

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета



УТВЕРЖДАЮ

Директор МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

О. И. Родькин

2023 г.

Регистрационный № УД- 12-11-25 /уч.

## МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-40 05 01-07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении)

2023 г.



Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1 - 40 05 01 - 2021 от 09.02.2022 и учебного плана № 130-121/уч. от 14.05.2021 специальности 1 - 40 05 01 - 07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении)

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.П. Зорин, доцент кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, заведующий НИЛ биофизики и биотехнологии физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 22.03. 2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 8 от 23.04. 2023)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящий курс предназначен для освоения совокупности специальных знаний по медицинской физике. Курс включает все разделы современной медицинской физики, в том числе – оценку последствий воздействия вредных физических и профессиональных факторов на организм человека, основы их профилактики и контроля, физические свойства биоматериалов, физическое моделирование физиологических процессов, физические основы функциональной и структурной диагностики, основы медицинской биоинженерии. В рамках курса представлены современные экспериментальные подходы медицинской физики. В изложении курса используются модельные принципы описания физических свойств биоматериалов и физической картины физиологических процессов на основе механики сплошных сред.

**Цель учебной дисциплины** – сформировать у студентов целостную систему знаний об известных механизмах действия физических факторов на организм человека, представления о физических основах функционирования органов и систем.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- изучить принципы экспериментальных подходов к оценке физических свойств биоматериалов;
- показать основные установленные закономерности поведения различных тканей и организма в целом после воздействия некоторых физических факторов;
- на примере физических феноменов органов чувств человека продемонстрировать принципы биомедицинского моделирования и клинического применения сформированных моделей.

Изучение и усвоение дисциплины предполагает владение следующими компетенциями:

СК-22 Быть способным использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов медицинской физики для решения профессиональных задач.

В результате усвоения дисциплины студент должен:

### **знать:**

- физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой и ядерной физики, оптики (волновые и квантовые представления о природе света, интерференцию, дифракцию, поляризацию света), грамотного понимания физических и физико-химических закономерностей, лежащих в основе функционирования биосистем;
- механизмы действия вредных экологических и профессиональных физических факторов на организм человека, принципы профилактики и контроля;
- принципы экспериментального исследования физических свойств биоматериалов *in vitro*;
- действующие физические модели органов зрения, слуха, систем кровообращения и дыхания, системы тепло-массообмена в организме;

– физические основы функционирования органов и систем организма, основные физические характеристики биоматериалов.

***уметь:***

– применять полученные знания в сфере медицины для анализа состояния организма, причин нарушения его функционирования и возникновения заболеваний;

– применять полученные знания для анализа диагностики выявляемых изменений физических свойств органов, организменных систем и физиологических процессов.

***владеть:***

– распространёнными лабораторными, инструментальными и функциональными методами исследований, оценивать их результаты;

– навыками решения типовых задач моделирования физических свойств биоматериалов и физиологических процессов.

В соответствии с учебным планом общий объем часов по дисциплине «Медицинская физика» составляет – 144 часов. Объем аудиторных часов – 76, из них: лекции – 36 часов, практические занятия – 40 часов.

Форма получения высшего образования первой степени – дневная.

Форма текущей аттестации – экзамен в 6-ом семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Предмет медицинской физики. Основы биомеханики. Механические свойства биологических тканей**

Понятие медицинской физики. Определение медицинской физики как отрасли медико-биологических наук. Разделы медицинской физики. Классификация медицинских аспектов внешних физических воздействий на организм человека. Механические деформации. Закон Гука, модуль упругости. Определение модуля упругости материалов. Упругие, вязкие и вязкоупругие среды, их механические характеристики и модели. Механические свойства биологических тканей: костной ткани, мышц, сухожилий, стенок сосудов. Основы биомеханики.

### **Тема 2. Механические колебания. Резонанс. Гармонический анализ сложных колебаний. Механические волны**

Механические колебания. Гармонические колебания. Энергия гармонических колебаний. Сложение колебаний. Резонанс. Автоколебания. Гармонический спектр сложных колебаний, теорема Фурье. Применение гармонического анализа для обработки диагностических данных.

