

**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.24 Общая и медицинская биофизика

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

30.05.01 Медицинская биохимия

направленность (профиль)

Медицинская биохимия

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.24 Общая и медицинская биофизика (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы Специалитета по направлению подготовки (специальности) 30.05.01 Медицинская биохимия. Направленность (профиль) образовательной программы: Медицинская биохимия.

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	Любицкий Олег Борисович	к.б.н., доцент	доцент	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
3	Аносов Александр Константинович	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 30.05.01 Медицинская биохимия, 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 биохимии.

#### 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 общей и медицинской биофизики.
- Сформировать умения, навыки, компетенции, которые будут необходимы в профессиональной деятельности.

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

Дисциплина «Общая и медицинская биофизика» изучается в 5, 6 семестре (ах) и относится к обязательной части блока Б.1 дисциплины. Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9.0 з.е.

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

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 5

<b>Код и наименование компетенции</b>	
<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)</b>
<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.
<b>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</b>	
ОПК-6.ИД1 Планирует научное исследование	<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.
<b>ПК-5 Способен проводить научные исследования в области молекулярной медицины и молекулярной биологии</b>	
ПК-5.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научнотехническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	<b>Знать:</b> главные базы медицинской и биологической научной литературы и основные биофизические периодические издания.
	<b>Уметь:</b> периодические издания; осуществлять поиск информации в научных изданиях.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> работы с научными статьями в области биофизики и использования материалов из них для подготовки научных сообщений.
ПК-5.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	<b>Знать:</b> принципы планирования и проведения научных исследований и экспериментов в биофизике.
	<b>Уметь:</b> планировать медико-биологические исследования в области биофизики.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> разработки и проведения базовых медико-биологических экспериментов.
ПК-5.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области молекулярной медицины и молекулярной биологии	<b>Знать:</b> принципы интерпретации биологических данных исследований биофизики.
	<b>Уметь:</b> формулировать выводы по имеющимся данным лабораторных медико-биологических исследований.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> интерпретации данных, полученных в результате лабораторных работ и экспериментов.
<b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>	

УК-1.ИД1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<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.
УК-1.ИД2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	<b>Знать:</b> методы анализа проблемной ситуации.
	<b>Уметь:</b> определять пробелы в информации и находить пути восполнения этих пробелов; устанавливать причины возникновения проблемной ситуации.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> решения проблемной ситуации на основе доступных источников информации.
<b>УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>	
УК-2.ИД1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	<b>Знать:</b> состояние проблемы, на решение которой направлен проект, на момент его начала.
	<b>Уметь:</b> формулировать цель и задачи проекта.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками аналитической и исследовательской деятельности в специальной области планируемого проекта.

<p>УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения</p>	<p><b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.</p>
	<p><b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.</p>
	<p><b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.</p>
<p>УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта</p>	<p><b>Знать:</b> методы логического и аналитического рассмотрения информации.</p>
	<p><b>Уметь:</b> проводить анализ результатов экспериментальной исследовательской деятельности.</p>
	<p><b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования выводов и заключений на основании полученной информации.</p>

Семестр 6

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)
<p><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></p>	

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.
<b>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</b>	
ОПК-6.ИД1 Планирует научное исследование	<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.
<b>ПК-5 Способен проводить научные исследования в области молекулярной медицины и молекулярной биологии</b>	

ПК-5.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научнотехническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	<b>Знать:</b> главные базы медицинской и биологической научной литературы и основные биофизические периодические издания.
	<b>Уметь:</b> осуществлять поиск информации в научных изданиях.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> работы с научными статьями в области биофизики и использования материалов из них для подготовки научных сообщений.
ПК-5.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области молекулярной медицины и молекулярной биологии.	<b>Знать:</b> принципы планирования и проведения научных исследований и экспериментов в биофизике.
	<b>Уметь:</b> планировать медико-биологические исследования в области биофизики.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> разработки и проведения базовых медико-биологических экспериментов.
ПК-5.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области молекулярной медицины и молекулярной биологии	<b>Знать:</b> принципы интерпретации биологических данных исследований биофизики.
	<b>Уметь:</b> формулировать выводы по имеющимся данным лабораторных медико-биологических исследований.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> интерпретации данных, полученных в результате лабораторных работ и экспериментов.
<b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий</b>	

УК-1.ИД1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<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.
УК-1.ИД2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	<b>Знать:</b> методы анализа проблемной ситуации.
	<b>Уметь:</b> определять пробелы в информации и находить пути восполнения этих пробелов; устанавливать причины возникновения проблемной ситуации.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> решения проблемной ситуации на основе доступных источников информации.
<b>УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>	
УК-2.ИД1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	<b>Знать:</b> состояние проблемы, на решение которой направлен проект, на момент его начала.
	<b>Уметь:</b> формулировать цель и задачи проекта.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками аналитической и исследовательской деятельности в специальной области планируемого проекта.

<p>УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения</p>	<p><b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.</p>
	<p><b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.</p>
	<p><b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.</p>
<p>УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта</p>	<p><b>Знать:</b> методы логического и аналитического рассмотрения информации.</p>
	<p><b>Уметь:</b> проводить анализ результатов экспериментальной исследовательской деятельности.</p>
	<p><b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования выводов и заключений на основании полученной информации.</p>

## 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	
			5	6
<b>Учебные занятия</b>				
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КР), в т.ч.:</b>		148	72	76
Семинарское занятие (СЗ)		64	32	32
Лекционное занятие (ЛЗ)		32	16	16
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		28	12	16
Коллоквиум (К)		24	12	12
<b>Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:</b>		104	52	52
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		104	52	52
<b>Промежуточная аттестация (КРПА), в т.ч.:</b>		12	4	8
Экзамен (Э)		8	0	8
Зачет (З)		4	4	0
<b>Подготовка к экзамену (СРПА)</b>		24	0	24
Общая трудоёмкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КР+СРО+КРПА+СРПА	288	128	160
	в зачетных единицах: ОТД (в часах)/32	9.00	4.00	5.00

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

5 семестр

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела (модуля), темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
<b>Раздел 1. Фотобиофизика</b>			

1	ОПК-1.ИД1, ОПК-6.ИД1, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5, ОПК-6.ИД2	Тема 1. Фотобиофизика	<p>Предмет и методы биофизики; разделы биофизики. Общие закономерности фотобиологических процессов; прямые и фотосенсибилизированные процессы. Электронные переходы в биомолекулах при поглощении света и люминесценции. Количественные закономерности поглощения света биомолекулами. Особенности поглощения света в биологических объектах: влияние неравномерного распределения поглощающих свет молекул и светорассеяния. Количественные закономерности фотолюминесценции в биологических системах. Спектры фотолюминесценции биомолекул и спектры ее возбуждения. Кинетический перенос энергии электронного возбуждения в биологических объектах, анализ процесса при фотодинамической терапии. Миграция энергии электронного возбуждения в биологических системах. Биолюминесценция и биохемилюминесценция биологических систем. Кинетика фотохимических превращений биомолекул. Спектры действия фотопревращений биомолекул и фотобиологических процессов. Механизм действия ультрафиолетового излучения на белки, липиды и нуклеиновые кислоты. Биофизические механизмы фотобиологических процессов в коже, вызываемых ультрафиолетовым излучением: эритема, фотосинтез витамина D<sub>3</sub>, фотоканцерогенез. Начальные биофизические стадии фотосинтеза в зеленых растениях. Современные компьютерные способы обработки биофизических экспериментальных данных, получаемых в виде сложных количественных зависимостей.</p>
<b>Раздел 2. Молекулярная биофизика</b>			
1	ОПК-1.ИД1,	Тема 1. Молекулярная	Предмет и методы молекулярной биофизики.

