

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский  
университет имени Н.И. Пирогова»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

**Институт биомедицины (МБФ)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович

Доктор биологических наук,

Член-корреспондент

Российской академии наук

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б.1.О.20 Медицинская биофизика

для образовательной программы высшего образования - программы Специалитета  
по направлению подготовки (специальности)

30.05.03 Медицинская кибернетика

направленность (профиль)

Биоинформатика

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.20 Медицинская биофизика (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы Специалитета по направлению подготовки (специальности) 30.05.03 Медицинская кибернетика. Направленность (профиль) образовательной программы: Биоинформатика.

Форма обучения: очная

Составители:

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы	Подпись
1	Батищев Олег Вячеславович	д.ф.-м.н., профессор	заведующий кафедрой	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
2	Аносов Александр Константинович	к.б.н., доцент	доцент	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
3	Любицкий Олег Борисович	к.б.н., доцент	доцент	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_).

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы	Подпись

1	Кягова Алла Анатольевна	д.м.н., профессор	профессор	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
---	----------------------------	----------------------	-----------	---	--

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена советом института Институт биомедицины (МБФ) (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_).

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Образовательный стандарт высшего образования ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации по уровню образования специалитет по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика, утвержденный приказом от «29» мая 2020г. № 365 рук;
2. Общая характеристика образовательной программы;
3. Учебный план образовательной программы;
4. Устав и локальные акты Университета.

© Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цель и задачи освоения дисциплины**

#### 1.1.1. Цель.

получение обучающимися теоретических и прикладных знаний в области молекулярной биофизики и биофизики клеток, органов и тканей организма человека в норме и при патологических процессах, а также подготовка обучающихся к реализации задач профессиональной деятельности в области медицинской кибернетики.

#### 1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения программы дисциплины:

- Развивать профессионально важные качества, значимые для практической деятельности.
- Сформировать готовность и способность применять знания и умения в профессиональной сфере.
- Сформировать систему знаний в области медицинской биофизики.
- Сформировать умения, навыки, компетенции, которые будут необходимы в профессиональной деятельности.

### **1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Медицинская биофизика» изучается в 6 семестре (ах) и относится к обязательной части блока Б.1 дисциплины. Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся должны освоить следующие дисциплины: Органическая химия; Общая патология: патологическая анатомия, патофизиология; Общая морфология (анатомия, гистология, цитология); Физическая химия; Иностранный язык; Философия; Оптика, атомная физика; Механика, электричество; Высшая математика; Медицинская электроника; Биохимия; Неорганическая химия; Физиология; Теория вероятности и математическая статистика; Частная морфология (анатомия человека, гистология); Общая биофизика; Биология.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Преддипломная, НИР.

### 1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

Семестр 6

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)
<b>ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественно-научные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности</b>	
ОПК-1.ИД1 Применяет фундаментальные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	<b>Знать:</b> основные законы и представления в области естественных и прикладных дисциплин медико-биологического профиля.
	<b>Уметь:</b> оценивать, анализировать, обобщать и применять профессиональную информацию на теоретико-методологическом уровне.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> основными методами исследования в области наук медико-биологического профиля.
ОПК-1.ИД1 Применяет фундаментальные медицинские знания для решения профессиональных задач.	<b>Знать:</b> основные законы и представления в области естественных и прикладных дисциплин медико-биологического профиля.
	<b>Уметь:</b> оценивать, анализировать, обобщать и применять профессиональную информацию на теоретико-методологическом уровне.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> основными методами исследования в области наук медико-биологического профиля.

ОПК-1.ИД2 Применяет прикладные медицинские знания для решения профессиональных задач	<b>Знать:</b> основы молекулярной биофизики и фотобиофизики, современные диагностические и естественнонаучные методы исследования.
	<b>Уметь:</b> использовать физико-химические, математические и естественнонаучные и диагностические методы исследования в решении стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> применять современные информационные технологии, включая интеллектуальные методы для анализа медицинских данных.
ОПК-1.ИД3 Применяет фундаментальные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	<b>Знать:</b> основные этапы, формы и закономерности развития физико-химических процессов в биологических объектах на квантовом, молекулярном, клеточном и тканевом уровнях в норме и при патологии, приводящих к проблемной ситуации.
	<b>Уметь:</b> анализировать основные этапы, формы и закономерности развития физико-химических процессов в биологических объектах на квантовом, молекулярном, клеточном и тканевом уровнях в норме и при патологии при проблемной ситуации.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками исследования и выявления характера и закономерностей физико-химических процессов в биологических объектах на квантовом, молекулярном, клеточном и тканевом уровнях в норме и при патологии для решения.
ОПК-1.ИД4 Применяет прикладные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	<b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.
	<b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.

**ОПК-6 Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение**

ОПК-6.ИД1 Планирует научные исследования	<b>Знать:</b> состояние решаемой проблемы на момент начала исследования.
	<b>Уметь:</b> формулировать цели и задачи исследования.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> достижения поставленных целей и задач исследований.
ОПК-6.ИД2 Анализирует результаты исследований	<b>Знать:</b> основные доступные способы и методы решения поставленных исследовательских задач.
	<b>Уметь:</b> реализовывать на практике необходимые способы и методы для решения поставленных исследовательских задач.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> реализации необходимых для решения поставленных исследовательских задач методов и способов.
ОПК-6.ИД3 Формулирует выводы на основании результатов исследований с оценкой возможности внедрения в практическое здравоохранение	<b>Знать:</b> форматы представления биофизических данных и способы их представления.
	<b>Уметь:</b> использовать форматы представления биофизических данных для оформления и представления результатов исследований.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> представления биофизических данных для оформления и представления результатов исследований.

## 2. Формы работы обучающихся, виды учебных занятий и их трудоёмкость

Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации		Всего часов	Распределение часов по семестрам
			6
<b>Учебные занятия</b>			
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КР), в т.ч.:</b>		61	61
Семинарское занятие (СЗ)		25	25
Лекционное занятие (ЛЗ)		16	16
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		12	12
Коллоквиум (К)		8	8
<b>Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:</b>		44	44
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		44	44
<b>Промежуточная аттестация (КРПА), в т.ч.:</b>		3	3
Зачет (З)		3	3
Общая трудоёмкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КР+СРО+КРПА+СРПА	108	108
	в зачетных единицах: ОТД (в часах)/36	3.00	3.00

