

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии



В.Д. Нечаев
(Ф.И.О)

«20» января 2026 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание по специальной дисциплине

(название вступительного испытания)

научная специальность

1.5.2. Биофизика

(шифр и название научной специальности)

уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

(название уровня ВО)

Севастополь
2026

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине при приеме на обучение по научной специальности 1.5.2. Биофизика:

1. Разработана на кафедре «Физика» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в соответствии со следующими нормативными документами:

– Порядок приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 18.04.2025 № 366;

– Правила приема в федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2026 году;

– Положение о приемной комиссии федерального государственного автономного учреждения «Севастопольский государственный университет»;

– Положение о экзаменационных комиссиях федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»;

– Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология (уровень магистратуры), утвержденный Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11.08.2020 № 934.

– Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология, принятая решением Ученого совета 27.04.2023, протокол № 31, утвержденная ректором ФГАОУ ВО «Севастопольского государственного университета» 02.05.2023.

2. Разработчики программы: Руководитель рабочей группы – Лантушенко А.О., доцент кафедры «Физика», Костюков В.В., профессор кафедры «Физика», Мосунов А.А., доцент кафедры «Физика».

3. Утверждена на заседании кафедры «Физика» от « 20 » февраля 2026 г., протокол № 6.

Председатель профессиональной
экзаменационной комиссии,
доцент кафедры «Физика»


(подпись)

_____ А.О. Лантушенко
(дата)

Заведующий кафедрой «Физика»


(подпись)

_____ О.С. Завьялова
(дата)

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения и порядок проведения вступительного испытания...	4
2. Основное содержание программы вступительного испытания.....	5
3. Шкала оценивания и минимальное количество баллов, подтверждающее успешность прохождения вступительного испытания.....	15
4. Список рекомендуемой литературы для подготовки к вступительному испытанию.....	16

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание обеспечивает контроль выполнения требований к подготовке лиц, поступающих в аспирантуру, т.е. имеющих диплом магистра или специалиста. Основной целью вступительного испытания является формирование конкурсного балла, который, помимо оценки по испытанию, содержит средний балл диплома магистра или специалиста.

Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится профессиональной экзаменационной комиссией, в которую входят профессора или доктора наук по профилю вступительного испытания. Персональный состав комиссии утверждается приказом ректора СевГУ.

Списки лиц, допущенных к вступительному испытанию, утверждаются протоколом приемной комиссии.

Вступительное испытание включает задания по следующим дисциплинам цикла профессиональной подготовки:

- молекулярная биофизика;
- моделирование биофизических систем;
- ЯМР-спектроскопия биологических молекул;
- молекулярная биология;
- физика биополимеров;
- многомерная ЯМР-спектроскопия;
- спектроскопия молекулярных систем.

Вступительные испытания проводятся по билетам в письменной форме. Для ответа поступающие используют бланки установленной формы, которые хранятся в личном деле поступающего не менее одного года.

Проведение вступительного испытания оформляется протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протокол приема вступительного испытания подписывается членами комиссии и утверждается председателем комиссии. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

Решение об оценке знаний поступающего, выявленных при сдаче испытания, и рекомендациях к приему на уровень подготовки кадров высшей квалификации принимаются профессиональной экзаменационной комиссией на закрытом заседании. Оценки и рекомендации объявляются поступающим после оформления ведомости проведения вступительного испытания на следующий день после испытания. В случае несогласия поступающего с оценкой он имеет право подать апелляцию в порядке, определенном Положением о приемной комиссии СевГУ.

1. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

РАЗДЕЛ 1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА

1.1. Физические взаимодействия в биомолекулах

Предмет молекулярной биофизики. Роль молекулярной биофизики в курсе «Биофизика». Понятие электронных и конформационных свойств макромолекул.

Общая классификация взаимодействий в биомолекулах. Потенциал взаимодействия. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия. Вывод потенциала ориентационных и индукционных взаимодействий. Природа дисперсионных взаимодействий. Потенциал дисперсионных взаимодействий. Атом-атомные потенциалы Букингема и Леннарда-Джонса.

Электростатические взаимодействия. Парциальные заряды и природа их возникновения. Водородная связь. Потенциал водородной связи. Экспериментальные методы идентификации водородной связи.

Особенности строения воды. Льдообразная и жидкая вода. Аномалия плотности и теплоемкости воды. Гидратация полярных и неполярных групп. Клатратные гидраты. Природа возникновения гидрофобных взаимодействий в воде. Термодинамика гидрофобных взаимодействий.

1.2. Физика нуклеиновых кислот

Первичная структура нуклеиновых кислот (НК). Нуклеотиды и их строение. Полярность полинуклеотидной цепи. Вторичная структура НК. История открытия. Правила Чаргаффа. Комплементарные пары оснований, большая и малая канавки ДНК.

