

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
для практических занятий по
дисциплине
«Химия гетероциклических соединений»
для студентов направления подготовки 04.03.01 Химия
направленность (профиль) Органическая и медицинская химия

Ставрополь, 2026

Предисловие

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 04.03.01 Химия.

Основная цель курса «Химия гетероциклических соединений» - развитие активного химического мышления на основе системного подхода и современных достижений творческой и экспериментальной химии, формирование у студентов научного мировоззрения, понимание основных законов, привитие навыков химического эксперимента.

Задачи дисциплины:

- формирование и расширение знаний об особенностях строения гетероциклических соединений и закономерностях химических превращений, обусловленных строением молекул.
- освоение методов направленного синтеза веществ с заданными свойствами.

При освоении дисциплины студент должен достичь следующих результатов:

- уметь классифицировать гетероциклические соединения;
- знать методы синтеза гетероциклических соединений, особенности их строения и реакционной способности различных классов гетероциклических систем;
- знания механизмы основных реакций гетаренов.
- уметь планировать синтез гетероциклических соединений;
- на основании особенностей строения и реакционной способности различных классов гетероциклических систем устанавливать возможные направления и результат реакций.
- владеть теорией и навыками практической работы в области химии гетероциклов;
- анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения и теории.

Основы номенклатуры гетероциклических соединений

Название гетероцикла строится путем объединения стандартного префикса или префиксов (так называемых «а»-термов, т.к. все они происходят от названия элементов добавлением окончания «а», см табл. 2), обозначающих гетероатомы и стандартной основы, указывающей на размер цикла и на то, насыщенный он или нет (табл. 1).

В русскоязычной химической литературе эту часть названия гетеромоноцикла (т.е. основу) часто называют корнем, а иногда - даже суффиксом. В дальнейшем при ее обозначении мы будем придерживаться хотя и не точного, но устоявшегося в русскоязычной литературе термина «корень», за исключением пояснений к табл. 2, 3, где использована терминология IUPAC. Первый слог большинства основ (т.е. истинный корень названия) образован удалением нескольких букв от соответствующего греческого числительного (табл. 1, корни «ир», «ет», «еп»). Основы «ол» для пятичленного и «ин» для шестичленного ненасыщенных циклов происходят от окончаний тривиальных названий наиболее распространенных азотистых гетероциклов соответствующего размера.

Таблица 1. Происхождение первого слога (корня) основ в системе ГанчаВидемана

Число звеньев	Слог (корень)	Его происхождение
3	ир (ir)	три (tri)
4	ет (et)	тетра (tetra)
5	ол (ole)	пиррол (pyrrole)
6	ин (ine)	пиридин (pyridine)
7	еп (ep)	гепта (hepta)

Список наиболее употребляемых префиксов в порядке падающего старшинства приведен в табл. 2, а основы названий (корни с суффиксами) перечислены в табл. 3.

Таблица 2. Система Ганча-Видемана: префиксы («а»-термы) в порядке падающего старшинства

Элемент	Валентность	Префикс*
Кислород	II	Окса
Сера	II	Тиа
Азот	III	Аза
Фосфор	III	Фосфа
Кремний	IV	Сила
Бор	III	Бора

*Последняя буква «а» опускается, если за префиксом следует гласная буква

Таблица 3. Система Ганча-Видемана: основы названий (корни с суффиксами)

Размер цикла	Ненасыщенный цикл	Насыщенный цикл
3	ирен ¹	иран ²
4	ет	етан ²
5	ол	олан ²
6	ин, инин ³	ан, инан ^{4,5}
7	епин	епан ³

¹ Основу «ирин» обычно используют для обозначения трехчленных циклов с атомом азота

² Основы «иридин», «етидин» и «олидин» - для 3-, 4- и 5-членных циклов, соответственно, содержащих атом азота

