

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Е. А. Строганова, Е. А. Кунавина, Т. В. Левенец

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Практикум

Рекомендован ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования, входящим в состав укрупненных групп направлений подготовки 06.00.00 Биологические науки, 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии

Оренбург

2021

УДК 547(075.8)
ББК 24.23я73
С 86

Рецензент – кандидат химических наук, доцент С. В. Бахарева

С 86 **Строганова, Е.А.**
Органическая химия. Производные углеводов : практикум / Е. А. Строганова, Е. А. Кунавина, Т. В. Левенец; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 103 с.
ISBN

Учебное издание посвящено изучению галогенпроизводных углеводов, а также основных классов кислородсодержащих органических соединений.

В соответствующих разделах приведены лабораторные работы, направленные на изучение способов получения и физико-химических свойств отдельных представителей производных углеводов.

Настоящий практикум может быть полезен для самостоятельной подготовки обучающихся к лабораторным и контрольным работам, а также для реализации самоконтроля по изученным темам.

УДК 547(075.8)
ББК 24.23я73

ISBN

© Строганова Е. А.,
Кунавина Е. А.,
Левенец Т. В., 2021
© ОГУ, 2021

Содержание

Введение	4
1 Галогенпроизводные углеводородов.....	6
1.1 Лабораторная работа № 1. Получение и изучение свойств галоген- производных углеводородов.....	8
2. Спирты. Фенолы.....	11
2.2 Лабораторная работа № 2. Химические свойства спиртов и фенолов.....	19
3. Альдегиды и кетоны.....	26
3.1 Лабораторная работа № 3. Получение и химические свойства карбонильных соединений.....	38
4. Карбоновые кислоты.....	45
4.1 Лабораторная работа № 4. Химические свойства карбоновых кислот.....	53
5 Тестовый самоконтроль.....	59
6 Задания и упражнения для самостоятельной работы.....	70
7 Задания для подготовки к контрольной работе по теме «Производные углеводородов».....	75
8 Реакции к лабораторным работам.....	85
Список использованных источников.....	102

Введение

Данный практикум является продолжением издания «Органическая химия. Углеводороды», в котором рассмотрены темы «Качественный элементный анализ» и «Углеводороды», являющиеся основополагающими разделами органической химии.

Настоящее издание состоит из восьми глав. Первые четыре главы посвящены изучению галогенпроизводных углеводородов, а также основных классов кислородсодержащих органических соединений. В теоретическом блоке этих глав дается краткая характеристика отдельных классов производных углеводородов, их классификация, рассматриваются наиболее типичные химические реакции, их механизмы. Практический блок лабораторных работ представлен описанием опытов, связанных с получением некоторых представителей классов и изучением их химических свойств, включая качественные реакции.

Важно помнить, что подготовка к лабораторным работам осуществляется студентами самостоятельно и заблаговременно. Проведение химического эксперимента связано с повышенной опасностью, поэтому работать в лаборатории можно только после основательной предварительной подготовки. При подготовке к лабораторным работам студент использует рекомендованные преподавателем учебники и учебные пособия, руководства по выполнению лабораторных работ, а также обращает внимание на специальные указания по особенностям выполнения конкретных опытов.

Последующие главы настоящего практикума посвящены закреплению полученных знаний. Тестовый самоконтроль требует знаний основных понятий и определений, где необходимо только выбрать верный вариант ответа. Задания и упражнения для самостоятельной работы предполагают более глубокие знания основных классов производных углеводородов и их творческую реализацию. Задания для подготовки к контрольной работе способствуют комплексной систематизации изученного материала.

В восьмой вспомогательной главе приведены схемы реакций, реализуемых в процессе осуществления лабораторного эксперимента. Данная глава служит ориентиром для правильного написания уравнений реакций и облегчает процесс самопроверки.

Учебное издание составлено с учетом рабочих программ курсов «Неорганическая и органическая химия», «Органическая химия» и «Химия» (с включенным разделом «Органическая химия») для студентов нехимических направлений подготовок. Практикум может быть полезен при организации самостоятельной работы обучающихся.

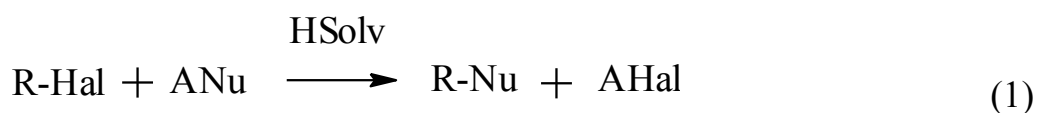
Материал настоящего издания предполагает наличие базовых знаний студента по общей и неорганической химии. При изучении этого курса также необходимы ключевые знания по математическим и физическим дисциплинам.

1 Галогенпроизводные углеводородов

Производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены атомами галогенов – фтора, хлора, брома или иода, называют *галогенпроизводными углеводородов* или *алкилгалогенидами*. В зависимости от атома углерода, связанного с галогеном алкилгалогениды классифицируют как *первичные, вторичные и третичные*. В зависимости от числа атомов галогена в молекуле различают *моно-, ди- и полигалогенпроизводные*.

К основным способам получения галогенпроизводных относятся галогенирование алканов, галогенирование и гидрогалогенирование алкенов и алкинов, замена гидроксигруппы на галоген в спиртах.

Наличие отрицательного индуктивного эффекта со стороны атома галогена (смещение электронной плотности вдоль σ -связи в сторону более электроотрицательного галогена), приводит к понижению электронной плотности на атоме углерода, связанном с галогеном. Это, в свою очередь, обуславливает, с одной стороны, способность нуклеофильных реагентов атаковать такой атом углерода, а с другой стороны, способность к гетеролитическому расщеплению связи C–Hal в ионизирующих растворителях. Вследствие этого наиболее типичными для галогенпроизводных являются реакции нуклеофильного замещения S_N , протекающие по схеме:



С помощью таких реакций из галогенпроизводных можно получать многочисленные производные углеводородов. В таблице 2.1 показано, с помощью каких нуклеофильных реагентов можно по реакции S_N получать основные производные.

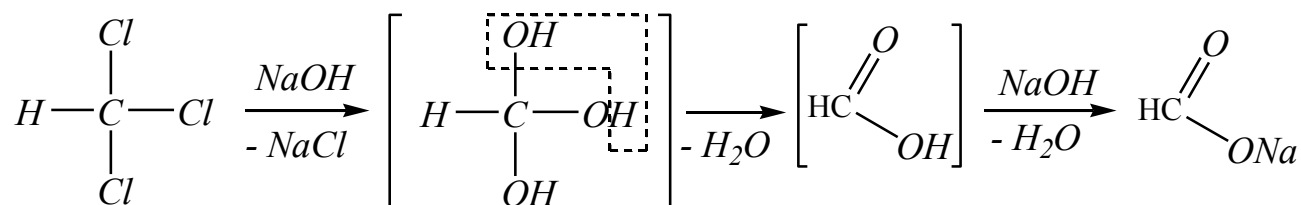
Таблица 1 - Основные производные углеводородов, получаемые из галогенопроизводных по уравнению 1.1

Нуклеофильный реагент ANu	Нуклеофильная составляющая Nu	Противоион А	Производное R—Nu	Класс производного
Вода H ₂ O	OH ⁻	H ⁺	R—OH	Спирты
Щелочь NaOH	OH ⁻	Na ⁺	R—OH	Спирты
Спирт R'—OH	R'—O ⁻	H ⁺	R—O—R'	Простые эфиры
Алкоголят R'—ONa	R'—O ⁻	Na ⁺	R—O—R'	Простые эфиры
Сероводород H ₂ S	HS ⁻	H ⁺	R—SH	Тиоспирты
Гидросульфид NaHS	HS ⁻	Na ⁺	R—SH	Тиоспирты
Сульфид Na ₂ S	S ²⁻	Na ⁺	R—S—R	Тиоэфиры
Соль карбоновой кислоты R'COONa	R'COO ⁻	Na ⁺	R'CO—O—R	Сложные эфиры
Аммиак NH ₃	NH ₂ ⁻	H ⁺	R—NH ₂	Первичные амины
Алкиламин R—NH ₂	R—NH ⁻	H ⁺	(R) ₂ NH	Вторичные амины
Диалкиламин (R) ₂ NH	(R) ₂ N ⁻	H ⁺	(R) ₃ N	Третичные амины
Металлоорганические соединения R'—M	R' ⁻	M ⁺	R—R'	Углеводороды
Цианид KCN	CN ⁻	K ⁺	R—CN	Нитрилы
Нитрит Ag	NO ₂ ⁻	Ag ⁺	R—NO ₂	Нитросоединения или алкиловые эфиры азотистой кислоты
Азид NaN ₃	N ₃ ⁻	Na ⁺	R—N ₃	Алкилазиды

Скорость реакций S_N зависит от прочности связи углерод-галоген, поэтому возрастает для галогенпроизводных с одинаковым радикалом и разными атомами галогена в ряду: $F < Cl < Br < I$.

Хлор, фтор и иод в составе галогенпроизводного наиболее просто обнаруживают пробой Бейльштейна или по методу Степанова.

При гидролизе gemинальных дигалогенпроизводных образуются карбонильные соединения. Gemинальные тригалогениды в условиях гидролиза образуют карбоновые кислоты. Так, гидролиз хлороформа идет с образованием хлорида натрия и натриевой соли муравьиной кислоты:



Обнаружение муравьиной кислоты в растворе основано на ее способности легко окисляться благодаря наличию альдегидной группы. В частности, используется качественная реакция с реактивом Толленса (аммиачным раствором окиси серебра), которая носит название «реакция серебряного зеркала».

1.1 Лабораторная работа № 1. Получение и изучение свойств галогенпроизводных углеводородов

Опыт №1 Получение хлорэтана

Реактивы и оборудование: смесь этилового спирта и концентрированной серной кислоты в отношении 2 : 1 (по объему), хлорид натрия; прямые газоотводные трубки с оттянутым концом, пробирки.

Ход работы:

В пробирку наливают от 3 до 4 мл смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты (2 : 1) и добавляют на кончике шпателя растертого в порошок хлорида натрия (~ 0,1 г). Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом и очень осторожно нагревают в пламени горелки. Выделяющийся хлорэтан поджигают у конца газоотводной трубки; он горит характерным пламенем с зеленой каймой.

Вопросы и задания

1 Напишите реакцию получения хлорэтана из этилового спирта. По какому механизму протекает эта реакция?

2 Зачем нужна серная кислота при проведении реакции?

3 Какие еще методы получения галогенпроизводных углеводородов вы знаете? Напишите эти методы на примере получения какого-либо галогенпроизводного (например, хлорэтана).

4 Как качественно обнаруживается присутствие хлора в составе органического соединения?

Опыт №2 Щелочной гидролиз хлороформа (реакция нуклеофильного замещения)

Реактивы и оборудование: хлороформ, 10 %-ный раствор гидроксида натрия, 1 %-ный раствор нитрата серебра, 20 %-ный раствор азотной кислоты; пипетки, обратные холодильники к пробиркам, пробирки.

Ход работы:

1) в пробирку наливают 1 мл хлороформа и 3 мл 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником. Смесь очень осторожно при встряхивании нагревают на газовой горелке до кипения, а затем охлаждают в ледяной бане;

2) для обнаружения хлорид-ионов часть гидролизата отливают в другую пробирку и после подкисления 20 %-ной азотной кислотой добавляют несколько капель нитрата серебра;

3) к оставшейся части гидролизата хлороформа приливают свежеприготовленный аммиачный раствор гидроксида серебра. Пробирку нагревают на горячей водяной бане.

Вопросы и задания

1 Почему происходит расслаивание жидкостей при смешивании воды и хлороформа?

2 По какому механизму проходит гидролиз хлороформа? Запишите уравнение этой реакции и ее механизм.

3 Как качественно подтверждается гидролиз хлороформа?

2 Спирты. Фенолы

Спиртами или алкоголями называют соединения, которые можно получить в результате замещения в углеводородах одного или нескольких атомов водорода на одну или несколько гидроксильных групп. В зависимости от числа гидроксильных групп спирты делятся на группы:

1) одноатомные спирты, содержащие один гидроксил. Их общая формула ROH . Эти спирты можно рассматривать как производные воды, в которой атом водорода замещен на радикал;

2) двухатомные спирты (диолы), содержащие два гидроксильных группы;

3) трехатомные спирты, содержащие три гидроксильных группы.

Существуют спирты, содержащие четыре и большее число гидроксильных групп. Спирты, содержащие две и более гидроксильных групп, часто объединяют общим наименованием многоатомные спирты.

В зависимости от положения гидроксильной группы в спирте у различных атомов углерода одноатомные спирты делят на группы:

1) первичные спирты, у которых гидроксильная группа связана с первичным атомом углерода;

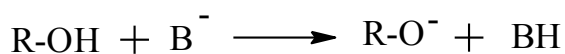
2) вторичные спирты, у которых гидроксил связан с вторичным атомом углерода;

3) третичные спирты, у которых гидроксил связан с третичным атомом углерода.

В многоатомных спиртах гидроксильные группы находятся у различных атомов углерода, так как гемаминальные спирты подвергаются выделению воды, образуя альдегиды или кетоны.

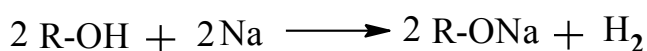
Связи C—O и O—H в группе C—O—H поляризованы. Разница в электроотрицательностях атомов кислорода и водорода выше, чем кислорода и углерода, поэтому связь O—H более полярная, чем связь C—O . Вследствие этого

спирты проявляют свойства О—Н – кислот, образуя соли спиртов – алкоголяты (алкилат-анионы):



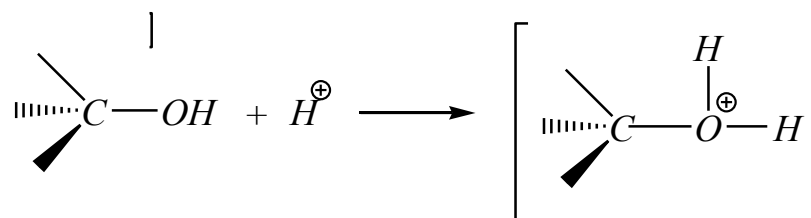
где B^- – сильное основание (NH_2^- , R^- , H^-).

Активные металлы вытесняют водород из спиртов с образованием алкоголятов:

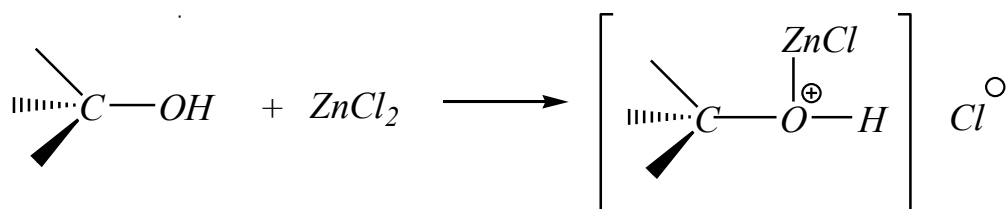


Наличие полярной связи О—Н приводит к образованию межмолекулярных водородных связей, с чем связаны относительно высокие температуры кипения спиртов и их высокая растворимость в воде.

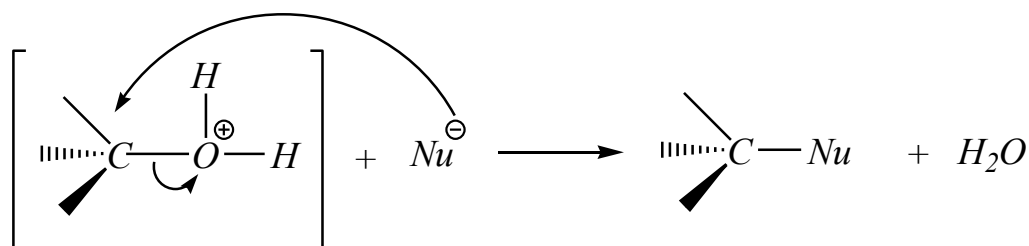
Для спиртов характерны реакции нуклеофильного замещения, сопровождающиеся разрывом связи углерод-кислород. Поскольку ОН⁻ группа является сильным нуклеофилом, то реакции нуклеофильного замещения этой группы на другие нуклеофилы проводятся в присутствии кислот Льюиса (H^+ , ZnCl_2 , SnCl_4 , AlCl_3 , PCl_5 и т.д.). При этом спирты проявляют основные свойства по отношению к кислотам Льюиса за счет свободной электронной пары на атоме кислорода. В результате кислотно-основного взаимодействия гидроксильная группа модифицируется в хорошую уходящую группу:



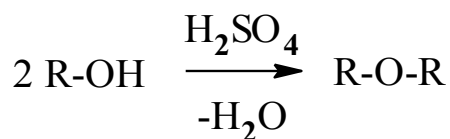
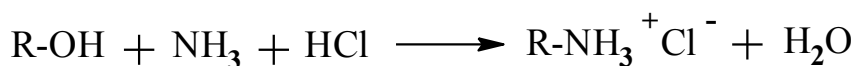
или



Затем спирты с модифицированной гидроксильной группой вступают в реакции нуклеофильного замещения:



По реакциям нуклеофильного замещения происходит замена гидроксильной группы на галогены, аминогруппу, алкокси-группу:

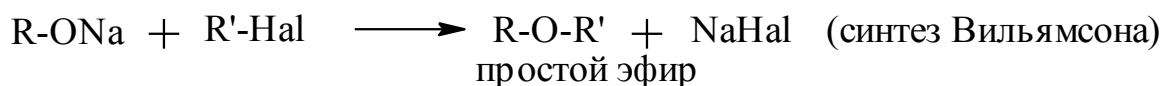
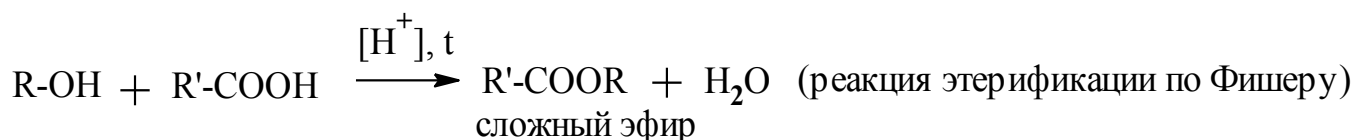


Качественная реакция на первичные, вторичные и третичные спирты основана на взаимодействии с концентрированной хлороводородной кислотой в присутствии хлорида цинка (реактивом Лукаса) с получением соответствующих галогеналканов. Образующиеся галогенпроизводные из-за низкой полярности не растворяются в исходных спиртах и выделяются в отдельную органическую фазу, что визуально сопровождается помутнением раствора. Скорость такой реакции

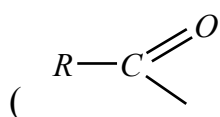
уменьшается в следующем ряду: третичные > вторичные > первичные спирты, что используется для их идентификации.

При взаимодействии спиртов с минеральными кислотами и кислотными оксидами образуются сложные эфиры минеральных кислот (серной, борной, азотной и т.д.). В частности, сложный эфир борной кислоты при горении в пламени окрашивает его в характерный зеленый цвет.

Спирты (как и соли спиртов – алкоголяты) проявляют свойства нуклеофильных реагентов благодаря наличию на атоме кислорода неподеленных электронных пар:



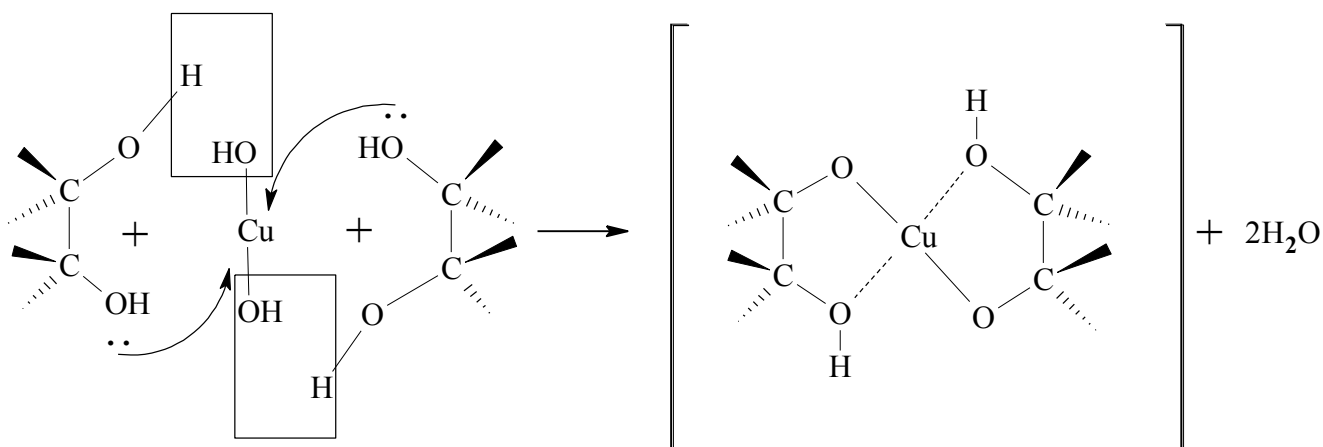
Реакцию этерификации можно рассматривать как перенос на нуклеофильную составляющую спиртов остатка карбоновой кислоты – ацил-радикала



). Поэтому эту реакцию относят к реакциям ацилирования нуклеофильных реагентов, в частности, спиртов. Образующиеся по реакции этерификации сложные эфиры часто имеют приятный аромат, что используется для идентификации спиртов.

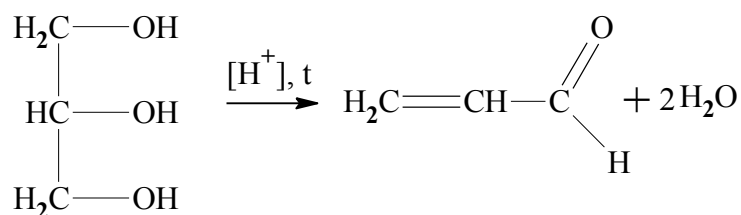
Окисление первичных спиртов под действием сильных окислителей протекает в две стадии: до альдегидов, затем до карбоновых кислот. Вторичные спирты окисляются до кетонов. Окисление третичных спиртов протекает в жестких условиях и сопровождается расщеплением углеродного скелета. Реакцию окисления этилового спирта используют для идентификации этанола: при этом образуется уксусный альдегид, имеющий запах зеленых яблок.

Многоатомные спирты вступают в такие же реакции, что и одноатомные спирты (образуют алкоголяты, простые и сложные эфиры, превращаются в галогенпроизводные). Особые свойства проявляются у многоатомных спиртов, в которых имеются vicinalные гидроксильные группы (как у 1,2 - диолов). Такие спирты вступают в реакции комплексообразования с солями и гидроксидами тяжелых металлов:



Такие реакции используются для качественного обнаружения vicinalных многоатомных спиртов (гликолей).

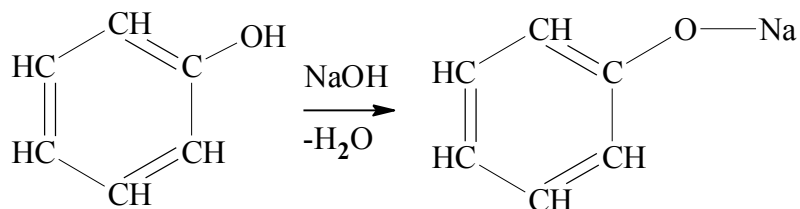
Реакция, характерная для обнаружения глицерина, - это реакция образования акролеина в присутствии кислот:



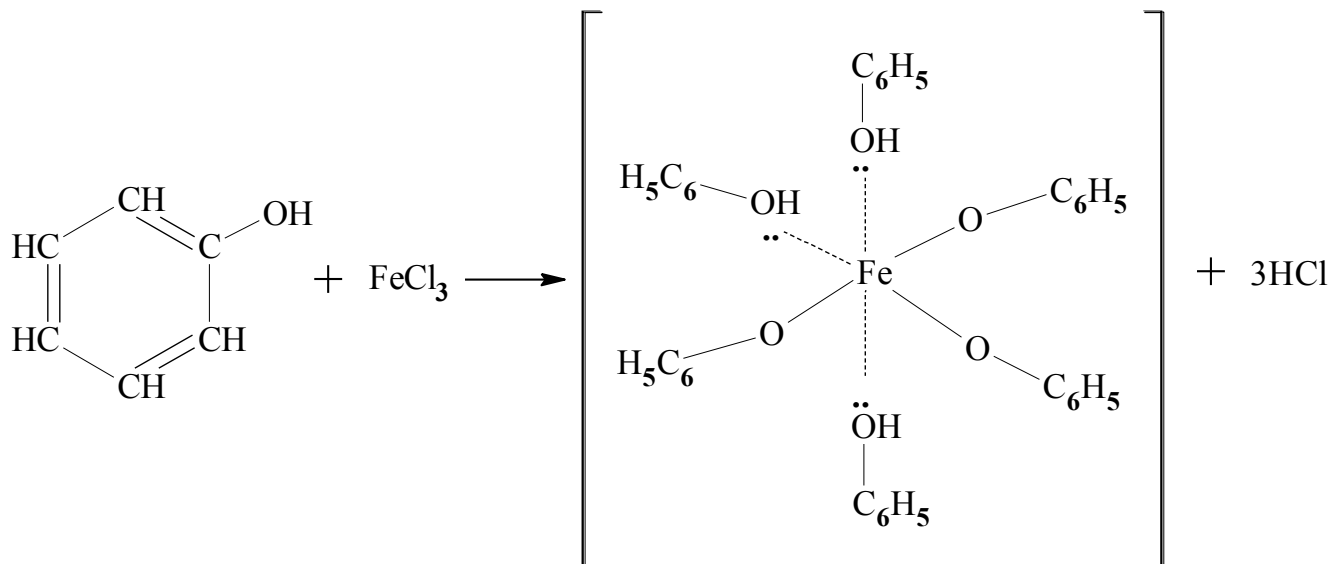
Акролеин, имеющий неприятный раздражающий запах, является лакриматором.

Ароматические спирты, в которых одна или несколько гидроксильных групп непосредственно связаны с бензольным ядром, называют *фенолами*. Сопряжение свободной электронной пары на атоме кислорода с ароматическим ядром

приводит к увеличению кислотных свойств фенолов по сравнению с алифатическими спиртами. Следствием этого является образование солей фенолов (фенолятов) при взаимодействии с щелочами:

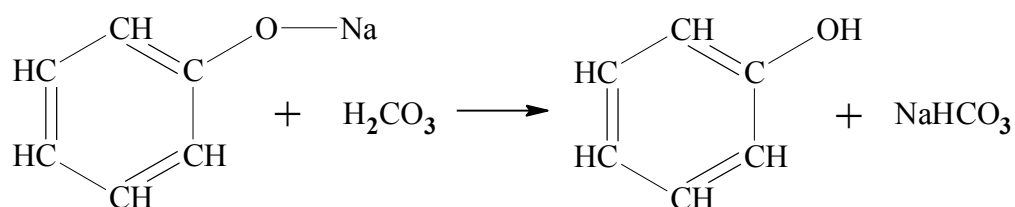


Следствием подвижности протона в гидроксильной группе является также образование солей фенолов с ионами железа(III):



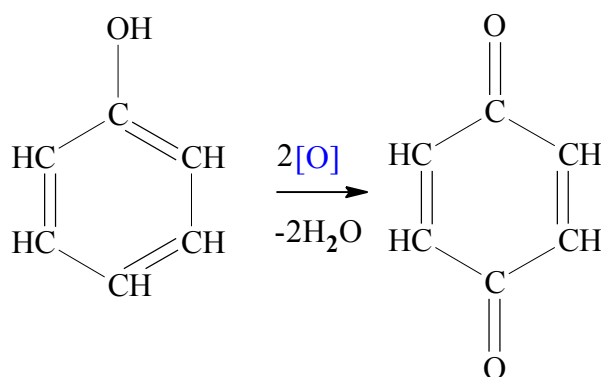
Феноляты железа(III) имеют интенсивную окраску, что используется в качественном анализе (цветная реакция на фенолы). Фенол при взаимодействии с Fe^{3+} дает сине-фиолетовую окраску, резорцин – фиолетовую, гидрохинон – зеленую, быстро переходящую в желтую за счет окисления.

Фенолы являются более слабыми кислотами, чем угольная кислота, поэтому их можно выделить из фенолятов под действием диоксида углерода:



Эту реакцию используют для отделения фенолов от органических кислот, на соли которых угольная кислота не действует, а также для выделения фенолов из щелочных растворов.

