

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования, первый  
проректор  
  
\_\_\_\_\_ Т. А. Халупав  
подпись  
« 31 » \_\_\_\_\_ 24 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Б1.В.02 Волновые процессы**

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.04.03 Радиофизика  
*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Квантовые устройства и  
радиофотоника  
*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 Волновые процессы составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.04.03 Радиофизика профиль «Квантовые устройства и радиофотоника»

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

В.В. Галуцкий, доцент, д.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 Волновые процессы утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий протокол № 8 «16» апреля 2024 г. Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н., профессор Лебедев К.А.



ПОДПИСЬ

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 5 «18» апреля 2024 г. Председатель УМК факультета, д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М.



Рецензенты:

Бабенко И.Д., ведущий специалист ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»

Понетаева И.Г., старший инженер ПАО МТС

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

углубленное изучение волновых процессов распространения электромагнитного поля в различных средах

### 1.2 Задачи дисциплины

изучить общие вопросы теории волновых явлений разнообразной физической природы с акцентом на анализ волнового уравнения и процессы распространения волн в различных средах

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.02 Волновые процессы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Перечень предшествующих дисциплин, необходимых для ее изучения: базовые дисциплины физики и математики уровня бакалавриата. Перечень последующих дисциплин, для которых данная дисциплина является предшествующей в соответствии с учебным планом: Лазерная спектроскопия, Композитные материалы в радиофотонике Функциональные материалы радиофотоники, Терагерцовая электроника.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
<b>ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности</b>	
ИОПК-3.1. Умеет использовать информационные технологии, компьютерные сети и программные продукты для решения задач в профессиональной деятельности	Знает принципы работы информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения задач в области радиофизики
	Умеет выбирать конкретные решения в области информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения
	Применяет различные варианты информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения задач в профессиональной деятельности радиофизических исследований
<b>ПК-2 Способен оптимизировать параметры технологических операций</b>	
ИПК-2.2. Способен использовать базовые технологические процессы наноэлектроники и методы физико-технологического моделирования процессов и изделий наноэлектроники.	Знать методы физико-технологического моделирования волновых процессов для изделий микро и наноэлектроники
	Уметь определять степень влияния технологических процессов компонентов микро- и наноэлектроники на передающие характеристики волновых процессов радиосистем
	Владеть базовыми знаниями технологии формирования волновых процессов в системах с компонентами микро- и наноэлектроники
<b>ПК-6 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем</b>	
ИПК-6.4 Способен решать задачи аналитического характера, предполагающие выбор и многообразие актуальных способов решения задач	Знать методы и способы анализа параметров информационных волновых процессов
	Уметь ставить и решать задачи аналитического характера, предполагающих многообразие актуальных способов решения в области волновых процессов
	Владеть инструментарием решения задач с выбором и многообразием актуальных способов решения задач в

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
	области волновых процессов

