



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности



М.В.Мишин

«11» сентября 2023г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Научная специальность
1.5.6 Биотехнология

ОТРАСЛЬ НАУКИ
Биологические
Химические

Санкт-Петербург
2023 г.

Разработчики программы:

Зав. каф. нанобиотехнологий, к.х.н. Вязьмин С.Ю.

1. Общие положения

1.1. Группа научных специальностей:

1.3 Биологические науки

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:
Химические, биологические, физико-математические

Шифр научной специальности:

1.5.6 Биотехнология

1.2. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.5.6 Биотехнология разработана в соответствии с:

- Федеральным законом Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральным законом Российской Федерации от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»;
- Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014г. № 247 «Об утверждении порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня» (в ред. Приказа Минобрнауки России от 05.08.2021 №712);
- Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесение изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное Министерством образования и науки Российской Федерации от 10.11.2017г. № 1093»;

- Паспортом научной специальности 1.5.6 Биотехнология

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок работы экзаменационной комиссии, порядок оценки уровня знаний и включает перечень тем и вопросов, выносимых на кандидатский экзамен.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата химических/биологически/физико-математических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли наук, по которой подготавливается диссертация.

2. Цель проведения кандидатского экзамена

Целью проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 1.5.6 Биотехнология и отрасли наук – биологической/химической, по которой подготавливается диссертация:

- проверка сформированности умений в области применения химических, биологических и физико-математических использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;
- владение основными методами на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области физических дисциплин;
- получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для прохождения промежуточной и государственной итоговой аттестации/итоговой аттестации, для присуждения ученой степени кандидата наук.

3. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области естественных наук.

4. Структура и содержание кандидатского экзамена

4.1. Кандидатский экзамен по специальной дисциплине Биотехнология проводится в устной форме по билетам.

Экзаменационный билет включает в себя два вопроса.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – 15 мин.

4.2. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принять экзамен, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом по установленной Университетом форме.

4.3. Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена.

При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Академический университет обеспечивает идентификацию личности аспиранта /прикрепленного лица.

5. Перечень тем, вынесенных на кандидатский экзамен

Биологические аспекты биотехнологии

2.1. Общая биология, микробиология и физиология клеток.

Определение жизни и свойства живого. Уровни организации живой материи. Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Строение ядра и его роль в наследственности. Химический состав клетки (нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды, липиды, нуклеопротеиды, гликопротеиды, липопротеиды, пептидогликаны, полифосфаты, минеральные компоненты и вода). Строение и функции клетки (различия клеток прокариот и эукариот). Строение клеточной стенки бактерий. Обмен веществ как совокупность пластического и энергетического обменов. Жизненный цикл клеток и типы клеточного деления (амитоз, митоз, мейоз). Законы Менделя и их интерпретация с точки зрения хромосомной теории наследственности. Наследственность и изменчивость. Формы изменчивости. Основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина, ее отличия от теории Ламарка. Формы отбора, типы видообразования, основные пути эволюции. Молекулярные основы организации хромосомы. Функции ДНК, гистонов, РНК в клеточном метаболизме. Сцепление и кроссинговер. Рекомбинация у бактериофагов. Положение микроорганизмов среди других организмов. Сапрофиты, паразиты, патогенные формы. Принципы классификации бактерий: эубактерии, цианобактерии, архебактерии. Общая биология протистов: водоросли, простейшие. Грибы. Вирусы. Вирусные инфекции, лизогения. Механизм поступления в клетки эукариотов и прокариотов экзогенных веществ. Физиология питания. Элементы питания, их значение для процесса биосинтеза. Разнообразие типов питания микроорганизмов (автотрофия, гетеротрофия, фотолитотрофия, фотоорганотрофия, хемолитотрофия, хемоорганотрофия). Разнообразие источников углерода, азота, фосфора, серы и других элементов, используемых микроорганизмами.

Теория лимитирования и ингибирования роста клеток элементами питания. Физиология энергетического обмена: использование клетками энергодающих процессов, их эффективность и зависимость от условий среды. Экономический коэффициент и его связь с условиями роста. Взаимодействие клеток и среды, влияние внешних физических и физико-химических факторов на рост и биосинтез у микроорганизмов. Норма и стресс, проблема сохранения способности к сверхсинтезам. Физиология отмирания. Связь структуры и функции. Функциональная цитология, вопросы дифференциации и условия ее вызывающие. Способы культивирования микроорганизмов (периодическое, непрерывное, иммобилизация клеток и ферментов). Смешанные культуры, консорциумы. Принципы их культивирования. Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Понятие «биологическое окисление». Особенности электронтранспортных систем микроорганизмов. Анаэробные процессы окисления. Анаэробное дыхание. Брожение. Аэробное дыхание. Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами (природные биополимеры, углеводороды, ксенобиотики и др.). Полное аэробное окисление субстрата, неполное окисление и трансформация органических субстратов. Окисление неорганических субстратов. Особенности бактериального фотосинтеза. Биосинтетические процессы. Ассимиляционная нитратредукция, сульфатредукция, азотфиксация. Основные мономеры конструктивного метаболизма. Пути образования и дальнейшего их использования. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта в конструктивном метаболизме. Синтез липидов, полисахаридов и других компонентов клетки. Практическое значение этих процессов. Образование микроорганизмами биологически активных веществ: ферментов, антибиотиков, витаминов, токсинов. Первичные и вторичные метаболиты. Их роль в природе. Практическое использование. Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов. Производственный ферментатор как экологическая ниша. Биосфера и распространение микроорганизмов. Участие микроорганизмов в круговоротах углерода, азота, кислорода, серы. Формы взаимоотношений микроорганизмов.

2.2. Молекулярная биология и генетика клеток.

Понятие гена в “классической” и молекулярной генетике, его эволюция. Вклад методологии генной инженерии в развитие молекулярной генетики. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии. Молекулярные основы наследственности. Природа генетического материала. Особенности строения генетического материала про- и эукариот. Транскрипция ДНК, ее компоненты. РНК-полимераза и промотор. Трансляция, ее этапы, функция рибосом. Генетический код и его свойства. Репликация ДНК и ее генетический контроль. Рекомбинация, ее типы и модели. Механизмы

репарации ДНК. Взаимосвязь процессов репликации, рекомбинации и репарации. Мутационный процесс. Роль биохимических мутантов в формировании теории «один ген – один фермент». Классификация мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Классификация мутагенов. Молекулярный механизм мутагенеза. Идентификация и селекция мутантов. Супрессия: внутригенная, межгенная и фенотипическая. Внехромосомные генетические элементы. Плазмиды, их строение и классификация. Половой фактор F, его строение и жизненный цикл. Роль фактора F в мобилизации хромосомного переноса. Образование доноров типа Hfr и F. Механизм конъюгации. Бактериофаги, их структура и жизненный цикл. Вирулентные и умеренные бактериофаги. Мигрирующие генетические элементы: транспозоны и IS-последовательности, их роль в генетическом обмене. Исследование структуры и функции гена. Элементы генетического анализа. Цис-транс-комплементационный тест. Генетическое картирование. Физический анализ структуры гена. Рестрикционный анализ. Методы секвенирования. Выявление функции гена. Регуляция экспрессии генов. Концепции оперона и регулона. Контроль на уровне инициации транскрипции. Промотор, оператор и регуляторные белки. Позитивный и негативный контроль экспрессии генов. Контроль на уровне терминации транскрипции. Полярный эффект и его супрессия. Катаболитконтролируемые опероны: модель лактозного оперона. Аттenuаторконтролируемые опероны: модель триптофанового оперона. Мультивалентная регуляция экспрессии генов. Посттранскрипционный контроль. Основы генной инженерии. Механизм генных мутаций, генетический контроль. Ферменты рестрикции и модификации. Выделение и клонирование генов. Векторы для молекулярного клонирования. Принципы конструирования рекомбинантных ДНК и их введения в реципиентные клетки.