Механические волны, их виды, скорость распространения. Уравнение волны. Энергетические характеристики волны: поток энергии, интенсивность (плотность потока энергии), объемная плотность энергии волны, вектор Умова. Эффект Доплера. Понятие внешних воздействий.

### **Тема 3. Акустика. Акустические и ультразвуковые методы исследования и воздействия в медицине. Биофизические основы формирования слухового ощущения**

Физические характеристики звука: частота, интенсивность, спектральный состав. Характеристики слухового ощущения и их связь с физическими характеристиками звука. Диаграмма слышимости. Закон Вебера-Фехнера. Уровни интенсивности и уровни громкости, единицы измерения, связь между ними. Фонокардиография. Отражение и поглощение звуковых волн. Акустический импеданс.

Биофизические основы действия ультразвука на клетки и ткани организма человека. Принципы ультразвуковой визуализации органов и тканей организма человека. Ультразвуковая диагностика. Применение эффекта Доплера для неинвазивного измерения скорости кровотока.

Инфразвук. Особенности действия инфразвука на биологические объекты.

Акустика. Диаграмма слышимости. Ультразвук. Акустические и ультразвуковые методы исследования и воздействия в медицине. Биофизические основы формирования слухового ощущения. Аудиометрия.

#### **Тема 4. Физические основы гемодинамики. Применение уравнения Бернулли, уравнения неразрывности и формулы Пуазейля для анализа течения жидкости и артериального кровотока**

Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности струи. Уравнение Бернулли. Течение вязкой жидкости, формулы Ньютона и Пуазейля. Гидравлическое сопротивление. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Число Рейнольдса. Реологические свойства крови, неньютоновский характер ее вязкости. Роль эластичности сосудов, пульсовая волна. Распределение скорости кровотока и кровяного давления в большом круге кровообращения. Применение уравнения Бернулли для исследования кровотока в крупных артериях и аорте (закупорка артерии, артериальный шум, поведение аневризмы). Методы определения давления и скорости кровотока.

#### **Тема 5. Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления**

Факторы, влияющие на вязкость крови в организме человека. Методы определения вязкости: Стокса, Оствальда, ротационный метод. Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда. Физическая сущность явления поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения и методы его определения. Добавочное давление под кривой поверхностью жидкости, формула Лапласа. Смачивание. Капиллярные явления, их значение в биологических системах. Газовая эмболия.

#### **Тема 6. Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах**

Строение и физические свойства биологических мембран. Пассивный транспорт веществ через биологические мембраны, его виды. Математическое описание пассивного транспорта веществ. Активный транспорт ионов. Мембранные потенциалы покоя и их ионная природа. Уравнение Нернста. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца для потенциала покоя клетки. Механизм генерации потенциала действия, его основные фазы. Рефрактерный период. Распространение потенциала действия по безмиелиновым и миелинизированным аксонам.

#### **Тема 7. Электрические явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования. Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии**

Электрическое поле и его характеристики. Поле диполя. Основы электрографии органов организма человека. Электрокардиография, теория Эйнтховена. Стандартные отведения Эйнтховена, усиленные униполярные и грудные отведения. Формирование зубцов электрокардиограммы, их связь с физиологическими процессами в миокарде. Определение амплитудных и временных параметров электрокардиограммы.



**Тема 8. Постоянный и переменный ток. Различные нагрузки в цепи переменного тока. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии. Физические основы электростимуляции тканей и органов организма человека**

Постоянный и переменный ток. Закон Ома в дифференциальной форме. Электропроводность биологических тканей. Гальванизация и лечебный электрофорез. Переменный ток, его характеристики. Омическое сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока. Импеданс цепи. Эквивалентная схема живой ткани. Импеданс живой ткани, его зависимость от частоты переменного тока. Оценка жизнестойкости тканей. Физические основы реографии как диагностического метода. Импульсные токи и их характеристики. Электровозбудимость тканей, реобаза, хронаксия. Уравнение Вейса-Лапика, закон Дюбуа-Реймона. Виды электростимуляции сердца. Аппаратура для электростимуляции. Определение параметров импульсных токов (длительности импульса, частоты, скважности). Аппарат амплипульс-терапии.