*\*Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		1 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>76,3</b>	<b>46,3</b>	<b>30</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>76</b>	<b>46</b>	<b>30</b>		
занятия лекционного типа	14	30	16		
лабораторные занятия					
практические занятия	16	16	14		
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>149</b>	<b>97,7</b>	<b>51,3</b>		
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	40	40			
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	109	57,7	51,3		
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>	<b>26,7</b>		<b>26,7</b>		
Подготовка к экзамену	26,7		26,7		
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>252</b>	<b>252</b>	<b>144</b>	<b>108</b>	
	<b>76,3</b>	<b>76,3</b>	<b>46,3</b>	<b>30</b>	
	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 1 и 2 семестре (*очная форма обучения*)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Физико-математическое описание волновых процессов	18	6	2		10
2.	Волны в недиспергирующих средах	18	6	2		10
3.	Волны в диспергирующих средах	20	6	4		10
4.	Электромагнитные волны в анизотропных средах	65	6	4		55
5.	Волны в неоднородных средах	20,7	6	4		12,7
6.	Нелинейные явления при распространении волн	46	8	8		26
7.	Элементы теории излучения волн	41,3	8	6		25,3
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	227	46	30		149
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	26,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	252				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Физико-математическое описание волновых процессов	Понятие о волнах. Примеры волновых движений. Плоские волны. Волновое уравнение. Однородные и неоднородные волны. Векторные волны. Поляризация. Цилиндрические и сферические волны	опрос
2.	Волны в недиспергирующих средах	Акустические волны в жидкостях и газах. Отражение волн от границ раздела. Волны на поверхности жидкости. Упругие волны в твердом теле. Продольные и сдвиговые волны. Поверхностные волны. Плоские электромагнитные волны в изотропных средах. Показатели преломления и поглощения. Глубина проникновения	опрос
3.	Волны в диспергирующих средах	Понятие о временной и пространственной дисперсии. Дисперсионное уравнение. Модулированные волны и сигналы. Групповая скорость. Волновые пакеты. Дисперсия в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Затухание из-за столкновений. Поперечные и продольные волны в плазме. Бесстолкновительное затухание. Волны в системе пучок — плазма. Понятие абсолютной и конвективной неустойчивости. Особенности распространения волновых пучков. Дифракция. Угловой спектр плоских волн. Распространение волн в периодических структурах. Волны в электрических цепочках	опрос
4.	Электромагнитные волны в анизотропных средах	Понятие анизотропии. Общие закономерности. Лучевой и волновой векторы. Одноосные и двухосные кристаллы. Двойное лучепреломление. Магнитоактивная плазма. Тензор диэлектрической проницаемости. Гиротропные среды. Обыкновенные и необыкновенные волны. Особенности распространения электромагнитных волн в ионосферной и космической плазме. Магнитогидродинамические волны	опрос
5.	Волны в неоднородных средах	Волны в плавно неоднородных средах. Метод геометрической оптики. Лучевые траектории. Уравнения эйконала и переноса поля для электромагнитных волн.	опрос

		Точное решение волнового уравнения для линейного слоя. Рефракция радиоволн в тропосфере и ионосфере. Ионосферное распространение декаметровых волн. Критические частоты. Волноводное распространение волн. Метод геометрической оптики для слоисто-неоднородной магнитоактивной плазмы	
6.	Нелинейные явления при распространении волн	Волны конечной амплитуды в средах без дисперсии. Простые волны Римана. Формирование разрывов. Ударные волны. Структура разрывов. Волны конечной амплитуды в диссипативной среде. Структура ударной волны. Нелинейные волны в средах с дисперсией. Нелинейное взаимодействие волн в электродинамике и акустике. Генерация гармоник. Условия синхронизма. Трехволновое взаимодействие. Некоторые механизмы нелинейности волн в плазме. Самовоздействие и кросс-модуляция	опрос
7.	Элементы теории излучения волн	Акустические излучатели. Монополи. Элементарный электрический излучатель. Полуволновой диполь. Виды антенн, применяемых в радиодиапазоне. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Функция ослабления. Приближенные граничные условия. Структура поля радиоволны у поверхности земли. Функция ослабления для вертикального диполя. Отражательные формулы. Зоны видимости радиолокационных станций	опрос

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Физико-математическое описание волновых процессов	Понятие о волнах. Примеры волновых движений. Плоские волны. Волновое уравнение. Однородные и неоднородные волны. Векторные волны. Поляризация. Цилиндрические и сферические волны	Решение задач
2.	Волны в недиспергирующих средах	Акустические волны в жидкостях и газах. Отражение волн от границ раздела. Волны на поверхности жидкости. Упругие волны в твердом теле. Продольные и сдвиговые волны. Поверхностные волны. Плоские электромагнитные волны в изотропных средах. Показатели преломления и поглощения. Глубина проникновения	Решение задач
3.	Волны в диспергирующих средах	Понятие о временной и пространственной дисперсии. Дисперсионное уравнение. Модулированные волны и сигналы. Групповая скорость. Волновые пакеты. Дисперсия в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Затухание из-за столкновений. Поперечные и продольные волны в плазме. Бесстолкновительное затухание. Волны в системе пучок — плазма. Понятие абсолютной и конвективной неустойчивости. Особенности распространения волновых пучков. Дифракция. Угловой спектр плоских волн. Распространение волн в периодических структурах. Волны в электрических цепочках	Решение задач
4.	Электромагнитные волны в анизотропных средах	Понятие анизотропии. Общие закономерности. Лучевой и волновой векторы. Одноосные и двухосные кристаллы. Двойное лучепреломление. Магнитоактивная плазма. Тензор диэлектрической проницаемости. Гиротропные среды. Обыкновенные и необыкновенные волны. Особенности распространения электромагнитных волн в ионосферной и космической плазме. Магнитогидродинамические волны	Решение задач
5.	Волны в неоднородных средах	Волны в плавно неоднородных средах. Метод геометрической оптики. Лучевые траектории. Уравнения эйконала и переноса поля для электромагнитных волн. Точное решение волнового уравнения для линейного слоя.	Решение задач

