

**Программа вступительных испытаний**  
**для поступления в магистратуру факультета биоинженерии**  
**и биоинформатики МГУ имени М.В. Ломоносова по**  
**направлению подготовки 33.04.01 «Промышленная фармация»**

Письменный экзамен состоит из двух блоков –

- 1) Биология
- 2) Химия

Итоговым результатом письменного экзамена являются баллы за тот из блоков, где было набрано больше баллов.

### **1.1. Письменный экзамен (Биология)**

#### *Раздел “Биохимия”*

- Вода. Водородные связи. Растворимость веществ в воде. Амфифильные вещества и мицеллообразование. Осмос
- Буферные системы в живых клетках и организменных жидкостях. Участие воды в биохимических реакциях.
- Аминокислоты и белки. Структура, номенклатура, свойства аминокислот, однобуквенное и трехбуквенное обозначения. Аминокислоты как кислоты и основания. Ионизация пептидов, изоэлектрическая точка.
- Пространственная структура полипептидов. Нековалентные и дисульфидные связи. Элементы вторичной структуры белка (альфа-спирали, бета-тяжи). Фолдинг и денатурация белков.
- Неферментативные функции белков. Обратимое взаимодействие белка и лиганда. Селективность и специфичность белка по отношению к лигандам. Влияние ионизации аминокислот на связывание лиганда. Аллостерическая регуляция связывания. Кооперативное связывание и коэффициент Хилла. Влияние мутаций на структуру и функцию белка.
- Глобулярные и мембранные белки. Примеры транспортных белков. Моторные белки.

- Ферментативный катализ. Понятия: фермент, кофактор, кофермент, апо- и холофермент, субстрат и продукт, активный центр, аллостерический центр. Принципиальная обратимость химических реакций. Химическое равновесие и изменение свободной энергии химической реакции. Влияние ферментов на протекание химических реакций и химико-физические предпосылки этого влияния.

- Специфический и общий кислотно-основной катализ. Классические примеры молекулярных механизмов кислотного катализа: химотрипсин, РНКазы. Образование ковалентно связанных интермедиатов, участие ионов металлов в ферментативном катализе. Активность ферментов и влияющие на нее факторы. Кинетическая эффективность ферментов, число оборотов и константа специфичности. Уравнение Михаэлиса-Ментен.

- Регуляция активности ферментов. Модуляция активности ферментов за счет связывания лигандов: активаторы и ингибиторы. Виды ингибирования. Регуляция активности ферментов за счет белок-белковых взаимодействий и ассоциации/диссоциации субъединиц, частичного протеолиза, обратимых ковалентных модификаций (фосфорилирование).

- Понятие о метаболических путях, скорость-лимитирующих реакциях, регуляторных ферментах.

- Углеводы. Моносахариды и дисахариды. Линейная и циклическая формы моносахаридов, стереоизомеры. Образование дисахаридов, виды гликозидных связей. Функции: энергетический метаболизм, синтез нуклеиновых кислот, участие в распознавании клеток и рецепторов.

- Полисахариды: линейные и разветвленные, гомо- и гетерополисахариды. Крахмал, гликоген, декстраны, целлюлоза, хитин. Функции: запасание энергии, образование клеточных стенок, слизи, внеклеточного матрикса (структурная роль). Конъюгаты углеводов с белками и липидами.

- Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Структура, номенклатура и свойства нуклеотидов. Фосфодиэфирная связь, понятие комплементарности

нуклеотидных цепей. Структура ДНК и РНК. Метилирование азотистых оснований. Функции свободных нуклеотидов в клетке: АТФ, редокс-кофакторы (НАДН, НАДФН, FAD), цАМФ.

- Липиды. Жирные кислоты: насыщенные и ненасыщенные. Триацилглицериды как энергетический резерв клетки. Структурные липиды мембран. Липиды архей. Стерины. Сигнальные липиды: фосфатидилинозитол и эйкозаноиды, стероидные гормоны. Хиноны как переносчики электронов.