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

6 семестр

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела (модуля), темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
<b>Раздел 1. Биофизика клеточных процессов</b>			
1	ОПК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД2 , ОПК-1.ИД3, ОПК-1.ИД4 , ОПК-6.ИД1, ОПК-6.ИД2, ОПК-6.ИД3, ОПК-1.ИД1	Тема 1. Транспорт веществ в биомембранах и биоэлектrogenез	Транспорт неэлектролитов. Диффузия. Закон Фика. Уравнение диффузии. Облегчённая диффузия. Пассивный транспорт при участии переносчиков. Транспорт воды. Коэффициент осмотической водной проницаемости. Аквапорины. Транспорт ионов. Ионные равновесия. Электрохимический потенциал. Гидратация ионов. Ионное равновесие на границе раздела фаз. Профили потенциала и концентраций у границы раздела фаз. Двойной электрический слой. Доннановское равновесие. Электродиффузионная теория транспорта ионов через мембраны. Уравнение электродиффузии Нернста-Планка. Приближение постоянного поля. Проницаемость и проводимость. Вольтамперные характеристики. Соотношение Уссинга-Теорелла. Индуцированный ионный транспорт. Подвижные переносчики. Каналообразующие агенты. Каналы, образованные грамицидином А. Аламецитин. Влияние поверхностного и дипольного потенциалов на скорость ионного транспорта. Ионный транспорт в каналах. Дискретное описание транспорта. Блокирование и насыщение канала. Функции состояния канальной поры. Ионный канал как динамическая структура. Транспорт в открытом канале. Теория селективности. Метод локальной фиксации напряжения (пэтч-

			<p>кламп). Молекулярное строение каналов. Надсемейство потенциалзависимых каналов. Лиганд-оперируемые каналы. Связывание лиганда. Передача информации о связывании. Воротный механизм. Метод молекулярной динамики в изучении воротного механизма каналов. Блокирование каналов. Ингибирование воротного механизма. Флуктуации электрических свойств мембран. Тепловой шум и дробовый шум. Шумы открывания-закрывания каналов. Немарковская кинетика каналов. Кальциевая проводимость возбудимых мембран. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Потенциал действия. Уравнение Гольдмана. Генерация импульса. Ионные токи в мембране аксона. Измерения мембранного тока методом фиксации потенциала. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Изменения калиевой проводимости. Изменения натриевой проводимости. Токи ворот. Особенности воротных токов. Упрощённые математические модели возбудимых мембран. Спонтанная активность. Скачкообразная деполяризация. Триггерные свойства мембраны. Качественные модели возбуждения. Модель ФитцХью-Нагумо. Классификация нейронов по типу возбудимости. Распространение импульса. Теория локальных токов. Кабельные свойства нервного волокна.</p>
2	ОПК-6.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-1.ИД3, ОПК-1.ИД4, ОПК-6.ИД2, ОПК-6.ИД3, ОПК-1.ИД1	Тема 2. Активный транспорт	<p>Кальциевый насос. Общее строение. Сайты связывания кальция. Натрий-калиевый насос. Натрий-калиевая-АТФ-аза. Электрогенный транспорт ионов. Активный транспорт натрия в эпителиальных тканях. Транспорт протонов. Протонные каналы. Протон-АТФ-аза.</p>
3	ОПК-1.ИД1,	Тема 3. Трансформация	<p>Перенос электронов и трансформация энергии</p>

ОПК-1.ИД2 , энергии в биомембранах  
ОПК-1.ИД3,  
ОПК-1.ИД4 ,  
ОПК-6.ИД1,  
ОПК-6.ИД2,  
ОПК-6.ИД3,  
ОПК-1.ИД1

в биомембранах. Общая характеристика преобразования энергии в биомембранах. Электрон-транспортные цепи. Механизмы транслокации протонов и генерации трансмембранной разности электрохимических потенциалов ионов водорода в дыхательной и фотосинтетической цепях электронного транспорта. АТФ-азный комплекс. АТФ-азный комплекс как молекулярный мотор. Работа мотора АТФ-азного комплекса. Общие принципы энергетического сопряжения. Физика мышечного сокращения, актин-миозиновый молекулярный мотор. Общая характеристика преобразования энергии в системах биологической подвижности. Основные сведения о свойствах поперечно-полосатых мышц. Механика и энергетика мышечного сокращения. Структурная организация мышечной клетки. Теория скользящих нитей. Мостиковая гипотеза генерации силы. Кинетические модели мышечного сокращения. Модель Э. Хаксли. Структурная организация сократительных и регуляторных белков мышцы. Регуляция мышечного сокращения. Зависимость развиваемого напряжения от концентрации ионов кальция. Система электромеханического сопряжения мышцы. Особенности кальциевой регуляции сокращения мышц различных типов. Математические модели электромеханического сопряжения в миокарде. Механохимическое преобразование энергии в мышце, схема Лимна-Тейлора. Нестационарные режимы сокращения. Механические ответы на ступенчатые изменения длины мышечного волокна, концепция поворачивающегося мостика. Модель Хаксли-Симмонса. Трёхмерная

			<p>структура актина и миозиновой головки.  Механизм рабочего цикла актин-миозинового мотора. Трансформация энергии в первичных процессах фотосинтеза. Общая схема первичных процессов фотосинтеза.  Механизмы трансформации энергии возбуждения в фотосинтетической мембране.  Трансформация энергии в митохондриях.  Строение митохондрий. Дыхательные комплексы митохондрий. Структура дыхательных комплексов I, II, III и IV.  Превращения коэнзима Q в митохондриях.  Структура митохондриальной электрон-транспортной цепи. Электрохимический потенциал митохондрий. Теория Митчелла.  Биоэнергетические функции митохондрий.  Окислительное фосфорилирование.</p>
--	--	--	---

## Раздел 2. Биофизика органов и тканей

1	ОПК-6.ИД1, ОПК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД2 , ОПК-1.ИД3, ОПК-1.ИД4 , ОПК-6.ИД2, ОПК-6.ИД3, ОПК-1.ИД1	Тема 1. Биофизика органов и тканей	Биофизические основы генеза биопотенциалов органов. Типы электрической активности клеток. Электропроводность тканей и органов. Общие характеристики биопотенциалов и их источников в органах и тканях. Потенциал токового униполя в неограниченной среде. Дипольный потенциал токового двухполюсного источника в неограниченной среде. Мультипольное разложение потенциала токовых диполя и квадруполя. Импеданс электрических цепей, эквивалентных биологическим объектам. Биопотенциалы сердца. Система отведений электрокардиограмм (ЭКГ). Распространение возбуждения в тканях сердца. Природа источников внеклеточного тока. Дипольные закономерности биопотенциалов сердца на поверхности тела. Векторные электрокардиограммы. Клеточный механизм генеза электрокардиограмм. Биопотенциалы головного мозга. Электрическая активность
---	--	------------------------------------	--

