

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Биологический факультет

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,  
академик РАН



/М.П. Кирпичников/

\_\_\_\_\_ 2022 г.

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

**(для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)**

### **1.5.2. Биофизика**

кафедра биоинженерии биологического факультета МГУ

Программа рассмотрена и одобрена  
Ученым советом факультета  
(протокол № 6 от 26 мая 2022 г.)

## I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа предназначена для организации приема вступительного экзамена в аспирантуру по биофизике и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания. (все темы и вопросы должны быть не выше ФГОС ВО магистратуры и специалитета)

## II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Предмет и задачи биофизики, их место и роль в современной биологии. Значение методов биофизики при изучении природных процессов, в хозяйственной деятельности человека и здравоохранении.

### **Состояние и развитие современной биофизики**

Предмет и задачи биомеханики и биоинженерии, их место и роль в современной биологии. Главные направления развития современной биофизики. Основные методы биофизики.

### **Теоретическая биофизика**

Механика полимерной цепи. Ланжевеновская и броуновская динамика. Стохастические подходы к конформационной динамике биополимеров. Методы изучения динамики полимеров и биополимеров (ЯМР, ЭПР, эффект Мессбауэра, рентгено-динамический анализ, оптические методы). Вязкоупругие модели белковых глобул.

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.

Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний. Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость.

Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа. Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен.

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. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов. 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.

### **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 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. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные 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 функционировании ферментов и транспортных белков.

Электронные свойства биополимеров. Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний. 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.

Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.

Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Формула для константы скорости образования многоцентровой активной конфигурации.

### **Методы исследований в биофизике**

Излучения как инструмент исследований структуры и свойств молекул. Рентгеноструктурный анализ, лучевая ультрамикрометрия, радиационно-химические методы. Спектроскопия в УФ и видимой области. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Инфракрасное излучение, инфракрасная спектроскопия. Микроволновая спектроскопия, спектроскопия ЭПР, спектроскопия ЯМР, диэлектрическая спектроскопия, методы электропроводности.

Рентгеноструктурный анализ. Синхротронное излучение, рентгеновские лазеры на свободных электронах.

Просвечивающая электронная микроскопия. Устройство просвечивающего электронного микроскопа. Виды источников электронов и электронных детекторов. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии (негативное контрастирование, крио-ЭМ). Отличия сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

Атомно-силовая микроскопия. Принцип действия атомно-силового микроскопа. Основные понятия: кантилевер, сканирование, обратная связь, пьезоманипулятор. Обработка изображений, полученных с помощью АСМ. Основные режимы АСМ: контактный, полуконтактный, силовая спектроскопия. Быстрая съемка силовых кривых. Особенности использования АСМ в жидкости. Взаимодействие биополимеров с твердой подложкой. Выбор подложек для АСМ, примеры влияния подложки на конформацию адсорбированных объектов.

## **III. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПОДГОТОВКИ**

Реферат по избранной специальности подготовки представляет собой обзор литературы по теме будущего научного исследования и позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, входящую в общий экзаменационный балл.

## IV. ПРИМЕРЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

### Билет №1

**Вопрос 1.** Механика полимерной цепи. Ланжевеновская и броуновская динамика. Стохастические подходы к конформационной динамике биополимеров.

**Вопрос 2.** Пространственная организация биополимеров. Макромолекула как основа организации биоструктур.

**Вопрос 3.** Нуклеиновые кислоты. Биологическая роль. Роль ДНК в биосинтезе белка. Понятие о триплетном коде. Химическое строение и пространственная структура нуклеиновых кислот (ДНК, РНК).

### Билет №2

**Вопрос 1.** Колебания. Осциллятор с затуханием

**Вопрос 2.** Стохастические подходы к конформационной динамике биополимеров. Методы изучения динамики полимеров и биополимеров

**Вопрос 3.** Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

## V. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 1. ОСНОВНАЯ

Шульц Г., Ширмер Р. Принципы структурной организации белков. М., Мир, 1982  
Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. В 3 т. М.: Мир, 1994 г.

Гроссберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. Наука, М., 1989.

Рубин А.Б. Биофизика. т.1-2. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2013.- 472с.

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

### 2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

Феофанов А.В. Основы оптической микроскопии: учебно-методический комплекс для бакалавров направления подготовки "Нанотехнология" с профилем подготовки "Нанобиотехнологии" / Феофанов А.В., - М.: НОУДПО "Институт АйТи", 2011. - 162 с. ISBN 978-5-98453-041-5.

Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. И дополн.) М.-Ижевск: РХД, 2011 г. 560 стр.

Нанобиотехнологии: практикум. Под ред. А. Б. Рубина. М.: Бином, 2011. 384 стр.

## **V. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

Уровень знаний поступающих в аспирантуру МГУ оценивается по десятибалльной шкале. При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Результаты сдачи вступительных экзаменов сообщаются поступающим в течение трех дней со дня экзамена путем их размещения на сайте и информационном стенде структурного подразделения. Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил семь баллов и выше.

## **VI. АВТОРЫ**

1. Шайтан Константин Вольдемарович, дфмн, профессор, профессор кафедры биоинженерии