Химические аспекты биотехнологии

3.1 Классификация основных классов неорганических соединений. Простые и сложные вещества (соединения). Металлы и неметаллы. Их основные отличия. Бинарные соединения. Способы получения. Принципы классификации бинарных соединений. Аналогия свойств бинарных соединений разных классов. Несолеобразующие и солеобразующие бинарные соединения. Химические свойства. Гидролиз бинарных соединений. Номенклатура: правила названия бинарных соединений (Система Штока, Эвенса-Бассета, систематическая номенклатура). Псевдобинарные соединения. Примеры. Бинарные соединения с водородом: номенклатура. Кислоты, основания и соли. Основные способы получения и химические свойства. Основные теории кислот и оснований: Либиха-Дэви, Аррениуса, сольвосистем, Бренстеда-Лоури, Льюиса и Усановича. Значение каждой из теорий: преимущества и недостатки. Самоионизация растворителей. Ионы лиония и лиат-ионы. Общая схема реакции нейтрализации в каждой из теорий. Сопряженная кислотно-основная пара. Сила кислот и оснований. Основность кислот и кислотность оснований.

Средние, кислые и основные соли; двойные, смешанные и комплексные соли. Функциональная и систематическая номенклатура кислот, оснований и солей. Значение основных служебных морфем (аффиксов) химического названия: -ат, -ит, пер-, гипо-, -н-, -ов-, -ев-, -ист- (-нист-), -оват- (-новат-), -новатист-, пероксо-, оксо-, гидро-, орто-, мета-. Примеры. Эквивалент. Фактор эквивалентности. Определение фактора эквивалентности по реакции. Формулы расчета фактора эквивалентности для кислот, оснований, солей, бинарных соединений, окислителей и восстановителей. Молярная масса эквивалентов. Количество вещества эквивалента. Формулы взаимосвязи. Закон эквивалентов. Понятие раствора. Типы растворов. Растворитель и растворенные вещества. Концентрированные и разбавленные растворы. Растворимость. Насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные растворы. Многообразие способов выражения количественного состава растворов. Способы выражения концентрации: долевые (по массе, объему и количеству), молярная концентрация, массовая концентрация, объемная концентрация, числовая концентрация, молярная концентрация эквивалентов (нормальная концентрация), моляльность, титр, титр по определяемому веществу, осмолярность, осмоляльность и миллиграмм-процент. Определение, обозначение, формула для расчета, размерность, единица измерения и формулы взаимосвязи. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Электролиты и неэлектролиты. Причины диссоциации в водных растворах. Термодинамика растворения. Ионофоры и ионогены. Ионизация и диссоциация. Механизм диссоциации. Ионизирующие и диссоциирующие растворители. Диэлектрическая проницаемость и полярность растворителя. Классификация растворителей по Паркеру. Структура жидкой воды и разбавленных водных растворов электролитов. Структурные зоны растворителя в растворах электролитов невысоких концентраций. Положительная и отрицательная гидратация по О.Я. Самойлову. Гидратационное число (координационное число). Протолитические равновесия на примере различных классов электролитов: кислот, оснований и солей. Автопротолиз воды. Сила электролита. Обратимая и необратимая диссоциация. Ступенчатая диссоциация. Первичная и вторичная диссоциация. Константы диссоциации: K_a и K_b (pK_a и pK_b). Их взаимосвязь. Общие и ступенчатые константы диссоциации. Зависимость силы кислоты от ее природы и от природы растворителя. Нивелирующие и дифференцирующие растворители. Степень диссоциации. Закон разбавления Оствальда. Гидролиз солей. Причины и механизм гидролиза. Типы солей по отношению к гидролизу: гидролиз по катиону, по аниону и гидролиз, как по катиону, так и по аниону. Частичный и полный гидролиз. Факторы, усиливающие или ослабляющие гидролиз. Молекулярные, полные и сокращенные ионно-молекулярные уравнения гидролиза. Ступени гидролиза. Характер среды водных растворов солей. Константы гидролиза и степень гидролиза. Их взаимосвязь. Растворимость и диссоциация электролитов. Произведение растворимости. Критерий образования донной фазы и влияние одноименного иона на растворимость

малорастворимых сильных электролитов. Характер среды. Условия нейтральности среды. Зависимость ионного произведения воды от температуры. Водородный показатель. рН и рОН: концентрационные и термодинамические. Активность и коэффициент активности. Ионная сила раствора. Расчет среднего ионного коэффициента активности по предельному закону Дебая-Хюккеля. Общая, активная и потенциальная кислотность. Расчет рН для растворов сильных кислот и оснований, слабых кислот и оснований, средних, кислых и основных солей, растворов, содержащих две сильные кислоты (два сильных основания), сильную и слабую кислоты (основания). Понятие об измерении рН: основные трудности и пути их преодоления. Эволюция концепции рН. Ограничения применения функции рН. Шкала рН. Кисотно-основные индикаторы. Цветные индикаторы. Примеры, интервалы перехода окраски и причины изменения цвета при изменении рН. Хромофоры. Буферные системы. Кисотно-основные буферные системы. Буферное действие и его механизм. Состав буферных растворов. Кислотные и основные буферные системы. Примеры буферных систем. Получение буферных растворов с заданным значением рН. Уравнение Гендерсона-Хассельбаха. Буферная емкость и ее расчет. Кислотная и основная буферная емкость. Факторы, влияющие на буферную емкость. Номенклатура буферных систем. Образцовые буферные растворы. Основы аналитической химии. Понятие о качественном и количественном анализе. Виды количественного анализа. Объемный анализ. Титриметрия и титрование. Методы титрования. Титрант и титруемое вещество. Требования к реакции титрования. Приготовление растворов титрантов. Первичные и вторичные стандарты. Стандартизация титрантов. Стандарт-титры (фиксаналы). Типы (приемы) титрования: прямое (в т.ч. реверсивное), обратное и заместительное. Требования к титруемым веществам и реакции титрования при прямом титровании. Кисотно-основное титрование (метод нейтрализации). Ацидиметрия и алкалиметрия. Кривые титрования. Схематичное изображение и расчет кривых титрования сильной кислоты сильным основанием и наоборот, слабой кислоты сильным основанием и слабого основания сильной кислотой. Скачок титрования, его определение (графическое и аналитическое). Факторы, влияющие на величины скачка титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Выбор кислотно-основного индикатора для титрования. Буферные области.

