

### **Программа вступительного экзамена**

при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по дисциплине:

## **БИОФИЗИКА**

### *1. Пояснительная записка*

Программа вступительного экзамена при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по биофизике разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней *специалист, магистр*.

Цель испытаний – определить способность поступающих использовать теоретические основы разделов биофизики при решении профессиональных задач.

Вступительный экзамен по специальной дисциплине проводится в устной форме по вопросам программы. Поступающим предлагаются два основных вопроса из программы, на подготовку ответов отводится один час, тезисы ответа записываются поступающими на бланках ответа. Помимо основных вопросов члены комиссии могут задать поступающим дополнительные вопросы, не требующие длительной подготовки.

### *2. Программа вступительных испытаний*

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 процес-

сы. 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 биомacroмолекул. 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 определе-

ния степени спиральности. Оптическая активность как метод изучения конформационных переходов спираль-клубок в полипептидах и ДНК. Дисперсия оптической активности (ДОВА) и круговой дихроизм (КД). Использование ДОВА 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 (Н-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. Полиmodalность 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 не прямое 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 био-

мембран. 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 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. 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.

### 3. Критерии оценки знаний

<b>Отлично</b>	Демонстрирует глубокие, специализированные знания по материалам дисциплины
<b>Хорошо</b>	Знает материал дисциплины, но допускает некоторые ошибки

<b>Удовлетворительно</b>	Демонстрирует фрагментарное, не систематическое знание материала дисциплины
<b>Неудовлетворительно</b>	Не имеет знаний по материалам дисциплины

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания

- при поступлении в рамках контрольных цифр – *хорошо*
- при поступлении по договорам об оказании платных образовательных услуг – *удовлетворительно*

#### **4. Рекомендуемая литература**

1. Антонов, Валерий Федорович, Черныш, Александр Михайлович, Пасечник, Виктор Иванович Биофизика : учебник . -3-е изд., испр. и доп. -М.: ВЛАДОС, 2006. 287.
2. 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
3. Волькенштейн, Михаил Владимирович Биофизика: учеб. пособие. -3-е изд., стер. -СПб.; -М.; -Краснодар: Лань, 2008. -594.
4. Джаксон, Мейер Б. Молекулярная и клеточная биофизика -М.: Мир: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2009. -551 с.
5. 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)
6. 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.
7. 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