

**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.18 Медицинская биофизика**  
**для образовательной программы высшего образования - программы специалитета**  
**по специальности**  
**30.05.02 Медицинская биофизика**  
**направленность (профиль)**  
**Медицинская биофизика**  
**Год начала подготовки - 2024**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.18 Медицинская биофизика (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика.

Направленность (профиль): Медицинская биофизика.

Форма обучения: очная.

Составители:

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

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

| № п/п | Фамилия, Имя, Отчество  | Учёная степень, звание | Должность | Место работы                                                                |
|-------|-------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 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 на заседании кафедры

«Кафедра общей и медицинской биофизики МБФ»  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**Зав. кафедрой**

Батищев Олег Вячеславович  
Доктор физико-математических наук, Доцент

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом

« \_\_\_\_\_ »  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ № \_\_\_\_\_

**Директор Института**

Прохорчук Егор Борисович  
Доктор биологических наук,  
Член-корреспондент  
Российской академии наук

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 30.05.02 Медицинская биофизика, утвержденный приказом от «29» мая 2020г. № 365 рук.
2. Устав и локальные нормативные акты Университета.
3. Общая характеристика образовательной программы.
4. Учебный план образовательной программы.

© 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: овладение знаниями в области биофизических основ функционирования клеток, органов и тканей организма человека в норме и о сдвигах в этих показателях при патологических состояниях. Обучающиеся должны также овладеть принципами методов диагностики патологических состояний, основанных на исследовании биофизических характеристик клеток, органов и тканей организма человека.

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Обучение студентов важнейшим методам биофизического исследования; позволяющим проводить раннюю диагностику патологических состояний на молекулярно-клеточном уровне.
- Обучение студентов навыкам обработки результатов биофизических измерений.
- Обучение студентов навыкам работы на современном исследовательском и диагностическом биофизическом оборудовании.
- Приобретение студентами знаний по общей биофизике, включая те принципы, которые лежат в основе функционирования клеток, органов и тканей организма человека.

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

Дисциплина «Медицинская биофизика» изучается в 7, 8, 9, 10 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 16.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины и практики: Общая биофизика; Высшая математика; Введение в специальность; Органическая химия; Механика, электричество; Оптика, атомная физика; Теория вероятности и математическая статистика; Физиология; Физическая химия; Иностранный язык.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Иммунология; Молекулярная фармакология; Лучевая диагностика; Общая и медицинская радиобиология, радиационная гигиена.

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

### 1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

#### 7 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                         | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                 |
| <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>ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии                                                   | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии                                                                                       | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |
| ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии                                                                                       | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                   |
| <b>ПК-7 Способен решать исследовательские задачи в рамках реализации научного проекта как самостоятельно, так и под руководством более квалифицированного работника</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-7.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.                                           | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-7.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.                                                           | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                           | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                                                                  |
| ПК-7.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                                                                                | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений 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.                                                                                                              |
| УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |
| УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |

## 8 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                               |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                         | Планируемые результаты освоения дисциплины |
| <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> |                                            |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                    | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                 |
| 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>ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии              | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |
| ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                   |
| <b>ПК-7 Способен решать исследовательские задачи в рамках реализации научного проекта как самостоятельно, так и под руководством более квалифицированного работника</b> |                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-7.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.      | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-7.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты в рамках в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.             | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |
| ПК-7.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                                                         | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                   |
| <b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>                                  |                                                                                                                                                                                                                            |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                           | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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.                                                                                                              |
| УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |
| УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |

## 9 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                         | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                               |
| <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>ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                          |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                    | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                |
| ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии              | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                          |
| ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                      |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                      |
| ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                  |
| <b>ПК-7 Способен решать исследовательские задачи в рамках реализации научного проекта как самостоятельно, так и под руководством более квалифицированного работника</b> |                                                                                                                                                                                                                           |
| ПК-7.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.      | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                          |
| ПК-7.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.                      | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                      |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                      |
| ПК-7.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                                                         | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                  |
| <b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>                                  |                                                                                                                                                                                                                           |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                           | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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.                                                                                                              |
| УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |
| УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |

## 10 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                         | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                               |
| <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>ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                          |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                    | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                 |
| ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии              | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |
| ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии                                                  | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                   |
| <b>ПК-7 Способен решать исследовательские задачи в рамках реализации научного проекта как самостоятельно, так и под руководством более квалифицированного работника</b> |                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-7.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.      | <b>Знать:</b> основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля, методы планирования, формулирования и решения научно-исследовательских задач в области биологии и медицины.                 |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> активно применять основные фундаментальные и частные закономерности медико-биологического профиля для формулирования, планирования и решения исследовательских научных задачи в области биологии и медицины. |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> формулирования, планирования и решения исследовательских научных задач в области биологии и медицины.                                                           |
| ПК-7.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты в рамках в рамках реализации научного проекта под руководством более квалифицированного работника.             | <b>Знать:</b> основные естественнонаучные законы, используемые при реализации проекта и возможные методы решения поставленных задач.                                                                                       |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> квалифицированно осуществлять практическую экспериментальную деятельность.                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> в области оценки качества экспериментальной работы, выявления артефактов и их устранения.                                                                       |
| ПК-7.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                                                         | <b>Знать:</b> методы анализа результатов научно-исследовательской работы.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                         | <b>Уметь:</b> критически сопоставлять и анализировать полученные и предсуществующие данные.                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                         | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа и оценки научной информации, формулировки выводов по итогам исследований, наблюдений и экспериментов.                                                   |
| <b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>                                  |                                                                                                                                                                                                                            |

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                           | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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.                                                                                                              |
| УК-2.ИД2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |
| УК-2.ИД5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта | <b>Знать:</b> методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> выбирать наиболее эффективные и информативные методы и способы достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками эффективной реализации методов и способов достижения цели и решения поставленных задач.                                                                                                                 |

## 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 |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------|------|------|------|
|                                                                                       |                                        |             | 7                                | 8    | 9    | 10   |
| Учебные занятия                                                                       |                                        |             |                                  |      |      |      |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:              |                                        | 302         | 62                               | 79   | 79   | 82   |
| Семинарское занятие (СЗ)                                                              |                                        | 77          | 14                               | 18   | 21   | 24   |
| Лекционное занятие (ЛЗ)                                                               |                                        | 70          | 16                               | 18   | 18   | 18   |
| Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)                                                |                                        | 144         | 30                               | 40   | 37   | 37   |
| Коллоквиум (К)                                                                        |                                        | 11          | 2                                | 3    | 3    | 3    |
| Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:                          |                                        | 230         | 44                               | 62   | 62   | 62   |
| Подготовка к учебным аудиторным занятиям                                              |                                        | 230         | 44                               | 62   | 62   | 62   |
| Промежуточная аттестация:                                                             |                                        |             |                                  |      |      |      |
| Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:         |                                        | 17          | 2                                | 3    | 3    | 9    |
| Зачет (З)*                                                                            |                                        | 8           | 2                                | 3    | 3    | 0    |
| Экзамен (Э)**                                                                         |                                        | 9           | 0                                | 0    | 0    | 9    |
| Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)** |                                        | 27          | 0                                | 0    | 0    | 27   |
| Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)                                                   | в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА       | 576         | 108                              | 144  | 144  | 180  |
|                                                                                       | в зачетных единицах: ОТД (в часах): 36 | 16.00       | 3.00                             | 4.00 | 4.00 | 5.00 |

\* Время для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта выделяется в рамках контактной работы (ДВЗ) Проведение промежуточной аттестации в форме зачёта организуется в соответствии с расписанием занятий.

\*\* Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине в форме экзамена организуется в рамках экзаменационной сессии согласно расписанию экзаменов. Время на подготовку к экзамену и его прохождение устанавливается учебным планом образовательной программы.