Конформационные параметры ДНК. Параметры, описывающие геометрию спиральной молекулы, конформационные параметры сахарофосфатного остова, эндо- и экзо-конформации сахара. А- и В-семейства ДНК. Условия существования, биологическая роль и основные параметры А, В, С, Z форм ДНК. Особенности Z-формы ДНК.

Кольцевые и сверхспирализованные ДНК. Степень суперспиральности. Биологическая роль сверхспирализации. Гиразы и топоизомеразы. Механизм действия топоизомераз. Шпилечные структуры ДНК и их биологическая роль. Стабильность шпилечных структур. Особенности связывания лигандов со шпилечными структурами.

Динамика нуклеиновых кислот. Временная шкала градации внутренней подвижности НК. Уровни иерархии сложности моделей внутренней подвижности. Дискретные и континуальные модели.

Модель внутренней подвижности ДНК Ингландера. Вывод и решение уравнение синус-Гордона. Особенности распространения конформационной волны кинка. Интерпретация эффектов дальнего действия в НК.

1.3. Физика белка

Аминокислотная последовательность. Нейтральные, кислотные и основные канонические аминокислотные остатки. Глобулярные, фибриллярные и мембранные белки. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белка. Стереохимия L-аминокислотных остатков, валентные связи и углы между ними, их колебания. Вращение вокруг валентных связей. Пептидная группа. Конформационная подвижность белка. Сворачивание полипептида в белковую глобулу. Структура белковой глобулы. Конформационная релаксация белка.

1.4. Связывание ионов металлов с биополимерами

Физико-химические особенности биополимеров в физиологическом растворе. Протонирование и ионизация атомных групп. Экранирующий эффект противоионов. Специфическое и неспецифическое связывание. Механизм и модели специфического связывания (внутрисферный и внешнесферный комплекс, атмосферный ион). Биологическая роль связывания ионов металлов с биополимером.

Теория Дебая-Хюккеля. Дебаевский радиус экранирования и его физический смысл. Электростатическая энергия свернутого полимера.

Полиэлектролитная теория Маннинга. Физические факторы, определяющие равновесие ионной атмосферы с биополимером. Случай полного связывания и полной диссоциации ионной атмосферы.

1.5. Электронные свойства биополимеров

Представление об электронно-конформационных взаимодействиях в биополимерах. Механизмы переноса электрона. Полупроводниковая модель и модель туннельного транспорта электрона.

Решение уравнения Шредингера для случая переноса электрона в простейшей двухуровневой системе. Квантово-механические биения. Перенос при наличии диссипативных процессов.

Механизмы миграции энергии в биоструктурах. Представление об индуктивно-резонансном, обменно-резонансном и экситонном механизмах. Миграция энергии электронного возбуждения при фотодиссоциации карбомиоглобина.

1.6. Основы физики полимеров

Специфические особенности биополимеров. Специфика структуры: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры макромолекул. Специфика состояний: сильноразбавленный, полуразбавленный и концентрированный раствор. Специфика физических свойств: линейная память и объемные взаимодействия.

Высокоэластичность полимерных цепей (аналогия с идеальным газом), энтропийная природа упругости полимеров. Гибкость полимеров.

Модель идеальной свободно-сочлененной цепи. Распределение длин полимерной цепи. Вывод выражения для упругой силы при растяжении идеальной полимерной цепи.

Модель идеальной цепи со свободным вращением связей и фиксированными валентными углами. Вывод формулы Ока-Тейлора. Куновский сегмент.

Реальные цепи. Потенциал внутреннего вращения (для этана и n-бутана). Физические факторы, определяющие заторможенность вращения вокруг связей. Транс-, цис- и гош-конформации молекулярных цепей.

Поворотная изомерия. Равновесное распределение ротамеров n-бутана. Методы экспериментального разделения ротамеров.

Реальная полимерная цепь с фиксированными валентными углами и заторможенностью вращения вокруг связей. Приближение жесткой цепи. Поворотной-изомерная теория макромолекул. Оценка размеров цепи для полиэтилена.

Кооперативные процессы в макромолекулах. Природа упругости полимеров при учете кооперативных взаимодействий.

Одномерная кооперативная модель полимерной молекулы (вывод выражения для статистической суммы). Средний размер и внутренняя энергия полимера. Размер цепи при учете кооперативных взаимодействий.

Модель червеобразной цепи. Персистентная длина цепи и ее связь с Куновским сегментом). Вывод формулы для расчета средних размеров цепи.

1.7. Объемные взаимодействия в макромолекулах

Объемные взаимодействия в макромолекулах. Коэффициент набухания макромолекулы. Влияние внешних факторов на размер макромолекулы. Качество растворителя, Θ - точка.

Фазовые состояния полимерной цепи – клубок и глобула. Условия существования клубка и глобулы. Свободная энергия макромолекулы. Качественное описание переходов глобул-клубок в полимерных макромолекулах. Зависимость характера перехода от жесткости полимера.

