

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-  
шего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.



подпись

27 » \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Б1.В.01 Экспериментальные методы в квантовой радиофизике**

Направление подготовки/специальность \_

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) / специализация

Квантовые устройства и радиофотоника

Форма обучения очная

Квалификация магистр по направлению радиофизика

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.01 Экспериментальные методы в квантовой радиофизике  
составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным  
стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки /  
специальности 03.04.03 Радиофизика

Программу составил(и):

В.В. Галуцкий, доцент,

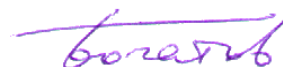
кандидат физико-математических наук, доцент

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание

  
\_\_\_\_\_ подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета/инсти-  
тута физико-технического факультета  
протокол № 8 «15» апреля 2022 г.

Председатель УМК факультета/института Н.М. Богатов



\_\_\_\_\_ фамилия, инициалы

\_\_\_\_\_ подпись

Рецензенты:

Солохненко А.М., начальник научно-производственного комплекса АО «НПК  
«РИТМ»

Григорьян Л.Р., Генеральный директор ООО НПФ «Мезон»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

**1.1 Цель освоения дисциплины:** изучить явления, сопровождаемые излучением и поглощением электромагнитных волн радиочастотного диапазона квантовыми системами: атомами, молекулами и более сложными конденсированными системами.

**1.2 Задачи дисциплины:** изучение принципов работы и характеристик квантовых генераторов (лазеры), резонансных явлений в атомных структурах; рассмотреть принципы и устройства управления лазерным излучением и эффекты, на которых они основываются; изучить базовые нелинейные эффекты, используемые в оптике.

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

Дисциплина «Б1.В.01 Экспериментальные методы в квантовой радиофизике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам Оптическое материаловедение, Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях. Знания, приобретенные при изучении дисциплины, необходимы для применения большого количества разнообразных средств измерений, в том числе узкоспециализированных, для поддержания характеристик систем передачи сигналов в соответствии с требованиями стандартов связи.

### 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 профессиональных компетенций (ОПК-1, ПК-4, ПК-5; ПК-6)

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

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
<b>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности</b>	
ИОПК-1.1 – Умеет применять фундаментальные знания в области радиофизических методов исследований при решении научно-исследовательских задач	Знает основные радиофизические методы исследования
	Умеет применять основные методы радиофизических исследований
	Применяет основные методы радиофизических исследований при решении научно-исследовательских задач
<b>ПК-4 Способен к организации и проведению экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники</b>	
ИПК-4.4.– Способен планировать экспериментальные работы и контролировать процесс их проведения с использованием контрольно-измерительного и испытательного оборудования для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники	Знает принципы работы контрольно-измерительного и испытательного оборудования для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов и технологических процессов
	Умеет планировать экспериментальные работы и контролировать процесс их проведения
	Владеет контрольно-измерительным и испытательным оборудованием для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов, технологических процессов
<b>ПК-5 Способен разрабатывать техническое задание на экспериментальную проверку технологических процессов и испытаний выбранных материалов в рамках разработанной концепции, утвержденных экспериментальных методик</b>	

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
ИПК-5.3 – Владеет методами диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурированных материалов	Знает методы контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники
	Умеет выбирать средства контроля параметров
	Владеет экспериментальными методами контроля параметров разрабатываемых и исследуемых приборов квантовой электроники и фотоники
<b>ПК-6 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем</b>	
ИПК -6.2 – Способен разрабатывать методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации	Знать методы и методики обобщения экспериментальных результатов
	Уметь использовать различные методы обработки и обобщения результатов экспериментальных исследований
	Владеть навыками проведения экспериментов и наблюдений

