

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

**Аннотация рабочей программы дисциплины
Б1.О.17 Органическая химия**

Направление подготовки:	18.03.01 Химическая технология
Профиль подготовки:	Производство фармацевтических препаратов
Форма обучения:	очная

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

Компетенция(и), индикатор(ы) 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/Зн3 Знать оборудование и технику безопасности в лаборатории органического синтеза

Уметь:

УК-8.2/Ум6 Уметь применять безопасные приемы при работе с оборудованием и химическими веществами в лаборатории органического синтеза

ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

ОПК-1.1 Использует знания о строении вещества, природе химической связи для характеристики различных классов химических соединений и их свойств

Знать:

ОПК-1.1/Зн2 Знать основы классификации, номенклатуры, изомерии органических соединений; строение основных классов органических соединений, классификацию органических реакций и реагентов

ОПК-1.1/Зн3 Знать химические свойства и методы идентификации основных классов органических соединений.

Уметь:

ОПК-1.1/Ум6 Уметь составлять и изображать структурные формулы органических соединений, классифицировать и называть изученные вещества согласно правилам номенклатуры; определять типы реакций и реагентов

ОПК-1.1/Ум7 Уметь определять свойства органических соединений для выбора методов синтеза и идентификации их с помощью качественных реакций и физических методов

ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию различных технологических процессов, основываясь на знании различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

Знать:

ОПК-1.2/Зн2 Знать основные способы получения и химические свойства различных классов органических соединений, химические превращения между ними.

Уметь:

ОПК-1.2/Ум6 Уметь прогнозировать возможные рациональные пути получения органических соединений и решать синтетические задачи по генетической связи между различными классами органических соединений

ОПК-1.3 Анализирует и использует механизмы химических реакций для объяснения технологических процессов и процессов, происходящих в окружающем мире

Знать:

ОПК-1.3/Зн2 Знать строение, реакционную способность и механизмы химических реакций основных классов органических соединений

Уметь:

ОПК-1.3/Ум7 Уметь прогнозировать свойства органических соединений на основе анализа их строения, реакционной способности и механизмов химических реакций

ОПК-5 Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные

ОПК-5.2 Проводит наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, в том числе при работе с оборудованием и химическими веществами

Знать:

ОПК-5.2/Зн7 Знать физические и химические свойства химических материалов и правила безопасного обращения с ними

ОПК-5.2/Зн8 Знать основные методы и методики синтеза, выделения, очистки и анализа органических соединений с учетом правил техники безопасности в химической лаборатории

ОПК-5.2/Зн9 Знать методы регистрации, способы обработки и оценки результатов химического эксперимента

Уметь:

ОПК-5.2/Ум12 Уметь работать с соблюдением правил безопасного обращения с химическими материалами в химической лаборатории.

ОПК-5.2/Ум13 Уметь осуществлять синтез, выделение и очистку основных классов органических соединений по этапам с учетом требований техники безопасности в химической лаборатории

ОПК-5.2/Ум14 Уметь проводить обработку и представление полученных результатов химического эксперимента

Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.17 «Органическая химия» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 4, 5.

Предшествующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.О.11 Аналитическая химия;
- Б1.О.07 Безопасность жизнедеятельности;
- Б1.О.13 Материаловедение;
- Б1.О.06 Общая и неорганическая химия;
- Б2.О.01(У) учебная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика;
- Б1.О.05 Физика;
- Б1.О.14 Физическая химия;
- Б1.О.12 Электротехника и промышленная электроника;

Последующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.О.18 Коллоидная химия;
- Б1.О.24 Массообменные процессы и аппараты химической технологии;
- Б1.О.30 Моделирование химико-технологических процессов;
- Б1.О.22 Общая химическая технология;
- Б1.В.08 Основы микробиологии;
- Б1.В.11 Основы промышленной асептики;
- Б1.О.32 Основы промышленной безопасности на фармацевтических производствах;
- Б1.В.13 Охрана труда;
- Б3.О.01(Д) Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы;
- Б2.В.01(П) производственная практика, научно-исследовательская работа;
- Б1.О.19 Процессы и аппараты химической технологии;
- Б1.О.27 Технология готовых лекарственных средств;
- Б1.О.23 Физико-химические методы анализа;
- Б1.О.14 Физическая химия;
- Б1.О.29 Химическая технология лекарственных субстанций и витаминов;
- Б1.О.25 Химия биологически активных веществ;
- Б1.О.26 Химия и технология фитопрепаратов;
- Б1.О.28 Экология;