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

##### 7 семестр

| № п /п                            | Шифр компетенции                                                                                                        | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Биофизика клетки</b> |                                                                                                                         |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1                                 | ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, ПК-7.ИД1, ПК-7.ИД2, ПК-7.ИД3, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5 | Тема 1. Биофизика клетки              | <p>История изучения и современные представления о строении биологических мембран. Функции мембран. Снижение размерности диффузии в мембранных структурах. Монослой как модель биологической мембраны. БЛМ как модель биологической мембраны. Липосомы как модель биологической мембраны. Использование липосом в медицине. Виды подвижности компонентов мембраны и методы их изучения. Флип-флоп фосфолипидов, его значение и метод измерения скорости флип-флопа. Латеральная диффузия компонентов мембраны и её регуляция в клетке. Подвижность и конформация жирнокислотных цепей в мембранах. Кинки, их функциональная роль. Фазовые переходы липидов в мембранах. Влияние холестерина на фазовые переходы. Клетка как термодинамическая система. Введение: термодинамика в биологии, основные понятия и термины. Виды термодинамических систем. Макропараметры термодинамической системы. Термодинамические состояния: равновесное состояние и стационарное состояние, неравновесное состояние. Явление переноса: условие возникновения переноса. Движущая сила переноса (градиент). Клетка как неравновесная термодинамическая система. Градиент электрохимического потенциала как причина и количественная характеристика явления переноса вещества (диффузии, пассивного транспорта). Основные количественные характеристики трансмембранного переноса вещества (поток и плотность потока). Профиль свободной энергии диффундирующих через мембрану молекул (и ионов). Молекулярные механизмы диффузии. Простая диффузия. Облегченная диффузия. Перенос воды как пример легкой диффузии. Коэффициент проницаемости биомембран, его зависимость от растворимости вещества в липидах, коэффициент распределения. Активный транспорт ионов и небольших молекул. Первичный активный транспорт (определение). Ионные насосы: <math>\text{Na}^+</math> – помпа, <math>\text{H}^+</math> – АТФ-аза. Протонная помпа. Вторичный (сопряженный) активный транспорт (Определение). Примеры сопряжения. Хемиосмотическая теория окислительного фосфорилирования в митохондриях: основные постулаты Митчела и их экспериментальные доказательства. Трансформация энергии в биомембранах. Роль мембранных биопотенциалов. Редокс-цепь и протонная АТФ-аза как основные генераторы мембранного потенциала митохондрий. Диффузия в сплошной среде. Постулаты классической электродиффузионной теории и их обоснование применения к мембране. Вывод основного уравнения диффузии в сплошной среде. Анализ основного уравнения диффузии: Первый закон Фика. Связь потока и проницаемости (второй закон Фика). Уравнение электрофореза. Влияние перемешиваемых слоев окружающей среды на диффузию. Относительный вклад мембраны и перемешиваемой среды в общее сопротивление потоку. Вывод и анализ уравнения потока в приближении постоянного поля. Электрические потенциалы клеточных мембран. Профиль электрического потенциала в приближении Гольдмана. Вывод и анализ уравнения потока в приближении постоянного поля (в приближении Гольдмана). Соотношение Уссинга – Теорелла. Проницаемость и электрическая проводимость мембраны. Вольт–амперные характеристики мембраны. Биофизика ионных каналов. Теория. Факты, не нашедшие объяснения с позиций классической электродиффузионной теории, и их причины, побудившие к созданию теории дискретного движения ионов в канале. Основные физические постулаты теории дискретного движения ионов. Ионный поток в 3-х барьерном канале (канале с двумя местами связывания). Вольт-амперные характеристики канала с двумя местами связывания в зависимости от его структуры. Насыщение и блокирование ионного тока в канале с двумя местами связывания. Изучение электрической активности одиночных ионных каналов.</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | <p>Методы обнаружения одиночных ионных каналов: Метод БЛМ. Patch clamp клеточных мембран. Получаемая информация Проводимость ионного канала. Кинетика работы ионного канала. В-а характеристика канала. Вывод формулы для расчёта радиуса канала. Типы структур ионных каналов. Белковые каналы. Строение и механизм функционирования водного канала. Строение и механизм функционирования канала, формируемого грамицидином А. Липидные поры при фазовом переходе мембранных фосфолипидов, их отличительные особенности от каналов. Каналы смешанного типа. Строение и функционирование каналов, образуемых полиеновыми антибиотиками. Использование каналов в современных био–и медицинских технологиях.</p> <p>Биоэлетрогенез клеток. Методы измерения электрических потенциалов. Устройство микроэлектрода. Простое ионное равновесие Нернста–Доннана (определение). Условия возникновения равновесия. Вывод потенциала Нернста – Доннана. Анализ потенциала Нернста–Доннана. Область применимости. Затраты ионов на создание равновесного мембранного потенциала. Равновесие Гиббса-Доннана (Условия возникновения). Вывод уравнения потенциал Доннана. Межфазный потенциал. Условия возникновения. Вывод уравнения межфазного потенциала. Формирование двойного электрического слоя. Длина экранирования в гидрофобной и гидрофильной фазах. Стационарные электрические потенциалы на мембране покоящейся клетки. Определение стационарного электрического потенциала. Условие стационарности Ходжкина–Катца. Использование уравнение потока в приближении Гольдмана для вывода мембранного потенциала при условии его стационарности. Анализ уравнения стационарного мембранного потенциала Гольдмана-Ходжкина- Катца (ГХК). Относительные коэффициенты ионной проницаемости мембраны. Запись уравнения потенциала ГХК с использованием относительных коэффициентов ионной проницаемости для ионов, участвующих в формировании уравнения ГХК. Основное ограничение в использовании уравнения ГХК. Условия приближения потенциала ГХК к равновесному мембранному потенциалу Нернста-Доннана. Эквивалентная электрическая схема мембраны. Вывод мембранного потенциала с использованием эквивалентной электрической схемы мембраны. Вывод мембранного потенциала в присутствии электрогенного насоса. Изучение трансэпителиального потенциала кожи лягушки с использованием камеры Уссинга. Вывод формулы для расчёта трансэпителиального электрического потенциала кожи лягушки при работе натрий-калиевого насоса. Модель электрогенного насоса с утечкой (расчёт мембранного потенциала в присутствии электрогенного насоса с использованием эквивалентной электрической схемы). 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. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Воронные токи. Кабельные свойства нервных волокон. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение. Особенности проведения нервного импульса в миелинизированных нервных волокнах. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации. Генерация клетками электрических импульсов. Биофизический механизм генерации потенциала действия. Метод фиксации напряжения на мембране. Опыты Ходжкина-Хаксли, доказавшие ионную природу потенциала действия. Количественная реконструкция потенциала действия. Уравнения Ходжкина–Хаксли для расчёта электрической проводимости мембраны для ионов натрия и калия в ходе формирования потенциала действия. Воронные токи. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Кабельные свойства нервных волокон. Аксон – кабель с плохими кабельными свойствами, почему? Аксон–кабель с усилением, почему Механизм проведения нервного импульсу по демиелинизированному. Особенности проведения нервного импульсу по демиелинизированному. миелинизированному волокну. Физико-химические факторы, обеспечивающие успешное проведение потенциала действия по волокну без искажения его амплитуды и формы к месту назначения даже при</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | длительном возбуждении мембраны. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации. Эквивалентная электрическая схема кабеля. Вывод формулы константы длины волокна. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение. Физико-химические характеристики клеточной поверхности, методы их изучения. Клеточные контакты: типы, электрические свойства, механическая прочность. Методы изучения адгезии клеток. Биофизические механизмы агрегационного взаимодействия эритроцитов, активированных тромбоцитов. Механизм нарушения межклеточных взаимодействий в патологии. |

