



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
/ Н.М. Буднев  
«20» марта 2026 г.



### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля)

Б1.В.ДВ.01.01 Медицинская техника ионизирующих излучений

Направления подготовки

03.04.02. Физика

Направленности (профили) подготовки

Медицинская физика

Форма обучения очная

Согласовано с УМК

физического факультета

Протокол № 53 от «17» марта 2026 г.

Председатель д.ф.-м.н., профессор

Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 7

от «05» марта 2026 г.

И.о. зав. кафедрой д.ф.-м.н.

В.П. Дресвянский

Иркутск 2026 г.

## Содержание:

1. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....	
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	
4. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....	
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	
4.3. Содержание учебного материала .....	
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	
а) перечень литературы.....	
б) периодические издания.....	
в) список авторских методических разработок .....	
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	
6.2. Программное обеспечение:.....	
6.3. Технические и электронные средства:.....	
7. Образовательные технологии.....	
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств .....	

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Целью** дисциплины является сформировать представления о физических принципах получения изображений в современной лучевой диагностике, разбираться в проблемах получения изображений для медицинской диагностике.

### **Задачи** дисциплины

- изучение физических законов лежащих в основе процессов визуализации
- ознакомление с основами современного математического аппарата в качестве средства решения теоретических и практических задач визуализации в медицине и биологии
- сформировать представление об основных физических явлениях, закономерностях, лежащих в основе принципов визуализации.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная учебная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Она изучается в первом семестре на третьем курсе магистратуры. Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ общей физики, математического анализа, биологии и химии.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и по данному направлению подготовки (03.04.02 Физика)

В результате освоения данной программы слушатель должен обладать профессиональными компетенциями:

ПК-3 Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов медико-физических исследований.

### **Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:** основы взаимодействия различных излучений с биологическими тканями, физические основы различных типов визуализации в медицине

**уметь:** выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи

**владеть:** навыками использования теоретических и экспериментальных знаний в области медицинской физики для решения профессиональных задач

## 4. Структура и содержание учебного курса, дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 88 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
					Контактная работа преподавателя с обучающимися		Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия		
1	Введение	3			2			дискуссия
2	Тема 1. Действие звуковой волны на жидкость.	3		4	3		6	дискуссия, тестирование, контрольная работа
3	Тема 2. Действие ультразвука на органические соединения.	3		4	3		7	дискуссия, тестирование, контрольная работа
4	Тема 3. Ультразвуковая интерферометрия биологических жидкостей.	3		4	4	1	7	дискуссия, тестирование, контрольная работа
5	Тема 4. Акустические параметры и ультразвуковая визуализация органов и тканей человека и животных.	3		4	4	1	6	дискуссия, тестирование, контрольная работа
6	Тема 5. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	3		4	3		7	дискуссия, тестирование, контрольная работа
7	Тема 6. Методы регистрации ионизирующего излучения	3		4	3		6	дискуссия, тестирование, контрольная работа
8	Тема 7. Принципы регистрации сигнала со сцинтилляционного детектора	3		4	3		7	
9	Тема 8. Медицинская томография с использованием ионизирующих излучений	3		4	4		7	
10	Тема 9. Медицинская томография с использованием ядерного магнитного резонанса	3		4	4	1	6	
11	Тема 10. Математические основы	3			4		6	

	томографии								
	Экзамен						1		
	КСР								
	Итого часов		180	36	36	39	4	65	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела/темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час)		
3	Тема 1. Действие звуковой волны на жидкость.	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	6	Собеседование	
3	Тема 2. Действие ультразвука на органические соединения.	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	7	Собеседование	
3	Тема 3. Ультразвуковая интерферометрия биологических жидкостей.	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	7	Собеседование	
3	Тема 4. Акустические параметры и ультразвуковая визуализация органов и тканей человека и животных.	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	6	Собеседование	
3	Тема 5. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	7	Собеседование	
3	Тема 6. Методы регистрации ионизирующего излучения	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	6	Собеседование	
3	Тема 7. Принципы регистрации сигнала со сцинтилляционного детектора	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	7	Собеседование	
3	Тема 8. Медицинская томография с использованием ионизирующих излучений	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	7	Собеседование	
	Тема 9. Медицинская томография с	Письменная работа, работа с учебной литературой,	В течение семестра	6	Собеседование	

