

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
Б1.О.14 Органическая химия**

<b>Направление подготовки:</b>	19.03.01 Биотехнология
<b>Профиль подготовки:</b>	Производство биофармацевтических препаратов
<b>Форма обучения:</b>	очная

**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов

УК-8.2 Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности

*Знать:*

УК-8.2/Зн5 Знает опасные и вредные факторы влияющие на организм человека и окружающую среду в целом

*Уметь:*

УК-8.2/Ум1 Идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности

ОПК-7 Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы

ОПК-7.1 Осуществляет экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, обрабатывает и интерпретирует полученные экспериментальные данные

*Знать:*

ОПК-7.1/Зн6 Знать теоретические основы проводимых экспериментов, свойства веществ, используемых в экспериментах

ОПК-7.1/Зн7 Знает основные математические, физические, физико-химические, химические, методики

*Уметь:*

ОПК-7.1/Ум9 Умеет осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, обрабатывать и интерпретировать полученные экспериментальные данные

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических и биологических наук и их взаимосвязи

ОПК-1.2 Использует базовые знания в области математики, физики, химии при проведении работ биологической направленности, в том числе в биотехнологии

*Знать:*

ОПК-1.2/Зн3 Знает основные положения теории строения атома; основные положения теории химической связи, виды и механизмы её образования; влияние электронного строения атомов химических элементов на природу образованных ими химических связей, на форму молекул и свойства веществ; теорию строения комплексных соединений; физические и химические свойства неорганических веществ

*Уметь:*

ОПК-1.2/Ум3 Умеет определять электронное строение атомов различных химических элементов на основании их положения в Периодической таблице Д.И.Менделеева; определять тип гибридизации атомов в молекулах; прогнозировать свойства веществ на основе электронного строения их молекул

ОПК-1.2/Ум4 Уметь применять законы и закономерности физики и биофизики при решении задач профессиональной деятельности, возникающих при проведении работ биологической направленности, в том числе в биотехнологии.

ПК-П4 Способен проводить работы по фармацевтической разработке лекарственных средств

ПК-П4.1 Проводит исследования, испытания и экспериментальные работы по фармацевтической разработке в соответствии с утвержденными планами

*Знать:*

ПК-П4.1/Зн14 Знает основные направления в фармацевтической разработке лекарственных субстанций

*Уметь:*

ПК-П4.1/Ум10 Умеет проводить исследования, испытания и экспериментальные работы по фармацевтической разработке лекарственных субстанций в соответствии с утвержденным планом

### **Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина (модуль) Б1.О.14 «Органическая химия» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3, 4.

Предшествующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.О.04 Безопасность жизнедеятельности;
- Б1.О.08 Общая биология с основами генетики;
- Б1.О.07 Общая и неорганическая химия;
- Б1.О.05 Прикладная математика;
- Б1.О.06 Физика с основами биофизики;

Последующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.В.ДВ.02.01 3-D графика в системе "КОМПАС-ГРАФИКА";
- Б1.О.11 Аналитическая химия;

- Б1.В.ДВ.04.02 Биотрансформация лекарственных веществ;
- Б1.В.ДВ.03.01 Биохимические основы иммунитета;
- Б1.В.ДВ.08.02 Вирусы в биотехнологии и медицине;
- Б1.В.ДВ.07.01 Инженерная энзимология;
- Б1.О.19 Коллоидная химия;
- Б1.О.26 Массообменные процессы и аппараты биотехнологии;
- Б1.О.12 Материаловедение;
- Б1.В.ДВ.05.02 Методы физико-математического моделирования биохимических реакций и транспорта молекул;
- Б1.О.17 Микробиология;
- Б1.В.ДВ.05.01 Моделирование биотехнологических процессов;
- Б1.В.ДВ.08.03 Наноматериалы в биотехнологии;
- Б1.О.28 Оборудование и основы проектирования биотехнологических производств;
- Б1.В.18 Организация производства по GMP;
- Б1.О.21 Основы биотехнологии;
- Б1.О.18 Основы биохимии и молекулярной биологии;
- Б1.О.30 Основы генетики и селекции микроорганизмов;
- Б1.В.ДВ.03.02 Основы генетической инженерии;
- Б1.В.08 Основы клеточной инженерии;
- Б1.В.ДВ.08.01 Основы микологии;
- Б1.В.ДВ.07.02 Основы производства лекарственных средств из плазмы крови;
- Б1.В.12 Основы промышленной асептики;
- Б1.В.15 Охрана труда;
- Б3.О.01(Д) Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы;
- Б1.В.13 Право интеллектуальной собственности в производстве лекарственных средств;
- Б1.О.16 Прикладная механика;
- Б1.В.ДВ.06.01 Применение капиллярного электрофореза и хроматографических методов анализа в биотехнологии;
- Б2.В.01(П) производственная практика, преддипломная практика;
- Б1.О.20 Процессы и аппараты биотехнологии;
- Б1.О.29 Статистические методы обработки данных с использованием программного обеспечения;
- Б1.В.10 Технология выделения и очистки биологически активных веществ;
- Б2.О.02(У) учебная практика, ознакомительная практика (технологическая);
- Б1.О.25 Физико-химические методы анализа;
- Б1.О.15 Физическая химия;
- Б1.В.ДВ.04.01 Химия биологически активных веществ;
- Б1.О.24 Экологическая безопасность;

