

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Акустические методы исследования в биологии и медицине

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Акустические методы исследования в биологии и медицине 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 физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: 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-1.2: 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-1.1: Знать основные фундаментальные разделы физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач медицинской акустики, связанных с проведением ультразвуковых исследований</p> <p>ПК-1.2: Уметь свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, связанных с проведением ультразвуковых исследований.</p>	Собеседование Практическая задача	Экзамен: Доклад-презентация Задания
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>ПК-2.1: 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-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом</p>	<p>ПК-2.1: Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области ультразвуковых исследований и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Знать критерии выбора методов решения задач в области акустических методов в биологии и медицине.</p>	Собеседование Практическая задача	Экзамен: Доклад-презентация Задания

	<p>поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.3:</p> <p>Уметь понимать и анализировать современные проблемы и новейшие достижения в области акустических методов в биологии и медицине.</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам акустических методов в биологии и медицине.</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-3.1: 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-3.2: 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-3.1:</p> <p>Владеть навыками использования современных литературных источников и проведения научно-исследовательских работ.</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Уметь донести результаты акустических исследований в биологии и медицине академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Принимать участие в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>Собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Доклад-презентация</p> <p>Задания</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	

- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр. 2. Акустика жидкостей и газов. Система акустических уравнений и ее линеаризация. Лапласова и Ньютонова скорости звука. Волновое уравнение. Плоские волны. 3. Дисперсия звуковых волн. Пространственный и частотный спектр. 4. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука. 5. Затухание ультразвука в биологических тканях 6. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны. 7. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука.	61	32	0	32	29
Аттестация	45				
КСР	2				2
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

Физические основы применения акустических волн в биологии и медицине

Биофизика ультразвуковых эффектов

Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и численное моделирование)

Эластография: физические основы и использование в ультразвуковой диагностики (применение современных ИТ)

Практическое применение ультразвука в медицине (диагностика, терапия, хирургия). Визуализация изображений в медицине.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯГКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ: Составители: Демин И.Ю., Прончатов-Рубцов Н.В. Учебно-методические материалы для магистрантов и аспирантов Исследовательской школы «Колебательно-волновые процессы в природных и искусственных средах». – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 114 с. (электронное издание ННГУ)
2. Клемина А.В., Демин И.Ю., Прончатов-Рубцов Н.В. Медицинская акустика: ультразвуковая диагностика медико-биологических сред. Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 124 с. (электронное издание ННГУ)

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр.
2. Акустика жидкостей и газов. Система акустических уравнений и ее линеаризация. Лапласова и Ньютонова скорости звука. Волновое уравнение. Плоские волны.
3. Дисперсия звуковых волн. Пространственный и частотный спектр.
4. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука.
5. Затухание ультразвука в биологических тканях

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны.
2. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука.
3. Нелинейные эффекты в жидких средах. Радиационное давление.
4. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели.
5. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М.
2. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча.

3. Биологические эффекты ультразвука.
4. Ультразвуковая голография, томография.
5. Ультразвуковая терапия и хирургия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

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

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр.
2. Акустика жидкостей и газов. Система акустических уравнений и ее линеаризация. Лапласова и Ньютонова скорости звука. Волновое уравнение. Плоские волны.
3. Дисперсия звуковых волн. Пространственный и частотный спектр.
4. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука.
5. Затухание ультразвука в биологических тканях

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны.
2. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука.
3. Нелинейные эффекты в жидких средах. Радиационное давление.
4. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели.
5. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

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

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М.
2. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча.
3. Биологические эффекты ультразвука.
4. Ультразвуковая голография, томография.
5. Ультразвуковая терапия и хирургия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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»
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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены

	обучающегося от ответа	ошибки	ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Ультразвуковые волны. Акустический сигнал и его спектр.
2. Акустика жидкостей и газов. Система акустических уравнений и ее линеаризация. Волновое уравнение. Плоские волны.
3. Дисперсия звуковых волн. Пространственный и частотный спектр.
4. Акустическое сопротивление, его влияние на отражение ультразвука.
5. Волноводное распространение ультразвука. Прохождение ультразвука через слоистые структуры.
6. Физические характеристики биологических сред. Скорость ультразвука в биологических средах, отражение и преломление.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Затухание ультразвука в биологических тканях
2. Энергия и импульс звуковых волн. Сферические волны.
3. Рассеяние звука на различных неоднородностях среды. Поглощение звука.
4. Нелинейные эффекты в жидких средах. Радиационное давление
5. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели.
6. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М.
2. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча.
3. Эффект Допплера. Оценка скорости движения по доплеровскому сдвигу частоты. Допплеровский угол.
4. Понятие о спектре скоростей кровотока и спектре частот доплеровского сдвига.
5. Непрерывно-волновой и импульсно-волновой доплер.