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 оборудование химической лаборатории. Методы работы в химической лаборатории

Студент рассматривает материалы о посуде и приборах, применяемых при проведении работ, включает изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

Студент рассматривает материалы об основных методах работы в лаборатории органического синтеза, материалах, методах очистки и разделения веществ по агрегатному состоянию, физико-химическим особенностям

Тема 1.2. Очистка органических веществ

Лабораторная работы №№ 1, 2, 3 , 4 по очистке твердых и жидких органических веществ методами: перекристаллизации, простой перегонки, фракционной перегонки, перегонки с водяным паром.

Раздел 2. Основы строения и реакционной способности органических соединений

Тема 2.1. Теория строения органических соединений. Классификация химических реакций и реагентов

Теория строения органических соединений: Типы химических связей. Понятие гибридизации и природа углерод-углеродных связей. Электроотрицательность атомов. Электронные эффекты в органических соединениях. Стабилизация органических ионов и радикалов.

Классификация химических реакций и реагентов: Реакции А, S, E. Понятие о нуклеофилах, электрофилах и радикалах. Окислительно-восстановительные реакции. Кисотно-основное взаимодействие. Органические кислоты и основания Бренстеда и Льюиса. Сопряженные кислоты и основания. Факторы, определяющие кислотность и основность.

Тема 2.2. Генетическая связь между различными классами органических соединений

Связь между строением и реакционной способностью представителей разных классов органических соединений. Взаимные превращения между различными классами соединений (одного класса соединений в другие). Сравнительные характеристики и обоснование реакционной способности разных классов соединений. Зависимость реакционной способности и биологической активности от изомерного строения органического соединения. Способы разделения смесей органических веществ. Идентификация функциональных групп органических соединений.

Раздел 3. Алифатические органические соединения

Тема 3.1. Алифатические углеводороды (алканы, алкены и алкадиены, алкины)

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, декарбоксилирование солей карбоновых кислот. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности алканов: гомолитический распад С-Н и С-С связей. Реакции радикального замещения SR, механизм, направление реакции: (галогенирование, нитрование, сульфохлорирование, сульфоокисление), окисление, крекинг. Идентификация алканов. Биологическая активность алканов (вазелин, парафин, озокерит).

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, надкислотами (реакция Прилежаева), разбавленным раствором KMnO_4 (реакция Вагнера), перекисью водорода, окисление сильными окислителями, озонирование. Идентификация: качественные реакции на двойную связь, установление структуры алкенов. Биологическая активность.

Алкадиены: Диеновые углеводороды с кумулированными, сопряженными и изолированными кратными связями: изомерия, номенклатура, способы получения, физические свойства. Особенности электронного строения сопряженных диенов.

Алкины. Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Способы получения из природного сырья и синтетические методы: дегидрогалогенирование геминальных и вицинальных дигалогеноалканов, алкилирование по Фаворскому. Физические свойства. Электронная структура тройной связи. Химические свойства: реакции электрофильного присоединения и их механизмы: галогенирование, гидрогалогенирование, гидротация по Кучерову; сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Реакции нуклеофильного присоединения и их механизмы: присоединение HCN , спиртов, органических кислот. Реакции, обусловленные кислотностью С-Н при тройной связи: реакции Фаворского, Реппе и др. Реакции изомеризации. Методы идентификации алкинов. Биологическая активность. полимеризации. СН-кислотность алкинов. Понятие о теории резонанса. Реакции электрофильного присоединения: галогенирование, гидрогалогенирование, гипогалогенирование. Полимеризация 1,3-диенов. Синтетические каучуки: бутадиеновые, хлоропреновые и др. Методы идентификации. Строение натурального каучука.