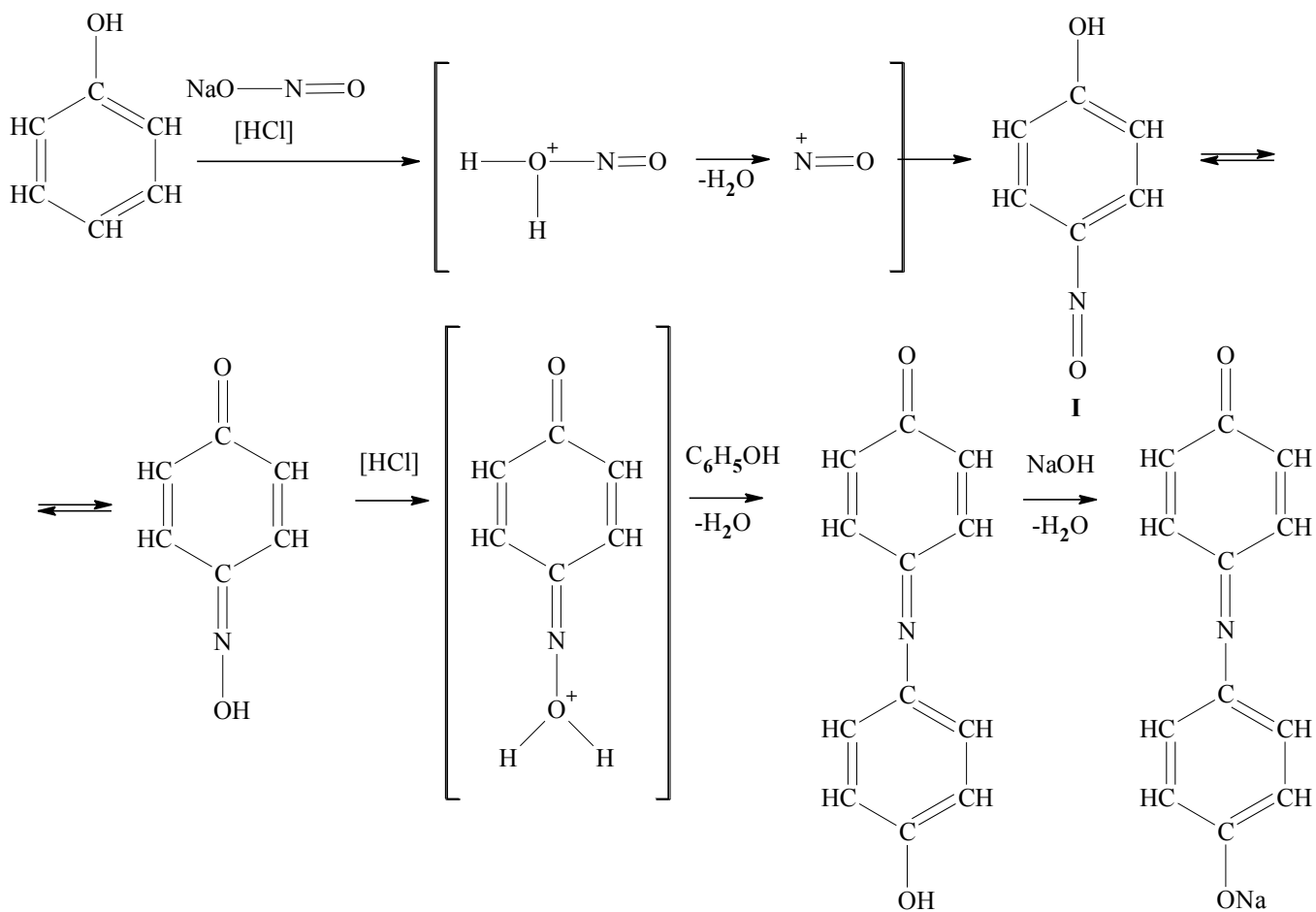
Под действием кислорода воздуха и других окислителей все фенолы более или менее быстро окисляются, образуя сложные смеси окрашенных продуктов. В присутствии щелочи реакция окисления фенолов значительно ускоряется. Двухатомные фенолы окисляются в *хиноны*, которые можно рассматривать как продукты дегидрирования фенолов:



На восстанавливающих свойствах многоатомных фенолов по отношению к нитрату серебра основано применение многих из них в качестве проявителей в фотографии.

Фенолы легко вступают в реакции S_E поскольку гидроксильная группа является активирующим ориентантом первого рода. При этом, как правило, электрофильная частица вступает в оба свободных *о*-положения и *п*-положение в бензольном ядре по отношению к гидроксильной группе. Так, например, бромирование фенола бромной водой сопровождается образованием нерастворимого 2,4,6-трибромфенола (осадок желтого цвета), что применяют в

качественном анализе. При взаимодействии фенола с азотистой кислотой образующийся в результате реакции S_E , *n*-нитрозофенол (I) подвергается изомеризации с последующей конденсацией со следующей молекулой фенола, образуя *индофенол* (II), раствор которого имеет розово-красное окрашивание. В щелочной среде индофенол переходит в солевую форму (III), имеющую синезеленую окраску:



2.2 Лабораторная работа № 2. Химические свойства спиртов и фенолов

Опыт №1 Кислотные свойства спиртов

Реактивы и оборудование: этиловый спирт (абсолютный), металлический натрий, 1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина; прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами, пробирки.

Ход работы:

Получение этилата натрия.

1) в сухую пробирку наливают от 2 до 3 мл абсолютного этилового спирта и аккуратно вносят кусочек металлического натрия величиной с маленькую горошину. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой;

2) через минуту после начала реакции поджигают выделяющийся газ у конца газоотводной трубки. Если реакция этанола с натрием сильно замедляется, пробирку можно немного подогреть.

Свойства этилата натрия. Осторожно нагревая пробирку, доводят реакцию этанола с натрием до конца (*в пробирке не должен оставаться металлический натрий.*). На дне пробирки образуется белый осадок этилата натрия. В пробирку добавляют одну каплю спиртового раствора фенолфталеина, а затем 1 - 2 мл дистиллированной воды.

Вопросы и задания

1 Почему для этого опыта нужно брать абсолютный спирт, а не ректификат?

2 Какие свойства спирта (основные или кислотные) проявляются в реакции с металлическим натрием? Почему этанол взаимодействует с натрием более спокойно, чем вода?

3 Почему при добавлении воды к спиртовому раствору этилата натрия происходит изменение окраски фенолфталеина? Напишите уравнение

соответствующей реакции. Какие свойства этилата натрия (основные или кислотные) проявляются в этой реакции?

4 Как связаны кислотные и основные свойства спиртов и алкоголятов с их строением?

Опыт №2 Реакции окисления этилового спирта

Реактивы и оборудование: этиловый спирт, хромовая смесь, перманганат калия кристаллический, концентрированная серная кислота; пипетки, пробирки.

Ход работы:

Окисление спирта хромовой смесью. В пробирку наливают от 1 до 2 мл хромовой смеси и добавляют по каплям при встряхивании 0,5 мл этилового спирта. Отмечают изменение цвета реакционной смеси и запах (*нюхать осторожно*).

Окисление спирта перманганатом калия. В сухую пробирку, закрепленную в штативе, аккуратно пипеткой, не смачивая стенок, вносят от 2 до 3 мл концентрированной серной кислоты. По стенке пробирки другой пипеткой приливают от 2 до 3 мл этилового спирта таким образом, чтобы получилось два слоя. Затем насыпают от 0,5 до 1 г перманганата калия, который будет размещаться на границе раздела двух слоев. Через 2 минуты начинает протекать реакция, сопровождающаяся появлением ярких вспышек. Отмечают запах (*нюхать осторожно*).

Вопросы и задания

1 С какими химическими процессами связано изменение окраски реакционной смеси? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2 Какие окислители и дегидрирующие агенты используют для окисления спиртов? Какие продукты при этом образуются?

3 Почему третичные спирты окисляются только в кислой среде? Что при этом происходит? Приведите примеры окисления третичных спиртов.

Опыт №3 Получение и свойства этилового эфира борной кислоты

Реактивы и оборудование: этиловый спирт, концентрированная серная кислота, борная кислота; пробирка, прямая газоотводная трубка с оттянутым концом, газовая горелка, кипелки, лучина.

Ход работы:

В сухой пробирке прокаливают 1 г борной кислоты до полного ее обезвоживания (пробирку необходимо держать в горизонтальном положении и периодически всю ее прогревать для удаления капелек воды). После полного расплавления кристалликов кислоты пробирку охлаждают. К затвердевшему плаву (оксиду бора(III)) добавляют 2,5 мл этилового спирта и 1 мл концентрированной серной кислоты. В пробирку вносят кипятильники, закрывают ее пробкой с прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом и осторожно нагревают реакционную смесь на горелке. При помощи лучины поджигают выделяющиеся пары у конца газоотводной трубки. Пламя этилового эфира борной кислоты имеет характерное зеленое окрашивание.

Вопросы и задания

- 1 Напишите механизм реакции образования этилового эфира борной кислоты.
- 2 Какие свойства проявляют спирты в реакциях образования сложных эфиров минеральных кислот? Как эти свойства связаны со строением спиртов?

Опыт №4 Проба Лукаса

Реактивы и оборудование: этиловый спирт, втор-бутиловый спирт, трет-бутиловый спирт, реактив Лукаса; пробирки, прямая газоотводная трубка с оттянутым концом, газовая горелка, кипелки, лучина

Ход работы:

В три пробирки наливают по 3 капли спиртов, добавляют по 6 капель реактива Лукаса, встряхивают и наблюдают за изменениями. Отмечают, в течение какого времени происходят эти изменения.

Вопросы и задания

1 С чем связаны изменения в реакционной смеси? Чем объясняется различная скорость реакций первичных, вторичных и третичных спиртов с реактивом Лукаса?

2 Напишите уравнения и механизм протекающих реакций? Назовите соответствующие механизмы. Какие побочные продукты образуются в этих реакциях? В каком случае выход побочных продуктов больше и чем это объясняется?

3 Почему при проведении реакции используют хлорид цинка, в чем его роль?

4 Почему реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы в спиртах протекают только в присутствии кислот Льюиса?

Опыт №5 Получение глицерата и гликолята меди

Реактивы и оборудование: глицерин, этиленгликоль, 2 %-ный раствор сульфата меди(II), 10 %-ный раствор гидроксида натрия; пробирки.

Ход работы:

В пробирку наливают от 3 до 4 капли 2 %-ного раствора сульфата меди и от 2 до 3 мл 10 %-ного раствора гидроксида натрия. К образовавшемуся осадку голубого цвета добавляют несколько капель глицерина. Пробирку интенсивно встряхивают. Опыт повторяют с этиленгликолем.

Вопросы и задания

1 Какие органические соединения относят к 1, 2 - диолам? Какие специфические свойства они проявляют по сравнению с одноатомными спиртами?

2 Что происходит при добавлении глицерина или этиленгликоля к осадку гидроксида меди(II)? Запишите уравнения всех реакций.

3 Почему одноатомные спирты не вступают в аналогичную реакцию с гидроксидом меди? Какие свойства проявляют 1, 2 - диолы спирты в реакциях с солями и гидроксидами тяжелых металлов?

Опыт №6 Получение простых эфиров

Реактивы и оборудование: этиловый спирт, концентрированная серная кислота; пипетки, пробирки, пробки для пробирок, пробиркодержатель, дозировочная лопаточка, горелка, водяная баня.

Ход работы:

Получение диэтилового эфира. В сухую пробирку наливают от 2 до 3 мл смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты (1 : 1) и осторожно нагревают до начала кипения. Затем горелку убирают и к горячей смеси по стенке пробирки добавляют пипеткой от 5 до 10 капель этилового спирта. Образование диэтилового эфира обнаруживают по запаху.

Вопросы и задания

1 Какова роль концентрированной серной кислоты в реакции получения диэтилового эфира? Напишите механизмы реакций образования этилсерной кислоты и диэтилового эфира. Как называется такой механизм?

2 Какие побочные продукты и по какому механизму могут образоваться в ходе реакции? Напишите механизм образования побочных продуктов. В каких условиях увеличится их выход?

3 Чем объясняется более низкая растворимость простых эфиров в воде по сравнению со спиртами?

4 Какие свойства характерны для простых эфиров?

Опыт №7 Взаимодействие фенола с бромной водой

Реактивы и оборудование: 5 %-ный раствор фенола, бромная вода

Осторожно! Фенолы вызывают ожоги кожи!

Ход работы:

В пробирку наливают 1 мл 5 %-ного раствора фенола и по каплям приливают бромную воду до появления изменений.

Вопросы и задания

1 Рассмотрите механизм реакции бромирования фенола.

2. Почему реакция бромирования фенола идет в более мягких условиях по сравнению с толуолом и бензолом?

Опыт №8 Окисление фенолов

Реактивы и оборудование: 5 %-ный раствор фенола, 1 %-ный раствор пирокатехина, 1 %-ный раствор резорцина, 1 %-ный раствор гидрохинона, 1 %-ный раствор пирогаллола, 1 %-ный раствор перманганата калия, 1 %-ный раствор нитрата серебра; пробирки, пипетки, фильтровальная бумага, предметные стекла.

Ход работы:

Окисление одноатомного фенола перманганатом калия. В пробирке смешивают 1 мл 5%-ного раствора фенола и 1 мл 5 %-ного раствора карбоната натрия. По каплям при перемешивании приливают 1 %-ный раствор перманганата калия. Отмечают изменения.

Окисление фенолов нитратом серебра. На предметное стекло наносят по капле растворов пирокатехина, резорцина, гидрохинона и пирогаллола. К каждому из растворов добавляют по 1 капле 1%-ного раствора нитрата серебра. Отмечают скорость появления черного осадка восстановленного серебра для каждого фенола.

Вопросы и задания

1. Расположите исследуемые фенолы в ряд по увеличению скорости восстановления нитрата серебра. Чем объясняется это ряд?

2. Где применяется исследуемая реакция с нитратом серебра?

Опыт №9 Реакция фенола с азотистой кислотой.

Реактивы и оборудование: 5 %-ный раствор фенола, концентрированная серная кислота, 5 %-ный раствор нитрита натрия, 2 М раствор гидроксида натрия; пробирки, пипетки, фильтровальная бумага, стакан на 50 мл, лед

Ход работы:

В пробирку наливают 0,5 мл концентрированной серной кислоты и добавляют при перемешивании две-три капли раствора фенола. Смесь охлаждают в стакане с ледяной водой. К полученному раствору добавляют каплю раствора нитрита натрия. Отмечают окраску раствора. Добавляют раствор щелочи до щелочной реакции. Отмечают изменение окраски.

Опыт №10 Реакция фенолов с хлоридом железа(III).

Реактивы и оборудование: 5 %-ный раствор фенола, 1 %-ный раствор пирокатехина, 1 %-ный раствор резорцина, 1 %-ный раствор гидрохинона, 1 %-ный раствор пирогаллола, 2 %-ный раствор хлорида железа(III); пробирки, пипетки, фильтровальная бумага, стакан на 50 мл, лед

Ход работы:

В четыре пробирки наливают по 1 мл 1 %-ных растворов: в первую – фенола, во вторую – пирокатехина, в третью – резорцина, в четвертую – гидрохинона. В каждую пробирку добавляют по 3 - 4 капли 2 %-ного раствора хлорида железа(III). Отмечают изменение окраски в каждой пробирке.

Вопросы и задания

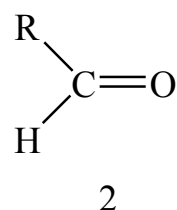
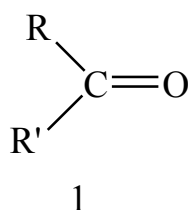
1 Почему фенолы являются более сильными кислотами и более слабыми основаниями по сравнению со спиртами?

2 Напишите уравнения реакций исследуемых фенолов с солями железа(III).

3 Какие другие вещества способны образовывать окрашенные растворы с солями железа.

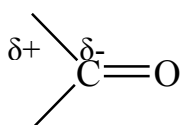
3 Альдегиды и кетоны

Альдегиды и кетоны относятся к классам карбонильных соединений, так как содержат карбонильную функциональную группу ($>C=O$). Если карбонильная группа связана с двумя алкильными радикалами, то соответствующий класс органических соединений называется *кетонами* (1), если с одним алкильным радикалом и атомом водорода - *альдегиды* (2).

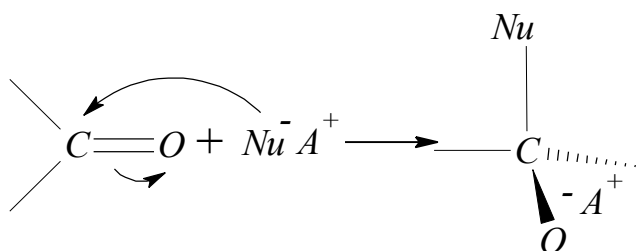


К основным методам получения альдегидов и кетонов относят следующие: окислительное расщепление алканов и алкенов, гидратация алленов и алкинов, гидролиз геминальных дигалогенидов, окисление и дегидрирование спиртов, оксосинтез, пиролиз солей карбоновых кислот.

Свойства альдегидов и кетонов определяются строением карбонильной группы. Кислород обладает более высокой электроотрицательностью, чем углерод, а электроны σ - и, особенно, π -связи углерода и кислорода сильно смещены к атому кислорода. Поэтому карбонильная группа обладает высокой полярностью. Распределение частичных зарядов в ней выглядит следующим образом:



Следствием полярности карбонильной группы являются реакции присоединения разнообразных полярных реагентов по кратной связи C=O. Ключевой стадией является присоединение нуклеофила к электронодефицитному атому углерода. Таким образом, наиболее типичными реакциями для альдегидов и кетонов являются реакции нуклеофильного присоединения Ad_N. Нуклеофильный реагент атакует карбонильный атом углерода, при этом углерод изменяет свою гибридизацию с sp² до sp³:



Альдегиды более реакционноспособны в реакциях нуклеофильного присоединения Ad_N по сравнению с кетонами. Это объясняется более высоким частичным положительным зарядом на атоме углерода карбонильной группы в альдегидах и большей пространственной доступностью этого атома по сравнению с кетонами.

По приведенной схеме реагируют сильные нуклеофилы – цианид калия в водном растворе (KCN, H₂O) и бисульфит натрия (NaHSO₃). Образующиеся производные имеют соответствующие названия, приведенные в таблице 2:

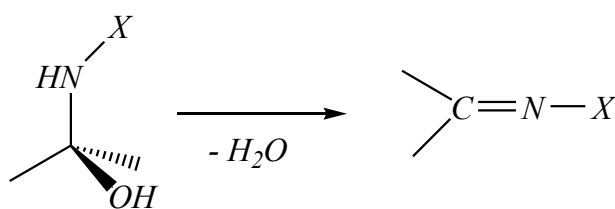
Таблица 2 – Названия некоторых производных альдегидов (кетонов), образующихся в результате реакций Ad_N

Реагент	Нуклеофильная составляющая реагента Nu	Противоион А	Название производного соответствующего альдегида и кетона 
KCN, H ₂ O	CN ⁻	H ⁺	Циангидрин или

			оксинитрил
NaHSO ₃	SO ₃ Na ⁻	H ⁺	Бисульфитное производное

Реакция образования бисульфитного производного используется для качественного обнаружения альдегидов и кетонов. Бисульфитные производные представляют собой кристаллические вещества, осаждение которых в ходе реакции служит качественным признаком. Реакция образования бисульфитного производного обратима как в кислых, так и в щелочных средах, поэтому ее используют также для выделения альдегидов и кетонов из смесей с другими органическими веществами: в нейтральной среде осаждают бисульфитное производное, отделяют его, а затем проводят кислотный или щелочной гидролиз с регенерацией карбонильного соединения в чистом виде. Однако при этом следует учитывать, что в реакцию с бисульфитом натрия вступают альдегиды и только те кетоны, которые имеют метильную группу, непосредственно связанную с карбонильной группой. Некоторые метилкетоны образуют бисульфитные производные очень медленно или не образуют их вообще. Примером могут служить арилметилкетоны, пинаколин и окись мезитила.

Если сильный нуклеофил представляет собой производное аммиака NH₂X (где X ≡ H, NH₂, OH, NH-C₆H₅, NH-C₆H₃(NO₂)₂, NH-CO-NH₂), в котором в качестве нуклеофильной составляющей выступает группа -NHX, а в качестве противоиона - H⁺, то в результате реакции Ad_N образуется продукт, являющийся неустойчивым, подобно геминальным диолам. Этот продукт подвергается элиминированию с образованием более устойчивого соединения:



При этом в зависимости от природы заместителя X получают производные, приведенные в таблице 3:

Таблица 3 – Названия продуктов реакций нуклеофильного присоединения производных аммиака к альдегидам или кетонам:

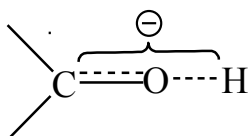
Природа заместителя X	Название исходного нуклеофильного производного NH ₂ X	Название производного соответствующего альдегида или кетона (RR''C=N—X)
H	Аммиак	Имин
OH	Гидроксиламин	Оксим
NH ₂	Гидразин	Гидразон
NH—C ₆ H ₅	Фенилгидразин	Фенилгидразон
NH—C ₆ H ₃ (NO ₂) ₂	2,4-Динитрофенилгидразин	2,4-Динитрофенилгидразон
NH—CO—NH ₂	Семикарбазид	Семикарбазон

С точки зрения качественного функционального анализа особый интерес представляют фенилгидразоны, 2,4-динитрофенилгидразоны и семикарбазоны альдегидов и кетонов. Это связано с тем, что эти производные легко образуются и часто представляют собой ярко окрашенные кристаллические вещества, имеющие четкую температуру плавления, которая зависит от строения исходного карбонильного соединения. Поэтому по температуре плавления такого производного можно определить структуру открываемого альдегида или кетона.

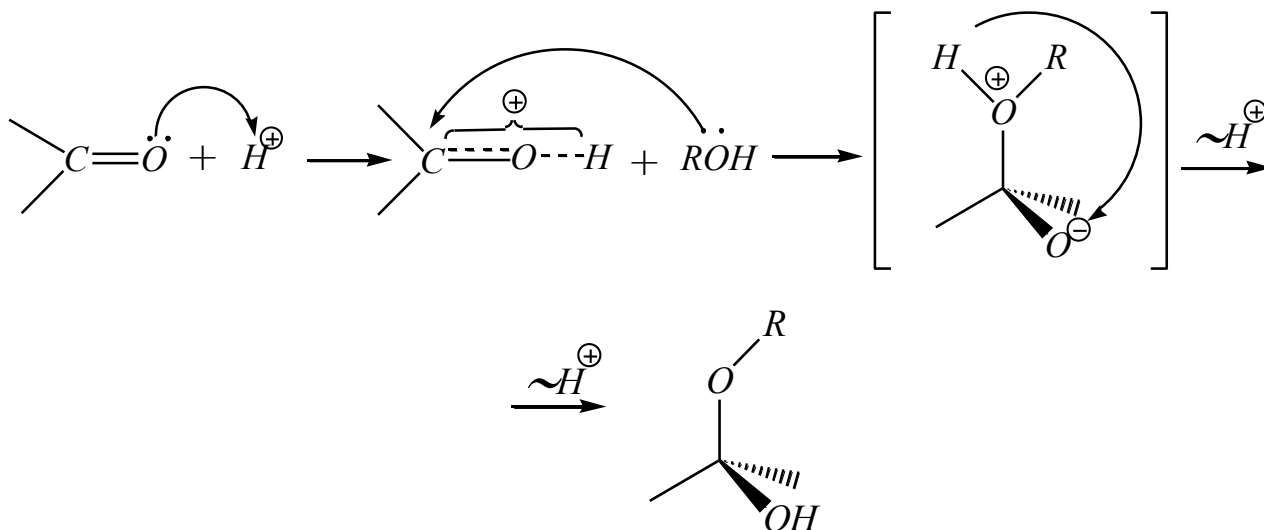
По окраске 2,4-динитрофенилгидразона можно сделать некоторые выводы о структуре исходного альдегида или кетона. Динитрофенилгидразоны альдегидов и кетонов, в которых карбонильная группа не сопряжена с другой функциональной группой, имеют желтый цвет. Сопряжение с двойной углерод-углеродной связью или с бензольным кольцом сдвигает максимум поглощения в более длинноволновую область. Такой сдвиг способствует также изменению цвета соединения от желтого до оранжево-красного. Однако при получении оранжевых или красных гидразонов выводы необходимо делать с осторожностью, так как, их окраска может быть, обусловлена наличием окрашенных

примесей (например, сам 2,4-динитрофенилгидразин имеет оранжево-красную окраску).

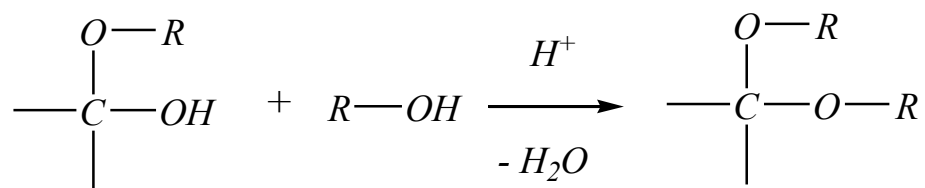
Слабые нуклеофилы вступают в реакции нуклеофильного присоединения после активации карбонильной группы. Активация карбонильной группы проводится в присутствии жестких кислот Льюиса (H^+ , PCl_5 и т.д.) которые координируются по жесткому основному центру – атому кислорода с неподеленными электронными парами:



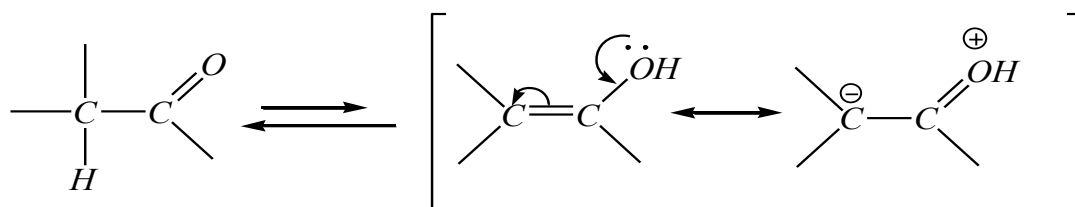
Такая координация увеличивает частичный положительный заряд на атоме углерода и облегчает нуклеофильную атаку реагентом. Таким образом, механизм реакции Ad_N со слабыми нуклеофилами (например, со спиртами) выглядит следующим образом:



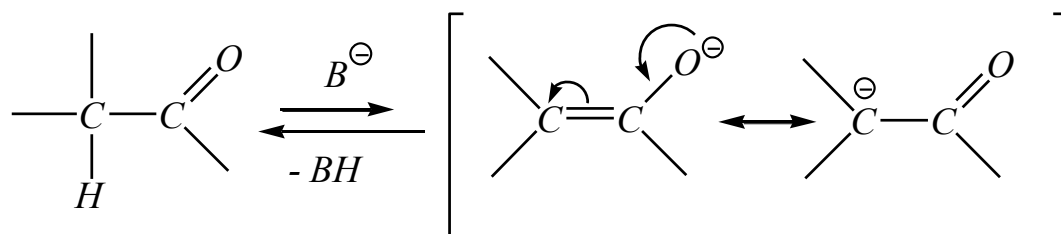
В результате такой реакции образуются полуацетали (альдегида) или полукетали (кетона), которые в избытке спирта в присутствии кислот Льюиса вступают в реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы с образованием ацеталей или кеталей:



Альдегиды и кетоны проявляют свойства С-Н кислот, поскольку присутствие сильно электроноакцепторной группы С=О приводит к дополнительной поляризации связей С-Н в α-положении по отношению к карбонильной группе. Следствием этого является кето-енольная таутомерия карбонильных соединений с образованием енола в кислой среде:



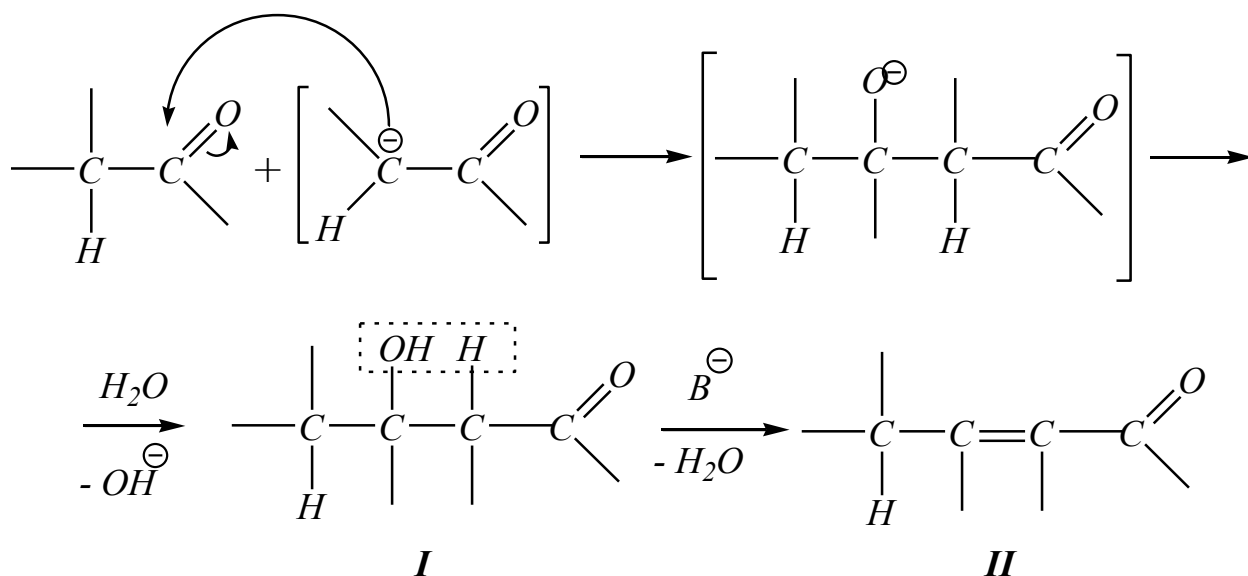
и енолят-аниона в присутствии основания:



Енольные формы относительно устойчивы вследствие возможности перераспределения электронной плотности за счет мезомерного эффекта со стороны кислорода. Атом углерода, находящийся в α-положении по отношению к карбонильной группе и имеющий повышенную электронную плотность, является нуклеофильным центром. Поэтому енольная форма может выступать в роли нуклеофильного реагента.

