

Титульный лист методических  
указаний



Форма  
Ф СО ПГУ 7.18.3/40

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова  
Кафедра химии и химических технологий

# ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

по дисциплинам Химия циклических соединений и Органическая химия -2 для студентов специальностей 5В072100 – Химическая технология органических веществ и 5В072000 – Химическая технология неорганических веществ

Павлодар



**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан ФХТнЕ  
\_\_\_\_\_ К.К. Ахметов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Составитель: профессор \_\_\_\_\_ Карузина И.А.

Кафедра химии и химических технологий

### **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

по дисциплинам «Химия циклических соединений» и  
«Органическая химия -2»  
для студентов специальностей 5В072100 – Химическая технология  
органических веществ и 5В072000 – Химическая технология  
неорганических веществ заочной формы обучения

Рекомендован на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Протокол № \_\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ К.Х. Жапаргазинова  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Одобрено УМС факультета ХТнЕ  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМС \_\_\_\_\_ Р.Ж. Нургожин  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Введение

Изучение органической химии всегда должно включать соответствующие практические занятия. Они проводятся параллельно лекционному курсу и так же, как лабораторные работы малого лабораторного практикума иллюстрируют основные положения, излагаемые в лекциях, и значительно способствуют успешному усвоению материала. Задачей практических и лабораторных занятий является ознакомление студентов на опыте с характерными общими свойствами и реакциями различных классов органических соединений и с индивидуальными особенностями их важнейших представителей. Характерной особенностью практических занятий является подготовка студентов к решению экспериментальных и расчетных задач, установление строения вещества по его свойствам и возможность предсказать свойства органического соединения, исходя из его строения.

### Содержание практических занятий

#### Тема 1 Алициклические соединения (циклоалканы, цикланы, нафтены)

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства циклоалканов

Строение циклоалканов: малые, средние и большие циклы. Каждый атом углерода в циклоалканах находится в состоянии  $sp^3$  – гибридизации и образует 4  $\sigma$ -связи С-С и С-Н. Углы между связями зависят от размера цикла. В простейших циклах  $C_3$  и  $C_4$  углы между связями С-С сильно отличаются от тетраэдрического угла  $109,5^\circ$ , что создает в молекулах напряжение и обеспечивает их высокую реакционную способность. Свободное вращение вокруг связей С-С, образующих цикл, невозможно.

Изомерия и номенклатура циклоалканов. Для цикланов характерны следующие виды изомерии:

А – структурная изомерия:

1) изомерия цикла; 2) изомерия боковой цепи; 3) изомерия положения заместителей в цикле;

Б – пространственная изомерия:

1) цис- транс-изомерия положения заместителей относительно плоскости цикла;  
2) конформационная изомерия.

Способы получения: нефть как источник циклоалканов;  
циклизация дигалогеналканов, дикарбоновых кислот и их солей;  
гидрирование ароматических соединений;  
реакция Дикмана.

Физические свойства. При обычных условиях первые два члена ряда ( $C_3$ - $C_4$ ) – газы, ( $C_5$ - $C_{16}$ ) – жидкости, начиная с  $C_{17}$  – твердые вещества. Температуры кипения и плавления циклоалканов выше, чем у соответствующих алканов.

Химические свойства. Цикланы, содержащие различные по размеру циклы, неодинаково ведут себя в химических реакциях.

Соединения с малыми циклами ( $C_3$  и  $C_4$ ) отличаются повышенной реакционной способностью вследствие напряжений из-за искажений валентного угла. Этим объясняется склонность малых циклов к разрыву, а их молекул – к реакциям присоединения.

Начиная с циклопентана, напряжение в циклах исчезает, а их молекулы по своему химическому поведению становятся похожи на соответствующие алканы.

### Контроль усвоенных знаний

1. Какие соединения называются циклоалканами..
2. Особенности строения циклоалканов.
3. Напишите всевозможные изомеры соединений  $C_5H_{10}$ . Дайте им названия.
4. Опишите известные вам способы получения циклоалканов малых циклов.
5. Опишите известные вам способы получения циклоалканов средних циклов.
6. Химические и физические свойства циклоалканов малых циклов.
7. Физические и химические свойства пяти и шести членных циклоалканов.

### Рекомендуемая литература

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч.пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

## Тема 2 Ароматические углеводороды

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства ароматических углеводородов.