ПК-5.ИД1,  
ПК-5.ИД2,  
ПК-5.ИД3,  
УК-1.ИД1,  
УК-1.ИД2,  
УК-2.ИД1,  
УК-2.ИД2,  
УК-2.ИД5,  
ОПК-6.ИД1,  
ОПК-6.ИД2

биофизика

История развития. Вклад отечественных ученых в развитие молекулярной биофизики. Сывороточный альбумин человека (САЧ): содержание в крови, основные функции. Этапы транспортной функции белка. Основные физико-химические свойства САЧ: растворимость, молекулярная масса, заряд, изоэлектрическая точка, коэффициент диффузии, вязкость, форма. Структура САЧ. Среднечисленная молекулярная масса. Средневесовая молекулярная масса. Средневискозиметрическая молекулярная масса. Причина невозможности использования методов криоскопии и эбулиоскопии для измерения молекулярных масс макромолекул. Методы определения молекулярных масс биомолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия. Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомолекул: кулоновское взаимодействие, иондипольные взаимодействия, вандерваальсовы силы, водородные силы, стерические силы (силы деформации и напряжения валентных связей и углов, силы заторможенности вращения пептидных групп вокруг простых связей). Гидрофобное взаимодействие. Уникальные (аномальные) физические свойства воды и их роль в биологических процессах. Модели структуры молекулы воды. Структура льда. Структура жидкой воды. Модели структуры жидкой воды: микрокристаллическая, квазикристаллическая (континуальная) и ассоциативная гипотезы. Структура воды в растворах. Ионные растворы. Кинетический и термодинамический подходы для описания

сольватации ионов в растворах. Общая модель структуры воды в ионных растворах.

Структура раствора неполярных молекул: гидрофобное взаимодействие. Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков. Вторичная структура.

Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.

Третичная структура. Термодинамическая модель структурной организации белков.

Макромолекулярная организация глобулярных белков. "Капельная" модель Бреслера и Талмуда. "Сферическая" модель Фишера. Анализ третичной структуры белка по Фишеру. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка.

Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной. Физические принципы самоорганизации белковых молекул.

"Термодинамическая гипотеза самоорганизации" и экспериментальное подтверждение ее. Стадии самосборки белковых молекул по Птицыну О.Б. Связь между структурным и функциональным подобием. Вырожденность конфигурационной информации. Физическая теория структурной организации белков. Основные положения физической теории. Метод теоретического конформационного анализа. Количественный метод теоретического конформационного анализа пептидов. Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания

структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ. Структура нуклеиновых кислот. Конформационный анализ. Углы вращения остова нуклеиновой кислоты и стерические ограничения. Взаимодействия первого и второго порядка. Силы, стабилизирующие упорядоченные конформации. Типы спаривания оснований в кристаллах и в растворе. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот. Структура хроматина. Инфракрасная спектроскопия (ИКС) полипептидов и белков. Физические основы ИКС. Основные типы колебания атомов в молекулах. Характеристические частоты колебания атомов пептидной группы белков. Анализ спектров поглощения белков в ИК диапазоне. ИК-дихроизм. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии. Экспериментальное исследование оптической активности полипептидов и белков: ДОВ и КД. Физические основы оптической активности макромолекул. Метод ДОВ. Оценка степени спиральности белков методом ДОВ: метод Друде, метод Моффита. Метод КД. Оценка степени спиральности белков методом КД "изодихроичный метод" Рентгеноструктурный анализ белков. Рентгеноструктурный анализ глобулярных белков. Миллеровы плоскости отражения рентгеновских лучей. Закон Брегга-Вульфа. Понятие обратной кристаллической решетки, векторная форма уравнения Брегга-Вульфа. Структурный фактор. Проблема фаз и метод изоморфного замещения. Определение структурных факторов, вычисление электронной плотности. Создание

пространственной модели белков. Анализ третичной структуры миоглобина, гемоглобина, лизоцима, рибонуклеазы, карбоксипептидазы. Анализ структуры и функции полипептидов и белков с помощью метода флуоресцентных зондов. Принцип метода. Основные типы флуоресцентных зондов. Параметры поглощения и флуоресценции зондов: положения максимумов поглощения и флуоресценции, полуширина максимума, интенсивность максимума флуоресценции, квантовый выход, время жизни возбужденного состояния, степень поляризации, анизотропия флуоресценции. Применение метода ИРПЭ флуоресценции для оценки расстояний между парами зондов, связанных с биообъектом. Исследование структуры белков и нуклеиновых кислот. Изучение белок-липидных пространственных взаимоотношений в мембранах с помощью ИРПЭ флуоресценции. Методы определения вращательной и латеральной диффузии молекул. Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения полипептидов белков. Параметры спектров ЯМР: интенсивность, полуширина, химический сдвиг. Отнесение сигналов в спектре ЯМР белка к определенным аминокислотным остаткам полипептидной цепи. Связь параметров спектра ЯМР с физическими характеристиками молекул. ЯМР-спектроскопия биологических систем.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  - ЯМР-спектры белков. Спектры ЯМР нуклеиновых кислот. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры

спектров ЭПР: интенсивность, полуширина. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлсодержащих белков. Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности. Метод спиновых ловушек: основные принципы и практическое использование. Применение метода ЭПР в медико-биологических исследованиях. Магнитная резонансная томография: физические основы. Использование метода МРТ в биологии и медицине. Другие виды томографии: КТ, ПЭТ, ангиография. Взаимодействие биомакромолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания. Кооперативное связывание кислорода гемоглобином. Кривая оксигенации. Анализ равновесия связывания кислорода. Константа Хилла и энергия взаимодействия гем-гем. Эффект Бора. Взаимодействие двуокиси углерода с гемоглобином. Связь между структурой и механизмом функционирования гемоглобина. Конформационное равновесие в полипептидах и белках: переход спираль-клубок. Конформационная стабильность и конформационные изменения. Термодинамическое описание перехода. Анализ конформационного равновесия простых линейных цепей с помощью статистических сумм. Методы и правила нахождения статистической суммы. Модель перехода спираль-клубок типа "застежка-молния". Описание перехода спираль-клубок и сравнение с экспериментальными данными.

Конформационное равновесие в полипептидах и белках: равновесное сворачивание–разворачивание. Исследования процесса сворачивания белков. Процесс денатурации белков. Клеточные механизмы контроля за укладкой полипептидной цепи во вновь синтезируемых белках. Участие белков теплового шока (шаперонов) в репарации структуры денатурированных белков. Механизмы удаления поврежденных белков; протеосомы, их строение и пути активации. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние рН на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания. Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика. Теория Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка. Физическая теория структурной организации белка. Ближние, средние, дальние внутримолекулярные невалентные взаимодействия. Количественная оценка энергии всех видов взаимодействий белка. Фрагментарный метод теоретического конформационного анализа пептидов и белков. Расчет трехмерной структуры бычьего

панкреатического трипсинового ингибитора.

**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, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5, ОПК-6.ИД1, ОПК-6.ИД2	Тема 1. Биофизика клеточных процессов	Транспорт веществ в биомембранах и биоэлектрогенез 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-

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. Активный транспорт. 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. Трансформация энергии в биомембранах. Перенос электронов и трансформация энергии 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 структура актина и миозиновой головки.