Теория переходов спираль-клубок. Зависимость доли связанных звеньев от параметра кооперативности. Термодинамика перехода спираль-клубок. Зависимость доли связанных звеньев от температуры. Температура плавления.

1.8. Связывание лигандов с биополимерами

Макроскопические и микроскопические константы комплексообразования. Взаимосвязь констант на примере двухсайтового связывания. Формулировка физической модели нековалентного комплексообразования лигандов с биополимером.

Анализ Скэтчарда для однотипных и независимых центров связывания. Параметр связывания. Экспериментальное построение графика Скэтчарда. Анализ Скэтчарда для разнотипных независимых центров связывания. Предельные значения параметра связывания.

Взаимодействие между центрами связывания. График Скэтчарда для случая кооперативного и антикооперативного связывания. Полуэмпирический подход Хилла для анализа кооперативного связывания. Коэффициент Хилла. Степень насыщения.

Взаимодействие больших лигандов с кристаллоподобными структурами. Модель McGhee - von Hippel. Графики Скэтчарда при различных длинах лиганда.

РАЗДЕЛ 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Краткая характеристика всех методов молекулярного моделирования. Характеристика метода молекулярной механики. Характеристика неэмпирического метода. Характеристика полуэмпирического метода.

Виды потенциалов взаимодействия. Основные типы связанных потенциалов взаимодействия. Электростатические потенциалы взаимодействия. Потенциал Ван-дер-Ваальса. Кросспотенциалы.

Описание силовых полей. Различие силовых полей. Классификация алгоритмов минимизации. Симплексный метод. Метод минимизации первого порядка. Метод сопряженных градиентов.

Виды методов конформационного анализа. Метод Монте Карло. Описание метода молекулярной динамики. Общий алгоритм вычислений в МД. Упрощения, используемые в МД. Описание термостата. Модели термостатов. Коллизионный термостат. Термостат Берендсена. Ланжевенская динамика. Метод МД со стохастическими граничными условиями.

Основные постулаты квантовой механики. Вид операторов кинетической и потенциальной энергий для ядра и электрона. Решение уравнения Шредингера. Вывод векового или секулярного уравнения. Адиабатическое приближение. Приближения независимых частиц. Метод самосогласованного поля. Описать процесс самосогласования.

Приближение центрального поля. Квантовые числа. Принцип Паули и его применение для волновой функции. Детерминант Слэтера и метод Хартри-Фока. Определение и виды базисов.

РАЗДЕЛ 3. ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

3.1. Физические основы метода ЯМР-спектроскопии

Магнитомеханические явления. Спиновые и орбитальные моменты. Диамагнетизм и парамагнетизм. Прецессия спина. Ларморова частота прецессии. Квантование механического и магнитного моментов. Нормальный эффект Зеемана. Магнитные свойства различных ядер. Поведение ядер в магнитном поле. Условие ядерного магнитного резонанса.

3.2. Основные экспериментальные характеристики ЯМР-спектроскопии

Химический сдвиг. Общие сведения о химическом сдвиге. Единицы измерения химического сдвига. Факторы, определяющие протонные химические сдвиги: локальное диамагнитное экранирование, локальное парамагнитное экранирование, влияние индуцированных магнитных моментов соседних атомов и групп. Влияние электрон-донорных и электрон-акцепторных заместителей на химический сдвиг соседних атомов. Химические сдвиги под влиянием внутри- и межмолекулярной водородной связи.

Интегрирование резонансного сигнала.

Спин-спиновое взаимодействие. Проявление спин-спинового взаимодействия в ЯМР-спектрах. Общая классификация спиновых систем. Спин-спиновое взаимодействие протонов в системе АХ. Некоторые эмпирические правила интерпретации сверхтонкой структуры в спектрах. Пределы применимости правил первого порядка для интерпретации сверхтонкой структуры. Эквивалентные ядра (понятие о химической и магнитной эквивалентности). Механизм спин-спинового взаимодействия. Контактное взаимодействие. Непрямое взаимодействие между ядрами. Спин-спиновое взаимодействие и химическое строение. Геминальные и вицинальные константы спин-спинового взаимодействия. Применение вицинальных констант спин-спинового взаимодействия ядер для конформационного анализа биологических молекул (ДНК и белки).

3.3. Динамические и релаксационные эффекты спектров ЯМР

Векторная модель ядер. Понятие об импульсной спектроскопии ЯМР. Непрерывная ЯМР-спектроскопия. Уравнения Блоха. Химический обмен. Уравнения МакКоннелла. Быстрый, медленный и промежуточный обмен ядер во временном масштабе ЯМР. Симметричный и несимметричный двухсайтовый обмен. Анализ экспериментально наблюдаемого химического сдвига для многокомпонентных систем в условиях быстрого обмена во временном масштабе ЯМР. Продольная релаксация. Механизм спин-решеточной релаксации. Вращательное движение молекул в жидкостях. Понятие о времени вращательной корреляции τ_c . Зависимость спектральной плотности $J(\omega)$ от τ_c . Связь между τ_c и временем продольной релаксации T_1 . Ядерный эффект Оверхаузера (ЯЭО). Зависимость параметра NOE от молекулярной массы молекул. Поперечная релаксация. Зависимость времен продольной и поперечной релаксации T_1 и T_2 от времени вращательной корреляции τ_c .