³ Основу «инин» - для бор- и фосфорсодержащих гетероциклов

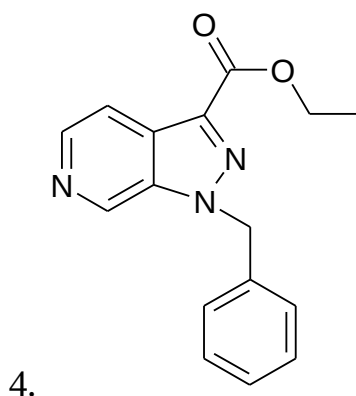
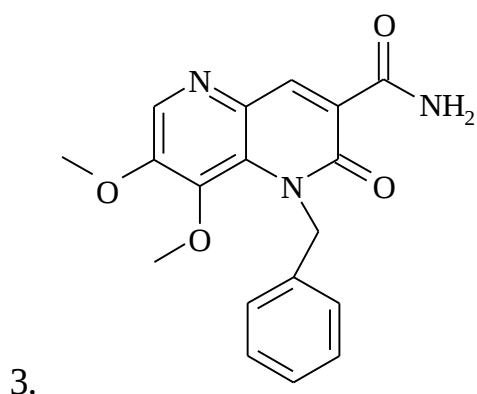
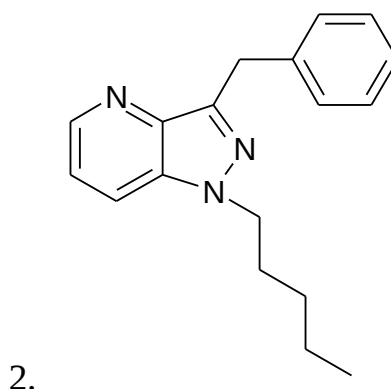
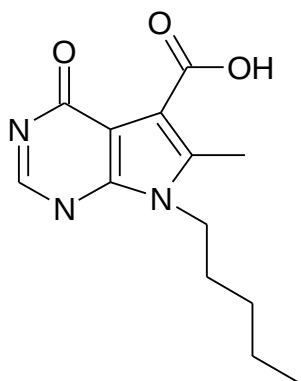
⁴ Основа «ан» используется, если следует непосредственно за префиксом «окс», «ти».

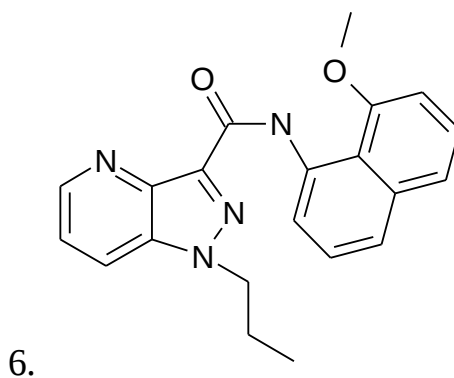
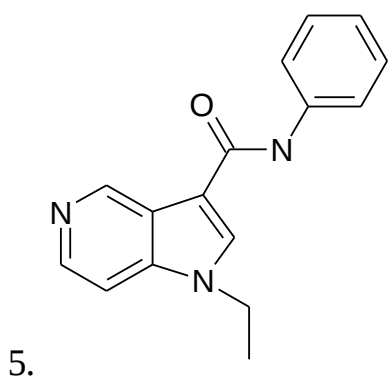
Для насыщенных шестичленных азот-, кремний-, бор-, фосфорсодержащих моnogетероциклов используется основа «инан», если префиксы, обозначающие эти элементы, стоят непосредственно перед основой.

⁵ До «Рекомендации 1982 г» насыщенные 6- и более- членные азотистые гетероциклы называли с помощью префикса «пергидро», добавлявшегося к названию ненасыщенного соединения. В практике СА (Chemical Abstracts) часто используют префиксы «тетрагидро», «гексагидро» и т.д., указывающие точное число присоединенных атомов водорода к молекуле ненасыщенного соединения.

Таким образом, для шести- и более членных гетеромоноциклов терминальное (концевое) «ин» указывает на ненасыщенность цикла. Терминальные «идин» используются в случае полностью гидрированных 3-, 4- и 5-членных азотистых моноциклов. Терминальное «ан» относится к остальным полностью гидрированным гетеромоноциклам. Положение единственного гетероатома определяет нумерацию моноциклического соединения, начинающуюся с этого гетероатома. Два или более одинаковых гетероатома обозначаются приставками «ди», «три» и т.д., помещенными перед соответствующим «а»-термом. Цифровые локанты (указатели), определяющие положения гетероатомов в кольце, ставятся перед названием. Если есть выбор, т.е. возможны различные варианты нумерации, то ее проводят таким образом, чтобы получить наименьший набор локантов. Если в кольце имеются два или более различных гетероатома, префиксы перечисляются в том порядке, в каком они приведены в табл. 2. Нумерация начинается со старшего гетероатома, т.е. гетероатом, стоящий выше остальных в табл. 2, должен получить наименьший из возможных номеров - первый.