нейронов новой коры большого мозга. Системы отведения электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Основные виды ЭЭГ. Статистические характеристики ЭЭГ. Общая формула дисперсии биопотенциалов головного мозга. Теория зависимости дисперсии ЭЭГ от морфологических характеристик новой коры большого мозга. Интегральная формула дисперсии ЭЭГ для плоского и сферического участка коры. Значение межнейронной синхронизации и цитоморфологических характеристик новой коры для генеза ЭЭГ. Особенности формирования электрического поля гиппокампа. Теория формирования внешнего электрического поля гиппокампа. Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях. Пассивные биомеханические процессы в органах и тканях. Общие закономерности деформации органов и тканей. Вязкоупругие свойства тканей и органов. Молекулярные основы упругих свойств тканей. Теория вязкоупругих свойств механических систем с использованием аналоговых электрических цепей. Механическое состояние стенок полых органов и других структур. Элементы теории упругости тонких оболочек. Механические свойства костей, мышц и стенки кровеносных сосудов. Биомеханические явления в лёгких. Механическая устойчивость альвеол. Механические свойства крови. Механические свойства синовиальной жидкости. Гемодинамические процессы. Движение крови в кровеносном сосуде. Скорость кровотока. Деформация кровеносного сосуда. Гемодинамические характеристики кровеносных сосудов с кровью. Распространение пульсовой волны по сосудам. Гемодинамические процессы в системе микрососудов. Суммарные

гемодинамические свойства артериального отдела большого круга кровообращения. Кардиогенное движение тела. Кардиогенное изменение сопротивления тела для переменного тока. Импедансография в исследовании систолического объёма крови. Сокращение скелетных мышц. Феменологические закономерности сокращения мышц. Теплопродукция при укорочении мышцы. Соотношение между скоростью изотонического сокращения и нагрузкой. Механическая работа мышцы при различных условиях. Структура сократительного аппарата мышечных волокон. Молекулярный механизм мышечного сокращения. Кинетическая теория мышечного сокращения. Транспорт веществ через эпителий органов и тканей. Роль переносчиков в транспорте сахаров и аминокислот в кишечнике. Кинетика транспорта вещества с помощью переносчика через апикальную мембрану эпителиоцитов. Концентрационная зависимость транспорта сахаров и аминокислот в кишечнике. Сопряжение транспорта сахаров и аминокислот с транспортом ионов натрия. Электрогенез при активном транспорте ионов натрия. Механизм осмотического концентрирования мочи. Трансэпителиальный транспорт воды. Фоторецепция. Оптика глаза. Структура фоторецепторной клетки. Зрительные пигменты. Трансдукция сигнала в фоторецепторной клетке. Хеморецепция. Обоняние. Строение обонятельного анализатора позвоночных. Обонятельные рецепторные молекулы. Трансдукция сигнала в обонятельной рецепторной клетке. Основные характеристики вкусового анализатора.

### Раздел 3. Биофизика патологических процессов

1	ОПК-6.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-1.ИД3, ОПК-1.ИД4, ОПК-6.ИД2, ОПК-6.ИД3, ОПК-1.ИД1	Тема 1. Биофизика патологических процессов	<p>Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Последствия для клетки повреждения плазматической мембраны, мембран митохондрий, лизосом, ядерной мембраны. Основные физико-химические причины нарушения барьерных свойств мембран: перекисное окисление липидов (ПОЛ), ферментативное расщепление липидов и белков, изменение заряда и конформации белков, адсорбция белков, осмотическое растяжение мембран. Свободные радикалы в биологических системах. Определение понятия свободного радикала. Номенклатура радикалов. Основная классификация свободных радикалов: первичные, вторичные и третичные радикалы. Электронное строение и химические свойства продуктов восстановления и возбуждённых форм молекулярного кислорода. Активные формы кислорода (АФК). Методы изучения АФК: спектрофотометрические, радиоспектроскопические методы, метод хемилюминесценции, метод «перехватчиков». Свободно-радикальное перекисное окисление липидов (ПОЛ). Кинетика ПОЛ. Общая схема реакций. Скорость отдельных стадий процесса. Реакции инициирования, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Триггерная роль ионов двухвалентного железа. Основные дифференциальные уравнения, описывающие кинетику реакций перекисного окисления. Основные способы ее упрощения. Математическое моделирование процессов ПОЛ. Условие возникновения и активации перекисного окисления в клетке. Физико-химические механизмы действия перекисного окисления липидов на структуру и функции мембран: разрушение</p>
---	--	--	---

функциональных групп белков, модификация физических свойств липидного бислоя, увеличение проницаемости для ионов, снижение электрической прочности мембран. Методы изучения перекисного окисления липидов: анализ потребления кислорода и накопления различных продуктов перекисного окисления, измерение хемилюминесценции и флуоресценции. Нестационарная кинетика хемилюминесценции, сопровождающая перекисное окисление липидов, индуцированное ионами двухвалентного железа. Стадии развития хемилюминесценции. Быстрая и медленная вспышки хемилюминесценции, стационарное свечение. Латентный период развития хемилюминесценции. Применение активаторов хемилюминесценции. Ионы железа в регуляции свободно-радикальных процессов. Ионы железа в биологических системах. Метаболизм железа в организме. Способы определения ионов железа в биологических системах. Цитотоксичность ионов железа и факторы на неё влияющие. Механизмы цитотоксического действия ионов железа. Влияние комплексообразования на химическую реактивность ионов железа. Комплексы ионов железа с кислородом, их участие в свободно-радикальных реакциях. Механизмы контроля цитотоксичности ионов железа в организме. Редокс цикл и пути восстановления ионов железа в биологических системах. Механизмы высвобождения ионов железа из железо-содержащих белков. Антиоксидантная система церулоплазмин-трансферрин. Роль фосфолипаз в повреждении клеток. Распространение связанных с мембраной фосфолипаз. Фосфолипазы, входящие в состав экзотоксинов. Роль

активации фосфолипаз в повреждении клеток при тканевой гипоксии. Трансформация физической структуры и проницаемости мембран в результате действия фосфолипаз. Роль ионов  $Ca^{2+}$ . Фосфолипазы митохондрий. Роль активации фосфолипаз в повреждении митохондрий при тканевой гипоксии. Биофизические механизмы влияния фармакологических препаратов на активность фосфолипаз. Клеточные механизмы восстановления структуры и функций мембран после действия фосфолипаз. Некроз и апоптоз. Некроз и апоптоз: современные представления о механизмах. Определение апоптоза. Основные представления о механизмах апоптоза. Современные гипотезы о механизмах апоптоза. Роль цитохрома с в апоптотических реакциях. Способы регуляции апоптотических реакций. Антиоксиданты. Понятие об антиоксидантах. Классификация антиоксидантов. Механизмы дезактивации инициаторов перекисного окисления липидов: роль супероксиддисмутазы, каталазы, каротиноидов, глутатионпероксидазы. Антиоксидантные ферменты, молекулярные механизмы их работы. Перехватчики радикалов. Хелаторы металлов. Основные способы измерения антиоксидантной активности. Нарушения осмотического равновесия. Причины и следствия нарушения осмотического равновесия между клеткой и средой, между клеткой и клеточными органеллами, выключение клеточных "насосов", сдвиги в ионной проницаемости мембран. Модификация молекулярной организации мембран при их осмотическом растяжении. Механизмы восстановления осмотических нарушений в клетке. Действие фармакологических препаратов (диуретики,