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице  
(для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		11	—		
<b>Контактная работа, в том числе:</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>30</b>	<b>30</b>			
Занятия лекционного типа	14	14	-	-	-
Лабораторные занятия	16	16	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>					
Курсовая работа	-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала	77,8	77,8	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	-	-	-	-	-
Реферат	-	-	-	-	-
Подготовка к текущему контролю	-	-	-	-	-
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	-	-			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	-	-
	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>		
	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Теоретические основы квантовой радиофизики	13	2			11
2.	Взаимодействие электромагнитного поля с веществом	18	2		4	12
3.	Принципы работы лазеров (квантовых генераторов)	10,8	2			8,8
4.	Полупроводниковые лазеры и лазеры на диэлектрических кристаллах; волоконные лазеры	18	2		4	12
5.	Приборы управления лазерным излучением	18	2		4	12
6.	Нелинейные оптические эффекты	18	2		4	12
7.	Современные требования к характеристикам квантовых генераторов	12	2			10
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>		107,8	14		16	77,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2				
Подготовка к текущему контролю						
Общая трудоемкость по дисциплине		108				

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

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Теоретические основы квантовой радиофизики	Экскурс в атомно-молекулярную теорию вещества. Корпускулярно-волновой дуализм. Постулаты квантовой механики. Свойства операторов наблюдаемых величин. Электронные состояния атомов. Строение молекулы. Колебательные и вращательные состояния молекул. Внутренняя структура твердого тела. Зонная теория твердого тела. Динамика внутризонного движения. Эффективная масса. Матричный аппарат квантовой механики. Описание ансамблей частиц матрицей плотности. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	Взаимодействие электромагнитного поля с веществом	Электрическое дипольное взаимодействие. Мультипольное разложение энергии взаимодействия излучения со средой. Уравнение для матрицы плотности двухуровневой системы. Электрические дипольные переходы. Поляризация и разность населенностей при электродипольных переходах. Линейное взаимодействие электромагнитного поля с веществом. Форма спектральной линии. Соотношения Крамерса-Кронига. Магнитное дипольное взаимодействие. Магнитный дипольный момент частиц. Магнитные дипольные переходы. Матрицы Паули. Уравнения	Анкетирование, опрос, практические задания

		Блоха. Парамагнетики. Ферромагнетики. Домены и кривая гистерезиса.	
3.	Принципы работы лазеров (квантовых генераторов)	Квантовые усилители и генераторы. Инверсия населенностей. Линейное усиление электромагнитных волн. Регенеративное усиление. Влияние эффекта насыщения на характеристики квантового усилителя. Условия самовозбуждения и мощность незатухающих колебаний. Уравнение стационарного режима квантового генератора. Уравнения колебаний в резонаторе. Режим малых колебаний. Укороченные уравнения квантового генератора. Динамика одномодового квантового генератора. Многомодовый режим. Синхронизация мод	Анкетирование, опрос, практические задания
4.	Полупроводниковые лазеры и лазеры на диэлектрических кристаллах; волоконные лазеры	Классификация квантовых устройств. Газовые квантовые генераторы и усилители. Квантовые устройства на твердом теле. Полупроводниковые квантовые генераторы. Жидкостные лазеры. Квантовые генераторы на свободных электронах. Квантовые стандарты частоты и времени. Неравновесное состояние полупроводника	Анкетирование, опрос, практические задания
5.	Приборы управления лазерным излучением	Анизотропия среды. Влияние симметрии кристаллов на вид материальных тензоров. Симметрия кристаллов. Вид тензора линейной диэлектрической восприимчивости. Эффект насыщения. Эффект Фарадея. Оптический эффект Керра. Явление самофокусировки. Оптическая бистабильность.	Анкетирование, опрос, практические задания
6.	Нелинейные оптические эффекты	Нелинейное взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Методы анализа нелинейного взаимодействия электромагнитных волн со средой. Феноменологическое описание нелинейных эффектов. Классификация нелинейных эффектов. Кубичные нелинейные эффекты. Нелинейное поглощение. Генерация третьей гармоники. Многофотонные процессы. Обращение волнового фронта. Квадратичные нелинейные эффекты. Генерация второй гармоники. Линейный электрооптический эффект. Электрооптический амплитудный модулятор. Уравнения связанных волн. Параметрическое усиление. Параметрический генератор	Анкетирование, опрос, практические задания
7.	Современные требования к характеристикам квантовых генераторов	Прямые цифровые синтезаторы частоты. Высокостабильные опорные генераторы. Стандартные генераторы частоты и времени. Прецизионные кварцевые генераторы и генераторы СВЧ. Опорные генераторы на MEMS резонаторах	Анкетирование, опрос, практические задания

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Не предусмотрено

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	3	4
1.	Взаимодействие электромагнитного поля с веществом	Отчет по лабораторной работе
2.	Полупроводниковые лазеры и лазеры на диэлектрических кристаллах; волоконные лазеры	Отчет по лабораторной работе
3.	Приборы управления лазерным излучением	Отчет по лабораторной работе
4.	Нелинейные оптические эффекты	Отчет по лабораторной работе

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.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не запланированы.

