

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**361**

**«ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

практикум для студентов по специальности 011600 «БИОЛОГИЯ»

Воронеж 2003

Утверждено научно – методическим советом химического факультета ВГУ, протокол № 4 от 24 января 2003 г.

Составители:                    доц., к.х.н. Шмырева Ж.В.  
    доц., к.х.н. Моисеева Л.В.  
    доц., к.х.н. Соловьев А.С.  
    асс., к.х.н. Пономарева Л.Ф.  
    асс., к.х.н. Медведева С.М.  
    асс. Петров В.В.

Практикум подготовлен на кафедре органической химии химического факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов 2 курса дневного отделения биолого – почвенного факультета.

**ПЛАН – ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ МАЛОГО ПРАКТИКУМА  
ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.\***

| №    | Вид занятий                   | Час | Тема  | Форма контроля              |
|------|-------------------------------|-----|---|-----------------------------|
| 1.   | Вводное занятие.              | 4   | Задачи практикума Техника безопасности.   | инструктаж                  |
| 2.   | Лабораторная работа.          | 4   | Качественный и количественный анализ органических соединений.   | отчет в тетради             |
| 3-4. | Семинар                       | 8   | Теория строения Бутлерова. Основные понятия. Изомерия. Электронные представления в органической химии. Номенклатура органических веществ. | коллоквиум                  |
| 5.   | Семинар, лабораторные работы. | 4   | Алканы, цикланы.  | коллоквиум, отчет в тетради |
| 6.   | --/--                         | 4   | Алкены, диены.  | --/--                       |
| 7.   | --/--                         | 4   | Алкины.   | --/--                       |
| 8.   | --/--                         | 4   | Ароматические углеводороды.   | --/--                       |
| 9.   | Контрольная работа.           | 4   | Алканы, алкены, алкины, арены.  | -                           |
| 10.  | Семинар, лабораторные работы. | 4   | Спирты, многоатомные спирты, фенолы.  | коллоквиум, отчет в тетради |
| 11.  | --/--                         | 4   | Альдегиды, кетоны.  | --/--                       |
| 12.  | --/--                         | 4   | Карбоновые кислоты и их производные.  | --/--                       |
| 13.  | Контрольная работа.           | 4   | Кислородсодержащие функциональные производные углеводов   | --/--                       |
| 14.  | Семинар, лабораторные работы. | 4   | Азотсодержащие функциональные производные углеводов   | коллоквиум, отчет в тетради |
| 15.  | --/--                         | 4   | Углеводы.   | --/--                       |
| 16.  | --/--                         | 4   | Моно-, ди-, полисахариды.   | --/--                       |
| 17.  | --/--                         | 4   | Белки.  | --/--                       |
| 18.  | Зачетное занятие.             | 4   | Основные классы органических соединений.  | зачет                       |

\* Возможно проведение 1-2 занятий по технике лабораторных работ и синтезу органических соединений.

## **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.**

1. Во время работы в лаборатории соблюдайте чистоту, тишину и порядок.
2. Не разрешается работать в лаборатории в отсутствие лаборанта или преподавателя. Запрещается нахождение посторонних лиц в лаборатории.
3. Приступайте к каждой работе только с разрешения преподавателя и после полного усвоения всех ее операций. Запрещается производить работы, не связанные непосредственно с выполнением задания.
4. В лаборатории следует работать в халатах из хлопчатобумажной ткани.
5. В лаборатории запрещается принимать пищу, пить воду, курить.
6. Во время работы не следует касаться руками лица: многие органические вещества сильно раздражают кожу, а при попадании на слизистую оболочку глаз вызывают сильное жжение и последующее воспаление.
7. Во время нагревания жидкостей или твердых тел в пробирках (или колбах) не направляйте отверстие сосуда на себя или на соседей, не заглядывайте в пробирки (колбы) сверху, так как в случае возможного выброса нагретого вещества может произойти несчастный случай.
8. Нагревание пробирок и других стеклянных сосудов следует производить очень осторожно и постепенно; перед нагреванием на пламени, песчаной бане пробирка или сосуд должны быть вытерты снаружи насухо.
9. Категорически запрещается пробовать какие-либо вещества на вкус. Определять запах соединения можно, осторожно направляя к себе его пары легким движением руки.
10. Остатки химических реактивов сливаются в предназначенные для них специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах. Не бросайте в раковины бумагу, песок, вату, битое стекло и другие твердые предметы.
11. При работе с металлическим натрием соблюдайте особую осторожность. Ни в коем случае не допускайте соприкосновения его с водой, так как может произойти сильный взрыв, пожар и несчастный случай. Нельзя брать натрий руками, а только пинцетом или щипцами. Все работы с натрием следует проводить, только надев защитные очки.
12. Горючие и легковоспламеняющиеся жидкости нельзя нагревать в приборах на открытом пламени (на сетке), держать вблизи открытого пламени. Эти вещества нагревают и отгоняют на электрической, водяной или воздушной бане со скрытым нагревательным элементом.
13. При возникновении пожара немедленно выключите газ и электроприборы, уберите все горючие вещества подальше от огня, засыпьте песком или накройте войлочным, шерстяным или асбестовым одеялом очаг пожа-

ра. Большое пламя тушат с помощью углекислотных огнетушителей. О сильном пожаре следует тот час же сообщить дежурному (пожарной охране).

14. Если загорится одежда, пострадавшего следует облить водой или немедленно повалить на пол и накрыть войлочным или шерстяным одеялом, которое не снимают до тех пор, пока не погаснет пламя. Можно потушить пламя, перекатываясь по полу.