3.2 Атом, нуклид, химический элемент и простое вещество. Принцип периодичности:

Периодический закон и Периодическая система Д. И. Менделеева. Современная формулировка Периодического закона. Структура Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. Физический смысл порядкового номера химического элемента. Переходные и непереходные элементы. Электронные семейства химических элементов: s-, p-, d- и f-элементы. Понятие о главной диагонали Периодической системы. Металлические, неметаллические элементы и элементы-амфогены: принцип и условность деления. Семейства химических элементов: щелочные и щелочноземельные элементы, галогены, халькогены, платиновые элементы,

благородные газы, лантаноиды, актиноиды и редкоземельные элементы. Общие закономерности Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева: вертикальная, горизонтальная и диагональная периодичность. Формы проявления периодичности (на примерах). Закономерности изменения орбитальных радиусов, потенциалов ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности атомов, металлических/неметаллических свойств простых веществ, окислительно-восстановительных свойств простых веществ и соединений в группах, периодах и диагоналях. Правило четности Менделеева. "Тонкая структура" Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева: работы С. А. Щукарева. Принцип кайносимметрии. Уникальность свойств соединений элементов-каиносимметриков. Примеры из различных электронных семейств. Проявление особенностей свойств атома водорода. Эффекты экранирования в атомах как проявление принципа Паули. Заряд и эффективный заряд ядра. Валентная активность орбиталей. Внутренняя и вторичная периодичность: рассмотрение немонотонно проявляющихся закономерностей изменения свойств атомов, простых и сложных веществ. Эффекты 3d- и лантаноидного сжатия (f-сжатия). Эффект инертной 6s²-пары. Примеры. Элементы-близнецы. 3.3. Основы теории строения молекул. Химическая связь. Причины образования химической связи, вклады потенциальной и кинетической энергии. Понятие о теореме вириала. Термин "молекула". Вещества с молекулярным и немолекулярным строением. Кривая Морзе. Колебательные состояния. Нулевое колебательное состояние. Основные характеристики химических связей. Средняя энергия связи и энергия диссоциации связи.

Кратность и порядок связи. Длина связи. Ковалентный и ионный радиусы. Аддитивная схема определения длины химической связи. Факторы, влияющие на энергию, длину и порядок химической связи. Полярность химической связи и молекулы. Металлическая и ионная связь. Степень ионности. Доквантовые теории химической связи. Электронная теория химической связи Г. Н. Льюиса. Валентные и остовные электроны. Понятие о ковалентной связи и об обобществленной электронной паре. Механизмы образования связей: обменный, донорно-акцепторный и дативный. Условность выбора центрального атома. Кратность связей и валентность атома. Связь кратности и энергии связи. Полярные и неполярные связи. Свойства ковалентной связи: насыщаемость, 8 направленность. Правило октетов Льюиса и правило 18e как стремление к достижению устойчивой конфигурации благородного газа. Квантовые теории химической связи. Приближение Борна-Оппенгеймера (простое адиабатическое приближение). Поверхность потенциальной энергии (ППЭ) и изомерия. Переходное состояние. Седловая точка. Взаимосвязь теории Льюиса и метода ВС. Валентность атома в методе ВС. Понятие о спин-валентности. Ограничение теории ВС. Нецелочисленные химические связи в рамках метода ВС. Теория резонанса (мезомерии). Резонансные (канонические) структуры. Определение формального порядка с помощью резонансных структур.

Примеры. Делокализация связей и эффект сопряжения. Примеры. Метод молекулярных орбиталей (МО): основные положения теории и причины образования химических связей. Интерференция электронных волн. Связывающие, разрыхляющие и несвязывающие МО. Порядок заполнения МО. Валентность атома и порядок связей в методе МО. Случаи образования несвязывающих орбиталей. Понятие о НЭП. Приближение МО ЛКАО. Построение молекулярной волновой функции. Понятие о перекрывании орбиталей. Весовые коэффициенты и их физический смысл. Факторы, влияющие на взаимодействие АО. Орбитальная симметрия. Классификации МО по симметрии (по числу узлов): σ -, π - и δ -орбитали. Прочность, длина и условия образования σ -, π - и δ -связей. Зависимость прочности σ -, π - и δ -связей от межъядерного расстояния. Энергетические схемы образования МО. Схемы МО для двухатомных гомоядерных и гетероядерных молекул и ионов второго периода Периодической системы Д.И. Менделеева. Определение порядка связей. Формальная и истинная валентность. Виды химических связей в рамках метода МО. Канонические и локализованные МО. Приближения локализованных связей. Приближение ковалентной связи. Одноэлектронная, двухэлектронная и трехэлектронная ковалентные связи. Примеры. Соотношение понятий ковалентная связь с методами ВС и МО. Примеры. Схемы МО образования ковалентной неполярной, полярной и ионной связи. Понятие о сигма-остове. Эффект сопряжения и делокализация π -связей: влияние на переход электрона с ВЗМО и на НВМО. Крушение концепции экстравалентных nd -орбиталей для соединений непереходных элементов. Приближение трехцентровых связей: гипервалентная и орбитально-избыточная связи. Построение молекулярной волновой функции. Схемы МО, геометрия связи, распределение электронной плотности. Примеры σ - и π -гипервалентных связей: PCl_5 , SCl_4 , ClF_3 , XeF_2 , IF_5 , O_3 , SO_2 , NO_2 , NO_2^- . Водородная связь как частный случай гипервалентного взаимодействия. Ее влияние на физические свойства. Примеры. Симметричные и несимметричные водородные связи. Внутримолекулярные и межмолекулярные водородные связи. Примеры. Многоцентровые связи: n -центровые m -электронные связи. Примеры. Геометрия молекул. Степени свободы молекулы. Параметры для описания структуры молекул: длина связи, валентный и торсионный (двугранный) углы. Описание пространственного строения молекул в методе МО на примерах BeH_2 , BH_3 и CH_4 . Соотношение симметрии молекул и их МО. Концепция гибридизации атомных орбиталей: сущность метода и основные типы гибридизации (sp^n , dsp^3 , dsp^2 и d^2sp^3). Принцип максимального перекрывания. Изменение энергетического выигрыша от гибридизации в пределах периода и группы. Общий вид ГАО вида sp^n . Взаимосвязь валентного угла и гибридизации. Эквивалентные и неэквивалентные ГАО: понятие и примеры. Ортогональность ГАО. Уравнения для тетрагональных, тригональных и дигональных ГАО. Соотношение энергии и геометрических форм sp^n -орбиталей. Ковалентные радиусы sp^n -гибридизованных атомов. Влияние межъядерного расстояния на энергию связей с участием ГАО. Участие d -

орбиталей в гибридизации. Взаимосвязь гибридизации и электроотрицательности. Регибридизация. Нежесткость молекул с НЭП (на примере аммиака и воды). Гибридизация и потенциал ионизации (BeH_2 , BH_3 и CH_4). Преимущества и ограничения метода гибридизации. Теория ОЭПВО (метод Гиллеспи): основные положения. Основные типы полиэдров, образуемых частицами вида AX_n . Влияние НЭП на геометрию молекул. Преимущества и недостатки т. ОЭПВО. Примеры.

3.4 Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Соотношение понятий: степень окисления, эффективный заряд атома, зарядовое число иона, валентность и координационное число. Правила вычисления. Элементы с постоянной и переменной степенью окисления. Определение степени окисления по структурной формуле. Примеры. Окисление и восстановление. Окислители, восстановители, вещества с двойственной природой и вещества, индифферентные к окислительно-восстановительным свойствам в водных растворах. Межмолекулярные и внутримолекулярные ОВР. Реакции дис- и конпропорционирования. Химические свойства основных окислителей и восстановителей. Методы уравнивания окислительно-восстановительных реакций: метод электронного баланса и метод электронно-ионного баланса (метод полуреакций). Сущность методов, преимущества и недостатки. Примеры. Количественное описание окислительно-восстановительных реакций в водных растворах. Понятие об электроде. Катод и анод. Гальванический элемент. ЭДС. Диффузионный потенциал и электролитический мостик. Сопряжённая окислительно-восстановительная пара. Стандартный восстановительный потенциал: физический смысл, применение. Сравнение силы окислителей (восстановителей). Водородный электрод. Физический смысл знака восстановительного потенциала. Выбор потенциала в зависимости от характера среды. Стандартный кислый и стандартный щелочной водный раствор. Уравнение Нернста: вывод и применение. Зависимость силы окислителя и восстановителя от pH среды. Влияние образования слабых электролитов, малорастворимых сильных электролитов и комплексов на восстановительный потенциал. Пределы возможности существования окислителей и восстановителей в водном растворе. ЭДС реакции, ее взаимосвязь со стандартной энергией Гиббса и константой равновесия. Критерий самопроизвольного протекания окислительно-восстановительных реакций и критерий необратимости. Классические комплексные соединения (КС). История возникновения термина. Теория А. Вернера. Внутренняя (комплекс) и внешняя сферы. Комплексообразователь и лиганды. Координационное число и дентантность. Мостиковые лиганды. Эмпирическая связь степени окисления центрального атома и его координационного числа. Классификация комплексов по заряду; по числу атомов (ионов) комплексообразователей и характеру их связывания. Примеры. Классификация лигандов. Хелатные комплексы и хелатный эффект. Аквакомплексы и гидролиз. Первичная и вторичная диссоциации КС. Константы устойчивости и нестойкости комплексов: математические