		Рефракция радиоволн в тропосфере и ионосфере. Ионосферное распространение декаметровых волн. Критические частоты. Волноводное распространение волн. Метод геометрической оптики для слоисто-неоднородной магнитоактивной плазмы	
6.	Нелинейные явления при распространении волн	Волны конечной амплитуды в средах без дисперсии. Простые волны Римана. Формирование разрывов. Ударные волны. Структура разрывов. Волны конечной амплитуды в диссипативной среде. Структура ударной волны. Нелинейные волны в средах с дисперсией. Нелинейное взаимодействие волн в электродинамике и акустике. Генерация гармоник. Условия синхронизма. Трехволновое взаимодействие. Некоторые механизмы нелинейности волн в плазме. Самовоздействие и кросс-модуляция	Решение задач
7.	Элементы теории излучения волн	Акустические излучатели. Монополи. Элементарный электрический излучатель. Полуволновой диполь. Виды антенн, применяемых в радиодиапазоне. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Функция ослабления. Приближенные граничные условия. Структура поля радиоволны у поверхности земли. Функция ослабления для вертикального диполя. Отражательные формулы. Зоны видимости радиолокационных станций	Решение задач

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов) не предусмотрено

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	1. Иродов, И. Е. Волновые процессы. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 265 с. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135487">https://e.lanbook.com/book/135487</a> 2. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/211076">https://e.lanbook.com/book/211076</a> 3. Костюков, Николай Сергеевич. Волновая теория диэлектриков / Н. С. Костюков, С. М. Соколова, Н. В. Еремина ; [отв. ред. Н. С. Костюков]. - Благовещенск : [ПКИ Зея], 2012 4. Калитеевский, Николай Иванович. Волновая оптика : учебное пособие для студентов вузов / Н. И. Калитеевский. - Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань , 2008
2	Подготовка к выполнению расчётно-	1. Трубецков, Дмитрий Иванович. Линейные колебания и волны : учебное пособие для студентов вузов / Д. И.

графической работы	<p>Трубецков, А. Г. Рожнев. - М. : Физматлит, 2001</p> <p>2. Кузнецов, Александр Петрович. Линейные колебания и волны : сборник задач : учебное пособие для студентов вузов / А. П. Кузнецов, А. Г. Рожнев, Д. И. Трубецков ; Федеральная целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования фундамент. науки на 1997-2000 годы". - М. : Физматлит, 2001.</p> <p>3. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие] / [Д. Ю. Муромцев и др.]. - Изд. 2-е, доп. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014.</p> <p>4. Кравченко, Виктор Филиппович. Преобразование и излучение электромагнитных волн открытыми резонансными структурами : моделирование и анализ переходных и установившихся процессов / В. Ф. Кравченко, Ю. К. Сиренко, К. Ю. Сиренко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011</p>
--------------------	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

## 8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.02 Волновые процессы».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-3.1. Умеет использовать информационные технологии, компьютерные сети и программные продукты для решения задач в профессиональной деятельности	Знает принципы работы информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения задач в области радиофизики Умеет выбирать конкретные решения в области информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения задач в профессиональной деятельности Применяет различные варианты информационных технологий, компьютерных сетей и программных продуктов для решения задач в профессиональной деятельности радиофизических исследований	Опрос Решение задач	Вопрос на экзамене 1-15
2	ИПК-2.2. Способен использовать базовые технологические процессы наноэлектроники и методы физико-технологического моделирования процессов и изделий наноэлектроники.	Знать методы физико-технологического моделирования волновых процессов для изделий микро и наноэлектроники Уметь определять степень влияния технологических процессов компонентов микро- и наноэлектроники на передающие характеристики волновых процессов радиосистем Владеть базовыми знаниями технологии формирования волновых процессов в системах с	Опрос Решение задач	Вопрос на экзамене 16-31

