

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

«Утверждаю»

Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_ П.В. Прудников

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Программа вступительного испытания**  
в аспирантуру по специальности

**1.5.2. Биофизика**

Омск  
2022

## Перечень вопросов вступительного испытания

### **Введение**

Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики. Задачи биофизики.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА**

#### **Кинетика биологических процессов**

Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы. Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.

Способы математического описания пространственно неоднородных систем.

Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний.

Модели триггерного типа. Силовое и параметрическое переключение триггера. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физических механизмах ферментативного катализа. Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.

#### **Термодинамика биологических процессов**

Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах.

Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. 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. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.

Применение линейной термодинамики в биологии. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика.

Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия.

Связь энтропии и информации в биологических системах.

### **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА**

#### **Пространственная организация биополимеров**

Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.

Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых

макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров.

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. Количественная структурная теория белка.

#### **Динамические свойства глобулярных белков**

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии.

Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Карты уровней свободной энергии пептидов.

#### **Электронные свойства биополимеров**

Электронные уровни в биополимерах. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.

### **БИОФИЗИКА КЛЕТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ БИОФИЗИКА МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Структура и функционирование биологических мембран**

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок - липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран.

Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.

Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах.

#### **Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектrogenез**

Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз.

Проницаемость мембран для воды. Осмос. Капиллярное поднятие воды в растениях. Течение воды в капиллярах. Водный потенциал и его компоненты. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока.

Активный транспорт. Ионные насосы различных типов.

Потенциал покоя, его происхождение. Участие АТФ-аз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Ионные каналы.

Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов Ca и Cl в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении. Механизмы активации и инактивации каналов.

Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли.

Распространение возбуждения. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов. Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.

### **Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения**

Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электрон-транспортных цепей в мембране.

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

### **Биофизика сократительных систем**

Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных.

### **Биофизика рецепции**

Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов с рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала.

Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала.

Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране.

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

## **БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах**

Взаимодействие квантов с молекулами. Первичные фотохимические реакции.

Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно – конформационных взаимодействий. Основные стадии фотобиологического процесса.

### **Биофизика фотосинтеза.**

Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции. Организация и функционирование фотореакционных центров. Первичный акт фотосинтеза. Электронно - конформационные взаимодействия.

### **Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы**

Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез.

## **Регламент проведения вступительного испытания**

Консультация по содержанию, регламенту, форме проведения вступительного испытания, а также критериям оценивания экзаменационных ответов проводится, как правило, за один-два дня до назначенной даты проведения экзамена.

Экзамен проводится в устной форме. Каждый допущенный к экзамену получает билет, содержащий 3 вопроса из «Перечня вопросов ...». Вопросы билета выбираются случайным образом так, чтобы в одном билете были вопросы, относящиеся к разным разделам биофизики. Свои ответы участвующие в экзамене письменно фиксируют на выданных листах, затем происходит собеседование. В процессе собеседования экзаменаторы могут задавать дополнительные вопросы по темам, входящим в билет. Время на подготовку – 60 минут. Абитуриент, по согласованию с комиссией, может отвечать раньше, чем через 60 минут после начала подготовки ответа. В представленном листе ответа должны быть сформулированы основные законы, относящиеся к заданному вопросу, математические формулы, выражающие эти

законы, необходимые рисунки и графики. В ходе подготовки к ответу категорически запрещается пользоваться любой литературой, в том числе справочной. Не допускается использование мобильных средств связи.

При выявлении фактов использования поступающим каких-либо технических средств и устройств, способствующих получению информации по содержанию экзаменационного билета, данный факт фиксируется в протоколе, и поступающий удаляется с экзамена.

### **Критерии оценки вступительного испытания по биофизике.**

Оценка выставляется по 100 бальной шкале. За каждый из первых двух вопросов максимальная оценка составляет 35 баллов, за третий вопрос максимальная оценка составляет 30 баллов, так как третий вопрос является более узким. Общая оценка определяется суммированием оценок за три вопроса.

Удовлетворительной считается оценка от 30 баллов и выше.

1. Для получения оценки 30-60 баллов экзаменуемый должен изложить хотя бы схематический ответ на два из трех вопросов билета и знать основные понятия по оставшемуся вопросу.
2. Для получения оценки 60-80 баллов экзаменуемый должен изложить ответы на три вопроса билета. При этом могут отсутствовать строгие математические выводы основных законов, примеры, иллюстрирующие описываемые явления и т.д.
3. Для получения оценки 80-100 баллов абитуриент должен полно, последовательно изложить ответы на все вопросы билета, ответить на дополнительные вопросы по темам билета.
4. Критерием для выставления итоговой оценки менее 30 баллов является полное отсутствие ответов на два вопроса или незнание основных законов по всем вопросам билета.

Оценка дифференцируется в указанных пределах в зависимости от полноты ответа, наличия ответов на дополнительные вопросы по темам, обозначенным в билете, умения оперировать расчетными формами и т.д.

**При выставлении оценки абитуриенту даются пояснения по суммарному баллу.**

### **Основная литература:**

1. Антонов, В.Ф. Биофизика: Учебник для студентов высших учебных заведений / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, В.И. Пасечник. - М.: ВЛАДОС, 2006. - 287 с.
2. Плутахин, Г.А. Биофизика: Учебное пособие / Г.А. Плутахин, А.Г. Кощаев. - СПб.: Лань, 2012. - 240 с.
3. Рубин А. Б. Биофизика М.: Книжный дом, «Университет» - 1999–2000.Т.1-2.-.
4. Сердюк, И. Методы в молекулярной биофизике: структура, функция, динамика. В 2-х т. Методы в молекулярной биофизике: структура, функция, динамика: Учебное пособие / И. Сердюк. - М.: КДУ, 2010. - 1304 с.
5. Черныш, А.М. Физика и биофизика: Учебник / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, Е.К. Козлова. - М.: ГЭОТАР - Медиа, 2013. - 472 с.