выражения и физический смысл. Расчет концентрации комплексообразователя. Номенклатура КС. Образование и разрушение КС. Электронное строение комплексов. Спектрохимический ряд. Цвет и магнитные свойства комплексов. Низкоспиновые и высокоспиновые КС. Геометрия комплексов и гибридизация центрального атома.

3.5 Исходные определения и постулаты термодинамики. Постулат о равновесии. Постулат о температуре. Термодинамические свойства системы. Внешние и внутренние переменные. Функции состояния и функции процесса. Термодинамические процессы. Уравнение состояния. Термические коэффициенты и связь между ними. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнение с вириальными коэффициентами. Универсальное уравнение и соответственные состояния. Законы термодинамики. Первый закон термодинамики. Работа. Виды работ. Максимальная работа. Простые системы. Внутренняя энергия и энтальпия. Термические и калориметрические уравнения состояния. Теплоемкости C_p и C_v . Связь между ними. Термодинамические процессы в идеальном и реальном газе. Закон Гесса. Термохимические уравнения. Стандартные состояния. Энтальпии образования и сгорания. Формула Кирхгоффа. Второй закон термодинамики. Пфаффова форма и интегрирующий множитель. Энтропия. Принцип адиабатической недостижимости. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия. Термодинамическая температура. Равновесные и стационарные состояния системы. Равновесные и неравновесные процессы. Потерянная работа и некомпенсированная теплота Клаузиуса. Обобщенная формулировка в виде $dS_i > 0$. Энтропия равновесного и стационарного состояния. Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Расчет абсолютных энтропий индивидуальных веществ. Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Фундаментальное уравнение Гиббса. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Уравнения Максвелла и их использование для вывода термодинамических соотношений. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Термодинамика обратимых и необратимых процессов. Термодинамическое равновесие. Локальное равновесие и границы применимости линейной термодинамики неравновесных процессов. Характеристические функции и термодинамические потенциалы в термодинамике необратимых процессов; их связь с некомпенсированной теплотой Клаузиуса (потерянной работой). Скорость роста энтропии и функция диссипации. Потоки и силы. Неравенство де Донде. Взаимосвязь между потоками. Уравнения Онзагера и соотношение взаимности. Применение уравнений неравновесной термодинамики к химической кинетике, диффузии и термодиффузии. Критерии термодинамического равновесия, их применение для расчетов равновесий в изолированных системах. Равновесия фазовые и химические. Понятие о современных численных методах расчета равновесий. Устойчивость термодинамических равновесий. Примеры стабильных, метастабильных и нейтральных равновесий. Растворы. Способы выражения химического состава. Парциальные функции. Химический потенциал.

Понятие об однородных функциях. Уравнения Гиббса-Дюгема. Связь между интегральными и парциальными величинами. Выражение для химического потенциала идеального газа. Законы идеальных и предельно разбавленных растворов. Летучесть. Активность. Классификация растворов. Избыточные величины. Система стандартизации. Осмос. Криоскопия. Эбулиоскопия. Химическое равновесие. Вывод условия химического равновесия в закрытой системе. Химическое сродство. Закон действующих масс в идеальных и реальных системах. Вывод уравнения изотермы химической реакции. Стандартное состояние. Связь константы равновесия со стандартным изменением энергии Гиббса и приведенным потенциалом Гиббса. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, элементарные реакции, молекулярность реакции, скорость реакции. Прямые задачи в химической кинетике. Кинетическое уравнение, кинетическая кривая. Кинетика простых реакций. Среднее время жизни, период полупревращения. Экспериментальные методы определения скорости реакции. Обратные задачи в химической кинетике. Порядок реакции, способы его определения. Наблюдаемая (экспериментальная) константа скорости. Кинетика химических реакций в статическом, проточном и безградиентном реакторах. Зависимость скорости химических реакций от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации, предэкспоненциальный множитель. Методы определения энергии активации, наблюдаемая (экспериментальная) и истинная энергия активации. Политермическая кинетика. Механизм сложных реакций. Принцип независимости, принцип детального равновесия. Методы решения прямой кинетической задачи для сложных реакций. Кинетика обратимых, параллельных и последовательных реакций. Лимитирующая стадия сложной реакции. 3.6 Основные понятия квантовой механики молекул. Гамильтониан и уравнение Шредингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Выделение переменных центра масс и вращательных переменных для системы ядер молекулы. Эйлеровы углы, задающие положение подвижной системы координат. Общий вид вращательного гамильтониана для свободной молекулы. Общие свойства симметрии молекулярного гамильтониана. Перестановочная симметрия и пространственная (точечная) симметрия. Точечные группы симметрии молекул. Основные элементы симметрии. Представления и характеры представлений точечных групп симметрии. Вырождение энергетических уровней для высокосимметричных систем. Потенциальная поверхность энергии молекулярных систем. Потенциальная поверхность как графическое представление энергии электронной подсистемы в зависимости от геометрической конфигурации системы ядер молекулы. Общая характеристика потенциальных поверхностей. Равновесные конфигурации молекул. Симметрия потенциальной поверхности. Утверждения о связи симметрии потенциальной поверхности с перестановочной симметрией системы ядер молекулы и с допустимой точечной симметрией этой системы. Электронное волновое уравнение. Антисимметричность электронной