сердечные гликозиды, антибиотики) на осмотическое равновесие. Явление электрического пробоя мембран. Методы изучения электрического пробоя. Электрический пробой искусственных (БЛМ, липосомы) и природных мембран (эритроциты, митохондрии) ионным диффузионным потенциалом. Снижение электрической прочности мембран (потенциала пробоя) при перекисном окислении липидов, действии фосфолипаз, осмотическом растяжении мембран, адсорбции белков. Гипотеза о роли электрического пробоя мембран в нарушении барьерной функции мембран в патологии. Нарушения молекулярной организации мембран. Нарушение функционирования мембран при изменении микровязкости и поверхностного заряда мембран. Изменение молекулярной организации мембран при действии мембранотоксинов, взаимодействии вирусов и антител с цитоплазматическими мембранами, антигенов с иммунокомпетентными клетками. Механизм действия холестерина и его роль в развитии атеросклероза. Нарушения биоэнергетических функций митохондрий.. Строение митохондрий. Дыхательные комплексы митохондрий. Структура дахательных комплексов I, II, III и IV. Превращения коэнзима Q в митохондриях. Структура митохондриальной электрон-транспортной цепи. Строение АТР-синтазного комплекса (комплекса V). Электрохимический потенциал митохондрий. Теория Митчелла. Биоэнергетические функции митохондрий. Окислительное фосфорилирование. Митохондриальная мембрана и электрон-транспортная цепь. Окислительно-

восстановительные потенциалы переносчиков. Транспорт кальция и фосфата в митохондриях. Энергизация митохондрии при переносе электронов. Перенос  $Ca^{2+}$  и фосфата в матрикс митохондрий. Протон-движущая сила. Измерение скорости дыхания митохондрий. Дыхание митохондрий в разных функциональных состояниях. Повреждение митохондрий при гипоксии. Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов. Роль свободнорадикальных процессов в канцерогенезе. Свободнорадикальные процессы и тканевая гипоксия. Проблема перекисного окисления при консервировании органов и тканей. Перекисное окисление и старение. Роль свободно-радикальных процессов в развитии атеросклероза. Влияние окисления липопротеидов на перенос холестерина между липопротеинами и клетками. Влияние окисленных липопротеинов на разные стадии атеросклероза. Роль свободно-радикального окисления в патогенезе катаракты. Структура хрусталика и механизмы поддержания его прозрачности. Физико-химические механизмы возникновения помутнения хрусталика. Концепция окислительного стресса в катарактогенезе. Посттрансляционные модификации белков хрусталика и их взаимосвязь со свободно-радикальным окислением. Фагоцитоз и воспаление. Дыхательный (респираторный) «взрыв». Активация НАДФН-оксидазы и миелопероксидазы. Образование супероксида и гипохлорита. Образование «порочного круга» при гипоксии. Хроническое воспаление и аутоимунные процессы. Естественные механизмы торможения воспалительной

			реакции. Активация перекисного окисления липидов при гипоксии и реоксигенации. Феномен активации ПОЛ при гипоксии и реперфузии и её причины. Активация ксантиноксидазной реакции. Активация продуцирования супероксида митохондриями. Активация фосфолипаз и набухание митохондрий при гипоксии. Накопление в тканях ионов железа. Роль нейтрофилов в активации свободно-радикальных процессов. Антиоксидантные системы при гипоксии.
--	--	--	---

### **3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися**

Разделы и темы дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися в программе не предусмотрены.

#### 4. Тематический план дисциплины.

##### 4.1. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем.

№ п/п	Виды учебных занятий / форма промеж. аттестации	Период обучения (семестр) Порядковые номера и наименование разделов. Порядковые номера и наименование тем разделов. Темы учебных занятий.	Количество часов контактной работы	Виды контроля успеваемости	Формы контроля успеваемости и промежуточной аттестации			
					КП	ОК	РЗ	ЛР
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>6 семестр</b>								
<b>Раздел 1. Биофизика клеточных процессов</b>								
<b>Тема 1. Транспорт веществ в биомембранах и биоэлектrogenез</b>								
1	ЛЗ	Транспорт веществ в биомембранах и биоэлектrogenез	2	Д	1			
2	СЗ	Практическое занятие по разделу "Биофизика клеточных процессов"	3	Т	1		1	
3	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу "Биофизика клеточных процессов" (1 ч.)	3	Т	1		1	1
4	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу "Биофизика клеточных процессов" (2 ч.)	3	Т	1		1	1
5	СЗ	Защита результатов лабораторной работы 1	3	Т	1		1	
<b>Тема 2. Активный транспорт</b>								
1	ЛЗ	Биофизика активного трансмембранного транспорта	2	Д	1			
<b>Тема 3. Трансформация энергии в биомембранах</b>								
1	ЛЗ	Трансформация энергии в биомембранах	2	Д	1			
2	К	Текущий рубежный контроль по разделу «Биофизика клеточных процессов».	3	Р	1	1		

<b>Раздел 2. Биофизика органов и тканей</b>							
<b>Тема 1. Биофизика органов и тканей</b>							
1	ЛЗ	Биофизические основы генеза биопотенциалов органов. Биопотенциалы сердца. Биопотенциалы головного мозга.	2	Д	1		
2	ЛЗ	Пассивные биомеханические процессы в органах и тканях.	2	Д	1		
3	ЛЗ	Гемодинамические процессы.	2	Д	1		
4	СЗ	Сокращение скелетных мышц.	3	Т	1		1
5	СЗ	Транспорт веществ через эпителий органов и тканей.	3	Т	1		1
6	СЗ	Фоторецепция. Хеморецепция.	3	Т	1		1
7	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу "Биофизика органов и тканей" (1 ч.)	3	Т	1		1 1
8	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу "Биофизика органов и тканей" (2 ч.)	3	Т	1		1 1
9	К	Текущий рубежный контроль по разделу «Биофизика органов и тканей».	3	Р	1	1	
<b>Раздел 3. Биофизика патологических процессов</b>							
<b>Тема 1. Биофизика патологических процессов</b>							
1	ЛЗ	Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Свободные радикалы в биологических системах.	2	Д	1		

2	ЛЗ	Свободно-радикальное перекисное окисление липидов (ПОЛ). Ионы железа в регуляции свободно-радикальных процессов. Роль фосфолипаз в повреждении клеток.	2	Д	1			
3	СЗ	Некроз и апоптоз.	3	Т	1		1	
4	СЗ	Антиоксиданты.	3	Т	1		1	
5	СЗ	Нарушения осмотического равновесия. Явление электрического пробоя мембран. Нарушения молекулярной организации мембран.	2	Т	1		1	
6	СЗ	Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов. Фагоцитоз и воспаление. Активация перекисного окисления липидов при гипоксии и реоксигенации.	2	Т	1		1	
7	К	Текущий рубежный контроль по разделу «Биофизика патологических процессов».	2	Р	1	1		

Текущий контроль успеваемости обучающегося в семестре осуществляется в формах, предусмотренных тематическим планом настоящей рабочей программы дисциплины.

