**Лабораторное занятие 1**.

**Техника безопасности, приборы и посуда, используемые в лаборатории для получения органических веществ, их очистки и определения физико-химических констант**

*Цель –* закрепление учебного материала по правилам техники безопасности (ТБ) и пожароопасности при работе с органическими веществами, с минеральными кислотами и бромом, а также по приборному обеспечению и посуде, используемых при выполнении лабораторных занятий по биоорганической химии.

*Основные вопросы и краткое содержание****.***

Для выполнения лабораторного практикума по органической химии необходимо знать и соблюдать меры предосторожности при работе с пробирками, с кислотами и щелочами, с металлическим натрием, с бромом и с легковоспламеняющимися веществами (ЛВЖ), которые в зависимости от температуры вспышки делятся на три группы:

- особо опасные (ацетон, ацетальдегид, бензин, гексан, диэтиламин, диэтиловый эфир, петролейный эфир и др.),

- постоянно опасные (бензол, гептан, диоксан, метанол, пиридин, этилацетат, этанол и др.)

- опасные при повышенной температуре (бутанол, керосин, муравьиная кислота, пропанол, скипидар, уксусная кислота, уксусный ангидрид и др.).

Большинство химических веществ в той или иной степени являются ядовитыми и необходимо соблюдать меры предосторожности при работе с ними для предотвращения их попадания в организм через кожу, рот и легкие. Предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе лабораторий, которые не представляют опасности для здоровья, а также данные по четырем классам опасности ряда химических веществ представлены в нижеследующей таблице.

Таблица – ПДК и класс опасности ряда органических веществ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | ПДК,  мг/м3 | Класс  опасно-  сти | Вещество | ПДК,  мг/м3 | Класс  опасно-  сти |
| Анилин | 0,1 | 2 | Пиридин | 5 | 2 |
| Ацетальдегид | 5 | 3 | Пропанол | 10 | 3 |
| Ацетон | 200 | 4 | Скипидар | 300 | 4 |
| Бензальдегид | 5 | 3 | Тетрагидрофуран | 100 | 4 |
| Бензилхлорид | 0,5 | 1 | Тетрахлорметан | 20 | 2 |
| Бензол | 5 | 2 | Толуол | 50 | 3 |
| Бутанол | 5 | 3 | Триметиламин | 5 | 2 |
| Гидразин | 0,1 | 1 | Уксусная кислота | 5 | 3 |
| Диметиламин | 1 | 2 | Фенол | 0,3 | 2 |
| Диоксан | 2 | 3 | Формальдегид | 0,5 | 2 |
| Дихлорэтан | 10 | 2 | Хлорбензол | 3 | 3 |
| Диэтиловый эфир | 300 | 4 | Циклогексан | 80 | 4 |
| Метанол | 5 | 3 | Этанол | 1000 | 4 |
| Муравьиновая кислота | 1 | 1 | Этилбромид | 5 | 3 |
| Нафталин | 20 | 4 | Этилацетат | 200 | 4 |

Таким образом, при работе с химическими веществами, использующимися при выполнении лабораторных опытов, необходимо соблюдать все меры предосторожности.

Для выполнения лабораторного практикума по органической химии необходимо знать приборы и посуду, используемых для изучения химических свойств органических соединений и их получения, и уметь ими пользоваться.



*Вставить посуду для синтеза*

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Экспериментальные навыки по очистке твердых органических веществ и контроль их качества. ТБ при работе с твердыми органическими веществами.

2. Экспериментальные навыки по очистке жидких органических веществ и контроль их качества. ТБ при работе с жидкими органическими веществами.

3. Приемы работ с ЛВЖ, кислотами, натрием и бромом с соблюдением правил ТБ.

4. Приборы и посуда, используемые при выполнении лабораторных работ по курсу «Органическая химия»

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 2.**

**Лабораторное получение метана и этилена. Сравнительный анализ на их примере химических свойств алканов и алкенов**

*Цель**–* закрепление учебного материала по получению предельных углеводородов (алканов) и этиленовых углеводородов (алкенов) и сравнительному анализу их химических свойств.

*Основные вопросы и краткое содержание:*

1. *Получение и химические свойства метана*

Получение метана из уксуснокислой соли и натронной извести (смеси NaOH и Са(ОН)2) является примером общей реакции получения углеводородов из солей карбоновых кислот нагреванием их с едкой щелочью.

Реакция идет по схеме:



Применение натронной извести удобнее едкого натра, так как она не разъедает стекло, не плавится при нагревании, а благодаря ее пористости облегчается выделение метана. Побочными продуктами этой реакции являются ацетон, водо­род, этилен и двуокись углерода.

*Описание опыта***.** На дно сухой пробирки насыпают смесь для получения метана, укрепляют пробирку на штативе в наклонном положении и осторожно нагревают в пламени горелки. Газоотводную трубку последовательно опускают в отдельные пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия. Не прекращая нагревания, к концу газоотводной трубки подносят зажженную спичку, при этом метан должен спокойно гореть голубоватым пламенем. При внесении в пламя горящего метана фарфоровой пластинки (чашка) на ней не образуется пятен сажи.

На основании Ваших наблюдений сделайте вывод о химической природе выделяющегося углеводорода.

1. *Получение и химические свойства этилена*

Выделение этилена происходит в результате расщепления (при 170°С) этилсерной кислоты, образующейся при взаимодействии спирта с серной кислотой:





Концентрированная серная кислота является окислителем. При нагревании реакционной смеси образуется кроме этилена и следов серного эфира ряд продуктов окисления, в частности СО, С02, уголь (поэтому жидкость в пробирке чернеет).

*Описание опыта:* для получения этилена в пробирку наливают смесь этилового спирта и концентрированной серной кислоты (смесь для получения этилена), бросают кипятильный камешек, присоединяют газоотводную трубку и начинают осторожно нагревать пробирку до начала равномерного выделения газа. Опуская газоотводную трубку в отдельные пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия, устанавливают, изменяется ли окраска этим реактивов выделяющимися пузырьками газообразного углеводорода, т.е. происходит ли бромирование этилена и его окисление. Не прекращая нагревания, поджигают выделяющийся этилен и вносят в пламя фарфоровую пластинку.

На основании Ваших наблюдений сделайте вывод о химической природе выделяющегося углеводорода. Объясните происходящие изменения и запишите уравнения соответствующих реакций в нижеследующую таблицу:

Таблица – Данные качественных реакций

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  опыта | Условия проведения опыта (исходные вещества или материалы) | Наблюдаемый результат опыта | Химические превращения | Выводы |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Графы 1, 2, 4 заполняются студентами заранее при подготовке к каждому лабораторному занятию, а графы 3 и 5 после выполнения опытов. Особое внимание следует обратить на выполнение графы 5. Правильный, хорошо продуманный и сформулированный вывод с элементами обобщения, сделанный на основе реакции, свидетельствует о сознательном и глубоком освоении учебного материала. В выводах желательно указать медицинское назначение исходных и конечных продуктов реакций.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Классификация углеводородов. Номенклатура предельных и этиленовых углеводородов. Строение одинарной и двойной связи.
2. Какие методы лежат в основе лабораторного получения алканов и алкенов?
3. Назовите методы промышленного получения алканов и алкенов, напишите соответствующие химические реакции и укажите условия их проведения.
4. Проведите сравнительный анализ химических свойств алканов и алкенов. Напишите реакции и объясните механизм их проведения.
5. Почему реакции предельных углеводородов имеют радикальный характер, а алкенов – электрофильный?
6. Как Вы понимаете взаимное влияние атомов в молекуле? Объяcните индукционное влияние метильной группы в пропилене на реакции по его двойной связи.
7. Лекарственные средства на основе углеводородов.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 3.**

**Получение ацетилена и его химические свойства**

*Цель**–* закрепление учебного материала по методу получения ацетилена и его химическим свойствам

1. Получение ацетилена

Ацетилен получают по реакции взаимодействия карбида кальция с водой:



*Описание опыта:* в сухую пробирку помещают несколько маленьких кусочков карбида кальция и наливают воду так, чтобы уровень воды был значительно выше слоя карбида кальция и быстро закрывают газоотводной трубкой. Реакция получения ацетилена экзотермична и поэтому нагревание следует проводить осторожно.