	использованием ядерного магнитного резонанса	лекциями				
	Тема 10. Математические основы томографии	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	6	Собеседование	
	Подготовка к зачету	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра		Собеседование	
	Общий объем самостоятельной работы по дисциплине	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра	65	Собеседование	

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Введение в дисциплину

**Тема 1. Действие звуковой волны на жидкость.** Интенсивность звукового поля. Критерий интенсивности воздействия звукового поля, критерий линейности процесса. Звуковое давление и акустическая энергия. Определения явления кавитации. Порог развитой кавитации. Виды кавитации. Механизмы физического и химического действия интенсивного ультразвука. О модели схлопывающегося пузырька. Ударные волны при захлопывании кавитационных пузырьков. Резонансно пульсирующие пузырьки. Электрические явления в кавитационных пузырьках. Ультразвуковая люминесценция. Усиление сонолюминесценции. Угнетение сонолюминесценции. Влияние вида газа на интенсивность сонолюминесценции. Тепловые и электрические теории кавитации. Энергетический выход сонолюминесценции

**Тема 2. Действие ультразвука на органические соединения.** Действие ультразвука на биомакромолекулы. Процессы эмульгирования в ультразвуковом поле. Диспергирование твердых веществ. Действие ультразвука на микроорганизмы, вирусы и бактериофаги. Действие ультразвука на одноклеточные и многоклеточные организмы. Поведение форменных элементов костного мозга. О поведении амёб в поле ультразвука. Последствие ультразвука. Стимуляция и угнетение. Ускорение процессов диффузии. Механизм действия ультразвука на целостный организм. Чувствительность тканей к ультразвуку.

**Тема 3. Ультразвуковая интерферометрия биологических жидкостей.** Методы измерения скорости и поглощения ультразвука. Анализ интерферометров. Акустические исследования биологических жидкостей. Акустическая томография нелинейных характеристик мягких биологических тканей. Выяснение связи упругих, вязких и нелинейных параметров биотканей с их структурными и функциональными характеристиками. Численное моделирование распространения интенсивных низкочастотных акустических волн в мягких биологических тканях с использованием биспектрального анализа.

**Тема 4. Акустические параметры и ультразвуковая визуализация органов и тканей человека и животных.** Акустическая анизотропия мышц. Поглощение ультразвука. Отражение. Принцип работы УЗ локатора. Частотная зависимость УЗ отражений. УЗ кардиограммы. Исследования мозга. УЗ изображения. УЗ поглощение крови и отдельных ее составных частей. Поглощение УЗ ядрами клеток.

#### **Тема 5. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом**

Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Пробег быстрых электронов в веществе. Поглощение бета-излучения, поглощение моноэнергетических электронов. Взаимодействие с электромагнитным излучением. Фотоэффект. Эффект Комптона. Рождение пар. Ослабление гамма излучения.

#### **Тема 6. Методы регистрации ионизирующего излучения**

Ионизационная камера. Эффективность собирания ионов. Свободновоздушные и полостные ионизационные камеры. Газовые счетчики. Пропорциональные счетчики. Счетчики Гейгера. Конденсаторные камеры. Полупроводниковые детекторы. Сцинтилляционный метод. Люминесценция. Сцинтилляторы для медицинской томографии. Время затухания свечения. Световой выход. Энергетическое разрешение. Радиационная стойкость кристаллов. Плотность.

#### **Тема 7. Принципы регистрации сигнала со сцинтилляционного детектора**

Понятие амплитудного спектра импульсов. Преобразование оптических фотонов в электрический сигнал. Принципы регистрации с помощью фотоэлектронного умножителя. Принципы регистрации с помощью лавинных фотодиодов. Обработка и преобразование сигналов от сцинтилляционного детектора. Принципы работы АЦП. Обработка полученного амплитудного спектра импульсов. Одноэлектронный, импульсный и токовый режимы. Непропорциональность.

#### **Тема 8. Медицинская томография с использованием ионизирующих излучений**

Принципы компьютерной томографии. Основы позитрон-эмиссионной томографии (PET томография). Основы однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. Пороговые и стохастические эффекты. Категории облучаемых лиц. Система ограничения доз. Предельная доза. Предельно допустимые уровни внешних потоков ионизирующего излучения. Контроль внутреннего облучения. Облучение большими дозами. Нормы радиационной безопасности.

#### **Тема 9. Медицинская томография с использованием ядерного магнитного резонанса**

Ядерный магнитный резонанс. Основные принципы магнитно-резонансной томографии. Диффузионная томография. Томография турбо спин-эхо. Эхо-планарная томография. Химические контрастирующие агенты. Классификация тканей.