## 8 семестр

| № п /п                            | Шифр компетенции                                                                                                        | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Биофизика клетки</b> |                                                                                                                         |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                                 | ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, ПК-7.ИД1, ПК-7.ИД2, ПК-7.ИД3, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5 | Тема 1. Биофизика клетки              | История изучения и современные представления о строении биологических мембран. Функции мембран. Снижение размерности диффузии в мембранных структурах. Монослой как модель биологической мембраны. БЛМ как модель биологической мембраны. Липосомы как модель биологической мембраны. Использование липосом в медицине. Виды подвижности компонентов мембраны и методы их изучения. Флип-флоп фосфолипидов, его значение и метод измерения скорости флип-флопа. Латеральная диффузия компонентов мембраны и её регуляция в клетке. Подвижность и конформация жирнокислотных цепей в мембранах. Кинки, их функциональная роль. Фазовые переходы липидов в мембранах. Влияние холестерина на фазовые переходы. Клетка как термодинамическая система. Введение: термодинамика в биологии, основные понятия и термины. Виды термодинамических систем. Макропараметры термодинамической системы. Термодинамические состояния: равновесное состояние и стационарное состояние, неравновесное состояние. Явление переноса: условие возникновения переноса. Движущая сила переноса (градиент). Клетка как неравновесная термодинамическая система. Градиент электрохимического потенциала как причина и количественная характеристика явления переноса вещества (диффузии, пассивного транспорта). Основные количественные характеристики трансмембранного переноса вещества (поток и плотность потока). Профиль свободной энергии диффундирующих через мембрану молекул (и ионов). Молекулярные механизмы диффузии. Простая диффузия. Облегченная диффузия. Перенос воды как пример легкой диффузии. Коэффициент проницаемости биомембран, его зависимость от растворимости вещества в липидах, коэффициент распределения. Активный транспорт ионов и небольших молекул. Первичный активный транспорт (определение). Ионные насосы: $\text{Na}^+$ – помпа, $\text{H}^+$ – АТФ-аза. Протонная помпа. Вторичный (сопряженный) активный транспорт (Определение). Примеры сопряжения. Хемосмотическая теория окислительного фосфорилирования в митохондриях: основные постулаты Митчела и их экспериментальные доказательства. Трансформация энергии в биомембранах. Роль мембранных биопотенциалов. Редокс-цепь и протонная АТФ-аза как основные генераторы мембранного потенциала митохондрий. Диффузия в сплошной среде. Постулаты классической электродиффузионной теории и их обоснование применения к мембране. Вывод основного уравнения диффузии в сплошной среде. Анализ основного уравнения диффузии: Первый закон Фика. Связь потока и проницаемости (второй закон Фика). Уравнение электрофореза. Влияние перемешиваемых слоёв окружающей среды на диффузию. Относительный вклад мембраны и перемешиваемой среды в общее сопротивление потоку. Вывод и анализ уравнения потока в приближении постоянного поля. Электрические потенциалы клеточных мембран. Профиль электрического потенциала в приближении Гольдмана. Вывод и анализ уравнения потока в приближении постоянного поля (в приближении Гольдмана). Соотношение Уссинга – Теорелла. Проницаемость и электрическая |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | <p>проводимость мембраны. Вольт–амперные характеристики мембраны. Биофизика ионных каналов. Теория. Факты, не нашедшие объяснения с позиций классической электродиффузионной теории, и их причины, побудившие к созданию теории дискретного движения ионов в канале. Основные физические постулаты теории дискретного движения ионов. Ионный поток в 3-х барьерном канале (канале с двумя местами связывания). Вольт-амперные характеристики канала с двумя местами связывания в зависимости от его структуры. Насыщение и блокирование ионного тока в канале с двумя местами связывания. Изучение электрической активности одиночных ионных каналов. Методы обнаружения одиночных ионных каналов: Метод БЛМ. Patch clamp клеточных мембран. Получаемая информация Проводимость ионного канала. Кинетика работы ионного канала. В-а характеристика канала. Вывод формулы для расчёта радиуса канала. Типы структур ионных каналов. Белковые каналы. Строение и механизм функционирования водного канала. Строение и механизм функционирования канала, формируемого грамицидином А. Липидные поры при фазовом переходе мембранных фосфолипидов, их отличительные особенности от каналов. Каналы смешанного типа. Строение и функционирование каналов, образуемых полиеновыми антибиотиками. Использование каналов в современных био–и медицинских технологиях. Биоэлетрогенез клеток. Методы измерения электрических потенциалов. Устройство микроэлектрода. Простое ионное равновесие Нернста–Доннана (определение). Условия возникновения равновесия. Вывод потенциала Нернста – Доннана. Анализ потенциала Нернста–Доннана. Область применимости. Затраты ионов на создание равновесного мембранного потенциала. Равновесие Гиббса-Доннана (Условия возникновения). Вывод уравнения потенциал Доннана. Межфазный потенциал. Условия возникновения. Вывод уравнения межфазного потенциала. Формирование двойного электрического слоя. Длина экранирования в гидрофобной и гидрофильной фазах. Стационарные электрические потенциалы на мембране покоящейся клетки. Определение стационарного электрического потенциала. Условие стационарности Ходжкина–Катца. Использование уравнение потока в приближении Гольдмана для вывода мембранного потенциала при условии его стационарности. Анализ уравнения стационарного мембранного потенциала Гольдмана-Ходжкина- Катца (ГХК). Относительные коэффициенты ионной проницаемости мембраны. Запись уравнения потенциала ГХК с использованием относительных коэффициентов ионной проницаемости для ионов, участвующих в формировании уравнения ГХК. Основное ограничение в использовании уравнения ГХК. Условия приближения потенциала ГХК к равновесному мембранному потенциалу Нернста-Доннана. Эквивалентная электрическая схема мембраны. Вывод мембранного потенциала с использованием эквивалентной электрической схемы мембраны. Вывод мембранного потенциала в присутствии электрогенного насоса. Изучение тнрасэпителиального потенциала кожи лягушки с использованием камеры Уссинга. Вывод формулы для расчёта трансэпителиального электрического потенциала кожи лягушки при работе натрий-калиевого насоса. Модель электрогенного насоса с утечкой (расчёт мембранного потенциала в присутствии электрогенного насоса с использованием эквивалентной электрической схемы). 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. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Воротные токи. Кабельные свойства нервных волокон. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение. Особенности проведения нервного импульса в миелинизированных нервных волокнах. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации. Генерация клетками электрических импульсов. Биофизический механизм генерации потенциала действия. Метод фиксации напряжения на мембране. Опыты Ходжкина-Хаксли, доказавшие ионную природу потенциала действия. Количественная реконструкция потенциала действия. Уравнения Холджкина–Хаксли для</p> |

| № п /п                                          | Шифр компетенции                                                                                                         | Наименование раздела, темы дисциплины  | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 |                                                                                                                          |                                        | <p>расчёта электрической проводимости мембраны для ионов натрия и калия в ходе формирования потенциала действия. Воронные токи. Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Кабельные свойства нервных волокон. Аксон – кабель с плохими кабельными свойствами, почему? Аксон–кабель с усилением, почему Механизм проведения нервного импульса по демиелинизированному. Особенности проведения нервного импульса по демиелинизированному. миелинизированному волокну. Физико-химические факторы, обеспечивающие успешное проведение потенциала действия по волокну без искажения его амплитуды и формы к месту назначения даже при длительном возбуждении мембраны. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации. Эквивалентная электрическая схема кабеля. Вывод формулы константы длины волокна. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение. Физико-химические характеристики клеточной поверхности, методы их изучения. Клеточные контакты: типы, электрические свойства, механическая прочность. Методы изучения адгезии клеток. Биофизические механизмы агрегационного взаимодействия эритроцитов, активированных тромбоцитов. Механизм нарушения межклеточных взаимодействий в патологии.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Раздел 2. Биофизические основы патологии</b> |                                                                                                                          |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1                                               | УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3. ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3, УК-1.ИД2, ПК-7.ИД1, ПК-7.ИД2, ПК-7.ИД3, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5 | Тема 1. Биофизические основы патологии | <p>Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Последствия для клетки повреждения плазматической мембраны, мембран митохондрий, лизосом, ядерной мембраны. Основные физико-химические причины нарушения барьерных свойств мембран: перекисное окисление липидов, ферментативное расщепление липидов и белков, изменение заряда и конформации белков, адсорбция белков, осмотическое растяжение мембран. 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 <math>Ca^{2+}</math>. 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. 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. Триггерная роль ионов <math>Fe(II)</math>. Основные дифференциальные уравнения, описывающие кинетику реакций перекисного окисления. Основные способы ее упрощения. 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. Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов: авитаминозы, недостаток селена в пище, интоксикации, действие ионизирующей радиации, действие УФлучей, воспаление, катаракта и другие глазные болезни, болезни иммунной системы, атеросклероз. Роль свободнорадикальных процессов в канцерогенезе. Свободнорадикальные процессы и тканевая гипоксия. Проблема перекисного окисления при консервировании органов и тканей. Перекисное окисление и старение. Некроз и апоптоз: современные представления о механизмах. Основная классификация свободных радикалов: первичные, вторичные и третичные радикалы. Генерация свободных радикалов в цепях переноса электрона. Роль ионов железа в генерации свободных радикалов. Сверхокисный и гидроксильный</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | <p>радикалы, методы их обнаружения. Синглетный кислород и его действие на клеточные структуры. 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. Определение апоптоза. Основные представления о механизмах апоптоза. Современные гипотезы о механизмах апоптоза. Роль цитохрома с в апоптотических реакциях. Способы регуляции апоптотических реакций. 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. 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. Механизм действия холестерина и его роль в развитии атеросклероза. Строение митохондрий. Электрохимический потенциал митохондрий. Теория Митчелла. Измерение скорости дыхания митохондрий. Повреждение митохондрий при гипоксии.</p> |

