

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**



Ректор учреждения образования  
«Белорусский государственный  
медицинский университет»

С.П.Рубникович

24.06.2023

Рег. № УД-0911-02-09/2324/уч.

**Контрольный  
экземпляр**

**МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

**Учебная программа учреждения образования  
по учебной дисциплине для специальности**

**7-07-0911-02 «Медико-профилактическое дело»**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине «Медицинская и биологическая физика» разработана на основе учебного плана учреждения образования по специальности 7-07-0911-02 «Медико-профилактическое дело», утвержденного 27.06.2023, регистрационный № 7-07-0911-02/2324.

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

М.В.Гольцев, заведующий кафедрой медицинской и биологической физики учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент;

Л.В.Кухаренко, доцент учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент;

О.Н.Белая, доцент учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент;

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой медицинской и биологической физики учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»  
(протокол № 10 от 18.05.2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»  
(протокол № 6 от 27.06.2023)



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Медицинская и биологическая физика» – учебная дисциплина естественнонаучного модуля, содержащая систематизированные научные знания о физических законах и явлениях применительно к решению медицинских задач, а также об устройстве медицинской аппаратуры и правилах ее безопасного использования.

Цель учебной дисциплины «Медицинская и биологическая физика» – формирование базовой профессиональной компетенции для применения современных методов диагностики и лечения.

Задачи учебной дисциплины «Медицинская и биологическая физика» состоят в формировании у студентов научных знаний о

физических свойствах биологических тканей, физических и физико-химических процессах, протекающих в живом организме, современных методах их исследования и описания;

механизмах влияния физических факторов на организм человека, физических основах функционирования современной медицинской аппаратуры;

физических основах современных методов диагностики состояния организма человека;

умений и навыков, необходимых для:

формирования опыта использования знаний о математических методах решения научно-практических, клинических и статистических задач и их применения в медицине, а также для владения системным и сравнительным анализом;

использования лабораторного, диагностического, терапевтического оборудования и интерпретации результатов лабораторных методов исследования; безопасной работы с медицинской аппаратурой.

Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Медицинская и биологическая физика», необходимы для успешного изучения следующих учебных дисциплин: «Медицинская химия», «Медицинская биология и общая генетика», «Анатомия человека», «Нормальная физиология», модуля «Радиационная и экологическая медицина».

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины, должен обладать следующей базовой профессиональной компетенцией: применять основные биофизические законы и знания об общих принципах функционирования медицинского оборудования для решения задач профессиональной деятельности.

В результате изучения учебной дисциплины «Медицинская и биологическая физика» студент должен

### **знать:**

общие законы физики и биофизики, лежащие в основе процессов, протекающих в организме человека;

биореологические свойства биологических тканей и жидкостей;

характеристики физических факторов (лечебных, климатических, производственных), оказывающих воздействие на организм человека и

биофизические механизмы такого воздействия;

назначение, основы устройства медицинской аппаратуры, технику безопасности при работе с ней;

физические методы исследования веществ и явлений природы;

методы математической обработки медико-биологических данных;

**уметь:**

применять физические методы исследования веществ;

пользоваться основными измерительными приборами;

исследовать физические свойства веществ и определять их физические характеристики;

проводить статистическую обработку результатов измерений;

интерпретировать результаты исследования физических характеристик веществ;

анализировать полученные экспериментальные данные;

делать выводы на основании полученных физических характеристик веществ;

**владеть:**

навыками практического использования приборов и аппаратуры при физическом анализе веществ;

методами определения различных физических характеристик медико-биологических объектов;

методикой оценки погрешности измерения;

практическими навыками использования лечебной и диагностической аппаратуры.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические знания, практические умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

**Всего** на изучение учебной дисциплины отводится 120 академических часов. Распределение аудиторных часов по видам занятий: 8 часов лекций, 45 часа лабораторных занятий и 27 часов практических занятий, 40 часов самостоятельной работы студента.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с учебным планом по специальности в форме экзамена (2 семестр).

Форма получения образования – очная дневная.