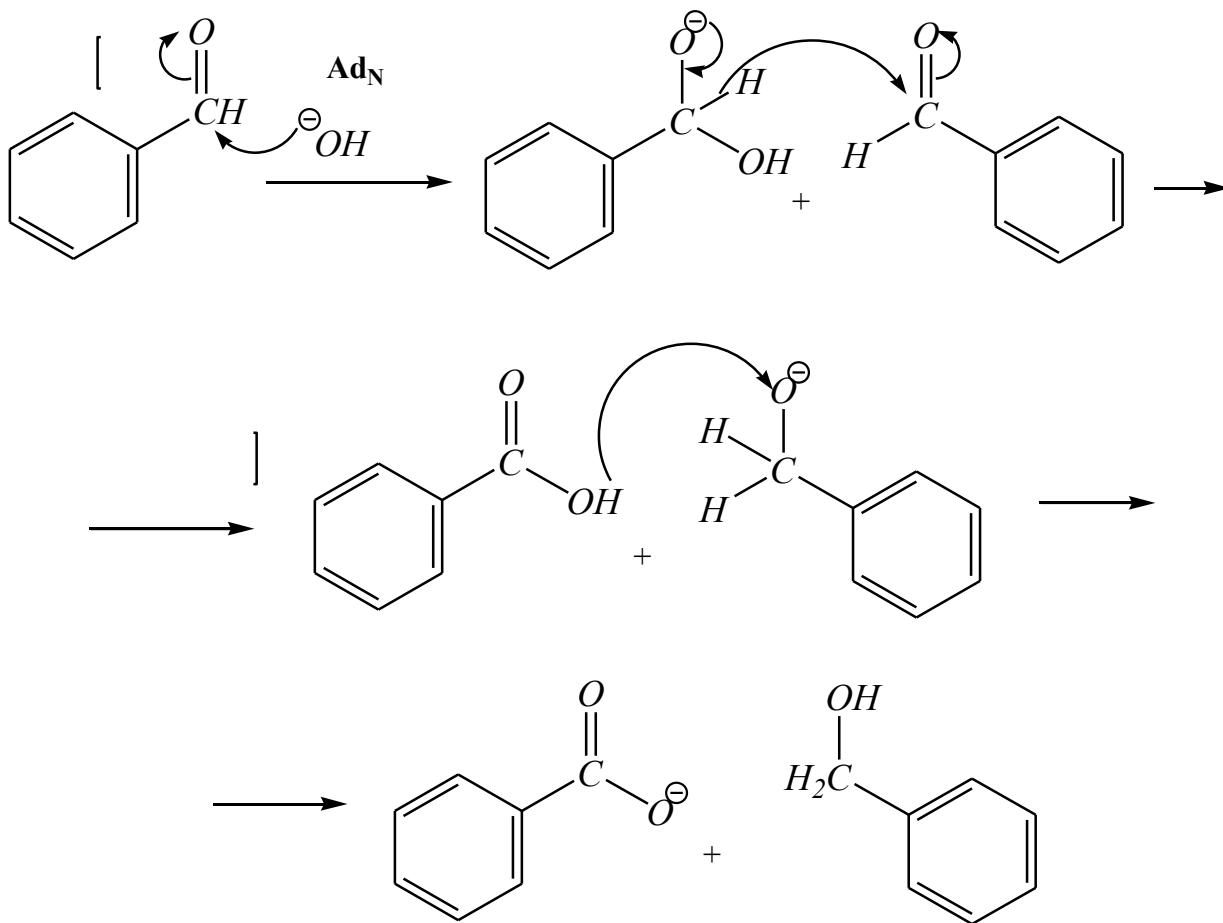
Через образование енольной формы протекают многие реакции карбонильных соединений: альдольно-кетоновая конденсация, аминотетилирование, галогенирование. Альдольно-кетоновую конденсацию

можно рассматривать как результат присоединения по карбонильной группе одной молекулы альдегида или кетона α -С-Н – связи другой молекулы:

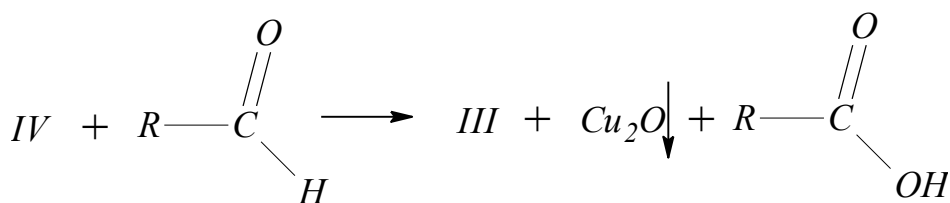
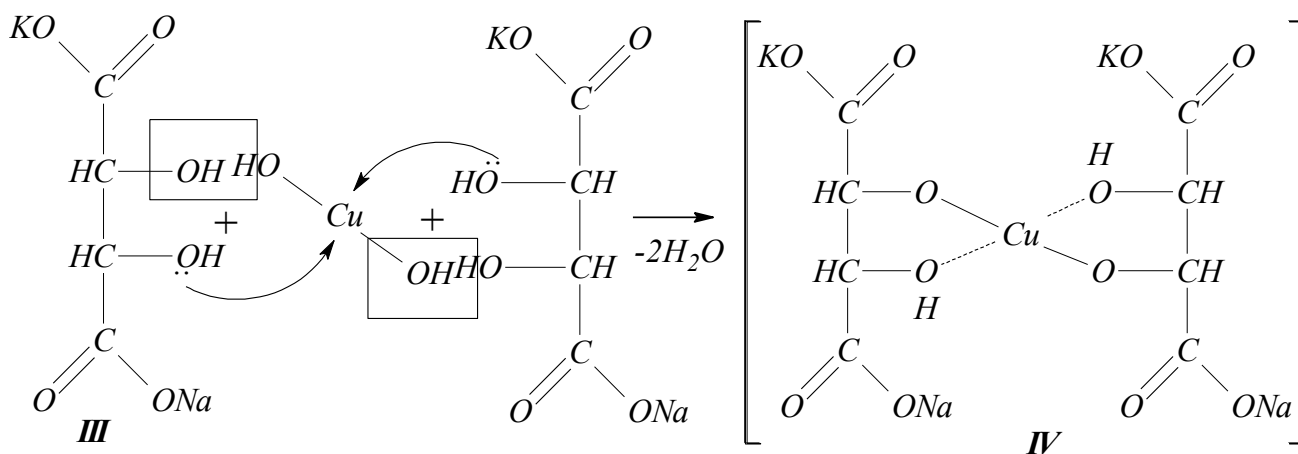


В присутствии слабых оснований (например, Na_2CO_3) конденсация завершается на стадии образования альдоля (I) и называется альдольной. В случае применения сильных оснований образуется продукт внутримолекулярной дегидратации альдоля (II). По названию такого продукта, образующегося при конденсации уксусного альдегида, – кротонового альдегида ($CH_3-CH=CH-CHO$) конденсация в целом называется **альдольно-кротоновой**.

В ароматических альдегидах карбонильная группа связана с ароматическим ядром, поэтому α -С-Н – связи в них отсутствуют. Вследствие этого в условиях альдольно-кротоновой конденсации (щелочные растворы) ароматические альдегиды подвергаются другой конденсации, называемой *перекрестной реакцией Канниццаро*. В ходе этой реакции образуется продукт восстановления альдегида (бензиловый спирт) и продукт окисления (соль бензойной кислоты). Механизм реакции можно представить так:



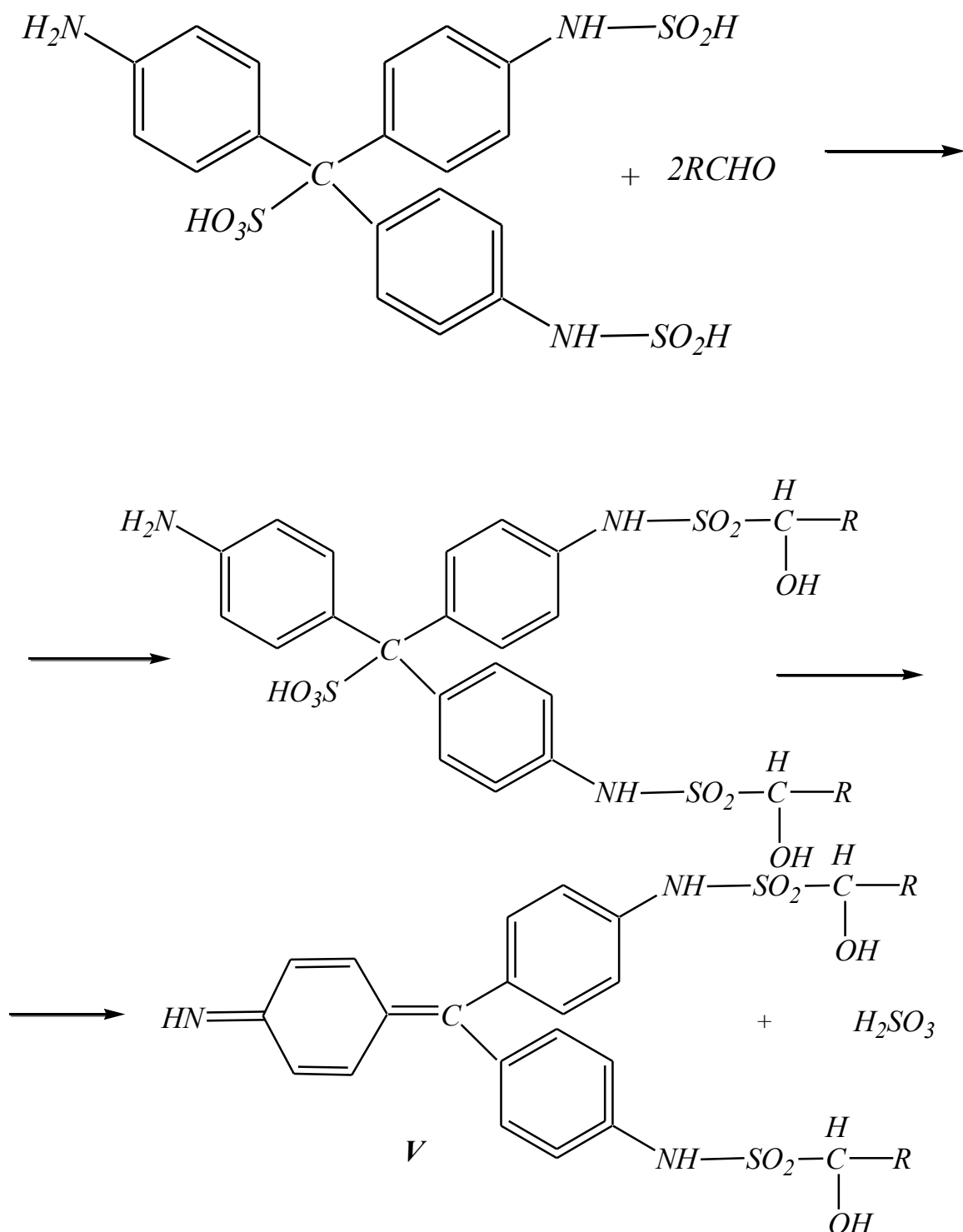
Галогенирование, протекающее через енольную форму альдегида или кетона, лежит в основе качественного обнаружения в составе соединения метильной группы, связанной с карбонильной группой. Соответствующая реакция называется йодоформной (проба Либена) и протекает в слабощелочной среде при добавлении раствора иода в иодиде калия к анализируемому метилкетону по уравнению:



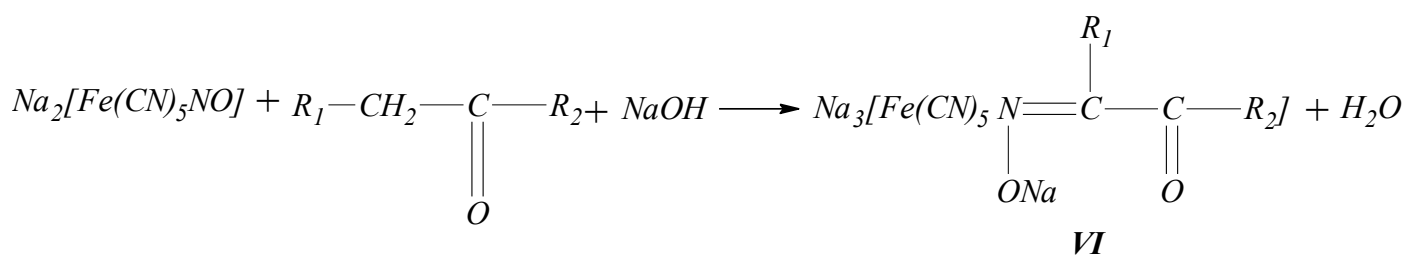
Образующийся комплекс меди (*IV*) вступает в окислительно-восстановительную реакцию с альдегидом. При этом одним из продуктов реакции является осадок оксида меди(I) красного цвета. Это очень важная качественная реакция на альдегидную группу, ее восстанавливающую способность. Она широко известна в биохимии и медицине как проба Троммера; в химии сахаров используется и для количественного определения. В некоторых случаях, в частности у формальдегида, являющегося наиболее активным из альдегидов, реакция может идти и дальше: до образования металлической меди («медного зеркала»). Следует отметить, что **ароматические альдегиды в эту реакцию не вступают**.

Для анализа карбонильной группы в гетерофункциональных соединениях часто применяют аналоги реактива Фелинга: реактив Бенедикта (смесь сульфата меди, карбоната натрия и цитрата натрия, в которой образуется комплексный цитрат меди) или реактив Гайнеса (щелочной раствор глицерата меди). В присутствии восстановителей (в том числе альдегидов) эти реактивы также дают красный осадок оксида меди(I).

Альдегиды, в отличие от кетонов, образуют с реактивом Шиффа (фуксинсернистой кислотой) продукты ярко-красного цвета (V):



Реакция альдегидов с реактивом Шиффа относится к цветным реакциям на карбонильные соединения. Другой цветной реакцией является проба Легалья с нитропруссидом натрия, которая протекает в щелочной среде по уравнению:



Образующееся комплексное соединение (**VI**) имеет коричнево-красную окраску, переходящую после подкисления в красно-фиолетовую. В присутствии альдегидов первоначально возникающая красная окраска при подкислении бледнеет и, наконец, исчезает. Реакция является общей для всех соединений, у которых карбонильная группа непосредственно связана, по меньшей мере, с одной метиленовой группой и широко используется при клинических анализах в медицинской практике. Отсюда очевидно, что **ароматические альдегиды в реакцию с нитропруссидом натрия не вступают.**

В ароматических альдегидах карбонильная группа связана с ароматическим ядром. В целом ароматические альдегиды и кетоны проявляют те же свойства, что и алифатические, но отличаются меньшей реакционной способностью, чем их алифатические аналоги. Это объясняется двумя причинами: смещением электронной плотности и стерическим фактором. Смещение электронной плотности с бензольного кольца на карбонильный атом углерода (вследствие мезомерного отрицательного эффекта со стороны карбонильной группы) приводит к уменьшению эффективного положительного заряда на атоме углерода карбонильной группы, что снижает способность ароматических альдегидов и кетонов вступать в реакции Ad_N . Стерический фактор – это пространственные препятствия для подхода атакующей частицы к реакционному центру (карбонильному атому углерода), что наблюдается со стороны ароматического кольца. Так, если с гидросульфитом натрия взаимодействуют любые альдегиды и алифатические метилкетоны, то **ароматические кетоны не присоединяют $NaHSO_3$.**

3.1 Лабораторная работа № 3. Получение и химические свойства карбонильных соединений

Опыт №1 Получение и обнаружение ацетальдегида

Реактивы и оборудование: 10%-ный раствор серной кислоты, этиловый спирт, реактив Шиффа (фуксинсернистая кислота), дихромат калия $K_2Cr_2O_7$, концентрированная серная кислота; пробки для пробирок с изогнутыми газоотводными трубками, пробирки, горелка.

Ход работы:

1) Для проведения опыта берут 2 пробирки: одна (сухая!) для получения альдегида (рабочая пробирка), другая – для сбора альдегида (пробирка-приемник). Прежде, чем получать альдегид готовят раствор во второй пробирке. Для этого во вторую пробирку добавляют 4 мл дистиллированной воды и от 3 до 4 капель фуксинсернистой кислоты.

2) Получают ацетальдегид. Для этого в первую сухую пробирку насыпают 0,5 г дихромата калия, приливают 2 мл 10 %-ного раствора серной кислоты и постепенно при встряхивании добавляют 2 мл этилового спирта (отмечают изменение температуры и цвета смеси). Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, помещают в пробиркодержатель и под углом 45° прогревают над пламенем горелки. Когда жидкость закипит (появится первый пузырек), направляют конец газоотводной трубки в пробирку-приемник. Прогревание проводят в течение 3 - 4 минут. Отмечают изменение окраски раствора фуксинсернистой кислоты.

Вопросы и задания

1 Напишите уравнение реакции окисления спирта дихроматом калия в кислой среде и оксидом меди(II) и подберите коэффициенты методом электронного баланса.

2 Какими еще методами можно получить уксусный альдегид? Приведите уравнения соответствующих реакций.

4 Какими методами (помимо реакции с фуксинсернистой кислотой) можно подтвердить образование альдегидов?

5 Какой механизм реакции альдегидов с фуксинсернистой кислотой? Напишите этот механизм.

Опыт №2 Получение и обнаружение акролеина

Реактивы и оборудование: глицерин, гидросульфат калия, бромная вода; пробирки, пробка с газоотводной трубкой, пробиркодержатель, спиртовка.

Ход работы:

Опыт проводят в вытяжном шкафу!

1) Для проведения опыта берут 2 пробирки: одна (сухая!) для получения альдегида (рабочая пробирка), другая – для сбора альдегида (пробирка-приемник). Перед получением акролеина готовят пробирку-приемник. Для этого во вторую пробирку наливают 2 мл бромной воды.

2) Для получения акролеина в рабочую пробирку наливают 0,5 мл глицерина, насыпают около 1 см по высоте пробирки гидросульфата калия и нагревают до появления белых паров. Закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой, конец которой погружают в пробирку-приемник с бромной водой. Отмечают изменение цвета бромной воды.

Вопросы и задания

1 Напишите уравнение и механизм реакции получения акролеина из глицерина.

2 Какими другими методами можно получить акролеин?

3 Как помимо взаимодействия с бромной водой можно еще качественно обнаружить получаемый акролеин? Напишите уравнения реакций.

4 Какие свойства проявляет акролеин в реакции с бромной водой?

Опыт №3 Проба Легалья

Реактивы и оборудование: 10 %-ный раствор формальдегида, ацетон (метилэтилкетон), бензальдегид, 0,5 %-ный водный раствор нитропруссид натрия, 1 М раствор гидроксида натрия; пипетки, пробирки.

Ход работы:

В три пробирки наливают по 1 мл дистиллированной воды, затем в одну из них добавляют 0,5 мл формальдегида, а во вторую – такой же объем ацетона, в третью - бензальдегида. К полученным смесям приливают несколько капель 1 М раствора гидроксида натрия, а затем 3 капли 0,5 %-го раствора нитропруссид натрия. Наблюдают изменение цвета в пробирках.

Вопросы и задания

1 Чем объясняется появление окрашивания при взаимодействии алифатических альдегидов и кетонов с нитропруссидом натрия? Напишите уравнения наблюдаемых в опыте реакций.

2 Каким образом по пробе Легалья можно отличить альдегиды от кетонов?

3 Почему ароматические альдегиды не дают положительную пробу Легалья?

Опыт №4 Получение и гидролиз уротропина

Реактивы и оборудование: 40%-ный раствор формальдегида (формалин), концентрированный раствор аммиака, 1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина, 10 %-ный раствор гидроксида натрия; пробирки, предметное стекло, пробиркодержатели, спиртовка.

Ход работы:

В пробирку помещают каплю раствора фенолфталеина и по одному мл раствора формальдегида и раствора аммиака. Добавляют еще несколько капель раствора аммиака до образования не исчезающего малинового окрашивания (избыток аммиака). Несколько капель раствора переносят на предметное стекло и

осторожно упаривают в пламени спиртовки до появления кристаллов уротропина (гексаметилентетрамина). Раствор уротропина делят на две пробирки.

В одну пробирку добавляют при встряхивании от 2 до 4 капель раствора гидроксида натрия, в другую – 2 капли соляной кислоты. Растворы нагревают до кипения, отмечая запах (нюхать осторожно).

В пробирках после гидролиза проводят реакцию с фуксинсернистой кислотой.

Вопросы и задания

1 Напишите уравнения синтеза уротропина. Какого цвета кристаллы полученного продукта?

2 Какова реакция среды водного раствора уротропина?

3 Какие качественные признаки свидетельствуют о гидролизе уротропина?

Составьте уравнения соответствующих реакций.

Опыт №5 Йодоформная реакция с ацетоном

Реактивы и оборудование: раствор иода (9 %) в иодиде калия (18 %), 10 %-ный раствор гидроксида натрия, ацетон; пробирки, пробиркодержатель, водяная баня, термометр, электроплитка.

Ход работы:

В пробирку помещают 0,5 мл раствора иода в иодиде калия и добавляют по каплям 10 %-ного раствора гидроксида натрия до обесцвечивания иода. Встряхивая содержимое пробирки, добавляют 3 капли ацетона. Отмечают цвет и запах образующегося осадка.

Вопросы и задания

1 По каким признакам можно судить об образовании йодоформа? Напишите уравнения и механизм йодоформной реакции с исследуемыми веществами.

2 Какие вещества способны давать йодоформную реакцию?

3 В какой форме участвуют карбонильные соединения в йодоформной реакции? В каких условиях она протекает?

Опыт №6 Реакция серебряного зеркала

Реактивы и оборудование: 5 %-ный раствор формальдегида, бензальдегид, 10 %-ный раствор гидроксида натрия, 1 %-ный раствор нитрата серебра, 5 %-ный раствор аммиака; водяная баня, термометр, пробирка, пробиркодержатель.

Ход работы:

Перед проведением эксперимента 2 пробирки промывают 10 %-ным раствором гидроксида натрия и споласкивают дистиллированной водой. В каждую промытую пробирку добавляют 2 - 3 мл 1 %-ного раствора нитрата серебра и затем при встряхивании по каплям прибавляют 5 %-ный раствор аммиака до тех пор, пока образующийся вначале осадок полностью не растворится. К прозрачному, бесцветному аммиачному раствору гидроксида серебра прибавляют в первую - 0,5 мл раствора 5 %-ного раствора формальдегида, во вторую - 0,5 мл бензальдегида. Пробирки несколько минут нагревают на водяной бане при температуре воды от 70 до 80 °С до начала побурения раствора (*до кипения не доводить*). Отмечают, наблюдается ли появление на стенках пробирок блестящего серебряного налета («серебряное зеркало»).

Опыт №7 Проба Троммера

Реактивы и оборудование: 10 %-ный раствор гидроксида натрия (NaOH), растворы для приготовления реактива Фелинга (Фелинг-1: 5%-ный раствор сульфата меди(II); Фелинг-2: щелочной раствор сегнетовой соли (173 г тартрата натрия, калия и 50 г гидроксида натрия в 500 мл воды), 5%-ый раствор формалина, бензальдегид; пробирка, пробиркодержатель, водяная баня.

Ход работы:

Перед проведением опыта готовят реактив Фелинга (Фелингову жидкость). Для этого смешивают равные объемы (по 0,5 мл) растворов Фелинг-1 и Фелинг-2. Полученный реактив распределяют по двум пробиркам и далее добавляют: в

первую пробирку - 1 мл 5 %-ного раствора формальдегида, во вторую - 1 мл бензальдегида. Содержимое пробирок слегка нагревают в верхней части раствора, затем перемешивают все содержимое и нагревают в полном объеме. Отмечают наблюдения.

Вопросы и задания

1 Какое комплексное соединение серебра образуется при взаимодействии нитрата серебра с избытком аммиака? Как называется этот реактив?

2 Напишите уравнение реакции формальдегида с аммиачным раствором гидроксида серебра. Является ли данная реакция качественной на альдегиды и кетоны?

3 Напишите уравнение реакции формальдегида с жидкостью Фелинга. Вступают ли в эту реакцию кетоны? Приведите объяснение.

4 Какие еще реактивы можно использовать для качественного обнаружения альдегидов?

5 Почему ароматические альдегиды не вступают в эту реакцию?

Опыт №8 Свойства ароматических карбонильных соединений

Реактивы и оборудование: бензальдегид, гидрохлорид фенилгидразона, ацетат натрия, анилин, этанол, 10 %-ный спиртовой раствор гидроксида калия; пробирки, пробки для пробирок, водяная баня, термометр, электроплитка, химические стаканы, лед.

Ход работы:

8.1 *Реакция бензальдегида с фенилгидразином (получение фенилгидразона бензойного альдегида).* В пробирке растворяют 0,2 г ацетата натрия и 0,1 г гидрохлорида фенилгидразина в 3 мл воды и хорошо перемешивают. К полученному раствору добавляют 3 капли бензальдегида. Пробирку закрывают пробкой и энергично встряхивают.

8.2 *Получение бензальанилина (основания Шиффа).* В пробирку наливают 0,5 мл бензальдегида и 0,5 мл анилина. К полученной смеси добавляют 2 капли

этанола, пробирку закрывают пробкой и сильно встряхивают. Через некоторое время масса застывает. Для ускорения этого процесса пробирку охлаждают. Отмечают цвет осадка.

8.3 Перекрестная реакция Канницаро. В пробирку наливают 1 - 1,5 мл 10 %-ного спиртового раствора гидроксида калия и добавляют 6 капель бензальдегида. Пробирку закрывают пробкой и встряхивают. Смесь разогревается, а после охлаждения выпадает осадок бензоата калия.

Вопросы и задания

1 Какие из исследуемых реакций характерны для алифатических альдегидов и кетонов?

2 Напишите уравнения и механизмы исследуемых реакций. Как называют эти механизмы?

3 Что такое основания Шиффа? При взаимодействии каких веществ они образуются?

4 Могут ли алифатические альдегиды вступать в реакцию Канницаро? Если – да, то какие? Какие реакции обычно протекают в условиях реакции Канницаро с алифатическими альдегидами?