## 9 семестр

| № п /п                                      | Шифр компетенции                                                                                                        | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Биофизика органов и тканей</b> |                                                                                                                         |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1                                           | УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, ПК-7.ИД1, ПК-7.ИД2, ПК-7.ИД3, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3 | Тема 1. Биофизика органов и тканей    | <p>Задачи исследования электрических биопотенциалов органов. Электрограммы и пространственное распределение потенциала как основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов. Пассивные электрические свойства тканей и органов. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов. Электрический импеданс тканей, его частотная зависимость. Клетки как токовые источники электричества. Механизм формирования клеточных источников электричества при локальной электрической активности. Описание потенциалов, создаваемых клеточными источниками, на основе потенциала отдельного токового полюса и потенциала токового двухполюсного генератора в объемной электропроводящей среде. 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. Электрический вектор сердца. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы, методы их измерения. Виды электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Статистические характеристики ЭЭГ. Расчет спектра мощности ЭЭГ в рамках интегрального преобразования Фурье и вейвлет-анализа. 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. Генез</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | <p>ритмических ЭЭГ в нейронных сетях. Упругие и пластические деформации тканей и органов; силы, противодействующие деформации. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Напряжение сдвига и скорость сдвига в жидкостях. 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. Вязко-упругие свойства синовиальной жидкости, дермонаполнителей (дермофиллеров). Динамическая деформация тканей, динамический модуль упругости. Механические свойства мышц и костей. Упругие свойства оболочек полых органов. Уравнение Лапласа для статического состояния тонких упругих оболочек. Статическое состояние упругого кровеносного сосуда, уравнение Ламе. Уравнение деформации кровеносного сосуда при изменении давления крови. Механические свойства крови. Неньютоновское течение крови при низких скоростях сдвига, уравнение Кессона и уравнение Захарченко. Молекулярно-клеточный механизм неньютоновских свойств крови, роль агрегации (межклеточных взаимодействий) эритроцитов. Оптические и электрические методы исследования межклеточных взаимодействий и агрегатного состояния крови. Механические явления в легких. Диаграммы растяжения легких в условиях заполнения средами с разным поверхностным натяжением. Вклад поверхностного натяжения в альвеолах и упругих сил альвеолярной ткани в работу выдоха. Статическое механическое состояние альвеолы, уравнение Лапласа. Роль сурфактанта в изменении поверхностного натяжения в альвеолах. Значение поверхностных явлений при отеке легких. 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. Гидравлическое (гемодинамическое) сопротивление, гидродинамическая емкость и гидродинамическая индуктивность сосуда с кровью. Механизм генерации и распространения пульсовой волны. Формулы фазовой скорости распространения пульсовой волны, их вывод с помощью анализа размерности. Определение упругих свойств сосудов путем измерения скорости пульсовой волны. Гемодинамические процессы в системе микроциркуляции, резистивный (вязкостный) характер сопротивления мелких сосудов. Общее сопротивление системы сосудов, соединенных последовательно или параллельно. Формула гемодинамического периферического сопротивления. 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. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности. Вариации электрического импеданса тканей в результате изменения кровенаполнения их сосудов. Метод импедансной реографии для определения систолического выброса крови; электродные системы, применяемые в импедансной реографии. Кардиогенное смещение тела. Баллистокардиограммы. Определение систолического выброса крови по данным измерения низкочастотной баллистокардиограммы. 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. Генерации силы поперечными мостиками. Сила на конце мышечного волокна и его скорость укорочения, выраженные через параметры саркомера. Генерация звука при сокращении мышц. 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. Трансэпителиальный транспорт воды в кишечнике и нефронах. Механизм осмотического концентрирования мочи в нефронах. Клеточный механизм действия нефротропных диуретических веществ. Кинетика оксигенации крови в альвеолах. Значение скорости диффузии и величины площади дыхательных мембран альвеол в</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | насыщении крови кислородом. Оптическая система глаза. Размеры фоторецепторных клеток (палочек и колбочек), острота зрения и явление дифракции света. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Ретинопатия, роль фотосенсибилизированного свободным полностью-транс-ретиналем окисления мембранных липидов. Природа прозрачности роговицы и хрусталика. Механизм светорассеяния в хрусталике при катаракте. Фотохимические механизмы возникновения катаракты хрусталиков. Особенности молекулярно-клеточной организации обонятельных и вкусовых клеток. Кинетические характеристики взаимодействия пахучих стимулов с хеморецепторами. Трансдукция сигнала в обонятельной и вкусовой рецепторных клетках. 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. Звукковые измерения. Аудиометрия. Шумомер. |

## 10 семестр

| № п /п                                                           | Шифр компетенции                                                                                                        | Наименование раздела, темы дисциплины                   | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Биофизические основы функциональной диагностики</b> |                                                                                                                         |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                                                                | ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3, УК-1.ИД1, УК-1.ИД2, ПК-7.ИД1, ПК-7.ИД2, ПК-7.ИД3, УК-2.ИД1, УК-2.ИД2, УК-2.ИД5 | Тема 1. Биофизические основы функциональной диагностики | Токовая природа электрических биопотенциалов органов, регистрируемых за их пределами, генерируемых при импульсной активности клеток. Задачи изучения биопотенциалов органов. Монополярные и биполярные электрограммы органов. Основные свойства и характеристики клеточных источников электричества в организме. Потенциал токового полюса в объемной электропроводящей среде. Потенциал клеточного (дипольного) источника электричества в объемной электропроводящей среде; векторный характер клеточного источника электричества. Тканевые источники электричества в миокарде, определяющие генез биопотенциалов сердца за его пределами. Биофизические основы регистрации электрокардиограмм. Фундаментальное соотношение потенциалов сердца, регистрируемых электродами на конечностях. Формулы для потенциалов терминалей (электрических узлов), используемых при измерении монополярных электрокардиограмм. Электрический потенциал сердца на поверхности тела как алгебраическая сумма потенциалов, создаваемых тканевыми источниками. Дипольная формула потенциалов сердца. Соответствие дипольной формулы биопотенциалов сердца на поверхности тела экспериментальным данным. Электрический вектор сердца. Векторные электрокардиограммы. Электроэнцефалограммы: их типы и ритмы. Расчетные характеристики электроэнцефалограмм: стандартное отклонение как эффективная величина ЭЭГ за определенный период. Амплитудный спектр и спектр мощности ЭЭГ и их использование для анализа гармонических составляющих. Роль градуальной электрической активности пирамидных нейронов новой коры в генезе ЭЭГ. Значение синхронизации импульсной электрической активности пирамидных нейронов. Биомеханические явления. Механическая деформация органов и тканей; силы противодействующие деформации. Особенности деформации мягких тканей. Роль деформации тканей в физиологических процессах (примеры). Описание течения биологических жидкостей в рамках деформации сдвига; равенство скорости сдвига и модуля градиента скорости течения. Напряжение сдвига крови у стенки кровеносного сосуда; ее влияние на механическое состояние сосуда. Механические свойства крови; кажущаяся вязкость крови, ее зависимость от скорости сдвига. Эмпирические уравнения Кессона и Захарченко, количественно описывающие неньютоновское течение крови. Молекулярно- |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | <p>клеточные основы неньютоновского течения крови при низких скоростях сдвига, роль взаимодействия эритроцитов с плазмой крови. Гемодинамические процессы. Виды скорости, используемые при анализе кровотока. Ультразвуковые методы измерения скорости кровотока. Статическое механическое состояние упругого кровеносного сосуда, уравнение Ламе. Упрощенные уравнения деформации кровеносных сосудов при изменении давления крови. Гемодинамические характеристики упругого сосуда с кровью. Механизм генерации и распространения пульсовой волны; формула Моенса-Кортевега. Деформационная формула скорости распространения пульса; ее вывод путем анализа размерностей. Количественное описание кровотока в артериальном отделе большого круга кровообращения системой эквивалентных сосудов, включающей растяжимый по диаметру сосуд (растяжимые артерии) и жесткий сосуд с сопротивлением, равным периферическому сопротивлению. Гемодинамическая формула для систолического объема крови, ее применение для расчета показателей производительности сердца. Эмпирическая формула для систолического объема крови, включающая параметры давления крови. Метод импедансной реографии для определения систолического выброса крови; электродные системы, применяемые в импедансной реографии. Кардиогенное смещение тела. Баллистокардиограммы. Определение систолического выброса крови по данным измерения низкочастотной баллистокардиограммы. Основные закономерности сокращения скелетной мышцы. Теплопродукция при укорочении скелетной мышцы. Зависимость скорости изотонического сокращения мышцы от силовой нагрузки, эмпирическое уравнение Хилла. Сила на конце мышечного волокна и его скорость укорочения, выраженные через параметры саркомера. Генерация звука при сокращении мышцы. Биофизика ультразвука. Акустический импеданс среды. Взаимодействие ультразвука с тканями. Основные режимы работы. А. В. М. Доплеровские режимы: PWD, CWD, PD, TD, CFM. 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. Ультразвуковые датчики. Принцип работы датчика. Типы датчиков. Артефакты акустического изображения. Помехи и наводки. Мертвая зона. Боковые лепестки. Образование теней. Акустическое псевдоусиление. Реверберации. Латеральные тени. Хвост кометы. Эффект Доплера. Оценка скорости движения по доплеровскому сдвигу частот. Доплеровский угол. Непрерывноволновой доплер. Области применения. Основные достоинства и недостатки. Импульснoвoлнoвoй доплер. Области применения. Основные достоинства и недостатки. Допплерoвкiе и недoпллерoвские мoдoды визуализации и oценки крoвoтoкa. Эхoкaрдioгрaфия. Основные ультразвуковые доступы к сердцу. Доплерэхокардиография. Компьютерная ЭхоКГ. Контрастная ЭхоКГ. Клиническая эхокардиография. ЭхоКГ - метод расчета показателей центральной гемодинамики. УЗ диагностика некоторых патологических состояний больного (ИБС, кардиомиопатии, перикардиты). Стресс – ЭхоКГ. Ультразвуковые методы исследования сосудистой системы: доплерография, цветовое доплеровское картирование потоков, транскраниальная доплерография, УЗ сканирование. 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 T1, время поперечной спин-спиновой релаксации, диффузия исследуемых структур. Уравнение Блоха. Принципы построения МР-изображений. МР-томографы. Виды томографии: диффузная спектральная томография, МР перфузия, МР спектроскопия, МР ангиография, функциональная МРТ, МРТ термометрия. Устройство МР томографа. МРТ контрастные соединения. Абсолютные и относительные противопоказания для МРТ. Радионуклидная диагностика и исследования. Методы, использующие радиоактивные индикаторы – радионуклиды (меченые атомы)</p> |

| № п /п | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                  |                                       | с диагностическими и исследовательскими целями.<br>Детекторы, регистрирующие ионизирующее излучение: следовые (трековые) детекторы, счетчики, интегральные приборы. Сцинтиграфия. Радиофармацевтические препараты (РФП). Гамма-сцинтиграфия (гамма-томограф). Гамма-камеры. Детекторы. ФЭУ. Коллиматоры. Электроннолучевая трубка. Фотографическая и поляроидная камеры. Бинуклидные исследования. Динамическая сцинтиграфия. Авторадиография. Фотоэмульсия. Радиоавтограф или автордиограмма. Радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. Три группы пациентов: АД, БД, ВД. |