1. Химические свойства ацетилена

С газообразным ацетиленом проводить опыты также, как и в случае метана и этилена. Выделяющийся ацетилен (опыт 1) через газоотводную трубку пропускают в отдельные пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия, устанавливают, изменяется ли при их взаимодействии окраска этим реактивов, т.е. происходит ли бромирование ацетилена и его окисление. Не прекращая нагревания, поджигают выделяющийся ацетилен и вносят в пламя фарфоровую пластинку.

На основании Ваших наблюдений сделайте вывод о химической природе выделяющегося углеводорода. Объясните происходящие изменения и запишите уравнения соответствующих реакций в таблицу, представленную в лабораторном занятии № 2. Полностью заполнив протокол, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Строение ацетилена и его гомологов
2. Методы получения ацетилена и его гомологов.
3. Реакционные центры в молекуле ацетилена и его химические свойства.
4. Почему ацетилен и его моноалкилпроизводные проявляют более сильные кислотные свойства по сравнению с алканами и алкенами?
5. Укажите реакции конденсации ацетилена с оксосоединениями и его полимеризации.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 4.**

**Синтез циклогексена и его идентификация**

*Цель**–* закрепление учебного материала по синтезу циклогексена, исходя из циклического спирта – циклогексанола путем его дегидратации, и используемого для синтеза адипиновой и малеиновой кислот, а также некоторых производных для производства лекарств.

*Материалы:* циклогексанол 15.0 г (0.15 моль), фосфорная кислота (85%) 8.0 г (0.075 моль), хлорид кальция.

В колбу объемом 50 мл помещают циклогексанол (15 г) и фосфорную кислоту (8 г),  
присоединяют эффективный дефлегматор и с помощью насадки Вюрца прямой холодильник. Смесь нагревают до кипения и отгоняют образующийся продукт. Дистиллят переносят в делительную воронку, промывают водой и сушат хлоридом кальция. Продукт сливают в круглодонную колбу и перегоняют с дефлегматором, собирая фракцию с т. кип. 82-83 °C.

Известный выход циклогексена по данной методике составляет около 10.5 г (87%). Литературные данные: т. кип. 83 °C, *nD*20 = 1.4464.

Напишите уравнение реакции и по нему определите выход циклогексена, запишите его справочные данные (молекулярный вес, т. кип., растворимость и др.), отметьте возможности его применения, в том числе и его применение в медицине.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Способы создания кратной связи;
2. Механизм реакции отщепления.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 5.**

**Изучение сравнительных химических свойств ароматических соединений на примере бензола и толуола**

*Цель**–* закрепление учебного материала по сравнительному изучению химических свойств незамещенного бензола и толуола, в бензольном кольце которого содержится метильная группа, обладающая положительным индукционным эффектом и являющаяся в результате этого электронодорным заместителем, направляющим последующие реакции электрофильного замещения в бензоле в орто- (о) и пара- (п) положения относительно себя.

*1. Бромирование ароматических углеводородов*

Опыт проводят параллельно с бензолом и толуолом.

В две пробирки наливают по 1 мл бромной воды. В первую пробирку добавляют несколько капель бензола, во вторую - такое же количество толуола. Обе пробирки взбалтывают. Бензол с бромной водой не реагирует и окраска брома при этом не изменяется (необходимо объяснить причины такого его поведения). Толуол же легко бромируется, вследствие чего происходит обесцвечивание брома. Напишите уравнения реакций и объясните причины легкого бромирования толуола в отличие от бензола.

*2. Влияние катализаторов на ход бромирования ароматических углеводородов*

Опыт проводят параллельно с бензолом и толуолом. В сухой пробирке смешивают 2-3 мл исследуемого углеводорода с равным объемом раствора брома и делят смесь на четыре части, примерно одинаковые по объему. К трем порциям добавляют катализаторы: в первую - несколько кристалликов иода, во вторую - кусочек алюминия и в третью - маленькую щепотку железных опилок. В четвертую порцию катализатор не добавляют. Смеси, содержащие толуол, оставляют при комнатной температуре, часто взбалтывают их. Смеси, содержащие бензол, нагревают до начала кипения (лучше на водяной бане), затем пробирки ставят в штатив.

Наблюдая различие в интенсивности выделения бромистого водорода, отмечают, какой из двух углеводородов бромируется быстрее и как влияют различные катализаторы на скорость бромирования.

*3. Окисление ароматических углеводородов*

В пробирке смешивают 1 мл раствора перманганата калия и 0,5 мл разбавленного раствора серной кислоты. Полученную смесь разливают в две пробирки. В первую пробирку приливают 2 мл бензола, во вторую - 2 мл толуола. После энергичного перемешивания отмечают, что бензол не окисляется, так как цвет раствора перманганата калия не изменился. Толуол под действием перманганата окисляется.

Объясните происходящие изменения и запишите уравнения соответствующих реакций в таблицу, представленную в лабораторном занятии № 2. Полностью заполнив протокол, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Электронное строение бензола.

2. Дайте определение понятиям «энергия сопряжения» (стабилизации) и «ароматичность». Приведите критерии ароматичности (правило Хюккеля).

3. Сравните энергию систем с открытой и замкнутой цепью сопряжения на примере 1,3,5-гексатриена и бензола.

4. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители в ароматическом ядре. Их влияние на последующие реакции электрофильного замещения.

5. Согласованная и несогласованная ориентация заместителей в бензольном кольце.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 6.**

**Синтез бромистого этила. Перегонка бромистого этила и его идентификация**

*Цель**–* закрепление учебного материала по синтезу бромистого этила, который получают нуклеофильным замещением гидроксильной группы этилового спирта на галоген.

*Посуда и реактивы.* Колба Вюрца вместимостью 500 мл, термометр, холодильник Либиха, аллонж, колба-приемник, делительная воронка, этанол 20 мл, бромид калия 25 г; концентрированная серная кислота 25 мл, хлорид кальция, раствор соды.

Бромистый этил получают нагреванием смеси этилового спирта, бромистого калия и серной кислоты. Уравнения основных превращений:

КBr+ H2SO4 → KHSO4 + HBr

CH3 CH2OH + HBr → CH3CH2Br + H2O

CH3CH2OH + H2SO4 → CH3CH2OSO2OH + H2O

CH3CH2OSO2OH + HBr → H2SO4 + CH3CH2Br

Обе реакции обратимы. Однако поскольку бромистый этил во время опыта удаляется из реакционной среды, равновесие сдвигается в сторону его образования и реакция протекает с хорошим выходом. В смесь вводят избыток спирта, что также способствует смещению равновесия вправо, и добавляют немного воды, чтобы, повысив растворимость бромистого водорода в смеси, уменьшить его потери вследствие улетучивания. Прибор для получения бромистого этила представлен на рисунке.

Прибор нужен

1 **-** круглодонная колба; 2,4,6 **–** пробка или шлиф; 3 **-** трубка; 5 **-** холодильник;7 **-** аллонж; 8 **-** колба-приемник

Рисунок 1. Прибор для получения бромистого этила

Колбу 1 соединяют через насадку с холодильником Либиха 5**,** на конец которого надевают изогнутую насадку-аллонж 7, его узкая часть должна быть опущена на 1 см в воду в конической плоскодонной колбе-приемник 8 (вместимостью 100 мл)**.** Бромистый этил тяжелее воды и не растворим в ней, поэтому его собирают под слоем холодной воды, лучше со льдом для уменьшения потерь целевого продукта.