Задание 1. Назовите следующие соединения.





Задание 2. По названиям составьте формулы соединений.

1. (1-Пентил-1Н-индазол-3-ил)(пиперазин-1-ил)метанон
2. (1-Пентил-1Н-индол-3-ил)(пиперазин-1-ил)метанон
3. 6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин
4. (Нафталин-1-ил)(4-пентилоксинафталин-1-ил)метанон
5. N-(бензо[1,3]диоксол-5-илметил)-7-метокси-2-оксо-8-пентилокси-1,2-дигидрохинолин-3-карбоксамид
6. 4-ацетил-7-изопропил-3-метил-3-метил-3Н-тиазоло[4,5-d]пиридазин-2-он
7. 4-бензоил-7-изопропил-[1,3]дитиоло[4,5-с]пиридин-2-он.

Задание 3. Напишите указанные ниже реакции, приведите механизмы.

Пятичленные гетероциклы

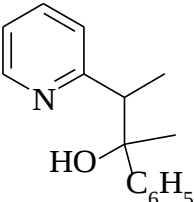
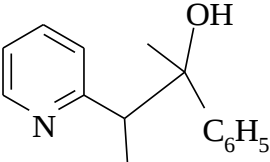
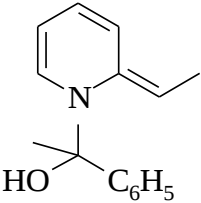
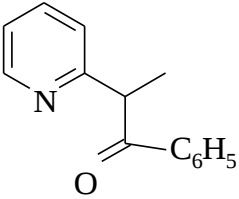
1. Взаимодействие 1, 4-дикарбонильных соединений с NH_3 , RNH_2 , H_3O^+ , P_2S_5 (синтез Паля-Кнорра)
2. Взаимные превращения гетероциклов друг в друга (реакция Юрьева)
3. Двухкомпонентный синтез пирролов (синтез Кнорра) из α -аминокетонов и 1, 3-дикарбонильных соединений
4. Синтез пирролов из кетоксимов и ацетилен (реакция Трофимова)
5. Получение пиррола из аммонийной соли пироглиевой кислоты
6. Синтез пирролов по Ганчу и фуранов по Фейсту-Бенари - взаимодействием α -хлоркарбонильных и 1, 3-дикарбонильных соединений

Синтезы индолов

7. Циклизация о-хлорацетилариламинов (синтез Сугасава)
Восстановительная конденсация о-нитрофенилпировиноградной кислоты (синтез Рейсерта)
8. Синтез Фишера - циклизация арилгидразонов под действием кислых агентов
9. Синтез индолов по Неницеску - конденсация п-безохинонов с аминокротонатами
Синтез индолов по Бишлеру - кислотнo-катализируемая циклизация α - (ариламино)кетонов
10. Внутримолекулярная циклизация о-алкиланилинов - синтез Маделунга
Пиридины
11. Взаимодействие 1, 5-дикарбонильных соединений с аммиаком
12. Синтез по реакции Дильса-Альдера 1, 3-бутадиенов с нитрилами
13. Синтез из β - дикарбонильных соединений и цианацетамидов (синтез Гуареши)
14. Синтез 1, 4-дигидропиридинов по Ганчу - трехкомпонентная конденсация альдегида, 1, 3-дикарбонильного соединения и аммиака
Хинолины
15. Синтез Пфитцингера (из изатинов и кетонов)
16. Синтез Скраупа - конденсация ариламинов с альфа, бета - непредельными карбонильными соединениями
17. Модификация Дебнера-Миллера
18. Синтез Конрада-Лимпах-Кнорра - конденсация ариламинов с бета-кетозэфирами
Изохинолины.
19. Синтез Померанца-Фрича - из бензальдегидов и аминокеталей
20. Циклизация ацилированных фенилэтиламинон (синтез Бишлера-Напиральского)
21. Синтез из активированных фенилэтиламинонов с формальдегидом (синтез Пиктэ-Шпенглера)

Задание 4. Выполните тестовые задания.