Тема 3.2. Галогенопроизводные углеводородов

Определение, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), изомерия. Классификация: галогеноуглеводороды со связью Csp^3 . Электронное строение связи C-Hal. Методы получения. Физические и химические свойства. Механизмы реакций нуклеофильного замещения Реакции элиминирования E1 и E2, их механизмы. Галогеноалканы как алкилирующие реагенты. Восстановление галогеноуглеводородов. Получение металлорганических соединений и их роль в синтетической органической химии. Идентификация галогеноуглеводородов.

Галогеноалканы, моно- и полигалогенопроизводные. Определение, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), изомерия. Способы получения: галогенирование алканов, галогенирование и гидрогалогенирование алкенов и алкинов, замена гидроксильной и карбонильной группы галогенами, обменные реакции галогенов. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности (влияние природы галогена и углеродного радикала, растворителя на полярность связи углерод – галоген). Механизмы реакции нуклеофильного замещения SN1 и SN2. 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 в щелочной и кислой среде. Понятие о реакции алкилирования. Реакции элиминирования – реакции со спиртовыми растворами щелочей, ацетилендами натрия, алкилметаллами. Механизмы реакций E1 и E2. Восстановление галогеноалканов. Образование металлорганических соединений.

Галогенопроизводные непредельных углеводородов. Определение, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), изомерия. Способы получения: высокотемпературное галогенирование алкенов, гидрогалогенирование алкинов, дегидрогалогенирование геминальных галогеноалканов, замена гидроксильной группы галогеном. Химические свойства галогеноалкенов. Характеристика реакционной способности галогеноалканов типа аллилгалогенидов и винилгалогенидов. Реакции аллилгалогенидов: реакции нуклеофильного замещения SN1. Аллильная перегруппировка. Реакция винилгалогенидов: присоединение электрофильных реагентов, взаимодействие с магнием, амидом натрия. Идентификация галогеноалканов: образование хлоридов серебра, по реакциям на двойную связь. Биологическая активность (этилхлорид, хлороформ, фреоны).

Тема 3.3. Алифатические гидроксилсодержащие соединения. Простые эфиры и органические окиси

Алифатические гидроксилсодержащие соединения:

Одно- и многоатомные 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 ее реакционной способности: кислотно-основные свойства, нуклеофильность спиртов, реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы. Механизм реакций SN1, SN2. 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, окисление и восстановление спиртов, присоединение к алкинам.

Непредельные спирты. Номенклатура, изомерия. Общая характеристика способов получения и химических свойств. Идентификация спиртов: реакция Церевитинова-Чугаева, образование гликолятов и глицератов меди. Биологическая активность: метанол, этанол, сивушные масла, цетиловый спирт.

Простые эфиры. Классификация, изомерия, номенклатура, способы получения, физические свойства. Химические свойства: образование оксониевых соединений, ацидолиз простой эфирной связи при помощи HI, правило Цейзеля, реакции с H₂SO₄, металллическим натрием. Окисление, понятие об органических гидропероксидах и пероксидах. Идентификация эфиров и их значение как биологически активных соединений.

Органические окиси. Классификация, номенклатура, изомерия, методы получения, химические свойства α-окисей, реакции с нуклеофильными реагентами в кислых и щелочных средах, правило Красуского.

Тема 3.4. Алифатические карбонильные соединения. Алифатические карбоновые кислоты

Алифатические карбонильные соединения. Одно- и поликарбонильные насыщенные соединения (альдегиды и кетоны). Определение, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: окисление и дегидрирование спиртов, гидратация алкинов, озонлиз алкенов, восстановление хлорангидридов кислот, пиролиз карбоновых кислот и их кальциевых (бариевых) солей, магнийорганический синтез с производными карбоновых кислот, кадмийорганический синтез, оксосинтез. Физические свойства. Химические свойства. Строение карбонильной группы и общая характеристика ее реакционной способности: реакции нуклеофильного присоединения AN, роль кислотного и основного катализа. Механизмы реакций 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 пятихлористым фосфором, восстановления (водородом атомарным и молекулярным, литийалюминийгидридом), 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).