Формы проведения контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся /виды работы обучающихся

№ п/п	Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (ФТКУ)	Виды работы обучающихся (ВРО)
1	Контроль присутствия (КП)	Присутствие
2	Опрос комбинированный (ОК)	Выполнение заданий в устной и письменной форме

3	Решение практической (ситуационной) задачи (РЗ)	Решение практической (ситуационной) задачи
4	Проверка лабораторной работы (ЛР)	Выполнение (защита) лабораторной работы

#### **4.2. Формы проведения промежуточной аттестации**

6 семестр

1) Форма промежуточной аттестации - Зачет

2) Форма организации промежуточной аттестации -Контроль присутствия, Опрос комбинированный

## 5. Структура рейтинга по дисциплине

### 5.1. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы.

Рейтинг по дисциплине рассчитывается по результатам текущей успеваемости обучающегося. Тип контроля по всем формам контроля дифференцированный, выставляются оценки по шкале: "неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо", "отлично". Исходя из соотношения и количества контролей, рассчитываются рейтинговые баллы, соответствующие системе дифференцированного контроля.

6 семестр

Виды занятий		Формы текущего контроля успеваемости /виды работы		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам ***				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Лабораторно-практическое занятие	ЛПЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	4	72	В	Т	18	12	6
		Проверка лабораторной работы	ЛР	4	72	В	Т	18	12	6
Семинарское занятие	СЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	9	162	В	Т	18	12	6
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	702	В	Р	234	156	78
Сумма баллов за семестр					1008					

### 5.2. Критерии, показатели и порядок промежуточной аттестации обучающихся с использованием балльно-рейтинговой системы. Порядок перевода рейтинговой оценки обучающегося в традиционную систему оценок

Порядок промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине (модулю) в форме зачёта

По итогам расчета рейтинга по дисциплине в 6 семестре, обучающийся может быть аттестован по дисциплине без посещения процедуры зачёта, при условии:

Оценка	Рейтинговый балл
Зачтено	600

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **6 семестр**

#### **Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта**

1. Физические методы изучения структуры и функций клетки. Электрические свойства клеток. Механические свойства клетки и цитоплазмы. Состояние воды и электролитов в клетке. Свободная и структурированная клеточная вода.
2. Виды процессов переноса веществ через мембраны. Поток и плотность потока вещества. Закон диффузии, уравнение Фика, уравнение для диффузии веществ через мембраны.
3. Основное уравнение электродиффузии (уравнение Нернста-Планка). Решение уравнения электродиффузии для мембран в приближении однородного поля.
4. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца.
5. Проницаемость биологических и модельных мембран; методы ее исследования. Коэффициент проницаемости биомембран, его зависимость от растворимости вещества в липидах, коэффициент распределения.
6. Электрические емкость мембран и импеданс. Методы изучения импеданса. Зависимость импеданса от частоты переменного тока.
7. Транспорт веществ через мембраны путем облегченной диффузии. Поры в биомембранах, методы оценки эффективного размера пор. Динамические поры и механизм их формирования.
8. Зависимость проницаемости биомембран для различных веществ от фазового состояния липидов. Транспорт воды. Механизм функционирования водных каналов.
9. Активный транспорт веществ в живой клетке. Молекулярный механизм работы  $K^+$ ,  $Na^+$  - и  $Ca^{2+}$ -АТФаз. Опыты Усинга, касающийся измерения ионных потоков через многоклеточные системы.
10. Связь транспорта воды с движением других веществ. Осмотическое сжатие и набухание клеток. Хемиосмотическая теория окислительного фосфорилирования в митохондриях: основные постулаты Митчела и их экспериментальные доказательства.
11. Распределение ионов между водной и липидной фазами; межфазный потенциал. Поверхностные заряды и поверхностный потенциал. Мембранный потенциал живой клетки. Методы измерения биопотенциалов: микроэлектродная техника, характеристики микроэлектродов.
12. Равновесные потенциалы Нернста и Доннана. Стационарный потенциал: уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца для расчета значений потенциалов покоя и действия. Роль активного транспорта ионов в генерации потенциалов покоя.

13. Электрогенный насос. Потенциалы покоя клеток печени, почек, сердечной, скелетной и гладкой мышц, нервной ткани в норме и патологии.
14. Генерация клетками электрических импульсов. Биофизический механизм генерации потенциала действия. Метод фиксации напряжения на мембране. Изменения потоков ионов калия и натрия во времени при генерации потенциала действия.
15. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Воротные токи. Кабельные свойства нервных волокон. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение.
16. Особенности проведения нервного импульса в миелинизированных нервных волокнах. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации.
17. Методы изучения холинорецепторов. Молекулярная организация и механизм действия холинорецептора. Кинетика взаимодействия веществ с холинорецепторами. Физико-химическая модель взаимодействия ацетилхолина и его аналогов с рецептором.
18. Биофизические механизмы действия циклической АМФ, роль ионов кальция в действии цАМФ.
19. Биофизические механизмы функционирования хеморецепторов.
20. Физико-химические характеристики клеточной поверхности, методы их изучения. Клеточные контакты: типы, электрические свойства, механическая прочность. Методы изучения адгезии клеток.
21. Биофизические механизмы агрегационного взаимодействия эритроцитов, активированных тромбоцитов. Механизм нарушения межклеточных взаимодействий в патологии.
22. Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Последствия для клетки повреждения плазматической мембраны, мембран митохондрий, лизосом, ядерной мембраны.
23. Основные физико-химические причины нарушения барьерных свойств мембран: перекисное окисление липидов, ферментативное расщепление липидов и белков, изменение заряда и конформации белков, адсорбция белков, осмотическое растяжение мембран.
24. Распространение связанных с мембраной фосфолипаз. Фосфолипазы, входящие в состав экзотоксинов. Роль активации фосфолипаз в повреждении клеток при тканевой гипоксии.
25. Трансформация физической структуры и проницаемости мембран в результате действия фосфолипаз.
26. Роль ионов  $Ca^{2+}$ . Фосфолипазы митохондрий. Роль активации фосфолипаз в повреждении митохондрий при тканевой гипоксии.