#### **Тема 10. Математические основы томографии**

Обратная задача рассеяния. Преобразование Радона. Системы визуализации и математические модели. Практическая томография. Приближенное решение обратной задачи.

### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудовая емкость (часы)	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1.	Тема 1	Обсуждение механизмов физического и химического действия ультразвука	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
2.	Тема 2	Обсуждение механизмов последствие ультразвука на биологические объекты. Стимуляция и угнетение.	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
3.	Тема 3	Численное моделирование распространения интенсивных низкочастотных акустических волн в мягких биологических тканях	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты.
4.	Тема 4	УЗ изображения. Атлас УЗ диагностики	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
5.	Тема 5	Введение в сцинтилляционный метод. Измерение амплитудного спектра импульсов сцинтиллятора NaI-Tl	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
6.	Тема 6	Измерение поглощенной дозы термолюминесцентным методом с использованием монокристаллического детектора на основе фтористого лития	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты

7.	Тема 7	Измерение светового выхода сцинтилляционного детектора. Калибровка АЦП. Изучение методов обработки амплитудных спектров импульсов.	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
8.	Тема 8	Пропорциональность сцинтилляционного детектора. Изучение явления непропорциональности.	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты
9.	Тема 9	Дозиметрия с использованием дозиметра с ионизационной камерой	4	практ. и твор. задания, собес., отчеты

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся

Внеаудиторная СР под методическим руководством и контролем преподавателя, но без его непосредственного участия при подготовке к аудиторным занятиям, текущим и промежуточным формам контроля. Виды **СР обучающихся**: Методические рекомендации студентам при подготовке к практическому занятию на основе изучения рекомендованной научной и учебной литературы. Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться электронной библиотекой ВУЗа, они имеют возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки ВУЗа, так и иных электронных библиотечных систем. В свою очередь, студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе вузовской библиотеки, а также воспользоваться читальными залами вуза.

**Написание реферата.** Написание рефератов должно способствовать закреплению и углублению знаний, а также выработке навыков самостоятельного мышления и умения решать поставленные перед студентом задачи. Содержание выполненной работы дает возможность углубить уровень знания изучаемой проблемы, показать знание литературы и сведений, собранных студентом, выполняющим реферативные работы. Существует определенная форма, которой должен придерживаться студент, выполняющий работу. Реферат должен иметь титульный лист, содержание темы, список литературы и оглавление. Список литературы должен включать, главным образом, новейшие источники: статьи, учебники, другие первоисточники по проблемам дисциплины. Особое внимание уделяется периодической печати, которая отражает проблематику, затронутую в реферате. При написании работы обязательны ссылки на используемые источники, статистические материалы, что придает работе основательность, научную ориентацию. Реферат пишется на листах формата А4. Объем реферата должен быть не менее 18 страниц печатного текста (размер шрифта 14 при компьютерном наборе текста), из них 3 страницы – оформление реферата (1 стр. – титульный лист, 2 стр. – оглавление или план, последняя страница реферата – список использованной литературы). Реферат дает возможность не только убедиться в уровне знаний студентов по изучаемому предмету, но и установить склонность студентов к научно-исследовательской работе. Положительной оценки за реферат заслуживает студент, полностью раскрывший выбранную тему, опирающийся на новейшую литературу, демонстрирующий знание основных терминов и понятий, умение выделять существенные характеристики специфики педагогической деятельности по формированию комфортной и безопасной образовательной среды.

**Подготовка к практическому занятию.** Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную преподавателем литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями.

**Компьютерная презентация по теме** – вид самостоятельной работы студента, предусматривающий упорядочивание учебного материала в формат визуального организатора. Основные принципы при составлении компьютерной презентации: простота содержания, доступность, понятность содержания, соответствие содержанию доклада, умеренно яркое оформление, наглядность (разумное использование ярких эффектов). Не злоупотребляйте эффектами анимации. Стилль оформления компьютерной презентации (слайдов) должен быть единым..

**Подготовка к промежуточному контролю по дисциплине (экзамен)** Экзамен является неотъемлемой частью учебного процесса и призван закрепить и упорядочить знания студента, полученные на занятиях и самостоятельно. Сдаче экзамена предшествует работа студента на лекционных, практических занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета. Отсутствие студента на занятиях без уважительной причины и невыполнение заданий самостоятельной работы является основанием для недопущения студента к сдаче экзамена. Готовиться к экзамену необходимо последовательно, с учётом примерных вопросов, содержащихся в программе. Сначала следует определить место каждого контрольного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованную учебную и научную литературу. Работу над темой можно считать завершённой, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые работы не планируются.