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

### **Содержание разделов, тем дисциплины**

#### ***Раздел 1. Техника безопасности и методы работы в лаборатории органического синтеза***

## *Тема 1.1. Техника безопасности и методы работы в лаборатории органического синтеза*

Рассматривает материалы об основных методах работы в лаборатории органического синтеза, материалах, методах очистки и разделения веществ по агрегатному состоянию, физико-химическим особенностям, посуде и приборах, применяемых при проведении работ, включает изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

## ***Раздел 2. Основы строения и реакционной способности органических соединений***

### *Тема 2.1. Электронное строение органических соединений*

Рассматривает основы электронного строения органических соединений, типы химических связей, электронное строение атомов углерода, азота, кислорода в разных валентных состояниях, классификацию химических реакций и реагентов, обоснование реакционной способности различных классов соединений на основе их электронного строения, электронные эффекты в органических молекулах и их влияние на реакционную способность органических соединений, устойчивость заряженных частиц.

## ***Раздел 3. Алифатические и ароматические углеводороды***

### *Тема 3.1. Номенклатура органических соединений. Предельные углеводороды*

Рассматривает номенклатуру основных классов органических соединений. Виды номенклатур. Алканы. Определение, изомерия (структурная, конформационная). Проекция Ньюмена. Способы получения алканов: из природных источников, гидрирование алкенов и алкинов, восстановление галогеноалканов, гидролиз реактивов Гриньяра, реакции Вюрца, Кольбе, декарбокислирование солей карбоновых кислот. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности алканов; гомолитический распад C-H и C-C связей. Реакции радикального замещения SR, механизм, направление реакции: (галогенирование, нитрование, сульфохлорирование, сульфоокисление), окисление, крекинг. Биологическая активность алканов (вазелин, парафин, озокерит).

### *Тема 3.2. Не предельные углеводороды: алкены*

Рассматривает непредельные углеводороды - алкены. Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия (структурная, геометрическая). Способы получения алкенов: из природного сырья (нефти), дегидрирование алканов, гидрирование алкенов и алкинов, дегидрогалогенирование галогеноалканов и дегидратация спиртов по правилу Зайцева, дегалогенирование дигалогенопроизводных. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности алкенов. Реакции электрофильного присоединения: галогенирование (хлорирование и бромирование), гидрогалогенирование, гидратация, присоединение серной кислоты, гипогалогенирование, реакция с дибораном, полимеризация алкенов. Механизм реакции электрофильного присоединения. Правило Марковникова. Реакции радикального присоединения (галогенирование, гидробромирование в присутствии перекисей (перекисный эффект Караша), механизм реакции. Реакции окисления: кислородом воздуха и на серебряном катализаторе, пероксикислотами (реакция Прилежаева), разбавленным раствором  $\text{KMnO}_4$  (реакция Вагнера), пероксидом водорода, окисление сильными окислителями, озонлиз. Идентификация: качественные реакции на двойную связь, установление структуры алкенов. Биологическая активность.

### *Тема 3.3. Не предельные углеводороды: алкодиены, алкины*

Рассматривает - диеновые углеводороды с кумулированными, сопряженными и изолированными кратными связями: изомерия, номенклатура, способы получения, физические свойства. Особенности электронного строения сопряженных диенов. Реакции АЕ (реакции 1,2-и 1,4-присоединения в сопряженных диенах). Полимеризация 1,3-диенов. Синтетические каучуки.

А так же алкины. Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Физические свойства. Способы получения: дегидрогалогенирование геминальных и вицинальных дигалогеноалканов, алкилирование по Фаворскому. Электронная структура тройной связи. Химические свойства, реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Реакции, обусловленные кислотностью С-Н при тройной связи. Реакции изомеризации и полимеризации.

### *Тема 3.4. Ароматические углеводороды*

Рассматривает ароматические углеводороды. Ароматичность (определение, правило Хюккеля). Ароматические соединения (бензоидные и небензоидные).

Бензол и его гомологи. Бензол, история его открытия и установления строения. Формула Кекуле. Орбитальное представление структуры бензола. Номенклатура, изомерия, способы получения (из неароматических соединений: алканов, ацетилена, циклоалканов; из ароматических соединений – реакции Вюрца-Фиттига, Вюрца-Гриньяра, алкилирование по Фриделю-Крафтсу-Густавсону, ацилирование по Фриделю-Крафтсу, декарбоксилирование карбоновых кислот). Физические свойства. Химические свойства: реакции электрофильного замещения SEаром (галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование, ацилирование и др.), механизм, эффект Натана-Бейкера. Гидрирование, присоединение галогенов, озонирование, окисление бензола и его гомологов.