волновой функции относительно перестановок переменных электронов. Электронная плотность. Приближенные методы решения электронного волнового уравнения. Метод Хартри-Фока как простейший метод квантовой химии. Понятие о молекулярной орбитали. Понятие о молекулярной орбитали как об одноэлектронной волновой функции в многоэлектронной системе. Симметрия молекулярных орбиталей и ее связь с группой точечной симметрии молекулярного гамильтониана. Снятие вырождения при понижении симметрии молекулярных систем. Теория кристаллического поля и теория поля лигандов. Фотоэлектронная спектроскопия. Химическая связь. Общая характеристика химических связей в молекулах. Типы химических связей. Типы молекулярного движения. Гамильтониан для относительного движения ядер (колебаний) многоатомной молекулы. Приближенные методы решения задачи о колебаниях молекул. Малые колебания: гармоническое приближение. Нормальные координаты и нормальные колебания. Локальные колебания. Учет симметрии при анализе задачи о колебаниях молекул. Электронно-колебательное взаимодействие. Эффекты Яна – Теллера. Решение задачи о вращении молекулы как целого. Различные типы волчков. Электрические и магнитные свойства молекул. Электрические и магнитные свойства молекул. Дипольный момент, полярные и неполярные молекулы. Дипольный момент и симметрия молекул. Закономерности для дипольных моментов молекул. Поляризуемость молекул. Молекула в магнитном поле. Магнитный момент и магнитная восприимчивость молекул. Спин элементарных частиц. Орбитальная и спиновая составляющие магнитного момента. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. 3.7 Взаимодействие молекул со светом. Испускание, поглощение и рассеяние излучения. Матричные элементы операторов перехода. Дипольное приближение. Коэффициенты Эйнштейна. Правила отбора, их связь с симметрией системы. Состояния молекул. Классификация состояний двух- и многоатомных молекул. Электронные, колебательные и вращательные состояния. Вращательные состояния и вращательная энергия двухатомной молекулы. Вращательные постоянные. Вращательные спектры поглощения и комбинационного рассеяния двухатомных молекул. Правила отбора. Вращательные состояния и вращательные спектры многоатомных молекул. Различия в спектрах волчков различных типов. Структурная информация, получаемая из вращательных спектров. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Правила отбора. Структурная информация, получаемая из колебательно-вращательных спектров. Колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул. Правила отбора. Альтернативный запрет. Структурная информация, получаемая из колебательно-вращательных спектров. Электронно-колебательно-вращательные спектры двухатомных и многоатомных молекул. Правила отбора. Принцип Франка - Кондона. Понятие о возбужденных состояниях и фотохимии. Активация молекул. Термическая и нетермическая активация молекул, характерные интервалы энергии и природа активных частиц. Равновесная и неравновесная кинетика. Типы молекулярных столкновений.

Типы молекулярных столкновений. Обмен энергией при упругих и неупругих столкновениях. Сечение химической реакции, микроскопическая и макроскопическая константы скорости. Простая теория столкновений: исходные постулаты. Модель жестких сфер, критическая энергия. Теории активных столкновений и бимолекулярные газовые реакции. Стерический фактор. Теория активных столкновений: мономолекулярные реакции. Схема Линдемманна, модели Хиншельвуда, Касселя, Слэйтера, теория РРКМ. Поверхность потенциальной энергии химических реакций. Поверхность потенциальной энергии, экспериментальные и расчетные методы ее построения. Метод молекулярных пучков. Теория активированного комплекса: исходные постулаты. Путь реакции и координата реакции. Статистико-термодинамический расчет константы скорости, уравнение Эйринга. Неадиабатические реакции. Термодинамический аспект теории активированного комплекса, свободная энергия, энтальпия и энтропия активации. Теория активированного комплекса: бимолекулярные реакции, оценка стерического фактора. Теория активированного комплекса: моно- и тримолекулярные реакции. Кинетический изотопный эффект.

3.8. Биоорганическая химия и биохимия. Основные объекты исследования биоорганической химии. Методы исследования: химические, физические, физико-химические, биохимические. Компьютерная химия. Синтез и выделение продуктов, установление строения, изучение взаимосвязи между химическим строением и биологической активностью (биологической функцией) соединений. Белки. Аминокислоты, как мономерные структурные единицы белков и пептидов. Стереохимия. Проекция Фишера. Уровни структуры белков. Первичная структура: методы определения последовательности аминокислот, секвенаторы. Вторичная структура белков: альфа- и бета- структуры. Третичная и четвертичная (субъединичная) структуры белков. Роль водородных, ионных, дисульфидных связей, гидрофобных взаимодействий. Денатурация (обратимая, необратимая) белков. Понятие о регуляторных белках. Нуклеиновые кислоты. ДНК и РНК. Структурные компоненты. Типы связей. Пространственная структура полимерных цепей. Двойная спираль ДНК. Комплементарность оснований. Методы определения нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах. Рестрикция, рестриктазы. Химико-ферментативный синтез олиго- и полинуклеотидов. Биосинтез нуклеиновых кислот. Ферменты биосинтеза. Понятие о транскрипции, обратная транскриптаза. Углеводы. Моносахариды. Строение и стереохимия. Альдозы, кетозы. Ациклические и циклические структуры моносахаридов. Пиранозы, фуранозы, альфа- и бета-аномеры. Понятие о конформации. Пентозы (рибоза, арабиноза, ксилоза), гексозы (глюкоза, манноза, галактоза). Дезоксисахара (фукоза, 2-дезоксирибоза), аминодезоксисахара, уроновые кислоты, сиаловые кислоты. Моносахариды как структурные мономерные единицы олиго- и полисахаридов. Структурный анализ олиго- и полисахаридов. Функции олиго- и полисахаридов. Понятие о лектинах. Целлюлоза, крахмал, гликоген. Углеводсодержащие смешанные биополимеры. Гликопротеины,

пептидогликаны, тейхоевые кислоты. Липиды. Классификация липидов. Нейтральные липиды, фосфолипиды, сфинголипиды. Структурные компоненты липидов. Жирные кислоты. Высшие спирты, альдегиды. Полиолы, глицерин, миоинозит. Стереохимия липидов. Липопротеиды. Понятие о строении биологических мембран. Липосомы. Низкомолекулярные биорегуляторы - коферменты и витамины: НАД, НАДФ, ФМН, ФАД, тиаминпирофосфат, липоевая кислота, АТФ, биотин, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, пантотенат кальция, кобаламины. Каскад арахидоновой кислоты. Простагландины. Биогенные амины: ацетилхолин, серотонин и др. Антибиотики, как природные антиметаболиты. Пенициллины, цефалоспорины, тетрациклины, аминогликозиды, противоопухолевые антибиотики. Полусинтетические антибиотики. Ферменты, и их биохимическая роль. Классификация и номенклатура. Активные центры ферментов. Субстратная специфичность. Факторы, обеспечивающие ферментативный катализ. Роль металлов в функционировании ферментов. Ингибиторы: обратимые (конкурентные, неконкурентные), необратимые. Обратимая и необратимая денатурация ферментов. Способы иммобилизации ферментов на различных носителях. Внутри- и внеклеточные ферменты. Метаболический фонд микробных клеток. Общие представления об анаболизме и катаболизме. Основные пути ассимиляции субстратов: белков, жиров, углеводов, аминокислот, углеводородов, спиртов, органических кислот, минеральных компонентов. Гликолиз и брожение. Цикл Кребса, регуляция активности ферментных систем в цикле. Гексозомонофосфатный путь превращения углеводов. Энергетическая эффективность цикла Кребса и гликолиза. Цепь переноса электронов, окислительное фосфорилирование в дыхательной цепи. Биосинтез через ацетил-КоА. Функции НАДН⁺ и НАД(Ф)Н⁺ в реакциях синтеза. Биосинтез белков, роль нуклеиновых кислот. Рибосомный путь биосинтеза. Принципы биоэнергетики. Пути и механизмы преобразования энергии в живых системах. Образование АТФ и других макроэргических соединений в клетках. Роль АТФ и трансмембранной разности электрохимических потенциалов (ТЭП) в трансформации и запасании энергии в клетке. Мембранная биоэнергетика: ионные насосы, первичные и вторичные генераторы ТЭП. Понятие об энергетическом заряде и энергетической эффективности роста. Основные типы сопряжения катаболических и анаболических процессов. Аэробное дыхание. Дыхательная цепь. Основные виды акцепторов электронов. Типы брожения. Системы субстратного фосфорилирования. Биосинтетические процессы в клетке. Биосинтез биополимеров: белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов. Основные этапы процессов, их организация в клетках эу- и прокариот. Биосинтез липидов, биогенез биомембран. Биосинтез сахаров, L-аминокислот, нуклеотидов, витаминов (коферментов). Вторичные метаболиты. Азотфиксация. Фотосинтез. Основные типы процессов, доноры электронов. Бесхлорофильный фотосинтез. Фоторецептор. Регуляция метаболизма. Определение, уровни регуляции. Регуляция репликации ДНК и биосинтеза белков. Регуляция транскрипции. Регуляция трансляции.