**Тема 9. Основные характеристики и свойства магнитного поля. Магнитные свойства веществ и биологических тканей**

Магнитное поле и его характеристики и свойства. Магнитные свойства веществ и биологических тканей. Действие магнитного поля на биообъекты.

**Тема 10. Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Аппаратура для высокочастотной терапии**

Физические основы высокочастотной терапии и электрохирургии. Методы и аппаратура высокочастотной терапии: диатермия, индуктотермия, микроволновая терапия, крайне высокочастотная терапия, местная дарсонвализация. Нагревание диэлектриков и электролитов в поле ультравысокой частоты

**Тема 11. Оптическое излучение, его природа и характеристики. Оптические методы исследования и воздействие излучением оптического диапазона на биологические объекты**

Общие свойства электромагнитных волн. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации света. Методы получения поляризованного света, основанные на явлениях Брюстера, двулучепреломления, дихроизма поглощения. Закон Малюса.

**Тема 12. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность. Рефрактометрия. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии**

Оптическая активность. Устройство поляризационных приборов, основанных на двулучепреломлении и дихроизме поглощения. Прохождение света через поляризаторы. Устройство поляриметра. Определение концентрации оптически активных веществ поляриметром.

### **Тема 13. Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии. Биомеханика зрения. Биофизические основы зрения**

Ход лучей в микроскопе. Увеличение и предел разрешения оптических микроскопов. Формула Аббе. Основы электронной микроскопии. Волновые свойства электронов. Длина волны де Бройля. Предел разрешения электронного микроскопа. Принципы и возможности зондовой микроскопии.

Аккомодация глаза. Недостатки оптической системы глаза и их коррекция. Чувствительность глаза к свету и цвету. Механизм адаптации глаза к различной освещённости. Биофизические основы зрительной рецепции.

### **Тема 14. Тепловое излучение тел. Энергетические характеристики теплового излучения. Тепловидение и термография в медицине**

Основные характеристики теплового излучения. Энергетическая светимость, спектральная плотность энергетической светимости, монохроматический коэффициент поглощения. Абсолютно чёрное, серое и другие тела. Законы теплового излучения (Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина). Формула Планка. Тепловое излучение тела человека. Использование тепловидения и термографии в медицине.

### **Тема 15. Законы поглощения и рассеяния света. Основы спектрофотометрии**

Поглощение света. Законы поглощения света веществом. Показатель поглощения вещества, его зависимость от длины волны света и концентрации раствора. Коэффициент пропускания и оптическая плотность, их зависимость от длины волны и концентрации. Устройство фотоэлектроколориметра, определение с его помощью концентрации растворов. Определение спектра поглощения вещества спектрофотометром. Рассеяние света, его виды и закономерности. Закон Релея. Нефелометрия.

### **Тема 16. Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Люминесценция. Фотобиологические процессы**

Теория Бора. Спектр атома водорода. Основы атомного и молекулярного спектрального анализа. Градуировка спектроскопа излучением ртутной лампы и исследование спектров поглощения гемоглобина крови и других растворов.

Люминесценция, ее виды и характеристики. Законы Стокса и Вавилова. Люминесцентный анализ в медицине. Собственная люминесценция биологических объектов. Люминесцентные метки и зонды.

Фотобиологические процессы, спектр действия.

Фотодинамическая терапия.



### **Тема 17. Вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине**

Вынужденное излучение и его свойства. Условия усиления света. Устройство лазеров. Назначение активной среды, системы накачки и резонатора в лазерах. Схема работы лазера. Свойства лазерного излучения, его использование в медицине. Использование лазерного излучения в терапии и хирургии. Определение длины волны лазера и размеров малых объектов по дифракционной картине.

### **Тема 18. Основы электронного парамагнитного резонанса. Ядерный магнитный резонанс. Принципы магнитно-резонансной томографии**

Электронный парамагнитный резонанс. Поведение парамагнитных ядер во внешнем магнитном поле. Ядерный магнитный резонанс. Схема установки для наблюдения ядерного магнитного резонанса.