Правила ориентации в ароматическом кольце. Электронные эффекты заместителей. Заместители I и II рода. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в ароматическом кольце в реакциях SEаром. Согласованная и несогласованная ориентация.

## ***Раздел 4. Галогенсодержащие углеводороды***

### *Тема 4.1. Галогенпроизводные алифатического ряда*

Рассматривает алифатические галогеноуглеводороды. Определение, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), изомерия, классификация. Галогенопроизводные углеводородов со связью  $Csp^3-Hal$ . Способы получения: галогенирование алканов, галогенирование и гидрогалогенирование алкенов и алкинов, замена гидроксильной и карбонильной группы галогенами, обменные реакции галогенов, декарбоксилирование серебряных солей карбоновых кислот (реакция Бородина-Хунсдиккера). Физические свойства. Электронное строение связи  $C-Hal$ . Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения: механизмы  $SN1$  и  $SN2$ . Реакционная способность алкилгалогенидов в реакциях  $SN1$  и  $SN2$ . Аллильная перегруппировка. Понятие о реакции алкилирования (галогеноалканы как алкилирующие реагенты). Реакции  $SN$ : образование спиртов (реакция гидролиза), эфиров (реакция Вильямсона), аминов (реакция Гофмана), сложных эфиров, тиоспиртов, нитрилов и изонитрилов, нитроалканов и эфиров азотистой кислоты. Гидролиз ди- и тригалогенопроизводных. Восстановление галогеноуглеводородов. Получение металлорганических соединений и их роль в синтетической органической химии. Реакции элиминирования ( $E1$  и  $E2$ ) – реакции со спиртовыми растворами щелочей, ацетилендами натрия, алкилметаллами. Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и элиминирования; влияние строения исходных веществ, природы нуклеофила и условий реакции на направление реакции. Идентификация галогеноуглеводородов. Галогенопроизводные углеводородов со связью  $Csp^2-Hal$ . Способы получения: гидрогалогенирование алкинов, дегидрогалогенирование геминальных галогеноалканов, галогенирование в ароматическое кольцо ( $SE_{аром}$ ), замена диазогруппы, галогенирование в боковую цепь ( $SR$ ). Характеристика реакционной способности винилгалогенидов в реакциях  $SN1$  и  $SN2$ . Реакция винилгалогенидов: присоединение электрофильных реагентов, взаимодействие с магнием, амидом натрия.

#### *Тема 4.2. Галогенпроизводные ароматического ряда*

Рассматривает арилгалогениды: различия в подвижности галогена в ароматическом кольце и в боковой цепи. Электронные эффекты галогена в ароматическом кольце. Дезактивирующее и ориентирующее влияние галогена и реакции  $SE$ . Нуклеофильное замещение галогена в ароматическом кольце.

### **Раздел 5. Лабораторный практикум 1 блок**

#### *Тема 5.1. Фракционная перегонка*

Лабораторная работа по очистке жидкого органического соединения методом фракционной перегонки. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

#### *Тема 5.2. Перегонка с водяным паром.*

Лабораторная работа по очистке жидкого органического соединения методом перегонки с водяным паром. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

#### *Тема 5.3. Перекристаллизация из воды*

Лабораторная работа по очистке твердого органического вещества методом перекристаллизации из воды и определения его точки плавления, как доказательства чистоты вещества. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

#### *Тема 5.4. Синтез 1-бромпропана*

Лабораторная работа по синтезу 1-бромпропана. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

### **Раздел 6. Кислородсодержащие органические соединения**

#### *Тема 6.1. Алифатические спирты*

Рассматривает алифатические спирты. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, радикально-функциональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: гидролиз моно- и вицинальных полигалогенопроизводных, гидратация и окислительное гидратирование алкенов, гидролиз и восстановление сложных эфиров, гидроксирование алкенов, магнийорганический синтез. Синтез глицерина. Физические свойства. Водородная связь. Химические свойства одно- и многоатомных спиртов. Строение гидроксильной группы и общая характеристика её реакционной способности: кислотные свойства, нуклеофильность спиртов, реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы. Реакции спиртов: со щелочными металлами и их гидроксидами, металлорганическими соединениями, амидом натрия, с серной кислотой (образование эфиров, внутри- и межмолекулярная дегидратация), азотной, галогеноводородными кислотами (на холоду и при нагревании), карбоновыми кислотами, галогенидами фосфора и тионилхлоридом (механизм реакции  $S_Ni$ ), окисление и восстановление спиртов, присоединение к алкинам. Идентификация спиртов: реакция Чугаева-Церевитинова, образование гликолятов и глицератов меди. Биологическая активность: метанол, этанол, сивушные масла, цетиловый спирт.