**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЮДЖЕТА УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ  
ПО СЕМЕСТРАМ**

Код, название специальности	семестр	Количество часов учебных занятий						Форма промежуточной аттестации
		всего	аудиторных	из них			самостоятельных внеаудиторных	
				лекций	УСР	лабораторных и практических занятий		
7-07-0911-02 «Медико-профилактическое дело»	1	66	44	8	–	36	22	–
	2	54	36	–	–	36	18	Экзамен

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Название раздела (темы)	Количество часов аудиторн. занятий		
	лекций	практических	лабораторных
<b>1. Математическое моделирование медико-биологических процессов и обработка медицинских данных</b>	-	-	<b>6</b>
1.1. Основы дифференциального исчисления. Исследование функциональных зависимостей. Определение скоростей изменения и градиентов функций. Элементы теории погрешностей	-	-	2
1.2. Основы интегрального исчисления. Методы нахождения неопределенных интегралов. Вычисление определенных интегралов	-	-	4
<b>2. Основы биомеханики. Биомеханика слуха. Акустические методы исследования</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
2.1. Механические свойства биологических тканей. Определение модуля упругости материалов	-	-	2
2.2. Механические колебания. Преобразование Фурье для обработки диагностических данных. Механические волны	1	-	-
2.3. Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине	1	2	-
2.4. Биофизические основы формирования слухового ощущения. Аудиометрия	-	-	2
<b>3. Биореология. Физические основы гемодинамики. Элементы физики поверхностных явлений</b>	-	<b>4</b>	<b>4</b>
3.1. Физические основы гидродинамики идеальной и вязкой жидкости	-	2	-
3.2. Биореология и физические основы гемодинамики	-	2	-
3.3. Вискозиметрия	-	-	2
3.4. Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления	-	-	2
<b>4. Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах. Мембранные потенциалы клетки</b>	-	<b>1</b>	<b>5</b>
4.1. Строение и физические свойства биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны	-	-	2
4.2. Формирование мембранных потенциалов клетки в покое и при ее возбуждении. Генерация и распространение потенциала действия по аксонам	-	1	3
<b>5. Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
5.1. Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии	1	-	2
5.2. Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии	1	-	2



5.3. Биофизические основы электростимуляции органов и тканей	-	2	2
5.4. Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Методы и аппаратура для высокочастотной терапии	-	-	2
5.5. Получение и регистрация медико-биологической информации	-	-	2
5.6. Усиление биоэлектрических сигналов	-	-	2
<b>6. Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
6.1. Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность	0,5		2
6.2. Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии	0,5	-	2
6.3. Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии	-	-	2
6.4. Тепловое излучение тел. Энергетические характеристики теплового излучения. Тепловидение и термография в медицине	-	2	-
6.5. Законы поглощения и рассеяния света. Основы фотоколориметрии и спектрофотометрии	-	-	2
6.6. Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Спектры испускания и поглощения	-	-	2
6.7. Люминесценция. Основные характеристики и законы люминесценции	-	2	-
6.8. Вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине	-	-	2
6.9. Биофизические основы зрения	-	4	
6.10. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине	1	2	-
<b>7. Методы ядерной физики в медицине</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
7.1. Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии	1	2	-
7.2. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений	1	2	-
7.3. Принципы расчета доз внутреннего облучения. Естественный радиационный фон, фоновое облучение человека	-	-	2
7.4. Магнитно-резонансная томография. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Позитронно-эмиссионная томография	-	4	-
<b>Всего часов</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>45</b>



## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. Математическое моделирование медико-биологических процессов и обработка медицинских данных

#### 1.1. Основы дифференциального исчисления. Исследование функциональных зависимостей. Определение скоростей изменения и градиентов функций. Элементы теории погрешностей

Производная функции как мера скорости процесса. Градиенты. Применение производных для исследования функций на экстремум. Производная и дифференциал функции, их геометрический и физический смысл. Производные высших порядков. Дифференциал функции одной переменной. Частные производные и полный дифференциал функции многих переменных. Состояние организма человека как функция многих переменных. Методы обработки медицинских данных. Прямые и косвенные измерения. Оценка точности полученного в опытах результата. Доверительная вероятность и доверительный интервал, относительная ошибка измерений. Обработка результатов прямых и косвенных измерений.