- Строение биологических мембран. Липидный бислой, мембранные белки. Транспорт веществ через мембраны: простая и облегченная диффузия, активный транспорт. Симпорт и антипорт. Первичный и вторичный активный транспорт. Аквапорины, натрий-калиевая АТФаза, АВС-переносчики. Ионифоры.

- Основы биоэнергетики. АТФ как “энергетическая валюта” клетки. Окислительно-восстановительные реакции как источник энергии. Трансмембранная разность электрохимических потенциалов протонов, протон-движущая сила. Генераторы протон-движущей силы на биологических мембранах. АТФ-синтаза и окислительное и фото-фосфорилирование.

- Обмен углеводов и центральный путь катаболизма. Расщепление полисахаридов, транспорт глюкозы в клетки. Гликоген. Аэробный и анаэробный гликолиз. Пируватдегидрогеназный комплекс и цикл трикарбоновых кислот. Глюконеогенез. Скоординированная регуляция гликолиза и глюконеогенеза, синтеза и мобилизации гликогена как иллюстрация общих принципов регуляции метаболических путей.

- Обмен жиров и жирных кислот. Липопротеины плазмы крови как переносчики жиров и других липидов. Расщепление жиров. Использование жирных кислот для запасания энергии, бета-окисление жирных кислот. Образование и окисление кетоновых тел у млекопитающих. Синтез жирных кислот.

- Обмен азота. Связь катаболизма аминокислот с углеводным обменом. Экскреция аммиака животными, орнитиновый цикл. Цикл азота в природе:

азотфиксаторы, нитрификаторы и денитрификаторы, анаммокс. Включение азота в биомолекулы: глутаминсинтетаза и глутаматсинтаза. Биосинтез аминокислот, заменимые и незаменимые аминокислоты у млекопитающих. Биосинтез других азотсодержащих соединений из аминокислот: биогенные амины, порфирины, нуклеотиды. Ферменты синтеза нуклеотидов как мишени для химиотерапевтических препаратов.

- Фотосинтез. Бактериородопсин, фотосинтетические цепи пурпурных и зеленых серных бактерий, цианобактерий и растений. Оксигенный и аноксигенный фотосинтез. Фотофосфорилирование. Реакции ассимиляции углерода, цикл Кальвина и его светозависимая регуляция. Фотодыхание, С3 и С4 фотосинтез. Взаимосвязь метаболических путей обмена углеводов у растений.

#### *Раздел “Общая биология”*

- Систематика и биоразнообразии живого мира. Клеточная теория. Особенности строения прокариотических и эукариотических клеток. Общий план строения бактериальной клетки.

- Внутриклеточные органеллы эукариотической клетки. Строение и функции ядра клетки. Ядрышко и рибосомы. ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли и пероксисомы – элементы вакуолярной системы внутриклеточного транспорта. Митохондрии и пластиды: строение, функции, гипотеза симбиогенеза. Цитоскелет. Центриоли. Органеллы движения – реснички и жгутики. Особенности строения животной, растительной и грибной клетки.

- Жизненный цикл клетки. Основные процессы жизнедеятельности в пресинтетический, синтетический и постсинтетический период. Строение хромосом и пloidность клетки. Понятие о гомологичных хромосомах.

- Способы деления клетки. Бинарное деление прокариотической клетки. Митотическое деление клеток. Мейоз. Конъюгация и кроссинговер.

- Бесполое и половое размножение – характеристика, преимущества и недостатки. Примеры бесполого размножения: митотическое деление,

споруляция, фрагментация. Половое размножение. Гаметогенез. Оплодотворение. Партеогенез.

- Типы редукции числа хромосом. Гаметическая редукция на примере жизненного цикла животных. Спорическая редукция на примере жизненного цикла растений. Зиготическая редукция на примере жизненного цикла простейших. Типы онтогенеза: прямое и не прямое развитие, с метаморфозом и без метаморфоза.

- Понятие наследственности и изменчивости. Типы изменчивости: модификационная, комбинативная и мутационная. Понятие вида и популяции. Критерии вида. Возникновение приспособлений в результате взаимодействия эволюционных факторов. Ароморфозы и идеоадаптации.

