

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АКУСТИКИ**

УТВЕРЖДАЮ

_____//
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Ультразвуковые технологии в медицине

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Акустика

Форма обучения:

Очная

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение_____

Авторы-составители:

1. Д.ф.-м.н., доцент Хохлова Вера Александровна, кафедра акустики физического факультета МГУ
2. Д.ф.-м.н., доцент Сапожников Олег Анатольевич, кафедра акустики физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, Руденко Олег Владимирович, заведующий кафедрой акустики физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Дисциплина «Ультразвуковые технологии в медицине» направлена на систематическое изложение физических основ применения ультразвука в современных медицинских приложениях, принципов работы существующих и разрабатываемых медицинских устройств и основных направлений развития диагностической и терапевтической медицинской техники. Актуальность такого курса обусловлена быстрым развитием новых подходов к использованию акустических методов в медицине и их широким внедрением в современную медицинскую практику. В курсе рассматриваются основные акустические свойства биологической ткани, волновые эффекты распространения ультразвука в биологической ткани, а также конкретные новые приложения ультразвуковых методов в медицинской диагностике и терапии.

Дисциплина реализуется на 5 курсе во 2 семестре и является спецкурсом по выбору для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Ультразвуковые технологии в медицине» входит в вариативную часть и является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Предполагается, что слушатели владеют базовыми методами математической физики, знают основы гидродинамики и акустики.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		<p>Знать особенности акустических свойств биологических тканей, закономерности распространения ультразвука в теле человека, физические принципы работы современных устройств медицинского ультразвука, основные направления развития ультразвуковой медицинской техники.</p> <p>Уметь проводить поиск и анализ литературы по конкретным медицинским приложениям, делать оценки характерных величин параметров тканей, рассчитывать основные характеристики акустических полей, создаваемых медицинскими устройствами.</p> <p>Владеть полученными теоретическими и практическими знаниями для решения возникающих задач в области медицинского ультразвука, навыками подготовки и оформления научных отчетов, докладов и презентаций.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя: занятия лекционного типа (лекции) и семинары. Дисциплина реализуется в очном формате с возможностью применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий для занятий лекционного и семинарского типа.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы¹</i>					
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа				
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*				

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

<p>Тема 1. Акустические свойства биологических тканей, методы их измерений и волновые эффекты распространения ультразвука в биотканях.</p> <p>Типы волн, распространяющихся в биологических тканях. Основные акустические параметры тканей: плотность, скорость, коэффициент поглощения, коэффициент нелинейности, сдвиговый модуль. Методы их измерений. Характерные значения.</p> <p>Дифракция, поглощение, рассеяние, нелинейное распространение, нелинейное рассеяние, генерация сдвиговых волн. Основные модельные уравнения. Физические принципы современных методов диагностики и терапии.</p>	12	4	2	0	0	6	6	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
--	----	---	---	---	---	---	---	--

<p>Тема 2. Различные типы воздействия на ткани, методы анализа вызываемых разрушений. Механизмы гибели клеток. Тепловые, механические разрушения. Тепловая доза. Тепловой и механический индексы. Некроз и апоптоз. Вопросы безопасности и эффективности воздействия. Гистологические исследования. Биохимические методы. Анализ механических и тепловых повреждений.</p>	8	3	1	0	0	4	4	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
<p>Тема 3. Современные источники УЗ медицинских инструментов, их характеристики. Пьезокерамические элементы, пьезокомпозитные, электроразрядные, электромагнитные, оптоакустические, CMUTs, линейные и двумерные решетки для диагностики и терапии, требования к ним. Характерные размеры, частоты и создаваемые давления. Примеры.</p>	8	3	1	0	0	4	4	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>

<p>Тема 4. Измерение УЗ полей медицинских излучателей. Метрология и дозиметрия в медицинском ультразвуке. Методы акустического взвешивания для измерения полной мощности источника. Измерение давления, основные типы гидрофонов – пьезокерамические, ПВДФ, оптоволоконные гидрофоны, их характеристики. Акустическая голография для характеристики работы излучателей и создаваемых ими полей. ИК-методы, оптические методы для быстрой визуализации структуры поля. Измерение температуры и кавитации в ткани.</p>	8	3	1	0	0	4	4	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
---	---	---	---	---	---	---	---	--

<p>Тема 5. Развитие методов ультразвуковой визуализации. Визуализация с использованием высших гармоник, нелинейного отклика контрастных агентов, детекторы кавитации. Эластография. Визуализация сдвигового модуля мягких тканей для обнаружения опухолей. Сдвиговые волны для диагностики костей, обнаружения тромбов и внутренних кровотечений. Тенденции в развитии УЗ медицинской аппаратуры. УЗ диагностические машины с открытой архитектурой. Портативные диагностические устройства. Датчики для внутрисосудистой диагностики. Комбинация диагностического УЗ с другими методами, МРТ, КТ, оптика в диагностике и неинвазивной хирургии.</p>	12	4	2	0	0	6	6	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
--	----	---	---	---	---	---	---	--

<p>Тема 6. Развитие методов ультразвуковой терапии и хирургии. Ультразвуковая хирургия с помощью мощного фокусированного ультразвука. Излучатели, решетки, основные успехи в лечении доброкачественных и злокачественных опухолей. Литотрипсия, ударно-волновая терапия и инструментальная ультразвуковая хирургия. Примеры используемых источников, режимы и механизмы воздействия, характерные параметры полей, существующие проблемы и побочные эффекты. Механизмы воздействия на ткани. Использование при полостных операциях. Применение в офтальмологии.</p>	10	3	2	0	0	5	5	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
<p>Тема 7. Ультразвуковые контрастные агенты, наночастицы, нанокაпли и эмульсии. Применение в диагностике для визуализации кровеносных сосудов, работы сердца, очагов заболевания и адресной доставки лекарств, повышения эффективности теплового и механического воздействия на ткани.</p>	6	2	1	0	0	3	3	<p><i>Опрос</i> <i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i></p>
<p>Тема 8. Обзор</p>	4	1	1	0	0	2	2	<p><i>Опрос</i></p>