*Проведение реакции*. Собрать прибор, затем в круглодонную колбу наливают вначале 25 мл серной кислоты и, постепенно помешивая, в нее добавляют 20 мл спирта (*приливать спирт следует по стенке горла колбы, наклонив ее в сторону от лица).* Охладив раствор погружением колбы в воду, к нему сначала каплями, а затем небольшими  
порциями добавляют при постоянном охлаждении и перемешивании 17,5 мл  
воды. В охлаждённый раствор прибавляют 25 г *мелко измельченного* бромистого калия, после чего колбу подсоединяют к прибору и реакционную смесь в колбе нагревают на песчаной бане. При нагревании жидкость постепенно вспенивается, получаемый бромистый этил начинает отгоняться и собираться в виде маслянистого слоя на дне приемника под водой. После прекращения поступления бромистого этила из приемника осторожно выливают как можно больше воды (верхний слой) и оставшуюся жидкость переливают в делительную воронку для отделения бромистого этила от воды. К отделенному бромистому этилу приливают двойной объем 10% раствора соды, тщательно взбалтывают (удаление НBr). Бромистый этил отделяют от водного раствора солей с помощью делительной воронки, спуская его в сухую колбу. Сушат 3-4 кусочками гранулированного хлорида кальция и его осторожно декантируют в колбу Вюрца, закрывают колбу термометром (его ртутный резервуар должен находиться на 5 мм ниже входа в отводную трубку колбы) и перегоняют. Термометр (2) вставляют так, чтобы; при этом шкала термометра 35-40 °С должна быть видна. Для равномерного кипения в перегонную колбу Вюрца с бромистым этилом добавляют кипелки или кипятильные камушки.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Как провести разделение двух несмешивающихся жидкостей
2. С какой целью перед перегонкой в жидкость вносят кипятильные  
   камешки или капилляры?
3. По какому исходному реагенту вычисляют теоретический выход  
   при синтезе этила бромистого? Ответ обоснуйте.
4. Строение моногалогенпроизводных жирного и ароматического рядов.
5. Влияние атома галогена на химические свойства моногалогенпроизводных жирного и ароматического рядов.
6. Укажите наиболее удобные пути синтеза: а) хлорэтана; б) бромбензола; в) хлористого аллила; г) хлористого винила; д) хлорбензола; е) 2-бромпропана. Напишите уравнения соответствующих реакций.
7. Оцените подвижность атома галогена в хлорбензоле и хлористом бензиле и, соответственно, условия проведения для них реакций нуклеофильного замещения.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией профессора, д.х.н. М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 7.**

**Химические свойства фармакопейных препаратов спиртов (этиловый спирт и глицерин)**

*Цель**–* закрепление учебного материала по химическим свойствам одно-, двух-, трех- и многоатомных спиртов

*1. Обнаружение воды в спирте и обезвоживание спирта*

*Материалы:* этиловый спирт, CuSO4\* 5 Н2О

1,5-2 г медного купороса нагревают в фарфоровой чашке на плитке, перемешивая медной проволочкой; нагревание продолжают до полного исчезновения голубой окраски соли и прекращения выделения паров воды. Остывший белый порошок пересыпают в сухую пробирку и добавляют 2-3 мл этилового спирта. Объясните происходящие изменения. Полученный таким образом обезвоженный спирт используют для следующего опыта.

*2. Образование и гидролиз алкоголята*

*Материалы:* спирты, Nа-металлический, фенолфталеин.

В обезвоженный этиловый спирт, полученный в предыдущем опыте, погружают маленький кусочек металлического натрия (свежеотрезанного, очищенного от корочек и отжатого от керосина). Когда выделение газа станет спокойным, подносят пробирку отверстием к пламени: выделяющийся водород дает в смеси с воздухом вспышку с характерным резким звуком. К полученной смеси приливают небольшое количество воды и проверяют с помощью фенолфталеина реакцию среды.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

*3. Окисление этилового спирта*

*Материалы:* этиловый спирт, серная кислота (разб.1:5), КМпО4, едкий натр или едкое кали, индикатор.

В пробирку с заранее подготовленной отводной трубкой помещают 5 мг КМпО4, 3 мл воды и 0,5 мл этилового спирта. При слабом нагревании начинается энергичная реакция, требующая охлаждения смеси в стакане с водой. Затем снова осторожно нагревают смесь до начала кипения и кипятят в течение 1-2. минут, после чего добавляют 3 мл разбавленной серной кислоты, кусочек пемзы или кирпича (для равномерного кипения смеси), присоединяют отводную трубку и отгоняют около 0,5 мл жидкости в пустую пробирку-приемник.

Проверить pH среды отгона и написать уравнение реакции.

*4. Дегидратация глицерина*

*Материалы:* глицерин, кислый сернокислый калий или натрий.

К нескольким каплям глицерина в сухой пробирке добавляют около 1 г кислой,сернокислой соли; встряхнув смесь, осторожно нагревают ее и обнаруживают образование акролеина по появлению характерного очень едкого запаха. Напишите уравнение реакции.

*5. Комплексообразование многоатомных спиртов*

*Материалы*: глицерин, маннит, этиленгликоль, сульфат меди, едкий натр.

В пробирке получают гидроокись меди, для чего в разбавленный раствор сульфата меди вводят раствор едкой щелочив в небольшом избытке. Отфильтровав большую часть жидкости через маленький фильтр, вносят стеклянной палочкой небольшие количества осадка с фильтра в несколько пробирок. Затем в пробирки добавляют по 0,5-1 мл воды и по 3-5 капель жидкого спирта или 0,1 г твердого спирта (маннит).

Для сравнения в одну из пробирок с гидроокисью меди и водой не добавляют спирта. Встряхнув все пробирки, дают их содержимому отстояться и отмечают происходящие изменения. Затем добавляют к этим растворам избыток разбавленной соляной кислоты и наблюдают изменение окраски.

Какие реакции при этом произошли? Объясните происходящие изменения и запишите уравнения соответствующих реакций в таблицу, представленную в лабораторном занятии № 2. Полностью заполнив протокол, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Классификация и номенклатура спиртов, их строение
2. Методы получения первичных, вторичных и третичных спиртов
3. Кислотно-основные свойства спиртов
4. Методы получения простых эфиров
5. Применение этилового спирта и глицерина в медицине
6. Чем обусловлена возможность протекания реакций нуклеофильного замещения (SN) и элиминирования (Е) в ряду спиртов. Напишите уравнения последовательных реакций и назовите все образующиеся вещества.
7. Особенности в строении и химических свойствах двухатомных и трехатомных спиртов.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 8.**

**Качественное обнаружение одно-, двух- и трехатомных фенолов. Свойства пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, α- и β-нафтолов**

*Цель**–* закрепление учебного материала по обнаружению одно-, двух- и трехатомных фенолов и химическим свойствам пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, α- и β-нафтолов.

*1. Растворимость и кислотный характер фенолов и нафтолов*

*Материалы:* различные фенолы (фенол, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол), α- и β-нафтолы, индикаторная бумага.

Опыт проводят одновременно с несколькими различными веществами. К 0,3-0,5 г исследуемого фенола добавляют 4-5 мл воды и встряхивают. Если продукт не растворяется полностью, нагревают смесь до кипения, затем охлаждают, отмечая наблюдаемые изменения. Испытывают реакцию полученных растворов, помещая каплю каждого из них на универсальную индикаторную бумагу.

Напишите формулы этих соединений и объясните Ваши наблюдения.

Водные растворы фенолов используются для следующих опытов.

1. *Образование и разложение фенолятов*

*Материалы:* фенол (кристаллический), α- и β-нафтолы, едкий натр, серная кислота, карбонат натрия, бикарбонат натрия - растворы.