5 По какому механизму протекает реакция бензальдегида с фенилгидразином? Приведите этот механизм. Для чего в этой реакции используется ацетат натрия? Где применяют фенилгидразоны?

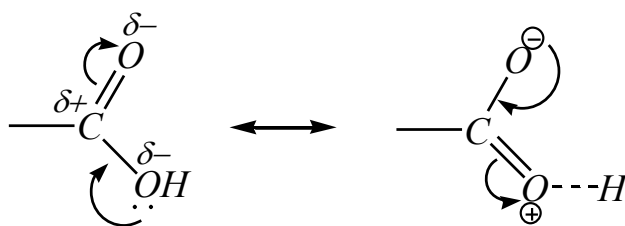
6 Какие другие свойства, кроме исследуемых характерны для ароматических альдегидов?

4 Карбоновые кислоты

Карбоновые кислоты относятся к производным углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на карбокси-группу - COOH . По числу карбоксильных групп различают одно- и многоосновные карбоновые кислоты (двух-, трех-, четырех- и т.д.). В зависимости от строения углеводородного радикала, связанного с карбоксильной группой, кислоты подразделяются на алифатические (насыщенные и ненасыщенные), алициклические, ароматические, гетероциклические.

К основным методам получения карбоновых кислот относят окисление алканов, алкенов, алкинов, первичных спиртов, альдегидов, кетонов, взаимодействие металлоорганических соединений с диоксидом углерода с последующим гидролизом, гидролиз производных карбоновых кислот, оксосинтез.

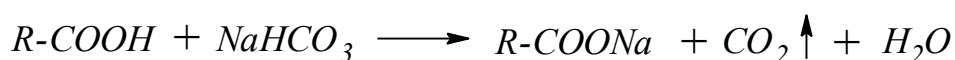
Химические свойства карбоновых кислот определяются строением карбоксильной группы, распределением в ней электронной плотности, которое выглядит следующим образом:



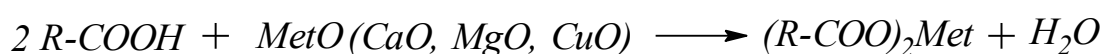
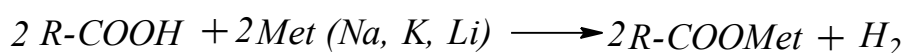
Карбоксильную группу можно рассматривать как непосредственно связанные две функциональные группы – карбонильную (соответствующую альдегидам и кетонам) и гидроксильную (соответствующую спиртам). В результате проявляется «взаимное влияние атомов», точнее функциональных групп друг на друга. Положительный мезомерный эффект со стороны атома кислорода с неподеленной электронной парой по отношению к π -связи карбонильной группы приводит, с одной стороны, к увеличению кислотности ОН-группы по сравнению

со спиртами, а, с другой стороны, к уменьшению частичного положительного заряда на атоме углерода карбонильной группы. Поэтому карбоновые кислоты менее склонны к реакциям нуклеофильного присоединения по карбонильной группе по сравнению с альдегидами и кетонами.

Кислотные свойства карбоновых кислот используются для качественного обнаружения и выделения карбоновых кислот. С этой целью к анализируемому органическому веществу или смеси добавляют соли угольной кислоты (Na_2CO_3 или NaHCO_3), являющейся более слабой кислотой, чем большинство карбоновых кислот (смотри приложение Б, таблица Б.1). При этом наблюдается выделение углекислого газа вследствие разложения вытесняемой угольной кислоты по уравнению:



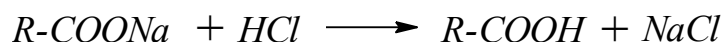
Замещение водорода карбоксила кислоты металлом происходит при взаимодействии с некоторыми достаточно активными металлами, оксидами некоторых металлов и щелочами с образованием солей:



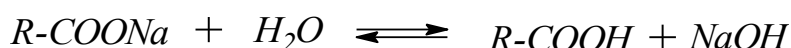
Реакция нейтрализации органических кислот щелочами применяется в фармакопейном анализе для количественного определения кислот.

Образующиеся при взаимодействии со щелочами соли карбоновых кислот имеют ионную природу, поэтому растворимы в воде. Таким образом, происходит отделение карбоновых кислот от большинства органических соединений в виде водорастворимых солей. При подкислении водного раствора солей карбоновых

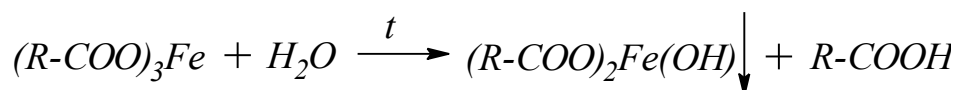
кислот сильными минеральными кислотами происходит выделение самих карбоновых кислот в отдельную органическую фазу (если соответствующие кислоты плохо растворимы в воде):



Так как органические кислоты — слабые кислоты, то их соли в водных растворах обычно сильно гидролизваны и имеют щелочную реакцию:



При образовании в результате гидролиза малорастворимых гидроксидов или основных солей гидролиз идет полностью. Так, например, реакцию гидролиза трикарбоксилатов железа (солей муравьиной, уксусной и пропионовой кислот), протекающую при нагревании по уравнению:



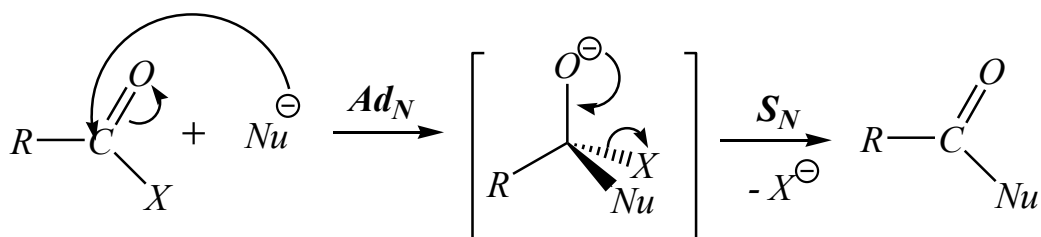
применяют для удаления ионов трехвалентного железа из хлоридных растворов.

Соли высших карбоновых кислот называют мылами. Натриевые и калиевые соли высших карбоновых кислот растворимы в воде и обладают свойствами поверхностноактивных веществ, благодаря длинному гидрофобному углеводородному радикалу и гидрофильной карбоксилатной группе.

С сильными нуклеофильными реагентами (аммиаком и его производными, металлоорганическими соединениями, алкоголями) карбоновые кислоты реагируют как с основаниями, образуя соли.

С более слабыми нуклеофилами (спиртами, галогенид-анионами, перекисью водорода) вступают в реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной

группе после активации карбонильной группы кислотами Льюиса. Продукт присоединения подвергается внутримолекулярному нуклеофильному замещению. В целом такие реакции являются типичными для карбоновых кислот и их производных и протекают по механизму нуклеофильного присоединения с последующим нуклеофильным замещением ($Ad_N - S_N$):



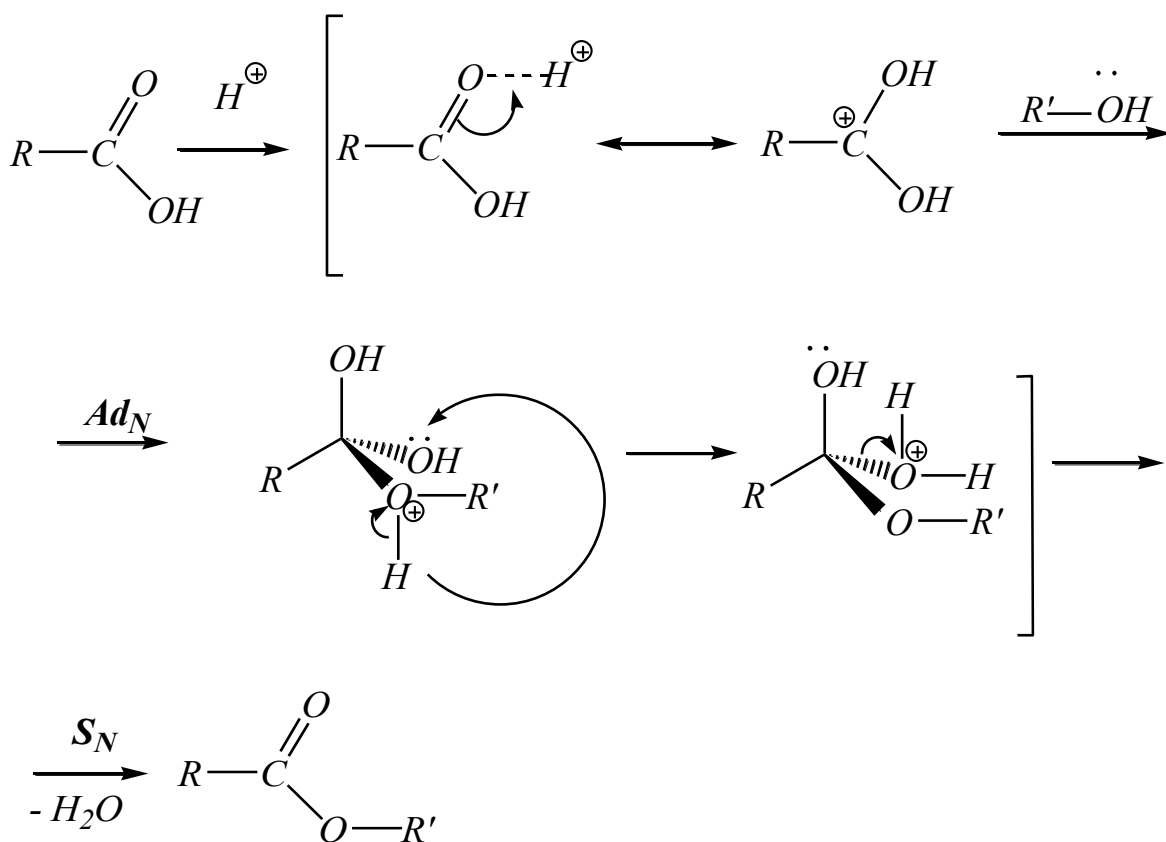
В этом уравнении уходящая группа X связана первоначально с остатком карбоновой кислоты – *ацил*-радикалом - и соответствует либо карбоновой кислоте (если $X \equiv OH$), либо какому-то ее производному. В результате реакций $Ad_N - S_N$ происходит перенос ацил-радикала карбоновых кислот на нуклеофильную составляющую реагента. Такие реакции называют *ацилированием*, а исходные производные – *ацилирующими агентами*. В таблице 4 приведены названия производных карбоновых кислот в зависимости от природы уходящей группы X в порядке увеличения их ацилирующей активности.

Таблица 4 – Производные карбоновых кислот $R-COOX$

Природа уходящей группы X	Название производного карбоновой кислоты
$OMet^+$	Соли карбоновых кислот
OH	Карбоновые кислоты
NH_2	Амиды карбоновых кислот
OR'	Сложные эфиры
$OCOR'$	Ангидриды
Hal	Галогенангидриды

Карбоновые кислоты в этом ряду более активны, чем соли, но значительно слабее других производных. Механизм реакции $Ad_N - S_N$ с предварительной

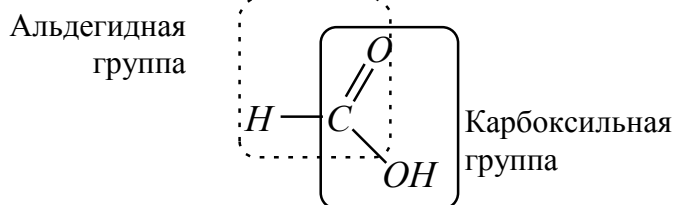
активацией карбонильной группы карбоновой кислоты на примере реакции этерификации выглядит следующим образом:



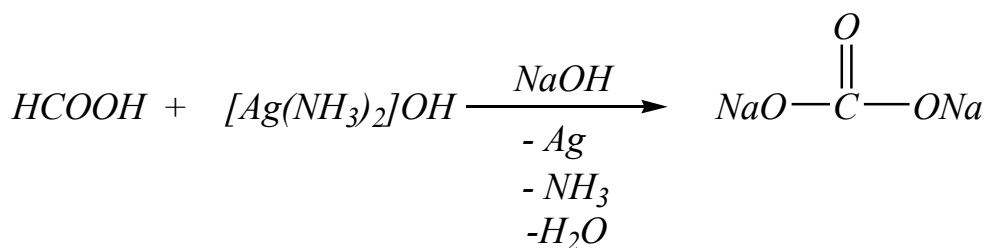
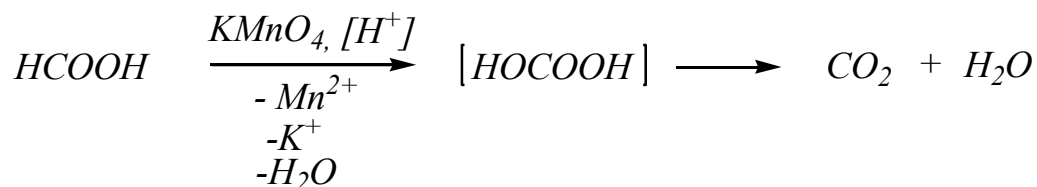
Реакция этерификации иногда используется для качественного обнаружения карбоновых кислот или спиртов, поскольку образующиеся сложные эфиры часто имеют приятный специфический аромат.

Реакция этерификации обратима, поэтому если ее используют в препаративных целях, то равновесие смещают вправо. Для этой цели чаще всего удаляют воду из реакционной среды (азеотропная отгонка с бензолом) или используют большой избыток дешевого реагента (кислоты или спирта), который должен быть достаточно реакционноспособным.

В ряду предельных одноосновных кислот особыми свойствами обладает муравьиная кислота. Это связано с тем, что в составе муравьиной кислоты можно выделить и альдегидную, и карбоксильную функциональные группы:

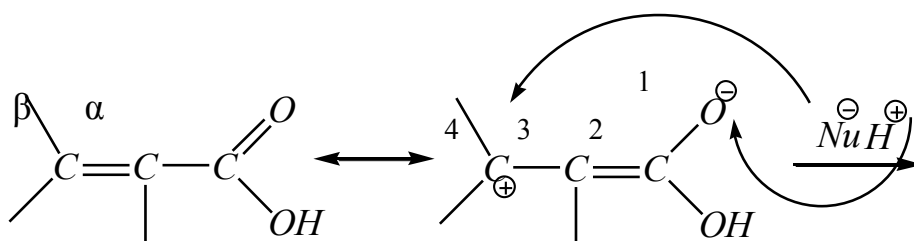


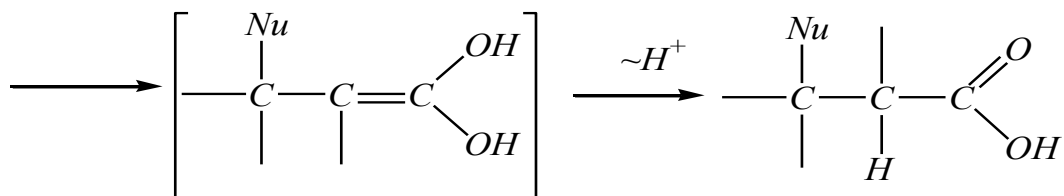
Поэтому муравьиная кислота обладает, помимо свойств карбоновых кислот, свойствами альдегидов. Муравьиная кислота и ее соли легко окисляются с образованием угольной кислоты в кислых растворах и ее солей в щелочных растворах:



Концентрированная серная кислота разрушает муравьиную до оксида углерода(II) и воды.

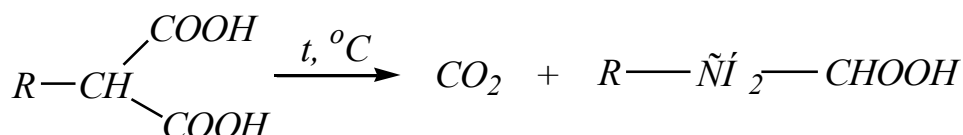
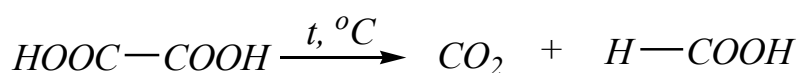
Непредельные карбоновые кислоты обладают свойствами карбоновых кислот и непредельных углеводородов. Специфические свойства проявляются для α, β – непредельных карбоновых кислот, в которых карбоксильная группа и π -связь расположены по-соседству. Вследствие проявления эффекта сопряжения такие карбоновые кислоты вступают в реакции 1,4-присоединения по сопряженной системе π -связей:





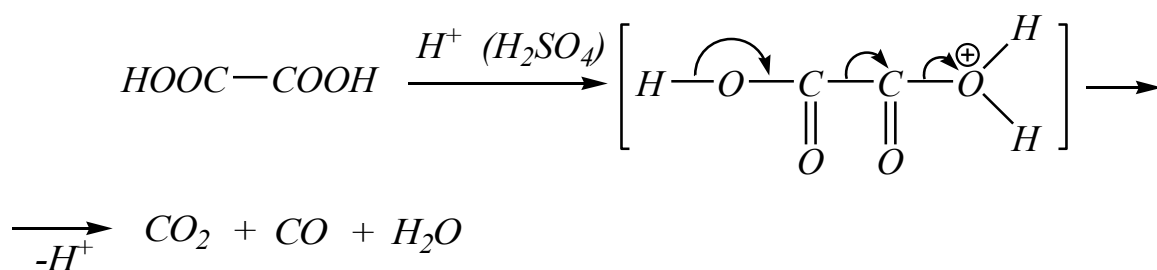
Ди- и поликарбоновые кислоты являются более сильными кислотами по сравнению с монокрбонowymi вследствие отрицательного индуктивного эффекта карбоксильных групп. Чем ближе в углеродной цепи расположены карбоксильные группы, тем сильнее кислоты.

Особые свойства дикарбоновых кислот проявляются в тех случаях, когда карбоксильные группы непосредственно связаны между собой (щавелевая кислота) или разделены одним метиленовым звеном (малоновая кислота и алкилмалоновые кислоты). При нагревании такие кислоты декарбоксилируются:

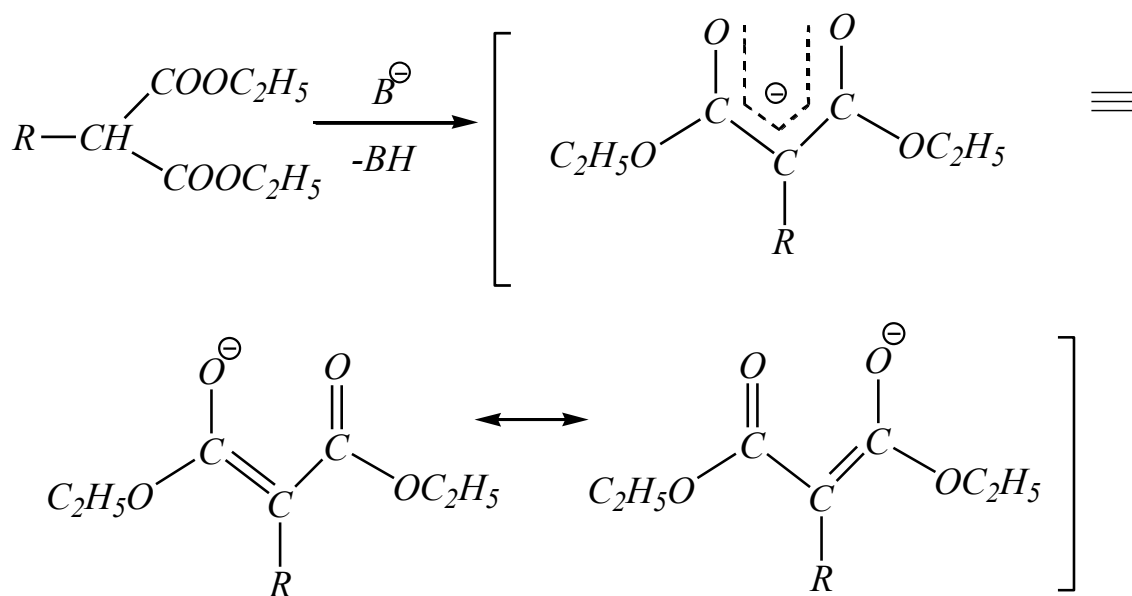


В присутствии окислителей образующаяся при декарбоксилировании щавелевой кислоты муравьиная кислота окисляется до угольной, которая в кислой среде разлагается на углекислый газ и воду.

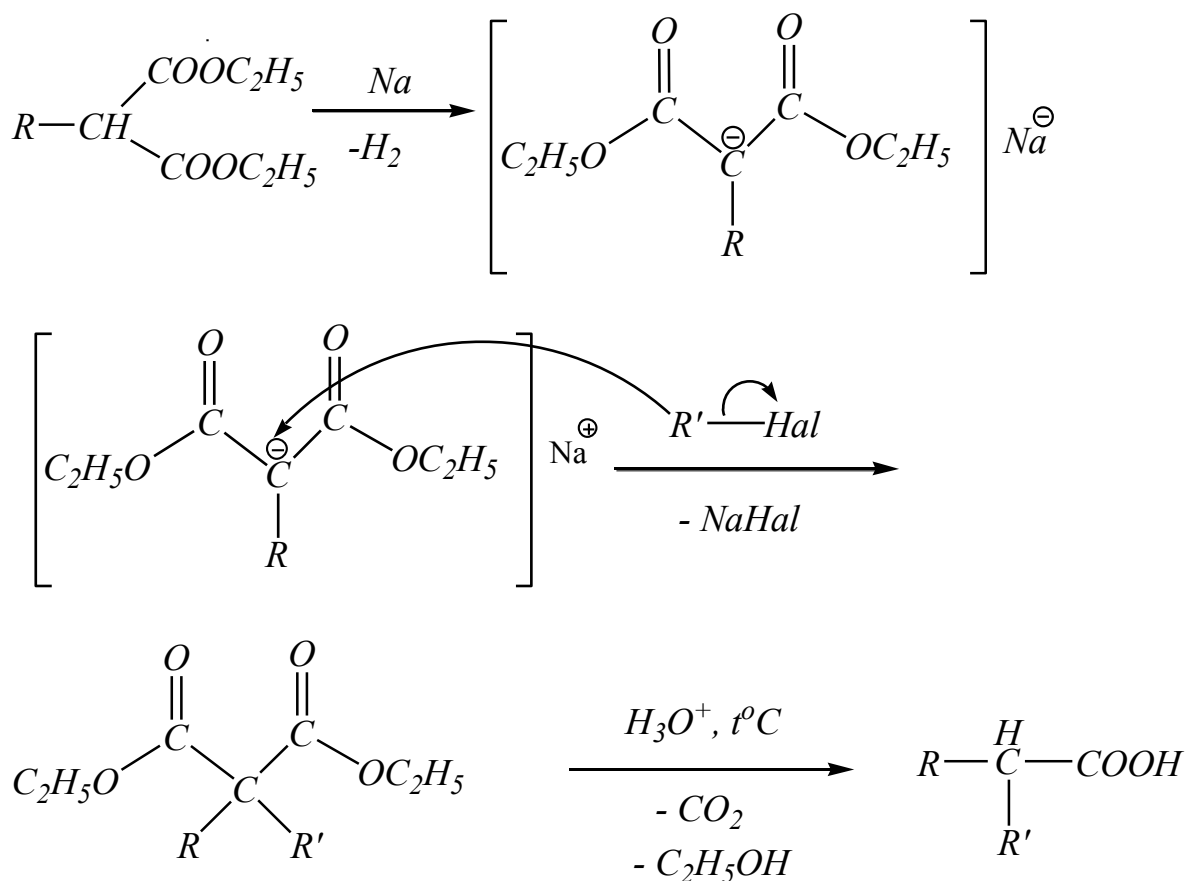
Под действием концентрированной серной кислоты щавелевая кислота разлагается с образованием оксидов углерода(II) и (IV) и воды:



Специфические свойства алкилмалоновых кислот и их сложных эфиров проявляются в подвижности протона, связанного с двумя карбоксильными группами, который снимается сильными основаниями. Поэтому такие соединения способны проявлять свойства С-Н – кислот. Образующийся в результате отщепления протона карбоанион обладает устойчивостью вследствие проявления мезомерного эффекта со стороны двух соседних карбоксильных групп:



Образующийся карбоанион проявляет нуклеофильные свойства и легко вступает в реакции нуклеофильного замещения. При этом в роли нуклеофильного центра в малоновом карбоанионе выступает углерод, обладающий меньшей электроотрицательностью, чем кислород и поэтому легче предоставляющий электронную пару на образование связи с электронодефицитным атомом углерода в субстрате. Такие реакции в сочетании с декарбоксилированием часто используются в синтетических целях для получения различных монокарбоновых кислот, а также ди- и поликарбоновых кислот, α,β – непредельных карбоновых кислот, галогензамещенных карбоновых кислот. Например, схема получения диалкилуксусных кислот из малонового эфира выглядит следующим образом:



4.1 Лабораторная работа № 4. Химические свойства карбоновых кислот

Опыт №1 Сравнение силы карбоновых и минеральных кислот

Реактивы и оборудование: 0,1 М растворы муравьиной, уксусной, масляной, щавелевой, стеариновой и соляной кислот, универсальная индикаторная бумага со шкалой рН.

На полоску индикаторной бумаги наносят по капле растворов органических и соляной кислот и по шкале определяют рН этих растворов. Результаты опыта записывают в рабочей тетради.

Вопросы и задания

1 Как меняются кислотные свойства карбоновых кислот в зависимости от их строения? Расположите исследуемые кислоты в порядке увеличения их

кислотности.

2 Почему карбоновые кислоты являются более сильными кислотами, чем спирты, но более слабыми, чем минеральные кислоты?

Опыт №2 Реакции окисления муравьиной кислоты

Реактивы и оборудование: муравьиная кислота, 10 %-ный раствор гидроксида натрия, 5 %-ный раствор аммиака, 1 %-ный раствор нитрата серебра, 10 %-ный раствор серной кислоты, 5 %-ный раствор перманганата калия, известковая вода; водяные бани, пипетки, пробки с изогнутыми газоотводными трубками, пробирки.

2.1 Окисление муравьиной кислоты аммиачным реактивом Толленса (реакция «серебряного зеркала»). Для приготовления аммиачного раствора гидроксида серебра к 3 мл 1 %-ного раствора нитрата серебра добавляют 2 капли 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Образовавшийся осадок оксида серебра растворяют, добавляя по каплям 5 %-ный раствор аммиака. К полученному прозрачному раствору приливают 0,5 мл муравьиной кислоты. Пробирку с реакционной смесью нагревают на горячей водяной бане до появления изменений (при 70 – 80 °С).

2.2 Окисление муравьиной кислоты перманганатом калия. В пробирку помещают 0,5 мл муравьиной кислоты, 1 мл 10 %-ного раствора серной кислоты и 2 мл 5 %-ного раствора перманганата калия. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, конец которой помещают в пробирку с известковой водой. Реакционную смесь нагревают на пламени горелки. Через некоторое время розовая окраска раствора переходит в бурую, а затем раствор обесцвечивается. Известковая вода мутнеет вследствие образования осадка карбоната натрия.

Вопросы и задания

1 Почему муравьиная кислота легко окисляется в отличие от других карбоновых кислот? Напишите уравнения окисления муравьиной кислоты используемыми в опытах окислителями?

2 Какая качественная реакция лежит в основе обнаружения газообразного продукта окисления муравьиной кислоты (какого?)? Напишите уравнения

соответствующей реакции.

Опыт №3 Свойства уксусной кислоты и ее солей

Реактивы и оборудование: ледяная уксусная кислота, 10 %-ный раствор уксусной кислоты, 10 %-ный раствор карбоната натрия, 20 %-ный раствор ацетата натрия, металлический магний, оксид меди(II), 3 %-ный раствор хлорида железа(III); газоотводные трубки с оттянутым концом, пробирки, пробиркодержатели.

3.1 Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия. К 2 мл 10 %-ного карбоната натрия приливают 1 мл ледяной уксусной кислоты. Наблюдают выделение газа.

3.2 Взаимодействие уксусной кислоты с магнием и оксидом меди(II)

В пробирку наливают 2 мл уксусной кислоты и добавляют 0,1 г металлического магния. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой с оттянутым концом. Выделяющийся газ через некоторое время поджигают.