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

## Раздел 2. Биофизика органов и тканей

1	<p>ОПК-6.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5, ОПК-6.ИД2</p>	<p>Тема 1. Биофизика органов и тканей</p>	<p>Биофизические основы генеза биопотенциалов органов. Типы электрической активности клеток. Электропроводность тканей и органов.</p> <p>Общие характеристики биопотенциалов и их источников в органах и тканях. Потенциал токового униполя в неограниченной среде.</p> <p>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.</p>
---	--	---	---

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. Фемнологические 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-1.ИД1, ПК-5.ИД1, ПК-5.ИД2, ПК-5.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5, ОПК-6.ИД1, ОПК-6.ИД2	Тема 1. Биофизика патологических процессов	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 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 c 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  $\text{Ca}^{2+}$  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

		<p>липидов при гипоксии и реоксигенации. Феномен активации ПОЛ при гипоксии и реперфузии и её причины. Активация ксантинооксидазной 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.</p>
--	--	--

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

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование темы	Содержание темы
<b>Раздел 1. Экспериментальные методы исследования биологических молекул</b>			
1	УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2	Тема 1. Масс-спектрометрия	<p>Масса и заряд. Ионы в электрическом и магнитных полях. Методы ионизации. Масс-спектрометры. Разрешение и точность определения массы. Структурно-функциональные исследования. Определение структуры и функции белков. Определение массы белков. Изучение процессов сворачивания. Секвенирование белков. Вычисление аминокислотной последовательности белка. Идентификация белков в двумерном электрофорезе. Роль масс-спектрометрии в функциональной протеомике. Исследование нуклеиновых кислот с помощью масс-спектрометрии. Анализ смеси олигонуклеотидов. Секвенирование ДНК. Масс-спектрометрия углеводов. Изучение субклеточных комплексов и органелл. Масс-спектрометрическая визуализация изображений клеток и тканей.</p>

2	ОПК-6.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД1 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2	Тема 2. Рентгеновская и нейтронная дифракция	Макромолекулы как рассеивающие излучение частицы. Рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов. Рассеяние одиночным атомом. Вектор рассеяния и пространственное разрешение. Рассеяние ансамблем атомов. Методика рентгеновской и нейтронной дифракции. Малоугловое рассеяние. Макромолекулярная рентгеновская кристаллография и нейтронография. Рост кристаллов. Общие принципы перехода макромолекулы из раствора в кристаллическую форму. Методы кристаллизации. Крепление кристалла. Гониометр. Мечение тяжёлыми атомами. Обратная кристаллическая решётка, сфера Эвальда и структурные факторы. Закон Брэгга. Симметрия пространственной группы. Решётки Бравэ. Электронная плотность. Переход от данных по интенсивности к амплитудам структурного фактора. Определение модели, соответствующей экспериментальным данным. Переход от экспериментальных данных к распределению электронной плотности. Начальная оценка фазы. Молекулярное замещение. Однократное и многократное изоморфное замещение. Доводка и уточнение фаз. Окончательная оценка структуры. Кинетическая кристаллография. Нейтронная кристаллография.
---	---	--	---

3	УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2	Тема 3. Электронная дифракция	<p>Волновые свойства электронов.</p> <p>Взаимодействие электронов с веществом.</p> <p>Электронная микроскопия. Принципиальная схема электронного микроскопа. Принципы получения изображений в электронной микроскопии. Типы электронных микроскопов. Просвечивающие и сканирующие микроскопы. Приготовление образцов для электронной микроскопии.</p> <p>Контрастирование образцов.</p> <p>Криомикроскопия. Быстрое замораживание образцов. Трёхмерная реконструкция в электронной микроскопии.</p>
---	---	----------------------------------	---

4	УК-1.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2	Тема 4. Микроскопия	Классическая световая микроскопия в рамках геометрической оптики. Стандартный световой микроскоп. Ди-фракционное ограничение разрешающей способности. Проблема контраста. Микроскопия темного поля. Фазово-контрастная микроскопия. Поляризационный микроскоп. Субволновое разрешение в рамках геометрической оптики. Конфокальная микроскопия. Трёхмерное изображение и разрешение. Безлинзовая микроскопия. Сканирующая микроскопия ближнего поля. Микроскопия силового поля. Основные принципы атомно-силовой микроскопии (АСМ). Визуализация биологических структур методом АСМ. Изучение подвижности биологических систем методом АСМ. Флуоресцентная микроскопия. Классическая флуоресцентная микроскопия. Стандартный флуоресцентный микроскоп. Двух- и трёхфотонное возбуждение. Микроскопия в затухающих полях (с полным внутренним отражением). Флуоресцентная микроскопия вне дифракционного барьера. 4Pi—конфокальная микроскопия. Двухимпульсная стимулированная микроскопия. Флуоресцентная микроскопия в стоячих волнах. Флуоресцентно-резонансный перенос энергии. Природные флуоресцирующие белки. Изучение жизни клетки в реальном времени.
---	---	---------------------	---

5	УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2 , ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1	Тема 5. Детектирование одиночных молекул	Флуоресцентная спектроскопия одиночных молекул. Детектирование одиночных молекул в твёрдой фазе. Детектирование одиночных молекул в конденсированной фазе. Оптическое детектирование одиночных молекул на поверхности. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Конфокальная микроскопия дальнего поля. Широкопольная эпиллюминация. Флуоресценция в затухающем поле. Комбинация оптической и атомно-силовой микроскопии. Сканирующая раман-спектроскопия ближнего поля.
6	УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2	Тема 6. Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях спектра	Спектрофотометры и спектрометры. Одноволновая и двухволновая схема измерения. Обычные и дифференциальные спектры. Спектры поглощения белков и нуклеиновых кислот.
7	УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2	Тема 7. Абсорбционная спектроскопия в инфракрасной области	Дисперсионные спектрометры ближнего инфракрасного (ИК) диапазона. Спектрометры среднего и дальнего диапазона с Фурье преобразованием. Колебания молекул. Активные и неактивные моды. Амидные полосы полипептидов и белков. Определение вторичной структуры белка. Использование ИК-спектроскопии для определения конформации ДНК. Инфракрасная дифференциальная спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия, разрешённая во времени. Двумерная ИК-спектроскопия. Определение третичной структуры пептидов.

8	ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2 , ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1	Тема 8. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР)	Классическая (рамановская) спектроскопия КР. Рамановские спектрометры. Определение вторичной структуры молекул из спектров КР. Конформационная динамика белков в растворе. Использование для определения конформации ДНК. Резонансная спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия КР на поверхности (гигантское КР). Рамановская оптическая активность. Дифференциальная спектроскопия КР.
9	ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2	Тема 9. Методы измерения оптической активности	Круговой дихроизм (КД), эллиптичность, дисперсия оптического вращения (ДОВ). Спектрометры КД. Использование КД для определения вторичной структуры белков.
10	ОПК-6.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД1 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2	Тема 10. Люминесцентная спектроскопия	Флуоресцентная спектроскопия. Спектры возбуждения. Спектры флуоресценции и фосфоресценции. Аппаратура для флуоресцентной спектроскопии. Качественный и количественный флуорометрический анализ. Измерение времён затухания флуоресценции. Импульсные измерения времён затухания. Фазовые и модуляционные измерения времён затухания флуоресценции. Анализ кривых затухания флуоресценции. Поляризация флуоресценции. Определение поляризации и анизотропии. Спектры поляризации флуорофоров. Деполяризация флуоресценции. Измерение анизотропии флуоресценции. Влияние вращательной диффузии на анизотропию флуоресценции. Уравнение

Перрена. Применения измерений анизотропии в биохимии. Оценка микровязкости клеточных мембран. Вращательная диффузия белков. Реакции ассоциации. Денатурация ДНК. Кинетика затухания анизотропии флуоресценции. Несимметричные флуорофоры. Флуорофоры с затруднённым вращением. Использование измерений кинетики затухания анизотропии в биохимии. Влияние растворителей на спектры флуоресценции. Стоксовы сдвиги и релаксация растворителя. Общее влияние растворителей на спектры флуоресценции. Уравнение Липперта. Практическое применение влияния растворителей в биохимических исследованиях. Локализация связанных с мембранами флуорофоров. Локализация связанных с белками флуорофоров. Механизмы и динамика процессов релаксации растворителей. Влияние релаксации растворителя на спектры испускания флуоресценции. Изучение релаксации растворителя фазово-модуляционными методами. Анализ спектральной релаксации в модельных мембранах и белках. Тушение флуоресценции. Тушители флуоресценции. Теория динамического тушения. Уравнение Штерна-Фольмера. Статическое и динамическое тушение. Сфера тушения. Применение тушения флуоресценции в биохимии. Проникновение заряженных и нейтральных тушителей в белки. Применение тушения для выявления локализации мембрано-связанных флуорофоров. Перенос энергии. Теория переноса энергии для донорно-акцепторных пар. Измерение расстояния методом переноса энергии. Обнаружение реакций ассоциации макромолекул по переносу энергии.