#### *Тема 6.2. Фенолы и ароматические спирты*

Рассматривает ароматические спирты и фенолы. Определение, номенклатура, изомерия. Способы получения одноатомных фенолов (сплавление сульфатов, из галогеноариллов, солей диазония, реактивов Гриньяра, карбоновых кислот, кумола), двухатомных фенолов (из салицилового альдегида, о-хлорфенола, бензохинонов, дисульфатов), трёхатомных фенолов из галловой кислоты. Физические свойства. Химические свойства. Сравнительная характеристика реакционной способности спиртового и фенольного гидроксильных групп. Кислотные свойства, алкилирование (галогеноалканами, диалкилсульфатом, алкилсульфатом, диазометаном), ацилирование (ангидридами и галогеноангидридами кислот), перегруппировка Фриса, реакции  $S_Earom$  в ароматическое кольцо (галогенирование, сульфирование, нитрование, нитрозирование, азосочетание, оксиметилирование, с ароматическими альдегидами), окисление, восстановление. Реакции флороглюцина: кето-енольная таутомерия, алкилирование диазометаном и галогеноалканами, образование оксимов. Идентификация фенолов. Биологическая активность отдельных представителей: фенацетин, адреналин, норадреналин, эвгенол, изоэвгенол, адреналин, резорцин.

#### *Тема 6.3. Алифатические и ароматические простые эфиры. Окиси.*

Рассматривает простые эфиры: изомерия, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная, тривиальная), способы получения (межмолекулярная дегидратация спиртов, реакция Вильямсона, нуклеофильное присоединение спиртов к алкинам), физические свойства. Химические свойства: образование оксониевых соединений, ацидолиз эфирной связи при помощи HI (правило Цейделя).

А так же эпокисоединения: номенклатура (ИЮПАК, рациональная, радикально-функциональная, тривиальная), изомерия, методы получения (окисление алкенов кислородом воздуха на серебряном катализаторе, надкислотами, дегидрогалогенирование галогенгидринов). Химические свойства эпокисоединений, реакции с нуклеофильными реагентами, правило Красуского.

#### *Тема 6.4. Алифатические карбонильные соединения*

Рассматривает алифатические альдегиды и кетоны. Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Общие способы получения: окисление и дегидрирование спиртов, гидратация алкинов, щелочной гидролиз геминальных дигалогеноалканов, восстановление хлорангидридов кислот, озонлиз алкенов, пиролиз карбоновых кислот и их кальциевых (бариевых) солей, магнийорганический синтез с производными карбоновых кислот, оксосинтез. Физические свойства. Строение карбонильной группы и общая характеристика ее реакционной способности: реакции нуклеофильного присоединения AN, роль кислотного и основного катализа. Химические свойства. Реакции с синильной кислотой, с гидросульфитом натрия, аммиаком и аминоксодержащими нуклеофилами (гидроксиламином, гидразином, фенилгидразином, семикарбазидом, тиосемикарбазидом). Реакции со спиртами (при кислотном и основном катализе), гидратации, с реактивами Гриньяра, с пентахлоридом фосфора, восстановления (водородом атомарным и молекулярным, гидридом лития-алюминия), полимеризации. Реакции углеводородного радикала и кето-енольная таутомерия. Альдольная и кротоновая конденсация, галогенирование, реакция Канниццаро, сложноэфирная конденсация Тищенко, окисление (реактивом Толленса, фелинговой жидкостью, кислородом воздуха, правило Попова-Вагнера). Особенности реакционной способности  $\alpha$ -,  $\beta$ -ненасыщенных альдегидов и кетонов в реакциях AE и AN (взаимодействие с синильной кислотой, гидросульфитом натрия, аммиаком и галогеноводородными кислотами)

#### *Тема 6.5. Ароматические карбонильные соединения*

Рассматривает ароматические альдегиды и кетоны. Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Специфические методы получения ароматических карбонильных соединений: окисление гомологов бензола кислородом воздуха на ванадиевом катализаторе, ацилирование по Фриделю-Крафтсу, перегруппировка Фриса, прямое формилирование (реакции Гаттермана-Коха, Реймера-Тимана, Вильсмайера-Хаака). Физические свойства. Строение ароматической карбонильной группы. Химические свойства. Характеристика свойств карбонильной группы (альдегида и кетона) и ароматического кольца и их взаимное влияние на реакционную способность друг друга. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе: Кляйзена, Перкина, бензоиновая конденсация (реакция Зинина), с фенолами и третичными аминами. Реакции SEаром в ароматическое кольцо: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование. Идентификация альдегидов и кетонов: образование гидросульфитных производных, оксимов, фенилгидразонов, семикарбазонов, реакция Толленса и с фелинговой жидкостью, галоформная реакция, окисление кетонов. Биологическая активность: хлоральгидрат, галогенкетоны.