6. Измерение спектра доплеровских частот. Неоднозначность измерения спектра.
7. Модификации цветового картирования: энергетический доплер, тканевый доплер. Практические рекомендации при работе в режиме цветового картирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

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»
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»

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задание 1. Вывести уравнение распространения ультразвуковых волн в мягких биологических тканях и найти его решение.

Задание 2. Получить выражения для законов отражения и преломления волн в акустике, рассмотреть влияние акустического сопротивления среды на отражение ультразвука.

Задание 3. Установить связь между типом ультразвукового преобразователя (датчика) и способом сканирования для формирования и фокусировки УЗ луча.

Задание 4. Рассмотреть физические основы эластографии мягких биологических тканей и получить основные количественные показатели для SWEI и ARFI технологий эластометрии.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 5. Выполнить качественную и количественную оценку возможностей фокусировки и сканирования ультразвукового пучка в биологических тканях. Рассмотреть ультразвуковые линзы, рефлекторы и концентраторы.

Задание 6. Рассмотреть эффект Доплера, выполнить оценку скорости движения по доплеровскому сдвигу частоты и получить выражения для спектра скоростей кровотока и спектра частот доплеровского сдвига.

Задание 7. Вывести уравнение линейной акустики, привести его к волновому виду и найти его решение для плоских и сферических волн.

Задание 8. Установить связь между коэффициентом затухания ультразвуковых волн в мягких биологических тканях и частотой излучения.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задание 9. Найти зависимость радиационной силы от интенсивности ультразвуковой волны.

Задание 10. Вывести уравнение для нелинейных волн в биологических тканях (уравнение Римана) и найти его решение (волновое представление) для начальной стадии распространения акустической волны.

Задание 11. Получить выражения для энергии и импульса звуковых волн, рассмотреть случай сферической волны.

Задание 12. Рассмотреть решение нелинейного уравнения Римана в спектральной форме и получить выражения для амплитуд гармоник ультразвуковой волны на начальной стадии распространения (до образования разрыва в исходной волне).

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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»
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

Оценка	Критерии оценивания
	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»

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

Основная литература:

1. Применение ультразвука в медицине : Физические основы : пер. с англ. / под ред. К. Хилла. - М. : Мир, 1989. - 567 с. - 5.40., 1 экз.
2. Ультразвук в медицине. Физические основы применения / под ред. К. Хилла, Дж. Бэмбера, Г. тер Хаар ; пер. с англ. под ред. Л. Р. Гаврилова, В. А. Хохловой и О. А. Сапожникова. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2008. - 544 с. - Предм. указ.: с. 518 - 539. - ISBN 978-5-9221-0894-2 (рус.) : 160.00., 2 экз.
3. Гурбатов Сергей Николаевич. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии : приложения к нелинейной акустике : [монография]. - М. : Физматлит, 2008. - 496 с. - ISBN 978-5-9221-1042-6 : 150.00., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Гурбатов С. Н. Ультразвуковая эластография: аналитическое описание различных режимов и технологий, физическое и численное моделирование сдвиговых характеристик мягких биологических тканей : учебно-методическое пособие / Гурбатов С. Н., Демин И. Ю., Прончатов-Рубцов Н. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. - 115 с. - Рекомендовано методической комиссией радиофизического факультета для аспирантов ННГУ, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленности 01.04.06 «Акустика», 01.04.03 «Радиофизика») и магистрантов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Медицина., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729831&idb=0>.
2. Основы механики сплошных сред. Электронный задачник "Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика" : учебно-методический комплекс / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Грязнова, И. Ю. Демин [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 95 с.

- Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851181&idb=0>.

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

<https://limu.msu.ru/content/lekcii-video-i-prezentacii>

<https://teach-in.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

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 подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Демин Игорь Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Жуков Сергей Николаевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.