15. При термических ожогах немедленно сделайте длительную примочку обожженного места 0,5%-ным раствором перманганата калия или этиловым спиртом, затем нанесите на пораженный участок мазь от ожогов.

16. При ожогах кислотами пораженное место промойте 10-15 мин. проточной водой, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ). Если поражены глаза, то после длительной обработки водой промойте 2-3%-ным раствором гидрокарбоната натрия и направьте пострадавшего к врачу.

17. При ожогах едкими щелочами хорошо промойте обожженное место проточной водой, затем 1%-ным раствором уксусной кислоты. При попадании растворов щелочей в глаза их сразу же обильно промывают водой, а затем 0,5%-ным раствором борной кислоты; далее необходимо немедленно обратиться к врачу.

18. При попадании раздражающих органических веществ на кожу их быстро смывают большим количеством подходящего растворителя (спирт, ацетон).

19. При порезах стеклом удалите из раны видимые осколки стекла, обработайте рану 3%-ным спиртовым раствором йода и наложите повязку. При сильном непрекращающемся кровотечении, особенно в случае повреждения артерии, рекомендуется наложить жгут выше раны, после чего пострадавшего следует направить к врачу.

## **КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.**

Качественный элементный анализ является одним из способов идентификации органических веществ. Задачей его служит определение элементов, образующих данное соединение. Это: углерод, водород, кислород, азот, сера, галогены.

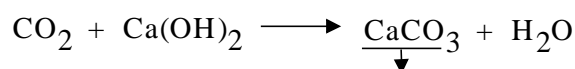
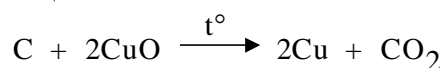
Так как элементы в органической молекуле связаны ковалентными связями, необходимо разрушить молекулу и преобразовать элементы в ионизирующиеся в воде неорганические соединения, либо в простые вещества, которые легко обнаружить известными аналитическими реакциями. Для этого органическое вещество окисляют или сплавляют его с металлическим натрием.

## 1. Открытие углерода и водорода в органическом веществе.

Смешивают на часовом стекле равные объемы исследуемого органического вещества и порошка окиси меди. Смесь пересыпают в сухую пробирку, которую закрывают пробкой с газоотводной трубкой. Пробирку закрепляют в лапке штатива почти горизонтально, и конец газоотводной трубки вводят в другую пробирку, содержащую несколько миллилитров прозрачной известковой или баритовой воды так, чтобы трубка была слегка погружена в жидкость. Смесь нагревают сначала осторожно, затем сильнее.

Наблюдают образование воды по появлению капель на холодных стенках пробирки и образование углекислого газа по появлению осадка углекислого кальция (или бария).

Уравнения реакций:



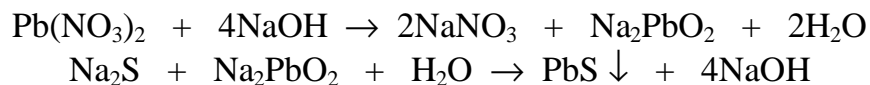
## 2. Открытие азота, серы и галогена.

Небольшое количество исследуемого вещества помещают в сухую пробирку и кладут туда же кусочек металлического натрия. Пробирку нагревают до расплавления натрия (после чего наблюдается вспышка), а затем - до красного каления. Горячую пробирку быстро опускают в ступку с дистиллированной водой так, чтобы пробирка растрескалась (осторожно, дальше от лица!).

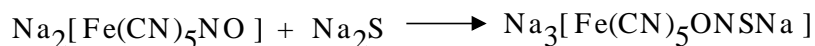
Черные кусочки сплава дальше размельчают пестиком, переливают содержимое ступки в пробирку и нагревают до кипения. Затем отфильтровывают, полученную щелочную жидкость используют для проб на серу, азот и галогены. Жидкость должна быть бесцветной; желтая или коричневая ее окраска указывает на неполное разрушение исходного вещества. В этом случае опыт повторяют с новой порцией вещества.

### 2. 1. Открытие серы.

а) К I мл раствора нитрата свинца приливают раствор едкого натра по каплям до растворения первоначально образующегося осадка и затем добавляют несколько капель щелочной жидкости, полученной, как указано выше. Появление темно-коричневой окраски или образование черного осадка сульфида свинца указывает, что исследуемое вещество содержало серу.



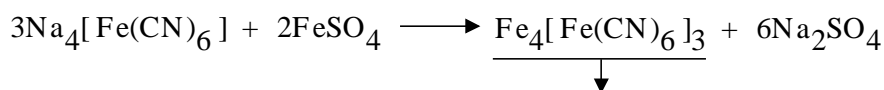
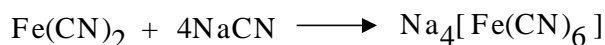
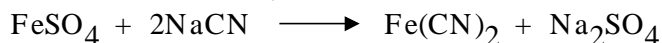
б) К 1 мл щелочной жидкости добавляют 1-2 капли раствора нитропруссиды натрия. В присутствии серы смесь приобретает ярко-фиолетовую окраску.



## 2. 2. Открытие азота.

К нескольким миллилитрам щелочной жидкости добавляют кристаллик железного купороса, кипятят смесь 1-2 мин., охлаждают, дают постоять 3-5 мин. и подкисляют разбавленной соляной кислотой.

