



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт агrobiотехнологии
Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ:

Советник при ректорате - заместитель
проректора по науке

И.Ю. Свинарев

«19» сентября 2022 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
Биофизика

Научная специальность: 1.5.2. Биофизика

Отрасль науки: биологические науки

Москва, 2022

Содержание

АННОТАЦИЯ	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА.....	7
2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА	7
3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	14
4. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК	17
5. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	18
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	19

АННОТАЦИЯ

Программа кандидатского экзамена имеет целью содействовать подготовке соискателей ученой степени кандидата наук к приобретению глубоких и упорядоченных знаний в области биофизики. Прикладной задачей является подготовка к сдаче кандидатского экзамена по основным разделам науки биофизика. Соискатели ученой степени должны продемонстрировать высокий уровень знаний, умений и навыков в разных областях биофизики. В результате освоения настоящей программы должны:

- знать: 1. Теоретическое и экспериментальное изучение принципов строения и физико-химических механизмов функционирования живых систем на всех уровнях их организации – от молекулярного и клеточного до биосферного. 1) Общая биофизика: биофизика регуляторных процессов; биоэнергетика; биофизика подвижности; биофизика клеточного деления; физика фотобиологических процессов; физика возбудимых биосистем, биофизические аспекты происхождения жизни, астробиофизика. 2) Молекулярная биофизика: физика белка; физика нуклеиновых кислот; физика биологических мембран, физические основы молекулярной биологии. 3) Биофизика клетки: биофизика мембран; биофизика ионных каналов, рецепторов и насосов; биоэнергетика. 4) Биофизика сложных систем: биофизическая экология; физико-химические основы биологической эволюции; биофизика морфогенеза (физические основы биологии развития); медицинская биофизика, физика живых систем в экстремальных условиях; математическая биофизика; радиационная биофизика. 2. Физические механизмы важнейших биологических процессов, включая квантово-механические, термодинамические и симметричные аспекты взаимодействий, определяющих важнейшие процессы жизнедеятельности – структурообразование, преобразование энергии, вещества и информации. Молекулярные моторы и машины. 3. Разработка математических моделей биологических объектов как сложных нелинейных физических систем. Исследование явлений пространственно-временной самоорганизации, саморегуляции и самоуправления в биологических системах, включая методы неравновесной термодинамики и синергетики. 4. Теоретическое и экспериментальное исследование физических процессов, протекающих в биологических системах разного уровня организации, в том числе исследование воздействия различных видов излучений и других физических факторов на биологические системы.

- получить навыки самостоятельного научного анализа нормативных актов и научных текстов.

Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук проводится экзаменационными комиссиями в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы в письменном виде.

Продолжительность кандидатского экзамена не более 1 часа.

Структура кандидатского экзамена:

Экзаменационный билет включает в себя 3 вопроса из разделов программы.

1. Цель и задачи кандидатского экзамена

Целью проведения кандидатского экзамена является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по научной специальности 1.5.2. Биофизика и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

Задачи: оценить знания по основным разделам биофизики, включая следующие: биофизика сложных систем, теоретическая биофизика (кинетика биологических процессов, термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам); молекулярная биофизика (пространственная организация биополимеров, динамические свойства глобулярных белков, электронные свойства биополимеров); биофизика клеточных процессов (биофизика мембранных процессов, молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения, биофизика сократительных систем, биофизика рецепции, биофизика фотобиологических процессов).

2. Содержание разделов для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

Раздел 1 Биофизика сложных систем. Теоретическая биофизика

Тема 1. Кинетика биологических процессов

Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.

Понятие математической модели. Задачи и возможности математического моделирования в биологии. Понятие адекватности модели реальному объекту. Принципы построения математических моделей биологических систем.

Линейные и нелинейные процессы.

Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие фазовой плоскости.

Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний.

Быстрые, медленные переменные. Временная иерархия и принцип узкого места. Его проявление в стационарной кинетике биологических процессов. Понятие о методе квазистационарных концентраций.

Колебательные процессы в биологии, значение их теоретического исследования. Понятие автоколебательного режима динамической модели. Предельные циклы. Примеры автоколебательных моделей.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности механизма ферментативных процессов.

Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние различных факторов на кинетику ферментативных реакций

(ингибиторы, активаторы, рН среды, ионы металлов). Общие принципы регуляции и анализа более сложных ферментативных реакций. Применение метода графов.