- Предмет и основные вехи в истории развития молекулярной биологии. Опыты Гриффита и Чейза. Открытие структуры ДНК Уотсоном и Криком. Центральная догма молекулярной биологии. Общий план строения нуклеиновых кислот. Комплементарность азотистых оснований. Различия в строении РНК (сложная вторичная и третичная структура, основные виды РНК) и ДНК (комплементарность и антипараллельность). Формы ДНК. Основные функции ДНК и РНК.

- Как ДНК хранит наследственную информацию? Генетический код. Свойства генетического кода, таблица генетического кода. Вариации универсальной

кодировки у прокариот и в полуавтономных органеллах. Сложности определения понятия «ген». Разнообразие геномов живых организмов. Особенности вирусных, прокариотических и эукариотических геномов. Опероны прокариот. Прерывистые гены эукариот (экзон-интронная структура). Общая структура генома человека.

- Репликация ДНК. Полуконсервативный механизм, лидирующая и отстающая цепи, вилка репликации, направление ее движения, сопряжение синтеза двух цепей. Основные ферменты репликации: топоизомеразы, хеликазы, праймазы, ДНК-полимеразы, РНКазы, лигазы. Основные

характеристики ДНК-полимераз: процессивность и точность, дополнительные ферментативные активности, сравнительная характеристика основных полимераз. Ориджины репликации.

- Особенности репликации кольцевых прокариотических и линейных эукариотических геномов. Проблема недорепликации концов хромосом у эукариот. Теломераза, теломеразные теории старения.

- Основные виды мутаций: генные (транзиции и трансверсии, синонимичные и несинонимичные мутации), хромосомные, геномные. Основные причины мутаций каждого вида. Примеры заболеваний, вызванных мутациями (генные - муковисцидоз, хорья Хантингтона, хромосомные – синдром Лежена, геномные – синдром Дауна, Кляйнфельтера, Шершевского-Тернера). Диагностика носительства мутаций. ПЦР – принцип метода. Секвенирование ДНК.

- Репарация ДНК. Основные механизмы репарации одноцепочечных повреждений BER, NER, MMR. Основные механизмы репарации двуцепочечных повреждений – негомологичное сшивание концов и гомологичная рекомбинация.

- Гомологичная и сайт-специфическая рекомбинация. Кроссинговер. VDJ-рекомбинация как основа огромного разнообразия антител.

- Транскрипция, ее основные принципы, промоторы, ферменты. Опероны прокариот, регуляция их работы.

- Особенности транскрипции эукариот. Промоторы, энхансеры, транскрипционные факторы. Процессинг РНК. Сплайсинг, его основные механизмы, участие малых ядерных РНК. Альтернативный сплайсинг, его биологическое значение.

- Метилирование ДНК как способ регуляции транскрипции. 5mC и 5hmC основные продукты метилирования-деметилирования у эукариот. Основные ферменты метилирования-деметилирования – DNMT и TET. Обратимость метилирования, стохастическая модель метилирования.

Модификации гистонов. Гистоновый код. Значение эпигенетической регуляции экспрессии генов.

- Регуляторные РНК. РНК-переключатели прокариот. МикроРНК. Сайленсинг, общий механизм. Si- и sh-РНК, их использование для нокдауна генов. Длинные некодирующие РНК. Инактивация X-хромосомы млекопитающих РНК Xist.

- Разнообразие некодирующей ДНК человека. Псевдогены, повторы, их разнообразие. Мобильные элементы, их классификация. Различные механизмы перемещений по геному.

- Трансляция. Структура зрелой мРНК эукариот, функции кэпа и поли А-хвоста. Структура и состав рибосом, 70S и 80S рибосомы, полисомы. Структура и функциональные участки тРНК. Аминоацилирование. Основные стадии

трансляции (инициация, элонгация, терминация). Различия в механизмах инициации у про- и эукариот: последовательность Шайна-Дальгарно, роль кэпа и инициаторных факторов.