В пробирку вносят 0,1 г оксида меди(II) и 2 мл уксусной кислоты, а затем ее осторожно нагревают на пламени горелки. Обращают внимание на изменение цвета раствора.

3.3 Образование и гидролиз ацетата железа(III). В пробирку приливают 0,5 мл 20 %-ного раствора ацетата натрия и добавляют столько же 3 %-ного раствора хлорида железа(III). Наблюдают изменение окраски реакционной смеси. Содержимое пробирки нагревают до кипения и отмечают изменения в пробирке.

Вопросы и задания

1 Какой газ выделяется при взаимодействии уксусной кислоты с карбонатом натрия? Напишите уравнение соответствующей реакции. Какой вывод можно сделать о кислотных свойствах уксусной и угольной кислот? Будет ли уксусная кислота взаимодействовать с растворами сульфата натрия и хлорида натрия? Где реакция с карбонатом натрия может быть использована в лабораторной практике?

2 Какой газ выделяется в реакции с магнием? Какое производное уксусной кислоты образуется при взаимодействии уксусной кислоты с магнием и оксидом магния? Напишите уравнения соответствующих реакций. Какие металлы могут реагировать с уксусной кислотой аналогичным образом?

3 Напишите уравнения образования и гидролиза ацетата железа(III). Почему протекает полный гидролиз ацетата железа? Для каких целей применяют эту реакцию?

Опыт №4 Получение изоамилацетата. В сухую пробирку наливают 2 мл ледяной уксусной кислоты, 2 мл изоамилового спирта и 1 каплю концентрированной серной кислоты. Содержимое пробирки тщательно перемешивают. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником и нагревают на кипящей водяной бане от 7 до 10 мин. Затем ее охлаждают, снимают обратный холодильник и переливают содержимое в другую пробирку с двумя – тремя мл ледяной воды. Отмечают запах образовавшегося изоамилацетата (*нюхать осторожно, так как изоамилацетат вызывает раздражение верхних дыхательных путей*).

Вопросы и задания

1 Рассмотрите механизм реакции этерификации на примере образования этилацетата и изоамилацетата. Как называется этот механизм?

2 В чем заключается роль серной кислоты? Почему при добавлении избытка концентрированной серной кислоты сложный эфир карбоновой кислоты не образуется? Какими приемами можно увеличить выход сложного эфира в реакции этерификации?

3 Какие реакции называют ацилированием? Можно ли реакцию этерификации отнести к реакциям ацилирования? Какое вещество ацилируется в реакции этерификации?

4 При образовании сложных эфиров они выделяются в отдельную органическую фазу. Какой слой представляет собой органическая фаза – верхний или нижний? Ответ мотивируйте справочными данными.

Опыт №5 Свойства щавелевой кислоты

Реактивы и оборудование: насыщенный раствор щавелевой кислоты, 1 М раствор щавелевой кислоты, 2 М раствор гидроксида калия, 10 %-ный раствор хлорида кальция, 10 %-ный раствор уксусной кислоты, 10 %-ная соляная кислота, 10 %-ный раствор серной кислоты, 5 %-ный раствор перманганата калия, известковая вода; пробирки, пробки для пробирок с изогнутыми газоотводными трубками, газоотводные трубки с оттянутым концом, химические воронки, фильтры, пипетки, пробиркодержатели, горелка.

5.1 Получение калиевых солей щавелевой кислоты. В пробирку наливают 2 мл 1 М раствора щавелевой кислоты и добавляют по каплям 2 М раствор гидроксида калия. Наблюдают выпадение осадка кислой калиевой соли щавелевой кислоты, которая затем растворяется в избытке щелочи, образуя среднюю соль.

5.2 Декарбонирование щавелевой кислоты при нагревании. В сухую пробирку вносят ~ 1 г щавелевой кислоты. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой опускают в пробирку с известковой водой, и нагревают.

5.3 Окисление щавелевой кислоты перманганатом калия. В пробирку наливают 1 мл насыщенного раствора щавелевой кислоты, добавляют 1 мл 10 %-ного раствора серной кислоты и 2 мл 5 %-ного раствора перманганата калия. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой погружают в известковую воду. Реакционную смесь несильно нагревают. Отмечают изменения в нагреваемой пробирке и в приемнике.

Вопросы и задания

1 Какие специфические свойства проявляет щавелевая кислота? Чем они объясняются?

2 Напишите уравнение реакции получения щавелевой кислоты из формиата натрия. Какой побочный продукт образуется в этой реакции и каким образом доказывается его выделение? Напишите уравнение реакции.

3 Напишите уравнение реакции образования оксалата кальция. Что наблюдается при его образовании? Почему оксалат кальция растворим в соляной кислоте, но нерастворим в уксусной?

4 Напишите уравнения реакций декарбоксилирования щавелевой кислоты при нагревании и в присутствии окислителя – перманганата калия. Каким образом подтверждается образование продуктов декарбоксилирования? Напишите соответствующие уравнения реакции.

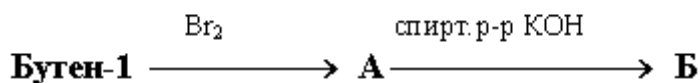
5 Тестовый самоконтроль

Галогенпроизводные углеводородов

1 Взаимодействие 2,2,3-триметилбутана с бромом в CCl_4 при облучении приводит к образованию в качестве главного продукта:

- а) 1-бром-2,2,3-триметилбутана;
- б) 1-бром-2,3,3-триметилбутана;
- в) 2-бром-2,3,3-триметилбутана;
- г) 2-бром-2,3-диметилпентана;
- д) 3-бромгексана.

2 В приведенной цепочке превращений продуктами **А** и **Б** являются

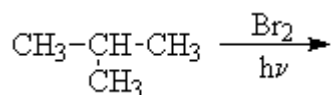


- а) А – 1,4-дибромбутан и Б – бутен-1;
- б) А – 1,2-дибромбутан и Б – бутин-2;
- в) А – 1,2-дибромбутан и Б – бутин-1;
- г) А – 2,2-дибромбутан и Б – бутен-2;
- д) А – 1,2-дибромбутан и Б – бутадиен-1,3.

3 Какое соединение состава $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}$ при гидролизе образует первичный спирт, а при дегидробромировании и последующем гидробромировании продукта – третичное бромпроизводное того же состава?

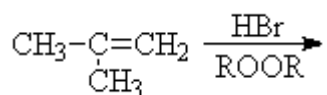
- а) *n*-бутилбромид;
- б) *втор*-бутилбромид;
- в) *трет*-бутилбромид;
- г) изобутилбромид;
- д) 1-бромбутан.

4 Основной продукт реакции



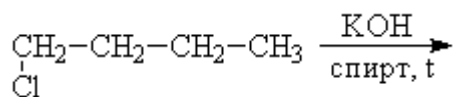
- а) 2-бром-2-метилпропан;
- б) 1-бром-2-метилпропан;
- в) 1,2-дибром-2-метилпропан;
- г) 1-бромпропан;
- д) 2-бромпропан.

5 Основной продукт реакции



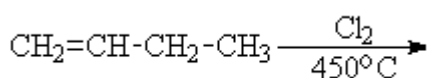
- а) 2-бром-2-метилпропан;
- б) 1-бром-2-метилпропан;
- в) 1,2-дибром-2-метилпропан;
- г) 1-бромпропан;
- д) 2-бромпропан.

6 Основной продукт реакции



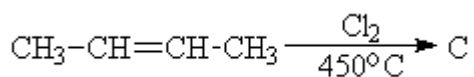
- а) бутен-1;
- б) бутен-2;
- в) бутанол-1;
- г) бутанол-2;
- д) 2-хлорбутан.

7 Основной продукт реакции



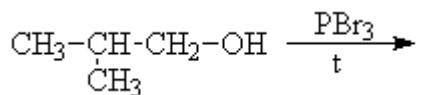
- а) 3-хлорбутен-1;
- б) 1,2-дихлорбутан;
- в) 2-хлорбутен-1;
- г) 4-хлорбутен-1;
- д) 2-хлорбутан.

8 Основной продукт реакции



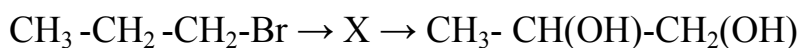
- а) 1-хлорбутен-1;
- б) 1-хлорбутен-2;
- в) 2-хлорбутен-1;
- г) 2-хлорбутен-2;
- д) 2,3-дихлорбутан.

9 Основной продукт реакции



- а) 2-бром-2-метилпропан;
- б) 1-бром-2-метилпропан;
- в) 1,2-дибром-2-метилпропан;
- г) 1-бромпропан;
- д) 2-бромпропан.

10 Дана цепочка превращений:



Вещество X имеет формулу:

- а) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$;
- б) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$;
- в) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{MgBr}$;

- г) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$;
- д) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$.

Спирты. Фенолы

11 Функциональная группа -ОН характерна для класса

- а) альдегидов;
- б) аминов;
- в) нитросоединений;
- г) спиртов;
- д) кетонов.

12 Реактивом для распознавания многоатомных спиртов является

- а) бромная вода;
- б) оксид меди (+2);
- в) гидроксид меди (+2);
- г) хлорид железа (+3);
- д) хлорид натрия.

13 Продуктами окисления предельных одноатомных спиртов являются

- а) альдегиды;
- б) кетоны;
- в) простые эфиры;
- г) сложные эфиры;
- д) многоатомные спирты.

14 Гомологами являются

- а) ацетон и этаналь;
- б) хлорэтан и дихлорэтен;
- в) пропанол и пропаналь;
- г) метанол и этанол;

д) уксусный альдегид и уксусная кислота.

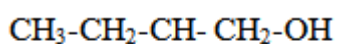
15 Реактивом для распознавания фенолов является

- а) бромная вода;
- б) оксид меди (+2);
- в) гидроксид меди (+2);
- г) хлорид железа (+3);
- д) хлорид натрия.

16 Продуктами межмолекулярной дегидратации предельных одноатомных спиртов являются

- а) альдегиды;
- б) кетоны;
- в) простые эфиры;
- г) сложные эфиры;
- д) карбоновые кислоты.

17 Спирт, структурная формула которого



называется:

- а) 2-метилпропанол-1;
- б) пентанол-1;
- в) 2-метилбутанол-1;
- г) метилбутанол-1;
- д) 3-метилпропанол-1.

18 При дегидратации изопропилового спирта образуется:

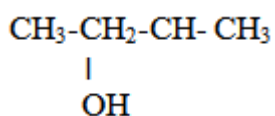
- а) этилен;
- б) ацетилен;
- в) пропилен;

- г) пропин;
- д) пропадиен.

19 Укажите пару, в которой оба вещества содержат функциональную группу -ОН

- а) ацетальдегид и фенол;
- б) метанол и фенол;
- в) пропанол и бензол;
- г) формальдегид и этанол;
- д) этанол и толуол.

20 Классифицируйте вещество



- а) одноатомный вторичный предельный спирт;
- б) двухатомный первичный предельный спирт;
- в) одноатомный первичный непредельный спирт;
- г) одноатомный вторичный непредельный спирт;
- д) двухатомный вторичный предельный спирт.

Карбонильные соединения

21 В реакцию «серебряного зеркала» вступают

- а) альдегиды;
- б) фенолы;
- в) многоатомные спирты;
- г) одноатомные спирты;
- д) кетоны.

22 К классу предельных альдегидов принадлежит вещество состава

- а) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}$;
- б) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$;

- в) $C_nH_{2n}O$;
- г) $C_nH_{2n}O_2$;
- д) $C_nH_{2n+1}O$.

23 Гомологом бутанала является

- а) пропаналь;
- б) бутанон;
- в) бутанол-1;
- г) бутан;
- д) бутен-2.

24 При нагревании ацетальдегида со свежесосаждённым гидроксидом меди(II) наблюдается

- а) появление жёлтого, а затем красного осадка;
- б) превращение голубого осадка гидроксида меди(II) в чёрный;
- в) растворение осадка и образование голубого раствора;
- г) растворение осадка и образование васильково-синего раствора;
- д) выпадение белого осадка.

25 Гидратация алкинов известна как реакция

- а) Коновалова;
- б) Марковникова;
- в) Зайцева;
- г) Гофмана;
- д) Кучерова.

26 Продуктами окисления 2-метилпентена-2 являются

- а) ацетон и муравьиная кислота;
- б) ацетон и уксусная кислота;
- в) ацетон и пропионовая кислота;

- г) формальдегид и ацетон;
- д) формальдегид и ацетальдегид.

27 Гидратацией бутин-1 по Кучерову получают

- а) бутанол-1;
- б) бутанол-2;
- в) бутаналь;
- г) бутанон;
- д) бутановую кислоту.

28 Продуктами окисления 3-метилпентена-2 являются

- а) ацетон и муравьиная кислота;
- б) ацетон и уксусная кислота;
- в) ацетон и пропионовая кислота;
- г) бутанон и муравьиная кислота;
- д) бутанон и уксусная кислота.

29 Альдегид и кетон, имеющие одинаковую молекулярную формулу, являются изомерами:

- а) положения функциональной группы;
- б) геометрическими;
- в) оптическими;
- г) межклассовыми;
- д) не являются изомерами.

30 С помощью реакции «серебряного зеркала» нельзя различить водные растворы:

- а) пропаналя и пропанона;
- б) ацетальдегида и уксусной кислоты;
- в) бутаналя и масляной кислоты;
- г) формальдегида и муравьиной кислоты;

д) бутаналь и бутанона.

Карбоновые кислоты

31 Карбоновая кислота, натриевая соль которой при сплавлении с гидроксидом натрия образует пропан, а при электролизе – 2,3-диметилбутан

- а) 2-метилпропановая;
- б) бутановая;
- в) 2,2-диметилбутановая;
- г) 2,3-диметилбутановая;
- д) 3,3-диметилбутановая.

32 Из предложенных карбоновых кислот наилучшей растворимостью в воде обладает

- а) стеариновая;
- б) масляная;
- в) пропионовая;
- г) валериановая;
- д) пальмитиновая.

33 Реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, давая реакцию «серебряного зеркала», следующая кислота

- а) метановая;
- б) этановая;
- в) масляная;
- г) пальмитиновая;
- д) олеиновая.

34 Обесцвечивает бромную воду следующая кислота

- а) пальмитиновая;
- б) олеиновая;

- в) стеариновая;
- г) уксусная;
- д) масляная.

35 Напишите уравнение реакции оксида магния с уксусной кислотой. Ответ дайте в виде суммы коэффициентов в уравнении реакции

- а) 4;
- б) 5;
- в) 6;
- г) 7;
- д) 8.

36 Из предложенного перечня соединений, выберите вещество, которое может вступать в реакцию с водным раствором гидроксида натрия

- а) глицерин;
- б) пропен;
- в) уксусная кислота;
- г) бензол;
- д) толуол.

37 Из предложенного перечня соединений, выберите вещество, с которым реагирует этановая кислота в условиях реакции этерификации

- а) вода;
- б) этанол;
- в) этаналь;
- г) сульфат меди(II);
- д) ацетон.

38 Формиаты – это соли

- а) муравьиной кислоты;

- б) уксусной кислоты;
- в) пропионовой кислоты;
- г) масляной кислоты;
- д) валериановой кислоты.

39 Карбоновая кислота, натриевая соль которой при сплавлении с гидроксидом натрия образует метан, а при электролизе – этан...

- а) уксусная;
- б) пропионовая;
- в) масляная;
- г) валериановая;
- д) изомасляная.

40 Водородные связи образуются между молекулами

- а) уксусного альдегида;
- б) бутанона;
- в) пропионовой кислоты;
- г) этилацетата;
- д) диэтилового эфира.

6 Задания и упражнения для самостоятельной работы

Галогенопроизводные углеводородов

1 Приведите структурные формулы изомерных моногалогенопроизводных состава $C_5H_{11}Cl$ и назовите их по систематической и рациональной номенклатуре.

2 Получите всеми возможными способами 2-бромбутан.

3 Сравните реакционную способность фтор-, хлор-, бром- и йодпроизводных углеводородов.

4 Запишите уравнения реакций йодистого изобутила со следующими реагентами:

а) аммиаком;

б) металлическим натрием;

в) магнием в абсолютном эфире;

в) водным раствором гидроксида натрия;

г) спиртовым раствором гидроксида калия;

д) ацетатом серебра;

е) этилатом натрия;

ж) йодоводородом.

5 На примере реакции 2-бром-2-метилбутана с водным раствором щелочи рассмотрите механизм нуклеофильного замещения (S_N1).

6 На примере реакции бромэтана с водным раствором щелочи рассмотрите механизм нуклеофильного замещения (S_N2).

Спирты и фенолы, простые эфиры

7 Приведите структурные формулы изомерных спиртов состава $C_6H_{13}OH$ и назовите их согласно карбинольной и систематической номенклатурам.

8 Получите всеми возможными способами 2-метилпентанол-3.

9 Приведите способы получения этиленгликоля и глицерина.

10 Объясните, почему температура кипения бутилового спирта значительно выше, чем температура кипения диэтилового эфира, имеющего ту же молекулярную формулу.

11 Объясните, почему температура кипения третичного бутилового спирта (82,8 °С) существенно ниже, чем температура кипения первичного бутилового спирта (117,9 °С).

12 Приведите уравнения реакций изопропилового спирта со следующими реагентами:

а) Na (мет.);

б) NaNH₂;

в) HBr;

г) CH₃MgCl;

д) PCl₅;

е) пропионовая кислота в присутствии конц. H₂SO₄;

ж) KMnO₄ в присутствии серной кислоты.

Укажите, в каких реакциях спирт проявляет кислотные свойства. Сравните одноатомные и многоатомные спирты по кислотным свойствам.

13 Напишите уравнения реакций дегидратации следующих спиртов:

а) пропанол-2;

б) бутанол-2;

в) 2,3-диметилпентанол-2.

14 Приведите схему окисления 2,4-диметилпентанола-2 хромовой смесью.

15 Получите фенол ниже предложенными способами:

а) кумольным способом;

б) щелочным гидролизом хлорбензола;

в) щелочным плавлением натриевой соли бензолсульфо кислоты.

16 Выделите реакционные центры в молекуле фенола, приведите уравнения реакций, протекающие по каждому из реакционных центров. Приведите качественные реакции на фенол.

Альдегиды и кетоны

17 Напишите структурные формулы следующих карбонильных соединений:

- а) 3,5-диметил-3-этилгексаналь;
- б) 3,3,4-триметилпентанон-2;
- в) метилизопропилацетальдегид;
- г) акролеин;
- д) диизопропилкетон;
- е) дивинилкетон.

18 Приведите основные способы получения альдегидов и кетонов на примере 2-метилбутанала и 2-метилпентанона-3.

19 Объясните: а) почему температура кипения альдегида (кетона) ниже, чем температура кипения соответствующего спирта; б) почему низшие альдегиды и кетоны кипят при температуре на 50-80 °С выше, чем углеводороды той же молекулярной массы.

20 Расположите в ряд по снижению склонности к реакциям нуклеофильного присоединения следующие соединения: изовалериановый альдегид, диэтилкетон, уксусный альдегид, диизопропилкетон, формальдегид, метилпропилацетальдегид. Ответ поясните.

21 Какие карбонильные соединения могут давать бисульфитные производные. Приведите примеры. На одной из реакций продемонстрируйте механизм.

22 Приведите уравнения реакций пропионового альдегида и ацетона с производными аммиака (гидразином, гидроксиламином, семикарбозидом). Назовите продукты реакций.

23 Приведите уравнения реакций окисления бутанала и бутанона, подобрав пригодные для этого окислители: $\text{Ag}[(\text{NH}_3)_2\text{OH}]$, реактив Фелинга, водный раствор KMnO_4 , кислый раствор KMnO_4 , HNO_3 , хромовая смесь. Сформулируйте правило Попова.

24 Для каких альдегидов характерна реакция Канницаро? Приведите пример.

25 Напишите уравнение реакции и укажите условия протекания конденсации по Тищенко для масляного альдегида.

Карбоновые кислоты

26 Приведите способы получения:

а) предельных монокарбоновых кислот на примере пропионовой;

б) непредельных карбоновых кислот на примере акриловой;

в) ароматических кислот на примере бензойной;

г) дикарбоновых кислот на примере янтарной;

д) оксикислот на примере молочной.

27 Расположите в порядке усиления кислотных свойств следующие вещества: уксусная кислота, щавелевая кислота, этанол, акриловая кислота, хлоруксусная кислота. Приведите объяснения.

28 Перечислите свойства карбоновых кислот, схожие со свойствами неорганических кислот. В подтверждение приведите уравнения реакций.

29 Распишите механизм реакции этерификации, протекающей между уксусной кислотой и изоамиловым спиртом.

30 Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства малоновой кислоты. Почему в малоновой кислоте атомы водорода метиленовой группы подвижны?

31 Напишите уравнения реакций бензойной кислоты со следующими веществами:

а) гидроксид натрия;

б) этиловый спирт (в присутствии H_2SO_4);

в) хлорид фосфора(V).

Назовите полученные соединения.

32 Напишите уравнение реакции декарбоксилирования бензойной кислоты.

33 Напишите уравнения реакций электрофильного замещения для бензойной кислоты на примере бромирования, нитрования, сульфирования. Рассмотрите механизм реакции S_E .

34 Приведите схемы взаимодействия α -оксипропионовой кислоты с:

а) HCl ;

б) хлоридом фосфора(V);

в) этиловым спиртом в кислой среде;

г) уксусным ангидридом;

д) металлическим натрием.

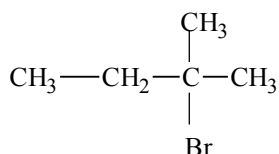
35 Сравните по ацилирующей способности следующие соединения: уксусная кислота, амид уксусной кислоты, хлорангидрид уксусной кислоты, ангидрид уксусной кислоты и этиловый эфир уксусной кислоты.

**7 Задания для подготовки к контрольной работе по теме
«Производные углеводов»**

ВАРИАНТ № 1

Задание I Галогенпроизводные углеводов

1. Приведите название по систематической и рациональной номенклатурам для соединения:



2. Получите данное соединение

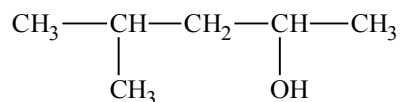
- а) галогенированием соответствующего алкана;
- б) гидрогалогенированием соответствующего алкена;
- в) действием на соответствующий спирт пентахлорида фосфора.

3. Напишите уравнение реакции данного соединения с:

- а) цианидом калия, укажите тип реакции;
- б) аммиаком;
- в) магнием в абсолютном эфире;
- г) водным раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.
- д) со спиртовым раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.

Задание II Спирты. Фенолы

1. Дайте название (систематическое, по радикалу, по карбинольной номенклатуре) соединению:



2. Получите данный спирт

- а) восстановлением соответствующего карбонильного соединения;
- б) щелочным гидролизом соответствующего галогеналкана;

в) гидратацией соответствующего алкена.

3. а) приведите уравнение реакции данного спирта с металлическим натрием;

б) приведите уравнение реакции спирта с пентахлоридом фосфора;

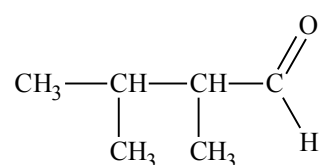
в) напишите уравнения внутримолекулярной дегидратации данного спирта;

г) приведите уравнение реакции этерификации данного спирта с масляной кислотой. Укажите условия протекания реакции. Приведите механизм.

д) приведите схему окисления спирта хромовой смесью.

Задание III Карбонильные соединения

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите данное соединение

а) нагреванием в щелочной среде соответствующего дигалогеналкана;

б) гидратацией соответствующего алкина (для кетона);

в) окислением соответствующего спирта;

г) пиролизом кальциевых солей карбоновых кислот;

д) гидроформилированием соответствующего алкена (для альдегида).

3. Запишите уравнение реакции данного соединения с:

а) циановодородной кислотой;

б) гидросульфитом натрия (если данная реакция возможна!);

в) гидразином;

г) гидроксиламином;

д) метилмагний бромидом;

е) пентахлоридом фосфора;

4. а) Приведите для данного альдегида реакцию «серебряного зеркала»;

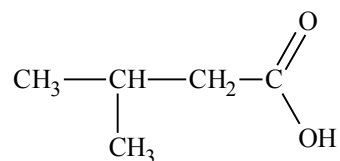
б) Напишите уравнение окисления данного альдегида гидроксидом меди (II);

в) Приведите реакцию Канниццаро (если данная реакция возможна!);

г) Напишите реакцию восстановления карбонильного соединения водородом.

Задание IV Карбоновые кислоты

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите данное соединение

- а) гидролизом тригалогенпроизводного алкана;
- б) гидролизом соответствующего сложного эфира;
- в) карбоксилированием реактива Гриньяра.

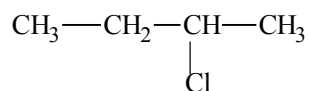
3. Запишите уравнение реакции данной карбоновой кислоты с:

- а) цинком;
- б) оксидом кальция;
- в) гидрокарбонатом натрия;
- г) пентахлоридом фосфора, тионилхлоридом;
- д) пропанол-2 в присутствии конц. серной кислоты;
- е) аммиаком.

ВАРИАНТ № 2

Задание I Галогенпроизводные углеводородов

1. Приведите название по систематической и рациональной номенклатурам для соединения:



2. Получите данное соединение

- а) галогенированием соответствующего алкана;
- б) гидрогалогенированием соответствующего алкена;
- в) действием на соответствующий спирт пентахлорида фосфора.

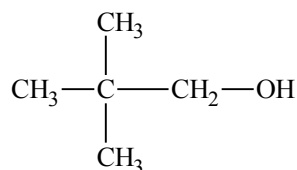
3. Напишите уравнение реакции данного соединения с:

- а) цианидом калия, укажите тип реакции;
- б) аммиаком;

- в) магнием в абсолютном эфире;
 г) водным раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.
 д) со спиртовым раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.

Задание II Спирты. Фенолы

1. Дайте название (систематическое, по радикалу, по карбинольной номенклатуре) соединению:



2. Получите данный спирт

- а) восстановлением соответствующего карбонильного соединения;
 б) щелочным гидролизом соответствующего галогеналкана;
 в) гидратацией соответствующего алкена.

3. а) приведите уравнение реакции данного спирта с металлическим натрием;
 б) приведите уравнение реакции спирта с пентахлоридом фосфора;

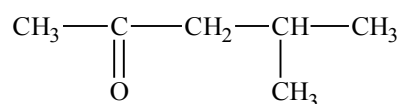
в) напишите уравнения внутримолекулярной дегидратации данного спирта;

г) приведите уравнение реакции этерификации данного спирта с масляной кислотой. Укажите условия протекания реакции. Приведите механизм.

д) приведите схему окисления спирта хромовой смесью.

Задание III Карбонильные соединения

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам



2. Получите данное соединение

- а) нагреванием в щелочной среде соответствующего дигалогеналкана;
 б) гидратацией соответствующего алкина (для кетона);
 в) окислением соответствующего спирта;
 г) пиролизом кальциевых солей карбоновых кислот;
 д) гидроформилированием соответствующего алкена (для альдегида).

3. Запишите уравнение реакции данного соединения с:

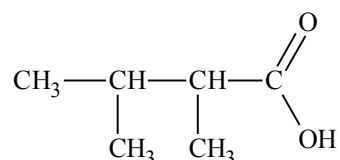
- а) циановодородной кислотой;
- б) гидросульфитом натрия (если данная реакция возможна!);
- в) гидразином;
- г) гидроксиламином;
- д) метилмагний бромидом;
- е) пентахлоридом фосфора;

4. а) Напишите реакцию окисления данного кетона хромовой смесью (правило Попова).

б) Напишите реакцию восстановления карбонильного соединения водородом.

Задание IV Карбоновые кислоты

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите данное соединение

- а) гидролизом тригалогенпроизводного алкана;
- б) гидролизом соответствующего сложного эфира;
- в) карбоксилированием реактива Гриньяра.

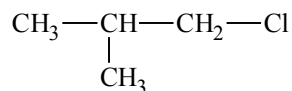
3. Запишите уравнение реакции данной карбоновой кислоты с:

- а) цинком;
- б) оксидом кальция;
- в) гидрокарбонатом натрия;
- г) пентахлоридом фосфора, тионилхлоридом;
- д) пропанол-2 в присутствии конц. серной кислоты;
- е) аммиаком.