Опыты проводят одновременно с фенолом и нафтолом.

*А.* К 0,3-0,5 г исследуемого вещества добавляют 1 мл воды, а затем разбавленный раствор щелочи до полного их растворения. Из полученных прозрачных растворов при подкислении разбавленной серной кислотой выделяется осадок - исходное вещество. Объясните, какие реакции при этом происходят?

*Б.* Помешают в две пробирки по 0,2-0,3 г фенола, добавляют в одну из них при встряхивании 1-2 мл водного раствора карбоната натрия, а в другую такой же объем раствора бикарбоната натрия. Полное растворение фенола в результате образования фенолятов наблюдается лишь в растворе углекислой соли. Почему?

*3. Реакция фенолов и нафтолов с хлоридом железа*

*Материалы:* различные фенолы (водные растворы из предыдущих опытов), этиловый спирт, железосинеродистый калий (красная кровяная соль,1%р-р) , хлорид железа -3% раствор, едкий натр.

*А*. Опыт проводят одновременно с растворами различных фенолов и нафтолов.

К 5-6 каплям каждого из исследуемых растворов добавляют 1-1,5 мл воды и затем несколько (3-5) капель раствора хлорного железа. Отметьте изменения цвета растворов соответствующих фенолов и объясните эти изменения.

*Б.* Полученные в опыте А окрашенные растворы, содержащие фенол, резорцин и пирогаллол, делят каждый на две части:

- к одной из них добавляют равный объем спирта;

- к другой - несколько капель раствора щелочи.

Эти реактивы вызывают исчезновение первоначальной интенсивной окраски растворов. Объясните происходящие изменения и запишите уравнения соответствующих реакций в таблицу, представленную в лабораторном занятии № 2. Полностью заполнив протокол, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Методы получения фенолов.

2. Взаимное влияние гидроксильной группы и бензольного кольца на реакции по указанным реакционным центрам в молекуле фенола.

3. Сравните кислотные свойства соединений в группах:

а) фенол, п-аминофенол;

б) фенол, п-гидроксифенол.

4. Какой из трех изомеров: пирокатехин, резорцин, гидрохинон легче бромируется? Ответ поясните.

5. Фармакопейные образцы фенолов, их получение и применение в медицине.

6. Качественное обнаружение спиртовой и фенольной гидроксильной группы.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 9.**

**Химические свойства** **альдегидов и кетонов**

*Цель**–* закрепление учебного материала по химическим свойствам альдегидов и кетонов, содержащих карбонильную или оксогруппу (карбонилсодержащие соединения или оксосоединения)

1. *Образование альдегидов из спирта при отщеплении водорода (дегидрирование*)

*Материалы:* этиловый спирт, медная спираль.

В сухую пробирку помещают 3 мл исследуемого спирта и 2 мл воды. К пробирке подбирают корковую пробку с медной спиралью, затем в пламени горелки накаливают медную спираль до почернения и быстро погружают ее в пробирку со спиртом. Спирт бурно вскипает, появляется характерный запах альдегида, а медная спираль становится ярко-красной. Напишите уравнение реакции и объясните Ваши наблюдения.

*2. Восстановление альдегидами соединений серебра*

*Материалы:* растворы альдегидов, азотнокислое серебро (аммиачный раствор).

1 мл раствора альдегида (опыт 1) наливают в пробирку, добавляют 1 мл свежеприготовленного аммиачного раствора окиси серебра, встряхивают и отмечают происходящие изменения.

Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

Если серебро не выделяется, то нагревают пробирки с жидкостью несколько минут на водяной бане до 50-60°С.

*Особенности:*

1. Чтобы получить осадок серебра в вице зеркального слоя на стенках пробирки, перед проведением опыта следует тщательно вымыть пробирку горячим раствором щелочи и затем ополоснуть дистиллированной водой;

2. По окончании работы с аммиачным раствором окиси серебра необходимо сразу же вымыть посуду, находившуюся в работе, а образовавшиеся осадки и налеты на ее стенках растворить в разбавленной азотной кислоте.

*3. Восстановление альдегидами соединений двухвалентной меди*

*Материалы:* растворы альдегидов, едкий натр, сернокислая медь.

К 1 мл раствора исследуемого альдегида (из опыта 1) добавляют 0,5 мл разбавленного раствора щелочи и затем по каплям раствор сульфата меди до образования осадка. Полученную смесь нагревают до начала кипения, при этом осадок изменяет свою окраску. Что происходит при этом? Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

*4. Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой*

*Материалы:* растворы альдегидов, фуксинсернистая кислота, серная кислота.

Наливают в две пробирки по 1 мл бесцветного раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют в одну из них несколько капель раствора формальдегида, а в другую - такое же количество раствора ацетальдегида (взятые из опыта 1). Когда жидкость в обеих пробирках приобретает окраску, отмечают ее оттенок. Затем в обе пробирки добавляют по

0,5 мл конц, НС1 или разбавленной серной кислоты и снова отмечают изменение окраски - сразу и через 5-10 минут.

Чем вызвано это изменение? Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

*5. Образование йодоформа из альдегидов и кетонов*

*Материалы:* раствор альдегида, ацетон, раствор иода, едкий натр.

К 1-2 мл разбавленного водного раствора исследуемого альдегида (опыт 1) или ацетона добавляют 1 мл раствора иода и затем несколько капель раствора щелочи до исчезновения окраски. В некоторых растворах немедленно и без нагревания образуется желтый осадок йодоформа с характерным запахом. Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

*6. Взаимодействие ацетона с бисульфитом натрия*

*Материалы:* ацетон, бисульфит натрия, соляная кислота, едкий натр.

В пробирку помешают 2 мл ацетона и 3-4 мл бисульфита натрия. Слегка разогревшуюся смесь охлаждают, в ледяной воде и встряхивают до выделения белого осадка бисульфитного соединения ацетона; его отсасывают на воронке со стеклянным фильтром (воронка Шотта) и отжимают между листами фильтровальной бумаги. Часть бисульфитного соединения обрабатывают в пробирке с хлороводородной кислотой при слабом нагревании и отмечают запах выделяющегося газа. Другую часть нагревают с 1 мл раствора щелочи, отмечают запах выделяющихся паров и испытывают их горючесть. Что при этом происходит?

Полностью заполнив протокол (в соответствии с таблицей, представленной в лабораторном занятии № 2) по опытам 1-6, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*7. Синтез уротропина*

*Материалы:* формалин, аммиак.

В тарированную фафоровую чашечку помещают 5-7 мл формалина и взвешивают с точностью до 0,1 г. Добавляют при перемешивании концентрированный раствор аммиака до появления ясного не исчезающего запаха аммиака. Затем чашку со слегка разогревшейся смесью устанавливают на сетку под тягой и выпаривают до небольшого объема при перемешивании, а затем досуха на кипящей водяной бане и взвешивают. Кристаллизуют полученный синтезом уротропин из 80-100 % этилового спирта.

По уравнению реакции определите выход уротропина, запишите его справочные данные (молекулярный вес, т. пл., растворимость и др.), биологические свойства и в соответствии с этим его применение в медицине.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Классификация карбонилсодержащих соединений. Их номенклатура.
2. Строение карбонильной группы или оксогруппы на примере формальдегида и ацетона.
3. Объясните, почему альдегиды по реакционноспособности более активные, чем кетоны, а в ряду альдегидов самым активным формальдегид?
4. Методы получения альдегидов и кетонов.
5. С какой целью применяются в фармацевтике и медицине формальдегид, ацетальдегид, ацетон и цитраль.
6. Реакции сходства и различия альдегидов от кетонов.
7. Что такое иодоформная проба?