Непредельные альдегиды и кетоны. Номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия (структурная, геометрическая). Способы получения. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика, особенности реакционной способности α -, β -ненасыщенных альдегидов и кетонов в реакциях AE и AN (взаимодействие с синильной кислотой, гидросульфитом натрия, аммиаком и галогеноводородными кислотами). Идентификация альдегидов и кетонов: образование гидросульфитных производных, оксимов, фенилгидразонов, семикарбазонов, реакция Толленса и с Фелинговой жидкостью, галоформная реакция, окисление кетонов. Биологическая активность: хлоральгидрат, галогенкетоны.

Алифатические карбоновые кислоты и их производные. Одно- и двухосновные алифатические карбоновые кислоты. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: окисление алканов, алкенов, первичных спиртов и гликолей, альдегидов, оксосинтез, карбоксилирование металлоорганических 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.

Малоновый эфир. CH -кислотность, натриймалоновый эфир и синтез на его основе. Идентификация карбоновых кислот. Биологическая активность.

Непредельные карбоновые кислоты. Номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия. Способы получения: введение карбонильной группы и методы образования двойной связи из галогено-, amino- и гидроксикарбоновых кислот. Физические свойства. Химические свойства: свойства карбоксильной группы и двойной связи. Механизмы AE и AN (реакции с галогеноводородами, аммиаком, спиртами при кислотном катализе и катализе алкоголят-ионом).

Галогенокарбоновые кислоты. Номенклатура (ИЮПАК, тривиальная). Изомерия. Способы получения: галогенирование на свету и при кислотном катализе, реакция Геля-Фольгарда-Зелинского, гидрогалогенирование непредельных кислот, замена гидроксильной группы галогеном, обмен галогенов, из гамма-лактонов. Физические свойства. Химические свойства: свойства, обусловленные наличием галогена и карбоксильной группы, специфические свойства: отношение к нагреванию с водой.

Производные карбоновых кислот.

Хлорангидриды. Номенклатура, способы получения (реакции с PCl_5 и SOCl_2), химические свойства (реакции с водой, спиртами и алкоголями, аммиаком, первичными и вторичными аминами, гидразином, с серебряными солями карбоновых кислот, перекисью натрия). Механизм Ac_1 и Ac_2 .

Ангидриды карбоновых кислот. Номенклатура, способы получения (межмолекулярная и внутримолекулярная дегидратация, хлорангидридов с солями карбоновых кислот).

Тема 3.5. Алифатические азотсодержащие соединения

Алифатические амины. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), 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. Кислотные свойства, реакции с металлоорганическими 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. Идентификация аминов. Биологическая активность: путресцин, кадаверин, гексаметилендиамин, коламин, холин, ацетилхолин.

Нитросоединения. Определение, номенклатура, изомерия, классификация: нитросоединения со связью $Csp^3 - NO_2$ и $Csp^2 - NO_2$. Способы получения. Электронное строение нитрогруппы. Физические и химические свойства. Нитрогруппа как сильный электроноакцептор. Особенности химического поведения алифатических. Идентификация нитросоединений.

Тема 3.6. Гидроксикислоты. Оптическая изомерия.