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

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

#### 4. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем при проведении занятий

| № п/п                      | Виды учебных занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий                                                                                               | Количество часов контактной работы | Виды текущего контроля успеваемости** | Формы проведения текущего контроля успеваемости*** |    |    |    |    |    |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|                            |                       |                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                       | КП                                                 | ОУ | ОП | ОК | РЗ | ЛР |
| 1                          | 2                     | 3                                                                                                                                                                                                      | 4                                  | 5                                     | 6                                                  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 7 семестр                  |                       |                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                       |                                                    |    |    |    |    |    |
| Раздел 1. Биофизика клеток |                       |                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                       |                                                    |    |    |    |    |    |
| Тема 1. Биофизика клетки   |                       |                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                       |                                                    |    |    |    |    |    |
| 1                          | ЛЗ                    | История изучения и современные представления о строении биологических мембран.                                                                                                                         | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 2                          | ЛЗ                    | Клетка как термодинамическая система.                                                                                                                                                                  | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 3                          | ЛЗ                    | Диффузия в сплошной среде. Постулаты классической электродиффузионной теории и их обоснование применения к мембране.                                                                                   | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 4                          | ЛЗ                    | Уравнение потока в приближении постоянного поля. Вывод и анализ уравнения Соотношение Уссинга – Теорелла. Проницаемость и электрическая проводимость мембраны. Вольт–амперные характеристики мембраны. | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 5                          | ЛЗ                    | Биофизика ионных каналов. Теория. Изучение электрической активности одиночных ионных каналов в модельных и биологических мембранах.                                                                    | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 6                          | ЛЗ                    | Клеточный биоэлектrogenез . Методы измерения электрических потенциалов. Двойной электрический слой.                                                                                                    | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 7                          | ЛЗ                    | Стационарные электрические потенциалы на мембране клетки.                                                                                                                                              | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 8                          | ЛЗ                    | Генерация клетками электрических импульсов. Биофизический механизм генерации и биофизические особенности потенциала действия. Распространение электрических импульсов по биологическому кабелю.        | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    |    | 1  |    |    |
| 9                          | СЗ                    | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Вводное занятие.                                                                                                                         | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    |    | 1  | 1  |    |
| 10                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 1.                                                                                                                   | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 11                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 1. Продолжение.                                                                                                      | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 12                         | СЗ                    | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 1. Защита результатов.                                                                                               | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 13                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 2.                                                                                                                   | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 14                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 2. Продолжение.                                                                                                      | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 15                         | СЗ                    | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 2. Защита результатов                                                                                                | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 16                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 3.                                                                                                                   | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 17                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 3. Продолжение.                                                                                                      | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 18                         | СЗ                    | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 3. Защита результатов                                                                                                | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 19                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 4.                                                                                                                   | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 20                         | ЛПЗ                   | Методы клеточной биофизики в биологии и медицине (практикум). Лабораторная работа 4. Продолжение.                                                                                                      | 3                                  | Т                                     | 1                                                  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |

| №<br>п/п                                        | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем,<br>учебных занятий                                                                                                              | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы проведения<br>текущего контроля<br>успеваемости*** |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                                 |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             | КП                                                       | ОУ | ОП | ОК | РЗ | ЛР |
| 1                                               | 2                           | 3                                                                                                                                                                                                                           | 4                                           | 5                                           | 6                                                        | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 21                                              | СЗ                          | Методы клеточной биофизики в биологии и<br>медицине (практикум). Лабораторная работа 4.<br>Защита результатов.                                                                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 22                                              | ЛПЗ                         | Методы клеточной биофизики в биологии и<br>медицине (практикум). Лабораторная работа 5.                                                                                                                                     | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 23                                              | ЛПЗ                         | Методы клеточной биофизики в биологии и<br>медицине (практикум). Лабораторная работа 5.<br>Продолжение. Защита результатов.                                                                                                 | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| 24                                              | К                           | Коллоквиум                                                                                                                                                                                                                  | 2                                           | Р                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 25                                              | З                           | Зачет                                                                                                                                                                                                                       | 2                                           | ПА                                          | 1                                                        |    |    | 1  |    |    |
|                                                 |                             | <b>Всего в семестре</b>                                                                                                                                                                                                     | 64                                          |                                             | 24                                                       | 15 | 1  | 24 | 16 | 15 |
| <b>8 семестр</b>                                |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Раздел 1. Биофизика клетки</b>               |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Тема 1. Биофизика клетки</b>                 |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| 26                                              | ЛЗ                          | Синглетный кислород и его действие на клеточные<br>структуры. Механизмы дезактивации инициаторов<br>перекисного окисления липидов: роль<br>супероксиддисмутазы, каталазы, каротиноидов,<br>глутатионпероксидазы.            | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>Раздел 2. Биофизические основы патологии</b> |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Тема 1. Биофизические основы патологии</b>   |                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| 27                                              | ЛЗ                          | Роль повреждения мембран в развитии клеточной<br>патологии. Последствия для клетки повреждения<br>плазматической мембраны, мембран митохондрий,<br>лизосом, ядерной мембраны.                                               | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 28                                              | ЛЗ                          | Распространение связанных с мембраной<br>фосфолипаз. Фосфолипазы, входящие в состав<br>экзотоксинов. Роль активации фосфолипаз в<br>повреждении клеток.                                                                     | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 29                                              | ЛЗ                          | Биофизические механизмы влияния<br>фармакологических препаратов на активность<br>фосфолипаз. Клеточные механизмы восстановления<br>структуры и функций мембран после действия<br>фосфолипаз.                                | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 30                                              | ЛЗ                          | Перекисное окисление липидов как<br>фундаментальный механизм мембранной патологии.<br>Общая схема реакций цепного окисления<br>органических соединений.                                                                     | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 31                                              | ЛЗ                          | Роль свободнорадикальных процессов в<br>канцерогенезе. Свободнорадикальные процессы и<br>тканевая гипоксия. Проблема перекисного<br>окисления при консервировании органов и тканей.<br>Перекисное окисление и старение.     | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 32                                              | ЛЗ                          | Некроз и апоптоз: современные представления о<br>механизмах. Основная классификация свободных<br>радикалов: первичные, вторичные и третичные<br>радикалы.                                                                   | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 33                                              | ЛЗ                          | Основные способы измерения антиоксидантной<br>активности. Определение апоптоза. Основные<br>представления о механизмах апоптоза. Современные<br>гипотезы о механизмах апоптоза.                                             | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 34                                              | ЛЗ                          | Явление электрического пробоя мембран. Методы<br>изучения электрического пробоя. Электрический<br>пробой искусственных (БЛМ, липосомы) и<br>природных мембран (эритроциты, митохондрии)<br>ионным диффузионным потенциалом. | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 35                                              | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при<br>патологических состояниях (практикум). Вводное<br>занятие.                                                                                                                   | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 36                                              | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при<br>патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 1.                                                                                                             | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