#### 1.2. Основы интегрального исчисления. Методы нахождения неопределенных интегралов. Вычисление определенных интегралов

Первообразная функция и неопределенный интеграл. Определенный интеграл, его применение для вычисления площадей фигур и работы переменной силы. Использование интегрального исчисления в вероятностных методах исследования в медицине. Методы нахождения неопределенных и определенных интегралов. Правило Ньютона-Лейбница.

### 2. Основы биомеханики. Биомеханика слуха. Акустические методы исследования

#### 2.1. Механические свойства биологических тканей. Определение модуля упругости материалов

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.

#### 2.2. Механические колебания. Преобразование Фурье для обработки диагностических данных. Механические волны

Механические колебания. Гармонические колебания. Энергия гармонических колебаний. Сложение колебаний. Гармонический спектр сложных колебаний. Преобразование Фурье и его применение для обработки диагностических данных.

Механическая волна. Энергетические характеристики волны: поток энергии волны, интенсивность (плотность потока энергии). Эффект Доплера.

#### 2.3. Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине

Классификация звуков. Физические характеристики звука: частота, интенсивность, спектральный состав. Характеристики слухового ощущения и их связь с физическими характеристиками звука. Отражение и поглощение



звуковых волн. Акустический импеданс.

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

Инфразвук. Особенности действия инфразвука на биологические объекты.

## **2.4. Биофизические основы формирования слухового ощущения.**

### **Аудиометрия**

Диаграмма слышимости. Закон Вебера-Фехнера. Уровень интенсивности и уровень громкости, единицы измерения, связь между ними. Фонокардиография. Аудиометрия. Снятие спектральной характеристики чувствительности уха на пороге слышимости.

## **3. Биореология. Физические основы гемодинамики. Элементы физики поверхностных явлений**

### **3.1. Физические основы гидродинамики идеальной и вязкой жидкости.**

Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности струи. Уравнение Бернулли. Течение вязкой жидкости, формулы Ньютона и Пуазейля. Гидравлическое сопротивление.

### **3.2. Биореология и физические основы гемодинамики**

Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Реологические свойства крови, неньютоновский характер ее вязкости. Факторы, влияющие на вязкость крови в организме человека. 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.

Работа и мощность сердца.

### **3.3. Вискозиметрия**

Методы определения вязкости: Стокса, Оствальда, ротационный метод. Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда.

### **3.4. Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления.**

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.

## **4. Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах. Мембранные потенциалы клетки**

### **4.1. Строение и физические свойства биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны**

Строение и физические свойства биологических мембран. Пассивный транспорт веществ через биологические мембраны, его виды. Математическое описание пассивного транспорта веществ. Активный транспорт ионов.

### **4.2. Формирование мембранных потенциалов клетки в покое и при**



## **ее возбуждении. Генерация и распространение потенциала действия по аксонам**

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.

## **5. Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования**

### **5.1. 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.

### **5.2. Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии**

Постоянный и переменный ток. Закон Ома в дифференциальной форме. Электропроводность биологических тканей. Гальванизация и лечебный электрофорез. Переменный ток, его характеристики. Омическое сопротивление, индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Импеданс цепи. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Импеданс живой ткани, его зависимость от частоты переменного тока. Оценка жизнестойкости тканей. Физические основы реографии как диагностического метода.

### **5.3. Биофизические основы электростимуляции органов и тканей**

Импульсные токи и их характеристики. Электровозбудимость тканей. Кривая электровозбудимости, реобаза и хронаксия. Уравнение Вейса-Лапика. Хронаксиметрия. Закон Дюбуа-Реймона. Электростимуляция сердца.

Аппаратура для электростимуляции. Определение параметров импульсных токов (длительности импульса, частоты, скважности). Изучение аппарата амплипульс-терапии.

### **5.4. Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Методы и аппаратура для высокочастотной терапии**

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

### **5.5. Получение и регистрация медико-биологической информации**

Обобщенная схема съема, передачи и регистрации медико-биологической информации. Общие характеристики и классификация датчиков медико-биологической информации (измерительных преобразователей). Датчики



температуры. Зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры. Контактная разность потенциалов. Термопара, термоэлектродвижущая сила. Градуировка термопары, термистора и проволочного терморезистора. Регистрация биофизических параметров.