Магнитные свойства ядер химических элементов, химический сдвиг.

Основы магнитно-резонансной томографии.

### **Тема 19. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине**

Природа тормозного и характеристического рентгеновского излучения, их характеристики и свойства.

Устройство рентгеновской лампы, спектр тормозного излучения и его регулировка. Характеристическое излучение. Закон Мозли. Закон ослабления рентгеновского излучения веществом, слой половинного ослабления. Линейный и массовый показатели ослабления, их зависимость от жесткости излучения и свойств вещества. Виды взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Использование рентгеновского излучения в диагностике и лучевой терапии. Основы рентгеновской компьютерной томографии. Методы защиты от рентгеновского излучения.

### **Тема 20. Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений**

Радиоактивный распад и его виды. Энергетические спектры  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц, гамма-излучений. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада. Характеристики взаимодействия ионизирующих излучений с веществом: линейная плотность ионизации, линейные потери энергии, длина пробега.

Активность радионуклидов, единицы ее измерения. Связь между радионуклидами. Удельная, массовая и поверхностная активности радионуклидов. Изменение активности препарата во времени.

Основы позитронно-эмиссионной томографии. Поглощенная, экспозиционная, эквивалентная дозы ионизирующего излучения, связь между ними и единицы их измерения. Эффективная эквивалентная доза, коэффициенты радиационного риска, коллективная доза.

**Тема 21. Нанотехнологические основы современных методов диагностики и терапии в медицине**

Наночастицы и нанотехнологии. Типы наночастиц. Методология получения наночастиц. Использование наночастиц в диагностике заболеваний. Применение наночастиц для векторной доставки лекарственных препаратов. Опасности применения наночастиц в медицине.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские)	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Предмет медицинской физики. Основы биомеханики. Механические свойства биологических тканей	1					опрос
2	Механические колебания. Резонанс. Гармонический анализ сложных колебаний. Механические волны	1	2				сам. раб.
3	Акустика. Акустические и ультразвуковые методы исследования и воздействия в медицине. Биофизические основы формирования слухового ощущения	2	2				опрос
4	Физические основы гемодинамики. Применение уравнения Бернулли, уравнения неразрывности и формулы Пуазейля для анализа течения жидкости и артериального кровотока	2	2				опрос
5	Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления	1	2				сам. раб.
6	Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах	1	2				опрос
7	Электрические явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования. Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии	2	2				опрос

8	Постоянный и переменный ток. Различные нагрузки в цепи переменного тока. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии. Физические основы электростимуляции тканей и органов организма человека	2	2				опрос, сам. раб.
9	Основные характеристики и свойства магнитного поля. Магнитные свойства веществ и биологических тканей	2	1				опрос, сам. раб.
10	Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Аппаратура для высокочастотной терапии	2	1				Тест
	Контрольная работа №1		2				
11	Оптическое излучение, его природа и характеристики. Оптические методы исследования и воздействие излучением оптического диапазона на биологические объекты	1	2				опрос, сам. раб.
12	Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность. Рефрактометрия. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии	1	2				сам. раб.
13	Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии. Биомеханика зрения. Биофизические основы зрения	2	2				опрос, сам. раб.
14	Тепловое излучение тел. Энергетические характеристики теплового излучения. Тепловидение и термография в медицине	2	2				опрос, сам. раб.



15	Законы поглощения и рассеяния света. Основы спектрофотометрии	2	2				опрос
16	Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Люминесценция. Фотобиологические процессы	2	2				опрос, сам. раб.
17	Вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине	2	2				тест
18	Основы электронного парамагнитного резонанса. Ядерный магнитный резонанс. Принципы магнитно-резонансной томографии	2	2				опрос, сам. раб.
19	Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине	2	2				опрос, сам. раб.
20	Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений	2	1				опрос, сам. раб.
21	Нанотехнологические основы современных методов диагностики и терапии в медицине	2	1				опрос, сам. раб.
	Контрольная работа № 2		2				
	<b>Всего</b>	<b>36</b>	<b>40</b>				