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 10.**

**Химические свойства карбоновых кислот. Синтез этилацетата.**

*Цель**–* закрепление учебного материала по химическим свойствам карбоновых кислот и проведению реакции этерификации с получением сложных эфиров на примере получения этилового эфира уксусной кислоты

*1. Сравнение степени ионизации кислот*

*Материалы*; различные органические кислоты, фенол (6% водный раствор} глицерин (5-10% водный раствор), индикаторная бумага.

Все кислоты готовят одинаковой концентрации и испытывают их действие на универсальную индикаторную бумагу. Используя универсальный индикатор, можно определить значения pH кислот. Для сравнения испытывают таким же образом воду, растворы глицерина, фенола и разбавленную хлороводородную кислоту или серную.

Отметьте изменение цвета индикаторной бумаги от действия испытываемых растворов и сравните наблюдаемые изменения с величинами степени ионизации соответствующих, кислот

Муравьиная кислота 1,8x10-4

Уксусная кислота 1,8x10-5

Трихлоруксусная кислота 1,3x10-1

Щавелевая кислота 5,0x10-2

Янтарная кислота 6,6x10-5

Винная кислота 1,0x10-3

*2. Образование и гидролиз ацетата железа*

*Материалы:* ацетат натрия кристаллический, железосинеродистый калий (желтая кровяная соль, 2 % водный раствор), 3% раствор FеС1з.

В пробирке растворяют 0,1-0,2 г ацетата натрия в 2-3 мл воды и добавляют 5-6 капель раствора хлорида железа (Ш) при встряхивании; жидкость, оставаясь прозрачной, окрашивается в буровато-красный цвет. Затем раствор нагревают до кипения и кипятят 1-2 минуты. При этом выделяется красно-коричневый хлопьевидный осадок. Прекратив нагревание дают жидкости отстояться, после чего осторожно, не взмучивая осадка, отбирают пипеткой немного прозрачного обесцветившегося раствора, переносят его в другую пробирку и добавляют несколько капель раствора желтой кровяной соли - реактива на ионы трехвалентного железа. Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

*3. Образование и гидролиз сложных эфиров*

*Материалы:* спирты, уксусная кислота, концентрированная и разбавленная серная кислота, насыщенный раствор NаС1, щелочь.

а) Смешивают в 2-х пробирках по 2 мл спирта и ледяной уксусной кислоты. В одну из пробирок добавляют 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Встряхнув пробирки, помешают их на 10 минут в горячую (60-70°), но не кипящую баню, следя за тем, чтобы жидкость в пробирках не кипела. Затем охлаждают обе пробирки в холодной воде и добавляют в каждую по 2 мл воды. Отмечают запах образовавшегося сложного эфира и разницу в объемах отслаивающегося и всплывающего слоя эфира в первой и второй пробирках. Затем добавляют по 3 мл насыщенного раствора хлорида натрия и наблюдают изменение объема эфирного слоя. Где идет процесс энергичнее и почему?

Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

б) Сняв пипеткой примерно равные количества эфира (по 6-8 капель) в три чистые пробирки, приливают во все пробирки по 1 мл воды, затем добавляют во вторую пробирку 1-2 капли разбавленной серной кислоты, а в третью - 1-2 капли концентрированного раствора щелочи. Нагревая при встряхивании одновременно все пробирки в горячей (60-70°C) воде, отмечают различие в скорости исчезновения эфирного слоя, а также запаха сложного эфира во всех трех пробирках.

Что происходит в пробирках после добавления разбавленной серной кислоты и концентрированной щелочи? Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

Полностью заполнив протокол (в соответствии с таблицей, представленной в лабораторном занятии № 2) по опытам 1-3, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*4. Синтез этилового эфира уксусной кислоты (этилацетата)*

*Цель*. Закрепить понятия о составе, структуре, свойствах, повторить способы получения в лабораторных условиях и распознавания сложных эфиров на примере этилацетата.

*Материалы:* Мерная пипетка на 10 мл (3 шт.), пробка для колбы с вертикальной трубкой-холодильником (воздушным), водяная баня (электрическая), вата гигроскопическая, колба на 50 мл (2 шт.), железный штатив с двумя лапками и кольцом (асбест), хлоркальциевая трубка с пробкой под холодильник, шпатель, делительная воронка, химический стакан (200 мл), санитарная склянка; С2Н5ОН (этанол), NaCl (насыщ. р-р), Н2SO4 (конц.), Н2О (дистил.), CuSO4 (безводн.), СН3СООН (конц.), *изо*-C5H11OH.

*Этерификация*. Одним из наиболее важных способов получения сложных эфиров является реакция этерификации. Она обратима и протекает по схеме:



В качестве катализатора чаще всего применяют небольшие каталитические количества серной кислоты. Обычно количество кислоты составляет 5-10% от веса взятого для реакции спирта. Легче всего сложные эфиры получаются из первичных спиртов и низкомолекулярных кислот. Вторичные спирты реагируют труднее. Эфиры третичных спиртов получаются с небольшим выходом, так как третичные спирты в присутствии минеральных кислот легко отщепляют воду и превращаются в непредельные углеводороды. На ход реакции оказывает влияние и строение карбоновой кислоты. Чем больше число и объем радикалов в α-положении по отношению к карбоксильной группе, тем меньше скорость этерификации. Этерификация карбоновых кислот, катализируемая кислотами, протекает через стадию присоединения протона к карбонильному кислороду



Вслед за этим происходит присоединение молекулы спирта, за которым следует последовательное отщепление воды и протона:



Поскольку реакция этерификации является обратимой, то выход эфира тем больше, чем в большем избытке взят спирт или кислота и чем полнее удаляется из реакционной смеси сложный эфир и вода. Гидролиз сложных эфиров карбоновых кислот можно осуществить в щелочной или в кислой среде, или в присутствии ферментов (энзимов) и других специальных катализаторов. Обычно сложные эфиры гидролизуются в присутствии кислот медленнее, чем под влиянием щелочей. Механизм гидролиза, катализируемого кислотами, аналогичен механизму образования сложного эфира из карбоновой кислоты и спирта. Гидролиз в щелочной среде применяется для количественного анализа сложных эфиров.

*Порядок работы.* Смешать в колбе-реакторе по 2 мл этанола, ледяной уксусной кислоты и 0,5-1 мл Н2SO4 (конц.), перемешать стеклянной палочкой, осторожно понюхать. Закрыть колбу пробкой с газоотводной трубкой-холодильником, где сверху закрепить хлоркальциевую трубку с безводным CuSO4. Поместить прибор в водяную баню (кипящую или порядка 70 °С) и нагревать 5-8 мин. После охлаждения раствора произвести пробу на запах, добавить равный объем *насыщенного раствора* хлорида натрия. Перелить смесь в делительную воронку и отделить верхний эфирный слой.

По уравнению реакции определите выход этилацетата, запишите его справочные данные (молекулярный вес, т. кип., плотность, показатель преломления, растворимость и др.).

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Классификация и номенклатура предельных, непредельных и ароматических одно-и двухосновных карбоновых кислот.
2. Получение карбоновых кислот и их производных. Строение карбоксильной группы, сила карбоновых кислот.
3. Какие факторы и как влияют на скорость реакции этерификации?
4. Укажите различия в химических свойствах гидроксильных групп в кислотах и спиртах; карбонильной группы в кислотах и в оксосоединениях (альдегиды и кетоны). Ответ мотивируйте.
5. Особенности в строении и химических свойствах двухосновных, непредельных и ароматических кислот.
6. Карбоновые кислоты, используемые в фармации и медицине.
7. Производные карбоновых кислот, используемых в фармации и медицине.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., д.х.н. М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 11**

**Синтез пара-аминобензолсульфокислоты (сульфаниловой кислоты)**



*Цель**–* закрепление учебного материала по синтезу сульфаниловой кислоты, на основе которой получают ряд эффективных сульфаниламидных препаратов.