		компонентами микро- и нанoeлектроники		
3	ИПК-6.4 Способен решать задачи аналитического характера, предполагающие выбор и многообразие актуальных способов решения задач	Знать методы и способы анализа параметров информационных волновых процессов Уметь ставить и решать задачи аналитического характера, предполагающих многообразие актуальных способов решения в области волновых процессов Владеть инструментарием решения задач с выбором и многообразием актуальных способов решения задач в области волновых процессов	Опрос Решение задач	Вопрос на экзамене 32-47

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Примерный перечень вопросов и заданий**

**Расчетно-графическое задание**

*Вариант 1*

*Монохроматический пучок света падает нормально на поверхность плоскопараллельной пластинки толщиной  $h$ . Коэффициент поглощения вещества пластинки изменяется вдоль нормали к ней от значения по некоторому закону (градиент)  $k_1$  до  $k_2$ . Коэффициент отражения от каждой поверхности считать одинаковым и равным  $\alpha$ . Пренебрегая вторичными отражениями, найти коэффициент пропускания для данной пластинки.*

*Вариант 2*

*Из некоторого прозрачного вещества изготовили две пластинки: одну толщиной  $h_1$ , другую толщиной  $h_2$ . Введя поочередно эти пластинки перпендикулярно в пучок монохроматического света, обнаружили, что первая пластинка пропускает  $I_1$  светового потока, а вторая —  $I_2$ . Пренебрегая вторичными отражениями, найти коэффициент поглощения  $k$  этого вещества. Что произойдет, если толщина пластинок будет одинаковой, распределение поглощения внутри пластинок одинаковым (например нарастающим), расположение пластинок: сначала край с большим поглощением соединили с краем пластинки с меньшим поглощением, затем одинаковыми краями вместе?*

*Вариант 3*

*Показатель преломления вещества для близких длин волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  (в вакууме) равен соответственно  $n_1$  и  $n_2$ . Определить групповую скорость света в области данных длин волн.*

**Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)**

1. Определение волнового процесса. Критерий перехода от колебательных движений к волновым
2. Вывод волнового уравнения. Уравнение Гельмгольца. Процессы, описываемые им.
3. Определение поперечных волн. Распространение в жидкости поперечных волн, возбуждаемых колеблющейся стенкой.

4. Интенсивность звука. Акустическое сопротивление среды.
5. Падение акустической волны на плоскую границу раздела двух сред. Волновое уравнение для упругих волн в твердом теле.
6. Плоские электромагнитные волны в изотропной однородной среде. Структура электромагнитного поля в изотропной однородной среде.
7. Показатель поглощения и показатель преломления электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга.
8. Поляризация электромагнитных волн. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела.
9. Распространение электромагнитной волны в диспергирующих средах. Физические причины появления дисперсии. Виды дисперсии.
10. Цели и виды модуляции волн.
11. Волновой пакет. Определение. Фазовая и групповая скорость волнового пакета. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты электромагнитной волны.
12. Анизотропные среды. Распространение сигнала. Вид материальных уравнений для электромагнитных волн в анизотропной среде.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает временные и пространственные свойства взаимной когерентности в процессе распространения сигнала, феноменологическая модель лазера, практическое использование и теоретическое описание спектроскопия когерентного рассеяния света, операторные уравнения электромагнитного поля, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять конструкционные параметры и физические принципы работы устройств, учитывающих временные и пространственные свойства когерентности в процессе распространения сигнала, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по временным и пространственным свойствам когерентности в процессе распространения сигнала, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)**

1. Определение волнового процесса
2. Критерий перехода от колебательных движений к волновым
3. Вывод волнового уравнения
4. Уравнение Гельмгольца. Процессы, описываемые им.
5. Определение поперечных волн.
6. Распространение в жидкости поперечных волн, возбуждаемых колеблющейся стенкой.
7. Интенсивность звука.
8. Акустическое сопротивление среды.
9. Падение акустической волны на плоскую границу раздела двух сред.
10. Волновое уравнение для упругих волн в твердом теле.
11. Плоские электромагнитные волны в изотропной однородной среде.
12. Структура электромагнитного поля в изотропной однородной среде.
13. Показатель поглощения и показатель преломления электромагнитной волны.
14. Вектор Умова-Пойнтинга.