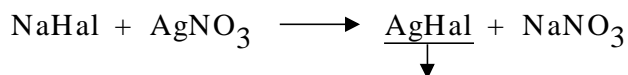
Образование синего осадка берлинской лазури указывает, что исходное вещество содержало азот. Если азота мало, то раствор после подкисления окрашивается в зеленый цвет.



## 2. 3. Открытие галогенов.

а) Несколько миллилитров щелочной жидкости подкисляют концентрированной азотной кислотой и кипятят (в вытяжном шкафу!) несколько минут для удаления сероводорода и синильной кислоты, которые мешают последующей реакции. К остывшей жидкости добавляют несколько капель раствора нитрата серебра.

Образование хлопьевидного осадка галогенида серебра указывает на присутствие галогена.



б) Проба Бельштейна на галогены: Медную проволочку прокаливают в бесцветном пламени горелки до прекращения окрашивания пламени. Дав почерневшей проволочке остыть, погружают ее в органическое вещество и снова вводят проволочку в пламя. В присутствии галогенов пламя окрашивается в зеленый цвет.

Окраска пламени объясняется образованием летучих при высокой температуре галогенидов меди.

Следует помнить, что некоторые цветные вещества (производные пиридина, мочевины и другие), не содержащие галогена, дают положительную пробу Бельштейна, по-видимому, в результате образования цианистой меди. Поэтому необходимо подтвердить наличие галогена вышеописанной реакцией с нитратом серебра.

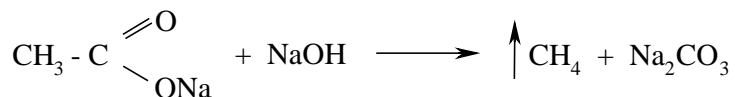
## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

### I. Предельные углеводороды (алканы).

#### Образование и свойства метана.

В сухую пробирку помещают несколько граммов тщательно растертой в ступе смеси ацетата натрия и натронной извести. Укрепляют пробирку горизонтально и, присоединив газоотводную трубку, нагревают смесь в пробирке пламенем горелки сначала осторожно, а затем сильно. Опуская газоотводную трубку в отдельные пробирки с бромной водой и перманганатом калия, устанавливают, изменяется ли окраска этих реактивов при пропускании пузырьков метана, т. е. происходит ли бромирование метана или его окисление.

Реакция образования метана из ацетата натрия и натронной извести (смеси NaOH и Ca(OH)<sub>2</sub>) идет по схеме:

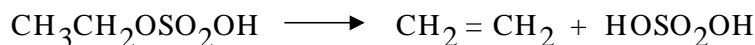
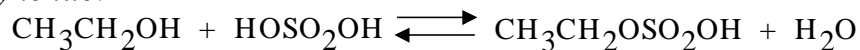


### II. Этиленовые углеводороды (олефины).

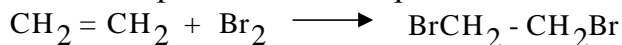
#### Образование и свойства этилена.

Помещают в пробирку I мл спирта и осторожно, при взбалтывании, приливают 4 мл концентрированной серной кислоты. В разогревшуюся смесь бросают кипяточный камешек, присоединяют газоотводную трубку и осторожно нагревают пробирку до начала равномерного выделения газа. Реакционная смесь при этом чернеет. Опуская газоотводную трубку в пробирки с бромной водой и перманганатом калия устанавливают, происходит ли бромирование и окисление этилена.

*Получение:*

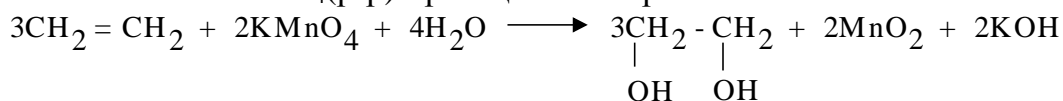


*Свойства этилена.* Присоединение брома:



1,2-дибромэтан

Окисление KMnO<sub>4</sub>(p-p) - реакция Вагнера:



этиленгликоль

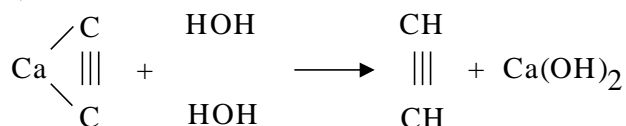


### III. Ацетиленовые углеводороды (алкины).

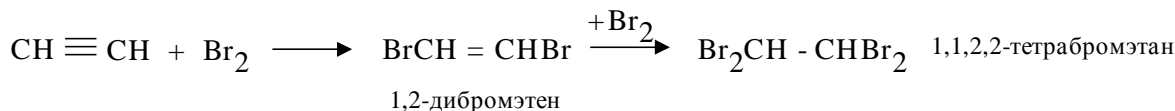
#### Образование и свойства ацетилена.

На дно сухой пробирки помещают маленький кусочек карбида кальция. Осторожно приливают воду, закрывают газоотводной трубкой и пропускают газ через пробирки: 1) с бромной водой, 2) с раствором перманганата калия, 3) с аммиачным раствором гидроксида серебра, 4) с аммиачным раствором окиси меди. Отмечают происходящие изменения. Для испытания взрывчатых свойств ацетиленидов серебра и меди их отфильтровывают, сушат и осторожно нагревают на асбестовой сетке.