			<p>Флуоресценция белков. Спектральные свойства ароматических аминокислот. Общая характеристика флуоресценции белков. Факторы, влияющие на спектры испускания белков. Динамика белков, регистрируемая флуоресцентными методами. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия. Анализ флуктуаций биомолекул. Двух-цветная флуоресцентная кросс-корреляционная спектроскопия.</p>
11	<p>ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2</p>	<p>Тема 11. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР)</p>	<p>Ядерный магнитный резонанс. Классическое описание. Квантово-механическое описание. Спектры ЯМР. Влияние окружения на спектры ЯМР. Химические сдвиги. Спин-спиновое взаимодействие. Слабо и сильно взаимодействующие спины. ЯМР-спектроскопия с Фурье-преобразованием. Одноимпульсные эксперименты. Многоимпульсные эксперименты. Измерения времени спин-решёточной релаксации T1 методом инверсии-восстановления. Измерение времени спин-спиновой релаксации T2 методом спинового эха. Спиновое эхо в градиенте импульсного поля. Перенос поляризации с одних ядер на другие (методы INEPT и CRYPT). Двух-мерный ЯМР. Корреляционная спектроскопия (COSY). Ядерный эффект Оверхаузера (NOE). Спектроскопия с использованием ядерного эффекта Оверхаузера (NOESY). Многомерный, гомоядерный и гетероядерный ЯМР. Спектроскопия оптимизированной поперечной релаксации (TROSY). Стерически наведённая ориентация молекул в растворе. Остаточные дипольные взаимодействия. Анизотропия химического сдвига (CSA). ЯМР в твёрдой фазе. Методы вычисления трёхмерной структуры молекулы в твёрдом состоянии из ЯМР-данных. Изотопное</p>

			<p>мечение белков и нуклеиновых кислот. Капсулирование белков. Корреляционная спектроскопия в магнитном поле Земли (EFCOSY). Использование ЯМР для вычисления трёхмерной структуры биомолекул. Определение трёхмерной структуры глобулярных белков, мембранных белков, нуклеиновых кислот, углеводов. Изучение белок-белковых взаимодействий. Изучение динамики биомолекул методом ЯМР. Измерение молекулярной релаксации. Анизотропия вращательной диффузии. Поступательная диффузия. Магнитно-резонансная томография. Магнитно-резонансная микроскопия. Магнитно-резонансная силовая микроскопия.</p>
12	<p>ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2</p>	<p>Тема 12. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР)</p>	<p>Принцип метода. История открытия. Механический и магнитный моменты электрона. Эффект Зеемана. Основное уравнение резонанса. Характеристики спектров ЭПР. Амплитуда сигнала. Форма линии. Ширина линии. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Устройство радиоспектрометра ЭПР. Сигналы ЭПР, наблюдаемые в биологических системах. Метод спиновых меток и зондов. Метод спиновых ловушек.</p>
13	<p>УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД1 , ОПК-6.ИД2</p>	<p>Тема 13. Метод гамма-резонансной спектроскопии (ГРС)</p>	<p>Физические основы метода. Эффект Мессбауэра. Изучение внутренних движений в молекулах.</p>
<p><b>Раздел 2. Математические методы в биофизике</b></p>			

1	ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2	Тема 1. Цифровая обработка и анализ сигналов	Сигналы и их графическое отображение. Сигналы и процессы. Детерминированные и случайные сигналы. Аналого-цифровое преобразование. Теорема отсчётов. Линейные системы. Свёртка. Свойства свёртки. Быстрая свёртка. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Применение ДПФ. Свойства преобразования Фурье. Пары Фурье-преобразований. Быстрое преобразование Фурье. Введение в цифровую фильтрацию. Однородные фильтры. Оконные фильтры. Специальные фильтры. Рекурсивные фильтры. Фильтры Чебышева. Сравнительный анализ фильтров. Цифровая обработка звука. Формирование и демонстрация изображений. Линейная обработка изображений. Особые методы обработки изображений. Нейронные сети. Преобразование Лапласа. Z-преобразование.
2	ОПК-6.ИД1 , УК-1.ИД1 , ОПК-1.ИД1 , ПК-5.ИД1 , ПК-5.ИД2 , ПК-5.ИД3 , УК-1.ИД2 , УК-2.ИД1 , УК-2.ИД2 , УК-2.ИД5 , ОПК-6.ИД2	Тема 2. Цифровая обработка и анализ биомедицинских сигналов	Понятие «биомедицинские сигналы». Природа биомедицинских сигналов. Цели анализа биомедицинских сигналов. Трудности, встречающиеся при снятии и анализе биомедицинских сигналов. Компьютерная диагностика. Анализ одновременных, парных и коррелированных процессов. Фильтрация для устранения артефактов. Случайный шум, структурированный шум и физиологические помехи. Стационарные и нестационарные процессы. Фильтрация во временной области. Фильтрация в частотной области. Оптимальная фильтрация: фильтр Винера. Адаптивные фильтры для устранения помех. Обнаружение событий. Обнаружение событий и волн в сигналах. Корреляционный анализ. Методы на основе взаимного спектра. Согласованные фильтры. Гомоморфная фильтрация и комплексный кепстр. Анализ форм волн и их сложности. Морфологический

анализ сигналов. Выделение и анализ огибающей. Анализ активности. Исследование характеристик сигналов и систем в частотной области. Спектр Фурье. Оценка функции спектральной плотности мощности (СПМ). Характеристики, получаемые из функции СПМ. Анализ нестационарных сигналов. Динамические системы. Фиксированная сегментация. Адаптивная сегментация. Использование адаптивных фильтров для сегментации. Классификация образов и диагностические решения. Классификация образов. Обучение системы «с учителем» и «без учителя». Вероятностные модели и статистические решения. Логистический регрессионный анализ. Нейронные сети. Характеристики точности и цены диагностики. Надёжность классификаторов и систем принятия решений. Моделирование процессов и систем, порождающих биомедицинские сигналы. Точечные процессы. Параметрическое моделирование систем. Авторегрессионное и полюсное моделирование. Моделирование с использованием полюсов и нулей. Электромеханические модели генерации сигнала.