*Реактивы и оборудование*: концентрированная серная кислота (плотность 1.84 г/см3) – 4.6 г, анилин – 0.8 г, круглодонная колба вместимостью 25 мл, обратный холодильник, маленький и большой стаканы вместимостью 25 мл и 50-100 мл соответственно.

*Реакцию проводить в вытяжном шкафу с хорошей тягой.*

*Методика получения сульфаниловой кислоты.* В небольшой круглодонной колбе, снабженной обратным холодильником, смешивают анилин с серной кислотой. Смесь нагревают в течение 45 минут на масляной или песчаной бане при температуре 180-190 °С. Слегка остывшую массу выливают в маленький стакан с холодной водой (5-7 мл), охлаждаемой льдом в большом стакане. При этом сульфаниловая кислота кристаллизуется. Сульфаниловая кислота хорошо растворяется в воде и в сульфирующем реагенте. Поэтому указанное выше количество воды в маленьком стакане предварительно помещают в стакан большего размера, в котором содержится охлаждающая смесь (мелко растолченный лед). Этим удается снизить растворимость сульфаниловой кислоты в воде и кристаллы в виде осадка выпадают из реакционной смеси. Полученный продукт отфильтровывают на вакуумном мини-фильтре, промывают холодной водой, сушат на воздухе. Ожидаемый выход ~ 0,7-0,8 г.

По уравнению реакции определите выход сульфаниловой кислоты, запишите его справочные данные (молекулярный вес, т. пл., растворимость и др.).

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Методы введения сульфогрупп в ароматические соединения.
2. Механизм реакции сульфирования ароматических соединений, содержащих электронодонорные заместители.
3. Какие сульфаниламидные препараты могут быть получены на основе сульфаниловой кислоты.
4. Применение сульфаниламидных препаратов в медицине. Их физиологическая роль.
5. К каким изменениям в биохимической роли п-аминобензойной кислоты приводит замена карбоксильной группы на сульфогруппу?

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 12.**

**Химические свойства** **аминокислот, оксикислот и оксокислот**

*Цель**–* закрепление учебного материала по химическим свойствам бифункциональных производных углеводородов в виде аминокислот, оксикислот и оксокислот, являющихся важнейщими природными соединениями.

*1) Амфотерные свойства α-аминокислот*

Действие аминокислот на индикаторы:

В две пробирки наливают по 0,5 мл метилового оранжевого, метилового красного. Добавляют в каждую из пробирок по несколько капель водного раствора аминоуксусной кислоты (глицина). Отмечают реакцию среды.

NH2-CH2-COOH ↔ H3N+CH2COO–

1. На полоску универсальной индикаторной бумаги нанесите стеклянной палочкой каплю 1 % раствора α-аланина. Изменилась ли окраска индикаторной бумаги?
2. В две пробирки поместите по 3 капли 1 % водного раствора α-аланина. В 1-ю пробирку добавьте по каплям 0,1 % раствор хлороводородной кислоты, подкрашенный индикатором конго в синий цвет, а во 2-ю – 0,1 % раствор гидроксида натрия, подкрашенный фенолфталеином. Какие наблюдаются изменения в окраске растворов

*2)* *Действие азотистой кислоты на α-аминокислоты (дезаминирование α-аминокислот):*

В пробирку наливают 0,5-1 мл раствора глицина и добавляют 3-5 капель нитрита натрия и столько же хлороводородной кислоты. При встряхивании выделяются пузырьки газа.

NaNO2 + HCl → NaCl + HNO2

NH2-CH2-COOH + HNO2 → HOCH2-COOH + N2 ↑ + H2O

α-оксиуксусная кислота

или 2-гидроксиэтановая кислота

*3) Получение комплексной медной соли глицина:*

К 1-2 мл раствора аминоуксусной кислоты (глицина) добавляют 0,5 г оксида меди (II) или 1 лопаточку сухого карбоната меди (II). Смесь кипятят. Появляется характерное окрашивание.



Полученный раствор осторожно слейте с осадка в другую пробирку и добавьте в нее 1-2 капли 10 % раствора гидроксида натрия.

*4) Доказательство наличия двух карбоксильных групп в винной кислоте.*

В пробирку поместите 1 каплю 15 % раствора винной кислоты, 2 капли 5 % раствора КОН и встряхните. Постепенно начинает выделяться белый кристаллический осадок, малорастворимый в воде кислой калиевой соли винной кислоты (гидротартрата калия). Если осадок не выпадает, то охладите пробирку под струей воды и потрите внутреннюю стенку пробирки стеклянной палочкой.

Добавьте в пробирку 2-3 капли 10 % раствора гидроксида натрия. Кристаллический осадок постепенно растворяется, так как образуется хорошо растворимая в воде смешанная калиево-натриевая соль винной кислоты (тартрат калия-натрия). Раствор сохраните для следующего опыта.

*5) Комплексообразующие свойства винной кислоты*

В две пробирки поместите по 2 капли 2 % раствора сульфата меди(II) и 10 % раствора гидроксида натрия. В 1-ю пробирку добавьте раствора тартрат калия-натрия, полученный в предыдущем опыте. Осадок гидроксида меди(II) растворяется. Полученный раствор имеет синюю окраску. *Он носит название – реактив Фелинга – и используется для обнаружения глюкозы в моче.* Жидкости в обеих пробирках нагрейте до кипения. В 1-ой пробирке окраска раствора не изменится, во второй – голубой осадок гидроксида меди(II) превращается в оксид меди(II) черного цвета.

*6) Разложение лимонной кислоты*

В сухую пробирку, снабженную газоотводной трубкой, поместите лопаточку лимонной кислоты и 5 капель конц. Н2SО4. Пробирку нагрейте. Конец газоотводной трубки опустите в 1-ю пробирку с 5 каплями раствора (ВаОН)2, раствор помутнеет. После этого опустите конец газоотводной трубки во 2-ю пробирку, содержащую 2 капли раствора иода в иодиде калия, предварительно обесцвеченного добавлением нескольких капель 10 % раствора гидроксида натрия. Во 2-ой пробирке выпадает бледно-желтый осадок

*7) Кетонное расщепление ацетоуксусного эфира*

В сухую пробирку, снабженную газоотводной трубкой, поместите 5 капель ацетоуксусного эфира и 5 капель 10 % раствора Н2SО4, нагрейте. Конец газоотводной трубки опустите в 1-ю пробирку с 5 каплями раствора (ВаОН)2, раствор помутнеет. После помутнения раствора опустите конец газоотводной трубки во 2-ю пробирку, содержащую 2 капли раствора иода в иодиде калия, предварительно обесцвеченного добавлением нескольких капель 10 % раствора гидроксида натрия. Во 2-ой пробирке выпадает бледно-желтый осадок

*8) Цветные реакции салициловой кислоты*

Возьмите три пробирки. В 1-ю поместите несколько кристалликов салициловой кислоты, во 2-ю – фенилсалицилата, в 3-ю – ацетилсалициловой кислоты.В 1-ю и 3-ю пробирки добавьте по 3-4 капли воды, во 2-ю – 2 капли этанола. Затем в каждую пробирку добавьте по 1 капле 1 % раствора хлорида железа (III)

В 1-ой и 2-ой пробирках появляется фиолетовое окрашивание. Нагрейте 3-ю пробирку до кипения, при этом появляется фиолетовое окрашивание.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Почему аминокислоты, оксикислоты и оксокислоты относят к бифункциональным соединениям. Назовите в их функциональные группы.
2. Какую физиологическую роль выполняют в организме аминокислоты, оксикислоты и оксокислоты. Назовите важнейшие их представители.
3. Подтвердите примерами кислотно-основные свойства аминокислот.
4. Взаимное превращение в организме молочной кислоты и пировиноградной кислоты друг в друга и в каких условиях это возможно?
5. Отношение α-, β-, - аминокислот и α-, β-, - оксикислот к нагреванию. Назовите образующиеся продукты при этом?
6. Напишите химические реакции, протекающие по карбонильной и карбоксильным группам в оксокислотах.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2009. - 148 с. (Ч. 1): - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 13.**

**Образование озазона глюкозы;** **химические свойства моносахаридов**

*Цель**–* закрепление учебного материала пообразованию озазона глюкозы, являющегося эпимером маннозы и фруктозы, и химическим свойствам моносахаридов

*1. Синтез озазона глюкозы*

*Материалы:* глюкоза, фенилгидразин гидрохлорид, ацетат натрия.