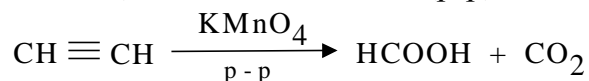
Получение ацетилена:



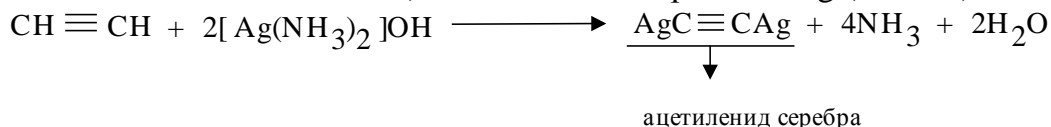
Свойства ацетилена: 1) присоединение брома



2) окисление  $\text{KMnO}_4(\text{p-p})$



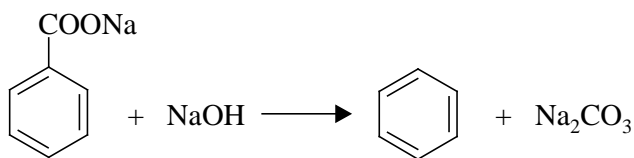
3) замещение водорода на Ag (или Cu)



### IV. Ароматические углеводороды (арены).

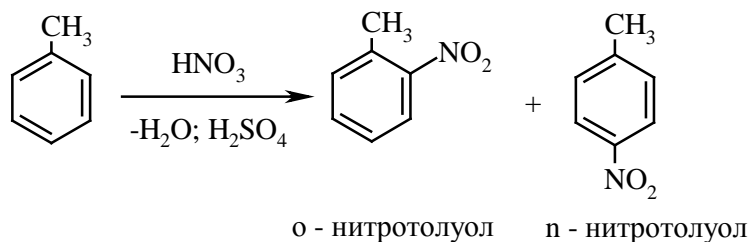
#### Образование и свойства бензола и его гомологов.

1) Получение бензола: В пробирку с газоотводной трубкой помещают смесь ~2 г бензоата натрия и ~4 г натронной извести. Пробирку осторожно нагревают. Конец газоотводной трубки помещают в пробирку с водой, где в верхнем слое собирается бензол, имеющий характерный запах.

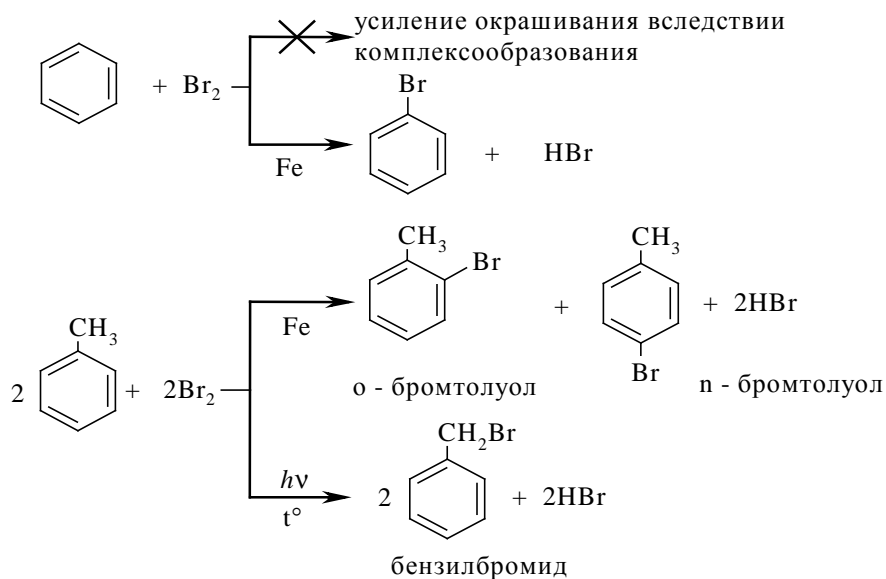


2) Нитрование толуола: В пробирке готовят нитрующую смесь из 2 мл азотной кислоты и 2,5 мл серной кислоты. К охлажденной смеси в несколько приемов при встряхивании вносят 1 мл толуола. После нагревания (~ 15 мин) на водяной бане, а затем охлаждения вливают в пробирку воды.

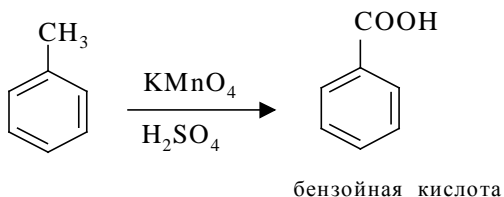
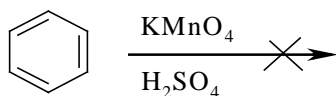
Образующаяся смесь о- и п-нитротолуола оседает на дно. Отметьте характерный миндальный запах.



3) Взаимодействие с бромом: В одну пробирку помещают 4 мл бензола, в другую – 4 мл толуола, затем в каждую добавляют по 1 мл раствора брома в  $\text{CCl}_4$ . Содержимое каждой пробирки делят на две части, в одну из которых вносят железные опилки. Отмечают отсутствие признаков реакции при комнатной температуре. При осторожном нагревании (водяная баня) наблюдают выделение  $\text{HBr}$  (покраснение лакмусовой бумажки) во всех пробирках с бромом без катализатора, кроме содержащей бензол. Также отмечают разный запах веществ, образовавшихся при бромировании толуола в различных условиях.



