

**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**

<b>Специальность:</b>	33.05.01 Фармация
<b>Специализация:</b>	Подготовка национальных фармацевтических кадров для зарубежных стран
<b>Форма обучения:</b>	очная

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

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

ОПК-1 Способен использовать основные биологические, физико-химические, химические, математические методы для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, изготовления лекарственных препаратов

ОПК-1.2 Применяет основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов

*Знать:*

ОПК-1.2/Зн15 Имеет представление об основных физико-химических методах анализа органических соединений.

ОПК-1.2/Зн16 Знает основные физико-химические характеристики классов органических соединений и методы их синтеза.

*Уметь:*

ОПК-1.2/Ум5 Умеет определять функциональные группы в структуре органического соединения и предлагает варианты идентификации их основными физико-химическими и химическими методами анализа

**Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина (модуль) Б1.О.17 «Органическая химия» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3, 4.

Предшествующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.О.02 Биология;
- Б1.О.15 Ботаника;
- Б1.О.05 Математика;
- Б1.О.06 Общая и неорганическая химия;
- Б1.О.12 Статистические методы в фармации;
- Б1.О.09 Физика;

Последующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

- Б1.О.16 Аналитическая химия;
- Б1.О.27 Биологическая химия;
- Б1.О.15 Ботаника;
- Б1.О.19 Коллоидная химия;
- Б1.О.18 Микробиология;
- Б3.01(Г) Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;
- Б2.О.05(П) производственная практика (практика по контролю качества лекарственных средств);
- Б2.О.08(П) производственная практика (практика по фармацевтической технологии);
- Б1.О.31 Технология лекарственных форм аптечного изготовления;
- Б1.О.34 Токсикологическая химия;
- Б2.О.03(У) учебная практика (практика по фармакогнозии);
- Б1.О.28 Фармакогнозия;

Б1.О.30 Фармацевтическая химия;

Б1.О.14 Физическая химия;

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

## **2. Содержание разделов, тем дисциплин**

### ***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.

#### ***Тема 1.2. Очистка жидкого органического вещества методом простой перегонки***

Простая перегонка как метод очистки и разделения жидких органических веществ, физико-химические особенности, посуда и приборы, применяемые при проведении работ, включает изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

#### ***Тема 1.3. Очистка жидкого органического вещества методом фракционной перегонки***

Фракционная перегонка как метод очистки и разделения жидких органических веществ, физико-химические особенности, посуда и приборы, применяемые при проведении работ, изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

#### ***Тема 1.4. Очистка твердого органического вещества методом перекристаллизации***

Перекристаллизация как основной метод очистки и разделения твердых веществ, физико-химические особенности, посуда и приборы, применяемые при проведении работ, изучение вопросов техники безопасности при проведении работ и оказании первой помощи.

#### ***Тема 1.5. Синтез пропилбромиды***

Лабораторная работа по синтезу и очистки 1-бромпропана из пропилового спирта.

#### ***Тема 1.6. Синтез фенилозона D-глюкозы***

Лабораторная работа по синтезу фенилозона углевода, идентификация сахаров.

#### ***Тема 1.7. Синтез сульфаниловой кислоты***

Лабораторная работа по синтезу и очистке сульфаниловой кислоты методом запекания

#### ***Тема 1.8. Синтез этилбензоата***

Синтез и очистка этилбензоата реакций этерификации

#### ***Тема 1.9. Синтез N-фенилпропанамида***

Лабораторная работа по многостадийному синтезу N-фенилпропанамида, очистка конечного соединения.

#### ***Тема 1.10. Спектральные методы анализа органических соединений***

Идентификация основных функциональных групп органических соединений методами спектроскопии (масс-спектрометрия, УФ-, ИК-, ЯМР- спектроскопия). Физические основы методов, основные положения, характеристики функциональных групп. Идентификация полифункциональных органических соединений.

#### ***Тема 1.11. Синтез 2-метилбензимидазола.***

Синтез 2-метилбензимидазола из о-фенилендиамина и очистка методом перекристаллизация.

#### ***Тема 1.12. Синтез 1,2,3-бензотриазола.***

Синтез 1,2,3-бензотриазола и его очистка методом перекристаллизации.

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

#### ***Тема 2.1. Электронные эффекты в органических соединениях. Типы химических связей.***

Рассматривает основы электронного строения органических соединений, типы химических связей, строение атома углерода и его валентные состояния, классификацию химических реакций и реагентов, обоснование реакционной способности различных классов соединений, возможности синтетического перехода между различными классами соединений, зависимости реакционной способности и биологической активности от изомерного строения соединения.

### ***Раздел 3. Алифатические органические соединения***

#### ***Тема 3.1. Номенклатура и изомерия алканов.***

Алканы. Определение, изомерия (структурная, конформационная). Проекция Ньюмена. Номенклатура (ИЮПАК, рациональная, тривиальная).