Гидроксикислоты. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия (структурная, конформационная, оптическая). Способы получения: общие методы введения гидроксильной и карбоксильной групп, специальные методы (из карбонильных соединений с синильной кислотой, по реакции Реформатского, гидратация непредельных кислот, из аминокислот). Физические свойства. Химические свойства. Общая характеристика реакционной способности соединений со смешанными функциями: кислотно-основные свойства, нуклеофильность гидроксильной группы и карбоксилат-аниона, реакции нуклеофильного присоединения-отщепления по карбоксильной группе. Образование солей и алкоголятов, алкилирование (диалкилсульфатом, диазометаном), этерификация, окисление, восстановление, отношение α -, β -, γ - гидроксикислот к нагреванию: образование лактидов, лактонов и непредельных кислот. Идентификация гидроксикислот. Биологическая активность гидроксикислот. Отдельные представители: молочная, яблочная, винная кислоты и их соли. Стереои́зомерия. Понятие об оптической активности органических соединений. Работы Вант-Гоффа, Ле Беля. Удельное вращение. Асимметрический атом углерода. Относительная и абсолютная конфигурации (D- и L-стереические ряды, R-, S-конфигурация). Соединения с несколькими хиральными центрами. Понятие об энантиомерах, диастереоизомерах, рацемате, мезоформе, их физические и химические свойства. Методы получения оптически активных соединений: разделение рацематов (механический – работы Л.Пастера, биологический и химический). Асимметрический синтез (относительный и абсолютный), стереоспецифический синтез (реакции по SN_1 , SN_2 , SN_i механизмам, двойное обращение). Обращение Вальдена. Стереои́зомерия азот-, сера- и фосфорсодержащих органических соединений.

Тема 3.7. Углеводы

Моносахариды. Номенклатура, стереои́зомерия, формулы Колли-Толленса и Хеурса. Цикло-оксо таутомерия, явление мутаротации углеводов. Способы получения и химические свойства. Реакции по карбонильной группе, полуацетальному и гидроксильным группам, окисления, восстановления. Эпимеризация. Идентификация углеводов, Синтез фенилозаона D-глюкозы.

Олиго- и полисахариды. Номенклатура, стереои́зомерия, восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Способы получения и химические свойства. Инверсия сахаров. Крахмал и целлюлоза: химические свойства: ацилирование, частичный и полный гидролиз.

Тема 3.8. «Синтез 1-бромпропана»

Лабораторная работа № 5 «Синтез 1-бромпропана»

Раздел 4. Ароматические органические соединения

Тема 4.1. Ароматические углеводороды. Бензол и его гомологи. Реакции электрофильного замещения. Правила ориентации.

Бензол, история его открытия и установления строения. Формула Кекуле. Теория резонанса. Орбитальное представление структуры бензола. Аromaticность (определение, правило Хюккеля). Ароматические соединения (бензоидные и небензоидные).

Бензол и его гомологи. Номенклатура, изомерия, способы получения (из неароматических соединений: алканов, ацетиленов, циклоалканов, ацетона; из ароматических соединений – реакции Вюрца-Фиттига, Вюрца-Гриньяра, алкилирование по Фриделю-Крафтсу-Густавсону, ацилирование по Фриделю-Крафтсу, декарбоксилирование карбоновых кислот). Физические свойства. Химические свойства бензола. Механизм реакции электрофильного замещения (SE). π - и σ - комплексы. Энергетическая диаграмма реакции. Необходимость катализа. Реакции электрофильного замещения (галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование, ацилирование и др.). Реакции присоединения (гидрирование, присоединение галогенов) и окисления бензола и его производных (озонирование, окисление). Реакции радикального замещения в боковую цепь гомологов бензола.

Правила ориентации в ароматическом кольце. Электронные эффекты заместителей. Влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на направление и скорость реакций электрофильного замещения. Заместители I - рода - о- и п-ориентанты (активирующие и дезактивирующие) и II рода - м-ориентанты. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в ароматическом кольце и устойчивость сигма-комплекса в реакциях SEаром.. Согласованная и несогласованная ориентация. Идентификация бензола.

Тема 4.2. Галогено- и нитро-производные аренов. Ароматические сульфокислоты

Галогенопроизводные ароматических углеводородов. Определение, классификация, номенклатура, изомерия, способы получения (галогенирование в ароматическое кольцо SEаром., замена диазогруппы, галогенирование в боковую цепь (SR)) Роль кислот Льюиса как катализаторов. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности галогена в ароматическом кольце и в боковой цепи. Электронные эффекты галогена в ароматическом ядре. Дезактивирующее и ориентирующее влияние галогена и реакции SE в ядре. Реакции SEаром. в галогеноарилах (галогенирование, нитрование, сульфирование). Нуклеофильное замещение галогена в ядре. Механизм реакции SNAr. Влияние заместителей на подвижность галогена в ароматическом ядре. Реакции SN галогена в боковой цепи. Стабилизация карбокатиона в SN 1 реакциях. Реакции идентификации.

