

## **Программа вступительного экзамена в аспирантуру**

Направление подготовки: **06.06.01 – Биологические науки**

Направленность (профиль) подготовки: **биофизика**

Казань 2015 г.

## ***Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по направленности (профилю) подготовки***

по специальной дисциплине, соответствующей направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре **06.06.01 – Биологические науки**

### **ВВЕДЕНИЕ.**

Предмет биофизики. Взаимоотношение биофизики с биологией, физикой, химией. Методические проблемы биофизики. История развития биофизики.

### **ТЕРМОДИНАМИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ.**

Биосистемы как термодинамические системы. Роль энергетических процессов. Основные этапы преобразования энергии в биосфере. Первый закон термодинамики и его применимость к биосистемам. Колориметрия как метод исследования биологических процессов. Интенсивность метаболизма. Теплообмен. Второй закон термодинамики и направление биологических процессов. Процессы обратимые и необратимые. Равновесное состояние. Свободная энергия и работа. Эффективность биоэнергетических процессов. Статистический смысл энтропии. Энтропия и упорядоченность. Антиэнтропийные свойства биологических систем, их количественная оценка. Принцип устойчивого неравновесия Бауэра. Основные положения термодинамики необратимых процессов – постулаты Онзагера. Сопряженные процессы. Стационарное состояние. Направление эволюции открытых систем – теорема Пригожина и попытки ее использования для описания развития биосистем. Проблема самоорганизации – возникновения высокоупорядоченных живых систем – с позиций линейной термодинамики. Нелинейные процессы и диссипативные системы. Понятие об устойчивости системы. Упорядоченность равновесная и динамическая, пространственная и временная.

### **БИОИНФОРМАТИКА.**

Энергетическое и информационное взаимодействие. Биосистема как информационная система. Сигналы. Кодирование. Оптимальны коды. Универсальная схема связи, измерение количества информации. Энергетическая стоимость информационного процесса. Информация как мера упорядоченности биосистем. Связь информации и энтропии. Структура информационных систем, их типы. Понятие обратной связи. Системы управления, их элементы и обобщенная структура, типы систем управления – внутренние и внешние, открытые и замкнутые. Основные понятия теории управления. Функциональные системы организма. Специфика биологических систем управления. Сенсорные системы и их роль. Проблема распознавания образов. Моделирование биосистем. Логические модели управления – на клеточном, органном, организменном и экологическом уровнях. Понятие о математических моделях. Динамические системы. Принцип простоты. Качественные методы исследования систем. Физическое моделирование живых систем. Проблемы искусственного интеллекта. Эвристическое моделирование мышления. Технические системы восприятия изображений роботами. Перспективы робототехники. Нейробиологический подход к конструированию роботов и вычислительных систем.

### **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА.**

Уровни структурной организации биологических макромолекул. Факторы, воздействующие на структуру биомолекул. Первичная структура белков и нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). Структурные формы молекул синтетических гомополипептидов и белков (альфа-спираль, бета-структура, клубок). Вторичная структура ДНК и РНК. Различные (структуры) формы двойной спирали ДНК. Третичная и четвертичная структуры биологических макромолекул.

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.

Основы методов изучения структуры биологических макромолекул и их моделей. Использование ИК-спектроскопии для изучения вторичной структуры полипептидов и белков (спектры поглощения и дихроизм в ИК-области). УФ-спектроскопия полипептидов, белков и нуклеиновых кислот как метод исследования конформации. Гиперхронизм ДНК и белков и его использование для определения степени спиральности. Оптическая активность как метод изучения конформационных переходов спираль-клубок в полипептидах и ДНК. Дисперсия оптической активности (ДОА) и круговой дихроизм (КД). Использование ДОА для изучения переходов спираль-клубок в полипептидах и определение степени спиральности белков. Спектры КД и определение трех структурных форм в белках и двойной спирали ДНК. Флуоресцентная спектроскопия. Изучение подвижности в биологических молекулах и их моделях методами ЯМР, ЭПР и люминесценции.

Теоретические основы формирования пространственной структуры макромолекул. Физико-химические характеристики полимерных цепей. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение. Различные типы средней молекулярной массы. Внутреннее вращение в полимерных цепях. Основные конформации макромолекул: статистический клубок, жесткие спирали и глобулы. Моделирование пространственной структуры макромолекул. Основные положения статистической теории полимерных цепей. Размеры, форма, плотность, гибкость (равновесная и кинетическая) полимерной цепи. Особенности растворов макромолекул. Энтропийный характер растворения, неидеальность растворов, влияние растворителя на конформацию макромолекулы. Физические основы некоторых методов изучения размеров, формы, гибкости макромолекул в растворе (вязкость, диффузия, седиментация). Влияние невалентных взаимодействий на конформацию макромолекул (H-связь, гидрофобные, электростатические взаимодействия). Конформационные особенности макромолекул полиэлектролитов. 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.

### **ФОТОБИОЛОГИЯ.**

Основные фотобиологические процессы и их общая характеристика. Основные биопигменты, их структура, спектры поглощения в связи со структурой молекул. Спектры действия и определение фоторецептора. Возбужденное состояние пигмента и пути его дезактивации. Естественное время жизни возбужденного состояния и его связь с эффективностью поглощения. Пути растраты энергии возбужденного состояния. Квантовый выход, его определение. Люминесценция, ее законы и роль в фотопроцессах. Флуоресценция и фосфоресценция. Фотохимические процессы – фотовосстановление, фотоокисление, фотоизомеризация, фоторазложение. Фотосенсибилизация. Фотодинамическое действие. Действие УФ на белки и НК. Фотоактивация биологических систем. Ферментативная фотоактивация. Биофизические аспекты фотосинтеза – состав и структура фотосинтетической единицы. Сопряжение процессов фотовозбуждения с последующими звеньями фотосинтеза. Полимодалность хромофоров, пути миграции энергии в фотосинтетической единице, первичная стабилизация энергии возбуждения, состав и механизмы функционирования электрон-транспортной цепи, роль мембранных структур. Начальные этапы взаимодействия кванта света с родопсином зрительных фоторецепторов и бактериородопсином. Молекулярные механизмы фототропизма, фотопериодизма, фототаксиса, биолюминесценции.