#### ***Тема 3.2. Алканы. Механизмы реакций радикального замещения в алканах.***

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, сульфюокисление), окисление, крекинг. Идентификация алканов. Биологическая активность алканов(вазелин, парафин, озокерит).

*Тема 3.3. Алкены, алкины и алкадиены. Реакции электрофильного, радикального и нуклеофильного присоединения.*

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

*Тема 3.4. Галогенуглеводороды. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования.*

Галогенуглеводороды. Определение, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная), изомерия. Классификация: галогенуглеводороды 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 галогенуглеводородов. Получение металлоорганических соединений и их роль в синтетической органической химии. Идентификация галогенуглеводородов. 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 кислой среде. Понятие о реакции алкилирования. Реакции элиминирования – реакции со спиртовыми растворами щелочей, ацетиленидами натрия, алкилметаллами. Механизмы реакций E1 и E2. Восстановление галогеноалканов. Образование металлоорганических 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 3.5. Одно- и многоатомные спирты. Простые эфиры Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования. Кислотно-основные свойства.*

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.

*Тема 3.6. Сравнительная характеристика реакционной способности углеводов, галогенпроизводных, алифатических спиртов и простых эфиров.*

Комплексное рассмотрение материала тем 3.1-3.5. Написание вопросов билета коллоквиума № 1 и устная защита билета.

*Тема 3.7. Карбонильные соединения. Реакции по карбонильной группе и углеводородному радикалу.*

Одно- и поликарбонильные насыщенные и 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 кетонольная таутомерия. Альдольная и кротоновая конденсация, галогенирование, реакция Канницаро, 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  $\alpha$ -,  $\beta$ -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.

*Тема 3.8. Алифатические монокарбоновые кислоты.*

Одно алифатические 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. Идентификация карбоновых кислот. Биологическая активность. 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). Физические свойства. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде, аммонолиз и аминолиз, алкоголиз. Эфиры карбоновых кислот. Номенклатура, способы получения (реакция этерификации и ее механизм, алкоголиз галогеноангидридов и ангидридов, реакция серебряных солей карбоновых кислот с галогеноалканами, карбоновых кислот с диазметаном, сложноэфирная конденсация Тищенко). Физические свойства. Химические свойства: реакции кислотного гидролиза и омыления (их механизм), переэтерификации, аммонолиза и аминолиза, восстановление литийалюминийгидридом 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 (механизм). Определение реакции ацилирования. Сравнение ацилирующей способности карбоновых кислот и их производных. Нитрилы. Номенклатура, изомерия. Способы получения: дегидратация амидов карбоновых кислот, из галогеноалканов. Физические свойства. Химические свойства: гидролиз в кислой и щелочной среде (механизм), восстановление.

### *Тема 3.9. Дикарбоновые и непредельные кислоты. Малоновый эфир*

Двухосновные алифатические 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. Малоновый эфир.  $SH$ -кислотность, натриймалоновый эфир и синтез на его основе. 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. Имиды карбоновых кислот. Номенклатура. Способы получения из янтарного ангидрида и амида янтарной кислоты. Химические свойства:  $N-H$ -кислотность, взаимодействие с бромом. Сукцинимид.

### *Тема 3.10. Алифатические азотсодержащие соединения.*

Азотсодержащие алифатические 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 3.11. 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  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - гидроксикислот к нагреванию: образование лактидов, лактонов и непредельных кислот. Идентификация гидроксикислот. Биологическая активность гидроксикислот. Отдельные представители: молочная, яблочная, винная кислоты и их соли. Stereoизомерия. 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. Stereoизомерия азот-, серу- и фосфорсодержащих органических соединений. Аминокислоты. Определение. Классификация. Номенклатура. Оптическая изомерия. Способы получения  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминокислот. Химические свойства: кислотно-основные свойства, изоэлектрическая точка, реакции аминогруппы и карбоксильной группы. Биологически значимые аминокислоты и их производные.

### *Тема 3.12. Сравнительная характеристика реакционной способности карбонильных соединений, карбоновых кислот, азотсодержащих органических соединений.*

Комплексное рассмотрение материала тем 3.7-3.11. Написание вопросов билета коллоквиума № 2 и устная защита билета.

### *Тема 3.13. Углеводы: моносахариды.*

Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия (структурная, конформационная, оптическая), проекции Фишера, Коли-Толленса, Хеурса. Способы получения: общие методы, специальные методы. Физические свойства. Химические свойства. Общая характеристика реакционной способности соединений со смешанными функциями: спиртовыми и карбонильными. Кольчато-цепная таутомерия, образование аномеров, мутаротация, эпимеризация, реакции по карбонильным группам (окислительно-восстановительные, нуклеофильного присоединения). Реакции алкилирования и ацилирования. Переход с увеличением и уменьшением углеродной цепи. Идентификация сахаров.