1	При действии на пиридин амида натрия (р-ция Чичибабина) основным продуктом реакции будет: а) 3-аминопиридин; б) 4-аминопиридин; в) 2-аминопиридин г) 4-ацетиламинопиридин
2	Обработка пиридина KOH ($>300^{\circ}\text{C}$), $[\text{O}]-\text{O}_2$ (возд) а) пиридин-2-он; б) 2-оксипиридин; в) пентандиовая кислота. г) 3-оксипиридин
3	Реакция пиридина с фениллитием заканчивается образованием: а) 4-бензоилпиридина; б) 3-фенилпиридина; в) N-фенилпиридиния бромида; г) 2-фенилпиридина.
4	Взаимодействие пиридина с н-бутиллитием приводит к образованию а) в) б) г) д) 2-н-пропилпиридина е) 2-н-бутилпиридина ж) 3-бутилпиридина з) 4-втор-бутилпиридина
5	Хлорид N-метилпиридиния при действии водного раствора щелочи и мягкого окислителя дает твердое соединение с формулой $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$, в ИК-спектре которого отсутствует полоса поглощения, соответствующая гидроксильной группе. Этому соединению соответствует: а) N-метил-2-оксипиридин; б) N-оксиметилпиридин; в) N-метил-3-оксопиридин; г) N-метил-2-оксопиридин
6	В ходе реакции + получится: а) 2-фениламинопиридин; б) 2-хлор-4-фениламинопиридин; в) 2-хлор-3-фениламинопиридин; г) 4-фениламинопиридин.
7	В ходе реакции + получится: а) 2-(N-пирролил)пиридин; б) 3-(N-пирролил)пиридин; в) 2-(2-пирролил)пиридин;

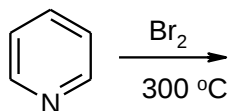
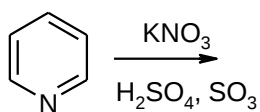
	г) 2-(3-пирролил)пиридин;
8	При действии на изохинолин амидом калия образуется: а) 3-аминоизохинолин; б) 1-аминоизохинолин; в) 2-изохинолиламид уксусной кислоты; г) 4-аминоизохинолин.
9	При действии на хинолин амида натрия образуется: а) 4-аминохинолин; б) 2 и 4 аминохинолины в) 2-аминохинолин; г) 2 и 3-аминохинолины; д) 3-аминохинолин;
10	При действии бутиллития на 2-метилпиридин с последующей обработкой CO_2, H^+ образуется: а) 2-пиридинкарбоновая кислота б) 3-пиридинкарбоновая кислота в) 2-(2-пиридил)уксусная кислота г) 2-(4-пиридил)уксусная кислота д) 2-метил-5-бутилпиридин
11	При действии амида натрия на 2-этилпиридин, с последующей обработкой ацетофеноном образуется: а)  в)  б)  г) 

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

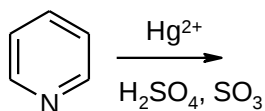
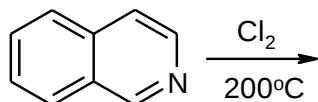
Методические указания
по организации самостоятельной работы по дисциплине
«Химия гетероциклических соединений»
для студентов направления подготовки 04.03.01 Химия
направленность (профиль) Органическая и медицинская химия

Ставрополь, 2026

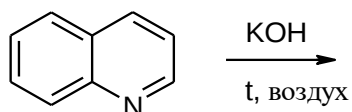
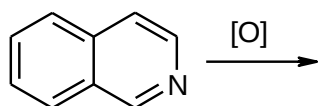
1. Гетероциклы в природе. Области применения гетероциклических соединений.
2. Реакционная способность диазинов, триазинов и тетразинов в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.
- 3.



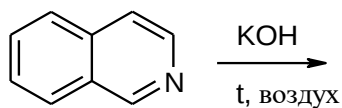
1. Номенклатура производных пиридина.
2. Взаимодействие пиримидинов и пуринов с нуклеофилами и электрофилами.
- 3.