Посттрансляционная модификация. Регуляция активности ферментов путем обратимой ковалентной модификации. Регуляция активности путем нековалентного взаимодействия с эффекторами. Регуляция клеточного деления. Взаимодействие регуляторных механизмов при управлении скоростью роста клеток. Транспорт субстратов и продуктов. Механизмы клеточной проницаемости: физическая диффузия, «облегченная» диффузия, первичный и вторичный активный транспорт. Организация транспортных систем. Способы сопряжения транспорта с энергией метаболизма. Регуляция транспортных процессов. Секреция и экскреция. Мембранная регуляция. Регуляция на уровне генома.

3.9. Биофизическая химия.

Термодинамические расчеты биохимических реакций. Теплота и свободные энергии, влияние температуры, pH и природы растворителей. Основные понятия термодинамики необратимых процессов: степень полноты реакции, некомпенсированная теплота и сродство. Сопряженные реакции. Обмен энергией и энтропией между клеткой и средой. Кинетические основы ферментативных процессов. Стационарная кинетика ферментативных реакций, уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние ингибиторов и активаторов на скорость ферментативных реакций. Температурная и pH- зависимость активности ферментов, инактивация ферментов. Кинетические основы микробиологических процессов. Кинетическое описание процесса роста микроорганизмов. Экспоненциальная модель роста. Уравнение Моно-Иерусалимского. Математическое описание периодической, турбидостатной и хемостатной культуры. Кинетическое описание смешанных культур. Кинетика гибели микроорганизмов. Кинетическое описание биосинтеза продуктов микроорганизмами. Мембранный потенциал. Редокс- потенциалы в биологических системах. Перенос вещества через мембраны. Мембранное равновесие, уравнение Доннана. Буферные смеси и их биологическая роль. Адсорбция и поверхностные явления в биологических системах. Основные принципы хроматографии, ее применение. Микробные популяции как коллоидные системы, стабилизация и коагуляция, седиментация. Высокомолекулярные биологические коллоидные системы, свойства растворов белков и полисахаридов. Физико-химические свойства гелей, роль гелей в биологических объектах.

Технологические аспекты биотехнологии

4.1. Методы биотехнологии.

Основные биообъекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных и человека, биокатализаторы, в том числе реконструированные продуценты биологически активных веществ (селекция, метод рекомбинантных ДНК, гибридная технология). Сырье для биосинтеза и оценка его биологической ценности. Основные источники углерода, азота, фосфора, микроэлементов. Исследование новых источников сырья (включая вопросы его предварительной обработки), разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие элементы управления и оптимизации процессов биосинтеза. Методы

оптимизации питательных сред. Типовые технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека. Непрерывные процессы культивирования. Теория хемостата. Автоселекция в хемостате. Полунепрерывные (fed batch culture) и периодические процессы культивирования. Кинетическое описание периодического культивирования.

Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Понятие о С-моле биомассы. Влияние затрат субстрата на поддержание жизнедеятельности, на величину кажущегося экономического коэффициента. Модели кинетики биосинтеза продуктов метаболизма в зависимости от удельной скорости роста, возраста культуры, концентрации субстратов и метаболитов в среде. Принципы масштабирования процессов ферментации. Критерии масштабного перехода. Особенности получения иммобилизованных биообъектов и их применение в биотехнологии. Диффузионные ограничения при использовании иммобилизованных ферментов и клеток. Методы контроля специфических параметров процесса ферментации. Типовые технологические приемы стадии выделения и очистки продуктов биосинтеза. Флотация клеток и белковых продуктов из культуральной жидкости. Экстрагирование продуктов биосинтеза из биомассы микроорганизмов жидкостями и суперкритическими жидкостями. Центробежная экстракция лабильных продуктов из культуральной жидкости. Сушка лабильных биопродуктов и живых биопрепаратов. Тестирование биологически активных веществ по типовым схемам. Вопросы надежности и безопасных условий эксплуатации, контроля биопроцесса, охраны окружающей среды. Современные подходы к созданию ресурсо- и энергосберегающих биотехнологий.

4.2. Медицинская биотехнология (биотехнология для медицины).

Использование методов иммобилизации биообъектов в медицинских биотехнологиях и в диагностике заболеваний. Основы современной иммунобиотехнологии. Гибридная технология. Использование антител для очистки биологических жидкостей. Типы вакцин и их конструирование. Культуральные и генно-инженерные вакцины. Производство сывороток. Современные прививочные препараты. Препараты на основе живых культур микроорганизмов (нормофлоры и пробиотики). Иммуносенсоры. Производство биосенсоров на основе ферментов. Диагностические средства *in vitro* для клинических исследований. Производство пробиотиков. Производство ферментов медицинского назначения. Создание ферментов с помощью методов генной инженерии. Производство препаратов на основе смеси L-аминокислот для перорального и парентерального питания. Технологии лекарственных препаратов на базе стабильных адресных липосом. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина. Другие генно-инженерные лекарства и препараты. Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов. Микробиологическое производство антибиотиков различных классов для медицины. Полусинтетические антибиотики. Микробиологическое

производство витаминов для здравоохранения. Технологии продуктов трансформации органических соединений ферментами микробных клеток: сорбит в производстве аскорбиновой кислоты; гидрокортизон и превращение его в преднизолон; продукты дегидрирования, восстановления и гидроксирования стероидов; продукты окисления производных индола и пиридина. Технологии культивирования *in vitro* клеток и тканей растений для получения фитопрепаратов и лечебно-профилактических добавок.

4.2.1. Биотехнологии получения энергоносителей для энергетики.

Микробиологическое производство возобновляемых источников энергии: низших спиртов, ацетона, метана, биоконверсией органических отходов и растительного сырья. Микробиологическое производство водорода.

4.2.2. Биотехнологии для нефте- и горнодобывающей и обогатительной промышленности Геомикробиология и экология нефте- и угледобычи. Бактериальное выщелачивание химических элементов из руд, концентратов и горных пород, обогащение руд, биосорбция металлов из растворов. Удаление серы из нефти и угля. Повышение нефтеотдачи. Удаление метана из угольных пластов. Подавление биокоррозии нефтепроводов. Производство био- и фоторазлагаемых конструкционных пластмасс для промышленной энергетики.

4.2.3. Биотехнологические методы защиты окружающей среды (экологическая биотехнология). Антропогенные факторы химического и биологического загрязнения окружающей среды. Органические ксенобиотики, соединения азота, серы, фосфора, тяжелые металлы и радионуклиды. Биологические методы для решения задач охраны окружающей среды. Основные биохимические пути микробиологической трансформации загрязняющих веществ. Микроорганизмы — биодеструкторы. Биологическая очистка сточных вод. Принципиальные схемы очистных сооружений. Основные принципы работы, методы и сооружения аэробной и анаэробной биологической очистки сточных вод и переработки промышленных отходов. Утилизация диоксида углерода с помощью микроорганизмов. Биологические методы очистки воздуха. Биологическая дезодорация газов. Основные методы и принципиальные конструкции установок. Биоремедиация и биологическая очистка природных сред. Основные подходы. Создание технологий для восстановления окружающей среды с использованием генно-инженерно-модифицированных микроорганизмов. Разработка биотехнологических способов уничтожения химического оружия. Биологическая переработка твердых отходов. Биодеструкция природных и синтетических полимерных материалов. Компостирование. Вермикультура. Биологическая коррозия и биоциды. Мониторинг окружающей среды. Методы биотестирования и биоиндикации в мониторинге.