4) Окисляемость ароматических углеводородов: Помещают в две пробирки по 1 мл раствора перманганата калия и по 1 мл разбавленной серной кислоты и затем добавляют в одну пробирку несколько капель бензола, а в другую - несколько капель толуола. Сильно встряхивают обе пробирки в течение нескольких минут. Одна из смесей в этих условиях быстро меняет окраску, что особенно заметно на поверхности раздела между углеводородом и водным слоем.

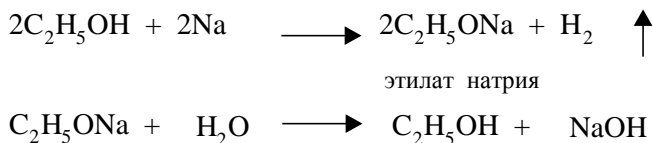


## V. Спирты, многоатомные спирты, фенолы.

### A. Свойства предельных одноатомных спиртов.

#### 1. Образование и гидролиз алкоголята.

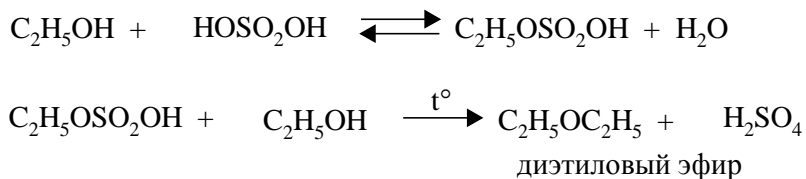
В пробирку с безводным спиртом осторожно погружают кусочек чистого металлического натрия размером с горошину. Для предотвращения разогревания смеси и выкипания спирта охлаждают пробирку холодной водой. Жидкость постепенно густеет, натрий покрывается слоем твердого алкоголята и, реакция замедляется настолько, что для ее ускорения требуется слегка нагревать пробирку. Полученный концентрированный раствор алкоголята при охлаждении закристаллизовывается. Добавляют в пробирку 5 мл воды и испытывают фенолфталеином реакцию полученного раствора.



#### 2. Этерификация.

##### 2.1. Образование простых эфиров.

Смешивают в пробирке 1 мл этилового спирта и 1 мл концентрированной серной кислоты. Сильно разогревшуюся смесь нагревают до кипения, при этом не обнаруживается ни образования горючих паров, ни появления запаха эфира. Удалив нагретую пробирку от горелки, очень осторожно приливают к смеси еще 5-10 капель спирта, при этом сразу же появляется запах эфира.

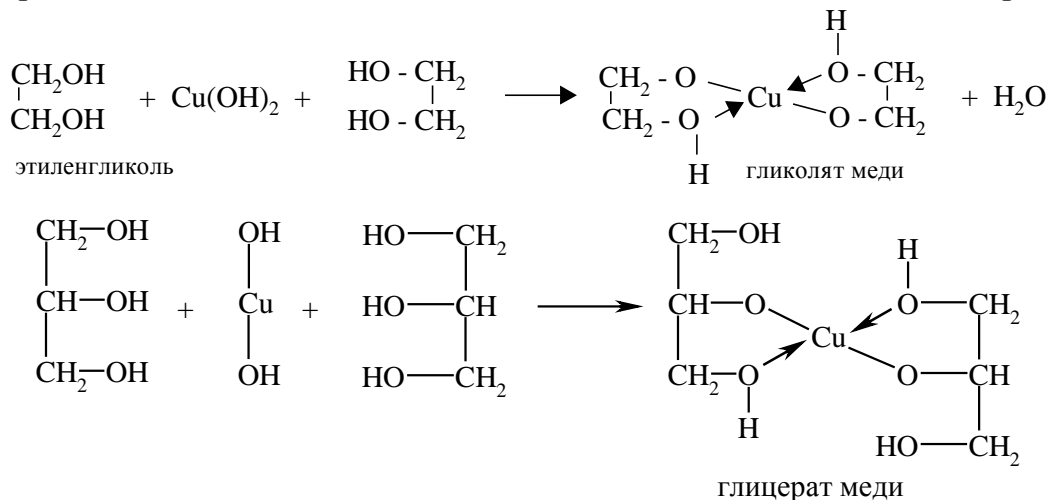




## Б. Свойства многоатомных спиртов.

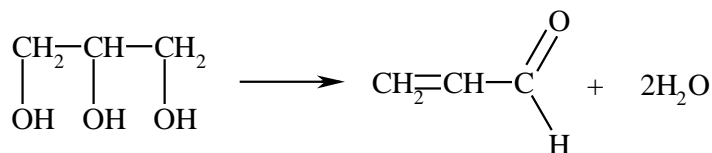
### 1. Комплексообразование многоатомных спиртов.

В трех пробирках получают гидроксид меди, для чего в разбавленный раствор сульфата меди вводят раствор щелочи. Затем в пробирки добавляют по 3-5 капель спирта: глицерина, этиленгликоля и этилового спирта. Пробирки встряхивают и отмечают появление в некоторых из них характерной окраски жидкости. Затем добавляют к этим растворам избыток разбавленной соляной кислоты и снова наблюдают изменение окраски.



### 2. Дегидратация глицерина.

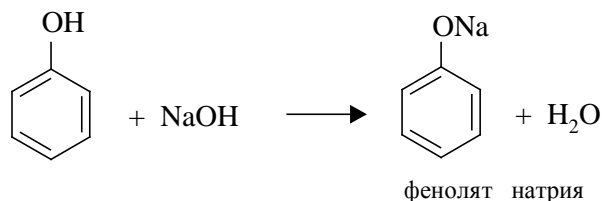
К нескольким каплям глицерина в сухой пробирке добавляют 1 г кислой сернокислой соли, смесь встряхивают и осторожно нагревают. Образование акролеина обнаруживают по появлению характерного, очень едкого запаха.

