

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Волны в нелинейных средах

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Электромагнитные волны в средах

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Волны в нелинейных средах относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.001: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.002: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	<p>ПК-1.001: Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности; Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности; Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>ПК-1.002: Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных; Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема; Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

<p>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>ПК-2.001: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.002: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.003: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.004: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.001:</p> <p>Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности;</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики;</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики.</p> <p>ПК-2.002:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений;</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи.</p> <p>ПК-2.003:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования;</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах;</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p> <p>ПК-2.004:</p> <p>Знать: современные подходы</p>	<p>Индивидуальное устное собеседование</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>
--	--	--	--	---

		<p>к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности;</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики;</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи.</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.001: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.002: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.001:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации;</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях;</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций.</p> <p>ПК-3.002:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР;</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты;</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом.</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР;</p> <p>Уметь: анализировать</p>	<p>Индивидуальное устное собеседование</p>	<p>Экзамен: Задания</p>

		проектную документацию на выполнение НИР; Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР.		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>29</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>45</b> <b>экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение	3	2		2	1
Часть 1. Нелинейная оптика. Трехчастотные взаимодействия в квадратичной среде	6	4		4	2
Часть 1. Нелинейная оптика. Четырехчастотные взаимодействия в кубичной среде	4	2		2	2
Часть 1. Нелинейная оптика. Взаимодействие волн при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) лазерного излучения	4	2		2	2
Часть 1. Нелинейная оптика. Взаимодействие волн лазерного излучения и звука при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ)	4	2		2	2
Часть 1. Нелинейная оптика. Пучки в нелинейной оптике	5	3		3	2

Часть 1. Нелинейная оптика. Обращение волнового фронта (ОВФ) при отражении лазерного излучения от нелинейной среды	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Солитонное решение уравнения Кортевега и де Вриза (КДВ)	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Солитонное решение уравнения Синус-Гордон (СГ)	3	1		1	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Солитонное решение нелинейного уравнения Шредингера (НУШ)	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Самоиндуцированная прозрачность двухуровневой поглощающей среды	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Стационарные световые импульсы в усиливающей резонансной среде при наличии линейного поглощения	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Решение нелинейных уравнений методом обратной задачи рассеяния (ОЗР)	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Решение нелинейных уравнений с помощью автопреобразования Бэклунда (АПБ)	4	2		2	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках. Обзор новых методов отыскания точных решений нелинейных уравнений	4	2		2	2
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

1. Martin Wegener. Extreme Nonlinear Optics. Springer, 2005, 225 p. Режим доступа: по подписке.
2. Manthos G. Papadopoulos, Andrzej J. Sadlej, Jerzy Leszczynsky. Non-Linear Optical Properties of Matter. Springer, 2006, 681 p. Режим доступа: по подписке.
3. E. Hanamura, Y. Kawabe, A. Yamanake. Quantum Nonlinear Optics. Springer, 2007, 240 p. Режим доступа: по подписке.
4. Boris A. Malomed. Soliton Management in Periodic Systems. Springer, 2006, 188 p. Режим доступа: по подписке.
5. Anjan Biswas, Daniela Milovic, Matthew Edwards. Mathematical Theory of Dispersion-Managed Optical Solitons. Springer, 2010, 170 p. Режим доступа: по подписке.
6. Ralf Menzel. Photonics. Springer, 2007, 1042 p. Режим доступа: по подписке.
7. Jürgen Eichler, Hans Joachim Eichler. Laser. Springer, 2006, 475 p. Режим доступа: по подписке.

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Какое из нижеследующих свойств среды не является причиной возникновения в ней **нелинейных явлений** при распространении *мощного широкополосного* электромагнитного излучения?

- 1.1) Наличие резонанса на частоте одного из переходов между квантовыми уровнями молекул среды.
- 1.2) Наличие комбинационного рассеяния в спектре поглощения молекул среды.
- 1.3) Наличие неоднородностей в диэлектрической проницаемости среды.
- 1.4) Неравномерное выделение тепла при поглощении излучения из-за наличия неоднородного распределения проводимости среды.
- 1.5) Наличие электрострикции в среде.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

#### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. *Нелинейность среды*. Сравнение свойств линейных и нелинейных сред.
2. *Дисперсия и диссипация* среды. Влияние дисперсии и диссипации на распространение волн.
3. Природа *дисперсии и диссипации* среды в электродинамике. Соотношения Крамерса-Кронига.
4. Условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.
5. *Квадратичная среда*. Условия и типы трехчастотного взаимодействия.

#### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. *Нелинейность среды*. Сравнение свойств линейных и нелинейных сред.
2. *Дисперсия и диссипация* среды. Влияние дисперсии и диссипации на распространение волн.
3. Природа *дисперсии и диссипации* среды в электродинамике. Соотношения Крамерса-Кронига.
4. Условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.
5. Параметрическое приближение трёхволнового взаимодействия при *низкочастотной накачке* в *квадратичной среде* (общая характеристика процесса).