Научные основы инженерного оформления биотехнологий

5.1. Стерилизация технологических потоков и оборудования.

Классификация производств биосинтеза по отношению к контаминации. Возможные пути проникновения посторонней микрофлоры в биореактор.

Асептическое культивирование. Методы отделения и деструкции контаминантов, их сравнительный анализ. Способы стерилизации жидкостей, твердых субстратов и воздуха. Термическая стерилизация. Критерии стерилизации, их расчет для изотермического, непрерывного и нестационарных условий. Аппаратурное оформление стадий. Деконтаминация воздуха и оборудования в производственных помещениях.

5.2. Материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза.

Стехиометрия микробиологического синтеза. Методы расчета стехиометрических коэффициентов и составление материального баланса стадии биосинтеза. Влияние условий культивирования продуцента на тепловыделение, величину экономического коэффициента и степень утилизации субстрата. Потребление кислорода микроорганизмами. Массопередача кислорода от воздуха к клеткам. Концентрационные "ямы". Массопередача углекислого газа. Массообменные характеристики ферментационного оборудования. Пенообразование и пеногашение. Перемешивание при ферментации и его виды. Массообменный и тепловой расчеты биореакторов: по областям применения, по условиям проведения процессов биосинтеза. Основное ферментационное оборудование, его виды и предварительный подбор. Биореакторы периодические и непрерывно действующие, полного смешения, полного вытеснения и промежуточного типа. Биореакторы для осуществления асептических, условно-асептических и неасептических операций. Классификация биореакторов по способу ввода энергии: аппараты с механическим перемешиванием, барботажный, эрлифтный. Методы определения величины коэффициента массопередачи в биореакторах различной конструкции.

5.3. Основы моделирования биореакторов.

Этапы моделирования. Параметры моделирования и их сопоставление. Моделирование по вводимой удельной энергии, по интенсивности массопереноса кислорода. Исследование и разработка принципов и алгоритмов оптимального компьютерного проектирования биотехнологических систем.

5.4. Описание основного оборудования для выделения, концентрирования и очистки продуктов биосинтеза с целью получения готовых товарных форм препаратов. Оборудование для разделения микробных суспензий, жидкой и твердой фазы (центрифуги осадительного и фильтрующего типа с периодической и с непрерывной выгрузкой осадка; суперцентрифуги; сепараторы для фильтрования и отжима осадков). Оборудование для концентрирования культуральных жидкостей и нативных растворов вакуум - выпариванием (аппараты с восходящей и падающей пленкой; роторно-пленочные испарители). Оборудование для проведения процессов осаждения (влияние начальной концентрации осаждаемого вещества, температуры на скорость образования осадка). Оборудование для проведения процессов экстракции из твердой фазы и органическим растворителем (влияние соотношения фаз, времени контакта фаз на эффективность процесса). Оборудование для баромембранного разделения и очистки

продуктов биосинтеза и воздуха (микрофильтрация, ультрафильтрация; обратный осмос; селективность баромембранных процессов; концентрация гелеобразования). Оборудование для хроматографического концентрирования и разделения компонентов нативного раствора (ионный обмен и гельфильтрация; очистка продуктов биосинтеза на гидрофобных сорбентах). Оборудование для сушки биотехнологической продукции (сушилки распылительные, вальцово-ленточные, барабанные, кипящего слоя, пневматические, сублимационные, вакуумные и вакуумные с подбросом давления). Оборудование для очистки газо-воздушных выбросов и сточных вод (трубы Вентури, скрубберы мокрой очистки, отстойники, биофильтры, аэротенки, окситенки, метантенки).

5.5. Принципы регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза. Создание и эксплуатация приборов, систем измерения физико-химических, физиологических и биофизических параметров, компьютеризированных технологических комплексов.

6. Перечень вопросов для проведения кандидатского экзамена

1. Клеточная теория. Особенности организации клеток прокариот (архей, бактерий), эукариот. Симбиотическая теория образования эукариотических клеток.

2. Предмет и задачи биотехнологии. Объекты биотехнологии.

3. Плазмиды, история их обнаружения и установления генетической роли.

4. Типы РНК. Этапы транскрипции у прокариот. Особенности транскрипции у эукариот. Пространственная организация синтеза РНК в клетке.

Адресная доставка диагностических и лекарственных препаратов в клетки-мишени с помощью нанотехнологий.

Биосинтез белка в организме животных. Транскрипция и трансляция. Основные этапы трансляции.

5. Биосенсоры и биочипы. Определение, разновидности, применение в биомедицинских исследованиях и медицинской практике.

6. Клеточные мембраны. Строение и функциональная дивергенция в разных клеточных органоидах. Роль клеточных мембран в компартментализации клеток и регуляция метаболических процессов.

7. Понятие о генотерапии. Вирусные нановекторы для доставки терапевтических генов в клетки-мишени.

8. Типовые технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека

9. Электрофорез белков и нуклеиновых кислот. Принцип метода, разновидности. Область применения в биохимии и нанотехнологиях.

10. Понятие биотехнологии как технологического приема получения

модифицированных биообъектов с целью придания им новых свойств и/или способности производить новые вещества.

11. Типы нуклеиновых кислот. Роль нуклеиновых кислот в живом организме. Структура ДНК. Принцип комплементарности азотистых оснований.

Минорные основания. А-, В-, С-, Т- и Z- формы ДНК.

12. Основные биообъекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных и человека, биокатализаторы, в том числе реконструированные продуценты биологически активных веществ (селекция, метод рекомбинантных ДНК, гибридная технология).

13. Типы РНК: ядерная, рибосомная, транспортная, м- РНК. Взаимодействие белков и нуклеиновых кислот.

14. Культура клеток. Гибридизация клеток в культуре. Значение гибридизации клеток для решения актуальных проблем биологии.

Трансплантация ядер. Микроклетки и изолированные хромосомы.

15. Клонирование ДНК. Банки данных генов. Генная инженерия. Генотерапия. Понятие о геномике.

16. Биосинтез белков, роль нуклеиновых кислот. Рибосомный путь биосинтеза. Аминокислоты – мономерные структурные единицы белков и пептидов.

17. Виды химических формул. Состав, строение и структура соединений.

18. Расчет pH водных растворов средних, кислых и основных солей.

19. Бинарные соединения: классификация, номенклатура, получение и свойства. Псевдобинарные соединения.

20. Метод МО: физические принципы, порядок связи, валентность, преимущества и ограничения метода. Энергетические схемы образования МО.

21. Шкала pH. Принципы функционирования кислотно-основных индикаторов.

22. Типы МО. Схемы МО двухатомных гомоядерных молекул и ионов элементов второго периода Периодической системы Д.И. Менделеева.

23. Основные теории кислот и оснований: преимущества и недостатки.

24. Кислотно-основные буферные системы: состав, классификация, принципы буферного действия. Примеры буферных систем различного типа.

25. Кислоты и основания: классификация, номенклатура и свойства.

26. Трехцентровые химические связи: виды, схемы МО, геометрия связей.

27. Канонические и локализованные. Приближение ковалентных связей. Виды ковалентных связей. Схемы МО.

28. Получение буферных растворов. Уравнение Гендерсона-Хассельбаха: вывод и применение для расчета pH.