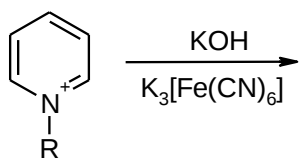


1. Проявление электрофильных свойств: реакции с электрофилами по атому азота и образование N-оксидов.
2. Пиримидины и пурины - компоненты нуклеиновых кислот.
- 3.

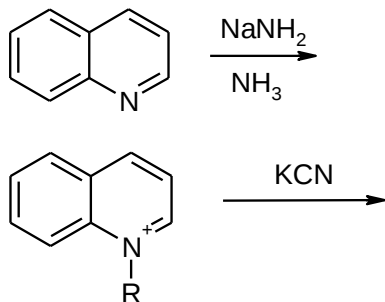


1. Отношение пиридина и его гомологов к окислителям.
2. Свойства солей изохинолина. Реакция Рейсера.
- 3.

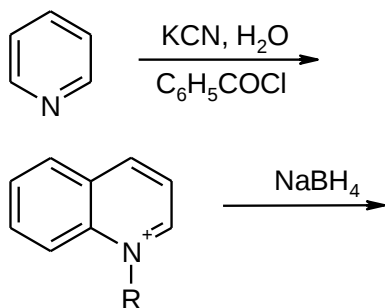




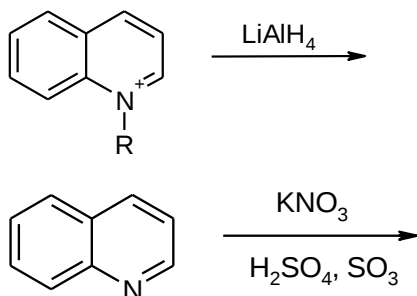
1. Гидрирование пиридинового ядра.
2. Реакции нуклеофильного замещения водорода (реакция Чичибабина, реакция с металлоорганическими соединениями) и атомов галогена в ряду хинолинов.
- 3.



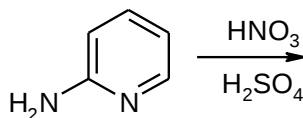
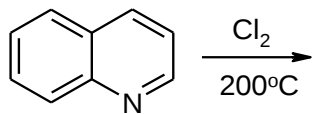
1. Реакции электрофильного замещения в ядре пиридина.
2. Реакции электрофильного замещения в ряду хинолина.
- 3.



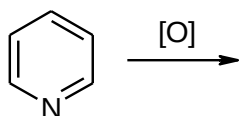
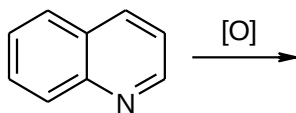
1. Реакции нуклеофильного замещения водорода (реакция Чичибабина, реакция с металлоорганическими соединениями) и атомов галогена в ряду пиридинов.
2. Образование солей и N-оксидов хинолина. Окисление. Гидрирование.
- 3.



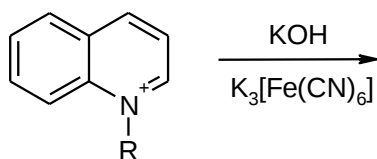
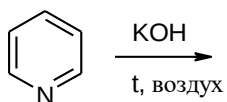
1. Активность метильной группы в зависимости от ее расположения в ядре пиридина.
2. Строение и химические свойства изохинолина.
- 3.



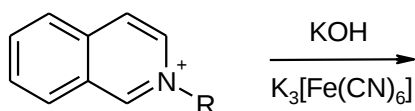
1. Влияние положения функциональной группы в кольце на свойства гидроксипиридинов.
2. Свойства солей хинолиния. Реакция Рейсера.
- 3.

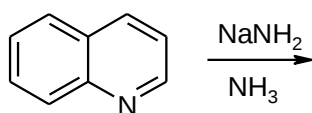


1. Таутомерия гидроксипиридинов.
2. Реакции нуклеофильного замещения водорода (реакция Чичибабина, реакция с металлоорганическими соединениями) и атомов галогена в ряду хинолинов.
- 3.



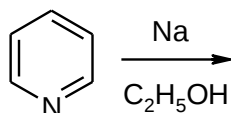
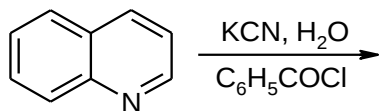
1. Соли пиридиния.
2. Реакции электрофильного замещения (по гетероциклическому и карбоциклическому ядру) в ряду хинолинов.