3.4. Основы двумерной спектроскопии ЯМР

Понятие о двумерной (2М) ЯМР-спектроскопии. Методики 2М-ЯМР спектроскопии, позволяющие выявить корреляции химических сдвигов через химическую связь. Методики 2М-ЯМР спектроскопии, позволяющие выявить корреляции химических сдвигов через пространство. Определение межпротонных расстояний в биомолекулах по данным ЯЭО. Устройство импульсного спектрометра ЯМР.

РАЗДЕЛ 4. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

Определение предмета молекулярная биология. Основные этапы развития и основные открытия. Доказательства генетической роли нуклеиновых кислот (Опыты Ф. Гриффита, эксперимент А. Херши и М.Чейз, опыты Френкеля – Конрата).

Строение нуклеиновых кислот. Мономеры. Принципы строения ДНК. Формы двойной спирали ДНК. Особенности строения и виды РНК. Отличия между ДНК и РНК. Виды РНК. Функции ДНК.

Аминокислоты. Структура аминокислот. Классификация аминокислот. Первичная структура белка. Вторичная структура белка. Третичная структура белка. Четвертичная структура белка. Серповидно-клеточная анемия, как пример влияния первичной структуры на третичную и четвертичную. Глобулярные и фибриллярные белки. Структурная, каталитическая, защитная, регуляторная, транспортная, энергетическая, питательная, буферная функции белков.

Репликация. Принципы репликации. Доказательство полуконсервативного характера репликации. Ферментативная система синтеза ДНК *in vitro*. Понятие о матрице и затравке. Схемы репликации ДНК *in vivo*. Схема непрерывной антипараллельной репликации *in vivo* по Корнбергу. Схема непрерывной параллельной репликации Джона Кэрнса. Сравнительные характеристики ДНК-полимераз *E. coli*. Схема прерывистой антипараллельной репликации Рейджи Оказаки. Инициация репликации. Топология репликации. Проблемы денатурации ДНК матрицы. Геликазы. Топоизомеразы. Современная схема репликации ДНК *E. coli*. Особенности репликации ДНК эукариот. Полирепликонность. Проблема репликации концов линейных молекул.

Транскрипция. Принципы транскрипции. Понятие об опероне. Субъединичный состав РНК-полимеразы *E. coli*. Особенности структуры промотора. Этапы транскрипции. Ингибиторы транскрипции прокариот. Транскрипция и трансляция у прокариот. Регуляция транскрипции у прокариот. Схема негативной индукции Жакоба и Моно. Схема позитивной индукции. Схема позитивной репрессии. Схема негативной репрессии. Позитивный контроль работы *lac*-оперона

Синтез белка в клетке. Структура транспортной РНК. Рекогниция. Структура рибосом. Синтез белка на рибосоме. Механизм трансляции на прокариотических рибосомах. Регуляция образования рибосомных РНК и белков рибосом *E. coli*. Аттенуация. Транскрипция и трансляция у эукариот. Эукариотические РНК – полимеразы. Образование рибосом у эукариот. Особенности транскрипции у эукариот.

Процессинг мРНК. Этапы процессинга мРНК. Кепирование. Полиаденилирование. Сплайсинг. Альтернативный сплайсинг. Автосплайсинг. Малые РНК. Редактирование.

Генетический код. Свойства генетического кода: триплетность, вырожденность, наличие межгенных знаков препинания, однозначность, компактность, или отсутствие внутригенных знаков препинания, универсальность, помехоустойчивость, неперекрываемость).

Структура генома. Размер генома. "Избыточность" эукариотического генома. Компактность эукариотического генома. Общая характеристика гистонов. Четыре уровня компактизации ДНК. Классификация генов в геноме. Основы метода ренатурации ДНК. Быстрые повторы. Умеренные повторы. Уникальные гены. Классификация генов.

Генетическая инженерия. Рестриктазы. Гибридизация нуклеиновых кислот. Полимеразная цепная реакция. Клонирование (с помощью плазмид). Определение нуклеотидных последовательностей.