### 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	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210671">https://e.lanbook.com/book/210671</a> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 2. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 316 с. — ISBN 978-5-507-44512-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/233291">https://e.lanbook.com/book/233291</a> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Подготовка к выполнению лабораторных работ	1. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 316 с. — ISBN 978-5-507-44512-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/233291">https://e.lanbook.com/book/233291</a>

		(дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 2. Ишанин, Г. Г. Приемники оптического излучения : учебное пособие / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1048-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/211730">https://e.lanbook.com/book/211730</a> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей..
--	--	--

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.

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.

### **3. Образовательные технологии.**

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.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.01 Экспериментальные методы в квантовой радиофизике».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.



### 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-1.1 – Умеет применять фундаментальные знания в области радиофизических методов исследований при решении научно-исследовательских задач	Знать основные радиофизические методы исследования.		Вопрос на экзамене 1-3
2		Уметь применять основные методы радиофизических исследований. Применять основные методы радиофизических исследований при решении научно-исследовательских задач	Отчет по лабораторной работа №1- по разделу 1	Вопрос на экзамене 4-5
3	ИПК-4.4.– Способен планировать экспериментальные работы и контролировать процесс их проведения с использованием контрольно-измерительного и испытательного оборудования для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники	Знать принципы работы контрольно-измерительного и испытательного оборудования для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов и технологических процессов Уметь планировать экспериментальные работы и контролировать процесс их проведения Владеть контрольно-измерительным и испытательным оборудованием для проведения экспериментальных работ по отработке новых материалов, технологических процессов	Отчет по лабораторной работа №3 по разделу 3	Вопрос на экзамене 6-9
4	ИПК-5.3 – Владеет методами диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурированных материалов	Знать методы контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники Уметь выбирать средства контроля параметров Владеть экспериментальными методами контроля параметров разрабатываемых и исследуемых приборов квантовой электроники и фотоники	Отчет по лабораторной работа №2 по разделу 2	Вопрос на экзамене 10-14
5	ИПК -6.2 – Способен разрабатывать методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации	Знать методы и методики обобщения экспериментальных результатов Уметь использовать различные методы обработки и обобщения результатов экспериментальных исследований	Отчет по лабораторной работа №4 по разделу 4	Вопрос на экзамене 15-21

		Владеть навыками проведения экспериментов и наблюдений		
--	--	--	--	--

Оперативный контроль осуществляется путем проведения опросов студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины. При проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к разделам:

#### **Раздел 1.**

1. Постулаты квантовой механики. Свойства операторов наблюдаемых величин.
2. Электронные состояния атомов.
3. Колебательные и вращательные состояния молекул.
4. Внутренняя структура твердого тела.
5. Зонная теория твердого тела.
6. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

#### **Раздел 2.**

1. Электрическое дипольное взаимодействие.
2. Мультипольное разложение энергии взаимодействия излучения со средой.
3. Уравнение для матрицы плотности двухуровневой системы.
4. Электрические дипольные переходы.
5. Поляризация и разность населенностей при электродипольных переходах.
6. Магнитное дипольное взаимодействие.
7. Парамагнетики. Ферромагнетики. Домены и кривая гистерезиса..

#### **Раздел 3.**

1. Линейное усиление электромагнитных волн.
2. Регенеративное усиление.
3. Условия самовозбуждения и мощность незатухающих колебаний.
4. Уравнение стационарного режима квантового генератора.
5. Уравнения колебаний в резонаторе.
6. Укороченные уравнения квантового генератора.
7. Динамика одномодового квантового генератора.
8. Многомодовый режим.
9. Синхронизация мод.

