

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета
ННГУ протокол от «02»
декабря 2024 г. №10

Рабочая программа дисциплины
«Ультразвуковые исследования в биологии и медицине»

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Научная специальность
1.3.7. Акустика

Программа подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Акустика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2025 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ПА

Дисциплина «Ультразвуковые исследования в биологии и медицине» относится к числу к числу элективных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 4 семестре.

Целями освоения дисциплины «Ультразвуковые исследования в биологии и медицине» являются:

- формирование навыков применения физических основ распространения и рассеяния волн на флуктуациях неоднородной непрерывной среды в целях биологии и медицины;
- изучение методов и подходов медицинской акустики (применение ультразвука в медицине).

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в ходе изучения курсов «Общая акустика», «Численное моделирование в акустике и гидродинамике», «Численные методы в биологии и медицине».

В процессе изучения дисциплины студенты должны расширить знания по особенностям применения основных законов распространения акустических волн в неоднородных диссипативных средах. Уметь применять методы получения, обработки и реконструкции акустических изображений; принципы построения, алгоритмы и программы медицинских томографических систем, методы и приборы акустической характеристики биологических сред, а также углубить представление об общих характеристиках диагностических и терапевтических методов, основанных на использовании акустических волн, принципах работы акустических хирургических инструментов.

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Ультразвуковые исследования в биологии и медицине», могут служить основой для дальнейшего освоения аспирантами курсов по специальности 1.3.7. Акустика, а также необходимы для сдачи кандидатского экзамена по специальности 1.3.7. Акустика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

Знать:

- современное состояние науки в области медицинской акустики и ультразвуковых исследований;
- нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР по ультразвуковой диагностики и медицинской акустики;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области медицинской акустики и ультразвуковых исследований.

Уметь:

- определять наиболее актуальные направления исследований по тематике исследований;
- представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу в области медицинской акустики и ультразвуковых исследований.

Владеть:

- навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области медицинской акустики и ультразвуковой диагностики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., всего - 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 1

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Физические основы применения акустических волн в биологии и медицине	10	4				4	6
Биофизика ультразвуковых эффектов	16	8				8	8
Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и аппаратура)	16	8				8	8
Эластография: физические основы и использование в ультразвуковой диагностики	14	8				8	8
Практическое применение ультразвука в медицине (диагностика, терапия, хирургия)	12	8				8	6
Промежуточная аттестация: – зачет							
Итого	72	36				36	36

Таблица 2

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
1	Физические основы применения акустических волн в биологии и медицине	Краткая сводка свойств акустических волн, основные понятия и представления. Интеграл Рэлея как основа расчета полей ультразвуковых излучателей. Роль нелинейных акустических эффектов для ультразвуковых полей, применяемых в медицине. Источники ультразвука,	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5.2

		<p>применяемые в медицине. Круглый и прямоугольный поршневые излучатели. Ближнее и дальнее поля. Фокусирующие преобразователи. Пьезоэлектрические преобразователи, применяемые в медицине (пьезокерамические, пленочные, пьезокомпозитные, и другие).</p> <p>Поглощение и рассеяние ультразвука в биологических тканях. Скорость звука в биологических тканях. Отражение волн на границах раздела сред. Отражение ультразвука от границ раздела различных видов биологической ткани.</p>		
2	Биофизика ультразвуковых эффектов	<p>Акустические свойства биологической ткани. Основные виды биологических тканей и их акустические свойства. Вязкоупругие свойства квазитвердых тел. Поглощение ультразвука в ткани. Рассеяние ультразвука в различных биологических тканях. Сечения взаимодействия акустической волны с тканью. Методы измерений и количественные значения скорости звука и коэффициентов поглощения и рассеяния в различных видах тканей. Ультразвуковые частоты, используемые в медицинском ультразвуке, их выбор. Тепловые эффекты, вызываемые ультразвуком. Ультразвук при лечении рака. Кавитация как причина повреждения биологической ткани. Виды кавитации. Пороги кавитации. Ударноволновое разрушение почечных и желчных камней. Механизмы разрушения.</p>	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5.2
3	Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и аппаратура)	<p>Принципы ультразвуковой визуализации. Сравнительный анализ рентгеновского и ультразвукового методов визуализации. Акустическая визуализация в режиме А. Ультразвуковая визуализация в режиме В. Механические и электронные В-сканеры. Ультразвуковая визуализация в режиме М. Ультразвуковая визуализация в режиме С.</p>	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5.2