#### *Тема 6.6. Алифатические моно и дикарбоновые кислоты. Их производные.*



Рассматривает:

Карбоновые кислоты. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: окисление алканов, алкенов, первичных спиртов и гликолей, альдегидов, оксосинтез, карбоксилирование металлорганических соединений, гидролиз производных карбоновых кислот (сложных эфиров, нитрилов), гидролиз тригалогенопроизводных. Физические свойства. Химические свойства. Электронное строение карбоксильной группы и общая характеристика ее реакционной способности: кислотные свойства, реакции нуклеофильного присоединения-отщепления и их механизм, роль кислотного катализа. Кислотные свойства, строение карбоксилат-аниона, факторы, влияющие на кислотные свойства карбоновых кислот, солеобразование. Реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского, реакции непредельных сопряженных кислот с галогеноводородами, аммиаком, спиртами при кислотном катализе и катализе алкоголят-ионом.

Производные карбоновых кислот.

Хлорангидриды. Номенклатура, способы получения (реакции с пентахлоридом фосфора и тионилхлоридом), химические свойства (реакции с водой, спиртами и алкоголями, аммиаком, первичными и вторичными аминами, гидразином, с серебряными солями карбоновых кислот, перекисью натрия). Механизм  $SN1Ac$  и  $SN2Ac$ .

Ангидриды карбоновых кислот. Номенклатура, способы получения (межмолекулярная и внутримолекулярная дегидратация, хлорангидридов с солями карбоновых кислот). Физические свойства. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде, аммонолиз и аминолиз, алкоголиз.

Эфиры карбоновых кислот. Номенклатура, способы получения (реакция этерификации и её механизм, алкоголиз галогеноангидридов и ангидридов, реакция серебряных солей карбоновых кислот с галогеноалканами, карбоновых кислот с diazometаном, сложноэфирная конденсация Тищенко). Физические свойства. Химические свойства: реакции кислотного гидролиза и омыления (их механизм), переэтерификации, аммонолиза и аминолиза, восстановление гидридом лития-алюминия и по Буво-Блану.

Амиды карбоновых кислот. Номенклатура, способы получения (дегидратация незамещенных аммониевых солей, аминолиз и аммонолиз галогеноангидридов и ангидридов карбоновых кислот, гидролиз нитрилов). Физические свойства. Химические свойства: кислотно-основные свойства, реакции с минеральными кислотами и щелочными металлами, гидролиз, дегидратация, расщепление по Гофману. Определение реакции ацилирования. Сравнение ацилирующей способности карбоновых кислот и их производных.

Имиды карбоновых кислот. Номенклатура. Способы получения из янтарного ангидрида и амида янтарной кислоты. Химические свойства:  $NH$ -кислотность, взаимодействие с бромом. Сукцинимид.

Нитрилы. Номенклатура, изомерия. Способы получения: дегидратация амидов карбоновых кислот, из галогеноалканов. Физические свойства. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде, восстановление.

Малоновый эфир.  $SH$ -кислотность, натриймалоновый эфир и синтез на его основе. Биологическая активность.

### *Тема 6.7. Гидроксикислоты.*

Рассматривает алифатические гидроксикарбоновые кислоты. Номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная, тривиальная), способы получения (специфический стереосинтез). Специфические химические свойства (реакции при нагревании).

Оптическая активность. Понятие о асимметрическом атоме углерода,  $L,D$ -изомерии,  $R,S$ -изомерах, определения (рацемическая смесь, энантиомеры, диастериомеры, эритроизомеры). Разделение рацемической смеси.

## *Тема 6.8. Ароматические моно и дикарбоновые кислоты. Их производные.*

Рассматривает ароматические карбоновые кислоты. Способы получения ароматических кислот: окисление гомологов бензола и ацетофенона, металлоорганический синтез, гидролиз нитрилов и бензотрихлорида, ацилирование бензола по Фриделю-Крафтсу, синтез (о-, п- и м-) замещенных бензойных кислот, получение фенолокислот (синтез Кольбе, синтез галловой кислоты), аминокислот (перегруппировка Гофмана фталимида, восстановление нитробензойных кислот, из о-нитротолуола), коричной кислоты (конденсация Кляйзена, реакции Перкина). Физические свойства. Химические свойства. Электронное строение карбоксильной группы и общая характеристика ее реакционной способности: кислотные свойства, реакции нуклеофильного присоединения-отщепления и их механизм, роль кислотного катализа. Химические свойства. Общая характеристика свойств карбоксильной группы и ароматического кольца и взаимное влияние на реакционную способность друг друга. Реакции SEаром в ароматическое кольцо. Синтез производных (эфиров, ангидридов, галогеноангидридов, амидов, имидов, нитрилов). Отдельные представители: бензойная кислота, диметилфталат, салициловая кислота и ее производные (соли, эфиры, салол), п-аминобензойная кислота, галловая и дигалловая кислоты (гликозиды, танины), миндальная кислота, п-аминобензойная кислота (витамин «Н») и её производные (анестезин, новокаин), сульфобензойные кислоты (сахарин, кристаллоза).