Ароматические нитропроизводные. Определение, классификация, номенклатура, изомерия, способы получения (нитрование в ароматическое кольцо SEаром., окисление аминогруппы, нитрование в боковую цепь – реакция Коновалова (SR). замена галогена в боковой цепи). Физические свойства. Химические свойства: Восстановление – реакция Зинина (особенности восстановления в кислой, нейтральной и щелочной среде). Ориентирующее влияние нитрогруппы при электрофильном и нуклеофильном замещении (SE и SN) в ароматическом ядре. Влияние нитрогруппы на подвижность других групп (галогена, нитрогруппы). Реакционная способность нитрогруппы в боковой цепи: C-H-кислотность (образование солей ациформы). Влияние нитрометильной группы на реакции SEаром.. Реакции идентификации.

Ароматические сульфоокислоты. 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, Идентификация сульфоокислот и их производных. Биологическая активность ароматических сульфоокислот и ее производных. нитрование, сульфирование.

Ароматические сульфохлориды. Номенклатура, изомерия, способы получения (сульфохлорирование ароматических соединений, из сульфоокислот), химические свойства (образование эфиров и амидов сульфоокислот).

Эфиры ароматических сульфоокислот. Номенклатура, изомерия. Получение из ароматических сульфохлоридов. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде, алкилирование спиртов и аминов.

Ароматические сульфамиды. Номенклатура, изомерия, получение из сульфохлоридов. Химические свойства (NH-кислотность, реакции со щелочами, с хлорноватистой кислотой). Гидролиз в кислой среде. Хлорирование сульфамидов. Хлорамин Б и хлорамин Т.

Тема 4.3. Фенолы и ароматические спирты.

Определение, номенклатура, изомерия. Способы получения одноатомных фенолов (сплавление сульфонов, из галогеноариллов, солей диазония, реактивов Гриньяра, карбоновых кислот, кумола), двухатомных фенолов (из салицилового альдегида, о-хлорфенола, бензохинонов, дисульфонов), трехатомных фенолов из галловой кислоты, способы получения спиртов (гидролиз ароматических галогеноалканов, восстановление сложных эфиров, карбонильных соединений, реакцией Канниццаро, из окиси этилена). 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 SE аром. 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 4.4. Ароматические амины. Ароматические диазо- и азосоединения.

Ароматические амины. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: восстановление нитросоединений, нитрилов, оксимов, амидов, аминолит галогеноариллов, алкилирование аминов галогеноалканами и спиртами, восстановительное аминирование, расщепление амидов кислот по Гофману. Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика свойств аминогруппы и ароматического кольца и их взаимное влияние на реакционную способность друг друга. Кислотно-основные свойства аминогруппы. Влияние заместителей в ароматическом кольце и в аминогруппе на основность аминов. Реакции с магнийорганическими соединениями, кислотами – образование солей. Реакции аминов как нуклеофилов: со спиртами, галогеноалканами, диалкилсульфатом, алкилбензолсульфонатами. Ацилирование аминов как способ защиты аминогруппы, образование оснований Шиффа, образование сульфамидов (синтез стрептоцида). Окисление аминов. Реакции SE в ароматическое кольцо (галогенирование, нитрование, сульфирование), реакция конденсации третичных аминов с альдегидами, нитрозирование, сочетание с солями диазония. Идентификация ароматических аминов: реакция с азотистой кислотой, изонитрильная реакция, разделение первичных, вторичных и третичных аминов с ароматическими сульфохлоридами. Биологическая активность. Стрептоцид. Общая характеристика строения сульфаниламидных препаратов как антиметаболитов ПАБК. п-Аминофенол и его производные: фенацетин, фенетидин. Ароматические амины с аминогруппой в боковой цепи: номенклатура, способы получения и химические свойства.

Ароматические диазо- и азосоединения.