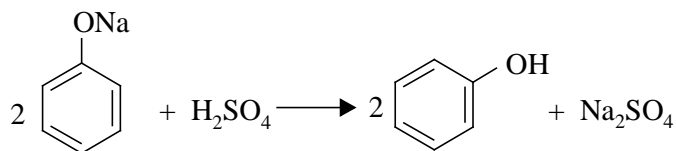


## В. Свойства фенолов.

### 1. Образование и разложение фенолятов.

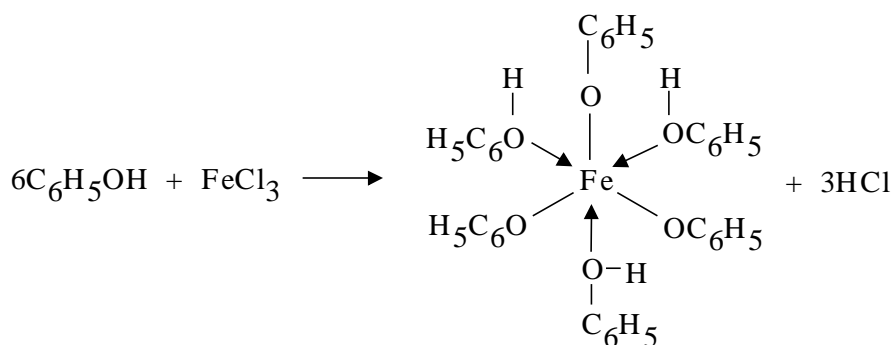
К 0,5 г исследуемого фенола (фенола или нафтола) добавляют разбавленный раствор щелочи до полного растворения. Из полученных прозрачных растворов при подкислении разбавленной серной кислотой выделяется в осадок исходное вещество.





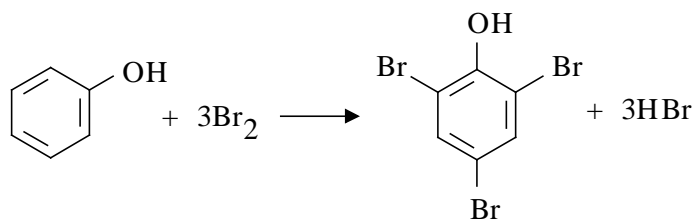
## 2. Реакция фенолов с хлорным железом.

В пробирку наливают 2-3 мл 1%-ного раствора фенола (нафтола) и добавляют несколько капель 3% раствора хлорида железа. Наблюдается появление характерного фиолетового окрашивания вследствие образования комплексного фенолята железа. Окрашивание характерно и для многоатомных фенолов гидрохинона, пиррогаллола и т. д, опыт с которыми проводят аналогично



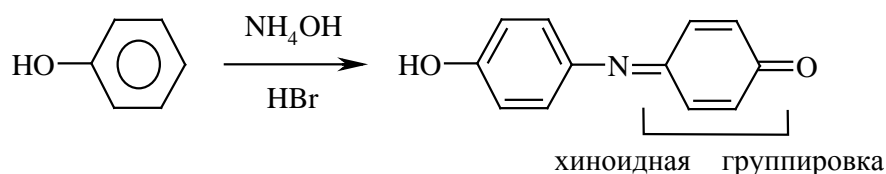
## 3. Бромирование фенола.

В пробирку наливают 2 мл 2%-ного водного раствора фенола и приливают избыток бромной воды (~ 5 мл). Выделяется хлопьевидный осадок 2,4,6-трибромфенола.



## 4. Индофеноловая проба.

В пробку наливают 1 мл концентрированного раствора фенола и добавляют к нему 3 мл 2 н.  $\text{NH}_4\text{OH}$ , затем 3 мл насыщенного раствора бромной воды. Через несколько секунд появляется синее окрашивание за счет образования красящего вещества – индофенола.



Окраска индофенола обусловлена наличием хиноидной группировки.

### 5. Окисляемость фенола и нафтаола.

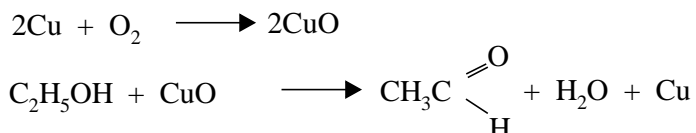
К 0,5-1 мл водного раствора фенола или нафтаола добавляют равный объем раствора соды и по каплям прибавляют раствор перманганата калия при встряхивании. Отмечают изменение окраски раствора, вследствие образования п-хинона.

## VI. Альдегиды, кетоны.

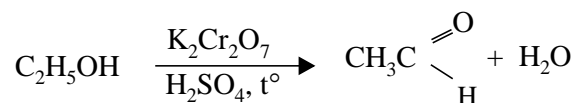
### А. Получение и свойства алифатических альдегидов и кетонов.

#### 1. Получение.

а) Получение уксусного альдегида: В сухую пробирку помещают 3-4 мл спирта. Медную проволоку, свернутую в спираль, накаливают в окислительном пламени горелки. Затем быстро опускают горячую медную спираль в пробирку со спиртом. Спирт бурно вскипает, происходит восстановление оксида меди до ярко-красной металлической меди, спирт окисляется до альдегида. Полученный альдегид (можно повторить опыт несколько раз) используется для последующих опытов.



