

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА дисциплины «Биофизика клеточных и мембранных процессов»

1. Цели освоения дисциплины «Биофизика клеточных и мембранных процессов»

Целью освоения дисциплины является ознакомление аспирантов с основными достижениями биофизики на современном этапе ее развития, формирование у них представлений о биофизических механизмах молекулярных, мембранных и клеточных процессов.

Задачи дисциплины:

- изучение на молекулярном уровне структуры субклеточных образований и механизмов их функционирования;
- выявление общих принципов обмена веществ и энергии на клеточном и организменном уровнях;
- изучение механизмов транспорта ионов и молекул через биологические мембраны;
- изучение молекулярных механизмов дыхания и подвижности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** современные проблемы и методологию биофизики клеточных и мембранных процессов, основные понятия, законы и модели, применяемые в биофизике, физические принципы и механизмы функционирования биологических систем;
- **уметь** оперировать специальной терминологией, уметь применять физические и математические подходы к анализу биофизических процессов;
- **владеть** методами физической трактовки и физической интерпретации биологических процессов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы аспирантуры.

Дисциплина «Биофизика клеточных и мембранных процессов» входит в состав модуля «Биофизика» и изучается в 4-ом семестре образовательного цикла и дополняет знания, полученные при освоении остальных дисциплин модуля «Биофизика». Базовые знания для освоения этой дисциплины аспирант получает при освоении программ магистратуры и бакалавриата по направлению Биология.

3. Требования к результатам освоения дисциплины и компетенции.

Освоение дисциплины «Биофизика клеточных и мембранных процессов» вносит вклад в формирование универсальных (УК-1 и УК-5) и общепрофессиональных компетенций (ОПК-1 и ОПК-2):

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины Код по ФГОС	Наименование компетенций	Результат освоения (знать, уметь, владеть)
ОПК-1	– способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные способы осуществления научно-исследовательской деятельности и использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; – современные методы лабораторных, вегетационных и полевых исследований в выбранной области <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований – навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов – навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ОПК-2	– готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные методы педагогической деятельности в высшей школе – нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования – требования к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания – курировать выполнение квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования -
УК-1	– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Принципы и методы научных исследований в области биофизики – Принципы разработки и критического анализа, оценки и синтеза сложных инновационных идей в области биофизики – Принципы разработки плана выполнения научных

	<p>областях</p>	<p>исследований в области биофизики</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – грамотно анализировать, планировать, управлять информацией с дальнейшей целью использования в научно-исследовательском и учебном процессе – создавать научно-методические, учебно-методические и учебные тексты с учетом требований научного и научно-публицистического стиля <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками сбора, хранения и защиты данных по завершении проектов для распространения их результатов – навыками публикации по результатам проектов в профильных рецензируемых, академических, научно-популярных изданиях, в т.ч. электронных (если нет ограничений) с учетом рейтинга научных изданий – навыками разработки (самостоятельно или в группе под руководством специалиста более высокого уровня квалификации) новых подходов к преподаванию и технологий преподавания учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей) программ бакалавриата, специалитета, магистратуры и ДПО
<p>УК-2</p>	<p>– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специализированные теоретические и практические аспекты, включающие инновационные и междисциплинарные, служащие основой для разработки новых идей – методы научных исследований и методы выполнения научно-технических работ в области биофизики – преподаваемую область научного знания и профессиональной деятельности <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать различные методы проведения научных исследований и выполнения разработок, проектов в области биофизики – использовать опыт и результаты собственных научных исследований в процессе руководства научно-исследовательской деятельностью студентов <ul style="list-style-type: none"> – использовать педагогически обоснованные формы, методы, способы и приемы организации аудиторной и самостоятельной работы обучающихся, применять образовательные технологии, включая интерактивные, имитационные, информационные <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками анализа результатов собственной научной деятельности с точки зрения их актуальности, новизны и теоретической и практической значимости – навыками подготовки научных статей для продвижения результатов собственной научной деятельности <ul style="list-style-type: none"> – навыками проведения аудиторных занятий по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры и ДПО

Освоение дисциплины «**Биофизика клеточных и мембранных процессов**» расширяет активные знания и навыки в следующих профессиональных компетенциях:

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины Код по ФГОС	Наименование компетенций	Результат освоения (знать, уметь, владеть)
ПК-1	– способность применять в научных исследованиях основные физические и биологические теории и принципы	<ul style="list-style-type: none"> • знать современные проблемы и методологию биофизики клеточных и мембранных процессов, основные понятия, законы и модели, применяемые в биофизике, физические принципы и механизмы функционирования биологических систем; • уметь оперировать специальной терминологией, уметь применять физические и математические подходы к анализу биофизических процессов; • владеть методами физической трактовки и физической интерпретации биологических процессов
ПК-2	– готовность применять методы математического описания и моделирования биологических объектов и процессов	
ПК-3	умение анализировать молекулярные структуры и физико-химические свойства низкомолекулярных соединений и биополимеров, входящих в состав биологических объектов	
ПК-4	– готовность использовать в научных исследованиях знания о механизмах преобразования энергии и веществ в биологических системах	

4. Структура дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость курса – 4 ЗЕТ, что составляет 144 учебных часов, в том числе установочные лекции 20 часов, семинарские занятия и консультации - 28 часов, самостоятельная работа в объёме не менее 96 часов.

Виды учебной работы: установочные лекции, консультации, семинары,

Самостоятельная работа: освоение рекомендованной литературы, подготовка к зачету, кандидатскому экзамену по специальности Биофизика.

5. Содержание разделов дисциплины

6.

№ п/п	Раздел (дисциплины)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
		Лекции	Семинары	Консульта ции	Сам.работ
1	Основные объекты исследования биофизики клеточных и мембранных процессов	2	2		8
2.	Термодинамика живого объекта. Теоретические основы биоэнергетики	2	2	2	12
3.	Структура и функционирование биологических мембран. Физические механизмы переноса веществ через мембрану	2	2	2	12
4.	Биофизика процессов транспорта веществ через биологические мембраны и биоэлектrogenез.	2	2	2	12
5	Физические основы преобразования и аккумуляции энергии в биологических системах. Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения	2	2	2	12
6	Биофизика сократительных систем. Молекулярный механизм сокращения мышц	2	2		8
7	Биофизика рецепции. Структура и функции ферментов.	2	2		8
8	Физические поля и электромагнитные излучения	2	2		8
9	Неионизирующие излучения.	2	2		8
10	Ионизирующие излучения.	2	2		8

7. Образовательные технологии.

Занятия проходят в основном в виде установочных лекций, на которых обсуждается содержание тем дисциплины, их значимость и взаимосвязь. Внимание аспиранта обращается на подходящие источники информации в литературе и Интернете, На семинарах выясняется степень освоения тем в результате самостоятельной работы.

8. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение рекомендованной литературы и конспектов установочных лекций, использование доступа к Интернет-ресурсам и электронным библиотекам, подготовку к семинарам, работу в лаборатории и общение с научным руководителем и коллегами.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на семинарах по ключевым и трудно усваиваемым темам. Имеется список вопросов, упражнений и задач для контроля усвоения всего материала по каждому разделу дисциплины во время проведения зачета.

Примерные вопросы к экзамену.

1. Основные объекты исследования молекулярной биофизики и биофизики клетки. Физико-химические характеристики основных классов биологических молекул
2. Физико-химические свойства липидов, участвующих в формировании липопротеинов и биомембран. Свойства фосфолипидных монослоев; влияние на эти свойства жирнокислотного состава фосфолипидов, холестерина, температуры и ионной силы среды.
3. Модельные бислойные липидные мембраны: липосомы и плоские бимолекулярные липидные мембраны. Фазовые переходы в фосфолипидном бислое. Зависимость температуры фазового перехода от химической структуры цепей жирных кислот и характеристических групп фосфолипидов, от содержания холестерина. Разделение фаз. Латеральная и трансмембранная диффузия молекул в липидных бислоях.
4. Комплексы белков с липидами. Липопротеины. Виды липопротеинов крови; физическая структура частицы; молекулы, образующие гидрофобное ядро и полярную оболочку. Роль липопротеинов в переносе липидов, развитии атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний
5. Биологические мембраны. Современные представления о структуре мембран. Липидный бислой, интегральные и периферические белки. Участие цитоскелета в формировании пространственной структуры мембран.
6. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы в биомембранах. Подвижность мембранных белков
7. Особенности строения различных биомембран, связь их структурной организации с выполняемой функцией
8. Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны. Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия.
9. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз
10. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов.
11. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Соотношение односторонних потоков (соотношение Уссинга).
12. Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионофоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран.
13. Импульсная электрическая активность клеток. Потенциал действия. Роль ионов натрия и калия в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении.
14. Механизмы активации и инактивации каналов. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи.
15. Формирование клеточных и тканевых источников электричества в организме при генезе потенциалов органов. Основные характеристики клеточных источников электричества