## **Раздел 7. Серосодержащие органические соединения**

### *Тема 7.1. Ароматические сульфокислоты и их производные*

Рассматривает ароматические сульфокислоты: определение, номенклатура, изомерия, способы получения (сульфирование серной кислотой, триоксидом серы, хлорсульфоновой кислотой). Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности сульфогруппы и ароматического кольца. Кислотные свойства, влияние заместителей в ароматическом кольце на кислотность. Солеобразование, образование сульфохлоридов. Реакции замещения сульфогруппы на электрофил (десульфирование), на нуклеофил (образование фенолов, нитрилов, аминов, тиофенолов), восстановление. Влияние сульфогруппы на реакции SE в ароматическое кольцо (галогенирование, нитрование, сульфирование).

Аренсульфохлориды. Номенклатура, изомерия, способы получения (сульфохлорирование ароматических соединений, из сульфокислот), химические свойства (образование эфиров и амидов сульфокислот).

Аренсульфонаты. Номенклатура, изомерия. Получение из аренсульфохлоридов. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде, алкилирование спиртов и аминов.

Аренсульфамиды. Номенклатура, изомерия, получение из аренсульфохлоридов. Химические свойства (NH-кислотность, реакции со щелочами, с хлорноватистой кислотой). Гидролиз в кислой среде.

## **Раздел 8. Азотсодержащие органические соединения**

### *Тема 8.1. Нитропроизводные алифатического и ароматического ряда*

Рассматривает нитросоединения. Определение, номенклатура, изомерия, классификация: нитросоединения со связью  $Csp^3-NO_2$  и  $Csp^2-NO_2$ . Способы получения: нитрование в ароматическое кольцо  $SE_{аром.}$ , окисление аминогруппы, нитрование в боковую цепь (реакция М.И. Коновалова), замена галогена в боковой цепи. Электронное строение нитрогруппы. Физические и химические свойства. Нитрогруппа как сильный электроноакцептор. Восстановление в кислой, нейтральной и щелочной среде, реакции  $SE_{аром.}$  и  $SN_{аром.}$  в ароматическое кольцо, влияние нитрогруппы на подвижность других групп (галогена, нитрогруппы). Реакционная способность нитрогруппы в боковой цепи:  $CN$ -кислотность. Идентификация нитросоединений.

### *Тема 8.2. Алифатические и ароматические амины.*

Рассматривает алифатические и ароматические амины. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: алкилирование аммиака спиртами и галогеноалканами (реакции Гофмана), восстановление азотсодержащих соединений (нитроалканов, нитрилов, оксимов, амидов карбоновых кислот), восстановительное аминирование, расщепление амидов по Гофману, синтез Габриэля. Физические свойства. Электронное строение аминогруппы. Химические свойства. Общая характеристика свойств аминогруппы и ароматического кольца и их взаимное влияние на реакционную способность друг друга. Кислотные свойства, реакции с металлорганическими соединениями. Основные свойства (в газовой фазе и водных растворах), образование солей, алкилирование (галогеноалканами, диалкилсульфатом, диазометаном), ацилирование (ангидридами, галогеноангидридами, сложными эфирами), образование азометинов, реакция с азотистой кислотой, изонитрильная реакция, окисление. Реакции  $SE$  в ароматическое кольцо (галогенирование, нитрование, сульфирование), реакция конденсации третичных аминов с альдегидами, нитрозирование, сочетание с солями диазония. Ацилирование аминов как способ защиты аминогруппы, образование оснований Шиффа, образование сульфамидов (синтез стрептоцида). Идентификация аминов: реакция с азотистой кислотой, изонитрильная реакция, разделение первичных, вторичных и третичных аминов с ароматическими сульфохлоридами. Биологическая активность: кадаверин, гексаметилендиамин, холамин, холин, ацетилхолин, стрептоцид, общая характеристика строения сульфаниламидных препаратов как антиметаболитов ПАБК, *p*-аминофенол и его производные: фенацетин, фенетидин.

### *Тема 8.3. Азо- и диазопроизводные углеводов*

Рассматривает ароматические диазосоединения. Определение, номенклатура (ИЮПАК). Способы получения – реакция диазотирования первичных аминов. Механизм реакции диазотирования, диазотирующие реагенты. Физические свойства. Строение солей диазония, их устойчивость и электрофильность. Превращение солей диазония в диазотаты. Химические свойства: реакции с выделением азота (замещение гидроксигруппой, водородом, реакция Зандмейера). Реакции солей диазония без выделения азота: азосочетание как реакция  $SE_{аром.}$ , восстановление и окисление солей диазония.