- Механизм элонгации трансляции. А-, Р-, Е-сайты рибосомы. Различные стадии трансляции как мишени для разных классов антибиотиков. Рибосомный профайлинг как метод исследования механизмов трансляции. Котрансляционное сворачивание полипептидной цепи, шапероны. Посттрансляционные модификации белков, их биологическое значение.

- Биологическое значение деградации РНК: регуляция экспрессии генов, контроль качества и защита от чужеродных РНК. Регуляция времени жизни РНК. Роль полиА на 3'-концах у мРНК у прокариот и эукариот. Особенности мРНК гистонов и их распада. Короткоживущие мРНК с AU-богатыми сигналами распада. Контроль качества некодирующих РНК (рРНК, тРНК, ядерных и ядрышковых РНК). РНК-интерференция: деградация мРНК с помощью микро-РНК для регуляции экспрессии соответствующих генов и деградация чужеродной РНК малыми интерферирующими РНК.

- Посттрансляционные модификации (ПТМ) белков, их функциональное значение: изменение конформации, локализации, активности белков, регуляции белок-белковых взаимодействий и контроль продолжительности жизни белков. Основные виды ПТМ и примеры физиологического значения для каждой из модификаций: гликозилирование, ацетилирование, метилирование и фосфорилирование. Сумоилирование и убиквитинилирование, их физиологическое значение.

- Деградация белков: регуляция их активности и времени жизни. Посттрансляционный протеолитический процессинг (активация белков-предшественников, отщепление сигнальных последовательностей). Автопротеолиз. Лизосомальная деградация белков – аутофагия. Протеасомная деградация белков: структура протеасомы, механизм ее работы.

- Роль убиквитинилирования в протеасомной деградации белка. Убиквитин- независимая деградация белков в протеасомах. Примеры заболеваний, связанных с нарушением протеасомной деградации.

#### *Раздел “Физиология человека и животных”*

- Физиология центральной нервной системы. Строение и типы нейрона, нейронные сети, понятие о рефлексе, рефлекторная дуга. Торможение. Окклюзия и конвергенция. Типы синапсов. Типы рецепторов. Система вторичных месенжеров, строение и функция G белков. Ацетилхолинергическая, серотонинергическая, норадренергическая, глутаматергическая, пептидергическая системы мозга, их функции, рецепторы, медиаторы.

- Эндокринная система. Гуморальная регуляция. Основные группы гормонов.

- Вторичные мессенджеры. Железы внутренней секреции, выделяемые гормоны и их функциональная роль. Регуляция деятельности желез внутренней секреции. Тропные гормоны.

- Естественный иммунитет. Патоген – узнающие молекулы, локализация в клетках



- иммунной системы, роль в узнавании патогенов и развитии иммунного ответа. Система комплимента, ингибиторы. Антитела, строение, участие в иммунном ответе. Генетика иммуноглобулинов, молекулярные механизмы разнообразия антител, иммуноглобулины и дифференцировка В клеток. Рецепторы Т клеток, участие в представлении белковых антигенов. Роль вспомогательных молекул в реализации сигнала Антиген-представляющие структуры клеток иммунной системы – антигены главного комплекса гистосовместимости, роль в представлении белковых антигенов, генетика антигенов гистосовместимости. Лимфокины – классификация, строение, роль в реакциях клеток иммунной системы.

- Кровообращение. Строение сердца теплокровного. Сердечный цикл. Автоматия; водители ритма. Проводящая система сердца. Атрио-вентрикулярная задержка и ее функциональный смысл. Межклеточные контакты; соотношение между длительностью потенциала действия и сокращения. Электрокардиограмма. Механизмы регуляции сердечной деятельности: миогенные механизмы; местные внутрисердечные рефлекс; экстракардиальные механизмы нервной регуляции. Влияния симпатических и парасимпатических нервов на сердце. Основные принципы гемодинамики и факторы, определяющие величину кровяного давления. Общая характеристика изменений давления и линейной скорости кровотока в различных частях кровяного русла. Артериолы, капиллярный кровоток. Венозный кровоток и его особенности. Иннервация сосудов. Бульбарный сосудо-двигательный центр; основные рефлексогенные зоны сосудистого русла. Механизмы перераспределения крови. Гуморальные механизмы регуляции кровотока.