27. Биофизические механизмы влияния фармакологических препаратов на активность фосфолипаз. Клеточные механизмы восстановления структуры и функций мембран после действия фосфолипаз.
28. Перекисное окисление липидов как фундаментальный механизм мембранной патологии. Общая схема реакций цепного окисления органических соединений. Методы изучения перекисного окисления липидов: анализ потребления кислорода и накопления различных продуктов перекисного окисления, измерение хемилюминесценции и флуоресценции. Реакции инициирования, продолжения, разветвления и обрыва цепей окисления ненасыщенных липидов. Перекисное окисление липидов под действием УФ облучения.
29. Триггерная роль ионов Fe(II). Основные дифференциальные уравнения, описывающие кинетику реакций перекисного окисления. Основные способы ее упрощения. Условие возникновения и активации перекисного окисления в клетке.
30. Физико-химические механизмы действия перекисного окисления липидов на структуру и функции мембран: разрушение функциональных групп белков, модификация физических свойств липидного бислоя, увеличение проницаемости для ионов, снижение электрической прочности мембран.
31. Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов: авитаминозы, недостаток селена в пище, интоксикации, действие ионизирующей радиации, действие УФ лучей, воспаление, катаракта и другие глазные болезни, болезни иммунной системы, атеросклероз.
32. Роль свободнорадикальных процессов в канцерогенезе. Свободнорадикальные процессы и тканевая гипоксия.
33. Проблема перекисного окисления при консервировании органов и тканей. Перекисное окисление и старение.
34. Некроз и апоптоз: современные представления о механизмах.
35. Основная классификация свободных радикалов: первичные, вторичные и третичные радикалы. Генерация свободных радикалов в цепях переноса электрона. Роль ионов железа в генерации свободных радикалов.
36. Супероксидный и гидроксильный радикалы, методы их обнаружения. Синглетный кислород и его действие на клеточные структуры.
37. Механизмы дезактивации инициаторов перекисного окисления липидов: роль супероксиддисмутазы, каталазы, каротиноидов, глутатионпероксидазы. Понятие об антиоксидантах. Классификация антиоксидантов. Антиоксидантные ферменты, и механизмы их работы. Перехватчики радикалов. Хелаторы металлов. Основные способы измерения антиоксидантной активности.
38. Определение апоптоза. Основные представления о механизмах апоптоза. Современные гипотезы о механизмах апоптоза. Роль цитохрома c в апоптотических реакциях. Способы регуляции апоптотических реакций.

39. Причины и следствия нарушения осмотического равновесия между клеткой и средой, между клеткой и клеточными органеллами, выключение клеточных "насосов", сдвиги в ионной проницаемости мембран. Модификация молекулярной организации мембран при их осмотическом растяжении. Механизмы восстановления осмотических нарушений в клетке.
40. Действие фармакологических препаратов (диуретики, сердечные гликозиды, антибиотики) на осмотическое равновесие.
41. Явление электрического пробоя мембран. Методы изучения электрического пробоя. Электрический пробой искусственных (БЛМ, липосомы) и природных мембран (эритроциты, митохондрии) ионным диффузионным потенциалом.
42. Снижение электрической прочности мембран (потенциала пробоя) при перекисном окислении липидов, действии фосфолипаз, осмотическом растяжении мембран, адсорбции белков. Гипотеза о роли электрического пробоя мембран в нарушении барьерной функции мембран в патологии.
43. Изменение молекулярной организации мембран при действии мембранотоксинов, взаимодействии вирусов и антител с цитоплазматическими мембранами, антигенов с иммунокомпетентными клетками. Нарушение функционирования мембран при изменении микровязкости и поверхностного заряда мембран.
44. Механизм действия холестерина и его роль в развитии атеросклероза.
45. Задачи исследования электрических биопотенциалов органов. Электрограммы и пространственное распределение потенциала как основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов.
46. Пассивные электрические свойства тканей и органов. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов.
47. Электрический импеданс тканей, его частотная зависимость. Клетки как токовые источники электричества. Механизм формирования клеточных источников электричества при локальной электрической активности.
48. Описание потенциалов, создаваемых клеточными источниками, на основе потенциала отдельного токового полюса и потенциала токового двухполюсного генератора в объемной электропроводящей среде.
49. Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Потенциал терминалей для однополярной регистрации ЭКГ. Формирование источников электричества в ткани миокарда. Пространственное распределение потенциалов сердца на поверхности тела.
50. Электрический вектор сердца. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы, методы их измерения. Виды электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Статистические характеристики ЭЭГ.
51. Расчет спектра мощности ЭЭГ в рамках интегрального преобразования Фурье и вейвлет-анализа.

52. Электрическая активность пирамидных нейронов новой коры как источник генеза электроэнцефалограмм. Механизм генеза ЭЭГ: роль постсинаптических потенциалов пирамидных нейронов, значение синхронизации их электрической активности и пространственной ориентации.
53. Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях.
54. Упругие и пластические деформации тканей и органов; силы, противодействующие деформации. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Напряжение сдвига и скорость сдвига в жидкостях.
55. Вязко-упругие свойства тканей и органов. Релаксация напряжения и ползучесть при деформации тканей; гистерезис механических характеристик тканей. Статическая деформация растяжения мягких тканей, эффективный (тангенциальный) модуль упругости.
56. Вязко-упругие свойства синовиальной жидкости, дермонаполнителей (дермофиллеров).
57. Динамическая деформация тканей, динамический модуль упругости. Механические свойства мышц и костей.
58. Упругие свойства оболочек полых органов. Уравнение Лапласа для статического состояния тонких упругих оболочек.
59. Статическое состояние упругого кровеносного сосуда, уравнение Ламе. Уравнение деформации кровеносного сосуда при изменении давления крови. Механические свойства крови.
60. Неньютоновское течение крови при низких скоростях сдвига, уравнение Кессона и уравнение Захарченко. Молекулярно-клеточный механизм неньютоновских свойств крови, роль агрегации (межклеточных взаимодействий) эритроцитов.
61. Оптические и электрические методы исследования межклеточных взаимодействий и агрегатного состояния крови.
62. Механические явления в легких. Диаграммы растяжения легких в условиях заполнения средами с разным поверхностным натяжением.
63. Вклад поверхностного натяжения в альвеолах и упругих сил альвеолярной ткани в работу выдоха. Статическое механическое состояние альвеолы, уравнение Лапласа.
64. Роль сурфактанта в изменении поверхностного натяжения в альвеолах. Значение поверхностных явлений при отеке легких.
65. Линейная и объемная скорость кровотока. Методы измерения скорости движения крови в кровеносных сосудах, ультразвуковой доплеровский способ. Градиент скорости течения крови в различных участках кровеносной системы и его значение для развития патологических состояний.
66. Гидравлическое (гемодинамическое) сопротивление, гидродинамическая емкость и гидродинамическая индуктивность сосуда с кровью.
67. Механизм генерации и распространения пульсовой волны. Формулы фазовой скорости распространения пульсовой волны, их вывод с помощью анализа размерности.