Множественность стационарных состояний биологических систем. Модели триггерного типа. Управляющие параметры. Параметрическое и силовое переключение триггера. Примеры моделей триггерных систем.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Теория абсолютных скоростей реакций и активированного комплекса. Ограничения применимости этих представлений в биоструктурах.

Модели экологических систем. Понятие распределенных систем. Математический аппарат описания распределенных систем - уравнения в частных производных.

Активные химические и биологические среды.

Модель Тьюринга.

Распространение возмущений в активных химических и биологических средах.

Пространственно-неоднородные стационарные состояния - диссипативные структуры. Устойчивые и неустойчивые структуры в биологическом морфогенезе. Модели дифференцировки тканей. Базовые модели в математическом моделировании биологических процессов.

Тема 2. Термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам

Классификация термодинамических систем. Первый закон термодинамики и его применение к биологическим системам. Второй закон термодинамики в биологии. Понятие термодинамического равновесия. Расчеты стандартных энергий реакций в биологических системах.

Изменение энтропии в открытых системах. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.

Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Стационарное состояние и условие минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина. Осуществление принципа Ле-Шателье в стационарных состояниях.

Границы применимости линейной термодинамики в биологии. Критерий "удаленности" сложных биологических процессов и их отдельных стадий от термодинамического равновесия. Нелинейная термодинамика. Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия. Связь между кинетикой и термодинамикой.

Связь энтропии и информации в биологических системах. Понятие количества и ценности информации. Условия запасаения, хранения и переработки информации в макромолекулярных системах.

Раздел 2. Молекулярная биофизика

Тема 1. Пространственная организация биополимеров

Общие понятия стабильности конфигурации молекул, энергия связи. Макромолекула как основа организации биоструктур. Своеобразие макромолекул как физического объекта.

Общий характер объемных взаимодействий и влияние внешнего поля на стабильность конформации биополимеров (по работам Лифшица). Фазовые переходы. Кооперативные свойства макромолекул. Различные типы объемных взаимодействий в макромолекулах. Водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса и стабильность вторичной и третичной структуры. Поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет конформационной энергии. Конформация полипептидной цепи. Стерические карты.

Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран.

Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок.

Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков.

Топология и физика кольцевых замкнутых ДНК.

Тема 2. Динамические свойства глобулярных белков

Взаимодействие статистических и механических факторов, определяющих динамическую подвижность белков.

Динамическая структура глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, спиновая метка, гамма-резонансная метка, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР.

Результаты исследования конформационной подвижности. Типы движения в белках. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.

Тема 3. Электронные свойства биополимеров

Химические взаимодействия в макромолекулах. Цепь главных валентностей. Электронные уровни. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Электро-

ны, энергия делокализации. Примеры расчетов взаимодействия атомов в пептидной группе и в азотистых основаниях.

Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка-Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.

Механизмы и физические модели переноса электронов в биоструктурах. Туннельный эффект. Особенности электронных переходов и конформационных перестроек в больших молекулах. Природа электронноконформационных взаимодействий в релаксационных процессах.

Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Строение активного центра и электронные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Примеры.

Раздел 3. Биофизика клеточных процессов

Тема 1. Биофизика мембранных процессов

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Структурная организация мембран. Липиды. Характеристика мембранных белков. Вода как составной элемент биомембран.

Модельные мембранные системы. Монослойные мембраны на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.

Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах. Вращательная, трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Белок-липидное взаимодействие в мембранах.

Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение дзета-потенциала и характеристика основных факторов, определяющих его величину.

Пассивные электрические явления в биоструктурах. Типы поляризации.

Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости биоструктур. Зависимость диэлектрических потерь от частоты.

Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Зоны дисперсии электрических параметров биологических объектов.

Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах; роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль.

Проблема транспорта веществ через биомембраны. Проницаемость биомембран. Движущие силы процесса переноса вещества через мембрану. Электростатический потенциал. Активный и пассивный транспорт. Термодинамические уравнения и критерии процессов пассивного и активного транспорта. Уравнения диффузии, константа проницаемости.

Транспорт неэлектролитов. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Простая диффузия низкомолекулярных веществ. Ограниченная диффузия.

Проницаемость биологических мембран для воды.

Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через биологическую мембрану с участием переносчиков. Пиноцитоз.

Проницаемость биологических мембран для ионов. Избирательность. Понятие о полупроницаемости, селективности и неспецифичности биомембран. Роль переносчиков в проницаемости биологических мембран для ионов. Примеры (валиномицин, грамицидин).