Биологические системы, используемые в молекулярной биотехнологии. *E. coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia Pastoris*, *Hansenula polymorpha*. Оптимизация

экспрессии генов, клонированных в прокариотических системах (свойства систем экспрессии). Экспрессия генов при участии сильных регулируемых промоторов в прокариотических системах. Трансляционные экспрессирующие векторы прокариотических систем. Стабилизация белков в прокариотических системах. Интеграция чужеродной ДНК в хромосому хозяина. Повышение эффективности секреции белка в прокариотических системах. Метаболическая перегрузка в прокариотических системах

Получение рекомбинантных белков с помощью эукариотических систем (перечислить недостатки прокариотических систем и достоинства эукариотических систем). Посттрансляционная модификация белков. Модификация аминокислот в составе белка. Эукариотические экспрессирующие векторы (структура). Системы экспрессии *Saccharomyces cerevisiae*. Системы экспрессии с использованием культур клеток насекомых: бакуловирусы. Экспрессирующие векторы для работы с клетками млекопитающих.

РАЗДЕЛ 5. ФИЗИКА БИОПОЛИМЕРОВ

Специфические особенности биополимеров. Специфика структуры, состояний и физических свойств. Высокоэластичность полимерных цепей (аналогия с идеальным газом), энтропийная природа упругости полимеров. Гибкость полимеров. Модель идеальной свободно-сочлененной цепи. Распределение длин полимерной цепи. Вывод выражения для упругой силы при растяжении идеальной полимерной цепи. Модель идеальной цепи со свободным вращением связей и фиксированными валентными углами. Вывод формулы Ока-Тейлора. Куновский сегмент.

Реальные цепи. Потенциал внутреннего вращения (для этана и *n*-бутана). Физические факторы, определяющие заторможенность вращения вокруг связей. Транс-, цис- и гош-конформации молекулярных цепей. Реальная полимерная цепь с фиксированными валентными углами и заторможенностью вращения вокруг связей. Поворотно-изомерная теория макромолекул. Оценка размеров цепи для полиэтилена.

Кооперативные процессы в макромолекулах. Природа упругости полимеров при учете кооперативных взаимодействий. Модель червеобразной цепи. Персистентная длина цепи и ее связь с Куновским сегментом.

Объемные взаимодействия в макромолекулах. Коэффициент набухания макромолекулы. Влияние внешних факторов на размер макромолекулы. Фазовые состояния полимерной цепи – клубок и глобула. Условия существования клубка и глобулы. Свободная энергия макромолекулы. Качественное описание переходов глобула-клубок и спираль-клубок в полимерных макромолекулах. Теория переходов спираль-клубок. Зависимость доли связанных звеньев от параметра кооперативности. Термодинамика перехода спираль-клубок. Зависимость доли связанных звеньев от температуры. Температура плавления.

Анализ Скэтчарда для однотипных и независимых центров связывания. Анализ Скэтчарда для разнотипных независимых центров связывания. Взаимодействие между центрами связывания. График Скэтчарда для случая

кооперативного и антикооперативного связывания. Полуэмпирический подход Хилла для анализа кооперативного связывания.

РАЗДЕЛ 6. СПЕКТРОСКОПИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ

Электромагнитное излучение и его основные характеристики.

Основные понятия квантовой механики. Одноэлектронные и многоэлектронные атомы. Энергетические состояния молекул. Электронные переходы в молекулах. Квантово - механические особенности строения биологических молекул. Делокализация электронов в сопряженных системах. Поглощение света. Дипольные моменты перехода. Принцип Франка – Кондона.

Закон Бугера - Ламберта- Бера (коэффициент молярной экстинкции, аддитивность оптической плотности, коэффициенты пропускания и поглощения, нарушения закона Бугера – Ламберта- Бера). Аппаратура для измерения поглощения в видимом и ультрафиолетовом свете: а) схематическое устройство однолучевого спектрофотометра, измерение поглощения света образцом; б) двухлучевой спектрофотометр, источники излучения, монохроматор, системы разделения и прерывания лучей, спектральная ширина щелей, приемники излучения, кюветы.

Спектры поглощения: а) хромофоры, сдвиг энергии электронных переходов для молекул в растворе, величины характеризующие полосу поглощения; б) связь между числом сопряжённых двойных связей и сдвигом энергии перехода в длинноволновую область (система связей как электронный “ящик”); в) $\pi \rightarrow \pi^*$ - переходы, спектры поглощения гетероциклических молекул, ауксохромы; г) батохромный и гипсохромный сдвиг полосы поглощения; гиперхромный и гипохромный эффекты.

Спектрофотометрический анализ (качественный и количественный). Ассоциация гетероциклических молекул в растворе. Оценка параметров эмпирических зависимостей по экспериментальным данным: а) метод наименьших квадратов в случае двумерного пространства; б) метод наименьших квадратов в матричной форме; в) коэффициент детерминации, доверительный интервал. Оценивание параметров нелинейных моделей. Метод Марквардта. Программа решения "обратной" задачи.

