

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(государственный университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ О.А.Горшков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

КАФЕДРА ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИИ НАНОСТРУКТУР

ПРОГРАММА

вступительных испытаний поступающих на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 06.06.01 БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАПРАВЛЕННОСТЬ: 03.01.02 Биофизика

Форма проведения вступительных испытаний: устный экзамен,  
собеседование

ЗАВ. КАФЕДРОЙ \_\_\_\_\_  
(подпись)

Чупин В.В.  
(фамилия)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014 года.

# **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА**

## **Кинетика биологических процессов**

Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа.

Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных 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.

Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах. 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.

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.

## **Динамические свойства глобулярных белков**

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люменесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов.

Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.

## **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.

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

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. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.

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.

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

Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны.

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.

Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана–раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста–Планка.

Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

Ионные каналы. Ионфоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы).

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. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Флуктуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах.

Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. 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.

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

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.

Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной  $H^+$ -АТФазы.

Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; 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.

### **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, Дешеревского, Хилла.

Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

### **Биофизика рецепции**

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

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.

# БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах

Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции.

Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.

Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

## Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы

Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.

Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями.

Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

*Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., и др.* Молекулярная биология клетки. М., 2013.

*Рубин А.Б.* Биофизика. В 2-х кн. Учеб. для биол. спец. вузов. М., 2004

### Дополнительная

\**Антонов В.Ф.* Липиды и ионная проницаемость мембран. М., 1982. 151с.

*Биологические мембраны.* Методы. Под ред. Дж. Финдел, У.Эванеса. М., 1990.

*Болдырев А.А. и др.* Биохимия активного транспорта ионов и транспортные АТФазы. М., 1983. 126 с.

\*Введение в мембранологию. М. 1990 208 с. (авторы Болдырев и др.)

\**Владимиров Ю.А. и др.* Биофизика. М., 1983. 272 с.

\**Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С.* Стресс у растений. Биофизический подход. М. МГУ, 1993 144 с.

*Волькенштейн М.В.* Биофизика. М., 1981. 575 с.

*Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д.* Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. М., 1992. 159 с.

\**Кольс О.Р., Максимов Г.В., Раденович Ч.Н.* Биофизика ритмического возбуждения М. 1993. 302 с.

\**Рубин А.Б.* Термодинамика биологических процессов. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1984, 285 с.