Структура и свойства каналов, их роль в ионном транспорте. Механизмы переноса ионов через канал. Селективность. Воротные токи. Механизмы регулирования проводимости каналов. Кооперативная модель. Флуктуации ионных токов.

Распределение ионов по обе стороны биологической мембраны.

Причины возникновения биопотенциалов. Концентрационные, диффузионные, фазовые и мембранные потенциалы. Равновесие Доннана. Равновесный электростатический потенциал. Потенциал покоя и его связь с распределением ионов. Роль калия в генерации потенциала покоя. Гипотеза о натриевом насосе. Уравнение поля Гольдмана. Мембранная теория Ходжкина-Хаксли-Катца.

Экспериментальные доказательства наличия транспорта ионов натрия. Транспортные АТФазы. Модели параллельно функционирующих пассивных и активных каналов транспорта ионов через мембрану.

Транспорт ионов водорода, калия и кальция через мембраны митохондрий и хлоропластов. Хемиосмотическая теория Митчела. Сопряженный транспорт.

Потенциал действия. Роль натрия и калия в генерации потенциала действия в нервах и мышцах. Роль кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменения потоков ионов при возбуждении. Роль и механизмы активации и инактивации каналов в генерации потенциала действия. Функциональное значение потенциала действия.

Связь биоэлектрических явлений с метаболизмом и распространением возбуждения.

Кабельная теория проведения возбуждения. Проведение нервного импульса по немиелиновым и миелиновым аксонам. Математические модели проведения. Физико-химические изменения в нервах при проведении возбуждения.

Основные понятия теории возбудимых сред.

Тема 2. Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения

Связь транспорта ионов и процессов переноса электрона в хлоропластах и митохондриях.

Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизованное состояние мембран; роль векторной H' - АТФазы.

Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга.

Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.

Тема 3. Биофизика сократительных систем

Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

Тема 4. Биофизика рецепции

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.

Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; Фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиева орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха.

Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция.

Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов.

Вкус. Строение вкусовых клеток; проблема вкусовых рецепторных белков.

Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания, Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

Тема 5. Биофизика фотобиологических процессов

Общая характеристика фотохимических реакций и их типы.

Основные стадии фотобиологического процесса: возбуждение фоторецептора, миграция энергии возбуждения, первичный фотохимический акт, сопряжение с ферментативными стадиями, физиологический эффект. Основы молекулярной организации фоторецептора. Люминесценция биологически важных молекул.

Процессы растрат энергии и фотохимический акт. Фотохимические процессы, квантовый выход и сечение фотореакции.

Кинетика фотобиологических процессов и зависимость от интенсивности света. Фотосенсибилизация.

Фотосинтез. Спектр действия, поглощение и миграция энергии в фотосинтетической единице. Механизмы разделения зарядов в реакционном центре. Генерация потенциалов. Роль, мембранных структур. Электронтранспортная цепь и две фотохимические реакции.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электронтранспортных цепях фотосинтеза. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотофосфорилирования.

Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

Энергетический и квантовый выход. Молекулярные механизмы других фотобиологических процессов: зрение, фототропизм, фотопериодизм, фототаксис, абиогенный синтез веществ, фотодинамическое действие, фотореактивация, действие ультрафиолета на белки и нуклеиновые кислоты, бактерицидное действие.

Взаимодействие лазерного излучения с биоструктурами.

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

3.1. Виды самостоятельной работы

В процессе подготовки к кандидатскому экзамену соискатель ученой степени кандидата наук осуществляет следующую самостоятельную работу:

- исследует научную литературу по проблемам современного состояния биофизики;
- работает с учебниками и учебно-методическим материалом, самостоятельно изучает отдельные разделы программы кандидатского экзамена.