- Пищеварение. Строение пищеварительного тракта. Особенности пищеварения в различных отделах желудочно-кишечного тракта. Нервные и гуморальные механизмы регуляции желудочной секреции и секреции поджелудочной железы. Строение кишечной ворсинки. Пристеночное

(мембранное) пищеварение, его смысл и значение. Механизмы всасывания; особенности всасывания аминокислот, углеводов и жиров. Роль печени.

- Выделение. Почки. Строение нефрона. Особенности почечного корообращения. Клубочковая фильтрация, канальцевые реабсорбция и секреция. Активная реабсорбция натрия и сопряженный транспорт воды. Противоточно-поворотная система и ее роль в механизмах концентрирования мочи. Регуляция выделительной функции почки. Роль почки в регуляции артериального давления и осмотического давления плазмы. Антидеуретический гормон, система ренин-ангиотензин-альдостерон, атриопептид.

## **1.2 Письменный экзамен (Химия)**

### *Раздел «Неорганическая химия»*

- Структура Периодической системы Д.И. Менделеева и ее связь с электронной

структурой атомов, закон Мозли. Периодичность в изменении величин радиусов, энергии

ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов в группе и по периоду. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных классов химических соединений (оксиды, гидроксиды, галогениды). Вертикальные, горизонтальные и диагональные аналогии в Периодической системе.

- Основные типы химической связи. Характеристики химической связи в молекулах:

энергия, длина, валентный угол, порядок (кратность) и полярность. Представление о

гибридизации атомных орбиталей. Геометрия многоатомных молекул: модель Гиллеспи на примере частиц  $H_2O$ ,  $SF_4$ ,  $ICl_4-$ .

- Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Метод МО ЛКАО.

Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы двухатомных гомоядерных молекул, образованных элементами 1-го и 2-го периодов. Корреляции между порядком связи, энергией ионизации и магнитными свойствами на примере частиц  $O_2^+$ ,  $O_2$ ,  $O_2^-$ ,  $O_2^{2-}$ .

- Основные понятия химии комплексных соединений: центральный атом и его координационное число; лиганды, дентатность, донорный атом, внутренняя и внешняя координационные сферы. Изомерия комплексных соединений. Понятие о классификации комплексных соединений. Хелатный эффект. Теория кристаллического поля (ТКП). Симметрия d-орбиталей. Изменение энергии d-орбиталей в сферическом, октаэдрическом и тетраэдрическом поле лигандов. Энергия стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП). Влияние на величину энергии расщепления природы центрального атома (заряда, радиуса, электронной конфигурации), природы, числа и расположения лигандов. Спектрохимический ряд.

#### *Раздел «Аналитическая химия»*

- Основные характеристики методов химического анализа. Понятие о систематических и случайных погрешностях химического анализа. Статистическая обработка результатов измерений. Представительная проба. Размер и способы отбора пробы. Подготовка пробы к анализу.

- Идеальные и реальные системы. Активность, равновесная и общая концентрации. Термодинамическая и концентрационные константы равновесий. Кислотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Основные положения кислотно-основных теорий Бренстеда-Лоури и Льюиса. Влияние природы растворителей на силу кислот и оснований. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителей. Буферные растворы и их свойства.

Кислотно-основное титрование. Индикаторы. Определение кислот (индивидуальных и их смесей) и оснований (индивидуальных и их смесей).

- Комплексные соединения. Равновесие комплексообразования и его количественные характеристики. Аналитически важные свойства КС. Применение комплексов в химическом анализе. Комплексонометрическое титрование. Металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Способы повышения селективности комплексонометрического определения элементов.