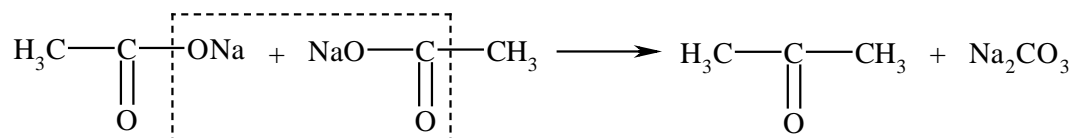
Вместо оксида меди можно использовать бихромат калия с серной кислотой по методике, описанной для окисления изоамилового спирта.



б) Получение ацетона: В сухую пробирку помещают 0,5 г безводного ацетата натрия, закрывают пробкой с газоотводной трубкой и нагревают ее. Конец газоотводной трубки помещают в пробирку с 0,5 мл воды, в которой конденсируются пары образующегося ацетона.

После остывания в первую пробирку добавляют 1 каплю концентрированной соляной кислоты. При этом наблюдается сильное вспенивание от выделения двуокси углерода.

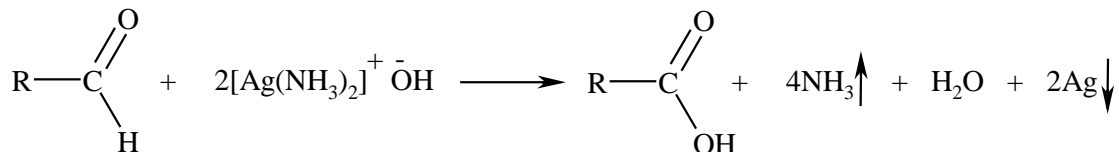
Образующийся во второй пробирке, водный раствор ацетона используют в опыте для получения йодоформа.



## 2. Окисление альдегидов.

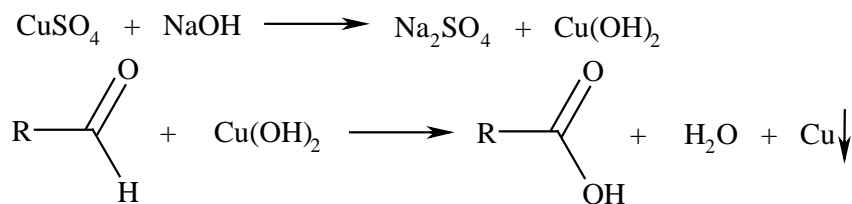
а) Реакция “серебряного зеркала” (качественная реакция на альдегиды): В одну пробирку наливают 1 мл раствора формальдегида, в другую – 1 мл раствора ацетальдегида и добавляют в каждую пробирку по 1 мл аммиачного раствора окиси серебра. Если серебро не выделяется, то нагревают пробирки несколько минут на водяной бане 50-60 °С.

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



R = H, CH<sub>3</sub>

б) Восстановление альдегидами соединений двухвалентной меди: К 1 мл раствора альдегида (муравьиного или уксусного) добавляют 0,5 мл разбавленного раствора щелочи и затем по каплям раствор сульфата меди. Полученную смесь нагревают до начала кипения, при этом осадок изменяет свою окраску.



R = H, CH<sub>3</sub>

## 3. Цветные реакции альдегидов, кетонов.

а) Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой: Наливают в две пробирки по 1 мл бесцветного раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют по несколько капель раствора формальдегида и ацетальдегида. Жидкость в пробирках приобретает окраску.

б) Реакция кетонов с нитропруссидом натрия: В пробирку помещают 1-2 мл ацетона, прибавляют 1-2 капли 1%-ного раствора нитропрussa натрия (Na<sub>2</sub>NOFe(CN)<sub>5</sub>) и несколько капель 10%-ного раствора щелочи. Образуется характерное окрашивание.

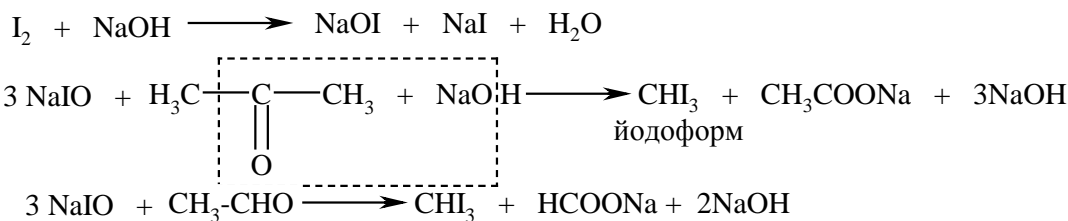
## 4. Образование иодоформа из альдегидов и кетонов.

В пробирку наливают 1 мл раствора йода в йодистом калии и 5 мл раствора щелочи до исчезновения окраски. При добавлении 1 мл водного



раствора ацетона, полученного в опыте 1, выпадает желтовато-белый осадок с характерным запахом йодоформа.

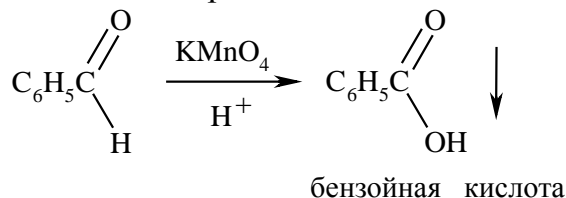
Аналогичный опыт проводится и с водным раствором ацетальдегида.