РАЗДЕЛ 7. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА

Базовые понятия и концепции молекулярной генетики Основная догма молекулярной генетики. Матричный принцип. Процессы репликации, транскрипции, трансляции. Генетический код. Структура генов и геномов. Специфика геномов различных царств живых организмов. Экзон-интронная структура генов. Транскрипция и её регуляция. Типы регуляторных районов транскрипции. Транскрипционные факторы. Структура и функция промотора. Эnhансер, сайленсеры и инсуляторы. Понятие о конформационных и физико-химических свойствах двойной спирали ДНК. Структура хроматина. Хромосомы. Эпигенетическая регуляция. Модификации ДНК и гистоновых белков.

Структура и функция РНК. МикроРНК и их участие в деградировании РНК. Длинные некодирующие РНК. Трансляция РНК. Регуляция трансляции. Структура

и функция белков. Информационные технологии в биоинформатике. Использование в биологии и прикладных исследованиях. Средства передачи данных; средства хранения и обработки данных. Интернет как средство профессионального общения и решения биологических задач. Понятия Web-канала, Web-страницы, гиперссылки и т.д. Гипертекстовые системы. XML технологии. Электронная почта. Телеконференции. Языки программирования в биоинформатике. Сравнительный анализ средств программирования (C (C++, C#), Java (biojava), Perl (bioperl), Python, R(Bioconductor)).

Базы данных в биоинформатике. Базы и банки данных. Классы структур данных: иерархические, сетевые и реляционные. Языки описания и манипулирования данными. Системы управления базами данных (СУБД). Архитектура и функции СУБД. Методы доступа. Индексы. Хэширование. Языки запросов (SQL и др.). Базы знаний. Основные информационные ресурсы и базы данных по молекулярной биологии. Банки биологических последовательностей (UCSC, Ensemble, GenBank, EMBL), поиск записей в банках данных по аннотации (система UCSC Table Browser, Entrez или их аналог). Системы организации конвейерной работы с биологическими данными (Galaxy). Функциональная аннотация биополимеров. Понятие алгоритма. Вычислительная сложность алгоритмов. Сходство биологических последовательностей, его биологический смысл. Методы выравнивания биологических последовательностей (белков, ДНК, РНК); особенности алгоритмов выравнивания в зависимости от типа биологической последовательности. Методы выравнивания: парное и множественное, локальное и глобальное. Алгоритм глобального выравнивания Нидльмана-Вунша (Needleman-Wunsh). Алгоритм локального выравнивания Смита-Уотермана (Smith-Waterman). Gibbs sampling. Алгоритмы Blast, FASTA; назначение и основные возможности. Технология аннотирования последовательностей; основные подходы к автоматическому аннотированию последовательностей; достоверность аннотации по гомологии. Распознавание структурно-функциональных мотивов в генетических текстах. Понятие мотива и методы его представления (консенсус, весовая матрица, марковская модель). Оценка точности распознавания. Методы распознавания промоторов, энхансеров и других регуляторных участков. Методы предсказания вторичной структуры РНК.

Анализ данных массового эксперимента. Геномика и протеомика. Методы компьютерного анализа полных геномов. Поиск сигналов в геноме, поиск генов. Определение структурных вариаций в геноме. Методы сравнительного анализа различных геномов. Метаболические пути и методы их реконструкции. Экспериментальные методы, основанные на секвенировании нового поколения (RNA-seq, ChIP-seq, Dnase-seq, WGBS, микроаррей). Профайлинг экспрессии и проблемы анализа и интерпретации результатов. Профайлинг связывания факторов транскрипции и модификаций гистоновых белков; поиск пиков; биологическая интерпретация результаов. Профайлинг метилирования ДНК, поиск дифференциально-метилованных регионов, биологическая интрепретация. Основы методов анализа данных. Понятия Datamining и Textmining. Методы классификации и кластеризации. Метод опорных векторов. Факторный анализ (Метод главных компонент). Регрессионный анализ. Дискриминантный анализ.

РАЗДЕЛ 8. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Понятие о биотехнологии. Полидисциплинарность современных биотехнологий. Основные области применения современных биотехнологий. Методы гибридизации нуклеиновых кислот. Методы клонирования ДНК. Определение нуклеотидных последовательностей. Влияние ингибиторов и активаторов на скорость ферментативных реакций. Температурная и pH-зависимость активности ферментов, инаktivация ферментов. Иммуноглобулины – их строение и функционирование. Антигенные детерминанты. Моно и поликлональные антитела. Гибридная технология. Использование иммуноглобулинов в различных видах иммунохимического анализа. Генетическая и белковая инженерия. Представление о генетических векторах. Типы генетических библиотек. Вектора для генетического клонирования. Методы сайт-направленного мутагенеза. Экспрессия клонированных генов. Структура экспрессионных векторов. Основные этапы и подходы в генетическом конструировании. Особенности гетерологичной экспрессии. Экспериментальные подходы к анализу структурнофункциональных взаимосвязей в белковых молекулах. Основные направления в конструировании белков. Методы очистки белков. Биообъекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных и человека. Основные технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека. Конструирование генетически модифицированных организмов. Трансгенные животные и растения. Современные подходы к молекулярной диагностике заболеваний. Генная терапия. Социальные, экологические и этические аспекты биотехнологических исследований.