**Строение.** В настоящее время установлено, что молекула бензола имеет форму симметричного правильного шестиугольника, в котором 6  $\pi$ -электронов образуют замкнутое кольцеобразное  $\pi$ -электронное облако. В бензоле все 6 углерод-углеродных связей совершенно одинаковы и длина их равна 1,391 Å. Эта величина лежит между значениями длин простой (1,54 Å) и двойной (1,34 Å) связи. В дальнейшем бензольное ядро стали изображать в виде шестиугольника с кружком внутри, указывающем на наличие кругового  $\pi$ -электронного облака.

**Изомерия и номенклатура.** Монозамещенные производные бензола не имеют изомеров.

Дизамещенные производные бензола с одинаковыми заместителями существуют в трех изомерных формах (изомеры положения): *орто*-, *мета*- и *пара*-замещенные.

Тризамещенные (с одинаковыми заместителями) бензолы также существуют в виде трех изомеров (смежный, несимметричный и симметричный).

Тетразамещенных бензолов, очевидно, тоже 3 ( в них оставшиеся незамещенными 2 водорода могут находиться в *орто*-, *мета*- и *пара*- положениях).

Пентазамещенный бензол (при одинаковых заместителях) бывает один.

Для названия углеводородов бензольного ряда применяются тривиальная и номенклатура IUPAC.

По номенклатуре IUPAC для указания положений заместителей в бензольном ядре обычно пользуются цифровыми обозначениями атомов углерода бензола. Затем перед названием углеводорода ставятся названия замещающих групп с номерами углеродных атомов, несущих заместители. Последним называется ароматический углеводород.

Способы получения:

- а) лабораторные (из ацетиленов по Бертелло, из ацетона);  
б) промышленные – ароматизация парафинов, дегидрогенизация производных циклогексана.

Химические свойства ароматических соединений. Понятие ароматичности. Правило Э.Хюккеля. Ароматический характер соединений с точки зрения современных представлений. Реакции электрофильного замещения и их механизм. Влияние заместителя в кольце на ход реакции. Орто-, пара- и мета-ориентанты. Механизм действия ориентантов. Реакции окисления, присоединения и реакции в боковой цепи производных бензола. Решение задач.

### Контроль усвоенных знаний

1. Какие органические соединения относятся к ароматическим?
2. Опишите строение молекулы бензола.
3. Какие изомеры существуют у гомологов бензола?
4. Назовите важнейшие источники получения ароматических углеводородов.
5. Какими химическими свойствами обладают ароматические углеводороды?
6. Что такое «заместители первого рода»?
7. Что следует понимать под «ароматичностью»?
8. В чем существенное отличие действия брома на бензол от действия его на этилен?
9. Что такое «заместители второго рода»?
10. В двух емкостях находятся жидкие углеводороды: гексен-1 и бензол. Как можно экспериментально отличить эти два углеводорода? Какие для этого потребуются реактивы? Напишите уравнения реакций.
11. В двух емкостях находятся бензол и толуол. При помощи какой химической реакции можно отличить эти два углеводорода? Напишите уравнение реакции.

### Рекомендуемая литература

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч.пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

### Тема 3 Фенолы и ароматические спирты

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства фенолов и ароматических спиртов.

Строение. Номенклатура и изомерия фенолов и ароматических спиртов.

Лабораторные способы получения фенолов: из солей диазония, из галогенопроизводных. Промышленные способы получения фенолов: из каменноугольного дегтя, из кумола.

Химические свойства фенолов

Кислотные свойства фенолов. Влияние гидроксильной группы на реакционную способность бензольного кольца. Образование простых и сложных эфиров. Замещение атомов водорода в бензольном ядре (реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования, реакция Кольбе). Качественная реакция на одно- и многоатомные фенолы. Сравнение химических свойств фенолов и ароматических спиртов.

#### Контроль усвоенных знаний

1. Какие соединения называются ароматическими спиртами, фенолами?
2. В чем принципиальное отличие фенолов от ароматических спиртов?
3. Какими химическими реакциями можно подтвердить, что фенол – более слабая кислота, чем угольная, но более сильная, чем одноатомные спирты?
4. С помощью каких химических реакций можно отличить фенол от циклогексанола и фенол от бензилового спирта?
5. Определите выход фенолята калия в процентах от теоретического, если при взаимодействии 376 г фенола с едким кали было получено 396 г фенолята калия.
6. Какие качественные реакции многоатомных спиртов вы знаете?
7. В двух склянках находятся растворы ароматического спирта и фенола. Предложите качественную реакцию для отличия этих двух соединений.