### *Тема 3.14. Углеводороды: олиго- и полисахариды.*

Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, тривиальная), изомерия (структурная, конформационная, оптическая), проекции Фишера, Коли-Толленса, Хеурса. Способы получения: общие методы, специальные методы. Физические свойства. Химические свойства. Общая характеристика реакционной способности соединений со смешанными функциями: спиртовыми и карбонильными. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Кольчато-цепная таутомерия, образование аномеров, мутаротация, эпимеризация, реакции по карбонильным группам (окислительно-восстановительные, нуклеофильного присоединения). Реакции алкилирования и ацилирования. Переход с увеличением и уменьшением углеродной цепи. Идентификация сахаров. Крахмал.

#### *Тема 3.15. Аминокислоты*

Определение. Классификация. Номенклатура. Оптическая изомерия. Способы получения  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминокислот. Химические свойства: кислотно-основные свойства, изоэлектрическая точка, реакции аминогруппы и карбоксильной группы. Биологически значимые аминокислоты и их производные.

#### *Тема 3.16. Циклические алифатические углеводороды*

Циклоалканы. Определение. Классификация. Номенклатура. Изомерия. Конформация циклов. Способы получения: дегалогенирование дигалогеналканов, циклоприсоединение. Физические свойства. Химические свойства малых и нормальных циклов. Биологическая активность отдельных представителей.

#### *Тема 3.17. Терпены.*

Определение. Классификация. Номенклатура. Изомерия. Способы получения. Химические свойства. Биологически значимые терпены и их производные.

### **Раздел 4. Ароматические органические соединения**

#### *Тема 4.1. Ароматические углеводороды. Бензол и его гомологи*

Классификация, номенклатура, изомерия, способы получения, физические и химические свойства, методы идентификации соединений ароматического ряда, биологически активные представители данного ряда. Бензол и его гомологи. Бензол, история его открытия и установления строения. Формула Кекуле. Теория резонанса. Орбитальное представление структуры бензола. Ароматичность (определение, правило Хюккеля). Ароматические соединения (бензоидные и небензоидные). Арены. 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: реакции электрофильного замещения SEаром (галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование, ацилирование и др.), механизм.

#### *Тема 4.2. Реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях. Правила ориентации.*

Правила ориентации в ароматическом кольце. Электронные эффекты заместителей. Заместители I (активирующие и дезактивирующие) и II рода. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в ароматическом кольце и устойчивость сигма-комплекса в реакциях SEаром.. Согласованная и несогласованная ориентация. Гидрирование, присоединение галогенов, озонирование, окисление бензола и его гомологов.

#### *Тема 4.3. Ароматические галоген- и нитропроизводные.*

Галогенопроизводные ароматических соединений. Определение, классификация, номенклатура, изомерия, способы получения (галогенирование в ароматическое кольцо SEаром., замена диазогруппы, галогенирование в боковую цепь (SR)). Физические свойства. Химические свойства: общая характеристика реакционной способности галогена в ароматическом кольце и в боковой цепи. Реакция замещения галогена (по механизму SN2аром.): гидролиз, аминолиз, подвижность галогена в замещенном бензольном кольце. Реакции SEаром. в галогеноарилах (галогенирование, нитрование, сульфирование). Реакции идентификации. Ароматические нитропроизводные. Определение, номенклатура, изомерия, способы получения (нитрование в ароматическое кольцо SEаром., окисление аминогруппы, нитрование в боковую цепь (реакция Коновалова), замена галогена в боковой цепи). Физические свойства. Химические свойства: восстановление в кислой, нейтральной и щелочной среде, реакции SEаром. и SNаром в ароматическое кольцо, влияние нитрогруппы на подвижность других групп (галогена, нитрогруппы). Реакционная способность нитрогруппы в боковой цепи: C-H-кислотность. Влияние нитрометильной группы на реакции SEаром.. Реакции идентификации.

#### *Тема 4.4. Ароматические сульфокислоты и их производные.*

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, Идентификация сульфокислот и их производных. Биологическая активность ароматических сульфокислот и ее производных. нитрование, сульфирование. Ароматические сульфохлориды. Номенклатура, изомерия, способы получения (сульфохлорирование ароматических соединений, из сульфокислот), химические свойства (образование эфиров и амидов сульфокислот). Эфиры ароматических сульфокислот. 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.

#### *Тема 4.5. Фенолы и ароматические спирты*

Фенолы и ароматические спирты. Определение, номенклатура, изомерия. Способы получения одноатомных фенолов (сплавление сульфонов, из галогеноарилатов, 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, diazometаном), 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 diazometаном и галогеноалканами, образование оксимов. Идентификация фенолов. Биологическая активность отдельных представителей: фенацетин, адреналин, норадреналин, эвгенол, изоэвгенол, адреналин, резорцин.