		<p>Доплерография и доплеровские шумы.</p> <p>Принципы доплеровского измерения скорости кровотока.</p> <p>Доплеровский прибор непрерывного излучения.</p> <p>Импульсно-доплеровский измеритель скорости кровотока.</p> <p>Основы получения, обработки и реконструкции акустических изображений; принципы построения, алгоритмы и программы медицинских томографических систем; измерение и отображение потоков крови. Дифракционная томография. Акустическая голография. Акустическая микроскопия.</p>		
4	<p>Эластография: физические основы и использование в ультразвуковой диагностики</p>	<p>Тепловое воздействие ультразвука. Применения в терапии и хирургии. Устройство и использование акустических терапевтических приборов.</p> <p>Хирургия с помощью фокусированного ультразвука.</p> <p>Кавитация, вызываемая ультразвуком. Пороги кавитации.</p> <p>Применение ультразвука в стоматологии.</p> <p>Ударноволновые источники: электромагнитные, электроразрядные, пьезоэлектрические, лазерные.</p> <p>Принцип экстракорпоральной литотрипсии. Устройство и параметры современных литотриптеров.</p>	<p>Лекции, сам.раб.</p>	<p>Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5.2</p>
5	<p>Практическое применение ультразвука в медицине (диагностика, терапия, хирургия)</p>	<p>Краткая сводка свойств акустических волн, основные понятия и представления.</p> <p>Интеграл Рэлея как основа расчета полей ультразвуковых излучателей. Роль нелинейных акустических эффектов для ультразвуковых полей, применяемых в медицине.</p> <p>Источники ультразвука, применяемые в медицине.</p> <p>Круглый и прямоугольный поршневые излучатели. Ближнее и дальнее поля. Фокусирующие преобразователи.</p> <p>Пьезоэлектрические преобразователи, применяемые в медицине (пьезокерамические, пленочные, пьезокомпозитные, и другие).</p> <p>Поглощение и рассеяние</p>	<p>Лекции, сам.раб.</p>	<p>Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5.2</p>

		ультразвука в биологических тканях. Скорость звука в биологических тканях. Отражение волн на границах раздела сред. Отражение ультразвука от границ раздела различных видов биологической ткани.		
--	--	--	--	--

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий, групповых консультаций и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать

	результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
--	---

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

Список типовых контрольных вопросов:

1. Применение ультразвука в биологии
2. Физические характеристики биологических тканей и сосудов.
3. Биологическое действие ультразвука.
4. Физические механизмы взаимодействия ультразвука с биологическими системами.
5. Ультразвуковая диагностика в медицине.
6. Применение ультразвука в терапии.
7. Устройство и использование акустических терапевтических приборов
8. Применение ультразвука в хирургии.
9. Хирургия с помощью фокусированного ультразвука.
10. Принципы и методы литотрипсии.
11. Применение ультразвука в стоматологии.
12. Физические основы эффекта Доплера. Доплерография и доплеровские шумы.
13. Основные методы получения информации с применением ультразвука.
14. Ультразвуковая визуализация в медицине (физические принципы и аппаратура)
15. Регистрация отраженного ультразвукового сигнала: А-режим, В-режим, М-режим.
16. Формирование 2-D изображения; формирования 3-D изображения.

Список типовых контрольных заданий:

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.
8. Нелинейные эффекты в жидких средах. Радиационное давление.
9. Пьезоэлектрические, магнитострикционные, электродинамические излучатели.
10. Управление ультразвуковым излучением: фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Ультразвуковые линзы, рефлекторы, концентраторы. Фокусировка и сканирование ультразвукового пучка. Приемники и индикаторы ультразвуковых волн.
11. Классификация ультразвуковых приборов. Основные режимы работы: режим В (2D), режим А и режим М.

12. Ультразвуковые преобразователи. Типы датчиков. Способы сканирования. Формирование УЗ луча, передача, прием и обработка сигналов. Фокусировка УЗ луча.
13. Биологические эффекты ультразвука.
14. Ультразвуковая голография, томография.
15. Ультразвуковая терапия и хирургия.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Ультразвук в медицине. Физические основы применения (Под ред. Хилла К.): Пер. с англ. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 544 с.
2. Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. – М.: Изд. МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. - 224 с.
3. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии: приложения к нелинейной акустике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496 с.
4. Гаврилов Л.Р. Фокусированный ультразвук высокой интенсивности в медицине. – М.: Фазис, 2013. – 656с.

б) дополнительная литература:

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)
3. Руденко О.В., Сафонов Д.В., Демин И.Ю., Рыхтик П.И., Андреев В.Г., Гурбатов С.Н., Романов С.В. Эластография сдвиговой волны: анализ клинических примеров (под. ред. А.В. Борсукова). Глава 1. Основы эластографии сдвиговой волной: теория и физический эксперимент. Смоленск: Смоленская городская типография, 8-41.. 2017.
4. Бэйли М.Р., Хохлова В.А., Сапожников О.А., Каргл С.Г., Крам Л.А. Физические механизмы воздействия терапевтического ультразвука на биологическую ткань. (Обзор) //Акустический журнал. 2003. Т.49. № 4. С. 437-464.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные

компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
 - лицензионное программное обеспечение: Windows, MicrosoftOffice;
 - обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.
- ресурсам.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Автор: доцент, к.ф.-м.н. Демин И.Ю.

Рецензент: доцент, к.ф.-м.н. Жуков С.Н.

Заведующий кафедрой: профессор, д.ф.-м.н. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета от «28» ноября 2024 г., протокол 06/24.