| №<br>п/п                                    | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем,<br>учебных занятий                                                                                | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы проведения<br>текущего контроля<br>успеваемости*** |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                             |                             |                                                                                                                                                                                               |                                             |                                             | КП                                                       | ОУ | ОП | ОК | РЗ | ЛР |
| 1                                           | 2                           | 3                                                                                                                                                                                             | 4                                           | 5                                           | 6                                                        | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 37                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 1. Продолжение.                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 38                                          | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 1. Защита результатов.                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 39                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 2.                                                                                  | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 40                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 2. Продолжение.                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 41                                          | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 2. Защита результатов.                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 42                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 3.                                                                                  | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 43                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 3. Продолжение.                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 44                                          | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 3. Защита результатов.                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 45                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 4.                                                                                  | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 46                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 4. Продолжение.                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 47                                          | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 4. Защита результатов.                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 48                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 5.                                                                                  | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 49                                          | ЛПЗ                         | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 5. Продолжение.                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 50                                          | СЗ                          | Методы изучения биофизических процессов при патологических состояниях (практикум).<br>Лабораторная работа 5. Защита результатов.                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 51                                          | К                           | Коллоквиум                                                                                                                                                                                    | 3                                           | Р                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 52                                          | З                           | Зачет                                                                                                                                                                                         | 3                                           | ПА                                          | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                                             |                             | <b>Всего в семестре</b>                                                                                                                                                                       | 82                                          |                                             | 26                                                       | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| <b>9 семестр</b>                            |                             |                                                                                                                                                                                               |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Раздел 1. Биофизика органов и тканей</b> |                             |                                                                                                                                                                                               |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Тема 1. Биофизика органов и тканей</b>   |                             |                                                                                                                                                                                               |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| 53                                          | ЛЗ                          | Задачи исследования электрических биопотенциалов органов. Электрограммы и пространственное распределение потенциала как основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов. | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 54                                          | ЛЗ                          | Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Потенциал терминалей для однополярной регистрации ЭКГ. Формирование источников электричества в ткани миокарда.  | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 55                                          | ЛЗ                          | Elastic and plastic deformations of tissues and organs; forces counteracting deformation. Newtonian and non-Newtonian fluids.                                                                 | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

| №<br>п/п | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем,<br>учебных занятий                                                                                                           | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы проведения<br>текущего контроля<br>успеваемости*** |    |    |    |    |    |
|----------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|          |                             |                                                                                                                                                                                                                          |                                             |                                             | КП                                                       | ОУ | ОП | ОК | РЗ | ЛР |
| 1        | 2                           | 3                                                                                                                                                                                                                        | 4                                           | 5                                           | 6                                                        | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 56       | ЛЗ                          | Вязко-упругие свойства синовиальной жидкости, дермона-полнителей (дермофиллеров). Динамическая деформация тканей, динамический модуль упругости. Механические свойства мышц и костей.                                    | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 57       | ЛЗ                          | Механические свойства крови. Неньютоновское течение крови при низких скоростях сдвига, уравнение Кессона и уравнение Захарченко.                                                                                         | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 58       | ЛЗ                          | Механические явления в легких. Диаграммы растяжения легких в условиях заполнения средами с разным поверхностным натяжением. Вклад поверхностного натяжения в альвеолах и упругих сил альвеолярной ткани в работу выдоха. | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 59       | ЛЗ                          | 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.    | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 60       | ЛЗ                          | Анализ кровотока в большом круге кровообращения на основе системы эквивалентных сосудов, гемодинамическая формула систолического объема крови. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности.                   | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 61       | ЛЗ                          | 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.   | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 62       | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Вводное занятие.                                                                                                                                 | 2                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 63       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 1.                                                                                                                           | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 64       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 1. Продолжение.                                                                                                              | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 65       | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 1. Защита результатов.                                                                                                       | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 66       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 2.                                                                                                                           | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 67       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 2. Продолжение.                                                                                                              | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 68       | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 2. Защита результатов.                                                                                                       | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 69       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 3.                                                                                                                           | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 70       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 3. Продолжение.                                                                                                              | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 71       | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 3. Защита результатов.                                                                                                       | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 72       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 4.                                                                                                                           | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 73       | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 4. Продолжение.                                                                                                              | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

| №<br>п/п                                                         | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем,<br>учебных занятий                                                                                                                  | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы проведения<br>текущего контроля<br>успеваемости*** |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                                                  |                             |                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                                             | КП                                                       | ОУ | ОП | ОК | РЗ | ЛР |
| 1                                                                | 2                           | 3                                                                                                                                                                                                                               | 4                                           | 5                                           | 6                                                        | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 74                                                               | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 4. Защита результатов.                                                                                                              | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 75                                                               | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 5.                                                                                                                                  | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 76                                                               | ЛПЗ                         | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 5. Продолжение.                                                                                                                     | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 77                                                               | СЗ                          | Методы измерения биофизических параметров тканей и органов (практикум). Лабораторная работа 5. Защита результатов.                                                                                                              | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 78                                                               | К                           | Коллоквиум                                                                                                                                                                                                                      | 3                                           | Р                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 79                                                               | З                           | Зачет                                                                                                                                                                                                                           | 3                                           | ПА                                          | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|                                                                  |                             | <b>Всего в семестре</b>                                                                                                                                                                                                         | 82                                          |                                             | 26                                                       | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| <b>10 семестр</b>                                                |                             |                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Раздел 1. Биофизические основы функциональной диагностики</b> |                             |                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| <b>Тема 1. Биофизические основы функциональной диагностики</b>   |                             |                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                                             |                                                          |    |    |    |    |    |
| 80                                                               | ЛЗ                          | Основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов. Клетки как токовые электрические генераторы. Пассивные электрические свойства тканей и органов.                                                           | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 81                                                               | ЛЗ                          | Методы и приемы, обеспечивающие корректность измерений и условий интерпретации данных в виде эквивалентных электронных схем. Биофизические принципы электроимпедансометрических методов исследования.                           | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 82                                                               | ЛЗ                          | Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Длительный мониторинг электрокардиограмм в целях диагностики функционального состояния сердца.                                                    | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 83                                                               | ЛЗ                          | Компьютерный расчет ЭКГ в норме и при патологических состояниях в различных отведениях. Электрические биопотенциалы головного мозга на поверхности головы. Системы отведения ЭЭГ; виды ЭЭГ.                                     | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 84                                                               | ЛЗ                          | Значение ориентации пирамидных нейронов в новой коре и синхронизации их электрической активности для генеза ЭЭГ. Формулы зависимости дисперсии ЭЭГ.                                                                             | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 85                                                               | ЛЗ                          | Биофизика ультразвука. Акустический импеданс среды. Взаимодействие ультразвука с тканями. Основные режимы работы. А, В, М, Доплеровские режимы: PWD, CWD, PD, TD, CFM. Принцип формирования УЗ изображения в каждом из режимов. | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 86                                                               | ЛЗ                          | Эффект Доплера. Оценка скорости движения по доплеровскому сдвигу частот. Доплеровский угол. Непрерывноволновой доплер. Области применения. Основные достоинства и недостатки.                                                   | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 87                                                               | ЛЗ                          | Эхокардиография. Основные ультразвуковые доступы к сердцу. Доплерэхокардиография. Компьютерная ЭхоКГ. УЗ диагностика некоторых патологических состояний больного.                                                               | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 88                                                               | ЛЗ                          | Радионуклидная диагностика и исследования. Методы, использующие радиоактивные индикаторы – радионуклиды (меченые атомы) с диагностическими и исследовательскими целями.                                                         | 2                                           | Д                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 89                                                               | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Вводное занятие.                                                                                                                                                   | 2                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 90                                                               | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 1.                                                                                                                                             | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

| №<br>п/п | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем,<br>учебных занятий | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы проведения<br>текущего контроля<br>успеваемости*** |    |    |     |    |    |
|----------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|-----|----|----|
|          |                             |                                                                                                                |                                             |                                             | КП                                                       | ОУ | ОП | ОК  | РЗ | ЛР |
| 1        | 2                           | 3                                                                                                              | 4                                           | 5                                           | 6                                                        | 7  | 8  | 9   | 10 | 11 |
| 91       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 1. Продолжение.               | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 92       | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 1. Защита результатов.        | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 93       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 2.                            | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 94       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 2. Продолжение.               | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 95       | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 2. Защита результатов.        | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 96       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 3.                            | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 97       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 3. Продолжение.               | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 98       | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 3. Защита результатов.        | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 99       | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 4.                            | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 100      | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 4. Продолжение.               | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 101      | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 4. Защита результатов.        | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 102      | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 5.                            | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 103      | ЛПЗ                         | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 5. Продолжение.               | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 104      | СЗ                          | Биофизические методы функциональной диагностики (практикум). Лабораторная работа 5. Защита результатов.        | 4                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 105      | СЗ                          | Общий зачет по практикуму.                                                                                     | 3                                           | Т                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 106      | К                           | Модульный контроль (коллоквиум).                                                                               | 3                                           | Р                                           | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
| 107      | Э                           | Экзамен                                                                                                        | 9                                           | ПА                                          | 1                                                        | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  |
|          |                             | <b>Всего в семестре</b>                                                                                        | 91                                          |                                             | 27                                                       | 27 | 27 | 27  | 27 | 27 |
|          |                             | <b>Всего по дисциплине</b>                                                                                     | 319                                         |                                             | 103                                                      | 94 | 80 | 103 | 95 | 94 |

(\* , \*\* , \*\*\* смотри условные обозначения)