### **5.6. Усиление биоэлектрических сигналов**

Общие принципы усиления электрических сигналов. Требования к усилителям биоэлектрических сигналов. Определение частотной (полосы пропускания) и амплитудной (динамического диапазона) характеристик усилителя. Амплитудные и частотные характеристики основных биоэлектрограмм: электрокардиография, электромиография, электроэнцефалография. Дифференциальный усилитель, его применение, особенности и способ подключения к пациенту.

## **6. Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул**

### **6.1. Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность**

Общие свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Волновые свойства света. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации света. Методы получения поляризованного света, основанные на явлениях Брюстера, двулучепреломления, дихроизма поглощения. Закон Малюса. Оптическая активность. Устройство поляризационных приборов, основанных на двулучепреломлении и дихроизме поглощения. Прохождение света через поляризаторы. Устройство поляриметра. Определение концентрации оптически активных веществ поляриметром.

### **6.2 Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии**

Законы отражения и преломления света. Устройство рефрактометра. Зависимость показателя преломления растворов от концентрации. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра.

Явление полного внутреннего отражения света, принципы волоконной оптики, устройство современных эндоскопов.

### **6.3. Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии**

Оптический микроскоп, ход лучей в микроскопе. Увеличение, предел разрешения и разрешающая способность оптических микроскопов. Формула Аббе. Основы электронной микроскопии. Волновые свойства электронов. Длина волны де Бройля. Предел разрешения электронного микроскопа. Физические принципы зондовой микроскопии и ее использование в исследовании медико-биологических объектов.

Определение цены деления окулярной шкалы и линейных размеров микрообъектов оптическим микроскопом.

### **6.4. 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 черное, серое и другие тела. Законы теплового излучения (Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина). Формула Планка. Тепловое излучение тела человека. Использование тепловидения и термографии в медицине.

#### **6.5. Законы поглощения и рассеяния света. Основы фотоколориметрии и 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.

#### **6.6. Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Спектры испускания и поглощения**

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

Фотобиологические процессы, спектр действия.

#### **6.7. Люминесценция. Основные характеристики и законы люминесценции**

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

Фотодинамическая терапия.

#### **6.8. 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.

#### **6.9. Биофизические основы зрения**

Оптическая система глаза. Аккомодация глаза. Недостатки оптической системы глаза и их коррекция. Острота зрения. Биофизические основы зрительной фоторецепции. Чувствительность глаза к свету и цвету. Механизм адаптации глаза к различной освещенности.



## **6.10. 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 трубки, 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. Физические принципы рентгенодиагностики. Использование рентгеновского излучения в лучевой терапии. Основы рентгеновской компьютерной томографии. Методы защиты от рентгеновского излучения.

### **7. Методы ядерной физики в медицине**

**7.1. Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии**

Радиоактивный распад и его виды. Энергетические спектры  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц, гамма-излучений. Получение радионуклидов. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада.

Характеристики взаимодействия ионизирующих излучений с веществом: линейная плотность ионизации, линейная передача энергии, средний линейный пробег. Особенности взаимодействия с веществом различных частиц.

Активность радионуклидов, единицы ее измерения. Связь между ними. Удельная, массовая и поверхностная активности.

**7.2. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений**

Экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы ионизирующего излучения. Связь между ними и единицы их измерения. Эффективная эквивалентная доза, единицы ее измерения, коэффициент радиационного риска. Коллективная доза, единицы ее измерения. Мощность дозы.

Детекторы ионизирующих излучений. Устройство дозиметров и радиометров. Определение мощности экспозиционной дозы. Биологический и эффективный периоды полувыведения радионуклидов из организма человека.

Естественный радиационный фон.

**7.3. Принципы расчета доз внутреннего облучения. Естественный радиационный фон, фоновое облучение человека**

Связь активности радионуклидов и эквивалентной дозы внутреннего облучения. Расчет эквивалентной дозы внутреннего облучения при однократном поступлении радионуклидов в организм. Естественный радиационный фон, фоновое облучение человека

**7.4. Магнитно-резонансная томография. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Позитронно-эмиссионная томография**

Электронный парамагнитный резонанс. Парамагнитные свойства свободных радикалов. Схема установки для наблюдения электронного парамагнитного резонанса. Идентификация свободных радикалов и определение

их концентрации методами электронного парамагнитного резонанса.