Перед опытом смешивают 2 весовых частей солянокислого фенилгидразина с 3-мя весовыми частями ацетата натрия и смесь солей хорошо растирают в ступке.

В круглодонную колбу, снабженную холодильником, вносят около 0,2 г глюкозы, которую растворяют в 4 мл дистиллированной воды, затем к водному раствору глюкозы добавляют около 1 г приготовленной смеси солей и нагревают реакционную массу 5-10 мин на кипящей водяной бане при частом встряхивании. Когда появятся желтые кристаллы озазона глюкозы, смесь оставляют для остывания. Постепенно образуются красивые желтые иглы озазона глюкозы.

В растворе смеси гидрохлорида фенилгидразина и ацетата натрия в результате обменной реакции образуется ацетат фенилгидразина, последний, как соль слабой кислоты и слабого основания, сильно гидролизован и в растворе находится в равновесии со свободным фенилгидразином С6Н5NHNH2, который реагирует с моносахаридом. Непосредственное применение свободного фенилгидразина менее удобно, так как он малорастворим в воде, кроме того, при попадании на кожу может оказать вредное действие на организм. Фенилгидразин взаимодействует с карбонильными группами альдегидов, кетонов и сахаров, давая фенилгидразоны. При избытке фенилгидразина в реакцию с одной молекулой глюкозы вступают еще две молекулы; в результате внутримолекулярных реакций непрочных промежуточных соединений образуются аммиак, анилин и озазон исходного сахара, в котором рядом находятся две фенилгидразоновые группы.

Таким образом, суммарная реакция образования озазона трех моносахаридов выражается уравнением:



D-манноза D-глюкоза D-фруктоза



Напишите уравнения соответствующих реакций. Оэазоны сахаров обычно менее растворимы в воде, чем фенилгидразоны, имеют характерную форму кристаллов, хорошо наблюдаемую под микроскопом. Поэтому озазоны часто служат для идентификации сахаров. Исследование озазонов особенно важно для суждения о пространственной изомерии сахаров.

По уравнению реакции определите выход озазона глюкозы, проведите его идентификацию. Запишите его справочные данные (молекулярный вес, т. пл., растворимость и др.) и сравните их с полученными Вами данными.

*2. Общая реакция на углеводы с α нафтолом (реакция Молиша)*

*Материалы:* 5 % водные растворы углеводов, α нафтол (10 % раствор в спирте или CHCl3), концентрированная серная кислота.

Опыт проводят одновременно с несколькими различными углеводами. В пробирку к исследуемому углеводу добавляют 2 капли раствора *α*-нафтола.

После этого, наклонив пробирку, осторожно приливают по стенке (лучше из пипетки) 1-1,5 мл концентрированной серной кислоты. Тяжелый слой кислоты должен опуститься на дно пробирки, почти не смешиваясь с водным слоем. На границе слоев быстро образуется красно-фиолетовое кольцо; при взбалтывании смесь разогревается и окрашивается по всему объему, а при разбавлении ее водой выделяются окрашенные хлопья. В отсутствии углеводов фиолетового кольца не образуется, хотя жидкость может позеленеть или потемнеть.

Появление окраски обусловлено расщеплением молекулы углевода при действии серной кислоты с образованием в числе прочих продуктов фурфурола или его производных, которые вступают в реакцию конденсации с *α* -нафтолом, образуя окрашенные соединения. Если вместо *α*-нафтола использовать резорцин, то образуется оранжево-красное окрашивание, тимол – красное, дифениламин – синее.

Окрашенный продукт с *α* -нафтолом имеет следующее строение:



Данная реакция очень чувствительна, при недостаточно аккуратной работе даже случайно попавшие в пробирку волокна фильтровальной бумаги или пыль могут вызвать положительную реакцию с *α* -нафтолом.

Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

*3. Взаимодействие сахаров с аммиачным раствором окиси серебра*

*Материалы:* 1-2% водные растворы глюкозы, фруктозы, разбавленный водный раствор едкого натра, аммиачный раствор серебра.

Выполнение опыта. В тщательно вымытой горячим раствором щелочи и ополоснутой водой пробирке смешивают 1 мл аммиачного раствора окиси серебра и 1 мл раствора сахара и пробирку помещают на несколько минут в горячую воду (60-80°С). Если пробирка была чистой, то выделившееся при окислении сахара металлическое серебро осаждается на стенках в виде зеркального слоя, в ином случае выпадает черный осадок. (продукт реакции сдать лаборанту или слить раствор серебра в специальную склянку).

Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

Полностью заполнив протокол (в соответствии с таблицей, представленной в лабораторном занятии № 2) по опытам 2-3, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Объясните механизм образования озазона глюкозы, фруктозы и маннозы.
2. Почему кетозы на примере фруктозы наряду с альдозами (глюкоза и манноза) вступают в реакцию «серебряного зеркала»?
3. Дайте определение понятию «эпимеры» и объясните почему глюкозу, маннозу и фруктозу называют эпимерами?

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., д. х. н. М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: Издательский дом «Жибек жолы». - Т.1. - 2008. - 592 с.; Т.2. - 2009; Т.3. - 2014.

5. Жусупова Г.Е. Биоорганическая химия. Учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті. - 2016 (Ч. 2).

**Лабораторное занятие 14.**

**Химические свойства олиго- и полисахаридов. Кислотный и ферментативный гидролиз крахмала**

*Цель**–* закрепление учебного материала по химическим свойствам олиго- и полисахаридов

*1. Взаимодействие сахаров с медновиннокислым комплексом (феллинговой жидкостью)*

*Материалы:* 1-2 % водные растворы сахаров. Раствор А *–* сульфат меди в водном растворе (3,5 г СаS04х5Н20 в 50 мл воды), раствор Б - виннокислый калий-натрий в водно­щелочном растворе (17,3 г сегнетовой соли и 6 г NaOH в 50 мл воды).

Опыт проводят одновременно с растворами различных сахаров. Точно отмеряют и смешивают равные объемы растворов А и Б, затем наливают в пробирки по 2 мл полученной темно­синей жидкости. Нагревают жидкость *–* в каждой пробирке до начала кипения и добавляют к ней по каплям (при продолжающемся кипении) 0,5-1,5 мл исследуемого раствора до полного исчезновения синей окраски смеси и выделения красного осадка окиси одновалентной меди. Приливая раствор сахара из градуированной пипетки или бюретки, можно во многих случаях оценить его концентрацию.

Эту реакцию на практике используют для качественного определения сахаров в растворах, в биологических объектах, в растениях, чаще для этого используют весовой и титриметрический методы. Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

1. *Получение азотнокислых эфиров целлюлозы*

*Материалы:* вата (лучше гигроскопическая), этиловый спирт (ректификат) и диэтиловый эфир (смесь 1:3 по объему), концентрированная азотная кислота, концентрированная серная кислота.

*Ход выполнения*. В широкую пробирку помещают 4 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно при взбалтывании добавляют 8 мл концентрированная серной кислоты. Слегка охладив сильно разогревшуюся смесь кислот, погружают в нее (при помощи стеклянной палочки с загнутым концом) небольшой комок ваты.