### Условные обозначения

#### Виды учебных занятий\*

| Виды учебных занятий             | Сокращённое наименование |     |
|----------------------------------|--------------------------|-----|
| Лекционное занятие               | Лекция                   | ЛЗ  |
| Лабораторно-практическое занятие | Лабораторно-практическое | ЛПЗ |
| Семинарское занятие              | Семинар                  | СЗ  |
| Коллоквиум                       | Коллоквиум               | К   |

#### Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)\*\*

| Виды текущего контроля успеваемости (ВТК) | Сокращённое наименование |   | Содержание                                                                                                        |
|-------------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Текущий дисциплинирующий контроль         | Дисциплинирующий         | Д | Контроль посещаемости занятий обучающимся                                                                         |
| Текущий тематический контроль             | Тематический             | Т | Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме занятия                      |
| Текущий рубежный контроль                 | Рубежный                 | Р | Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины |

**Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся \*\*\***

| № | Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ) | Техническое и сокращённое наименование |    | Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля |   |   |
|---|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------|---|---|
|   |                                                                     |                                        |    | Д                                                                       | Т | Р |
| 1 | Контроль присутствия                                                | Присутствие                            | КП | +                                                                       |   |   |
| 2 | Опрос устный                                                        | Опрос устный                           | ОУ |                                                                         | + |   |
| 3 | Опрос письменный                                                    | Опрос письменный                       | ОП |                                                                         |   | + |
| 4 | Опрос комбинированный                                               | Опрос комбинированный                  | ОК |                                                                         |   |   |
| 5 | Решение практической (ситуационной) задачи                          | Практическая задача                    | РЗ |                                                                         | + |   |
| 6 | Проверка лабораторной работы                                        | Лабораторная работа                    | ЛР |                                                                         | + |   |

## 5. Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине Оценочные средства промежуточной аттестации

### 5.1. Формы промежуточной аттестации

| Семестр    | Форма промежуточной аттестации**** | Форма проведения промежуточной аттестации                                                                                                             |
|------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | 2                                  | 3                                                                                                                                                     |
| 7 семестр  | Зачет                              | Контроль присутствия, Опрос комбинированный                                                                                                           |
| 8 семестр  | Зачет                              | Контроль присутствия, Опрос устный, Опрос письменный, Опрос комбинированный, Решение практической (ситуационной) задачи, Проверка лабораторной работы |
| 9 семестр  | Зачет                              | Контроль присутствия, Опрос устный, Опрос письменный, Опрос комбинированный, Решение практической (ситуационной) задачи, Проверка лабораторной работы |
| 10 семестр | Экзамен                            | Контроль присутствия, Опрос устный, Опрос письменный, Опрос комбинированный, Решение практической (ситуационной) задачи, Проверка лабораторной работы |

### Условные обозначения \*\*\*\*

| Формы промежуточной аттестации | Сокращённое наименование |   |
|--------------------------------|--------------------------|---|
| Экзамен                        | Экзамен                  | Э |
| Зачет                          | Зачет                    | З |

## 6. Структура рейтинга по дисциплине

**6.1. Обучающийся имеет право пройти промежуточную аттестацию по дисциплине или её части на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине в соответствующем семестре.**

**6.2. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы (по семестрам и формам промежуточной аттестации)**

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.

### 7 семестр

| Виды занятий                          |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                       |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие      | ЛПЗ | Опрос устный                                    | ОУ | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
|                                       |     | Проверка лабораторной работы                    | ЛР | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Семинарское занятие                   | СЗ  | Решение практической (ситуационной) задачи      | РЗ | 5                | 15                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Коллоквиум                            | К   | Опрос письменный                                | ОП | 1                | 176                 | В                                      | Р   | 176  | 117  | 59     |
| Сумма баллов по дисциплине за семестр |     |                                                 |    |                  | 251                 |                                        |     |      |      |        |

### 8 семестр

| Виды занятий                          |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                       |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие      | ЛПЗ | Опрос устный                                    | ОУ | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
|                                       |     | Проверка лабораторной работы                    | ЛР | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Семинарское занятие                   | СЗ  | Решение практической (ситуационной) задачи      | РЗ | 6                | 18                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Коллоквиум                            | К   | Опрос письменный                                | ОП | 1                | 176                 | В                                      | Р   | 176  | 117  | 59     |
| Сумма баллов по дисциплине за семестр |     |                                                 |    |                  | 254                 |                                        |     |      |      |        |

### 9 семестр

| Виды занятий                          |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                       |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие      | ЛПЗ | Опрос устный                                    | ОУ | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
|                                       |     | Проверка лабораторной работы                    | ЛР | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Семинарское занятие                   | СЗ  | Решение практической (ситуационной) задачи      | РЗ | 6                | 18                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Коллоквиум                            | К   | Опрос письменный                                | ОП | 1                | 176                 | В                                      | Р   | 176  | 117  | 59     |
| Сумма баллов по дисциплине за семестр |     |                                                 |    |                  | 254                 |                                        |     |      |      |        |

### 10 семестр

| Виды занятий                     |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|----------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                  |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие | ЛПЗ | Опрос устный                                    | ОУ | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
|                                  |     | Проверка лабораторной работы                    | ЛР | 10               | 30                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Семинарское занятие              | СЗ  | Решение практической (ситуационной) задачи      | РЗ | 7                | 21                  | В                                      | Т   | 3    | 2    | 1      |
| Коллоквиум                       | К   | Опрос письменный                                | ОП | 1                | 176                 | В                                      | Р   | 176  | 117  | 59     |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)**

### 7 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «зачтено»        | Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 148 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «не зачтено»     | Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 148 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)**

### 8 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «зачтено»        | Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 150 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «не зачтено»     | Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 150 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)**

### 9 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «зачтено»        | Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 150 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «не зачтено»     | Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 150 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части)**

### 10 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «отлично»        | Рейтинговый балл не менее 90 % (не менее 900 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре |
| «хорошо»         | Рейтинговый балл не менее 75 % (не менее 750 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре |

| Шкала оценивания      | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «удовлетворительно»   | Рейтинговый балл не менее 60 % (не менее 600 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «неудовлетворительно» | Рейтинговый балл менее 60 % (менее 600 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

## **7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **7 семестр**

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

1. 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.
2. Среднечисленная молекулярная масса. Средневесовая молекулярная масса. Средневязкозиметрическая молекулярная масса. Причина невозможности использования методов криоскопии и эбулиоскопии для измерения молекулярных масс макромолекул.
3. Методы определения молекулярных масс биомacroмолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вязкозиметрия.
4. Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомacroмолекул: 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.
5. 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.
6. 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.
7. Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков.
8. Вторичная структура. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.
9. 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.
10. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка. Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной.
11. 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.

12. Основные положения физической теории. Метод теоретического конформационного анализа. Количественный метод теоретического конформационного анализа пептидов.
13. Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ.
14. 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.
15. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот.
16. Структура хроматина.
17. 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.
18. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии. Экспериментальное исследование оптической активности полипептидов и белков: ДОВ и КД. Физические основы оптической активности макромолекул.
19. Метод ДОВ. Оценка степени спиральности белков методом ДОВ: метод Друде, метод Моффита.
20. 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.
21. 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.
22. Анализ третичной структуры миоглобина, гемоглобина, лизоцима, рибонуклеазы, карбоксипептидазы.
23. 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.
24. 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.
25. Методы определения вращательной и латеральной диффузии молекул.
26. Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения полипептидов белков.

27. 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.
28. ЯМР-спектроскопия биологических систем.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  - ЯМР-спектры белков. Спектры ЯМР нуклеиновых кислот.
29. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры спектров ЭПР: интенсивность, полуширина. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлсодержащих белков.
30. Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.
31. Взаимодействие биомакромолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания.
32. Кооперативное связывание кислорода гемоглобином. Кривая оксигенации. Анализ равновесия связывания кислорода. Константа Хилла и энергия взаимодействия гем-гем. Эффект Бора. Взаимодействие двуокси углерода с гемоглобином. Связь между структурой и механизмом функционирования гемоглобина.
33. 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.
34. Конформационное равновесие в полипептидах и белках: равновесное сворачивание-разворачивание. Исследования процесса сворачивания белков. Процесс денатурации белков.
35. 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.
36. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей.
37. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.
38. Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика. Теория Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций.
39. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка.
40. 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.

## 8 семестр

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

1. 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.
2. Среднечисленная молекулярная масса. Средневесовая молекулярная масса. Средневязкозиметрическая молекулярная масса. Причина невозможности использования методов криоскопии и эбулиоскопии для измерения молекулярных масс макромолекул.
3. Методы определения молекулярных масс биомacroмолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.
4. Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомacroмолекул: 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.
5. 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.
6. 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.
7. Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков.
8. Вторичная структура. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.
9. 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.
10. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка. Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной.
11. 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.
12. Основные положения физической теории. Метод теоретического конформационного анализа. Количественный метод теоретического конформационного анализа пептидов.

13. Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ.
14. 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.
15. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот.
16. Структура хроматина.
17. 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.
18. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии. Экспериментальное исследование оптической активности полипептидов и белков: ДОВ и КД. Физические основы оптической активности макромолекул.
19. Метод ДОВ. Оценка степени спиральности белков методом ДОВ: метод Друде, метод Моффита.
20. 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.
21. 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.
22. Анализ третичной структуры миоглобина, гемоглобина, лизоцима, рибонуклеазы, карбоксипептидазы.
23. 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.
24. 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.
25. Методы определения вращательной и латеральной диффузии молекул.
26. Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения полипептидов белков.
27. 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.

28. ЯМР-спектроскопия биологических систем.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  - ЯМР-спектры белков. Спектры ЯМР нуклеиновых кислот.
29. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры спектров ЭПР: интенсивность, полуширина. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлосодержащих белков.
30. Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.
31. Взаимодействие биомакромолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания.
32. 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.
33. 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.
34. Конформационное равновесие в полипептидах и белках: равновесное сворачивание-разворачивание. Исследования процесса сворачивания белков. Процесс денатурации белков.
35. 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.
36. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей.
37. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.
38. Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика. Теория Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций.
39. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка.
40. 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.

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

1. 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.
2. Среднечисленная молекулярная масса. Средневесовая молекулярная масса. Средневязкозиметрическая молекулярная масса. Причина невозможности использования методов криоскопии и эбулиоскопии для измерения молекулярных масс макромолекул.
3. Методы определения молекулярных масс биомacroмолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.
4. Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомacroмолекул: 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.
5. 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.
6. 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.
7. Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков.
8. Вторичная структура. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.
9. 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.
10. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка. Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной.
11. 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.
12. Основные положения физической теории. Метод теоретического конформационного анализа. Количественный метод теоретического конформационного анализа пептидов.
13. Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ.

14. 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.
15. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот.
16. Структура хроматина.
17. 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.
18. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии. Экспериментальное исследование оптической активности полипептидов и белков: ДОВ и КД. Физические основы оптической активности макромолекул.
19. Метод ДОВ. Оценка степени спиральности белков методом ДОВ: метод Друде, метод Моффита.
20. 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.
21. 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.
22. Анализ третичной структуры миоглобина, гемоглобина, лизоцима, рибонуклеазы, карбоксипептидазы.
23. 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.
24. 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.
25. Методы определения вращательной и латеральной диффузии молекул.
26. Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения полипептидов белков.
27. 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.
28. ЯМР-спектроскопия биологических систем.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  - ЯМР-спектры белков. Спектры ЯМР нуклеиновых кислот.

29. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры спектров ЭПР: интенсивность, полуширина. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлсодержащих белков.
30. Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.
31. Взаимодействие биомакромолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания.
32. 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.
33. 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.
34. Конформационное равновесие в полипептидах и белках: равновесное сворачивание-разворачивание. Исследования процесса сворачивания белков. Процесс денатурации белков.
35. 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.
36. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей.
37. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.
38. Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика. Теория Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций.
39. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка.
40. 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.

## **10 семестр**

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

1. 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.
2. Среднечисленная молекулярная масса. Средневесовая молекулярная масса. Средневязкозиметрическая молекулярная масса. Причина невозможности использования методов криоскопии и эбулиоскопии для измерения молекулярных масс макромолекул.
3. Методы определения молекулярных масс биомacroмолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.
4. Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомacroмолекул: 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.
5. 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.
6. 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.
7. Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков.
8. Вторичная структура. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.
9. 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.
10. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка. Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной.
11. 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.
12. Основные положения физической теории. Метод теоретического конформационного анализа. Количественный метод теоретического конформационного анализа пептидов.
13. Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ.

14. 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.
15. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот.
16. Структура хроматина.
17. 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.
18. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии. Экспериментальное исследование оптической активности полипептидов и белков: ДОВ и КД. Физические основы оптической активности макромолекул.
19. Метод ДОВ. Оценка степени спиральности белков методом ДОВ: метод Друде, метод Моффита.
20. 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.
21. 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.
22. Анализ третичной структуры миоглобина, гемоглобина, лизоцима, рибонуклеазы, карбоксипептидазы.
23. 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.
24. 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.
25. Методы определения вращательной и латеральной диффузии молекул.
26. Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения полипептидов белков.
27. 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.
28. ЯМР-спектроскопия биологических систем.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  - ЯМР-спектры белков. Спектры ЯМР нуклеиновых кислот.

29. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры спектров ЭПР: интенсивность, полуширина. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлосодержащих белков.
30. Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.
31. Взаимодействие биомакромолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания.
32. 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.
33. 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.
34. Конформационное равновесие в полипептидах и белках: равновесное сворачивание-разворачивание. Исследования процесса сворачивания белков. Процесс денатурации белков.
35. 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.
36. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей.
37. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.
38. Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика. Теория Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций.
39. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка.
40. 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.

**Образец билета для проведения экзамена**

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра общей и медицинской биофизики МБФ

Билет № \_\_\_\_

для проведения экзамена по дисциплине «Медицинская биофизика» по программе  
специалитета по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика  
направленность (профиль) Медицинская биофизика

1. Эффекты ультрафиолетового излучения на кожу. Биологическая эффективность УФА- (320-400 нм), УФВ- (280-320 нм) и УФС-излучения (длины волн менее 280 нм).
2. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах.

Кафедра общей и медицинской биофизики МБФ

Заведующий кафедрой  
Батищев Олег Вячеславович  
Доктор физико-  
математических наук, Доцент

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

### **Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа**

- 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.

### **Методические указания для подготовки к занятиям семинарского типа**

- 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.

### **Методические указания для подготовки к занятиям лабораторно-практического типа**

- 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.

### **Методические указания для самостоятельной работы студентов (СРС)**

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.

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

### 9.1. Перечень литературы по дисциплине:

| № п/п | Наименование, автор, год и место издания                                                                           | Рекомендуется при изучении разделов дисциплины  | Количество экземпляров в библиотеке | Электронный адрес ресурса                                                                           |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                  | 3                                               | 4                                   | 5                                                                                                   |
| 1     | Вопросы биофизики, биохимии и патологии эритроцитов, Франк Г. М., 2024 - 2025                                      | Биофизические основы патологии                  | 2                                   |                                                                                                     |
| 2     | Физика и биофизика: учебник для студентов медицинских вузов, Антонов В. Ф., 2024 - 2025                            | Биофизика клетки                                | 7                                   |                                                                                                     |
| 3     | Биофизика мембран, Блюменфельд Л. А., 2024 - 2025                                                                  | Биофизика клетки                                | 4                                   |                                                                                                     |
| 4     | Введение в функциональную диагностику внешнего дыхания, Стручков П. В., Виницкая Р. С., Люкевич И. А., 2024 - 2025 | Биофизические основы функциональной диагностики | 2                                   |                                                                                                     |
| 5     | Магнитно-резонансная томография: справочник, Уэстбрук К., 2024 - 2025                                              | Биофизические основы функциональной диагностики | 0                                   | <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/392773/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/392773/reading</a> |

### 9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины

1. «Web of Science» <https://clarivate.com/>
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
3. <http://biblio-online.ru>
4. <http://www.medbiophys.ru>
5. <https://www.pubmed.gov>
6. 3. ЭБС «Консультант студента» [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
7. <http://www.medlinks.ru>
8. <http://www.biblioclub.ru> (электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» РНИМУ им. Пирогова).

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

1. MS Windows в редакциях: 7 Pro, 10 Pro, 11 Pro (x86, x64) – лицензия бессрочно
2. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
3. MS Visio в редакциях: «Professional» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
4. Astra Linux Special Edition, вариант лицензирования «Орел», РУСБ.10015-10 – лицензия бессрочно
5. Adobe Acrobat Reader – свободно распространяемое ПО
6. Гарант (справочная правовая система) – лицензия до 31.07.2027
7. FastStone Image Viewer – свободно распространяемое ПО
8. Яндекс Браузер для организаций – свободно распространяемое ПО
9. Платформа «1С:Предприятие 8», конфигурации «1С:Документооборот государственного учреждения», «1С:Университет ПРОФ», «1С:Медицина» – лицензия бессрочно
10. Единая цифровая образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова – собственная разработка РНИМУ
11. MTC Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
12. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
13. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
14. Платформа «Kinescore» - лицензия до 11.03.2027 г.
15. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
16. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
18. MS Office (Power Point)

19. Балльно-рейтинговая система контроля качества освоения образовательной программы в автоматизированной образовательной системе университета.
20. MS Office (Excel)
21. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно

#### 9.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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:

| № 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                                                                           | Компьютер персональный, Компьютерный стол, Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», Столы                                                        |
| 2      | Аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), лабораторных практикумов, лабораторных работ, демонстрационных экспериментов групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения | Дистиллятор, Центрифуга, Весы лабораторные, Спектрофотометр, Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл, Столы                                                            |
| 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 аттестации                                                                                                                                                                                                                                                | Учебная мебель (столы и стулья 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.