#### *Тема 4.6. Сравнительная характеристика реакционной способности ароматических соединений (углеводородов, галоген- и нитропроизводных, сульфокислот и фенолов).*

Комплексное рассмотрение материала тем 4.1-4.5. Написание вопросов билета коллоквиума № 3 и устная защита билета.

#### *Тема 4.7. Ароматические амины*



Ароматические амины. Определение, классификация, номенклатура (ИЮПАК, радикально-функциональная, тривиальная), изомерия. Способы получения: восстановление нитросоединений, нитрилов, оксимов, амидов, аминолиз 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 магниорганическими 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. *p*-Аминофенол и его производные: фенацетин, фенетидин.

#### *Тема 4.8. Ароматические диазо- и азосоединения.*

Ароматические азосоединения. 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. Теория цветности. Азокрасители. 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 (метилоранжевый, Конго красный и др.). Индикаторы.

#### *Тема 4.9. Ароматические карбонильные соединения*

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, магниорганический 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.

#### *Тема 4.10. Ароматические карбоновые кислоты*

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 4.11. Сравнительная характеристика ароматических соединений (аминов, диазо- и азосоединений, карбонильных соединений и кислот)*

Комплексное рассмотрение материала тем 4.7-4.10. Написание вопросов билета коллоквиума № 4 и устная защита билета.

## **Раздел 5. Гетероциклические органические соединения**

*Тема 5.1. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Фуран, тиофен, индол.*

Классификация, номенклатура, изомерия, способы получения, физические и химические свойства, методы идентификации соединений гетероциклического ряда, биологически активные представители данного ряда. 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, сукцинимиды) 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. 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, порфилин (хлорофилл, гемоглобин), желчные пигменты (билирубин), корриновое ядро (витамин В12), 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, алкилгалогенидами, 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, флавон, флаван. гамма-Пирон. Способ получения из гамма-пиридон-2,6-дикарбоновой кислоты. Электронное строение молекулы гамма-пирона и ароматичность. Химические свойства: галогенирование, образование пирилиевых 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 SN, 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 SN, 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 SN, 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. 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 diazometаном. Способы получения 1,3-азолов: из альфа-ацетиламинокетонов, из альфа-галогенкетонов с амидинами и тиоамидинами (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-фенилендиамина). 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 5.4. 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 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-лактаминная 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. Пурин, птеридин, аллоксазин. Номенклатура. Пурин. Синтез из мочевой 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 галогенпроизводных: нуклеофильное замещение в щелочной и кислой среде. Гидрокси- и аминопроизводные пурина: гипоксантин, ксантин, мочевая кислота, аденин, гуанин, их химические свойства и таутомерия. Биологическая активность: соли мочевой кислоты (ураты), теofilлин, теобромин, кофеин, аденин, гуанин, гипоксантин, ксантин. Птеридин. Электронное строение молекулы птеридина и ароматичность. Фолевая кислота. Бензоптеридины. Аллоксазин. Синтез его из о-фенилендиаминa и аллоксана, изоаллоксазин. Рибофлавин (витамин В2).

*Тема 5.5. Сравнительная характеристика реакционной способности гетероциклических соединений пяти- и шестичленных с одним и двумя гетероатомами.*

Комплексное рассмотрение материала тем 5.1-5.4. Написание вопросов билета коллоквиума № 5 и устная защита билета.

*Тема 5.6. Идентификация ароматических и гетероциклических соединений по функциональным группам на примере лекарственных средств.*

Идентификация лекарственных средств, содержащих ароматический и гетероциклический фрагмент, качественными реакциями на функциональные группы.

*Тема 5.7. Сравнительная характеристика реакционной способности ароматических и гетероциклических соединений*

Решение многостадийных задач по синтезу органических соединений.

*Тема 5.8. Алкалоиды*

Классификация алкалоидов. Выделение из лекарственного растительного сырья в виде солей и оснований. Химические свойства и методы идентификации алкалоидов.

*Тема 5.9. Нуклеиновые кислоты*

Классификация. Номенклатура, изомерия. Строение нуклеозидов, нуклеотидов, первичная, вторичная структура НК. Химические свойства нуклеотидов и нуклеозидов. Понятие о ДНК и РНК, комплементарные пары НК. Биологическое значение.

#### Объем дисциплины и виды учебной работы

Период обучения	трудоемк	трудоемк	работы	период	теоретич	практич	занятия	и (час)	работы	точная оценка	тестирования
Третий семестр	216	6	106	2	8	64	32	85	Экзамен (25)		
Четвертый семестр	216	6	110	2	8	68	32	72	Экзамен (34)		
Всего	432	12	216	4	16	132	64	157		59	

**Разработчик(и)**

Кафедра органической химии, кандидат химических наук, доцент Ксенофонтова Г. В.