16. Генерация и распространение нервного импульса. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам.
17. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.
18. Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембраны
19. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной 1-Г-АТФазы. Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга
20. Общая структурная организация клетки. Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы немышечной подвижности. Принципы преобразования энергии в механохимических системах
21. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Функционирование поперечных мостиков в мышечном волокне. Теории Хаксли, Дещеревского, Хилла.
22. Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторах; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт. Методы исследования гормональных рецепторов.
23. Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.
24. Фоторецепция. Спектры действия дневного и сумеречного зрения. Типы зрительных клеток, спектры поглощения их пигментов. Поглощение света, механизм и кинетические характеристики фотоизомеризации родопсина и последующих изменений ионной проницаемости. Чувствительность фоторецепторной клетки к свету. Принципы преобразования светового сигнала в электрический.
25. Биофизика слуха. 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.
26. Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция. Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов.
27. Общая физическая характеристика ионизирующих и неионизирующих излучений. Электромагнитные излучения как инструмент исследований, диагностики и лечения заболеваний.
28. Физические механизмы и биологический эффект действия различных видов излучений на молекулы и клетки.
29. Основные фотобиологические процессы. Спектры действия фотопревращений биомолекул. Фотохимические реакции молекул при их возбуждении ультрафиолетовым светом.

30. Первичные процессы, приводящие к инактивации макромолекул при прямом действии радиации. Сравнительная радиочувствительность биологических объектов и систем. Действие малых доз и хронического облучения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Базовые главы биофизики»

а) основная литература:

- Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика, М. 1975.
- *Котык А., Яначек К.* Мембранный транспорт. М., 1980. 341 с
- Ч. Кантор, П. Шиммел, Биофизическая химия. Мир, М., 1984.
- Биологические мембраны. Методы. Под ред. Дж. Финдел, У.Эванеса. М., 1990.
- Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис, М. Рэфф, Робертс К., Дж. Уотсон. Молекулярная биология клетки. "Мир", М., 1994., т.т. 1-3.
- А.Б. Рубин. Биофизика. В 2-х томах: т.1. Теоретическая биофизика, М., 1999. т.2. Биофизика клеточных процессов, М., 2000
- Э.М. Трухан Введение в биофизику Учебное пособие. – М.: МФТИ, 2008.– 242 с.
- С.И. Барцев. Биофизика. Открытый учебник. Красноярск 2017 – 184 с.
- Новиков Д.А., Филимонов М.М. Биофизика. Курс лекций в двух частях. Минск БГУ 2008 – 186 с.
- В.О. Самойлов Медицинская биофизика. Учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург, СпецЛит 2013 – 591 с.

б) дополнительная литература:

- Эткинс П. Физическая химия. М.: Мир, 1980, т.1, 2.
- *Болдырев А.А. и др.* Биохимия активного транспорта ионов и транспортные АТФазы. М., 1983. 126 с.
- А. Ленинджер, Основы биохимии. В 3-х томах. Мир, М, 1985.
- Л. Страйер. Биохимия, в 3-х томах. Мир, М., 1984, 1985.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- <http://univertv.ru/>, раздел Биология;
- <http://www.humbio.ru/>, база знаний по биологии человека;
- <http://bio.fizteh.ru/student/files/biology/biopharticles/>, научно-популярные статьи по биофизике

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Материально-техническое обеспечение модуля состоит из учебного класса, оснащенного компьютерным проектором. Аспиранты могут пользоваться книжным, журнальным и другими фондами ЦПБ, а также Интернет ресурсами через компьютеры Пушинского филиала научной библиотеки по естественным наукам РАН.

Программа дисциплины ««Биофизика клеточных и мембранных процессов»» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «Физика и астрономия».

Автор _____ к.ф.-м.н. Селезнева И.И