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### *Основная*

1. Артюхов, В. Г. Биофизика : учебник для вузов / под ред. В. Г. Артюхова. – Москва : Академический Проект, 2020. – 294 с.
2. Васильев, А. А. Медицинская и биологическая физика. Тестовые задания : учебное пособие для вузов / А. А. Васильев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 189 с.
3. Крайнов, В. П. Воздействие ионизирующего излучения на биологические ткани : учебное пособие / В. П. Крайнов. – Долгопрудный : Издательский Дом "Интеллект", 2022. – 94 с.
4. Кухаренко, Л. В. Медицинская и биологическая физика = Medical and biological physics : курс лекций / Л. В. Кухаренко, М. В. Гольцев. – Минск : БГМУ, 2018. – 132 с.
5. Практикум по медицинской и биологической физике : учебное пособие / В. Г. Лещенко [и др.]; под ред. В. Г. Лещенко. – Минск : БГМУ, 2018. – 220 с.
6. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика: издание 4-е, переработанное и дополненное / А. Н. Ремизов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 656 с.

#### *Дополнительная*

7. Костылев, В. А. Медицинская физика / В. А. Костылев, Б. Я. Наркевич. – М. : Медицина, 2008. – 464 с.
8. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика: учебное пособие / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – Мн. : Новое знание, 2012; М. : ИНФРА-М, 2012. – 552 с.
9. Лещенко, В. Г. Практикум по медицинской и биологической физике: учебное пособие / под редакцией В. Г. Лещенко. Мн. : Новое знание, 2013; М. : ИНФРА-М, 2013. – 318 с.
10. Медицинская и биологическая физика для студентов-медиков : учеб.-метод. пособие / Л. В. Кухаренко [и др.]. – 2-е изд., испр. – Минск : БГМУ, 2016. – 260 с.

### **Образовательные технологии. Инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины**

При изучении дисциплины «Медицинская физика» рекомендуется активно использовать практико-ориентированный подход, методы проектного и группового обучения.

*Практико-ориентированный подход* предполагает: освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры; использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

*Метод проектного обучения* представляет собой способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта. Указанный метод предполагает приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

*Метод группового обучения* представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

При реализации данной дисциплины используются следующие виды учебных занятий: лекции, консультации, практические занятия и самостоятельная работа студента. В рамках лекционных занятий предусмотрено использование мультимедийных средств, а также широкое применение активных форм учебного процесса: разбор конкретных ситуаций, оценка результатов применения отдельных моделей, обсуждение данных литературных источников.

### **Перечень контрольных мероприятий управляемой самостоятельной работы студентов**

1. Вибротерапия. Основные направления клинического применения.
2. Понятие экспериментального исследования *in vivo* и *in vitro*. Консервирование биоматериалов.
3. Области использования знаний о механических свойствах сосудов.
4. Понятия интенсивности звука, интенсивности стандартного звука, уровня (громкости) звука.
5. Экспериментальные исследования механических свойств системы кровообращения.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование накопительной рейтинговой системы.

### **Примерный перечень тем практических занятий**

1. Внешние физические воздействия, оказывающие влияние на организм человека.
2. Ударные воздействия на костные структуры организма.
3. Вибрационные воздействия на организм человека.
4. Гравитационные воздействия на организм человека.

5. Тепловые воздействия. Физические свойства биоматериалов.
6. Принципы организации защиты от тепловых воздействий.
7. Понятие биоматериала.
8. Принципиальные схемы экспериментальных исследований кровеносных сосудов.
9. Биомеханика зрения.
10. Биомеханика слуха.
11. Механизмы передачи звука.
12. Биомеханика вестибулярного аппарата.
13. Моделирование вестибулярного аппарата.
14. Моделирование речеобразования.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики**

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- контрольные работы;
- самостоятельные работы;
- компьютерное тестирование.



**Протокол согласования учебной программы**

<b>Название дисциплины, с которой требуется согласование</b>	<b>Название кафедры</b>	<b>Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине</b>	<b>Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)</b>
Согласование не требуется			