15. Поляризация электромагнитных волн.
16. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела.
17. Распространение электромагнитной волны в диспергирующих средах.
18. Физические причины появления дисперсии.
19. Виды дисперсии.
20. Цели и виды модуляции волн.
21. Волновой пакет. Определение.
22. Фазовая и групповая скорость волнового пакета.
23. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты электромагнитной волны.
24. Анизотропные среды. Распространение сигнала.
25. Вид материальных уравнений для электромагнитных волн в анизотропной среде.
26. Дифракция.
27. Распространение волн в периодических структурах.
28. Одноосные и двухосные кристаллы. Двойное лучепреломление.
29. Тензор диэлектрической проницаемости.
30. Волны в плавно неоднородных средах.
31. Уравнения эйконала и переноса поля для электромагнитных волн.
32. Рефракция радиоволн в тропосфере и ионосфере.
33. Ионосферное распространение декаметровых волн.
34. Волноводное распространение волн.
35. Метод геометрической оптики для слоисто-неоднородной магнитоактивной плазмы
36. Волны конечной амплитуды в средах без дисперсии.
37. Ударные волны.
38. Волны конечной амплитуды в диссипативной среде.
39. Нелинейное взаимодействие волн в электродинамике и акустике.
40. Генерация гармоник. Условия синхронизма.
41. Трехволновое взаимодействие.
42. Самовоздействие и кросс-модуляция
43. Акустические излучатели. Монополи.
44. Элементарный электрический излучатель.
45. Полуволновой диполь.
46. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности.
47. Зоны видимости радиолокационных станций

#### **Критерии оценивания результатов обучения**

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания по экзамену</i>
<i>Высокий уровень «5» (отлично)</i>	<i>оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.</i>
<i>Средний уровень «4» (хорошо)</i>	<i>оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>

Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.
---	--

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

### 5.1. Учебная литература

1. Иродов, И. Е. Волновые процессы. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 265 с. - URL:

<https://e.lanbook.com/book/135487>

2. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - URL:

<https://e.lanbook.com/book/211076>

3. Костюков, Николай Сергеевич. Волновая теория диэлектриков / Н. С. Костюков, С. М. Соколова, Н. В. Еремина ; [отв. ред. Н. С. Костюков]. - Благовещенск : [ПКИ Зея], 2012

4. Кузнецов, Ю. И. Моделирование колебательных систем в природных средах / Ю. И. Кузнецов ; РАН, Сиб. отд-ние ; Ин-т вычислительной математики и математической геофизики. - Новосибирск : [Изд-во ИВМиМГ СО РАН], 2008.

5. Карлов, Николай Васильевич. Колебания, волны, структуры / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003.

6. Трубецков, Дмитрий Иванович. Линейные колебания и волны : учебное пособие для студентов вузов / Д. И. Трубецков, А. Г. Рожнев. - М. : Физматлит, 2001

7. Кузнецов, Александр Петрович. Линейные колебания и волны : сборник задач : учебное пособие для студентов вузов / А. П. Кузнецов, А. Г. Рожнев, Д. И. Трубецков ;

Федеральная целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования фундамент. науки на 1997-2000 годы". - М. : Физматлит, 2001.

8. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие] / [Д. Ю. Муромцев и др.]. - Изд. 2-е, доп. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014.

9. Кравченко, Виктор Филиппович. Преобразование и излучение электромагнитных волн открытыми резонансными структурами : моделирование и анализ переходных и установившихся процессов / В. Ф. Кравченко, Ю. К. Сиренко, К. Ю. Сиренко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011

10. Калитеевский, Николай Иванович. Волновая оптика : учебное пособие для студентов вузов / Н. И. Калитеевский. - Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008

## 5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

### Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

#### КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

### 6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Физико-математическое описание волновых процессов	10	Устный ответ, текстовый документ.	3
2.	Волны в недиспергирующих средах	10	Устный ответ, текстовый документ.	3
3.	Волны в диспергирующих средах	10	Устный ответ,	3

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
			текстовый документ.	
4.	Электромагнитные волны в анизотропных средах	15	Устный ответ, текстовый документ..	3
5	Волны в неоднородных средах	12,7	Устный ответ, текстовый документ.	3
6	Нелинейные явления при распространении волн	26	Устный ответ, текстовый документ	8
7	Элементы теории излучения волн	25,3	Устный ответ, текстовый документ	7
	<b>Итого</b>	109		<b>30</b>

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

#### **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

*По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.*

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: рабочие станции	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. Matlab

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 207С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. Matlab