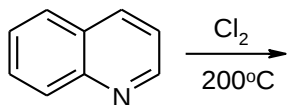
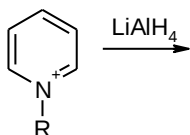
1. Строение и химические свойства хинолина.

2. Окисление хинолинов. Гидрирование.



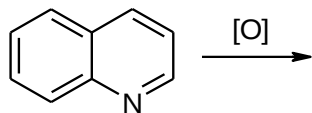
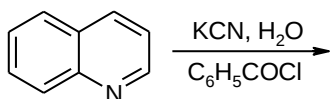
1. Образование солей и N-оксидов хинолина.

2. Активность метильной группы в зависимости от ее расположения в ядре пиридина.



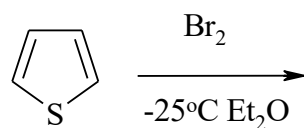
1. Проявление электрофильных свойств: реакции с электрофилами по атому азота и образование N-оксидов.

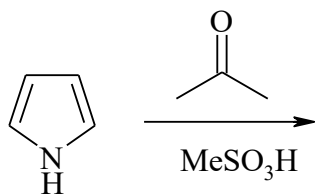
2. Влияние положения функциональной группы в кольце на свойства гидрокси- и аминопиридинов.



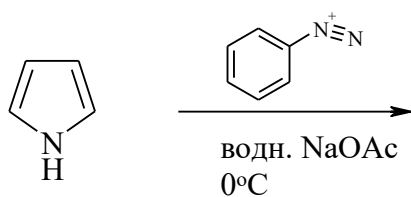
1. Почему при протонировании пиррол не протонируется по атому азота.

2. Реакционная способность тиафена в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.

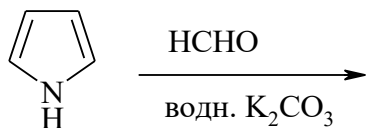
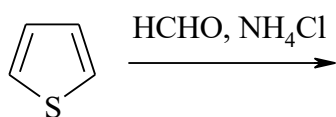




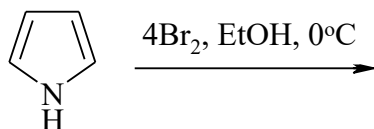
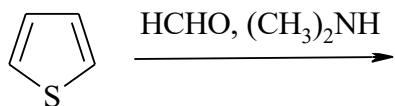
1. Номенклатура пятичленных гетероциклов.
2. Взаимодействие пирролов с нуклеофилами и электрофилами.



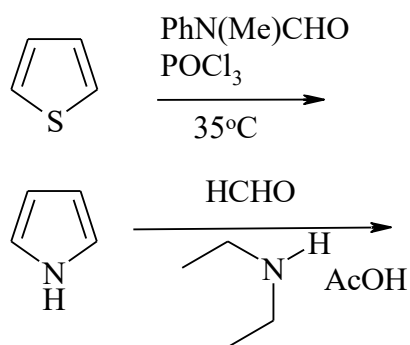
1. Проявление электрофильных свойств индола: реакции с электрофилами по атому азота.
2. Реакционная способность фурана в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.



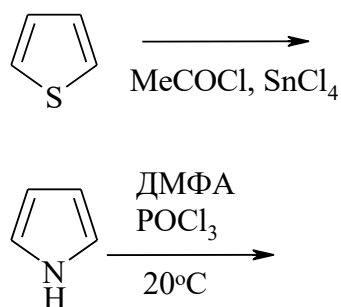
1. Как можно получить изомерные монобромтиофены?
2. Конденсация фуранов с альдегидами и кетонами.



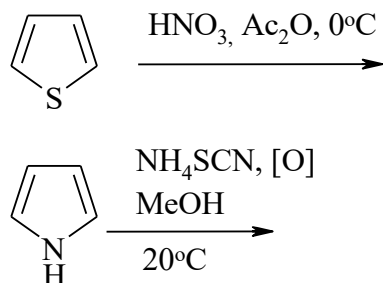
1. Ацилирование пиррола.
2. Нитрование, сульфирование индола.