68. Определение упругих свойств сосудов путем измерения скорости пульсовой волны.
69. Гемодинамические процессы в системе микроциркуляции, резистивный (вязкостный) характер сопротивления мелких сосудов. Общее сопротивление системы сосудов, соединенных последовательно или параллельно. Формула гемодинамического периферического сопротивления.
70. Систолический, минутный объем крови и сердечный индекс как показатели производительности сердца. Анализ кровотока в большом круге кровообращения на основе системы эквивалентных сосудов, гемодинамическая формула систолического объема крови.
71. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности. Вариации электрического импеданса тканей в результате изменения кровенаполнения их сосудов.
72. Метод импедансной реографии для определения систолического выброса крови; электродные системы, применяемые в импедансной реографии.
73. Кардиогенное смещение тела. Баллистокардиограммы. Определение систолического выброса крови по данным измерения низкочастотной баллистокардиограммы.
74. Особенности сокращения прямой и перистой мышц. Сокращение скелетной мышцы в эксперименте без ускорения. Теплопродукция при укорочении мышцы. Зависимость скорости изотонического сокращения мышцы от силовой нагрузки, уравнение Хилла.
75. Генерации силы поперечными мостиками. Сила на конце мышечного волокна и его скорость укорочения, выраженные через параметры саркомера.
76. Генерация звука при сокращении мышцы.
77. Векторная организация структуры эпителия в кишечнике и нефронах. Транспорт сахаров и аминокислот в тонкой кишке в комплексе с переносчиком. Метод короткозамкнутого тока Уссинга для исследования активного транспорта ионов.
78. Трансэпителиальный транспорт воды в кишечнике и нефронах. Механизм осмотического концентрирования мочи в нефронах.
79. Клеточный механизм действия нефротропных диуретических веществ. Кинетика оксигенации крови в альвеолах. Значение скорости диффузии и величины площади дыхательных мембран альвеол в насыщении крови кислородом.
80. Оптическая система глаза. Размеры фоторецепторных клеток (палочек и колбочек), острота зрения и явление дифракции света.
81. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны.. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы.
82. Ретинопатия, роль фотосенсибилизированного свободным полностью-транс-ретиналем окисления мембранных липидов. Природа прозрачности роговицы и хрусталика.
83. Механизм светорассеяния в хрусталике при катаракте. Фотохимические механизмы возникновения катаракты хрусталиков.

84. Особенности молекулярно-клеточной организации обонятельных и вкусовых клеток. Кинетические характеристики взаимодействия пахучих стимулов с хеморецепторами. Трансдукция сигнала в обонятельной и вкусовой рецепторных клетках.
85. Физическая природа звука. Частотная зависимость чувствительности уха. Механические свойства барабанной перепонки и базилярной мембраны улитки. Методы исследования колебаний базилярной мембраны. Рецепция колебаний базилярной мембраны волосковыми клетками. Механизм распознавания чистых тонов. Характеристики слухового ощущения и их связь с физическими характеристиками звука. Закон Вебера-Фехнера. Звуковые измерения. Аудиометрия. Шумомер.
86. Основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов. Клетки как токовые электрические генераторы. Пассивные электрические свойства тканей и органов.
87. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов. Электрический импеданс тканей и его частотная зависимость. Основные виды электрической активности живых клеток.
88. Описание переменной электрической активности клеток и тканей токовым дипольным генератором. Точечный и конечный токовый дипольный генератор, его дипольный момент.
89. Потенциал отдельного полюса токового источника, находящегося в объемной проводящей среде. Потенциал токового двухполюсного источника в объемной среде и его мультипольное разложение.
- 90.
91. Биофизические принципы электроимпедансометрических методов исследования. Технологии электроимпедансных измерений сложных объектов.
92. Мостовой метод измерения электрических свойств биообъектов.
93. Импульсный метод измерения электрических свойств биообъектов.
94. Фазовый метод измерения электрических свойств биообъектов.
95. Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Длительный мониторинг электрокардиограмм в целях диагностики функционального состояния сердца.
96. Миокард как электрический синцитий. Формирование источников тока дипольного типа в миокарде при генерации потенциалов действия миоцитов.
97. Электрические биопотенциалы сердца на поверхности тела; их дипольный характер. Электрический вектор сердца как дипольный момент эквивалентного электрического дипольного источника миокарда.
98. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы и методы их измерения. Мультипольный характер электрических биопотенциалов сердца на небольшом удалении от миокарда. Методы исследования.

99. Клеточный механизм генеза ЭКГ; определение дипольных моментов различных участков миокарда по данным проведения возбуждения и потенциалов действия его клеток.
100. Электрические биопотенциалы головного мозга на поверхности головы. Системы Компьютерный расчет ЭКГ в норме и при патологических состояниях в различных отведениях.
101. отведения ЭЭГ; виды ЭЭГ. Электрическая активность пирамидных нейронов новой коры как источник генеза электроэнцефалограмм.
102. Импульсная и градуальная электрическая активность пирамидных нейронов новой коры. Формирование токовых двухполюсных источников и квадрупольных генераторов в пирамидных нейронах.
103. Общая формула для дисперсии ЭЭГ; коэффициент взаимной попарной корреляции электрической активности нейронов. Биофизические основы регистрации ЭЭГ при различных отведениях.
104. Длительный мониторинг ЭЭГ в целях диагностики функционального состояния головного мозга. Значение ориентации пирамидных нейронов в новой коре и синхронизации их электрической активности для генеза ЭЭГ.
105. Формулы зависимости дисперсии ЭЭГ при нескоррелированной и скоррелированной электрической активности нейронов; определение их среднего коэффициента корреляции.
106. Особенности электрического поля гиппокампа: пространственная зависимость знака амплитуды его ритмических электрограмм. Формула пространственного распределения потенциала электрического поля гиппокампа с учетом его кривизны.
107. Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях с возвратным торможением. Значение афферентной импульсации в генезе ритмических ЭЭГ.
108. Биофизика ультразвука. Акустический импеданс среды. Взаимодействие ультразвука с тканями. Основные режимы работы. А, В, М, Доплеровские режимы: PWD, CWD, PD, TD, CFM.
109. Принцип формирования УЗ изображения в каждом из режимов. Основные характеристики ультразвуковых сканеров: пространственная разрешающая способность; продольная и поперечная разрешающая способность. Чувствительность. Динамический диапазон. Временная разрешающая способность.
110. Ультразвуковые датчики. Принцип работы датчика. Типы датчиков.
111. Артефакты акустического изображения. Помехи и наводки. Мертвая зона. Боковые лепестки. Образование теней. Акустическое псевдоусиление. Реверберации. Латеральные тени. Хвост кометы.