#### **Раздел 4.**

1. Классификация квантовых устройств.
2. Газовые квантовые генераторы и усилители.
3. Квантовые устройства на твердом теле.
4. Полупроводниковые квантовые генераторы.
5. Квантовые генераторы на свободных электронах.
6. Квантовые стандарты частоты и времени

#### **Раздел 5.**

1. Анизотропия среды. Влияние симметрии кристаллов на вид материальных тензоров.
2. Эффект Фарадея.
3. Оптический эффект Керра.
4. Оптическая бистабильность

#### **Раздел 6.**

1. Нелинейное взаимодействие электромагнитных волн с веществом.
2. Методы анализа нелинейного взаимодействия электромагнитных волн со средой.
3. Нелинейное поглощение.

4. Генерация третьей гармоники. Многофотонные процессы.
5. Обращение волнового фронта. Квадратичные нелинейные эффекты.
6. Линейный электрооптический эффект.
7. Уравнения связанных волн.
8. Параметрическое усиление.

#### **Раздел 7.**

1. Прямые цифровые синтезаторы частоты.
2. Высокостабильные опорные генераторы
3. Стандартные генераторы частоты и времени
4. Прецизионные кварцевые генераторы и генераторы СВЧ. Опорные генераторы на MEMS резонаторах

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра. На зачете студентам предлагается ответить на 4 вопроса по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на зачёте преподаватель оценивает знания студента. Зачёт является итогом по дисциплине.

**Вопросы к зачёту по дисциплине «Б1.В.01 Экспериментальные методы в квантовой радиофизике»**

»

#### **Физико-технический факультет, 2 курс магистратуры.**

1. Экскурс в атомно-молекулярную теорию вещества. Корпускулярно-волновой дуализм. Постулаты квантовой механики. Свойства операторов наблюдаемых величин.
2. Электронные состояния атомов. Строение молекулы. Колебательные и вращательные состояния молекул.
3. Внутренняя структура твердого тела. Зонная теория твердого тела. Динамика внутризонного движения. Эффективная масса.
4. Матричный аппарат квантовой механики. Описание ансамблей частиц матрицей плотности. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна
5. Электрическое дипольное взаимодействие. Мультипольное разложение энергии взаимодействия излучения со средой.
6. Уравнение для матрицы плотности двухуровневой системы. Электрические дипольные переходы. Поляризация и разность населенностей при электродипольных переходах.
7. Линейное взаимодействие электромагнитного поля с веществом. Форма спектральной линии. Соотношения Крамерса-Кронига.
8. Магнитное дипольное взаимодействие. Магнитный дипольный момент частиц. Магнитные дипольные переходы.
9. Матрицы Паули. Уравнения Блоха.
10. Парамагнетики. Ферромагнетики. Домены и кривая гистерезиса.
11. Квантовые усилители и генераторы. Инверсия населенностей. Линейное усиление электромагнитных волн.
12. Регенеративное усиление. Влияние эффекта насыщения на характеристики квантового усилителя.
13. Условия самовозбуждения и мощность незатухающих колебаний. Уравнение стационарного режима квантового генератора.
14. Уравнения колебаний в резонаторе. Режим малых колебаний. Укороченные уравнения квантового генератора.
15. Динамика одномодового квантового генератора. Многомодовый режим. Синхронизация мод
16. Классификация квантовых устройств. Газовые квантовые генераторы и усилители. Квантовые устройства на твердом теле. Полупроводниковые квантовые генераторы.