Магнитные свойства ядер химических элементов, химический сдвиг.

Принципы магнитно-резонансной томографии.

Принципы радионуклидных методов диагностики. Физические основы  
лучевой терапии.

Основы позитронно-эмиссионной томографии.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА» ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МОДУЛЯ**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа студента	Формы контроля знаний
		лекций	практических			
			лабораторных	лабораторных		
<b>1 семестр</b>						
<b>1</b>	<b>Математическое моделирование медико-биологических процессов и обработка медицинских данных</b>	-	-	6	2	
1.1	Основы дифференциального исчисления. Исследование функциональных зависимостей Л.р. Определение скоростей изменения и градиентов функций. Элементы теории погрешностей			2	1	Отчеты по аудиторным лабораторным упражнениям с их устной защитой; отчеты по домашним лабораторным упражнениям с их устной защитой
1.2	Основы интегрального исчисления. Л.р. Вычисление определенных интегралов.			2	1	Отчеты по аудиторным лабораторным упражнениям с их устной защитой; отчеты по домашним лабораторным упражнениям с их устной защитой
1.2	Методы нахождения неопределенных интегралов Л.р. Вычисление неопределенных интегралов			2		Отчеты по аудиторным лабораторным упражнениям с их устной защитой; отчеты по домашним лабораторным упражнениям с их устной защитой
<b>2</b>	<b>Основы биомеханики. Биомеханика слуха. Акустические методы исследования</b>	2	2	4	4	
2.1	Механические свойства биологических тканей. Определение модуля упругости материалов Л.р. Определение модуля упругости материалов			2	1	Отчеты по аудиторным лабораторным упражнениям с их устной защитой; отчеты по домашним лабораторным упражнениям с их устной защитой; контрольный опрос

2.2	Механические колебания. Преобразование Фурье для обработки диагностических данных. Механические волны.	2				1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; контрольные опросы; тесты
2.3	Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине						
2.3	Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине		2			1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; контрольные опросы; тесты
2.4	Биофизические основы формирования слухового ощущения. Аудиометрия						Электронные практикумы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
3	<b>Биореология. Физические основы гемодинамики. Элементы физики поверхностных явлений</b>	-	4	4	4	4	
3.1	Физические основы гидродинамики идеальной и вязкой жидкости		2			1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; доклады на практическом занятии; контрольные опросы; тесты; собеседования
3.2	Биореология и физические основы гемодинамики		2			1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; доклады на практическом занятии; контрольные опросы; тесты; собеседования
3.3	Вискозиметрия						Визуальные лабораторные работы; письм. отчеты по лабораторной работе; отчеты по лаб. работе с ее устной защитой; контр. опрос
3.4	Л.р. Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда		2			1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
3.4	Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления						
	Л.р. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом Ребиндера		2			1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
4	<b>Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах. Мембранные потенциалы клетки</b>	-	1	5	3	3	
4.1	Строение и физические свойства биологических мембран. Л.р. Транспорт веществ через биологические мембраны			2		1	Визуальные лабораторные работы; письм. отчеты по лабораторной работе; отчеты по лаб. работе с ее устной защитой; контр. опрос



4.2	<p>Формирование мембранных потенциалов клетки в покое и при ее возбуждении Л.р. Генерация и распространение потенциала действия по аксонам</p>			2	1	<p>Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос; собеседования Коллоквиум. Электронные тесты</p>
5	<p><b>Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования</b></p>	2	2	8	7	
5.1	<p>Физические основы электрографии тканей и органов</p>					
5.2	<p>Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии</p>	2			1	
5.1	<p>Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии</p>			2	1	<p>Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос</p>
5.2	<p>Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии</p>			2	1	<p>Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос</p>
5.3	<p>Биофизические основы электростимуляции органов и тканей Л.р. Изучение основ электростимуляции</p>		2	2	2	<p>Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос</p>