ВАРИАНТ № 3

Задание I Галогенпроизводные углеводородов

1. Приведите название по систематической и рациональной номенклатурам для соединения:



2. Получите данное соединение

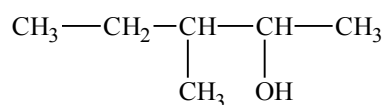
- а) галогенированием соответствующего алкана;
- б) гидрогалогенированием соответствующего алкена;
- в) действием на соответствующий спирт пентахлорида фосфора.

3. Напишите уравнение реакции данного соединения с:

- а) цианидом калия, укажите тип реакции;
- б) аммиаком;
- в) магнием в абсолютном эфире;
- г) водным раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.
- д) со спиртовым раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.

Задание II Спирты. Фенолы

1. Дайте название (систематическое, по радикалу, по карбинольной номенклатуре) соединению:



2. Получите данный спирт

- а) восстановлением соответствующего карбонильного соединения;
- б) щелочным гидролизом соответствующего галогеналкана;
- в) гидратацией соответствующего алкена.

3. а) приведите уравнение реакции данного спирта с металлическим натрием;

б) приведите уравнение реакции спирта с пентахлоридом фосфора;

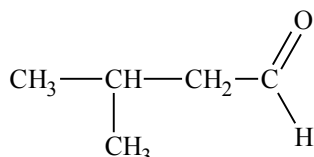
в) напишите уравнения внутримолекулярной дегидратации данного спирта;

г) приведите уравнение реакции этерификации данного спирта с масляной кислотой. Укажите условия протекания реакции. Приведите механизм.

д) приведите схему окисления спирта хромовой смесью.

Задание III Карбонильные соединения

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам



2. Получите данное соединение

а) нагреванием в щелочной среде соответствующего дигалогеналкана;

б) гидратацией соответствующего алкина (для кетона);

в) окислением соответствующего спирта;

г) пиролизом кальциевых солей карбоновых кислот;

д) гидроформилированием соответствующего алкена (для альдегида).

3. Запишите уравнение реакции данного соединения с:

а) циановодородной кислотой;

б) гидросульфитом натрия (если данная реакция возможна!);

в) гидразином;

г) гидроксиламином;

д) метилмагний бромидом;

е) пентахлоридом фосфора;

4. а) Приведите для данного альдегида реакцию «серебряного зеркала»;

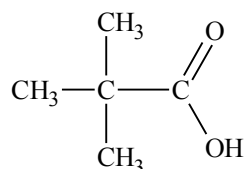
б) Напишите уравнение окисления данного альдегида гидроксидом меди (II);

в) Приведите реакцию Канниццаро (если данная реакция возможна!);

г) Напишите реакцию восстановления карбонильного соединения водородом.

Задание IV Карбоновые кислоты

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите данное соединение

- а) гидролизом тригалогенпроизводного алкана;
- б) гидролизом соответствующего сложного эфира;
- в) карбоксилированием реактива Гриньяра.

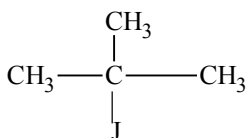
3. Запишите уравнение реакции данной карбоновой кислоты с:

- а) цинком;
- б) оксидом кальция;
- в) гидрокарбонатом натрия;
- г) пентахлоридом фосфора, тионилхлоридом;
- д) пропанол-2 в присутствии конц. серной кислоты;
- е) аммиаком.

ВАРИАНТ № 4

Задание I Галогенпроизводные углеводородов

1. Приведите название по систематической и рациональной номенклатурам для соединения:



2. Получите данное соединение

- а) галогенированием соответствующего алкана;
- б) гидрогалогенированием соответствующего алкена;
- в) действием на соответствующий спирт пентахлорида фосфора.

3. Напишите уравнение реакции данного соединения с:

- а) цианидом калия, укажите тип реакции;
- б) аммиаком;
- в) магнием в абсолютном эфире;
- г) водным раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.
- д) со спиртовым раствором щелочи. Приведите механизм реакции, укажите её тип.

Задание II Спирты. Фенолы

1. Приведите формулы следующих соединений: *мета*-крезол, *орто*-крезол, *пара*-крезол, 4-нитрофенол, гидрохинон, пирогаллол, пирокатехин, флороглюцин, 4-бромфенол, резорцин, пикриновая кислота.

2. Получите фенол:

- а) щелочным плавлением натриевой соли бензолсульфокислоты;
- б) кумольным способом;
- в) щелочным гидролизом хлорбензола.

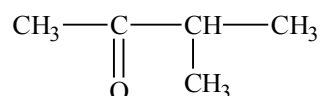
3. Запишите уравнение реакции фенола с:

- а) гидроксидом натрия.
- б) избытком бромной воды. Объясните ориентирующее действие фенольной гидроксильной группы.

4. Приведите уравнение нитрования фенола.

Задание III Карбонильные соединения

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам



2. Получите данное соединение

- а) нагреванием в щелочной среде соответствующего дигалогеналкана;
- б) гидратацией соответствующего алкина (для кетона);
- в) окислением соответствующего спирта;
- г) пиролизом кальциевых солей карбоновых кислот;
- д) гидроформилированием соответствующего алкена (для альдегида).

3. Запишите уравнение реакции данного соединения с:

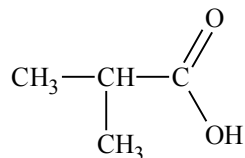
- а) циановодородной кислотой;
- б) гидросульфитом натрия (если данная реакция возможна!);
- в) гидразином;
- г) гидросиламином;
- д) метилмагний бромидом;
- е) пентахлоридом фосфора;

4. а) Напишите реакцию окисления данного кетона хромовой смесью (правило Попова).

б) Напишите реакцию восстановления карбонильного соединения водородом.

Задание IV Карбоновые кислоты

1. Назовите соединение по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите данное соединение

а) гидролизом тригалогенпроизводного алкана;

б) гидролизом соответствующего сложного эфира;

в) карбоксилированием реактива Гриньяра.

3. Запишите уравнение реакции данной карбоновой кислоты с:

а) цинком;

б) оксидом кальция;

в) гидрокарбонатом натрия;

г) пентахлоридом фосфора, тионилхлоридом;

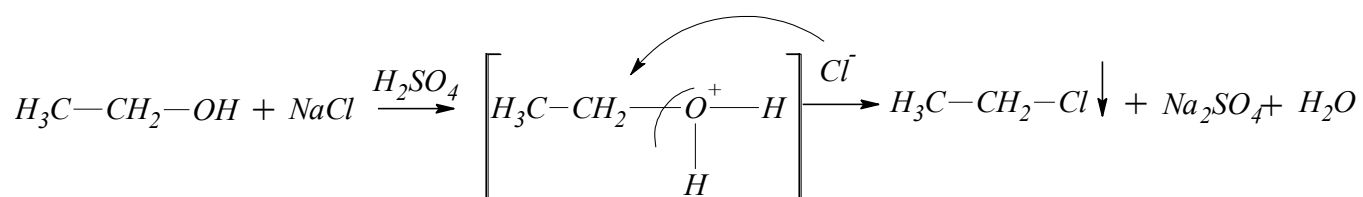
д) пропанол-2 в присутствии конц. серной кислоты;

е) аммиаком.

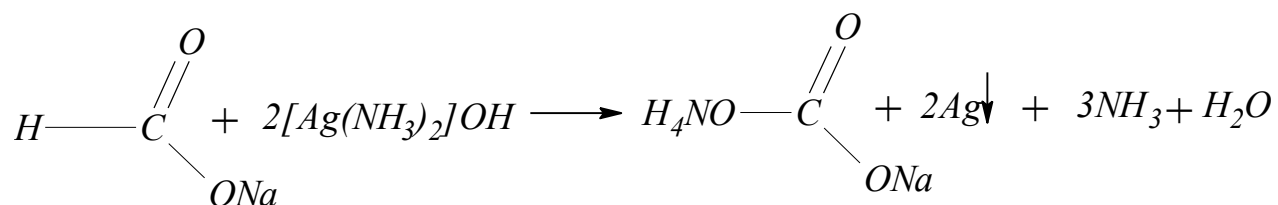
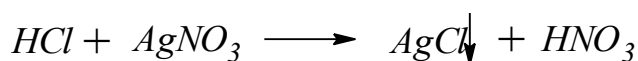
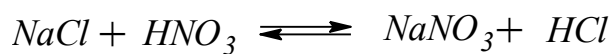
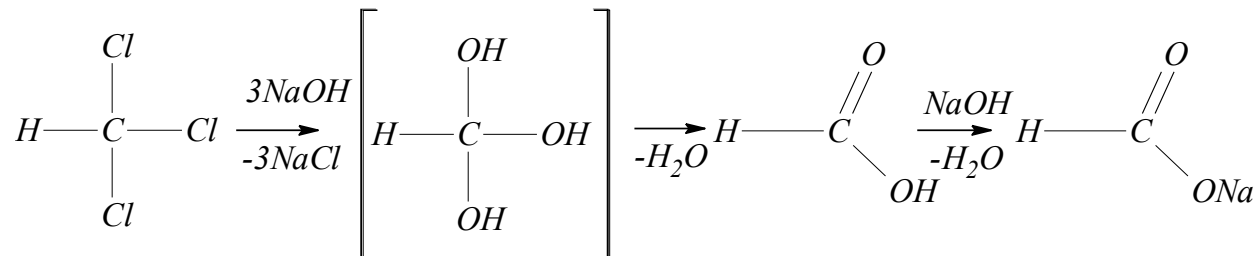
8 Реакции к лабораторным работам

Лабораторная работа № 1. Получение и изучение свойств галогенпроизводных углеводов

Опыт № 1. Получение хлорэтана

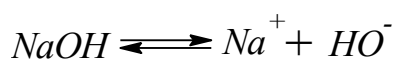
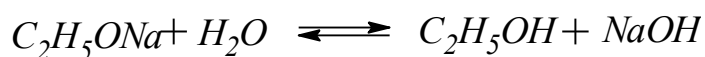
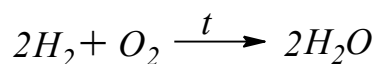
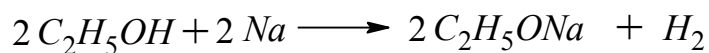


Опыт №2 Щелочной гидролиз хлороформа (реакция нуклеофильного замещения)

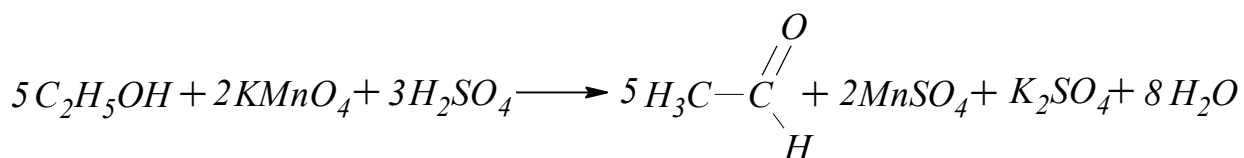
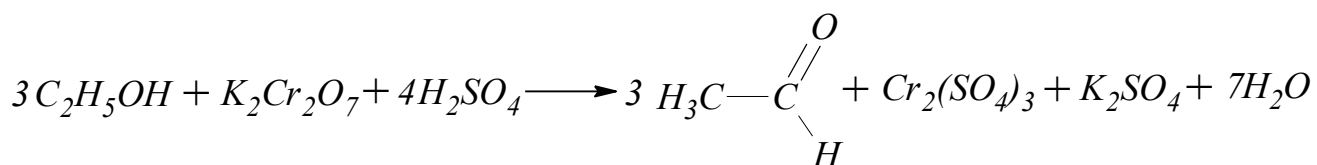


Лабораторная работа № 2. Химические свойства спиртов и фенолов

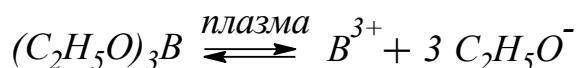
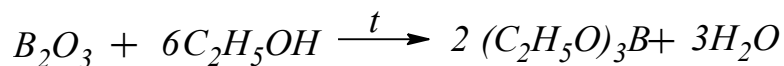
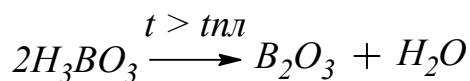
Опыт №1 Кислотные свойства спиртов



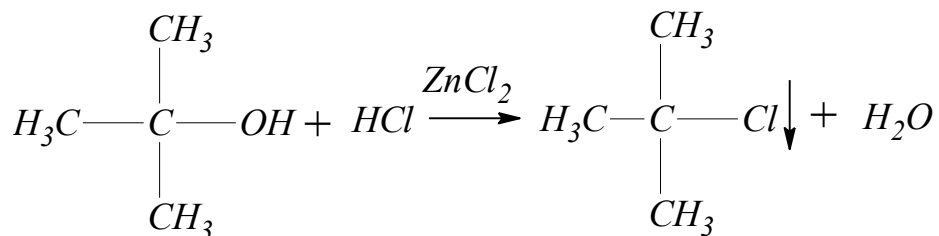
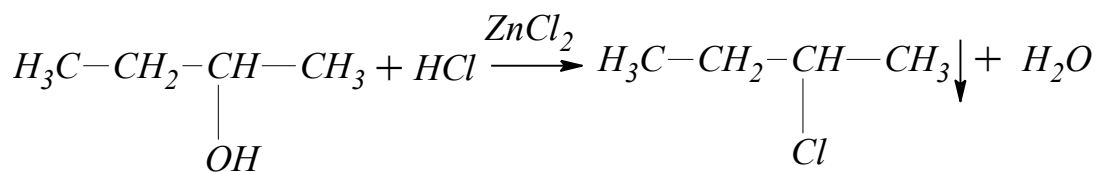
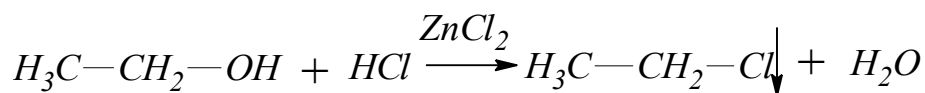
Опыт №2 Реакции окисления этилового спирта



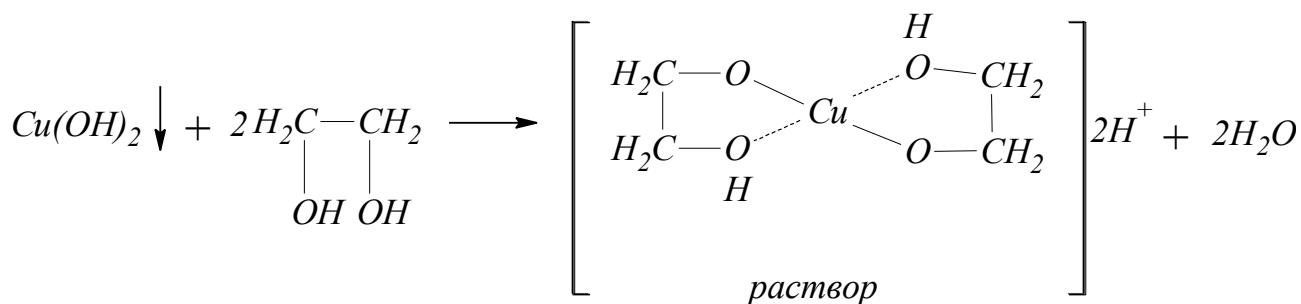
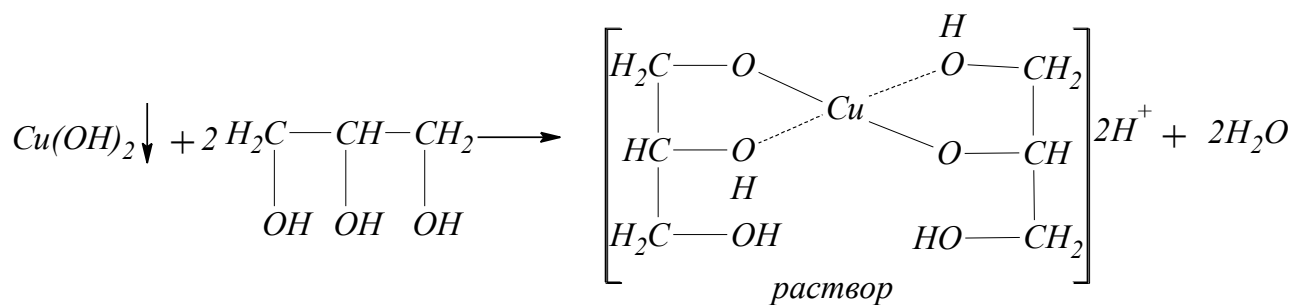
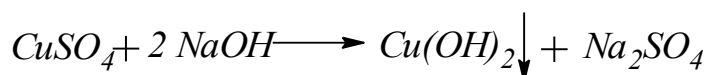
Опыт №3 Получение и свойства этилового эфира борной кислоты



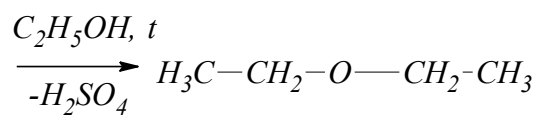
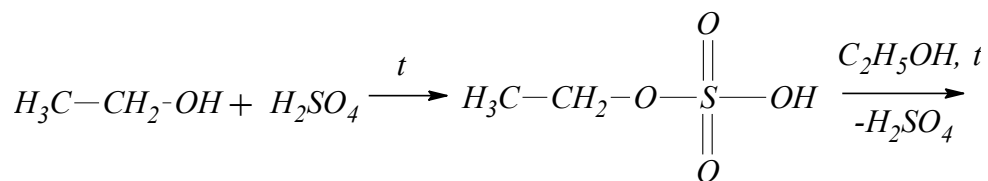
Опыт №4 Проба Лукаса



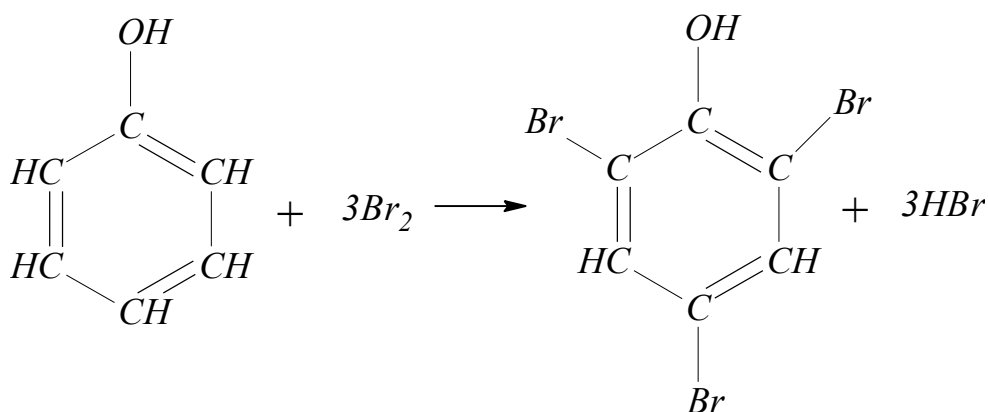
Опыт №5 Получение глицерата и гликолята меди



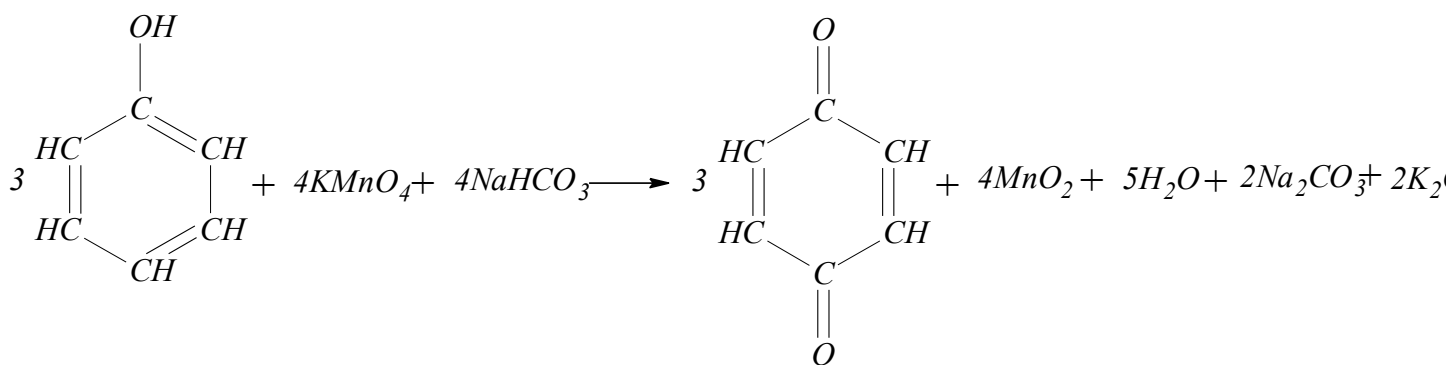
Опыт №6 Получение простых эфиров

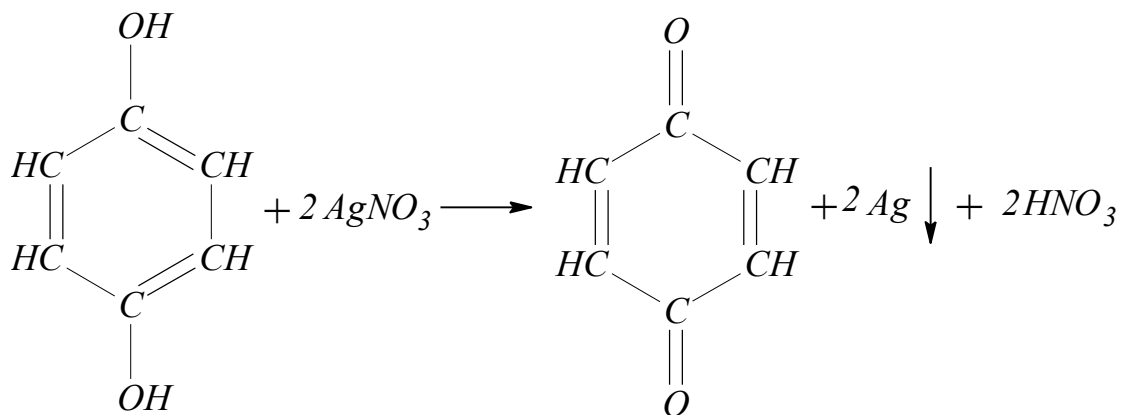
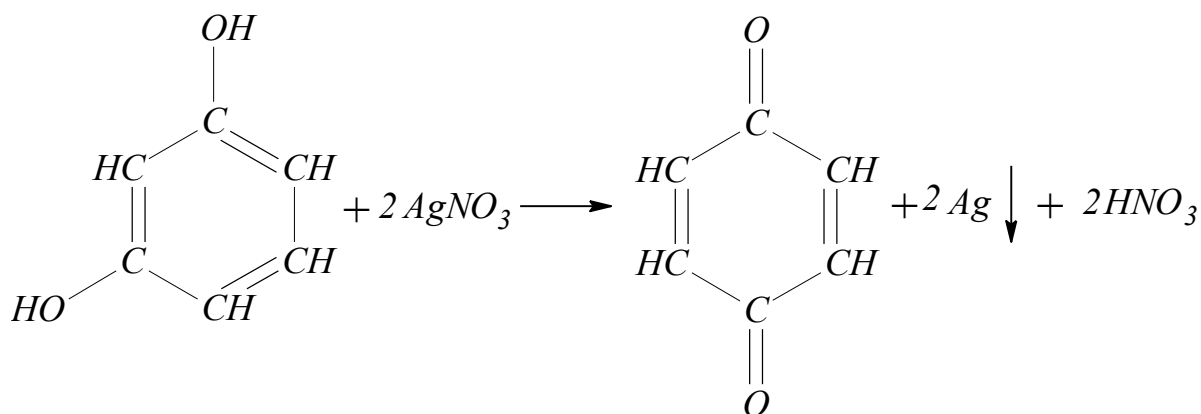
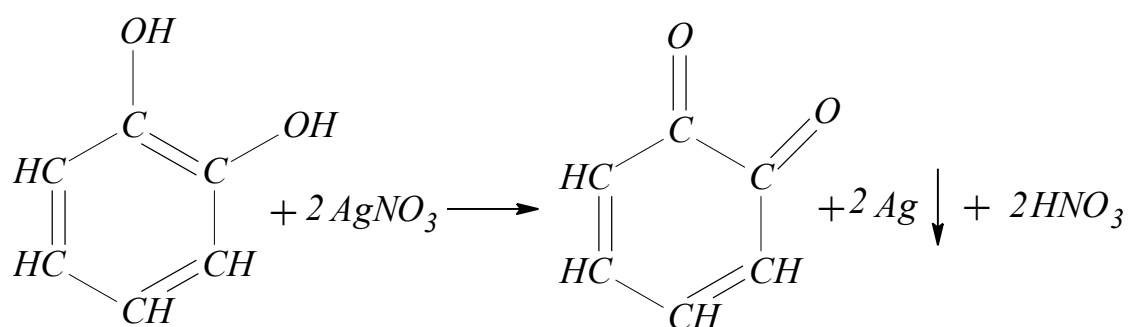
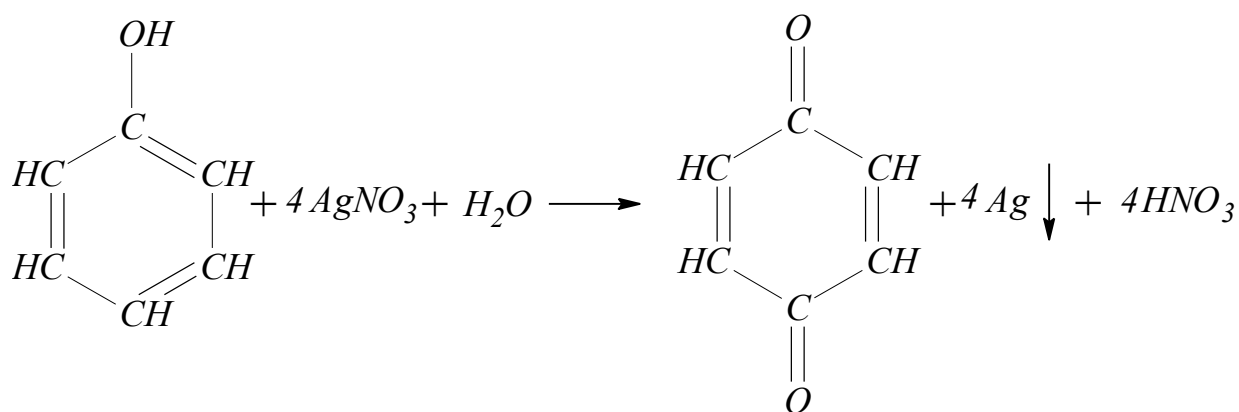


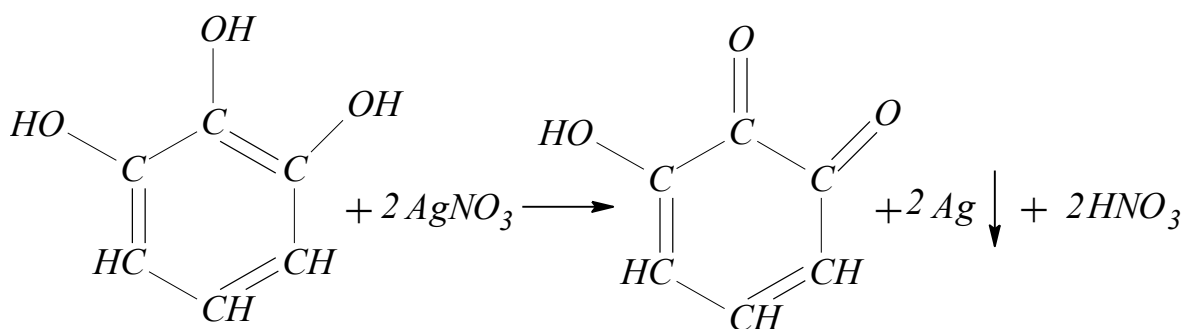
Опыт №7 Взаимодействие фенола с бромной водой