#### Рекомендуемая литература

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч. пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

#### Тема 4 Ароматические альдегиды и кетоны (оксосоединения)

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства ароматических альдегидов и кетонов.

Ароматические кетоны можно разделить на две подгруппы:

а) смешанные жирно-ароматические, содержащие остаток бензола в одном радикале; простейшим примером жирно-ароматических кетонов является метилфенилкетон или ацетофенон:  $C_6H_5-CO-CH_3$

б) чисто ароматические кетоны, содержащие остаток бензола в обоих радикалах; простейшим из них является дифенилкетон или бензофенон  $C_6H_5-CO-C_6H_5$ .

Обычные названия кетонов строятся как названия ацилированных углеводородов с прибавлением окончания – он – ацетофенон; пропиофенон; бензофенон.

**По способам получения и свойствам** ароматические альдегиды очень близки альдегидам жирного ряда:

бензальдегид обычно получают из дигалогензамещенного толуола;

бензальдегид можно также получить путем осторожного (во избежание образования кислоты) окисления толуола хромовой кислотой или перекисью марганца с  $H_2SO_4$ , или окислением бензилового спирта (лабораторный способ), по Фриделю-Крафтсу, восстановлением производных карбоновых кислот.

**Синтез ароматических кетонов.** Получить ароматические кетоны можно теми же способами, которые применяются для синтеза кетонов жирного ряда, например, окислением соответствующих спиртов

Однако гораздо чаще ароматические кетоны получают при помощи реакции Фриделя-Крафтса, действуя на хлорангидрид жирной или ароматической кислоты ароматическим углеводородом в присутствии хлорида алюминия, реакцией гриньярова реактива с ароматическими нитрилами, окислением кислородом воздуха этилбензола (и его гомологов), инициированное в жидкой фазе солями марганца или кобальта, приводит к образованию гидропероксида и в результате его разложения – к кетону (цепная реакция).

**Химические свойства** ароматических оксосоединений, сходные с химическими свойствами альдегидов и кетонов алифатического ряда. Реакции, отличающие ароматические альдегиды от ароматических и жирно-ароматических кетонов. Решение задач.

#### Контроль усвоенных знаний

1. Какие соединения называются оксосоединениями?
2. Чем отличаются альдегиды от кетонов?
3. С помощью каких качественных реакций можно обнаружить в органических соединениях следующие функциональные группы: гидроксильную, альдегидную, кетонную?
4. Напишите уравнение реакции бензоиновой конденсации.
5. Между какими соединениями возможна реакция Тищенко?
6. Напишите уравнение реакции Перкина.

#### Рекомендуемая литература

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч.пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

#### Тема 5 Ароматические карбоновые кислоты и их производные

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства ароматических кислот и их производных.

Названия жирноароматических кислот, т.е. соединений с карбоксилком в боковой цепи, производятся от названий соответствующих алифатических кислот, например,  $C_6H_5CH_2COOH$  – фенилуксусная.

#### Способы введения карбоксила в ароматическое ядро

Наибольшее значение имеют методы окисления ароматических углеводородов. При энергичном окислении боковые цепи гомологов бензола “отгорают” и образуются соответствующие ароматические кислоты. В качестве окислителя применяют хромовую кислоту, щелочной раствор перманганата калия. Так, из толуола получают бензойную кислоту, из ксилолов – фталевые кислоты. Высшие гомологи бензола (с одним алкильным заместителем) также могут быть окислены до бензойной кислоты.

Фталевую кислоту получают окислением нафталина кислородом воздуха над пятиокисью ванадия при 450°C, при этом «отгорает» одно из ароматических колец.

#### **Свойства ароматических кислот**

Ароматические кислоты – кристаллические вещества, обычно несколько растворимые в воде и хорошо растворимые в полярных органических растворителях. Константы их диссоциации немного выше, чем у гомологов уксусной кислоты (но ниже, чем у муравьиной). Это связано с большим положительным индуктивным эффектом алкилов сравнительно с фенилом. Ароматические кислоты обладают всеми общими свойствами карбоновых кислот и в том, что касается поведения карбоксильной группы, мало отличаются от карбоновых кислот алифатического ряда.