### **ДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ.**

Действие ионизирующей радиации. Первичные процессы поглощения ионизирующих излучений. Относительная биологическая эффективность различных видов излучений.

Первичные физико-химические процессы, приводящие к инактивации молекул. Прямое и косвенное действие. Действие излучений на клетку. Концепция мишени. Радиопротекторы. Электромагнитные поля, их основные характеристики. Действие электромагнитных полей на субклеточные структуры, клетки и организмы, возможные механизмы действия. Магнитное поле и его действие на организм. Возможные механизмы рецепции магнитного поля. Температура и ее влияние на биологические процессы. Высокое давление и механизмы его влияния на биообъекты. Ультразвук, его характеристики. Действующие факторы ультразвукового поля. Ультразвуковая эхолокация.

### **БИОМЕХАНИКА.**

Пассивные механические характеристики биологических тканей, их специфика. Молекулярная структура сократительного аппарата мышечных волокон. Феноменология и термодинамика мышечного сокращения. Теория скользящих нитей и ее экспериментальное обоснование. Кинетическая теория мышечного сокращения. Немышечные формы подвижности и их молекулярные основы. Динамика кровообращения. Реология крови. Сосудистое русло как гидравлическая сеть. Общие физико-математические закономерности движения крови по кровеносному руслу. Проявление реологических особенностей крови в различных отделах системы кровообращения. Модели кровеносной системы. Ходьба и бег. Гидродинамика плавания и аэродинамика полета. Энергетика локомоции. Способы повышения эффективности локомоции в живых системах.

### **БИОФИЗИКА МЕМБРАН.**

Структурная организация и состав биологических мембран. Мембранные липиды. Химические свойства. Состав липидов бактерий. Липиды эукариотов. Липиды вирусов. Жирнокислотный состав мембранных липидов. Липиды мембран опухолевых клеток. Поведение липидов в воде. Взаимная упаковка холестерина и фосфолипидов. Состав и структура мембранных белков.

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

Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектрогенез. 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. Гидравлическая проводимость, коэффициенты отражения. Измерения внутриклеточного давления в гидростатических и осмотических опытах. Определение механических свойств и водной проницаемости клеток. Аномальный осмос. Аквапорины. Электроосмос, электрофорез и электрокинетические явления. 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. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Активный транспорт. Ионные насосы различных типов. Активный транспорт  $H^+$  в простой хемиосмотической системе. Термодинамические соотношения для обратимого АТФ-зависимого  $H^+$ -насоса. Модель активации  $H^+$ -АТФ-азы электрохимическим градиентом протонов.  $Na,K$ -насос. Схема Поста-Альберса. Методы исследования (реконструированные системы, флуоресцентные зонды). Использование проникающих ионов для оценки мембранного, дипольного и поверхностного потенциала. Биологические эффекты поверхностного заряда и поверхностного потенциала (влияние на  $pH$  у поверхности мембран,  $pK$ , агрегацию мембран, редокс-реакции). Уравнение Гуи-Чэпмена. Определение поверхностного заряда по изоэффективным концентрациям одно- и двухвалентных ионов. Потенциал покоя, его происхождение (электродные, оптические и др. методы определения). Электрохромизм. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

***Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного экзамена в аспирантуру по направленности (профилю) подготовки***

по специальной дисциплине, соответствующей направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре **06.06.01 – Биологические науки**

**Основная литература**

1. Артюхов В.Г. Биофизика: учебник для вузов Серия: Фундаментальный учебник. - Екатеринбург: Деловая книга, Академический проект, 2009. ISBN: 978-5-8291-1081-9, 978-5-88687-203-3
2. Джаксон, Мейер Б. Молекулярная и клеточная биофизика -М.: Мир: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2009. -551 с.
3. Журавлев А.И., Белановский А.С., Новиков В.Э. и др., Основы физики и биофизики, 2008, БИНОМ. Лаборатория знаний (ISBN 978-5-94774-777-5)

**Дополнительная литература**

1. Рубин, Андрей Борисович Биофизика: В 2 т.: Учеб. для студентов биол. спец. вузов/ Андрей Борисович Рубин. - 2-е изд., испр. и доп. Т. 1: Теоретическая биофизика -М.: Кн. дом "Университет", 1999. -448 с.: ил.
2. Рубин, Андрей Борисович Биофизика: В 2 т.: Учеб. для студентов биол. спец. вузов/ Андрей Борисович Рубин. - 2-е изд., испр. и доп. Т. 2: Биофизика клеточных процессов -М.: Кн. дом "Университет", 2000. -467
3. Антонов, Валерий Федорович, Черныш, Александр Михайлович, Пасечник, Виктор Иванович Биофизика : учебник . -3-е изд., испр. и доп. -М.: ВЛАДОС, 2006. 287.
5. Волькенштейн, Михаил Владимирович Биофизика: учеб. пособие. -3-е изд., стер. -СПб.; - М.; -Краснодар: Лань, 2008. -594.