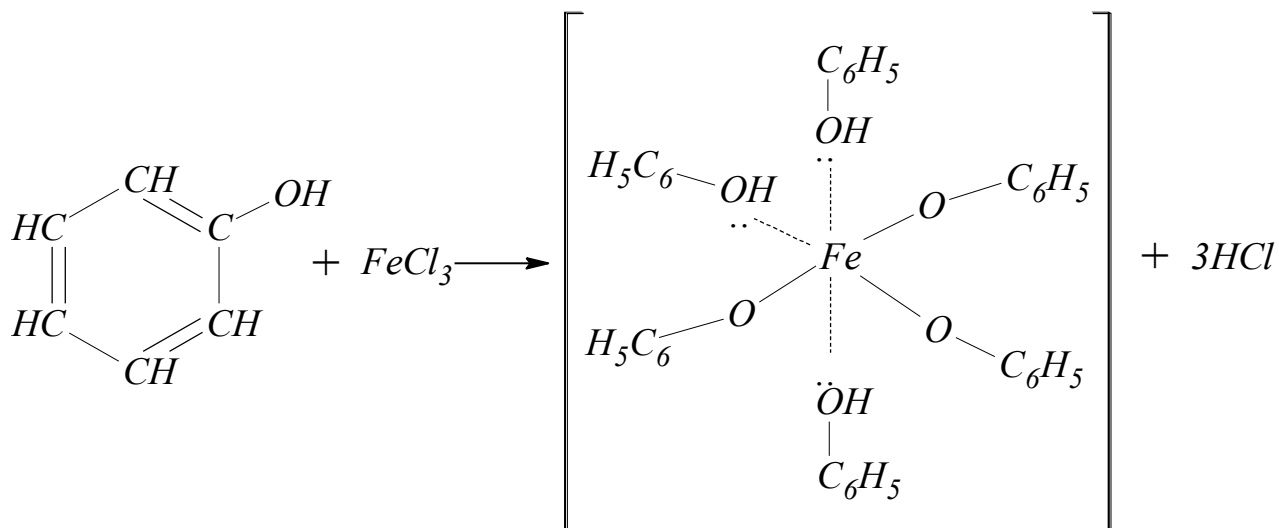
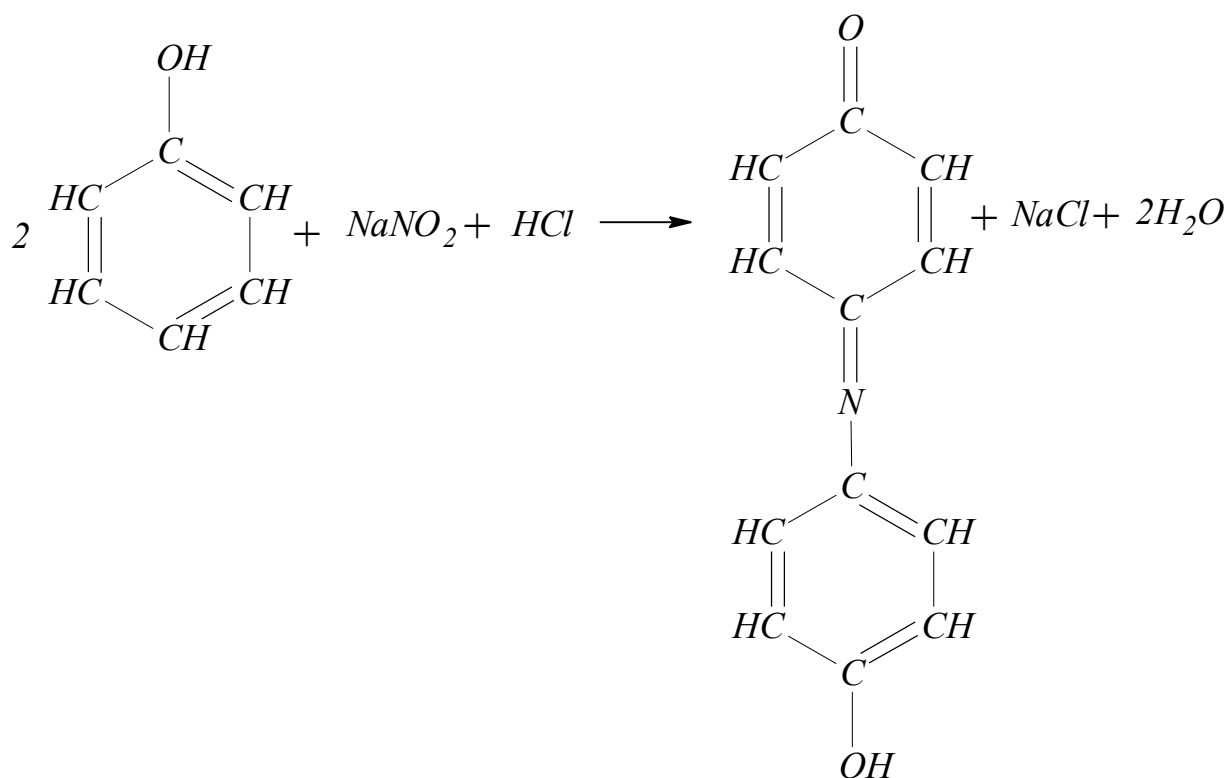
Опыт №8 Окисление фенолов

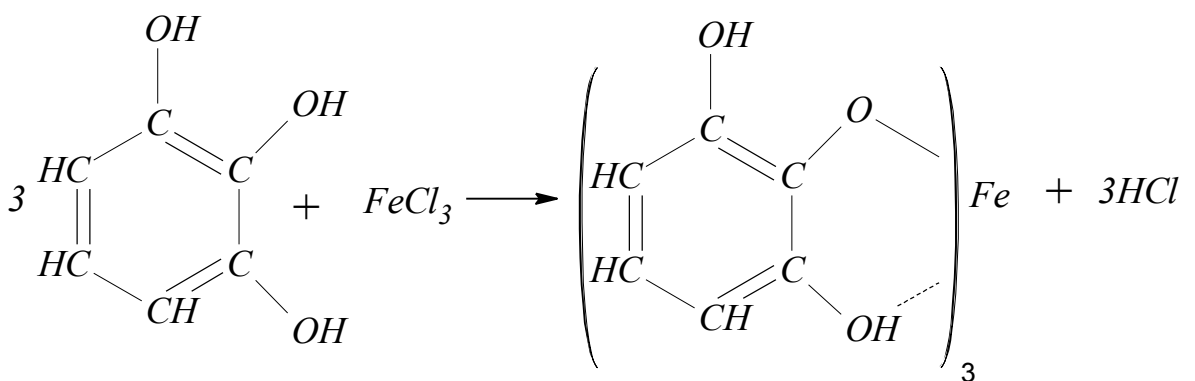
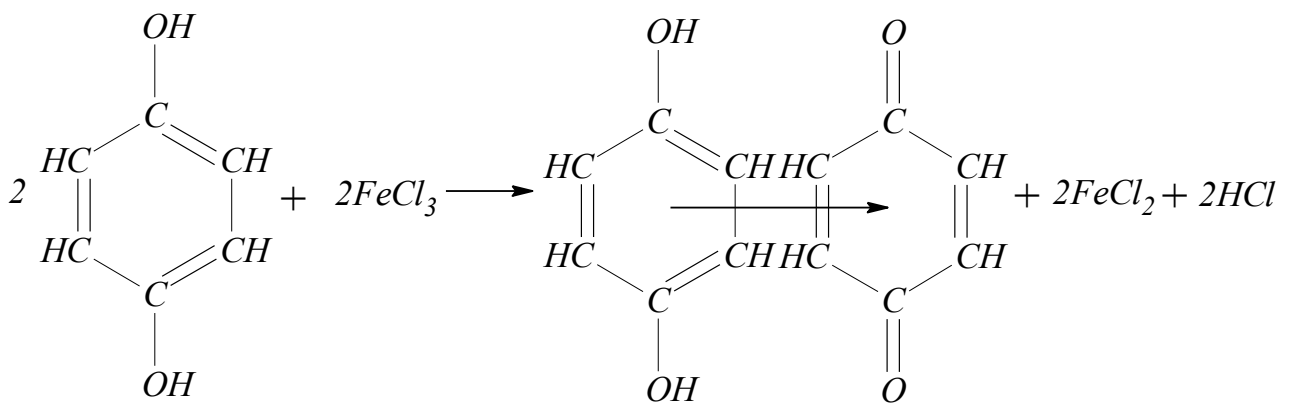
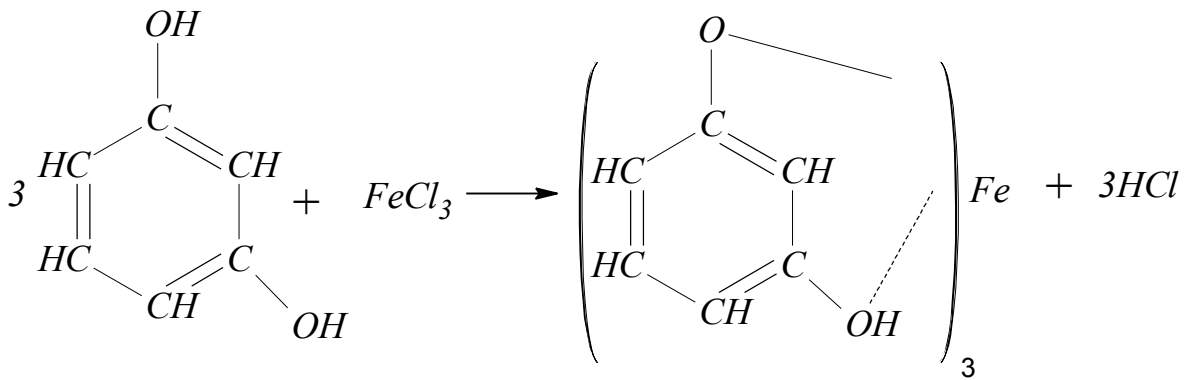
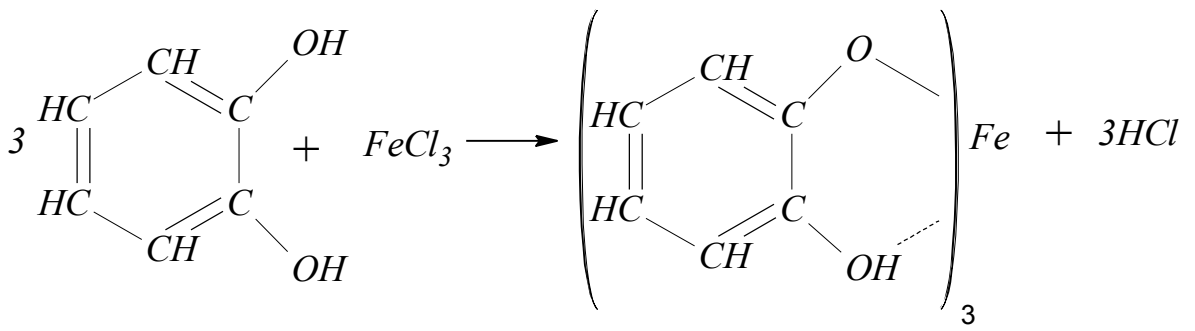






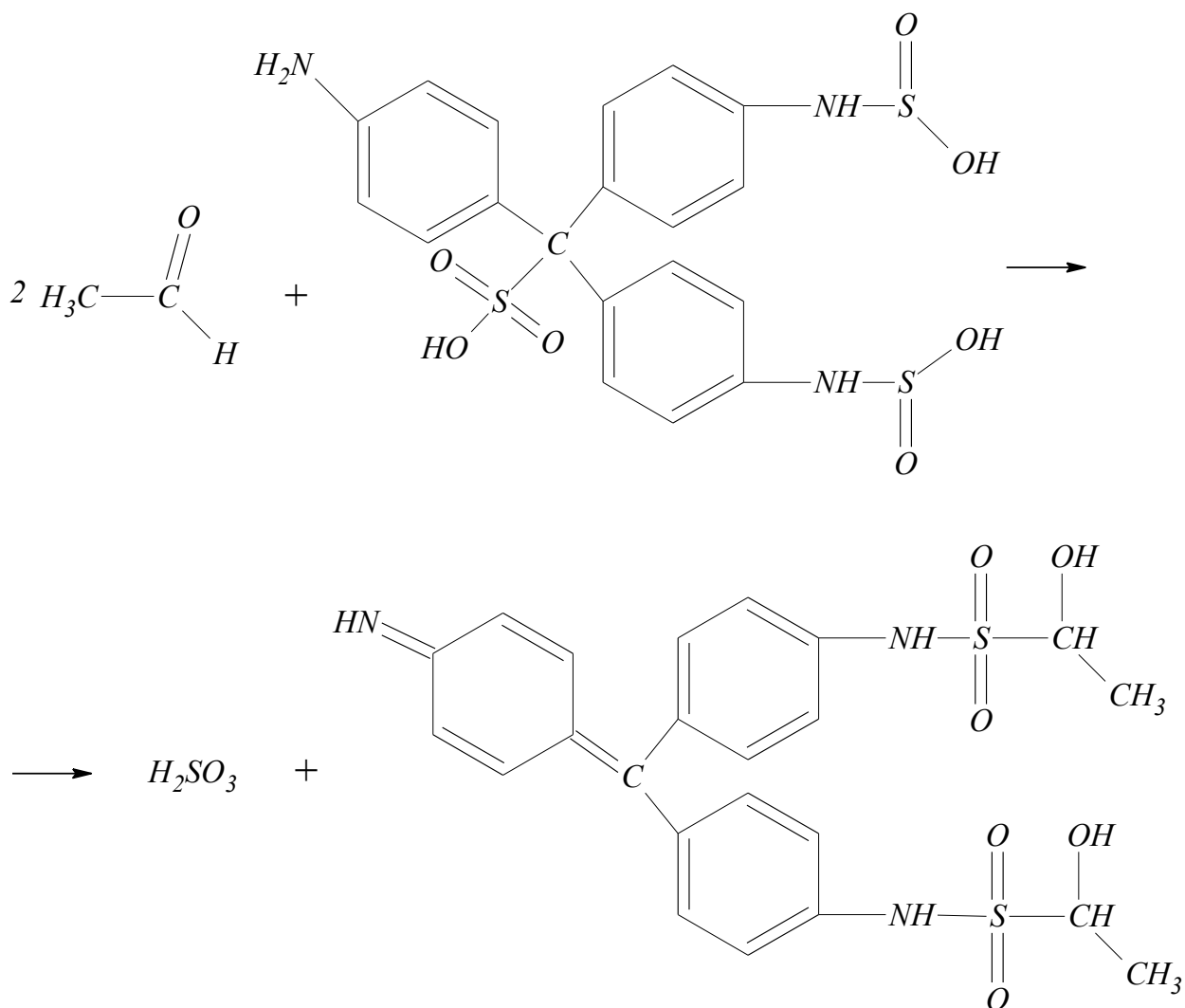
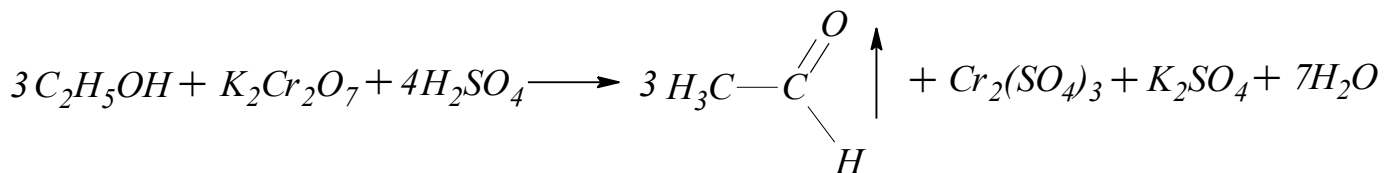
Опыт №9 Реакция фенола с азотистой кислотой.



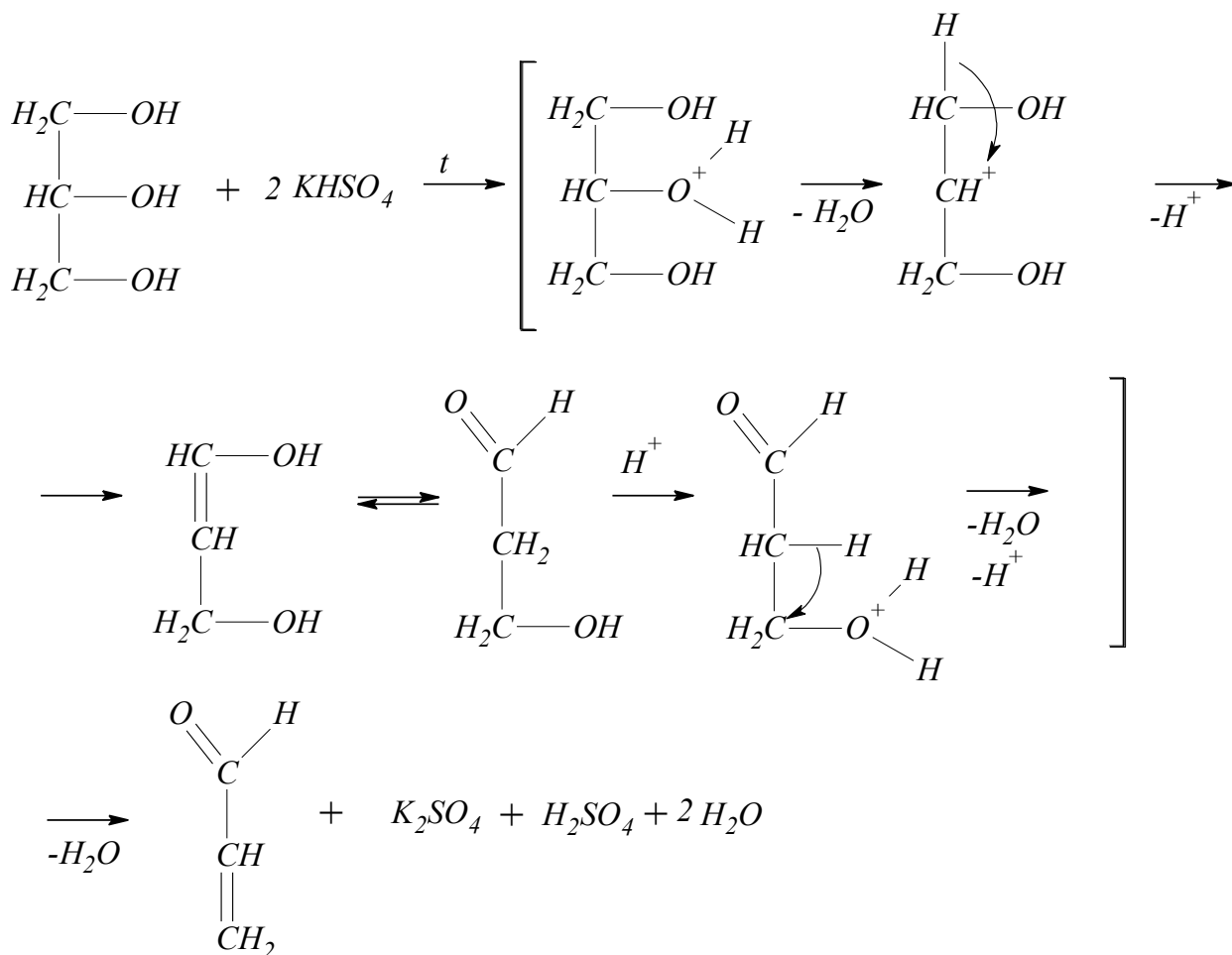


Лабораторная работа №3. Получение и химические свойства карбонильных соединений

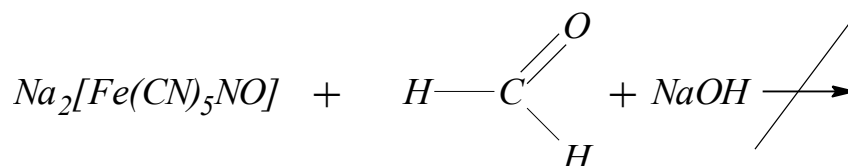
Опыт №1 Получение и обнаружение ацетальдегида

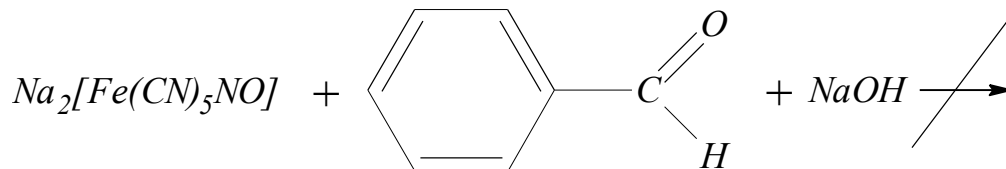
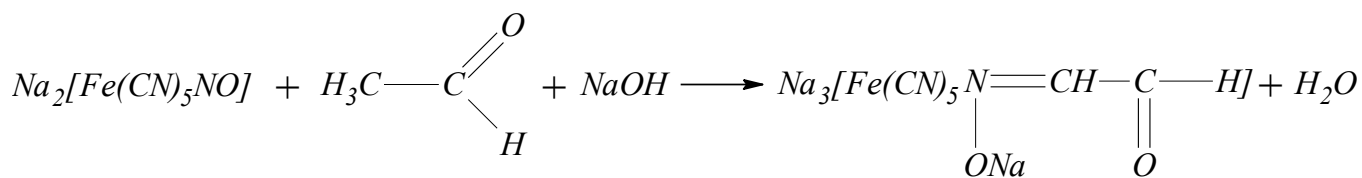


Опыт №2 Получение и обнаружение акролеина

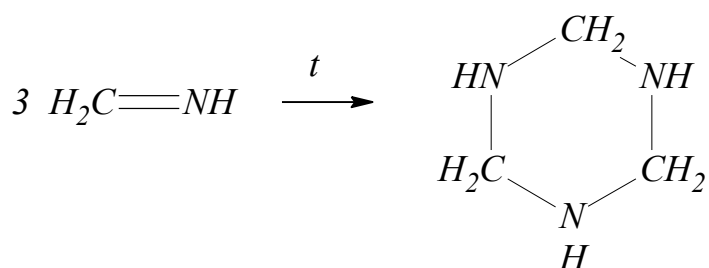
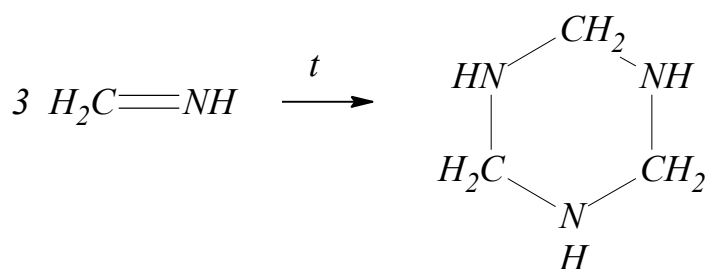
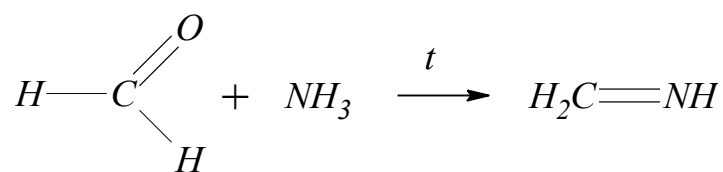
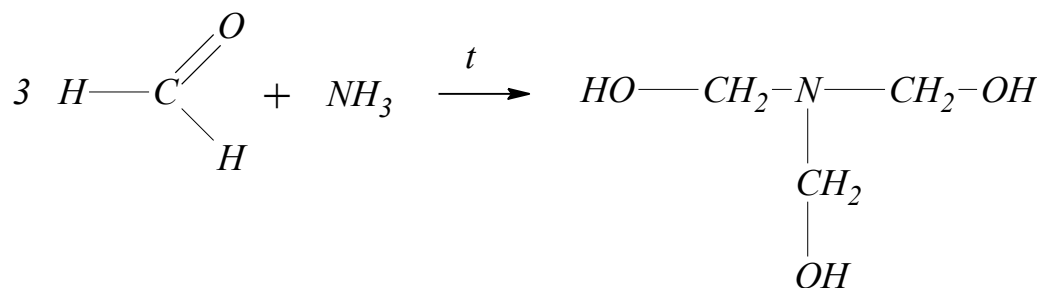


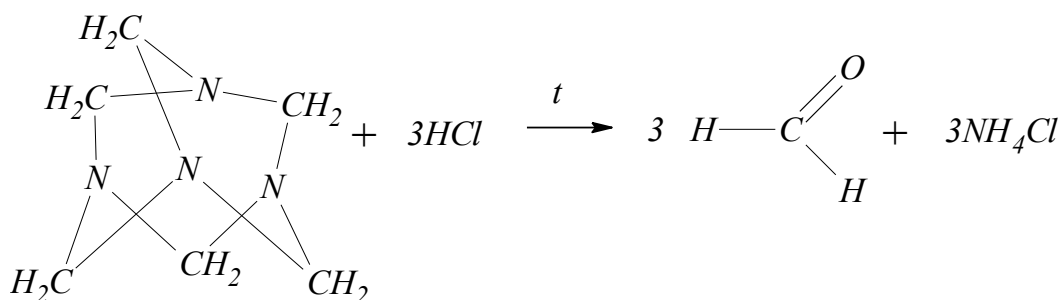
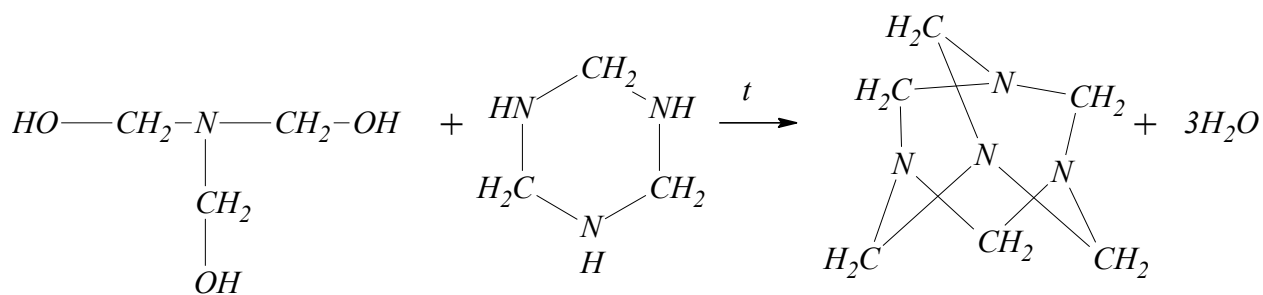
Опыт №3 Проба Легалья



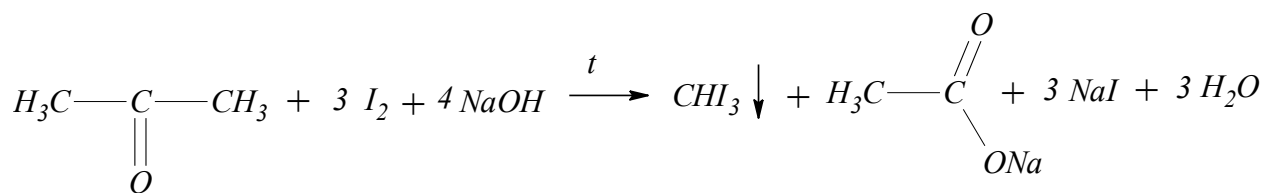


Опыт №4 Получение и гидролиз уротропина

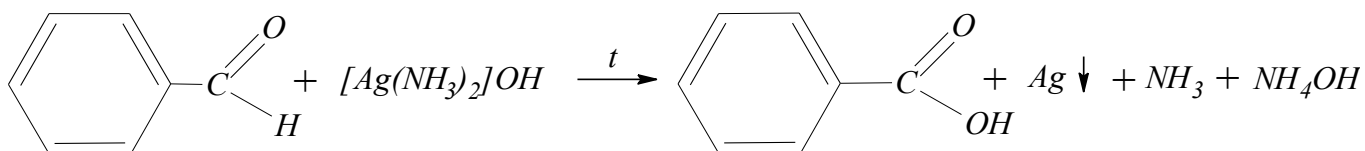
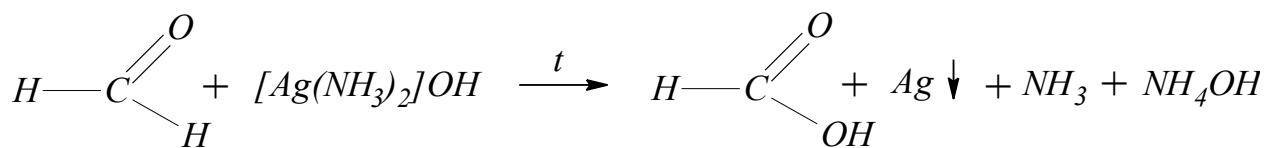