приложений в медицинском ультразвуке на стадии разработки. Примеры приложений и клинических испытаний. Ускорение растворения тромбов при инсульте. Безоперационное разрушение участка мозга для лечения тремора. Разрушение опухолей мозга.								<i>Проверка домашнего задания</i> <i>Реферат</i>
Промежуточная аттестация	4						4²	
Зачет								
Итого	72	34					38	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Образцы вопросов (заданий) устного опроса к зачету по спецкурсу «Медицинские ультразвуковые технологии»

1. Какие основные акустические параметры ткани используются в ультразвуковой диагностике?
2. Каков характерный пространственный масштаб механизм и частотный закон поглощения ультразвука в ткани?
3. Какие известны механизмы, вызывающие гибель клеток при воздействии ультразвуком?
4. Как можно проанализировать тепловое либо механическое повреждение клеток ткани?
5. В чем отличие в составе и свойствах пьезокерамических и пьезокомпозитных преобразователей?
6. На чем основан метод акустического взвешивания? Для чего он используется?
7. В чем состоит метод акустической голографии?
8. Что такое эластография?
9. Принцип построения изображений в режиме тканевых гармоник и его преимущества.
10. Что такое ультразвуковая система с открытой архитектурой, ее отличие от обычных систем УЗИ.
11. Какие физические механизмы используются для разрушения биологической ткани в ультразвуковой хирургии с помощью фокусированного ультразвука?
12. В чем отличие ультразвуковых решеток, применяющихся в диагностике и неинвазивной хирургии?
13. Принцип работы литотриптеров. Основные параметры облучения.
14. Привести примеры контрастных ультразвуковых агентов и их использования.
15. Как может использоваться ультразвук для лечения катаракты и глаукомы?
16. В чем трудность использования ультразвука для визуализации и воздействия на ткани мозга?
- 17.

Образцы задач для самостоятельного решения и проведения зачета

Задача 1. Рассчитать длину поглощения ультразвука с частотой 2 МГц в биологической ткани с коэффициентом поглощения 0.5 дБ/см/МГц. Представить решение в масштабах длины волны. Скорость звука в ткани считать равной 1550 м/с.

Задача 2. Оценить интенсивность в фокусе ультразвукового пучка с частотой 1 МГц при фокусировке в биологической ткани, чтобы начальная скорость увеличения температуры ткани в фокусе составляла 20°С/с. Коэффициент поглощения звука считать равным 0.5 дБ/см/МГц, теплоемкость единицы объема ткани $c_v = 3.8 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Задача 3. Характерная длина фокального дифракционного максимума области вдоль оси пучка, генерируемого устройствами ультразвуковой хирургии составляет около 1 см. Оцените величину интенсивности ультразвуковой волны с частотой 1.5 МГц, чтобы на таком расстоянии в волне образовался ударный фронт. Коэффициент нелинейности В/А в ткани считать равным 9, скорость звука - 1550 м/с, плотность – 1200 кг/см³.

Задача 4. Рассчитать резонансный размер воздушного пузырька для ультразвуковой волны с частотой 1 МГц в воде. Отношение удельных теплоемкостей воздуха считать равным $\gamma=1.4$.

Задача 5. Рассчитать характерные продольный и поперечный размеры фокальной области фокусированного ультразвукового пучка с частотой 2 МГц, фокусным расстоянием 5 см и диаметром излучающего элемента в виде сферической чашки 5 см. Скорость звука в ткани считать равной 1550 м/с.

6.2. Шкала и критерии оценивания

7. Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Хилл К., Бэмбер Дж., тер Хаар Г. Ультразвук в медицине. Физические основы и применения. - М.: Физматлит, 2008. Перевод с английского под ред. Л.Р. Гаврилова, В.А. Хохловой, О.А. Сапожникова, 539 с.
2. Гаврилов Л.Р. Фокусированный ультразвук высокой интенсивности в медицине. – М.: ФАЗИС, 2013, 656 стр.
3. Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами, МГТУ им. Баумана, 2005, 224 стр.
4. Грегуш П. Звуковидение. М.: Мир, 1982.
5. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы. М.: Видар, 1999.

Дополнительная литература и источники:

1. Видео курс лекций по высокоинтенсивному терапевтическому ультразвуку
<https://foad.univ-lyon1.fr/course/view.php?id=7>
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. – М.: Иностран. лит., 1957. – 726 с.
3. P. Wells. Biomedical ultrasonics. Academic Press, 1977.
4. Kremkau F.W. Diagnostic Ultrasound. 6th ed. – Elsevier Science, 2002.
5. Бэйли М.Р., Хохлова В.А., Сапожников О.А., Каргл С.Г., Крам Л.А. Физические механизмы воздействия терапевтического ультразвука на биологическую ткань (обзор). – Акуст.ж., 2003, т.49, №4, с.437-464.

• Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

Расчётно-графические задания выполняются путем реализации численных алгоритмов на языке программирования MatLab, C++, Fortran, Python или других с использованием персонального компьютера.

• Описание материально-технической базы

Лекционная часть курса проводится в учебной аудитории 3-65 кафедры акустики физического факультета МГУ (она оснащена мультимедийным проектором и выдвигаемым экраном).

8. Язык преподавания: русский

дисциплина может быть реализована на иностранном языке.