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

#### **а) основная литература:**

1. Болотина И.О., Солдатов А.И., Цехановский С.А. Применение ультразвука в медицине: Учебное пособие. - Томск.: Изд-во ТПУ, 2008. - 295с.
2. Брюховецкий Ю. А. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / Ю. А. Брюховецкий. – М. : Видар-М, 2006. – 698 с.
3. Акопян В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. – М.: МГТУ. 2005. – 224 с.
4. Балдаев Р., Раджендран В. Паланичами П. Применение ультразвука. – М.: Техосфера. 2006. – 575 с.
5. Computed Tomography. Handbook. The American Registry of Radiologic Technologists, 2013
6. Р. Ю. Шендрик. Введение в физику сцинтилляторов серия «Методы экспериментальной физики конденсированного состояния», Учебное пособие / Р. Ю. Шендрик, Изд-во ИГУ, 2013
7. А. В. Егранов. Взаимодействие излучения с веществом серия «Методы экспериментальной физики конденсированного состояния», Учебное пособие / А. В. Егранов, Изд-во ИГУ, 2013
8. Е. А. Раджабов, Спектроскопия атомов и молекул в конденсированных средах, серия «Методы экспериментальной физики конденсированного состояния», Учебное пособие / Е. А. Раджабов, Изд-во ИГУ, 2013
9. PANDA — пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов. Справочник : пер. с англ. / под. Ред. Райлли Д., Энслина Н., Смита Х., Крайнера С. - ВНИИА, 2007
10. Волков Н. Г. Методы ядерной спеткротрии : учебное пособие / Н. Г. Волков, В. А. Христофоров, Н. П. Ушакова. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 255 с.

#### **б) дополнительная литература:**

1. Василенко И.Я. Радиация. Источники, нормирование облучения. Природа, № 4, 10-16, 2001.
2. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита. Учебник/ под ред. Проф. С.А. Куценко, «Фолиант».- Санкт-Петербург, 2004, 530 с.
3. Егоров О. Наглядный способ регистрации заряженных частиц. Квант, 6, 2001.

4. Костюков Н.С., Муминов М.И., Атраш С.М. и др. Диэлектрики и радиация, в 4-х кн., М., Наука, 2001.
5. Глобус М.Е., Гринев Б.В. Неорганические сцинтилляторы: новые и традиционные материалы Харьков, Акта, 2001, 408 с.
6. Бойко В.И., Скворцов В.А., Фортгов В.Е., Шаманин И.В. Взаимодействие импульсных заряженных частиц с веществом, М., Физматлит, 2003, 288 с.

**в) программное обеспечение** пакеты MSOFFICE

**г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

научные публикации в реферативных журналах; материалы научных конференций

Интернет-источники:

1. <http://www.nndc.bnl.gov/nndc/nndcinfo.html> The National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, (на этом сервере можно найти данные по сечениям взаимодействия различных видов ионизирующих излучений с веществом и характеристики ядер).
2. <http://nrv.jinr.ru/nrv/> Объединенный институт ядерных исследований Nuclei and their properties.
3. <http://depni.npi.msu.su/cdfe/> Center for Photonuclear Experimental Data, Moscow State University.
4. Википедия. <http://ru.wikipedia.org>
5. Учебные материалы ММФ НГУ. <http://mmf.nsu.ru/node/485#comput-math>

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

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в специально подготовленном дисплейном классе, в котором на каждое рабочее место включает в себя компьютер (Intel Atom CPU D2500 и D2550 1.86x2GHz, мониторы Samsung S19B300N и S19C150N) с соответствующим лицензионным программным обеспечением. Кроме того, на факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Офисный пакет Open Office (свободная лицензия, бессрочно)

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

## **7. Образовательные технологии**

- Интерактивные лекции
- Групповые дискуссии
- Проблемное обучение
- Исследовательские методы в обучении
- Обучение в сотрудничестве (работа в группе)
- Анализ ситуаций и имитационных моделей

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;

- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование студентами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;

При необходимости, в процессе работы над заданием, студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

## **8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса обучающийся должен знать основы информатики, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне, прослушать подробную технику безопасности при работе со сложным цифровым оборудованием.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Текущий контроль успеваемости магистрантов осуществляется во время лабораторных занятий в ходе собеседований со студентами при выполнении ими практических заданий. Задания для практических работ и контрольные вопросы к ним указаны в ФОС. Предусмотрены следующие формы аттестации:

промежуточная - тестирование.