Осторожно помешивая папочкой содержимое пробирки, нагревают на водяной бане при 60-70°С. Через 5 минут вынимают вату и многократно промывают в струе воды и отжимают между листами бумаги и сушат в фарфоровой чашке на кипящей водяной бане. Полученный сухой светло-желтый волокнистый нитрат целлюлозы-коллоксилин *–* делят на две части:

а) кусочек коллоксилиновой ваты при помощи тигельных щипцов вносят в пламя горелки - вата сильно вспыхивает;

б) к другому кусочку коллоксилиновой ваты в сухой пробирке добавляют 1-2 мл смеси спирта и эфира. Коллоксилин постепенно набухает и образует коллоидный раствор - коллодий. Вылитый на стеклянную пластинку коллодий после испарения растворителя образует пленку, ее снимают со стекла и вносят (щипцами) в пламя горелки. Пленка коллоксилина сгорает медленнее, чем коллоксилин в виде ваты. Напишите уравнения реакций и объясните Ваши наблюдения.

1. *Кислотный гидролиз крахмала*

Гидролиз крахмала, как и реакции гидролиза других соединений, значительно

ускоряется в присутствии кислот. В результате последовательно углубляющегося гидролиза крахмала сначала образуются декстрины, затем дисахарид – мальтоза С12Н22О11 и как конечный продукт гидролиза – моносахарид D-глюкоза.

В целом гидролиз крахмала можно выразить уравнением:

(С6Н10О5)n + n H2O –> n C6H12O6

Карбонат кальция добавляют для нейтрализации серной кислоты и ее удаления из раствора:

СаСО3 + Н2SO4  CaSO4 + H2O +CO2

Образующийся малорастворимый сульфат кальция (около 2 г в 1 л) и избыток карбоната кальция отделяют при фильтровании. Для ускорения гидролиза крахмала пригодна любая сильная кислота, например, хлороводородная кислота, однако ее труднее удалить из гидролизата, чем серную кислоту.

*4. Гидролиз крахмала под действием фермента амилазы*

*Материалы: крахмал, слюна (свежеприготовленный раствор)*

Для получения раствора слюны ополаскивают рот в течение приблизительно 1 мин дистиллированной водой (20-30 мл); полученную жидкость фильтруют через складчатый фильтр. Выделение слюны резко увеличивается, если пожевать кусочек парафина.

Опыт проводят одновременно в трех пронумерованных пробирках; в две из них помещают по 5 мл раствора слюны, а в третью – 5 мл дистиллированной воды (для контроля). Раствор слюны во второй пробирке нагревают до кипения и кипятят 1-2 мин, прогревая не только жидкость, но и образующуюся пену, а затем охлаждают. Готовят обычным путем 20-25 мл крахмального клейстера из 0,5 г крахмала, охлаждают его и вносят по 5 мл клейстера в каждую пробирку, после чего встряхивают все три пробирки и помещают их одновременно в стакан с нагретой до 40 оС водой, отметив время начала гидролиза. Через каждые 1-2 мин отливают из трех пробирок по 0,5-1 мл жидкости и добавляют к взятой пробе каплю раствора йода. Гидролиз проводят в течение 10-12 мин до исчезновения цветной реакции с йодом в одной из пробирок, после чего испытывают раствор в каждой пробирке на наличие в нем редуцирующих (восстановленных) сахаров. Отмечают различие результатов в разных пробирках. Слюна содержит фермент птиалин (амилазу), чрезвычайно энергично катализирующий гидролиз крахмала. В отличие от кислотного гидролиза гидролиз крахмала птиалином идет лишь до образования дисахарида – мальтозы. В первой пробирке (с не прогревавшимся предварительно раствором слюны) реакция с йодом очень быстро обнаруживает превращение крахмала в декстрины; через 5-6 мин окраска от йода перестает появляться, а реакция с солями меди обнаруживает появление в растворе редуцирующих сахаров. Для всех ферментных процессов характерно существование известного оптимума температуры, в данном случае лежащего около 40 оС. Нагревание до 100 оС разрушает (денатурирует) фермент, который представляет собой белок, и слюна теряет способность гидролизовать крахмал. Поэтому во второй пробирке (кипяченная слюна), как и в третьей (контрольной) гидролиза крахмала по реакции с йодом не обнаруживается.

Полностью заполнив протокол (в соответствии с таблицей, представленной в лабораторном занятии № 2) по опытам 2-4, студенты показывают пробирки с опытами и защищают работу, для чего по указанию преподавателя должны написать 2-3 уравнения, отражающих химические свойства исследуемых объектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Объясните различие между олигосахаридами и полисахаридами.
2. Приведите примеры восстанавливающих и не восстанавливающих дисахаридов
3. Объясните, чем отличается кислотный гидролиз крахмала от действия на крахмал фермента амилазы.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., д.х.н. М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.

**Лабораторное занятие 15.**

**Сопоставительный анализ по взаимосвязи строения, химических и биологических свойств исследованных органических соединений**

*Цель**–* закрепление учебного материала по генетической связи органических веществ между собой и по взаимосвязи органических соединений в ряду: строение – химические свойства – биологическая активность.

На заключительном занятии необходимо подвести итоги по выявлению генетической связи органических соединений между собой, их взаимопревращению, когда химические свойства одних класов органических соединений и лежащих в их основе углеводородов делают возможным получение других их классов и углеводородов. В соответствии с этим при выборе методов синтеза органических веществ важно выбрать наиболее рациональные пути их проведения, экономически и экологически обоснованные методы для взаимопревращений органических соединений.

Необходимо также подвести итоги по взамосвязи строения органических соединений и их химическими и биологическими свойствами.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие реакции нужно провести, чтобы осуществить следующие превращения:

а) метан → ацетилен → винилхлорид → поливинилхлорид;

б) этан → хлорэтан → этилен → 1,2-дихлорэтан → ацетилен;

в) бензол → хлорбензол → фенол → салициловая кислота → ацетилсалициловая кислота → фенилсалициловая кислота (салол) и салицилат натрия.

г) этилен → 1,2-дихлорэтан → этиленгликоль → 1,2-дихлорэтан → ацетилен → ацетальдегид → иодоформ.

д) этилен → хлорэтан → бутан → СО2.

е) метан → бромметан → этан → хлорэтан → этиловый спирт → этилен → нитрил пропионовой кислоты → натрий пропионат.

ж) иодметан → метан → бромметан → нитрил уксусной кислоты → этановая кислота → этилацетат.

з) 2-хлорбутан →бутилен → дибромбутан → бутин → бутанон → дихлорбутан → бутанон.

1. Расшифруйте следующие схемы превращений и назовите полученные соединения:

а) 1- бром-2-метил-бутан КОН спирт. р-р АН2О в кислой среде ВNa  С С2Н5Сl   Д.

б) пентен-2 НВr А КОН водн.р-р В Na C С2Н5Вr Д О2 горение Е.

в) СН2=СН2 НВr А КОН спирт. р-р В Н2О(Н+) C Na Д С2Н5C1 Е.

г) СН3-СН2-СН2-СН2ОН HBr А Мg (абсол.эфир)  В СО2 С HС1 Д РС15 Е СН3ОН Ж.

1. Из I-хлорбутана через стадию образования соответствующего спирта получите масляную кислоту. Полученную кислоту превратите в ее ангидрид. На масляный ангидрид подействуйте аммиаком.

*Рекомендуемая литература:*

1. Травень В.Ф., Щекотихин А.Е. Практикум по органической химии (электронный ресурс): учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. - 595 с.

2. Травень В.Ф. Органическая химия (в трех томах). 4-ое издание (электронное). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. - Т.1, 401 с.; Т. 2, 550 с.; Т.3, 391 с.

3. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение. Углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 томах. Перевод с английского под редакцией проф., докт. хим. наук М.А. Юровской. М.: Лаборатория знаний, 2020. - Т.1, 466 с.; Т. 2, 546 с.; Т.3, 554 с.; Т. 4, 514 с.