#### 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>5 семестр</b>								
<b>Раздел 1. Фотобиофизика</b>								
<b>Тема 1. Фотобиофизика</b>								
1	СЗ	Характеристики электромагнитного излучения. Квантово-механические причины и последствия поглощения света молекулами. Количественные закономерности поглощения света биологическими объектами.	4	Т			1	
2	СЗ	Количественные показатели эффективности поглощения света биологическими объектами. Спектры поглощения биологически значимых молекул. Основные компоненты спектрального оборудования.	4	Т			1	
3	СЗ	Особенности поглощения света в биологических объектах: экранирование в многокомпонентных объектах, влияние светорассеяния и неравномерного распределения вещества.	4	Т			1	

4	ЛПЗ	Лабораторная работа по теме «Биологическая спектрофотометрия».	4	Т				1
5	СЗ	Количественные закономерности фотолюминесценции биологических объектов. Зависимость потока фотолюминесценции биологических объектов от характеристик люминесцирующих соединений. Собственная люминесценция биологически значимых молекул.	4	Т			1	
6	СЗ	Спектры фотолюминесценции и спектры возбуждения фотолюминесценции.	4	Т			1	
7	СЗ	Перенос энергии электронного возбуждения. Уравнение Фёрстера.	4	Т			1	
8	ЛПЗ	Лабораторная работа по теме «Биологическая спектрофлуориметрия».	4	Т				1
9	СЗ	Виды и основные характеристики хемилюминесценции. Хемилюминесценция как метод исследования функции клеток. Влияние активаторов и тушителей на интенсивность хемилюминесценции.	4	Т			1	
10	ЛПЗ	Лабораторная работа по теме «Биохемилюминесценция и биолюминесценция».	4	Т				1

11	СЗ	Фотохимические превращения в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. Кинетика одноударных фотохимических процессов.	4	Т			1	
12	К	Текущий рубежный контроль по теме «Биологическая спектрофотометрия».	4	Р			1	
13	К	Текущий рубежный контроль по теме «Биологическая спектрофлуориметрия».	4	Р			1	
14	К	Текущий рубежный контроль по теме «Биохемилюминесценция и биолюминесценция».	4	Р			1	

## Раздел 2. Молекулярная биофизика

### Тема 1. Молекулярная биофизика

1	ЛЗ	Предмет и методы молекулярной биофизики. Вклад отечественных ученых в развитие молекулярной биофизики.	2	Д	1			
2	ЛЗ	Структура белка. Расчет потенциальной энергии в белках. Потенциал Леннард-Джонса.	2	Д	1			
3	ЛЗ	Белковая кристаллография. Индексы рефлекса. Элементарная ячейка. Выращивание белковых кристаллов.	2	Д	1			
4	ЛЗ	Закон Брегга-Вульфа. Уравнение (ограничение) Лауэ. Вектор рассеяния.	2	Д	1			

5	ЛЗ	Обратное пространство. Структурный фактор. Уравнение электронной плотности. Построение Харкера.	2	Д	1			
6	ЛЗ	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Физические принципы. Медико-биологическое применение. ЯМР и МРТ. Физические принципы. Медико-биологическое и клиническое применение.	2	Д	1			
7	ЛЗ	ЯМР и МРТ. Физические принципы. Медико-биологическое и клиническое применение. Структура воды в растворах.	2	Д	1			
8	ЛЗ	Терагерцовая спектроскопия белков. Физические основы. Применение для оценки структуры белков.	2	Д	1			
<b>6 семестр</b>								
<b>Раздел 1. Биофизика клеточных процессов</b>								
<b>Тема 1. Биофизика клеточных процессов</b>								
1	ЛЗ	Транспорт веществ в биомембранах и биоэлектrogenез.	2	Д	1			
2	ЛЗ	Биофизика активного трансмембранного транспорта. Трансформация энергии в биомембранах.	2	Д	1			
3	СЗ	Практическое занятие по разделу 1.	4	Т			1	
4	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу 1 (1 ч.).	4	Т				1

5	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу 1 (2 ч.).	4	Т				1
6	СЗ	Защита результатов лабораторной работы 1.	4	Т			1	
7	СЗ	Решение задач по разделу 1.	4	Т			1	
8	К	Текущий рубежный контроль по теме "Биофизика клеточных процессов".	4	Р		1		

## Раздел 2. Биофизика органов и тканей

### Тема 1. Биофизика органов и тканей

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.	4	Т			1	
5	СЗ	Транспорт веществ через эпителий органов и тканей.	4	Т			1	
6	СЗ	Фоторецепция. Хеморецепция.	4	Т			1	
7	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу 2 (1 ч.).	4	Т				1
8	ЛПЗ	Лабораторная работа по разделу 2 (2 ч.)	4	Т				1
9	К	Текущий рубежный контроль по разделу "Биофизика органов и тканей".	4	Р		1		

## Раздел 3. Биофизика патологических процессов

### Тема 1. Биофизика патологических процессов

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	ЛЗ	Роль фосфолипаз в повреждении клеток.	2	Д	1			
4	СЗ	Некроз и апоптоз. Антиоксиданты.	4	Т			1	
5	СЗ	Нарушения осмотического равновесия. Явление электрического пробоя мембран. Нарушения молекулярной организации мембран. Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов. Фагоцитоз и воспаление.	4	Т			1	
6	К	Текущий рубежный контроль по разделу "Биофизика патологических процессов".	4	Р			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**

5 семестр

- 1) Форма промежуточной аттестации - Зачет
- 2) Форма организации промежуточной аттестации -Опрос устный

6 семестр

- 1) Форма промежуточной аттестации - Экзамен
- 2) Форма организации промежуточной аттестации -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.

5 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	Проверка лабораторной работы	ЛР	3	42	В	Т	14	9	5
Семинарское занятие	СЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	8	112	В	Т	14	9	5
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	351	В	Р	117	78	39
Сумма баллов за семестр					505					

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	Проверка лабораторной работы	ЛР	4	56	В	Т	14	9	5
Семинарское занятие	СЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	8	112	В	Т	14	9	5
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	351	В	Р	117	78	39

Сумма баллов за семестр	519	
-------------------------	-----	--

**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 5 семестре, обучающийся может быть аттестован по дисциплине без посещения процедуры зачёта, при условии:

Оценка	Рейтинговый балл
Зачтено	296

**Порядок промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине (модулю) в форме экзамена**

По итогам расчета рейтинга по дисциплине в 6 семестре, обучающийся может быть аттестован с оценками «отлично» (при условии достижения не менее 90% баллов из возможных), «хорошо» (при условии достижения не менее 75% баллов из возможных), «удовлетворительно» (при условии достижения не менее 60% баллов из возможных) и сданных на оценку не ниже «удовлетворительно» всех запланированных в текущем семестре рубежных контролей без посещения процедуры экзамена. В случае, если обучающийся не согласен с оценкой, рассчитанной по результатам итогового рейтинга по дисциплине, он обязан пройти промежуточную аттестацию по дисциплине в семестре в форме экзамена в порядке, предусмотренном рабочей программой дисциплины и в сроки, установленные расписанием экзаменов в рамках экзаменационной сессии в текущем семестре. Обучающийся заявляет о своем желании пройти промежуточную аттестацию по дисциплине в форме экзамена не позднее первого дня экзаменационной сессии, сделав соответствующую отметку в личном кабинете по соответствующей дисциплине. В таком случае, рейтинг, рассчитанный по дисциплине не учитывается при процедуре промежуточной аттестации. По итогам аттестации обучающийся может получить любую оценку из используемых в учебном процессе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Рейтинговый балл
Отлично	900
Хорошо	750
Удовлетворительно	600

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

### **5 семестр**

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

1. Характеристики электромагнитного излучения. Квантово-механические причины и последствия поглощения света молекулами.
2. Электронные переходы в атомах и молекулах при поглощении квантов электромагнитного излучения.
3. Количественные закономерности поглощения света биологическими объектами. Вывод закона Бугера-Ламберта-Бера.
4. Количественные показатели эффективности поглощения света биологическими объектами. Взаимосвязь между этими показателями.
5. Спектры поглощения биологически значимых молекул. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.
6. Определение состава многокомпонентных объектов методами спектрофотометрии.
7. Понятие «разрешение спектра». Критерий разрешения полос Релея. Способы увеличения разрешения спектров.
8. Влияние светорассеяния и неравномерного распределения вещества на результаты спектрофотометрического анализа. Методы коррекции спектров.
9. Количественное описание эффекта «сита».
10. Особенности поглощения света в биологических объектах.
11. Специальные методы спектрофотометрии: низкотемпературная, дифференциальная и производная спектрофотометрия.
12. Вывод формулы зависимости потока фотолюминесценции от концентрации люминофора в объекте.
13. Особенности флуориметрического анализа в биологических объектах. Эффекты экранировки, реабсорбции, светорассеивания. Влияние «паразитного» света и комбинационного рассеивания на молекулах воды.