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя

Оценка	Критерии оценивания
	бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач



	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

#### Оценочное средство - Контрольные вопросы

#### Экзамен

#### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1** (Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности)

1. *Нелинейность среды*. Сравнение свойств линейных и нелинейных сред.
2. *Дисперсия и диссипация* среды. Влияние дисперсии и диссипации на распространение волн.
3. Природа *дисперсии* и *диссипации* среды в электродинамике. Соотношения Крамерса-Кронига.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2** (Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты)

1. Условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.
2. *Квадратичная среда*. Условия и типы трехчастотного взаимодействия.
3. Законы сохранения в консервативной (непоглощающей) *квадратичной среде*.

#### Оценочное средство - Задания

##### Экзамен

#### Критерии оценивания (Задания - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного

Оценка	Критерии оценивания
	программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**Типовые задания (Задания - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1**  
(Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности)

Задание 1. Провести сравнение и указать различия свойств линейных и нелинейных сред.

Задание 2. Объяснить роль дисперсии и влияние диссипации на распространение волн в диспергирующей среде.

Задание 3. Объяснить природу дисперсии и диссипации в линейной среде, а также физический смысл соотношений Крамерса-Кронига.

Задание 4. Сформулировать условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.

Задание 5. Определить роль *эффекта Керра* и *синхронизма* в процессе образования третьей гармоники в *кубичной среде*.

**Типовые задания (Задания - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3**  
(Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок)

Задание 1. Провести сравнение и указать различия свойств линейных и нелинейных сред.

Задание 2. Объяснить роль дисперсии и влияние диссипации на распространение волн в диспергирующей среде.

Задание 3. Объяснить природу дисперсии и диссипации в линейной среде, а также физический смысл соотношений Крамерса-Кронига.

Задание 4. Сформулировать условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.

#### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Калоджеро Франческо. Спектральные преобразования и солитоны : методы решения и исследования нелинейных эволюционных уравнений / пер. с англ. М. А. Ольшанецкого, Н. Т. Пашенко ; под ред. В. Е. Захарова. - М. : Мир, 1985. - 469 с. : ил. - 4.70., 1 экз.
2. Скотт Элвин. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике / пер. с англ. С. Я. Вышкинд и Т. М. Таранович ; под ред. Л. А. Островского и М. И. Рабиновича. - М. : Советское радио, 1977. - 367 с. - 2.44., 17 экз.
3. Бломберген Н. Нелинейная оптика : пер. с англ. / под ред. [и со вступ. ст.] С. А. Ахманова и Р. В. Хохлова. - М. : Мир, 1966. - 424 с. : черт. - 1.68., 14 экз.
4. Уизем Д. Линейные и нелинейные волны / пер. с англ. В. В. Жаринова ; под ред. А. Б. Шабата. - М. : Мир, 1977. - 622 с. : ил. - 3.38., 3 экз.
5. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.
6. Карпман Владимир Иосифович. Нелинейные волны в диспергирующих средах. - М. : Наука, 1973. - 175 с. : граф. - 0.75., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Ахманов С. А. Проблемы нелинейной оптики : (Электромагнитные волны в нелинейных диспергирующих средах). 1962 - 1963 / Акад. наук СССР, Ин-т науч. информации. - М., 1964. - 295 с. : ил. - (Итоги науки). - 1.43., 2 экз.
2. Шен И. Р. Принципы нелинейной оптики / пер. с англ. И. Л. Шумая ; под ред. С. А. Ахманова. - М. : Наука, 1989. - 557, [1] с. : ил. - 6.00., 2 экз.
3. Ярив Амнон. Квантовая электроника / пер. с англ. под ред. Я. И. Ханина. - 2-е изд. - М. : Советское радио, 1980. - 488 с. : ил. - 2.70., 95 экз.
4. Ярив Амнон. Оптические волны в кристаллах / пер. с англ. С. Г. Кривошлыкова, Н. И. Петрова ; под ред. И. Н. Сисакяна. - М. : Мир, 1987. - 616 с. : ил. - 5.60., 2 экз.
5. Дмитриев Валентин Георгиевич. Прикладная нелинейная оптика. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2004. - 512 с. - Библиогр.: с. 475 - 512. - ISBN 5-9221-0453-5 : 61.00., 4 экз.
6. Ньюэлл Алан. Солитоны в математике и физике / пер. с англ. И. Р. Габитова и др. ; под ред. А. В. Михайлова. - М. : Мир, 1989. - 323, [1] с. : ил. - 1.70., 2 экз.
7. Солитоны / ред.: Р. Буллаф, Ф. Кодри ; пер. с англ. Б. А. Дубровина [и др.] ; под ред. С. П. Новикова. - М. : Мир, 1983. - 408 с. : ил. - 3.50., 2 экз.
8. Солитоны и нелинейные волновые уравнения = Solitons and Nonlinear Wave Equations / пер. с англ. В. П. Гурария, В. И. Мацаева ; под ред. А. Б. Шабата. - М. : Мир, 1988. - 694 с. : ил. - ISBN 5-03-000732-6 : 120.00., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Acrobat Professional 11.0 (номера лицензий: 65195558, 6 шт.)

3. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;

<http://www.biblioclub.ru>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Миловский Николай Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Савикин Александр Павлович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 14.11.2022, протокол № 08/22.