112. Эффект Доплера. Оценка скорости движения по доплеровскому сдвигу частот. Доплеровский угол. Непрерывноволновой доплер. Области применения. Основные достоинства и недостатки. Импульсноволновой доплер. Области применения. Основные достоинства и недостатки.
113. Допплеровские и недопплеровские методы визуализации и оценки кровотока. Эхокардиография. Основные ультразвуковые доступы к сердцу. Доплерэхокардиография. Компьютерная ЭхоКГ. Контрастная ЭхоКГ. Клиническая эхокардиография. ЭхоКГ - метод расчета показателей центральной гемодинамики.
114. УЗ диагностика некоторых патологических состояний больного (ИБС, кардиомиопатии, перикардиты). Стресс – ЭхоКГ.
115. Ультразвуковые методы исследования сосудистой системы: доплерография, цветное доплеровское картирование потоков, транскраниальная доплерография, УЗ сканирование.
116. Магнитно-резонансная томография (МРТ, MRT, MRI). Вклад отечественных и зарубежных исследователей в создание ЯМР-томографии (МРТ). Биофизические основы метода МРТ. Интенсивность регистрируемого МР-сигнала: протонная плотность тканей, время продольной спин-решеточной релаксации  $T_1$ , время поперечной спин-спиновой релаксации, диффузия исследуемых структур.
117. Уравнение Блоха. Принципы построения МР-изображений. МР-томографы. Виды томографии: диффузная спектральная томография, МР перфузия, МР спектроскопия, МР ангиография, функциональная МРТ, МРТ термометрия.
118. Абсолютные и относительные противопоказания для МРТ.
119. Радионуклидная диагностика и исследования. Методы, использующие радиоактивные индикаторы – радионуклиды (меченые атомы) с диагностическими и исследовательскими целями. Детекторы, регистрирующие ионизирующее излучение: следовые (трековые) детекторы, счетчики, интегральные приборы.
120. Сцинтиграфия. Радиофармацевтические препараты (РФП). Гамма-сцинтиграфия (гамма-томограф). Гамма-камеры. Детекторы. ФЭУ. Коллиматоры. Электроннолучевая трубка. Фотографическая и поляроидная камеры.
121. Бинуклидные исследования. Динамическая сцинтиграфия. Авторадиография. Фотоэмульсия. Радиоавтограф или авторадиограмма. Радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. Три группы пациентов: АД, БД, ВД.

## **7. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

### **Для подготовки к занятиям лекционного типа обучающийся должен**

- внимательно прочитать материал предыдущей лекции;
- ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;
- внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;
- записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

### **Для подготовки к занятиям семинарского типа обучающийся должен**

- внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- подготовиться к выступлению на заданную тему, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
- выполнить письменную работу, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
- подготовить доклад, презентацию или реферат, если данное задание предусмотрено по дисциплине.

### **Для подготовки к занятиям лабораторно-практического типа обучающийся должен**

- внимательно прочитать материал предыдущей лекции;
- ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;
- внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;
- записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

### **Самостоятельная работа студентов (СРС) включает в себя**

работы с учебной, учебно-методической литературой по теме (рекомендованные учебники, методические пособия, ознакомление с материалами, опубликованными на рекомендованных медицинских сайтах), электронными образовательными ресурсами (дополнительные иллюстративно-информационные материалы, представленные на сайте кафедры), с конспектами обучающегося: чтение, изучение, анализ, сбор и обобщение информации, её конспектирование.

## 8. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень литературы по дисциплине:

№ п /п	Наименование, автор, год и место издания	Используется при изучении разделов	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурсов
1	2	3	4	5
1	Лекции по медицинской биофизике: [учебное пособие для медицинских вузов], Владимиров Ю. А., Проскурнина Е. В., 2024 - 2025	Биофизика патологических процессов Биофизика клеточных процессов Биофизика органов и тканей	496	
2	Биофизика клеточных процессов. Биофизика: [учебник для биологических специальностей вузов], Рубин А. Б., 2024 - 2025	Биофизика клеточных процессов	30	
3	Физико-химические основы фотобиологических процессов: учебник для студентов вузов, Владимиров Ю. А., Потапенко А. Я., 2024 - 2025	Биофизика клеточных процессов	489	
4	Биофизика клеточных процессов ; Механизмы первичных фотобиологических процессов. Биофизика: [учебник для высших учебных заведений], Рубин А. Б., 2024 - 2025	Биофизика клеточных процессов	18	
5	Медицинская биофизика: учебник для медицинских вузов, Самойлов В. О., 2024 - 2025	Биофизика патологических процессов Биофизика органов и тканей	0	<a href="https://www.books-up.ru/ru/read/medicinskaya-biofizika-3377141/">https://www.books-up.ru/ru/read/medicinskaya-biofizika-3377141/</a>
6	Биофизика органов: учебное	Биофизика	4	

пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 'Биофизика', Рощупкин Д. И., Фесенко Е. Е., Новоселов В. И., 2024 - 2025	патологических процессов Биофизика органов и тканей		
---	---	--	--

**8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Protein Data Bank (<https://www.rcsb.org/>)
2. Доступ к информационно-поисковой системе: Medline, PubMed - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

**8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при наличии)**

1. Автоматизированный информационный комплекс «Цифровая административно-образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова»
2. Система управления обучением
3. Балльно-рейтинговая система контроля качества освоения образовательной программы в автоматизированной образовательной системе университета.
4. Microsoft Office (Word)
5. MS Office (Excel)
6. MS Office (Power Point)
7. PowerGraph Professional
8. Kinetic Analyser
9. National Instruments LabVIEW
10. ADInstruments LabChart

#### 8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), как на территории Университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебному плану, рабочей программе дисциплины, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины;

- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

Университет располагает следующими видами помещений и оборудования для материально-технического обеспечения образовательной деятельности для реализации образовательной программы дисциплины (модуля):

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Столы , Стационарный компьютер , Экран для проектора , Проектор мультимедийный
2	Аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), лабораторных практикумов, лабораторных работ, демонстрационных экспериментов групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Дистиллятор , Центрифуга , Весы , Холодильник , Спектрофотометр , Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации	Учебная мебель (столы, стулья), компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
4	Учебная аудитория для проведения промежуточной	Учебная мебель (столы и стулья)

	аттестации	для обучающихся), стол, стул преподавателя, персональный компьютер; набор демонстрационного оборудования (проектор, экран, колонки)
--	------------	---

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению при необходимости). Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Приложение 1  
к рабочей программе  
дисциплины (модуля)

Сведения об изменениях в рабочей программе дисциплины (модуля)

\_\_\_\_\_

для образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата/специалитета /магистратуры (оставить нужное) по направлению подготовки (специальности) (оставить нужное) \_\_\_\_\_ (код и наименование направления подготовки (специальности)) направленность (профиль) « \_\_\_\_\_ » на \_\_\_\_\_ учебный год.

Рабочая программа дисциплины с изменениями рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ (Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_).

Заведующий \_\_\_\_\_ кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись)  
\_\_\_\_\_ (Инициалы и фамилия)

Приложение 2  
к рабочей программе  
дисциплины (модуля)

Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
	Контроль присутствия	Присутствие
Опрос комбинированный	Опрос комбинированный	ОК
Решение практической (ситуационной) задачи	Практическая задача	РЗ
Проверка лабораторной работы	Лабораторная работа	ЛР

Виды учебных занятий и формы промежуточной аттестации

Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
	Лекционное занятие	Лекция
Лабораторно-практическое занятие	Лабораторно-практическое	ЛПЗ
Семинарское занятие	Семинар	СЗ
Коллоквиум	Коллоквиум	К
Зачет	Зачет	З

Виды контроля успеваемости

Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
	Текущий дисциплинирующий контроль	Дисциплинирующий
Текущий тематический контроль	Тематический	Т
Текущий рубежный контроль	Рубежный	Р

Промежуточная аттестация

Промежуточная  
аттестация

ПА