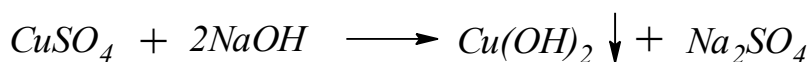
Опыт №5 Иодоформная реакция с ацетоном

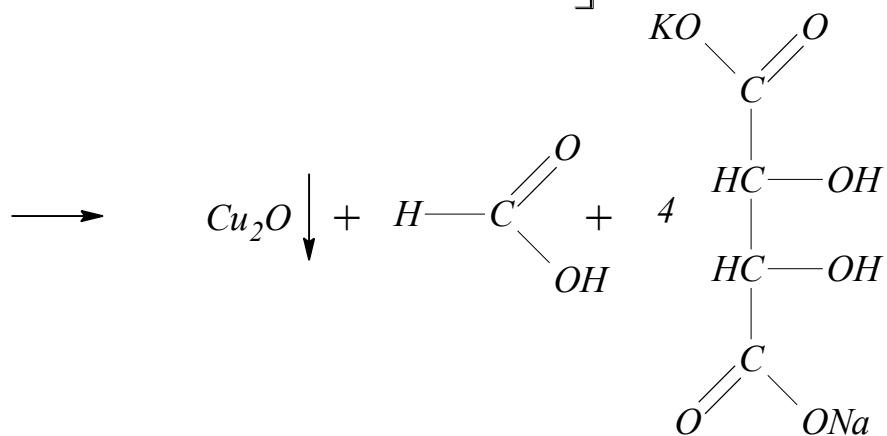
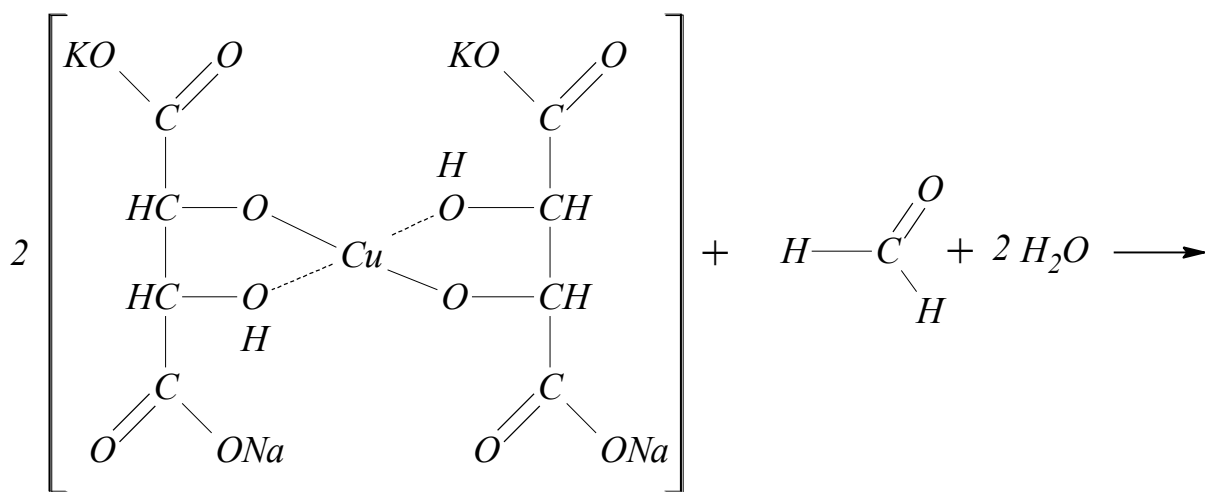
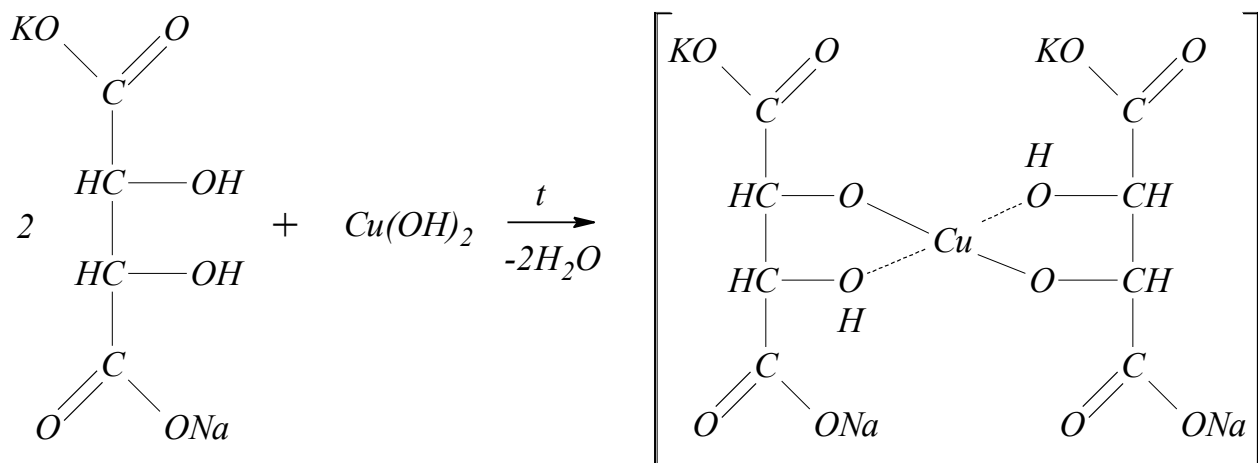


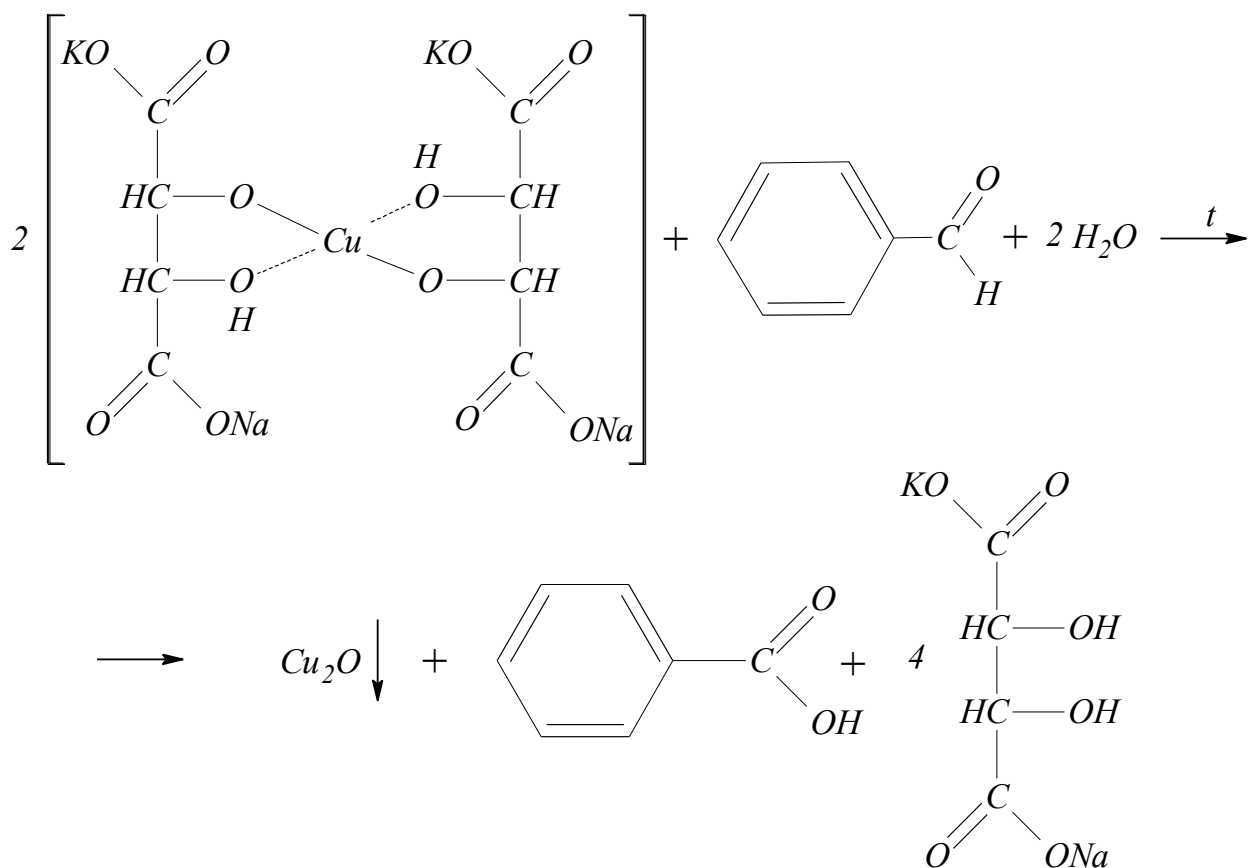
Опыт №6 Реакция серебряного зеркала



Опыт №7 Проба Троммера

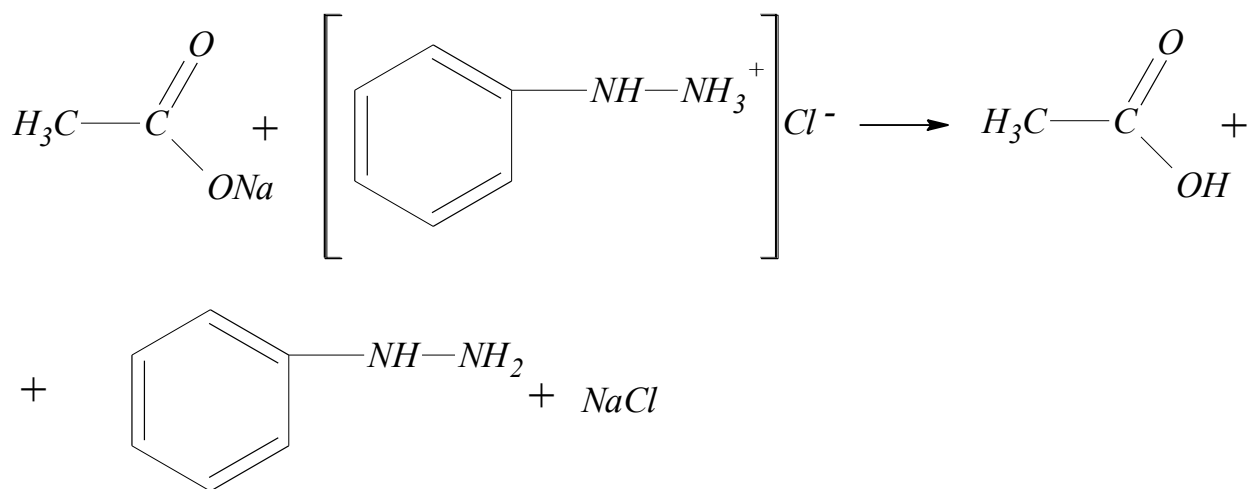


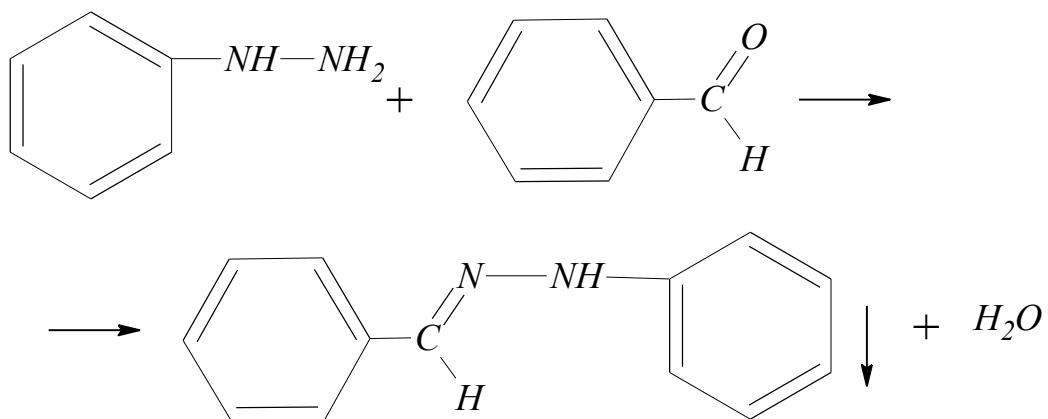




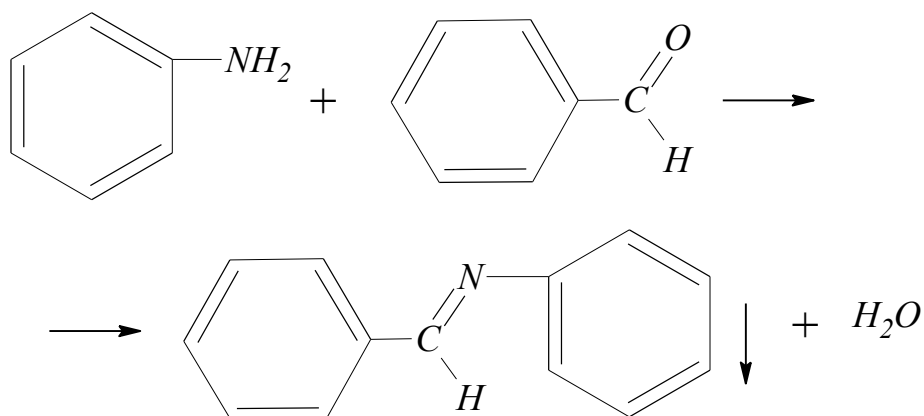
Опыт №8 Свойства ароматических карбонильных соединений

8.1 Реакция бензальдегида с фенилгидразином (получение фенилгидразона бензойного альдегида)

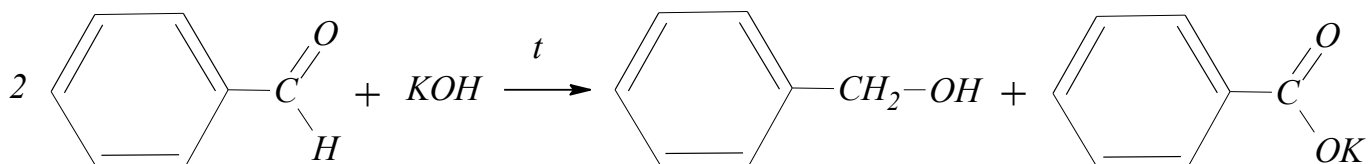




8.2 Получение бензальанилина (основания Шиффа)

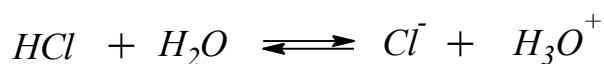
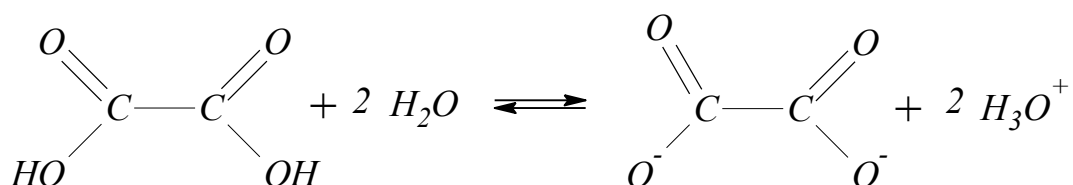
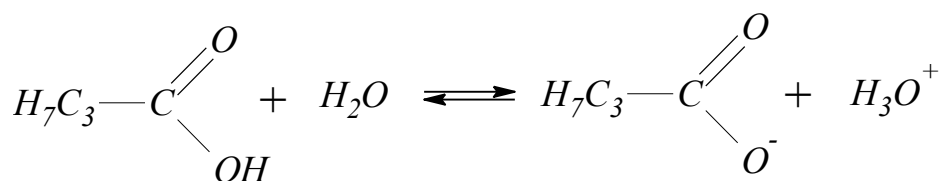
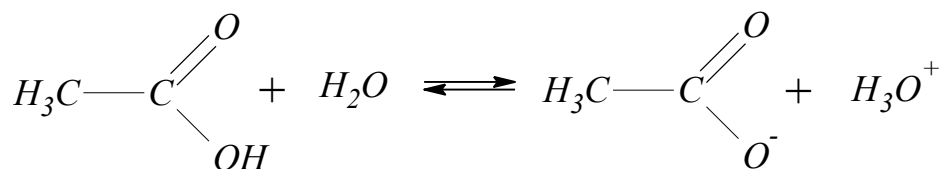
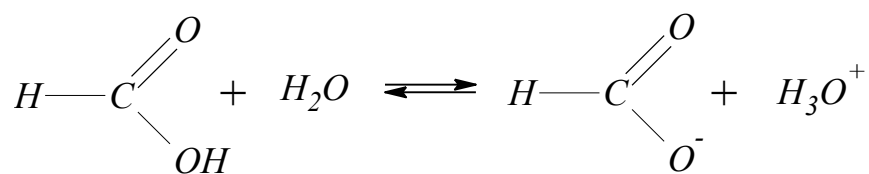


8.3 Перекрестная реакция Канниццаро



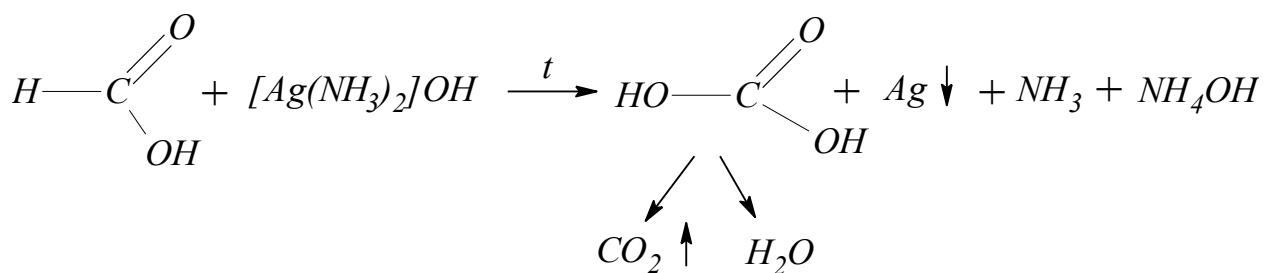
Лабораторная работа №4 Химические свойства карбоновых кислот

Опыт №1 Сравнение силы карбоновых и минеральных кислот

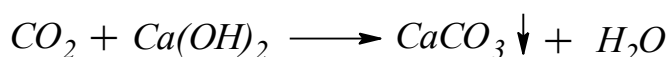
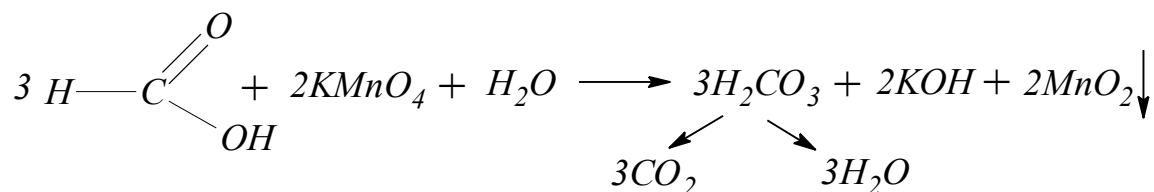
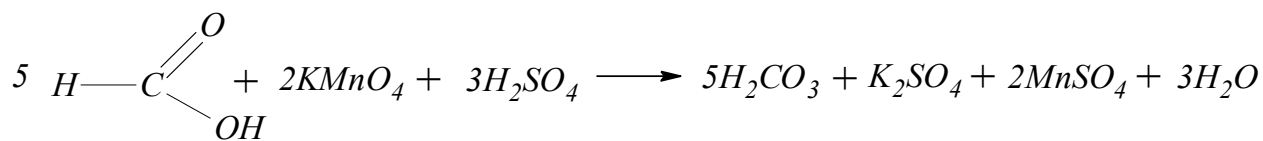


Опыт №2 Реакции окисления муравьиной кислоты

2.1 Окисление муравьиной кислоты аммиачным реактивом Толленса (реакция «серебряного зеркала»)

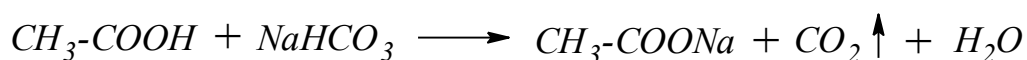


2.2 Окисление муравьиной кислоты перманганатом калия

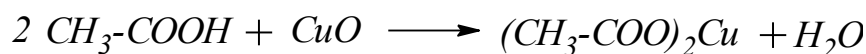
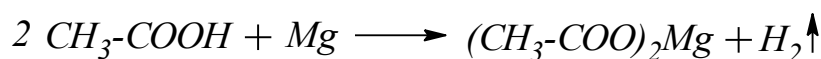


Опыт №3 Свойства уксусной кислоты и ее солей

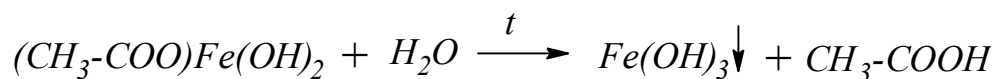
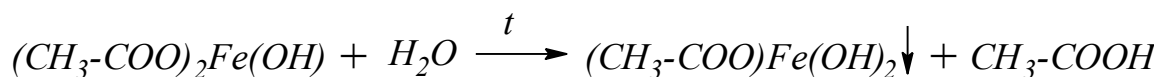
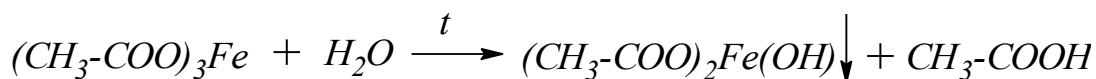
3.1 Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия



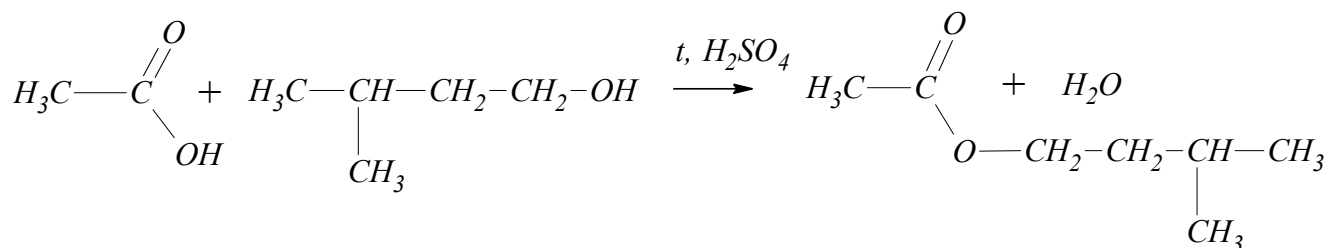
3.2 Взаимодействие уксусной кислоты с магнием и оксидом меди(II)



3.3 Образование и гидролиз ацетата железа(III)

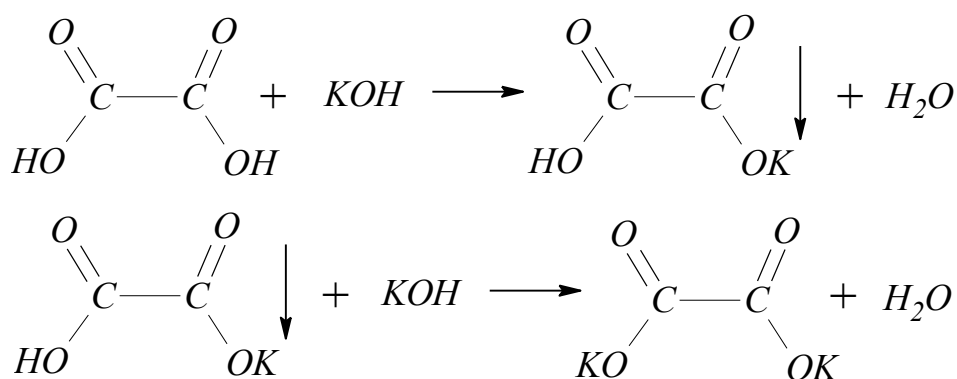


Опыт №4 Получение изоамилацетата

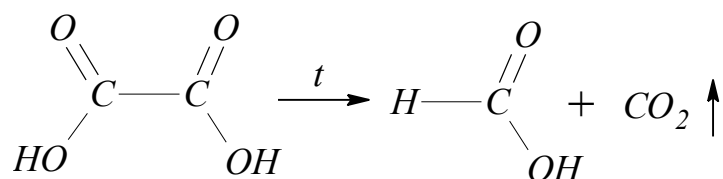


Опыт №5 Свойства щавелевой кислоты

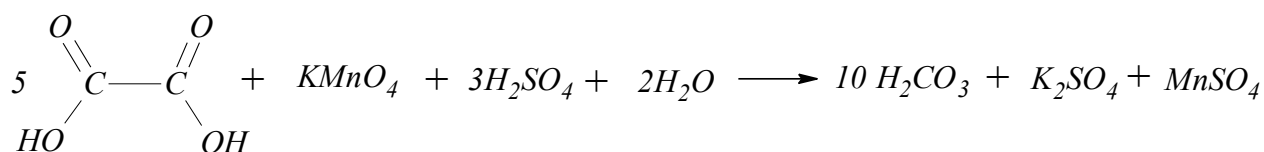
5.1 Получение калиевых солей щавелевой кислоты



5.2 Декарбосилирование щавелевой кислоты при нагревании



5.3 Окисление щавелевой кислоты перманганатом калия



Список использованных источников

1 Шабаров, Ю. С. Органическая химия: учебник / Ю. С. Шабаров. - М. : Химия, 2002. - 848 с. - ISBN - 5-7245-1218-1.

2 Реутов, О. А. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» : в 4 ч. Ч. 1. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 567 с. - ISBN 5-94774-110-5.

3 Реутов, О. А. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» : в 4 ч. Ч. 2. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 623 с. - ISBN 5-94774-111-3.

4 Реутов, О. А. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» : в 4 ч. Ч. 3. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 544 с. - ISBN 5-94774-112-1.

5 Реутов, О. А. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» : в 4 ч. Ч. 4. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 726 с. - ISBN 5-94774-113-X.

6 Несмеянов, А. Н. Начала органической химии: учебник: в 2 т. / А. Н. Несмеянов, Н. А. Несмеянов. - М. : Мир, 1974.- Т.1. - 668 с.

7 Терней, А. М. Современная органическая химия: учебник: в 2 т. / А. М. Терней. - М : Мир, 1981. - Т.1. - 488 с.

8 Робертс, Дж. Основы органической химии: учебник: в 2 т. Т.1. / Дж. Робертс, М. Кассерио. - М. : Мир, 1978. - 848 с.

9 Робертс, Дж. Основы органической химии: учебник: в 2 т. Т.2. / Дж. Робертс, М. Кассерио. - М. : Мир, 1978. - 888 с.

10 Моррисон, Р. Органическая химия: учебник / Р. Моррисон, Р. М. Бойд. - М.: Мир, 1974. - 1136 с.

11 Органикум : учеб. пособие / Г.Беккер [и др.]. - М.: Мир, 1979. - Т. 2. - 448 с.

12 Агрономов, А. Е. Лабораторные работы в органическом практикуме : учеб. пособие / А. Е. Агрономов, Ю. С. Шабаров. - М.: Химия, 1974. - 376 с.

13 Шрайнер, Р. Идентификация органических соединений: / Р. Шрайнер, Р. Фьюзон. - М.: Химия, 1983. - 596 с.

14 Черонис, Н. Д. Микро- и полумикрометоды органического функционального анализа : монография / Н. Д. Черонис, Т. С. Ма. - М. : Химия, 1973. - 576 с.

15 Шарп, Дж. Практикум по органической химии : учеб. пособие / Дж. Шарп, И. Госни, А. Роули - М. : Мир, 1993. - 240 с. – ISBN 5-03-002126-4.

16 Грандберг, И. И. Органическая химия. Практические работы и семинарские занятия : учеб. пособие для вузов / И. И. Грандберг. - М.: Дрофа, 2001. - 352 с. - ISBN 5-7107-3955-3.

17 Иванов, В. Г. Практикум по органической химии : учеб. пособие для вузов / В. Г. Иванов, О. Н. Гева, Ю. Г. Гаверова - М. : Академия, 2002. - 288 с. - ISBN 5-7695-0586-9.

18 Поледюк-Фабини, Р. Органический анализ : фундаментальное руководство по анализу органических соединений / Р. Поледюк-Фабини, Т. Бейрих. - Л. : Химия, 1981. - 624 с.