Текущий контроль проводится в форме устного опроса после прохождения материалов каждого раздела.

Промежуточная аттестация проводится по итогам освоения каждого модуля в форме тестирования.

Сдавшим промежуточную аттестацию считается студент, набравший при тестировании не менее 60 процентов.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств**

### **Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса студент должен знать основы информатики, биофизики и биохимии, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне.

### **Оценочные средства текущего контроля**

*Текущий контроль* осуществляется по результатам компьютерного тестирования.

Примерный список задач по пройденным темам:

1. Найти акустическое значение давления в ткани организма на глубине 2 см при облучении её ультразвуком интенсивностью  $2 \text{ Вт/см}^2$ . Коэффициент поглощения ткани считать равным  $0,19 \text{ см}^{-1}$ , а её плотность  $1,06 \text{ г/см}^3$ , скорость распространения звука  $v=15,5 \text{ см/с}$ .
2. Определите коэффициент проникновения на границе раздела воздух - кожа. Скорость распространения УЗ-волны в воздухе равна  $343,1 \text{ м/с}$ , в коже -  $1610 \text{ м/с}$ , плотность воздуха -  $1,205 \text{ кг/м}^3$ , плотность кожи -  $1250 \text{ кг/м}^3$ .

3. Определите звуковое давление в крови при распространении ультразвуковой волны с частотой 1 МГц и интенсивностью 10 Вт/см<sup>2</sup>. Скорость распространения УЗ-волны в крови 1590 м/с, плотность крови  $\rho=1050$  кг/м<sup>3</sup>.
4. Определите амплитуду, скорость и ускорение колеблющихся частиц жидкой среды (кровь) под действием УЗ-волны интенсивностью 10 Вт/см<sup>2</sup> и частотой 1 МГц. Плотность крови  $\rho=1050$  кг/м<sup>3</sup>. Сравните ускорение колеблющихся частиц крови с ускорением свободного падения. Сделайте вывод о средней кинетической энергии частиц среды.
5. В нормальных условиях скорость потока крови в аорте приблизительно равна 0,28 м/с. Вдоль потока направляются ультразвуковые волны с частотой 4,20 МГц. Эти волны отражаются от красных кровяных телец. Какова будет частота наблюдаемых при этом биений? Считайте, что скорость этих волн равна  $1,5 \times 10^3$  м/с.
6. Эффект Доплера для ультразвуковых волн на частоте 1,8 МГц используется для контроля частоты сердцебиений зародыша. Наблюдаемая частота биений (максимальная) равна 600 Гц. Считая, что скорость распространения звука в ткани равна  $1,5 \times 10^3$  м/с, вычислите максимальную скорость поверхности бьющегося сердца.

Примерный список вопросов для самоконтроля:

1. Какова физическая природа ультразвука (УЗ). Его основные физические характеристики.
2. Механическое и тепловое действие УЗ на вещество.
3. Закон ослабления интенсивности ультразвуковой волны при прохождении через вещество. График.
4. Отражение УЗ от границы раздела двух сред с разными плотностями. Физический смысл коэффициента отражения. Формула для расчета коэффициента отражения через параметры сред.
5. В чём состоит идея УЗ эхолокации? Как в эхолокации используются свойства отражения и ослабления УЗ волны? Как эхолокация используется в медицине?
6. Что такое предел разрешения УЗ эхолокатора?
7. В чём состоит суть эффекта Доплера? Что такое сдвиг частоты, от чего зависит его величина и в каких случаях он меняет знак? Как используется эффект Доплера в медицине?