14. Условия выполнения закона Бугера-Ламберта-Бера.
15. Виды и причины ошибок при измерении оптической плотности. Понятия «кюветной» и «приборной» ошибки.
16. Измерение величины светорассеивания в объекте как метод изучения его свойств. Нефелометрический и турбодиметрический анализ.
17. Определение и виды люминесценции. Квантово-механические причины испускания света веществом.
18. Законы фотолюминесценции.
19. Определение понятий «спектр фотолюминесценции» и «спектр возбуждения фотолюминесценции». Качественный флуориметрический анализ.
20. Определение понятий «квантовый выход фотолюминесценции», «истинное время жизни возбужденных состояний», «реальное время жизни возбужденных состояний». Взаимосвязь между этими понятиями.
21. Влияние окружения люминесцирующих молекул на параметры фотолюминесценции. Флуоресцентные зонды и метки.
22. Тушение фотолюминесценции. Типы тушения. Вывод закона Штерна-Фольмера.
23. Миграция энергии электронного возбуждения. Условия возникновения этого явления. Теория Фёрстера. Зависимость эффективности миграции от расстояния между донором и акцептором энергии.
24. Поляризация фотолюминесценции. Квантово-механические причины и количественные характеристики.
25. Понятие «время вращательной релаксации». Способы и причины измерения величины этого показателя.
26. Виды хемилюминесценции биологических систем. Хемилюминесцентный анализ.
27. Определение истинного времени жизни возбужденных молекул, ответственных за хемилюминесценцию, с помощью физических активаторов.
28. Проточная цитофлуориметрия. Принцип метода и его информативность.

29. Влияние размера люминесцирующей полупроводниковой частицы на ее свойства. Понятие «квантовая точка».
30. Характеристика живых объектов как термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики.
31. Превращение энергии в клетке.
32. Понятия «свободная энергия» и «электрохимический потенциал». Взаимосвязь между этими понятиями.
33. Второй закон термодинамики и условия термодинамического равновесия.
34. Энергосопрягающие системы клетки.
35. Пути преобразования энергии в живой клетке.
36. Общая характеристика структуры биополимеров.
37. Виды взаимодействий, стабилизирующих структуру макромолекул.
38. Структура воды и гидрофобные взаимодействия.
39. Роль гидрофобных взаимодействий в формировании структуры белков. Модель Бреслера-Талмуда.
40. Количественное описание связывания лигандов с макромолекулами. Понятия «константа связывания» и «константа диссоциации».
41. Конформационные изменения в молекуле гемоглобина при связывании с кислородом.
42. Гемоглобинопатии как пример молекулярных патологий.

## **6 семестр**

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

1. Характеристики электромагнитного излучения. Квантово-механические причины и последствия поглощения света молекулами.
2. Электронные переходы в атомах и молекулах при поглощении квантов электромагнитного излучения.

3. Количественные закономерности поглощения света биологическими объектами. Вывод закона Бугера-Ламберта-Бера.
4. Количественные показатели эффективности поглощения света биологическими объектами. Взаимосвязь между этими показателями.
5. Спектры поглощения биологически значимых молекул. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.
6. Определение состава многокомпонентных объектов методами спектрофотометрии.
7. Понятие «разрешение спектра». Критерий разрешения полос Релея. Способы увеличения разрешения спектров.
8. Влияние светорассеяния и неравномерного распределения вещества на результаты спектрофотометрического анализа. Методы коррекции спектров.
9. Количественное описание эффекта «сита».
10. Особенности поглощения света в биологических объектах.
11. Специальные методы спектрофотометрии: низкотемпературная, дифференциальная и производная спектрофотометрия.
12. Вывод формулы зависимости потока фотолюминесценции от концентрации люминофора в объекте.
13. Особенности флуориметрического анализа в биологических объектах. Эффекты экранировки, реабсорбции, светорассеивания. Влияние «паразитного» света и комбинационного рассеивания на молекулах воды.
14. Условия выполнения закона Бугера-Ламберта-Бера.
15. Виды и причины ошибок при измерении оптической плотности. Понятия «кюветной» и «приборной» ошибки.
16. Измерение величины светорассеивания в объекте как метод изучения его свойств. Нефелометрический и турбодиметрический анализ.
17. Определение и виды люминесценции. Квантово-механические причины испускания света веществом.
18. Законы фотолюминесценции.

19. Определение понятий «спектр фотолюминесценции» и «спектр возбуждения фотолюминесценции». Качественный флуориметрический анализ.
20. Определение понятий «квантовый выход фотолюминесценции», «истинное время жизни возбужденных состояний», «реальное время жизни возбужденных состояний». Взаимосвязь между этими понятиями.
21. Влияние окружения люминесцирующих молекул на параметры фотолюминесценции. Флуоресцентные зонды и метки.
22. Тушение фотолюминесценции. Типы тушения. Вывод закона Штерна-Фольмера.
23. Миграция энергии электронного возбуждения. Условия возникновения этого явления. Теория Фёрстера. Зависимость эффективности миграции от расстояния между донором и акцептором энергии.
24. Поляризация фотолюминесценции. Квантово-механические причины и количественные характеристики.
25. Понятие «время вращательной релаксации». Способы и причины измерения величины этого показателя.
26. Виды хемилюминесценции биологических систем. Хемилюминесцентный анализ.
27. Определение истинного времени жизни возбужденных молекул, ответственных за хемилюминесценцию, с помощью физических активаторов.
28. Проточная цитофлуориметрия. Принцип метода и его информативность.
29. Влияние размера люминесцирующей полупроводниковой частицы на ее свойства. Понятие «квантовая точка».
30. Характеристика живых объектов как термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики.
31. Превращение энергии в клетке.
32. Понятия «свободная энергия» и «электрохимический потенциал». Взаимосвязь между этими понятиями.
33. Второй закон термодинамики и условия термодинамического равновесия.
34. Энергосопрягающие системы клетки.

35. Пути преобразования энергии в живой клетке.
36. Общая характеристика структуры биополимеров.
37. Виды взаимодействий, стабилизирующих структуру макромолекул.
38. Структура воды и гидрофобные взаимодействия.
39. Роль гидрофобных взаимодействий в формировании структуры белков. Модель Бреслера-Талмуда.
40. Количественное описание связывания лигандов с макромолекулами. Понятия «константа связывания» и «константа диссоциации».
41. Конформационные изменения в молекуле гемоглобина при связывании с кислородом.
42. Гемоглинопатии как пример молекулярных патологий.
43. 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.
44. Виды процессов переноса веществ через мембраны. Поток и плотность потока вещества. Закон диффузии, уравнение Фика, уравнение для диффузии веществ через мембраны.
45. Основное уравнение электродиффузии (уравнение Нернста-Планка). Решение уравнения электродиффузии для мембран в приближении однородного поля.
46. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца.
47. Проницаемость биологических и модельных мембран; методы ее исследования. Коэффициент проницаемости биомембран, его зависимость от растворимости вещества в липидах, коэффициент распределения.
48. Электрические емкость мембран и импеданс. Методы изучения импеданса. Зависимость импеданса от частоты переменного тока.
49. Транспорт веществ через мембраны путем облегченной диффузии. Поры в биомембранах, методы оценки эффективного размера пор. Динамические поры и механизм их формирования.
50. Зависимость проницаемости биомембран для различных веществ от фазового состояния липидов. Транспорт воды. Механизм функционирования водных каналов.
51. Активный транспорт веществ в живой клетке. Молекулярный механизм работы  $K^+$ ,  $Na^+$  - и  $Ca^{+}$ -АТФаз. Опыты Усинга, касающийся измерения ионных потоков через многоклеточные системы.