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. Действие сильных и слабых восстановителей на азосоединения. Азокрасители. Основные положения электронной теории цветности. Понятие о хромофорах и ауксохромах. Азокрасители (метилловый оранжевый, Конго красный и др.). Индикаторы.

Тема 4.5. Ароматические карбонильные соединения. Ароматические карбоновые кислоты

Ароматические карбонильные соединения. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная). Способы получения: окисление толуола, гидролиз хлористого бензилидена, реакции формилирования (Гаттермана-Коха, Вильсмейера-Хаака, Тимана-Реймера), окисление и дегидрирование спиртов, ацилирование по Фриделю-Крафтсу, перегруппировка Фриса, конденсация Кляйзена, из производных карбоновых кислот (реакция Розенмуда, магнийорганический синтез). Физические свойства. 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: образование циангидринов, гидросульфитных производных, оксимов и перегруппировка Бекмана, гидразонов, фенилгидразинов, семикарбазонов, азометинов, амарина, полуацеталей и ацеталей, дигалогенопроизводных; реакция Канниццаро, реакции конденсации: Тищенко, Кляйзена, Перкина, бензоиновая конденсация (Н.Н.Зинина), с фенолами и трет. аминами, реакции восстановления и окисления, реакции с галогенами. Реакции SE аром. в ароматическое кольцо: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование. Идентификация ароматических альдегидов и кетонов: образование твердых кристаллических производных, проба Толленса, галоформная реакция, реакция с амидом натрия. Отдельные представители: бензальдегид, ацетофенон, галогеноацетофеноны, бензофенон.

Ароматические карбоновые кислоты. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия. Способы получения: окисление гомологов бензола и ацетофенона, металлорганический 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), двухосновных кислот (изомеризация фталата калия, карбоксилирование бензоата калия, окисление нафталина). коричной кислоты (конденсация Кляйзена, реакции Перкина). Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика свойств карбоксильной группы и ароматического кольца и взаимное влияние на реакционную способность друг друга. Кислотные свойства, влияние заместителей на кислотность, образование солей. Реакции нуклеофильного присоединения-отщепления по карбоксильной группе. Реакции SE аром. в ароматическое кольцо. Синтез производных (эфиров, галогеноангидридов, амидов, имидов). Свойства производных, перекиси бензоила, декарбоксилирование. Идентификация карбоновых кислот: образование сложных эфиров, изонитрильная реакция и с азотистой кислотой на аминокислоты. Биологическая активность. 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 ее производные (анестезин, новокаин), сульфобензойные кислоты (сахарин, кристаллоза).

Тема 4.6. «Синтез сульфаниловой кислоты»

Лабораторная работа № 6 «Синтез сульфаниловой кислоты»

Тема 4.7. «Синтез этилбензоата»

Лабораторная работа № 7 «Синтез этилбензоата»

Тема 4.8. «Синтез N-фенилпропанамида»

Лабораторная работа № 8 «Синтез N-фенилпропанамида»

Тема 4.9. «Синтез N,N-диметил-п-нитроанилина»

Лабораторная работа № 9 «Синтез N,N-диметил-п-нитроанилина»

Раздел 5. Гетероциклические органические соединения

Тема 5.1. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом

Классификация и номенклатура (тривиальная, Ганча-Видмана) соединений гетероциклического ряда, биологически активные представители данного ряда. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом: Фуран, пиррол, тиофен и их производные. 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, реакция с хлорной ртутью, азосочетание, алкилирование пирролидов). Реакция расширения цикла (Тимана-Реймера).

Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Индол и его производные. 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. Бета-оксииндол. Способы получения: из природного сырья, синтетические методы (из анилина – метод Геймана, из антралиновой кислоты, из анилина и окиси этилена). 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), корриновое ядро (витамин B12), пролин, триптофан, триптамин, серотонин, гетероауксин.