- 29.Соли: классификация, номенклатура и свойства.
- 30.Водородная связь как частный случай гипервалентных взаимодействий: типы, примеры, влияние на физические свойства.
- 31.Кислоты, основания и амфолиты в водном растворе в рамках теории Бренстеда-Лоури.
- 32.Титриметрия и титрование: основные принципы и понятия. Требования к реакции титрования и титруемому веществу. Приемы титрования.
- 33.Буферная емкость. Виды буферной емкости. Расчет буферной емкости. Факторы, влияющие на буферную емкость.
- 34.Гибридизация: концепция и основные типы гибридизации.
- 35.Эквивалент и величины, связанные с понятием эквивалента: определения, формулы для расчета. Закон эквивалентов.
- 36.Теория ОЭПВО (метод Гиллеспи).
- 37.Расчет кривой титрования в методе нейтрализации по точкам.
- 38.Комплексные соединения: классификация, составные части.
- 39.Растворы. Типы растворов и способы выражения их состава.
- 40.Ацидиметрия и алкалиметрия. Схематическое изображение основных типов кривых титрования. Основные параметры, описывающие кривую титрования.
- 41.Коллигативные свойства растворов.
- 42.Качественное сравнение кривых титрования сильных и слабых кислот (оснований).
- 43.Атом Резерфорда и теория Бора-Зоммерфельда.
- 44.Диссоциация комплексных соединений. Аквакомплексы и гидролиз.
- 45.Растворы электролитов. Причины и механизм электролитической диссоциации. Термодинамика растворения.
- 46.Координационное число и дентантность. Полидентантные лиганды.
- 47.Классы электролитов и типы растворителей по отношению к диссоциации.
- 48.Рождение квантовой механики: Гейзенберг, де Бройль, Шредингер. Волновая функция и ее физический смысл.
- 49.Структура водных растворов электролитов невысоких концентраций по О.Я. Самойлову.
- 50.Номенклатура комплексных соединений.
- 51.Устойчивость комплексов и константа нестойкости (устойчивости): математические выражения, физический смысл, применение.
- 52.Орбитальное приближение. Энергетические и пространственные характеристики АО. Квантовые числа n , l , m_l и m_s .
- 53.Диссоциация различных классов электролитов и ее количественные характеристики.

54. Принципы и правила заполнения электронных оболочек атомов.
55. Нейтрализация и гидролиз. Причины и механизм гидролиза. Количественные характеристики гидролиза.
56. Радиальное и угловое распределение электронной плотности различных АО. Распределение знаков волновой функции. Узлы и пучности.
57. Степень окисления: физический смысл, правила вычисления. Определение степени окисления по структурной формуле.
58. Теория кристаллического поля. Спектрохимический ряд.
59. Виды уравнений гидролиза солей. Характер среды при гидролизе. Факторы, влияющие на полноту протекания гидролиза.
60. Принцип периодичности. Периодический закон и Периодическая система Д.И. Менделеева: общие закономерности. Принцип кайносимметрии.
61. Растворимость и произведение растворимости.
62. Методы уравнивания ОВР. Сущность методов, преимущества и недостатки.
63. Теория ОВР: классификации реакций, основные понятия.
64. «Тонкая» структура Периодической системы: внутренняя и вторичная.
65. Автопротолиз воды. Характер среды. Водородный и гидроксильный показатели.
66. Эффекты экранирования: 3d- и 4f-сжатие, эффект инертной $6s^2$ -пары.
67. Понятие «молекула». Причины образования химической связи. Кривая Морзе.
68. Химические свойства основных восстановителей.
69. Предельный закон Дебая-Хюккеля. Ионная сила.
70. Химические свойства основных окислителей.
71. Общая, активная и потенциальная кислотность.
72. Восстановительный потенциал: физический смысл, выбор для окислителей и восстановителей в различных средах.
73. Расчет pH водных растворов сильных и слабых кислот.
74. Электронная теория Льюиса. Кратность связи и валентность атома. Правило октетов и 18e.
75. Факторы, влияющие на восстановительный потенциал. Уравнение Нернста.
76. Адиабатическое приближение и поверхность потенциальной энергии (ППЭ). Изомерия.
77. Расчет pH водных растворов сильных и слабых оснований.
78. Метод ВС: физические принципы, кратность связи, валентность, преимущества и ограничение метода. Теория резонанса.
79. ЭДС реакции и константа равновесия. Критерии самопроизвольного

протекания ОВР и необратимости.

80.Строение атомного ядра. Нуклоны. Ядерные силы. Устойчивость атомных ядер.

7. Порядок оценки уровня знаний

7.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационной комиссией по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

7.2. При оценке знаний и уровня подготовки экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена определяет:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

7.3. Общими критериями, определяющими оценку за кандидатский экзамен, являются:

- для оценки «отлично»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;
- для оценки «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов;
- для оценки «удовлетворительно»: наличие твердых знаний программного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов;
- для оценки «неудовлетворительно»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неуверенность и неточность ответов на дополнительные вопросы.

8. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена

8.1 При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

- внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию;
- сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и перечнем вопросов;
- систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и вопросам;
- составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы;

- подобрать необходимую иллюстрированную информацию по содержанию ответа.

9. Перечень рекомендуемой литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Основная литература:

1. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. Т.1-3. М.: Мир, 1990 г.
2. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. М.: Просвещение, 1987 г.
3. Щелкунов С.А. Генетическая инженерия. Ч.1. Новосибирск: НГУ, 1994 г.
4. Албертс Б., Брэй Д., Льюис Дж. и др. Молекулярная биология клетки. М.: Мир, 1994 г., 444 с.
5. Биотехнология. (Учебное пособие для вузов под ред. Егорова Н.С., Самуилова В.Д.). В 8-ми книгах. М.: Высшая школа, 1987 г.
6. Манаков М.Н., Победимский Д.Г. Теоретические основы технологии микробиологических производств. М.: Агропромиздат, 1990 г., 272 с.
7. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учебник. СПб: "Лань", 2014, 752с.
8. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия: Учебник. М.: "КД Либроком". 2015, 592с.
9. Лилич Л.С., Хрипун М.К. Растворы как химические реакции: Донорно-акцепторные реакции в растворах: Учебное пособие. СПб: СПбГУ. 2010. 252с.
10. Корольков Д.В., Скоробогатов Г.А. Теоретическая химия. СПб: Издательство СПбГУ. 2005.
11. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир. 2002. 461с.

Дополнительная литература:

1. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. СПб: Химия. 1995. 512с..
2. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. М.: Мир. 1979. Т. 1. 479с, Т. 2. 438с.
3. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. Т.1. М.: Мир. 1969. 223с.
4. Минкин В.И., Симкин В.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Феникс. 1997. 557с.
5. Варфоломеев С.Д., Калюжный С.В. Биотехнология: Кинетические основы микробиологических процессов. М.: Высшая школа, 1990 г., 296 с.
6. Елимов И.П. Основы биотехнологии. СПб.: Наука (Сибирское отделение), 1995 г., 600 с.

7. Грачева И.М., Кривова А.Ю. Технология ферментных препаратов. М.: Элевар, 2000 г., 512 с.
8. Бейли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. В 2-х томах. М.: Мир, 1989

Интернет источники:

1. <https://winter.group.shef.ac.uk/orbitron/glossary.html#nodes>
2. www.iupac.org
3. http://www.fptl.ru/Y4eba_Fizhimija.html
4. <https://www.msu.ru/>
5. http://www.ph4s.ru/book_him_phys.html