

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)

### 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия

кафедра биоинженерии биологического факультета МГУ

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

Москва - 2022

## I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа предназначена для организации приема вступительного экзамена в аспирантуру по биомеханике и биоинженерии 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 биомеханики и биоинженерии, их место и роль в современной биологии. Значение свойств объектов биоинженерии и биоматериалов в природных процессах, в хозяйственной деятельности человека и здравоохранении.

### **Состояние и развитие современной биомеханики и биоинженерии.**

Предмет и задачи биомеханики и биоинженерии, их место и роль в современной биологии. Значение биомеханики и биоинженерии в народном хозяйстве и здравоохранении. Главные направления развития современной биомеханики и биоинженерии. Основные методы биомеханики и биоинженерии.

### **Основы механики и биомеханики.** Механика материальных точек.

Принцип наименьшего действия. Функции Лагранжа. Уравнения движения. Законы сохранения. Механическое подобие. Одномерные задачи. Задача двух тел. Движение в центрально-симметричном поле. Колебания. Осциллятор с затуханием. Механика твердого тела. Поступательное и вращательное движения. Упругие и пластические деформации. Вязкоупругость. Время релаксации. Механика полимерной цепи. Динамика шарнирно сочлененной цепи в вязкой среде. Ланжевеновская и броуновская динамика. Стохастические подходы к конформационной динамике биополимеров.

Методы изучения динамики полимеров и биополимеров (ЯМР, ЭПР, эффект Мессбауэра, рентгенодинамический анализ, оптические методы). Вязкоупругие модели белковых глобул.

Основные понятия и уравнения теории упругости. Тензоры деформаций и напряжений. Модули Юнга. Коэффициенты Пуассона. Физические и молекулярные основы прочности и вязкоупругости материалов. Теоретическая прочность. Методы молекулярного моделирования для изучения свойств и функциональной активности материалов и биоматериалов. Механические характеристики биологических тканей. Распространение ультразвука в биоматериалах. Методы изучения. Изучение вязкоупругих свойств биоматериалов методами атомно-силовой микроскопии.

## **Пространственная и динамическая организация биомакромолекул.**

Нуклеиновые кислоты. Биологическая роль. Роль ДНК в биосинтезе белка.

Понятие о триплетном коде. Химическое строение и пространственная структура нуклеиновых кислот (ДНК, РНК). Модель Уотсона-Крика. Разнообразие формы структур ДНК и РНК. Вода и нуклеиновые кислоты. Взаимодействие с белками. Базы данных по нуклеиновым кислотам.

Пептиды. Биологическая роль. Пептидная связь, ее электронное строение и конфигурация. Строение и свойства аминокислотных остатков. Неполярные и полярные боковые группы. Заряженные боковые группы. Вторичная структура полипептидов. Методы экспериментального обнаружения вторичной структуры. Белки. Биологическая роль. Физико-химические свойства и системы классификации. Особенности состава и пространственной структуры. Иерархия уровней пространственной организации белков. Регулярные структуры полипептидной цепи:  $\alpha$ -спираль,  $\beta$ -тяжи,  $\beta$ -изгибы. Пространственная и четвертичная структура белков. Принципы структурной организации глобулярных и фибриллярных белков. Структура и функция ферментов. Белки, образующие матрикс – эластин, коллаген. Мембранные белки, особенности их строения и функции. Базы данных по белкам.

Физические взаимодействия, определяющие пространственную структуру биомолекул. Понятие эмпирического силового поля. Валентные и невалентные взаимодействия в биополимерах. Конформации и конформационная подвижность биомакромолекул. Роль эффектов среды в структурной организации биополимеров. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биомолекулярных системах. Шкалы гидрофобности. Учет влияния растворителя в расчетах энергии биомолекулярных систем.

Самоорганизация пространственной структуры биополимеров. Парадокс Левинталя. Переход клубок-глобула. Расплавленная глобула. Отличие белковой цепи от случайного сополимера. Проблема сворачивания (фолдинга) биополимеров.

**Генно-инженерные методы.** Направленный мутагенез белков. Получение гена и создание эффективной системы экспрессии. Получение белка и его исследование. Анализ результатов и постановка задачи для мутагенеза. Получение и исследование мутантного белка. Ферменты, используемые в генной инженерии. Рестриктазы и метилазы, лигазы, ДНК-полимеразы. Клонирование генов. Проблема точности синтеза. Клонирование фрагментов, полученных в результате ПЦР. Практическое применение полимеразной цепной реакции.

Экспрессия генов. Способы экспрессии генов в белковой инженерии – прямая экспрессия, гибридная экспрессия и экспрессия с секрецией. Особенности различных способов экспрессии. Экспрессия в *E. coli*, дрожжах, клетках насекомых на основе бакуловирусов, клетках млекопитающих. Бесклеточная система экспрессии. Прокариотические и эукариотические бесклеточные системы экспрессии.

Препаративное получение целевых белков. Проблемы препараторной экспрессии: тельца включения, деградация, неправильное сворачивание. Создание эффективной системы экспрессии – ключевой этап в работе белкового инженера. Получение системы экспрессии на примере нейротоксинов.

Ренатурация белков. Основные этапы ренатурации белков из телец включения: растворение телец включения с помощью денатурирующих агентов, понижение концентрации денатурантов, создание условий для образования дисульфидных связей. Влияние различных низкомолекулярных веществ на процесс ренатурации.

### **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.** Предмет и задачи биомеханики и биоинженерии, их место и роль в современной биологии. Значение биомеханики и биоинженерии в народном хозяйстве и здравоохранении.

**Вопрос 2.** Механика материальных точек. Принцип наименьшего действия. Функции Лагранжа. Уравнения движения. Законы сохранения. Механическое подобие.

**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.

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая механика. Физматгиз. М.:1972.

Гросберг 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.

Глик Б., Пастернак Д. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. — М.: Мир, 2002, 589 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.

Multidimensional microscopy / Cheng P.C. et al. ed. - New York etc. : Springer, Cop. 1994

Murray, J.M. (2005) Confocal microscopy, deconvolution, and structured illumination methods. In Live Cell Imaging – A Laboratory Manual (Goldman, R.D., Spector, D.L., eds.) Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, - pp. 239-279.

## **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, д-р-м.н., профессор, профессор кафедры биоинженерии