- Окислительно-восстановительные (ОВ) реакции. ОВ электродный потенциал (стандартный, равновесный, формальный), факторы, влияющие на него. Константы равновесия и направление ОВ реакций. ОВ-титрование. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Методы ОВ титрования: дихроматометрия, иодометрия, перманганатометрия.

- Гетерогенное равновесие в системе осадок – раствор. Произведение растворимости, растворимость, факторы, влияющие на растворимость. Образование, свойства, условия получения кристаллических и аморфных осадков. Загрязнение осадков и пути его устранения.

- Гравиметрический анализ: сущность, преимущества и недостатки метода.

Примеры определений.

- Методы разделения и концентрирования в химическом анализе. Экстракция.

Хроматографические методы анализа. Классификации методов по разным принципам.

- Основные хроматографические параметры. Качественный и количественный анализ. Газовая хроматография. Сорбенты и носители. Механизм разделения. Детекторы. Области применения.

- Жидкостная хроматография (ЖХ). Виды ЖХ. Преимущества ВЖХ. Нормально- фазовый и обращенно-фазовый варианты ВЖХ.

Подвижные и неподвижные фазы, принципы их выбора. Детекторы. Области применения.

- Электрохимические методы анализа: Общая характеристика, классификация. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Измерение потенциала. Классификация индикаторных электродов. Практическое применение ионометрии. Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Теоретические основы. Практическое применение. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперной кривой. Современные виды вольтамперометрии, преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией. Амперометрическое титрование.

- Спектроскопические методы анализа. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением, характеру процесса, диапазону электромагнитного излучения.

- Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный методы анализа. Источники атомизации и излучения частиц. Физические и химические процессы в атомизаторах. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Аналитические возможности и области применения методов.

- Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Основной закон светопоглощения. Получение окрашенных соединений, спектрофотометрические реакции. Количественный анализ, анализ многокомпонентных систем, исследование реакций в растворах. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода. Примеры  
практического применения.

- Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Классификация по источникам возбуждения, механизму и длительности свечения. Флуоресценция и фосфоресценция. Схема Яблонского. Основные закономерности. Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции. Тушение люминесценции.

Физико-химические и спектральные помехи. Аналитические возможности метода, его метрологические характеристики. Примеры использования.

*Раздел «Органическая химия»*

- Основные функциональные группы и классы органических соединений. Типы изомерии органических соединений. Понятие о конформациях на примере алканов. Геометрическая изомерия алкенов. Понятие об оптической активности и хиральности с одним асимметрическим атомом углерода. Понятие об энантиомерах и рацематах. R,S–Номенклатура. Соединения с двумя хиральными центрами. Понятие о диастереомерах.

- Алканы. Методы синтеза алканов. Химические свойства алканов. Механизм цепной радикальной реакции. Крекинг.

- Алкены. Методы синтеза алкенов. Гидрирование алкенов. Гидроборирование. Озонолиз алкенов. Окисление алкенов до диолов. Электрофильное присоединение к алкенам. Механизм реакции. Присоединение брома к алкенам. Гидрогалогенирование. Кислотно-катализируемая гидратация алкенов, гидроксимеркурирование. Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харащу. Аллильное бромирование.

- Алкины. Методы синтеза алкинов. С-Н-кислотность алкинов. Гидратация алкинов. Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение.

- Диены. Методы получения диенов. 1,2- и 1,4-присоединение к сопряженным диенам. Реакция Дильса-Альдера.

- Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах. Механизмы SN1 и SN2. Основные закономерности протекания реакций нуклеофильного замещения.  $\beta$ -Элиминирование. Механизмы элиминирования (E1, E2). Основные закономерности протекания этих реакций.

- Спирты, как слабые О-Н кислоты. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Дегидратация спиртов. Окисление спиртов. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка. Простые эфиры. Методы синтеза.

- Оксираны. Методы получения. Реакции раскрытия эпоксидов под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.