#### **Контроль усвоенных знаний**

1. Какие соединения называются карбоновыми кислотами?
2. Каково строение карбоксильной группы?
3. С помощью какой качественной реакции можно обнаружить в органическом соединении карбоксильную группу?
4. Что называется реакцией этерификации?
5. Какие методы получения многоосновных ароматических кислот вы знаете?

#### **Рекомендуемая литература**

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч.пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

### **Тема 6 Азотистые органические соединения**

**Цель занятия:** Изучить строение, изомерию и номенклатуру, способы получения, физические и химические свойства ароматических азотистых веществ.

#### **Ароматические амины**

Анилин – простейший и важнейший представитель аминов ароматического ряда, впервые был получен при перегонке индиго с известью. Анилин содержится в каменноугольной смоле в очень незначительных количествах.

Гомологи анилина – толуидины. Все три изомерных толуидина широко применяются в промышленности для синтеза различных красителей.

Ксилидины – 5 изомерных ксилидинов образуются при восстановлении изомерных нитрокислолов.



Из бензола могут быть получены три изомерных диамина, известных под названием фенилендиаминов («фениленом» называют бензольный остаток, имеющий на два водорода меньше, чем в молекуле бензола).

Методы получения аминов – восстановление нитросоединений, нитрилов, реакция А.Гофмана. Реакции алкилирования и ацилирования аминов. Ароматические карбоновые кислоты можно превратить в амины тем же путем, что и карбоновые кислоты жирного ряда, то есть через их амиды (по Гофману) или азиды (по Курциусу):

#### **Свойства ароматических аминов**

Простейшие ароматические амины представляют собой жидкости, высшие – твердые вещества

Основные свойства выражены у ароматических аминов значительно слабее, чем у аминов алифатического ряда. Бензольное кольцо ослабляет основной характер аминогруппы. Ариламины нейтральны на лакмус, но с минеральными кислотами образуют устойчивые соли, водные растворы которых имеют кислую реакцию, вследствие частичного гидролиза..

Основные свойства особенно сильно ослаблены у тех аминов, у которых с аминогруппой связано несколько фенильных остатков. Дифениламин еще образует соли с сильными кислотами, но эти соли полностью распадаются при растворении в воде.

По химическим свойствам ариламины в общем близки к аминам жирного ряда. Их можно обычным путем алкилировать до четвертичных аммониевых солей.

#### **Контроль усвоенных знаний**

- 1.Фенол, полученный перегонкой каменноугольной смолы, содержит примесь бензола и анилина. Как можно очистить фенол от этих примесей?
2. Дайте определение понятию ароматические амины.
3. Особенности строения ароматических аминов.
4. Какие способы получения ароматических аминов вы знаете?
5. Химические свойства ароматических аминов.
6. Как влияет аминогруппа на реакционную способность ароматического ядра?

#### **Рекомендуемая литература**

- 1.Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003.
- 2.Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001.
- 3 .Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007.
4. Конспект лекций.
5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч.пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007.

## **Литература**

### **Основная:**

1. Березин Б.Д. Курс современной органической химии /Б.Д.Березин, Д.Б.Березин. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2003. – 510 с.

2. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. Уч. пособие для вузов /И.И.Грандберг – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001. – 349 с.

3. Карузина И.А. Краткий курс органической химии. – Павлодар: Print Lain, 2007. – 153 с.

4. Ким А.М. Органическая химия: уч. пособие для студ. Вузов, обучающихся по спец. «Химия» / А.М.Ким. – 4-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 842 с.

5. Щербина А.Э. Органическая химия: задачи и упражнения: уч. пособие для студ. хим.-технол. Спец. Вузов / А.Э.Щербина, А.Г.Матусевич. И.В.Сенько. – Минск: Новое знание, 2007. – 303 с.

### **Дополнительная:**

6. Артеменко А.И. Органическая химия: уч. пособие для студ. нехим. спец. вузов /А.И.Артеменко. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Высшая школа., 2005. – 605 с.
7. Реутов О.А. Органическая химия в 4 ч.: учебник для студ вузов/ О.А.Реутов, А.А.Курц, К.П.Бутин. – 2-е изд. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний. – (классич. унив. учебник) ч.1 - 2007. – 567 с., ч.2 - 2004. – 623 с., ч.3 - 2004. – 544с. Ч.4 – 2004 – 726 с.