- Жидкостные лазеры. Квантовые генераторы на свободных электронах. Квантовые стандарты частоты и времени. Неравновесное состояние полупроводника
17. Анизотропия среды. Влияние симметрии кристаллов на вид материальных тензоров. Симметрия кристаллов. Вид тензора линейной диэлектрической восприимчивости. Эффект насыщения.
  18. Эффект Фарадея. Оптический эффект Керра. Явление самофокусировки. Оптическая бистабильность.
  19. Нелинейное взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Методы анализа нелинейного взаимодействия электромагнитных волн со средой. Феноменологическое описание нелинейных эффектов.
  20. Классификация нелинейных эффектов. Кубичные нелинейные эффекты. Нелинейное поглощение. Генерация третьей гармоники. Многофотонные процессы. Обращение волнового фронта. Квадратичные нелинейные эффекты. Генерация второй гармоники. Линейный электрооптический эффект. Электрооптический амплитудный модулятор. Уравнения связанных волн. Параметрическое усиление. Параметрический генератор
  21. Прямые цифровые синтезаторы частоты. Высокостабильные опорные генераторы. Стандартные генераторы частоты и времени. Прецизионные кварцевые генераторы и генераторы СВЧ. Опорные генераторы на MEMS резонаторах

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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

- URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей..
4. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 316 с. — ISBN 978-5-507-44512-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/233291> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
  5. Ишанин, Г. Г. Приемники оптического излучения : учебное пособие / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1048-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211730> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Прошин, В. И. Анализ результатов измерений в экспериментальной физике : учебное пособие / В. И. Прошин, В. Г. Сидоров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-2886-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212651> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Парфенов, П. С. Приборы и методы экспериментальной физики : учебное пособие / П. С. Парфенов, А. П. Литвин, Д. А. Онищук. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2017. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110425> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ковалевский, М. Ю. Статистическая механика квантовых жидкостей и кристаллов : монография / М. Ю. Ковалевский, С. В. Пелетминский ; под редакцией Н. Н. Боголюбова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 368 с. — ISBN 5-9221-0698-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59429> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Агишев, А. Ш. Основы квантовой механики и ЯМР-спектроскопии : учебное пособие / А. Ш. Агишев, И. П. Шишкина, М. А. Агишева. — Казань : КНИТУ, 2013. — 108 с. — ISBN 978-5-7882-1336-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73341> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-0554-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210197> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **5.3 Периодические издания:**

1. Журнал «Известия вузов. Радиофизика»
2. Журнал Квантовая электроника
3. Журнал "Оптика и спектроскопия"
4. Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики
5. Журнал "PHYSICAL REVIEW B"
6. Журнал "Composite Structures"
7. Journal of Alloys and Compounds
8. Journal of Luminescence

9. Journal of Non-Crystalline Solids
10. Micro and Nanostructures
11. Optical Materials
12. Optics Communications
13. Optics & Laser Technology
14. Solid State Sciences
15. Solid State Nuclear Magnetic Resonance
16. Infrared Physics & Technology
17. Journal of Magnetic Resonance
18. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer

**6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

1. <http://www.kubsu.ru/University/library/resources/>
2. <http://www.rubricon.com/>.
3. <http://window.edu.ru/window>.

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Теоретические основы квантовой радиофизики	11	Устный ответ, текстовый документ.	1
2.	Взаимодействие электромагнитного поля с веществом	12	Устный ответ, текстовый документ.	1
3.	Принципы работы лазеров (квантовых генераторов)	8,8	Устный ответ, текстовый документ.	2
4.	Полупроводниковые лазеры и лазеры на диэлектрических кристаллах; волоконные лазеры	12	Устный ответ, текстовый документ..	2
5	Приборы управления лазерным излучением	12	Устный ответ, текстовый документ.	2
6	Нелинейные оптические эффекты	12	Устный ответ, текстовый документ.	1
	Современные требования к характеристикам квантовых генераторов	10		1
	<b>Итого</b>	<b>77,8</b>		<b>10</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.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

Лекции: интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением вовлечение студентов в учебный процесс и обратной связью.

Лабораторные работы: лабораторные работы с элементами компьютерного моделирования в режимах взаимодействия «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», «студент - студент».

Самостоятельная работа: дистанционные задания и упражнения, глоссарии терминов и определений.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

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.

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Специальное помещение, оснащенное презентационной техникой №209С, 206С, 227 С (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория №119С, 122С укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения источниками и приемниками лазерного излучения, приборами для анализа свойств лазерного излучения, компьютерами для обработки экспериментальных данных
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, №209С, 206С, 227 С (кабинет) укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
4.	Самостоятельная работа	Кабинет №207С для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.