3.2. Перечень вопросов к кандидатскому экзамену по биофизике:

1. Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах.
2. Методологические вопросы биофизики.
3. История развития отечественной биофизики. Задачи биофизики
4. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах.
5. Флуоресцентные метки и зонды. Их применение для изучения белков, нуклеиновых кислот и мембранных структур клетки.
6. Типы объемных взаимодействий в биологически значимых макромолекулах. Водородные связи; силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия.
7. Спектры поглощения биологически значимых молекул. Особенности спектров поглощения полупроводниковых наночастиц, применяемых в биологии. Спектры действия фотобиологических процессов.
8. Пространственная структура молекул белков, методы ее исследования. Структура жидкой воды. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биополимерах и других биоструктурах.
9. Моделирование в биофизике. Понятие о моделях в методологии естественных наук. Теоретические и экспериментальные модели. Особенности биофизических моделей.
10. Экстремальные принципы в биологии. Физическая каузальность биологический финализм. Принципы максимальной простоты, оптимальной конструкции, адекватной конструкции. Частные принципы оптимальности.
11. Атрибуты живого с эволюционных позиций и с точки зрения ключевых свойств. Необходимость расширения понятийной и терминологической базы физики для объяснения жизни. Адекватность применения понятий "конструкция", "машина", "сигнал", "информация" к биологическим системам, относящимся к разным уровням иерархии (за исключением надорганизменного).

12. Ключевые проблемы абиогенного возникновения жизни и возможные подходы для их снятия. Эксперименты Миллера-Юри. Невозможность самосборки простейшей живой клетки. Парадокс Каствлера. Необходимые условия для возникновения и эволюции живого. Возможные предшественники живой клетки и химическая эволюция.
13. Классическая термодинамика. Значение термодинамики для биологии и биофизики. Функции состояния – язык термодинамики. Температура как функция состояния (нулевое начало). Закон сохранения энергии (первое начало). Энтропия и энергия (второе начало). Тепловая теорема Нернста (третье начало). Основное соотношение термодинамики (соотношение Гиббса).
14. Термодинамические потенциалы. Свободная энергия. Энтальпия. Термодинамический потенциал Гельмгольца. Термодинамический потенциал Гиббса. Вычисление энтропии.
15. Химический потенциал. Понятие химического потенциала. Химический потенциал как критерий химического равновесия. Сопоставление с критериями механического и теплового равновесия.
16. Электрохимический потенциал. Определение электрохимического потенциала. Концентрационные элементы. Мембранный потенциал в живых клетках. Ионоселективные мембранные электроды. Аналитическое применение электрохимических измерений.
17. Фазы и фазовые переходы в биологических системах. Вывод правила фаз Гиббса. Биологические мембраны как многокомпонентные системы. Биологический смысл многокомпонентности в свете правила фаз Гиббса. Взаимосвязь между функцией мембраны и фазовым состоянием мембраны.
18. Осмотическое давление. Вывод формулы для расчета осмотического давления. Значение осмотического давления для биологических систем. Определение молекулярной массы веществ по величине осмотического давления.
19. Полупроницаемые мембраны и электролиты. Вывод формулы, описывающей равновесие Доннана для однозарядных ионов. Влияние эффекта Доннана на осмотическое давление. Диализ и его применение.
20. Химические реакции и константы равновесия. Константы равновесия. Активность как термодинамическая концентрация. Вывод уравнения Гиббса-Дюгема. Самопроизвольное протекание химических реакций. Вывод критерия самопроизвольности химических реакций.
21. Теория переходного состояния и скорости химических реакций. Температурная зависимость индивидуальных констант скоростей реакции. Теория переходного состояния и скорости химических реакций. Денатурация белков. Термодинамические характеристики ферментативной реакции.
22. Стационарная ферментативная кинетика. Кинетическая схема Михаэлиса-

- Ментен и условие стационарности. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен по Лайнуиверу-Берку.
23. Основные механизмы изменения активности ферментов. Ингибиторы ферментов. Основные типы обратимого ингибирования активности ферментов. рН-регуляция скоростей ферментативных реакций. Аллостерическая регуляция активности ферментов. Кооперативные эффекты в ферментативных реакциях.
 24. Нестационарная ферментативная кинетика. Релаксационные методы исследования ферментативных реакций. Основные экспериментальные способы измерения характеристик нестационарных ферментативных процессов.
 25. Второе начало термодинамики и развитие биологических систем. Энтропия и биологические системы. Химическое сродство. Функция диссипации. Производство энтропии в биологических системах.
 26. Теория Онзагера. Соотношение взаимности. Сопряжение химических процессов с механохимическими процессами и активным переносом через мембраны.
 27. Стационарные состояния в неравновесных системах. Возрастание энтропии в стационарных состояниях. Теорема Пригожина о минимальном производстве энтропии. Устойчивость стационарных состояний.
 28. Биологические молекулы и их окружение. Основные меж- внутримолекулярные силы, обеспечивающие формирование и поддержание структуры биомолекул и их комплексов. Пространственная организация биополимеров. Электронные свойства биополимеров.
 29. Структура и функция белков. Классификация структур белков. Принципы структурной организации белков. Переходы спираль-клубок. Кооперативные переходы в белковых молекулах. Формирование пространственной организации белков. Проблема предсказания пространственной структуры белков по первичной структуре.
 30. Ферменты. Каталитический и субстрат-связывающий центры. Механизмы ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия ферментативном катализе.
 31. Концепция "фермент-машина" по Д.С.Чернавскому. Анализ представлений о механизме ферментативного катализа. Механические аналогии в структуре белковой молекулы. Применимость концепции «фермент-машина».
 32. Биологические мембраны как составная часть клеточной оболочки. Амфифильные вещества и образование мембранных структур. Молекулярная организация биологических мембран. Фазовые переходы в мембранах. Особенности структуры мембранных белков. Меж- и внутримолекулярные взаимодействия в мембранах. Проблема локализации и необходимой ориентации белков в мембранах.
 33. Пассивный транспорт веществ через мембрану. Диффузия. Облегченная