Примерный список вопросов к экзамену:

1. Звуковые волны. Плоская бегущая волна. Монохроматические волны. Скорость звука.
2. Полная система уравнений акустики
3. Линеаризация полной системы уравнений акустики
4. Энергия звуковых волн. Закон сохранения энергии
5. Распространение звуковых волн в идеальной среде
6. Распространение звуковых волн в неоднородных средах. Отражение и преломление.
7. Распространение звука в движущейся среде.
8. Кавитация. Виды кавитации. Механизмы физического и химического действия интенсивного ультразвука.
9. О модели схлопывающегося пузырька. Ударные волны при захлопывании кавитационных пузырьков. Резонансно пульсирующие пузырьки.
10. Электрические явления в кавитационных пузырьках. Тепловые и электрические теории кавитации.
11. Ультразвуковая люминесценция. Усиление сонолюминесценции. Угнетение сонолюминесценции. Энергетический выход сонолюминесценции.
12. Действие ультразвука на биомолекулы. Процессы эмульгирования в ультразвуковом поле. Диспергирование твердых веществ.
13. Действие ультразвука на микроорганизмы, вирусы и бактериофаги. Действие ультразвука на одноклеточные и многоклеточные организмы. Поведение форменных элементов костного мозга.
14. Последствие ультразвука. Стимуляция и угнетение. Ускорение процессов диффузии.

15. Механизм действия ультразвука на целостный организм. Чувствительность тканей к ультразвуку.
16. Методы измерения скорости и поглощения ультразвука. Акустические исследования биологических жидкостей.
17. Акустическая томография нелинейных характеристик мягких биологических тканей.
18. Выяснение связи упругих, вязких и нелинейных параметров биотканей с их структурными и функциональными характеристиками.
19. Акустическая анизотропия мышц. Поглощение ультразвука. Отражение.
20. Принцип работы УЗ локатора. Частотная зависимость УЗ отражений.
21. УЗ изображения. УЗ кардиограммы. Исследования мозга.
22. УЗ поглощение крови и отдельных ее составных частей. Поглощение УЗ ядрами клеток.
23. Виды ионизирующего излучения. Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. Характеристика полей ионизирующих излучений. Сечение взаимодействия.
24. Поглощенная доза и керма ионизирующего излучения. Активность. Виды радиоактивности. Схемы распада радионуклидов. Взаимодействие фотонов с веществом. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Рождение пар.
25. Рентгеновское излучение. Источники первичного излучения и детекторы рентгеновского излучения.
26. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Радиационные потери. Тормозная способность вещества. Линейная передача энергии (ЛПЭ). Формула Бете. Пробег заряженной частицы. Переходное излучение. Свечение Вавилова-Черенкова.
27. Эквивалентная доза. Эффективная доза. Система ограничения доз. Предельная доза. Предельно допустимые уровни внешних потоков ионизирующего излучения
28. Люминесцентные методы дозиметрии. Сцинтилляционный метод
29. Люминесценция веществ и ее разновидности. Схемы квантовых переходов при различных видах люминесценции. Основные физические характеристики люминесценции.
30. Основные характеристики сцинтилляторов. Понятие абсолютного светового выхода
31. Процессы преобразования энергии в сцинтилляторе. Рождение электрон-дырочных пар. Перенос энергии.
32. Принципы регистрации вспышек света от сцинтиллятора. ФЭУ. Лавинны фотодиод. Амплитудный спектр импульсов.
33. Томография с использованием ионизирующих излучения. КТ томография. ПЭТ томография. СПЕКТ томография.
34. МРТ томография. Физические принципы.
35. Математические основы томографии. Обратная задача рассеяния. Преобразование Радона.

Проведение текущего контроля осуществляется на практических занятиях: в виде опроса теоретического материала и умения применять его к решению задач, в виде проверки домашних заданий, в виде тестирования по отдельным темам; промежуточный контроль осуществляется проведением тестов по отдельным разделам дисциплины, тестирования по разделам дисциплины, изученным студентом в период между аттестациями.

Средства контроля - тесты, устные опросы, собеседования, которые позволяют определить достижение слушателями планируемых результатов для каждой формы аттестации.

Промежуточная аттестация проводится по итогам освоения каждого модуля в форме тестирования. Сдавшим промежуточную аттестацию считается слушатель, набравший при тестировании не менее 60 процентов. Результаты промежуточного контроля знаний:

«отлично» - более 85%

«хорошо» - от 71 до 85%

«удовлетворительно» - от 60 – до 70%

«неудовлетворительно» - менее 60%

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ

«05» марта 2026 г.

Протокол № 7

И.о. зав. кафедрой  В.П. Дресвянский

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ОБНОВЛЕНИЯ (изменения) ПРОГРАММЫ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

Реквизиты ЛНА, зарегистрировавшего изменения	№ модуля (раздела), пункта, подпункта			Дата внесения изменени й	Всего листов в документ е	Подпись ответственног о за внесение изменения
	Измененног о	Новог о	Изъятог о			
№ от						