Ароматические азосоединения. Классификация, номенклатура (ИЮПАК, рациональная). Способы получения: реакция азосочетания (азо- и диазосоставляющие, факторы, влияющие на скорость реакции азосочетания), восстановление нитросоединений в щелочной среде. Физические свойства. Химические свойства: восстановление, кислотно-основные свойства. Основные положения электронной теории цветности. Понятие о хромофорах и ауксохромах. Азокрасители (метилловый оранжевый, конго красный и др.). Индикаторы.

## **Раздел 9. Углеводы**

### *Тема 9.1. Моносахариды. Дисахариды. Олиго- и полисахариды.*

Рассматривает моносахариды. Классификация, номенклатура, изомерия, способы получения, цикло-оксотаутомерия (кольчато-цепная), явление мутаротации, эпимеризации, химические свойства: реакции по карбонильной группе, реакции окисления, восстановления и гидроксильных групп.

Дисахариды: восстанавливающие и невосстанавливающие (номенклатура, способы получения, явление инверсии дисахаридов, химические свойства восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов).

Полисахариды. Крахмал, целлюлоза, гликоген, хитин, химические свойства крахмала и целлюлозы.

## **Раздел 10. Гетероциклические органические соединения**

### *Тема 10.1. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом*

Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, тривиальная). Способы получения: из 1,4-дикарбонильных соединений, цикл Юрьева, из алканов, алкадиенов, алкинов, из сахаров и их производных (пентоз, слизиной кислоты, сукцинимид) синтез Ганча, Кнорра. Физические свойства. Электронное строение и ароматичность пятичленных гетероциклов с 1 гетероатомом. Химические свойства: общая характеристика, сочетание свойств ароматических систем и диеновых структур. Кислотно-основные свойства гетероциклов (понятие об ацидофобности, образование солей пиррола). Реакции электрофильного замещения: механизм, донорные свойства гетероатома, направление и скорость SEаром. (сульфирование, нитрование, галогенирование, ацилирование, азосочетание, алкилирование пирролидов).

Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Индол. Номенклатура. Способы получения: из природного сырья, синтетические методы (из анилина – реакция Чичибабина, по Фишеру). Физические свойства. Электронное строение и ароматичность. Химические свойства: кислотно-основные свойства (ацидофобность, образование солей). Реакции SEаром. : механизм и направление (галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование, азосочетание, алкилирование солей индола). Реакции гидрирования. Индиго белый и синий. Способы получения: из бета-индоксила окислением. Строение индиго. Окисление индиго. Биологическая активность. Отдельные представители: фурацилин, порфирин (хлорофилл, гемоглобин), желчные пигменты (билирубин), пролин, триптофан, триптамин, серотонин, гетероауксин.

### *Тема 10.2. Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом*

Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Пиридин. Способы получения: из природного сырья, синтетические методы (из ацетилена, кадаверина, акролеина, ацетальдегида). Физические свойства. Электронное строение пиридина и ароматичность. Химические свойства: общая характеристика распределения электронной плотности в молекуле и реакционной способности (основность, реакции электрофильного и нуклеофильного замещения). Основные свойства. Реакции пиридина как третичного амина: образование солей с минеральными и органическими кислотами, алкилгалогенидами, ацилгалогенидами, сульфотриоксидом, образование N-оксидов. Реакции электрофильного замещения: механизм и направление (галогенирование, сульфирование, нитрование, бромирование в уксусной кислоте), акцепторный характер атома азота. Реакции нуклеофильного замещения: механизм и направление (гидроксилирование и аминирование – реакции Чичибабина, алкилирование др.). Восстановление. Химические свойства производных пиридина. Кислородсодержащие гетероциклы:  $\square$ - и  $\square$ -пиран,  $\square$ - и  $\square$ -пирон, хроман, хромон, кумарин, флаван, флаван.

Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Хиолин. Способы получения: из природного сырья и синтез Скраупа. Физические свойства. Электронное строение хиолина и ароматичность. Химические свойства: основные свойства (реакции как третичного амина), реакции SE аром. и SN., бромирование в пиридиновое кольцо. Восстановление и окисление хиолина. Изохиолин. Способы получения: из природного сырья и синтез по Бишлеру-Напиральскому. Физические свойства. Электронное строение молекулы изохиолина и ароматичность. Химические свойства: основные свойства (реакции как третичного амина), реакции SE аром. и SN, бромирование в уксусной кислоте. Окисление и восстановление.