52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. Электрогенный насос. Потенциалы покоя клеток печени, почек, сердечной, скелетной и гладкой мышц, нервной ткани в норме и патологии.
56. 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.
57. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Воротные токи. Кабельные свойства нервных волокон. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение.
58. Особенности проведения нервного импульса в миелинизированных нервных волокнах. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации.
59. Методы изучения холинорецепторов. Молекулярная организация и механизм действия холинорецептора. Кинетика взаимодействия веществ с холинорецепторами. Физико-химическая модель взаимодействия ацетилхолина и его аналогов с рецептором.
60. Биофизические механизмы действия циклической АМФ, роль ионов кальция в действии цАМФ.
61. Биофизические механизмы функционирования хеморецепторов.
62. Физико-химические характеристики клеточной поверхности, методы их изучения. Клеточные контакты: типы, электрические свойства, механическая прочность. Методы изучения адгезии клеток.
63. Биофизические механизмы агрегационного взаимодействия эритроцитов, активированных тромбоцитов. Механизм нарушения межклеточных взаимодействий в патологии.
64. Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Последствия для клетки повреждения плазматической мембраны, мембран митохондрий, лизосом, ядерной мембраны.

65. 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.
66. Распространение связанных с мембраной фосфолипаз. Фосфолипазы, входящие в состав экзотоксинов. Роль активации фосфолипаз в повреждении клеток при тканевой гипоксии.
67. Трансформация физической структуры и проницаемости мембран в результате действия фосфолипаз.
68. Роль ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Фосфолипазы митохондрий. Роль активации фосфолипаз в повреждении митохондрий при тканевой гипоксии.
69. Биофизические механизмы влияния фармакологических препаратов на активность фосфолипаз. Клеточные механизмы восстановления структуры и функций мембран после действия фосфолипаз.
70. 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.
71. Триггерная роль ионов  $\text{Fe(II)}$ . Основные дифференциальные уравнения, описывающие кинетику реакций перекисного окисления. Основные способы ее упрощения. Условие возникновения и активации перекисного окисления в клетке.
72. 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.
73. 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.
74. Роль свободнорадикальных процессов в канцерогенезе. Свободнорадикальные процессы и тканевая гипоксия.
75. Проблема перекисного окисления при консервировании органов и тканей. Перекисное окисление и старение.
76. Некроз и апоптоз: современные представления о механизмах.

77. Основная классификация свободных радикалов: первичные, вторичные и третичные радикалы. Генерация свободных радикалов в цепях переноса электрона. Роль ионов железа в генерации свободных радикалов.
78. Супероксидный и гидроксильный радикалы, методы их обнаружения. Синглетный кислород и его действие на клеточные структуры.
79. 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.
80. Определение апоптоза. Основные представления о механизмах апоптоза. Современные гипотезы о механизмах апоптоза. Роль цитохрома с в апоптотических реакциях. Способы регуляции апоптотических реакций.
81. 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.
82. Действие фармакологических препаратов (диуретики, сердечные гликозиды, антибиотики) на осмотическое равновесие.
83. Явление электрического пробоя мембран. Методы изучения электрического пробоя. Электрический пробой искусственных (БЛМ, липосомы) и природных мембран (эритроциты, митохондрии) ионным диффузионным потенциалом.
84. 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.
85. 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.
86. Механизм действия холестерина и его роль в развитии атеросклероза.
87. Задачи исследования электрических биопотенциалов органов. Электрограммы и пространственное распределение потенциала как основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов.
88. Пассивные электрические свойства тканей и органов. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов.

89. Электрический импеданс тканей, его частотная зависимость. Клетки как токовые источники электричества. Механизм формирования клеточных источников электричества при локальной электрической активности.
90. Описание потенциалов, создаваемых клеточными источниками, на основе потенциала отдельного токового полюса и потенциала токового двухполюсного генератора в объемной электропроводящей среде.
91. 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.
92. Электрический вектор сердца. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы, методы их измерения. Виды электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Статистические характеристики ЭЭГ.
93. Расчет спектра мощности ЭЭГ в рамках интегрального преобразования Фурье и вейвлет-анализа.
94. 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.
95. Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях.
96. Упругие и пластические деформации тканей и органов; силы, противодействующие деформации. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Напряжение сдвига и скорость сдвига в жидкостях.
97. 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.
98. Вязко-упругие свойства синовиальной жидкости, дермонаполнителей (дермофиллеров).
99. Динамическая деформация тканей, динамический модуль упругости. Механические свойства мышц и костей.
100. Упругие свойства оболочек полых органов. Уравнение Лапласа для статического состояния тонких упругих оболочек.
101. Статическое состояние упругого кровеносного сосуда, уравнение Ламе. Уравнение деформации кровеносного сосуда при изменении давления крови. Механические свойства крови.
102. Неньютоновское течение крови при низких скоростях сдвига, уравнение Кессона и уравнение Захарченко. Молекулярно-клеточный механизм неньютоновских свойств крови, роль агрегации (межклеточных взаимодействий) эритроцитов.

103. Оптические и электрические методы исследования межклеточных взаимодействий и агрегатного состояния крови.
104. Механические явления в легких. Диаграммы растяжения легких в условиях заполнения средами с разным поверхностным натяжением.
105. Вклад поверхностного натяжения в альвеолах и упругих сил альвеолярной ткани в работу выдоха. Статическое механическое состояние альвеолы, уравнение Лапласа.
106. Роль сурфактанта в изменении поверхностного натяжения в альвеолах. Значение поверхностных явлений при отеке легких.
107. 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.
108. Гидравлическое (гемодинамическое) сопротивление, гидродинамическая емкость и гидродинамическая индуктивность сосуда с кровью.
109. Механизм генерации и распространения пульсовой волны. Формулы фазовой скорости распространения пульсовой волны, их вывод с помощью анализа размерности.
110. Определение упругих свойств сосудов путем измерения скорости пульсовой волны.
111. Гемодинамические процессы в системе микроциркуляции, резистивный (вязкостный) характер сопротивления мелких сосудов. Общее сопротивление системы сосудов, соединенных последовательно или параллельно. Формула гемодинамического периферического сопротивления.
112. 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.
113. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности. Вариации электрического импеданса тканей в результате изменения кровенаполнения их сосудов.
114. Метод импедансной реографии для определения систолического выброса крови; электродные системы, применяемые в импедансной реографии.
115. Кардиогенное смещение тела. Баллистокардиограммы. Определение систолического выброса крови по данным измерения низкочастотной баллистокардиограммы.
116. 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.

117. Генерации силы поперечными мостиками. Сила на конце мышечного волокна и его скорость укорочения, выраженные через параметры саркомера.
118. Генерация звука при сокращении мышцы.
119. 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.
120. Трансэпителиальный транспорт воды в кишечнике и нефронах. Механизм осмотического концентрирования мочи в нефронах.
121. Клеточный механизм действия нефротропных диуретических веществ. Кинетика оксигенации крови в альвеолах. Значение скорости диффузии и величины площади дыхательных мембран альвеол в насыщении крови кислородом.
122. Оптическая система глаза. Размеры фоторецепторных клеток (палочек и колбочек), острота зрения и явление дифракции света.
123. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны.. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы.
124. Ретинопатия, роль фотосенсибилизированного свободным полностью-транс-ретиналем окисления мембранных липидов. Природа прозрачности роговицы и хрусталика.
125. Механизм светорассеяния в хрусталике при катаракте. Фотохимические механизмы возникновения катаракты хрусталиков.
126. Особенности молекулярно-клеточной организации обонятельных и вкусовых клеток. Кинетические характеристики взаимодействия пахучих стимулов с хеморецепторами. Трансдукция сигнала в обонятельной и вкусовой рецепторных клетках.
127. 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.
128. Основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов. Клетки как токовые электрические генераторы. Пассивные электрические свойства тканей и органов.
129. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов. Электрический импеданс тканей и его частотная зависимость. Основные виды электрической активности живых клеток.