- Альдегиды и кетоны. Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе. Механизм. Восстановление карбонильных соединений. Окисление карбонильных соединений. 1,3- Дитианы. Синтез, СН-кислотность. Кето-енольная таутомерия кетонов, дикетонов и кетозэфиров. Реакции, протекающие через образование енольной формы. Галогенирование карбонильных соединений. Галоформная реакция. Альдольно-кратоновая конденсация в кислой и щелочной среде. Направленная альдольная конденсация. Сложноэфирная конденсация. Синтезы с использованием ацетоуксусного эфира и малонового эфира.

- Карбоновые кислоты. Влияние заместителей на кислотность. Декарбоксилирование. Реакция галогенирования по  $\alpha$ -углеродному атому. Производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, ангидриды карбоновых кислот, сложные эфиры. Синтез и свойства. Синтез амидов карбоновых кислот. Секстетные перегруппировки. Нитрилы.

- Строение бензола. Ароматичность. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности (энергетический, структурный, магнитный). Признаки ароматичности (реакционная способность). Свойства алифатической боковой цепи в ароматических углеводородах. Галогенирование толуола и его гомологов в боковую цепь. Окисление боковой цепи. Гидрирование.

- Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Электрофильные агенты и механизм реакций нитрования, галогенирования, сульфирования, алкилирования и ацилирования аренов по Фриделю-Крафтсу.

Ориентация электрофильного замещения. Побочные процессы в реакциях алкилирования. Формилирование.

- Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.
- Синтез алифатических нитросоединений. Синтез аминов. Свойства аминов. Основность. Защита аминогруппы. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой.

- Диазо- и азо-соединения. Соли диазония. Диазотирование первичных ароматических аминов. Реакции диазосоединений с выделением азота. Азосочетание. Диазометан.

- Фенолы и хиноны. Методы синтеза фенолов. Свойства фенолов. Получение o- и p-бензохинонов.

- Классификация алициклов. Типы напряжения в циклоалканах и конформации. Методы синтеза соединений ряда циклопропана и циклобутана. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана.

- Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра. Электрофильное замещение. Кислотность пиррола.

- Индол. Синтез индолов по Фишеру.
- Шестичленные гетероциклы. Пиридин, ароматичность, основность. Синтез пиридинов. Химические свойства пиридина. Основность. Реакции электрофильного замещения. N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Нуклеофильное замещение в пиридинах. Хинолин.

- Аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Химические свойства групп COOH и NH<sub>2</sub>. Важнейшие способы синтеза аминокислот. Методы образования пептидной связи. Защитные группы для amino- и карбоксильных групп, активация



карбоксильной группы, синтез пептидов на твёрдом носителе. Белки.

### **Рекомендованная литература:**

Альбертс Б. и др. Основы молекулярной биологии клетки. М. Бином. Лаборатория знаний, 2015.

Клетки. Под ред. Б. Льюина. М., Бином. Лаборатория знаний. 2011.

Быков В.Л. Цитология и общая гистология. Спб.: СОТИС, 2003.

Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции Спб.: Изд-во Н-Л, 2015.

Фундаментальная и клиническая физиология. Под ред. Камкина А.Г., Каменского А.А., – М.: Академия, 2004.

Д. Нельсон, М. Кокс. Основы биохимии Ленинджера. В 3-х тт. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2012.

Л. Страйер. Биохимия. В 3-х тт. М., Мир. 1987.

Дж. Уотсон. Молекулярная биология гена. М., Мир. 1979.

Спирин А.С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка. М.:Академия, 2011.

Б. Льюин. Гены. М., Бином. Лаборатория знаний. 2012

Основы аналитической химии. В двух томах. / под ред. Ю.А. Золотова / 4-е изд., М.: Издательский центр «Академия», 2010, 384, 416 с. 6-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2014, 400, 403 с.

Дж. Хьюи. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность. М.: Химия, 1987.

Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: учебник в 4-х частях. Изд-во Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2011.

Артеменко А.И. Органическая химия. – М., 2013.

Шабаров Ю.С. Органическая химия: в 2-х кн. – М.: Химия, 1996.

Березин Б.Д., Березин Д.Б. Курс современной органической химии. – М., 2001.