5.4	Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Методы и аппаратура для высокочастотной терапии Л.р. Физические принципы высокочастотной электротерапии	2	2	2	2	2	Визуальные лабораторные письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6	<b>Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул</b>	2	–	–	1	1	
6.1	Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов.						
6.10	Оптическая активность. Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине	2				1	
7	<b>Методы ядерной физики в медицине</b>	2	–	–	1	1	
7.1	Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии						
7.2	Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений	2				1	
	<b>Всего часов 1 семестр</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	
<b>2 семестр</b>							
5	<b>Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования</b>						
5.5	Получение и регистрация медико-биологической информации Л.р. Электрические датчики температуры			4	2	1	Визуальные лабораторные письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос



5.6	Усиление биоэлектрических сигналов Л.р. Изучение свойств усилителя электрических сигналов Итоговое занятие по разделу «Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования».			2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос Коллоквиум. Электронные тесты
6	<b>Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул</b>	–	10	12	11	
6.1	Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность Л.р. Определение концентрации оптически активных веществ поляриметром			2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6.2	Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии Л.р. Определение показателя преломления жидкости рефрактометром			2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6.3	Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии Л.р. Измерение малых объектов с помощью микроскопа			2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6.4	Тепловое излучение тел. Энергетические характеристики теплового излучения. Тепловидение и термография в медицине		2		1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; доклады на практическом занятии; контрольные опросы; тесты; собеседования
6.5	Законы поглощения и рассеяния света. Основы фотоколориметрии и спектрофотометрии Л.р. Поглощение и рассеяние света. Основы колориметрического анализа			2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос



6.6	Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Спектры испускания и поглощения Л.р. Основы спектрального анализа		2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6.7	Люминесценция. Основные характеристики и законы люминесценции	2	1	Отчеты по дом. практич. у упражнениям с их устн. защитой; рефераты; доклады на практич. занятии; контр. опросы; тесты; собеседования	
6.8	Вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине Л.р. Принцип действия лазеров, их свойства и применение		2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос
6.9	Биофизические основы зрения	2	1	Отчеты по дом. практич. у упражнениям с их устн. защитой; рефераты; доклады на практич. занятии; контр. опросы; тесты; собеседования	
6.10	Итоговое занятие по разделу «Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул» Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине	2	1	Коллоквиум. Электронные тесты, собеседование	
7	<b>Методы ядерной физики в медицине</b>	8	2	5	Рефераты; контрольные опросы; тесты
7.1	Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии	2	1	1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; доклады на практическом занятии; контрольные опросы; тесты
7.2	Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений	2	1	1	Визуальные лабораторные работы; письм. отчеты по лабораторной работе; отчеты по лаб. работе с ее устной защитой; контр. опрос
7.3	Принципы расчета доз внутреннего облучения. Естественный радиационный фон, фоновое облучение человека Л.р. Определение массовой активности продуктов питания и строительных материалов с помощью радиометра		2	1	Визуальные лабораторные работы; письменные отчеты по лабораторной работе; отчеты по лабораторной работе с ее устной защитой; контрольный опрос



7.4	Магнитно-резонансная томография. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Позитронно-эмиссионная томография	2	1	Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой; рефераты; доклады на практическом занятии; контрольные опросы; тесты
	Итоговое занятие по разделам «Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул», «Методы ядерной физики в медицине»	2	1	Коллоквиум. Электронные тесты. Экзамен
	<b>Всего часов 2 семестр</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	
	<b>Всего</b>	<b>27</b>	<b>40</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная:

1. Практикум по медицинской и биологической физике : учебное пособие / В. Г. Лещенко [и другие]. – Минск : БГМУ, 2018. – 220 с.

#### Дополнительная:

2. Антонов, В. Ф., Козлова Е. К., Черныш А. М. Физика и биофизика : учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 472 с.

3. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика : учебное пособие / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – Минск : Новое знание; Минск : ИНФРА-М, 2017. – 552 с.

4. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник / А. Н. Ремизов. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 656 с.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться обучающимися на:

- подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- подготовку к коллоквиумам, зачету и экзамену по учебной дисциплине;
- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- решение физических задач;
- выполнение исследовательских и творческих заданий;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций;
- выполнение практических заданий;
- конспектирование учебной литературы;
- подготовку отчетов по лабораторным работам;
- составление обзора научной литературы по заданной теме;
- оформление информационных и демонстрационных материалов (стенды, плакаты, графики, таблицы);
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- составление тестов для организации взаимоконтроля.

### ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

#### Устная форма:

- собеседования;
- коллоквиумы;
- доклады на практических занятиях;
- экзамен.



**Письменная форма:**

тесты;  
 контрольные опросы;  
 письменные отчеты по лабораторным работам;  
 рефераты.

**Устно-письменная форма:**

отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;  
 отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;  
 отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

**Техническая форма:**

электронные практикумы;  
 электронные тесты;  
 визуальные лабораторные работы.

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ**

Линейный (традиционный) метод (лекция, практические, лабораторные и семинарские занятия);

активные (интерактивные) методы:

проблемно-ориентированное обучение PBL (Problem-Based Learning);

командно-ориентированное обучение TBL (Team-Based Learning).

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ**

1. Применение физических методов исследования веществ.
2. Проводить измерение физических параметров веществ.
3. Проведение статистической обработки измерения.
4. Измерение величины артериального давления.
5. Подсчет пульса на лучевой артерии.
6. Исследование медико-биологических объектов с помощью оптической микроскопии.
7. Проведение высокочастотной электротерапии.
8. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометрии.
9. Определение концентрации растворов с помощью фотоколориметрического анализа.
10. Определение концентрации оптически активных веществ методом поляриметрии.
11. Снятие кривой порога слышимости.
12. Проведение электростимуляции.
13. Проведение электрокардиографии.
14. Проведение дозиметрического контроля.
15. Расчет доз внутреннего облучения.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

1. Аппарат «Амплипульс-4».
2. Аппарат гальванизации.

3. Аппарат УВЧ-30.
4. Аудиометр.
5. Вискозиметр Оствальда.
6. Вольтметр постоянного тока.
7. Генератор переменного напряжения.
8. Генератор электрических низкочастотных синусоидальных колебаний.
9. Дифракционные решетки с различными постоянными.
10. Звуковой генератор.
11. Индикатор линейных перемещений.
12. Источник постоянного напряжения
13. Источник света с непрерывным спектром.
14. Камера Горяева.
15. Лазер.
16. Микроамперметр переменного тока.
17. Микроамперметр постоянного тока.
18. Мультивибраторы (генераторы прямоугольных импульсов напряжения).
19. Наушники.
20. Омметр для резистивных датчиков.
21. Оптический микроскоп.
22. Осциллографы.
23. Поляриметр.
24. Радиометр КРВП – 3Б.
25. Резистивные датчики температуры.
26. Рефрактометр.
27. Ртутная лампа.
28. Секундомер.
29. Спектроскоп (монохроматор УМ-2)
30. Термопара.
31. Установка для определения поверхностного натяжения.
32. Фотоэлектроколориметр.
33. Штангенциркуль.
34. Электрокардиограф шестиканальный «Альтоник-06».

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИЙ

### 1 семестр

1. Механические колебания. Преобразование Фурье для обработки диагностических данных. Механические волны. Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине.
2. Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии. Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии.
3. Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения



поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность. Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии.

4. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине.

5. Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии.

6. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 1 семестр

1. Основы дифференциального исчисления. Исследование функциональных зависимостей. Л.р. «Определение скоростей изменения и градиентов функций. Элементы теории погрешностей».

2. Основы интегрального исчисления. Л.р. «Вычисление определенных интегралов».

3. Методы нахождения неопределенных интегралов. Л.р. «Вычисление неопределенных интегралов».

4. Механические свойства биологических тканей. Определение модуля упругости материалов. Л.р. «Определение модуля упругости материалов».

5. Биофизические основы формирования слухового ощущения. Аудиометрия Л.р. «Снятие спектральной характеристики уха на пороге слышимости».

6. Вязкозиметрия. Л.р. «Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда».

7. Поверхностное натяжение в жидкости. Капиллярные явления. Л.р. «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом Ребиндера».

8. Строение и физические свойства биологических мембран. Л.р. «Транспорт веществ через биологические мембраны».

9. Формирование мембранных потенциалов клетки в покое и при ее возбуждении. Л.р. «Генерация и распространение потенциала действия по аксонам».

10. Физические основы электрографии тканей и органов организма человека. Основы электрокардиографии Л.р. «Физические основы электрографии органов и тканей».