130. Описание переменной электрической активности клеток и тканей токовым дипольным генератором. Точечный и конечный токовый дипольный генератор, его дипольный момент.
131. Потенциал отдельного полюса токового источника, находящегося в объемной проводящей среде. Потенциал токового двухполюсного источника в объемной среде и его мультипольное разложение.
- 132.
133. Биофизические принципы электроимпедансометрических методов исследования. Технологии электроимпедансных измерений сложных объектов.
134. Мостовой метод измерения электрических свойств биообъектов.
135. Импульсный метод измерения электрических свойств биообъектов.
136. Фазовый метод измерения электрических свойств биообъектов.
137. Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Длительный мониторинг электрокардиограмм в целях диагностики функционального состояния сердца.
138. Миокард как электрический синцитий. Формирование источников тока дипольного типа в миокарде при генерации потенциалов действия миоцитов.
139. Электрические биопотенциалы сердца на поверхности тела; их дипольный характер. Электрический вектор сердца как дипольный момент эквивалентного электрического дипольного источника миокарда.
140. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы и методы их измерения. Мультипольный характер электрических биопотенциалов сердца на небольшом удалении от миокарда. Методы исследования.
141. Клеточный механизм генеза ЭКГ; определение дипольных моментов различных участков миокарда по данным проведения возбуждения и потенциалов действия его клеток.
142. Электрические биопотенциалы головного мозга на поверхности головы. Системы Компьютерный расчет ЭКГ в норме и при патологических состояниях в различных отведениях.
143. отведения ЭЭГ; виды ЭЭГ. Электрическая активность пирамидных нейронов новой коры как источник генеза электроэнцефалограмм.
144. Импульсная и градуальная электрическая активность пирамидных нейронов новой коры. Формирование токовых двухполюсных источников и квадрупольных генераторов в пирамидных нейронах.
145. Общая формула для дисперсии ЭЭГ; коэффициент взаимной попарной корреляции электрической активности нейронов. Биофизические основы регистрации ЭЭГ при различных отведениях.

146. 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.
147. Формулы зависимости дисперсии ЭЭГ при нескоррелированной и скоррелированной электрической активности нейронов; определение их среднего коэффициента корреляции.
148. Особенности электрического поля гиппокампа: пространственная зависимость знака амплитуды его ритмических электрограмм. Формула пространственного распределения потенциала электрического поля гиппокампа с учетом его кривизны.
149. Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях с возвратным торможением. Значение афферентной импульсации в генезе ритмических ЭЭГ.
150. Биофизика ультразвука. Акустический импеданс среды. Взаимодействие ультразвука с тканями. Основные режимы работы. А, В, М, Доплеровские режимы: PWD, CWD, PD, TD, CFM.
151. 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.
152. Ультразвуковые датчики. Принцип работы датчика. Типы датчиков.
153. Артефакты акустического изображения. Помехи и наводки. Мертвая зона. Боковые лепестки. Образование теней. Акустическое псевдоусиление. Реверберации. Латеральные тени. Хвост кометы.
154. 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.
155. Доплеровские и недоплеровские методы визуализации и оценки кровотока. Эхокардиография. Основные ультразвуковые доступы к сердцу. Доплерэхокардиография. Компьютерная ЭхоКГ. Контрастная ЭхоКГ. Клиническая эхокардиография. ЭхоКГ - метод расчета показателей центральной гемодинамики.
156. УЗ диагностика некоторых патологических состояний больного (ИБС, кардиомиопатии, перикардиты). Стресс – ЭхоКГ.
157. Ультразвуковые методы исследования сосудистой системы: доплерография, цветное доплеровское картирование потоков, транскраниальная доплерография, УЗ сканирование.
158. 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.

159. Уравнение Блоха. Принципы построения МР-изображений. МР-томографы. Виды томографии: диффузная спектральная томография, МР перфузия, МР спектроскопия, МР ангиография, функциональная МРТ, МРТ термометрия.
160. Абсолютные и относительные противопоказания для МРТ.
161. 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.
162. Сцинтиграфия. Радиофармацевтические препараты (РФП). Гамма-сцинтиграфия (гамма-томограф). Гамма-камеры. Детекторы. ФЭУ. Коллиматоры. Электроннолучевая трубка. Фотографическая и поляроидная камеры.
163. Бинуклидные исследования. Динамическая сцинтиграфия. Авторадиография. Фотоэмульсия. Радиоавтограф или авторадиограмма. Радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. Три группы пациентов: АД, БД, ВД.

### Экзаменационный билет для проведения экзамена

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)

**Экзаменационный билет № \_\_\_\_\_**

для проведения экзамена по дисциплине Б.1.О.24 Общая и медицинская биофизика  
по программе Специалитета  
по направлению подготовки (специальности) 30.05.01 Медицинская биохимия  
направленность (профиль) Медицинская биохимия

1. 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.
2. 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.

3. Механизм светорассеяния в хрусталике при катаракте. Фотохимические механизмы возникновения катаракты хрусталиков.

Заведующий Батищев Олег Вячеславович  
Кафедра общей и медицинской биофизики МБФ

## **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 изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- тщательно изучить и законспектировать методики проведения экспериментов;
- проработать тестовые задания и ситуационные задачи, которые были рекомендованы для самостоятельного решения.

### **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	Биофизика органов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 'Биофизика', Рощупкин Д. И., Фесенко Е. Е., Новоселов В. И., 2024 - 2025	Биофизика органов и тканей Биофизика патологических процессов	4	
2	Физико-химические основы фотобиологических процессов: учебник для студентов вузов, Владимиров Ю. А., Потапенко А. Я., 2024 - 2025	Фотобиофизика	489	
3	Биофизика: учебник для вузов, Артюхов В. Г., 2024 - 2025	Молекулярная биофизика Биофизика органов и тканей Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика Биофизика патологических процессов	0	<a href="https://www.iprbookshop.ru/110045.html">https://www.iprbookshop.ru/110045.html</a>
4	Физика и биофизика: учебник для студентов медицинских вузов, Антонов В. Ф., 2024 - 2025	Молекулярная биофизика Биофизика органов и тканей Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика Биофизика патологических процессов	7	
5	Биофизика клеточных процессов. Биофизика: [учебник	Биофизика клеточных процессов	30	

	для биологических специальностей вузов], Рубин А. Б., 2024 - 2025			
6	Биофизика клеточных процессов ; Механизмы первичных фотобиологических процессов. Биофизика: [учебник для высших учебных заведений], Рубин А. Б., 2024 - 2025	Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика	18	
7	Биофизика клеточных процессов ; Биофизика мембранных процессов. Биофизика: [учебник для высших учебных заведений], Рубин А. Б., 2024 - 2025	Биофизика клеточных процессов	18	
8	Медицинская биофизика: [учебник для технических университетов и медицинских вузов], Самойлов В. О., 2024 - 2025	Молекулярная биофизика Биофизика органов и тканей Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика Биофизика патологических процессов	1	
9	Общая биофизика, Волькенштейн М. В., 2024 - 2025	Молекулярная биофизика Биофизика органов и тканей Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика Биофизика патологических процессов	6	
10	Биофизика, Владимиров Ю. А., 2024 - 2025	Молекулярная биофизика Биофизика органов и тканей Биофизика клеточных процессов Фотобиофизика Биофизика патологических процессов	5	

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

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

## **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 , Компьютер персональный , 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	Весы лабораторные , Спектрофотометр , Дистиллятор , Центрифуга , Холодильник
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
Экзамен	Экзамен	Э
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