диффузия. Транспорт ионов. Ионное равновесие на границе раздела фаз. Уравнения электродиффузии Нернста-Планка и их решение. Индуцированный транспорт ионов.

34. Активный транспорт. Молекулярное строение каналов. Каналы и транспорт ионов через них. Электронейтральный и электрогенный транспорт ионов. Калий-натриевый активный транспорт кальция. Транспорт протонов. Активный транспорт нейтральных молекул.

35. Транспорт ионов в возбудимых мембранах и распространение нервного импульса. Потенциал действия и потенциал покоя. Генерация импульса. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Ионные токи в модели Ходжкина-Хаксли. Физико-химические и математические модели возбудимых мембран. Распространение нервного импульса.

4. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук

4.1. Требования к экзаменуемым на кандидатском экзамене

На кандидатском экзамене экзаменующийся должен продемонстрировать способность:

- критически оценивать современные научные достижения отечественных и зарубежных ученых;

- критически анализировать теоретический материал по проблемам научной специальности;

- анализировать содержание основных научных трудов по биофизике;

- использовать последние экспериментальные данные и теории, разработанные отечественными и зарубежными учёными;

- использовать методологию теоретических и экспериментальных исследований в области биофизики;

- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач;

- корректно цитировать научные источники.

При оценке устного ответа экзаменуемого учитывается как глубина владения теоретическим материалом, так и доказательная самостоятельность мышления и суждений, подкреплённая конкретными примерами с опорой на личностный практический опыт научных исследований.

4.2. Критерии оценки ответов экзаменуемого на кандидатском экзамене

При оценке ответа в ходе кандидатского экзамена комиссия оценивает, как экзаменуемый понимает те или иные сведения по основным разделам биофизики и умеет ими оперировать, анализирует реальные экспериментальные и теоретические разработки, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию. Таким образом, необходимо разумное сочетание запоминания и понимания, простого воспроизводства учебной информации и работы

мысли. Установлены следующие критерии оценок, которыми необходимо руководствоваться при приеме кандидатского экзамена:

- содержательность ответов на вопросы (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.);
- полнота и одновременно разумная лаконичность ответа;
- новизна учебной информации, степень использования и понимания научных и нормативных источников;
- умение связывать теорию с практикой, творчески применять знания;
- логика и аргументированность изложения;
- грамотное комментирование, приведение примеров, аналогий;
- культура речи.

Для оценки знаний, умений, навыков экзаменуемых лиц применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости и критерии выставления оценок по четырех балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	Экзаменуемый отлично знает материал, дает исчерпывающие ответы на вопросы, свободно умеет излагать современные знания в области биофизики, свободно владеет достижениями отечественных и зарубежных ученых.
Средний уровень «4» (хорошо)	Экзаменуемый хорошо знает отдельные области биофизики, но имеет отдельные пробелы. Умеет анализировать материалы и публикации в данной области, владеет основными методами исследований в области биофизики.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Экзаменуемый слабо знает материал, имеет определенные трудности в сопоставлении и анализе сведений по нескольким разделам недостаточно хорошо умеет излагать последние достижения в области биофизики, недостаточно владеет методами анализа.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Экзаменуемый не знает большинство разделов биофизики, только отдельные фрагментарные знания. не умеет оценивать и анализировать современный материал, не владеет современными методами исследований.