РАЗДЕЛ 9. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Ресурсы растительные и животные, ресурсы наземные и водные. Генетическое разнообразие биологических ресурсов. Ресурсные виды и ресурсные сообщества. Биологические регуляторы функционирования ресурсных видов и сообществ. Основные направления использования биологических ресурсов. Категории биоресурсов (вовлекаемые в хозяйственную деятельность, поддерживающие устойчивость экосистем, имеющие культурное и оздоровительное значение). Таксономия и биогеография ресурсных видов растений и животных. Центры происхождения культурных растений. Биологические регуляторы функционирования ресурсных видов и сообществ. Основные показатели продуктивности популяций, сообществ и экосистем. Биологические методы сохранения, устойчивого развития и использования ресурсных видов. Методы контроля состояния популяций ресурсных видов растений и животных. Биологические основы и проблемы акклиматизации хозяйственно ценных видов.

3. ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ, ПОДТВЕРЖДАЮЩЕЕ УСПЕШНОСТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Билет вступительного испытания содержит 10 заданий, из них 8 теоретических вопросов и 2 практические задачи. Максимальное количество баллов за выполнение каждого задания - 10. Результаты сдачи вступительного испытания определяются оценкой по стобалльной (100) системе ($10 \times 10 = 100$ баллов).

Сопоставление национальной и стобалльной оценочных шкал представлено в следующей таблице.

Уровень компетентности	Оценка по национальной шкале	Сумма баллов по 100-балльной шкале
Высокий (творческий)	Отлично	90—100
Достаточный (конструктивно-вариативный)	Хорошо	80—89
Средний (репродуктивный)	Удовлетворительно	60—79
Низкий (рецептивно-производительный)	Неудовлетворительно	0—59

Минимальное количество набранных баллов для прохождения вступительного испытания — 60. Количество баллов для рекомендации к приему на уровень подготовки кадров высшей квалификации определяется на конкурсной основе правилами приёма Севастопольского государственного университета.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

1. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул, М.: Наука, 1989. - 344 с.
2. Бартенев Г.М., Зеленов Ю. В. Физика и механика полимеров. Учеб. Пособие, М.: Высш. Шк., 1983. - 391с.
3. Рубин А.Б. Биофизика. - М.: КиноРус., 2019. - Т.1: Теоретическая биофизика. - 319с.
4. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М.: Наука, 1988. - 592 с.
5. Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика. – "Лань"; 2012.- 212с.
6. Франк-Каменецкий М.Д. Самая главная молекула. - М.: Наука, 1983. - 160 с.
7. Olson W.K., et al. A standard reference frame for the description of nucleic acid base-pair geometry // J. Mol. Biol. 2011. - V.313. - P.229-237.
8. Дашевский В.Г. Конформационный анализ макромолекул.-М.,Наука.-1987. - 288 с.
9. Буркерт У., Эллиджер Н. Молекулярная механика. М., Мир.- 1986. - 384 с.
10. Brunger A.T. X-PLOR. A System for X-ray Crystallography and NMR. Version 3.1. Yale University Press. New haven and London. 1992. P.382.
11. HyperChem Release 7 for Windows. Hypercube, Inc. Manual. - 2002. – 860 p.
12. Bhandarkar M., Brunner R., et al. NAMD User's and Programming Guide. Version 2.5. 2003. - 230 p.
13. Dalke A., Gullingsrud J., et al. VMD User's Guide. Version 1.8. 2013. - 310 p.
14. Зенгер В. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот. М., Мир. - 1987. - 584 с.
15. Финкельштейн А.В., Птицин О.Б. Физика белка (курс лекций). М. Книж.дом "Университет". - 2002. -376 с.
16. Case D.A., Pearlman D.A., et al. AMBER, Version 6. Manual. University of California. - 1999. - 413 p.
17. Van der Spoel D., van Buuren A.R., et al. GROMACS. Versoin 3.1.1. User Manual. University of Groningen. - 2002. - 255 p.
18. 11. Щайтан К.В., Сарайкин С.С. Молекулярная динамика. http://www.biophysmsu.ru/scripts/trans.pl/WIN/cyrillic/rbpd99/40_edu/3.../default.ht 1999. - 30с.
19. Hore P.J. Nuclear magnetic resonance - New York: Oxford Univ.Press, 1995. - 90 p.
20. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР - Пер. с англ.- М.: Мир, 1981.- 480 с.
21. Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях - Пер. с англ. - М.: Лань, 2016. - 711 с.
22. Levitt M.H. Spin dynamics. Basics of nuclear magnetic resonance. - John Wiley & Sons, 2001. – 686p.
23. Evans J.N.S. Biomolecular NMR Spectroscopy - New York: Oxvord Univ. Press, 1995. – 444 p.