Тема 5.2. 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, алкилгидогенидами, ацилгалогенидами, сульфотриоксидом, образование N-окисей. 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: альфа- и гамма-пиран, альфа- и гамма-пирон, хроман, хромон, кумарин, флаван, флаван. гамма-Пирон. Способ получения из гамма-пиридон-2,6-дикарбоновой кислоты. Электронное строение молекулы гамма-пирона и ароматичность. Химические свойства: галогенирование, образование пиридиевых солей.

Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом.

Хинолин. Способы получения: из природного сырья и синтез Скраупа. Физические свойства. Электронное строение хинолина и ароматичность. Химические свойства: основные свойства (реакции как третичного амина), реакции SE аром. и SN₁, бромирование в пиридиновое кольцо. Восстановление и окисление хинолина.

Изохинолин. Способы получения: из природного сырья и синтез по Бишлеру-Напиральскому. Физические свойства. Электронное строение молекулы изохинолина и ароматичность. Химические свойства: основные свойства (реакции как третичного амина), реакции SE аром. и SN₁, бромирование в уксусной кислоте. Окисление и восстановление.

Акридин. Способы получения: из природного сырья и синтез из о-анилинобензойной кислоты. Физические свойства. Электронное строение молекулы акридина и ароматичность. Химические свойства: основные свойства (реакции как третичного амина), реакции SE аром. и SN₁, окисление, восстановление. Биологическая активность и производные: витамин PP, витамины группы B (никотиновая кислота, пиридоксаль, пиридоксин, пиридоксамин), кордиамин, изониазид, фтивазид, промедол, оксин, 5-НОК, риванол, дикумарон, лутеонин, кверцетин, витамины E (токоферол), катехины, антоциан.

Тема 5.3. Пяти- и шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами

Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. (1,2- и 1,3-азолы). Номенклатура и изомерия 1,2- и 1,3-азолов. Способы получения 1,2-азолов: из 1,3-дикарбонильных соединений с гидроксиламином, гидразином и его производными; из альфа, бета-ненасыщенных карбонильных соединений с гидроксиламином и гидразином, из производных ацетилена с диазометаном. Способы получения 1,3-азолов: из альфа-ацетиламинокетонов, из альфа-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-азолов. 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 гетероатомом. 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 В1), пенициллины.

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 SE аром. 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-лактазная и кето-енольная таутомерия. Биологическая активность производных пиримидина и пиразина: барбитураты (барбитал, фенобарбитал, мединал), урацил, тимин, цитозин, оротовая кислота, сульфадиазин, сульфапиразин, тиамин (витамин В1). Тиазин. 1,4-Тиазин и фентиазин. Способ получения фентиазина из дифениламина. Аминазин. Синтез и строение метиленового синего. Биологическая активность производных фентиазина.

Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. Пуриин, птеридин, аллоксазин. Номенклатура.

Пуриин. Синтез из мочевого кислоты. Электронное строение пурина и ароматичность. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности, кислотно-основные свойства, образование солей с сильными кислотами и основными реагентами. Реакции SE: алкилирование, ацилирование, галогенирование. Реакции SN пурина и его галогенопроизводных: нуклеофильное замещение в щелочной и кислой среде. Гидрокси- и аминопроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочевого кислоты, аденин, гуанин, их химические свойства и таутомерия. Биологическая активность: соли мочевого кислоты (ураты), теофиллин, теобромин, кофеин, аденин, гуанин, гипоксантин, ксантин.

Тема 5.4. «Синтез 2-метилбензимидазола»

Лабораторная работа № 10 «Синтез 2-метилбензимидазола»

Тема 5.5. «Синтез бензотриазола»

Лабораторная работа № 11 «Синтез бензотриазола»

Объем дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Контактная работа (часы, всего)	Лабораторные занятия (часы)	Лекции (часы)	Консультации в период теоретического обучения (часы)	Консультации в период сессии (часы)	Самостоятельная работа студента (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
Четвертый семестр	144	4	94	62	30	2		48	Дифференцированный зачет (2)
Пятый семестр	252	7	112	68	32	10	2	138	Экзамен (2)
Всего	396	11	206	130	62	12	2	186	4

Разработчик(и)

Кафедра органической химии, старший преподаватель Сопова М. В.