11. Использование постоянного и переменного тока в медицине. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Физические основы реографии. Л.р. «Определение зависимости импеданса биологической ткани от частоты тока».

12. Биофизические основы электростимуляции органов и тканей. Л.р. «Изучение основ электростимуляции».



13. Воздействие на организм человека высокочастотных токов и полей. Методы и аппаратура для высокочастотной терапии Л.р. «Физические принципы высокочастотной электротерапии».

### 2 семестр

1. Получение и регистрация медико-биологической информации. Л.р. «Электрические датчики температуры».
2. Усиление биоэлектрических сигналов. Л.р. «Изучение свойств усилителя электрических сигналов». Итоговое занятие по разделу «Электрические и магнитные явления в организме человека, электрические воздействия и методы исследования».
3. Электромагнитные волны, их свойства. Методы получения поляризованного света. Использование поляризационных методов для исследования биологических объектов. Оптическая активность. Л.р. «Определение концентрации оптически активных веществ поляриметром».
4. Рефрактометрия. Определение концентрации растворов с помощью рефрактометра. Принципы волоконной оптики. Основы эндоскопии. Л.р. «Определение показателя преломления жидкости рефрактометром».
5. Оптическая микроскопия. Основы электронной и зондовой микроскопии. Л.р. «Измерение малых объектов с помощью микроскопа».
6. Законы поглощения и рассеяния света. Основы фотокolorиметрии и спектрофотометрии. Л.р. «Поглощение и рассеяние света. Основы колориметрического анализа».
7. Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Основы спектрального анализа. Спектры испускания и поглощения. Л.р. «Основы спектрального анализа».
8. Вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине. Л.р. «Принцип действия лазеров, их свойства и применение».
9. Принципы расчета доз внутреннего облучения. Естественный радиационный фон, фоновое облучение человека. Л.р. «Определение массовой активности продуктов питания и строительных материалов с помощью радиометра».

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 1 семестр

1. Биоакустика. Ультразвук и его свойства. Акустические методы исследования и воздействия в медицине.
2. Физические основы гидродинамики идеальной и вязкой жидкости.
3. Биореология и физические основы гемодинамики.
4. Итоговое занятие по разделам «Основы биомеханики. Биомеханика слуха. Акустические методы исследования», «Биореология. Физические основы гемодинамики. Элементы физики поверхностных явлений», «Явления переноса и физические процессы в биологических мембранах. Мембранные потенциалы клетки».
5. Биофизические основы электростимуляции органов и тканей.



**2 семестр**

1. Тепловое излучение тел. Энергетические характеристики теплового излучения. Тепловидение и термография в медицине.
2. Люминесценция. Основные характеристики и законы люминесценции.
3. Биофизические основы зрения.
4. Итоговое занятие по разделу «Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул».
5. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Свойства рентгеновского излучения и его использование в медицине.
6. Радиоактивность. Искусственная и естественная радиоактивность. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии.
7. Дозиметрия ионизирующего излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений.
8. Магнитно-резонансная томография. Радионуклидные методы диагностики и лучевой терапии. Позитронно-эмиссионная томография.
9. Итоговое занятие по разделам «Электромагнитное излучение, его использование в медицине. Элементы физики атомов и молекул», «Методы ядерной физики в медицине».

### ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработанной учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Радиационная и экологическая медицина	Радиационной медицины и экологии	Нет	Протокол № 10 от 19.05.2022
2. Лучевая диагностика и лучевая терапия	Лучевой диагностики и лучевой терапии	Нет	Протокол № 10 от 19.05.2022



## СОСТАВИТЕЛИ:

Заведующий кафедрой медицинской и биологической физики учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент

  
М.В.Гольцев

Доцент кафедры медицинской и биологической физики учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент

  
Л.В.Кухаренко

Доцент кафедры медицинской и биологической физики учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат физико-математических наук, доцент

  
О.Н.Белая

Оформление учебной программы и сопроводительных документов соответствует установленным требованиям.

Декан медико-профилактического факультета учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

\_\_\_\_\_ 2023

  
А.В.Гиндюк

Методист отдела научно-методического обеспечения образовательного процесса учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

\_\_\_\_\_ 2023

  
А.П.Погорелова