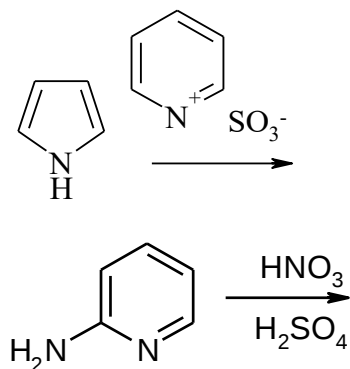
1. Пиррол в реакции Вильсмайера. (2 примера)
2. Реакции электрофильного замещения в индоле.



1. Галогенирование тиофена.
2. Индол в реакции Манниха.

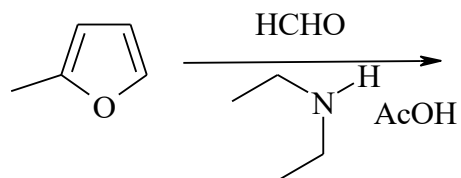
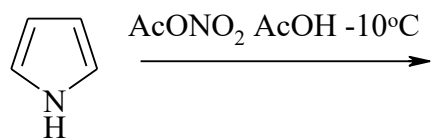


1. Алкилирование индолов (взаимодействие с алкилгалогенидами, диалкилсульфатами, α,β -непредельными карбонильными соединениями).
2. Ацилирование индолов (галогенангтридами, реакция Вильсмейера).



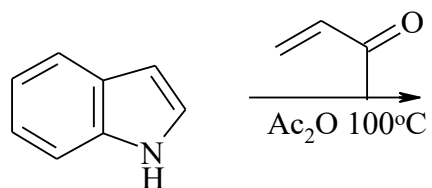
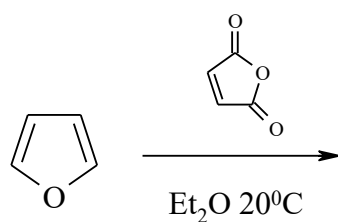
1. Влияние положения заместителя в пирроле на направление электрофильного замещения.

2. Пиррол в реакции Манниха.



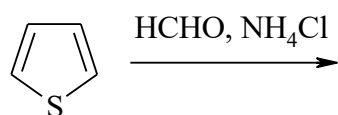
1. Протонирование фурана, пиррола, тиафена.

2. Тиафен в реакции Вильсмайера. (2 примера)



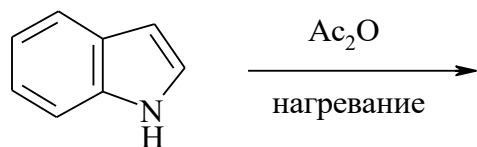
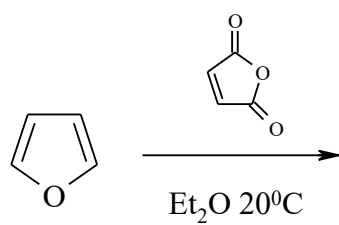
1. Влияние положения заместителя в тиафене на направление электрофильного замещения.

2. Реакционная способность фурана в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.



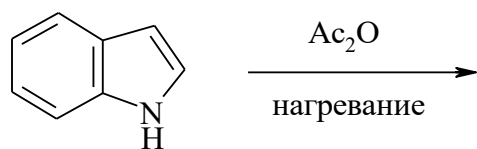
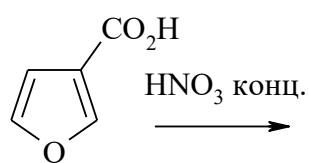
1. Фуран в реакции Манниха.

2. Особенности реакций нитрования, сульфирования фурана.



1. Реакционная способность индола в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.

2. Индол в реакции Вильсмайера. (2 примера).



Литература:

Основная:

1. Дж. Джоуль, К. Миллс. Химия гетероциклических соединений. – М.: «Мир», 2004. – 728 с.

Дополнительная:

1. Пожарский А.Ф. Теоретические основы химии гетероциклических соединений. – М.: Химия, 1985. – 279 с.
2. Джилкрест Т. Химия гетероциклических соединений. – М.: Мир, 1996. -464 с.
3. М.А.Юровская, А.В.Куркин, Н.В.Лукашёв. Химия ароматических гетероциклических соединений. Методическая разработка для студентки – М.: МГУ, 2007 – 50 с.