5. Ресурсное обеспечение:

5.1 Перечень основной литературы

1. Нечипоренко А.П., Орехова С. М., Нечипоренко У. Ю., Плотникова Л. В. Биофизика. М.: Изд-во Лань. 2022. 404 с.
2. Рубин А.Б. Биофизика: в 3-х томах. Том 1. Теоретическая биофизика. М.: Ижевск: ИКИ. 2013. 472 стр.
3. Присный А.А. Биофизика. Курс лекций. М.: Лань. 2020. 188 с.
4. Иванов И.В. Сборник задач по курсу физики и биофизики. М.: Лань. 2012. 128 с.
5. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия. в 3 томах М.: Мир. 1984.

6. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М.: Наука. 1977. 336 с.

5.2 Перечень дополнительной литературы

1. Трухан Э.М. Введение в биофизику. М.: МФТИ. 2008. 242 с.
2. Барцев С.И.. Биофизика. Открытый учебник. Красноярск 2017 – 184 с.
3. Новиков Д.А., Филимонов М.М. Биофизика. Курс лекций в двух частях. Минск БГУ 2008 – 186 с.
4. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. Учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург, СпецЛит 2013 – 591 с
5. Болдырев А.А. и др. Биохимия активного транспорта ионов и транспортные АТФазы. М., 1983. 126 с. •
6. Ленинджер А., Основы биохимии. В 3-х томах. Мир, М, 1985.
7. Страйер Л.. Биохимия, в 3-х томах. Мир, М., 1984, 1985.

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://univertv.ru/>, раздел Биология;
2. <http://www.humbio.ru/>, база знаний по биологии человека; 3. <http://bio.fizteh.ru/student/files/biology/biopharticles/>, научно-популярные статьи по биофизике.

6. Методические рекомендации

Самостоятельное изучение теоретического материала планируется по разделам курса. Если при прочтении теоретического материала возникают вопросы, аспирант может проконсультироваться у преподавателя по электронной почте или на периодических очных консультациях.

Рекомендуется проводить также и заочное общение с преподавателем с помощью электронной почты, форумов в образовательно-информационной среде на сайте университета.

При самостоятельном изучении теоретического курса аспирантам необходимо:

- самостоятельно изучить темы теоретического курса в соответствии учебной программой дисциплины;
- подготовить устные ответы на контрольные вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельная работа выполняется аспирантами на основе учебно-методических материалов дисциплины, приведенных в библиографическом списке.

Темы на самостоятельное изучение преподаватель выдает на занятиях в соответствии с графиком учебного процесса и самостоятельной работы.

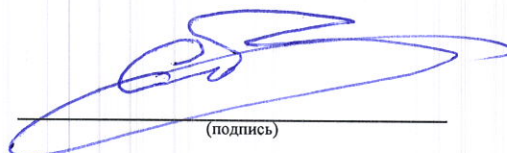
При выстраивании собственной стратегии изучения спецпрактикума следует учитывать не только объем аудиторной работы, но и количество и сроки выполнения письменных работ (заданий и задач).

При самостоятельном изучении теоретического материала следует обратить внимание на следующие темы: биолюминесценция светящихся бактерий, их систематика и распространение; симбиотические и патогенные светящиеся бактерии; рост и люминесценция светящихся бактерий; биохимия бактериальной биолюминесценции; механизм электронного возбуждения в реакции, катализируемой бактериальной люциферазой; структура молекулы люциферазы из светящихся бактерий; биолюминесценция сопряженной системы бактериальной люциферазы и НАДН:ФМН-оксидоредуктазы, метаболическая и структурная организация люминесцентной системы светящихся бактерий, физико-химические основы биолюминесцентного анализа с использованием светящихся организмов и выделенных из них люминесцентных систем. Эти темы изучаются в достаточно малом объеме в связи с кинетикой биологических процессов. В библиотеке университета имеется богатейшая подборка научной, методической и учебно-методической литературы. Кроме того, тематика диссертационных связана с темами люминесценции биологических молекул, биолюминесценции, биолюминесцентного анализа.

Самостоятельная работа способствует развитию таких необходимых навыков, как решение поставленной перед аспирантом задачи, сбор и аналитический анализ литературных данных, умение сделать обоснованное заключение.

Автор рабочей программы:

Д.с.-х.н., профессор Белопухов С.Л.



(подпись)