### *Тема 10.3. Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами*

Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. (1,2- и 1,3-диазолы). Номенклатура и изомерия 1,2- и 1,3-диазолов. Способы получения 1,2-диазолов: из 1,3-дикарбонильных соединений с гидроксиламином, гидразином и его производными; из  $\square, \square$ -ненасыщенных карбонильных соединений с гидроксиламином и гидразином, из производных ацетилена с диазометаном. Способы получения 1,3-азолов: из  $\square$ -ацетиламинокетонов, из  $\square$ -галогенкетонов с амидами и тиоамидами (метод Ганча), из 1,2-диаминов с кислотами (альдегидами, спиртами), из 1,2-дикарбонильных соединений с формальдегидом и аммиаком. Физические свойства. Электронное строение и ароматичность 1,2- и 1,3-диазолов. Пиррольный и пиридиновый атомы азота. Химические свойства. Кислотность и основность. Амфотерность имидазола, пиразола и бензимидазола. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами. Отдельные представители.

Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. Номенклатура, изомерия. Способы получения бензимидазола (из о-фенилендиамин). Электронное строение. Химические свойства: кислотно-основные свойства, реакции алкилирования, ацилирования, реакции с нуклеофилами и электрофилами, окисление. Дибазол и его реакционная способность. Биологическая активность. Производные: антипирин, амидопирин, гистидин, гистамин, дибазол, норсульфазол, анальгин, тиамин (витамин B1), пенициллины.

### *Тема 10.4. Шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами.*

Диазины (пиридазин, пиримидин, пиразин). Номенклатура, изомерия. Способы получения пиримидина. Физические свойства. Электронное строение молекулы диазинов, ароматичность. Химические свойства. Основные свойства (образование солей), реакции SEаром. производных пиримидина (галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, азосочетание), реакции SN (аминирование пиримидина и его галогенопроизводных, реакции с алкоголями и др.). Гидроксипроизводные пиримидина: урацил, барбитуровая кислота. Лактим-лактаманная и кето-енольная таутомерия. Биологическая активность производных пиримидина и пиразина: барбитураты (барбитал, фенобарбитал, мединал), урацил, тимин, цитозин, оротовая кислота, сульфадиазин, сульфапиразин, тиамин (витамин B1).

Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. Пурин, птеридин, аллоказин. Номенклатура. Пурин. Синтез из мочевого кислоты. Электронное строение пурина и ароматичность. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности, кислотные свойства, образование солей с сильными кислотами и основными реагентами. Реакции SE: алкилирование, ацилирование, галогенирование. Реакции SN пурина и его галогенпроизводных: нуклеофильное замещение в щелочной и кислой среде. Гидрокси- и аминопроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочева кислота, аденин, гуанин, их химические свойства и таутомерия. Биологическая активность: соли мочевого кислоты (ураты), теofilлин, теобромин, кофеин, аденин, гуанин, гипоксантин, ксантин. Птеридин. Электронное строение молекулы птеридина и ароматичность. Фолиевая кислота. Рибофлавин (витамин B2). Нуклеиновые кислоты. Определение, классификация. Строение полинуклеотидов. Номенклатура. Гликозидная связь. Химические свойства нуклеозидов, нуклеотидов (гидролиз гликозидной связи, сложноэфирной связи, реакции с электрофилами, SEаром). Комплементарность гетероциклических оснований нуклеотидов.

## ***Раздел 11. Лабораторный практикум 2 блок***

### *Тема 11.1. Техника безопасности и методы работы в лаборатории органического синтеза*

Рассматривает материалы об основных методах работы в лаборатории органического синтеза, материалах, методах очистки и разделения веществ по агрегатному состоянию, физико-химическим особенностям, посуде и приборах, применяемых при проведении работ, включает изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

### *Тема 11.2. Синтез сульфаниловой кислоты*

Лабораторная работа по синтезу сульфаниловой кислоты. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

### *Тема 11.3. Синтез N-фенилпропанамида*

Лабораторная работа по синтезу N-фенилпропанамида. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

### *Тема 11.4. Синтез N,N-диметил-4-нитрозоанилина*

Лабораторная работа по синтезу N,N-диметил-4-нитрозоанилина. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

*Тема 11.5. Синтез 2-метилбензимидазола.*

Лабораторная работа по синтезу 2-метилбензимидазола. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

*Тема 11.6. Синтез 1,2,3-бензотриазола.*

Лабораторная работа по синтезу 1,2,3-бензотриазола. Работа выполняется в бригадах по два человека. Бригаде выдается вариант вещества для проведения лабораторной работы. По завершению работы студенты оформляют и защищают отчет.

**Объем дисциплины и виды учебной работы**

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Контактная работа (часы, всего)	Консультации в период сессии (часы)	Консультации в период теоретического обучения (часы)	Лабораторные занятия (часы)	Лекции (часы)	Самостоятельная работа студента (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
Третий семестр	144	4	86		6	60	20	56	Зачет (2)
Четвертый семестр	180	5	108	2	2	72	32	36	Экзамен (36)
Всего	324	9	194	2	8	132	52	92	38

**Разработчик(и)**

Кафедра органической химии, старший преподаватель Потапова А. Э.