24. Флорентьев В.Л. Конформация олигонуклеотидов в растворе по данным ядерного эффекта Оверхаузера / В.Л. Флорентьев // Молекулярн. биология. - 1987. - Т.21, №3. - С.593-614.
25. Коничев А.С., Севастьянова Г.А. Молекулярная биология – М.: Академия, 2003. - 400с.
26. Рис Э., Стернберг М. От клеток к атомам. Иллюстрированное введение в молекулярную биологию – М.: Мир, 1988. – 144с
27. Глик Э., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение – М.: Мир, 2002. – 589с.
28. Мушкамбаров Н.Н., Кузнецов С.Л. Молекулярная биология – М.: МИА, 2003. – 544с.
29. Страйер Л. Биохимия (в 3-х т.) – М.: Мир, 1984.
30. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология (в 3-х т.) – М.: Мир, 1990.
31. Фаллер Дж., Шилдс Д. Молекулярная биология клетки – М.: Бином-пресс, 2004. – 272с.
32. Волькенштейн М.В.. Молекулярная биофизика. – М.: Наука, 1975. - 616 с.
33. Рубин А.Б. Биофизика. - М.: Высш. шк., 1997. - Т.1: Теоретическая биофизика. - 319с
34. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул, М.: Наука, 1989. - 344 с
35. Бартенев Г.М., Зеленов Ю. В. Физика и механика полимеров. Учеб. пособие, М.: Высш. Шк., 1983. - 391с.
36. Теренин Н.Т. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений. -Л.: Наука, - 1967. - 616 с.
37. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Молекулярная спектроскопия.- М.: Изд-во МГУ. - 1994. - 320с.
38. Бахшиев Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию.-Л.: Изд-во ЛГУ. - 1987.-216с.
39. Кантор Ч., Шимел П. Биофизическая химия, Т.2-М.: Мир , 1984 –493с.
40. Самойов В.О. Медицинская биофизика.- СПб, СпецЛит, 2007-558с.
41. Егоров В.В., Алфимов М.В. Теория J-полосы от экситона Френкеля к переносу заряда. Успехи физических наук 2007, №10, С.1033-1081.
42. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Кн. 2- М., 1987.-351с.
43. Евсеев А.М., Николаев Л.С. Математическое моделирование химических равновесий. - М.: МГУ.- 1988. - 192с.
44. Демиденко Е.З. Оптимизация и регрессия – М.:Наука.-1989.-296с.
45. 1.Введение в биоинформатику : [учебник для вузов] / А. Леск ; пер. с англ. под ред. А. А. Миронова, В. К. Швядоса. - 2-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - 318 с.
46. 2.Молекулярное моделирование: теория и практика / Х.-Д. Хельтье, В. Зиппль, Д. Роньян, Г. Фолькерс ; пер. с англ. А. А. Олиференко и др. ; под ред. В.
47. 3.А. Палюлина, Е. В. Радченко. - 2-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2016. - 319 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Пер. изд.: Molecular Modeling : Basic Principles and Applications / Н.-D. Holtje et. all. 5

48. Молекулярное моделирование. пер. с англ. / Х.-Д. Хельтье. – 3-е изд. – Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2015.
49. Информатика : [учеб. для высш. учеб. заведений] / Макарова Н. В. - СанктПетербург : Питер, 2013.
50. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М., Мир, 2002.
51. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия. М., Бином, 2014.
52. Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В.П., Плоппер Д. Клетки. М.: Бином. 2013.
53. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. М., Бином, 2012, 2013, 2015.
54. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. М., Мир, 1998.
55. Патрушев Л.И. Экспрессия генов. М., Наука, 2000.
56. Патрушев Л.И. Искусственные генетические системы. Т.1: Генная и белковая инженерия. М., Наука, 2004.
57. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. // Новосибирск, Сибирское университетское издательство, 2006.
58. Степанов В.М. Структура и функции белков. // М.: Высшая школа. 1996. 335 с.
59. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. // М.: МЦНМО, 2002.
60. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М., Бином, 2013.
61. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. СПб., Наука, 1995.
62. Волова. Т.Г. Биотехнология. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1999.
63. Биотехнология. Под ред. Е.С.Воронина. СПб., ГИОРД, 2005.
64. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В., Калашникова Е.А., Живухина Е.А. Биотехнология: теория и практика. М., ОНИКС, 2009.
65. Егорова Т.А., Клунова С.М. Живухина Е.А. Основы биотехнологии. М., Издательский центр «Академия», 2008.
66. Евтушенков А.Н., Фомичев Ю.А. Введение в биотехнологию. Минск, Изд-во БГУ, 2002.
67. Красноштанова А.А., Крылов Б.А., Бабусенко Е.С. Основы биотехнологии. Москва, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001.