проницаемости феррита в постоянном магнитном поле
16. Продольное распространение электромагнитных волн в феррите. Эффект Фарадея
17. Поперечное распространение электромагнитных волн в феррите. Эффект Коттон-Мутона
18. Гиротропия ионосферы
19. Уравнения для нелинейных волн.
20. Метод медленно изменяющихся амплитуд. Условие фазового синхронизма

21. Генерация второй гармоники
22. Трёхчастотные взаимодействия
23. Самовоздействие волн. Нелинейная дисперсия и нелинейное поглощение
24. Метод Кирхгофа в теории дифракции
25. Выбор функции Грина для интеграла Кирхгофа
26. Угловой спектр плоских волн
27. Параболическое уравнение в теории дифракции и его применение для точечного источника
28. Дифракция гауссова волнового пучка
29. Дифракционные эффекты в сфокусированных пучках
30. Самовоздействие волновых пучков. Квазиоптическое приближение
31. Нелинейная рефракция при безабберационном и абберационном самовоздействии пучков
32. Дифракция волн в нелинейной среде
33. Волноводное распространение пучков
34. Самокомпрессия волновых пакетов. Солитоны огибающих

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя по 2 теоретических вопроса, позволяющих оценить уровень полученных знаний.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом физики волновых процессов;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) владение навыками расчёта основных характеристик электромагнитной волн и сред в пакетах математического моделирования

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики волновых процессов</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при решении практических задач в области физики волновых процессов.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области физики волновых процессов</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области физики волновых процессов</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>