## Б. Свойства ароматических альдегидов.

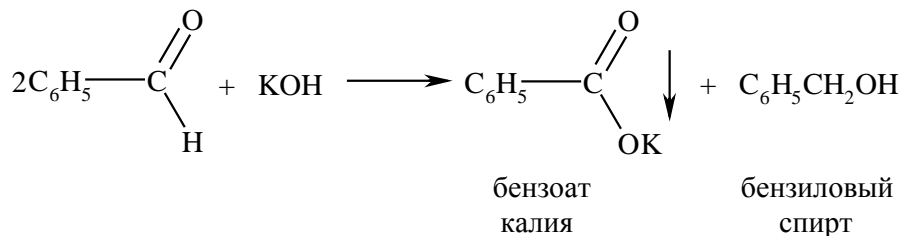
### 1. Окисление бензойного альдегида.

К 1-2 каплям бензальдегида добавляют 2-3 мл раствора перманганата калия и нагревают смесь на водяной бане при встряхивании до исчезновения запаха бензальдегида. Фиолетовую окраску (избыток перманганата) уничтожают, добавляя несколько капель спирта. При подкислении реакционной смеси разбавленной серной кислотой выпадает осадок.



### 2. Окисление-восстановление бензальдегида.

В пробирку наливают 1-2 мл спиртового раствора гидроксида калия и добавляют 5-6 капель бензальдегида, закрывают пробкой и встряхивают. После охлаждения выпадает осадок бензоата калия.

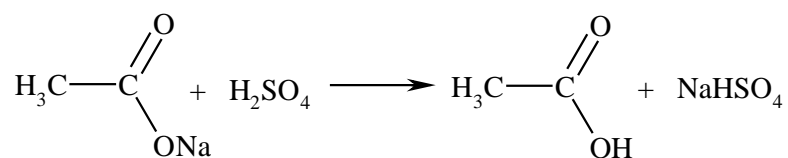


## VII. Карбоновые кислоты и их производные.

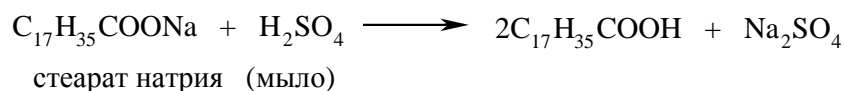
### А. Предельные одноосновные карбоновые кислоты.

#### 1. Получение.

а) Получение уксусной кислоты из ацетата натрия: В пробирку помещают 2-3 лопаточки ацетата натрия, прибавляют концентрированную серную кислоту до появления запаха уксуса.



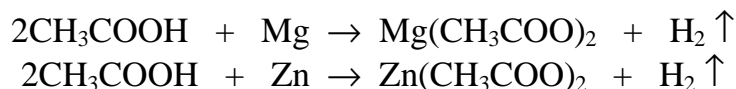
б) Получение жирных кислот из мыла: В пробирку наливают 2-3 мл 1%-ного водного раствора мыла (натриевых солей высших жирных кислот) и по каплям прибавляют 10%-ную серную кислоту. При этом происходит выделение жирных кислот, которые при стоянии затвердевают в верхней части пробирки.



## 2. Свойства.

### 2.1. Образование солей карбоновых кислот.

а) Взаимодействие карбоновых кислот с металлами: В две пробирки наливают по ~2-3 мл ~50%-ной уксусной кислоты. В одну добавляют стружку магния, в другую – кусочек цинка.

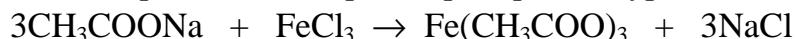


Если реакция с цинком протекает медленно, то реакционную смесь нагревают.

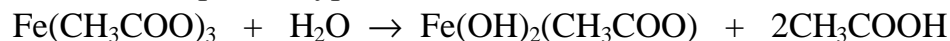
б) Взаимодействие карбоновых кислот с содой: В пробирку наливают 2-3 мл раствора соды и понемногу добавляют уксусной кислоты. Наблюдается выделение углекислого газа (качественная реакция на кислоты).



в) Взаимодействие солей карбоновых кислот с солями тяжелых металлов: В пробирку помещают 20-30 капель раствора ацетата натрия, прибавляют ~0,5 мл 2%-ного раствора хлорида железа (III). Образуется соль – ацетата железа (III), окрашивающая раствор в красно-бурый цвет.

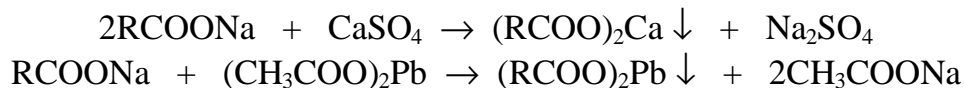


Если полученный раствор прокипятить, то образуется основная соль, выпадающая в виде красно-бурого осадка.



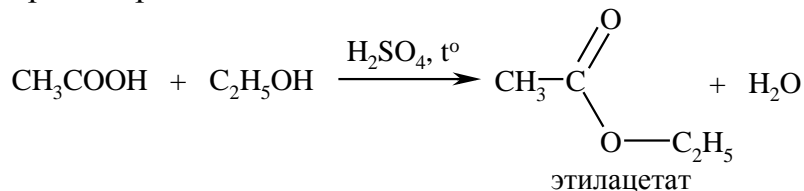
г) Образование нерастворимых кальциевых и свинцовых солей жирных кислот: В две пробирки помещают по ~0,5 мл раствора мыла, в одну

добавляют раствор соли свинца, в другую – раствор соли кальция. Наблюдается выпадение осадков.



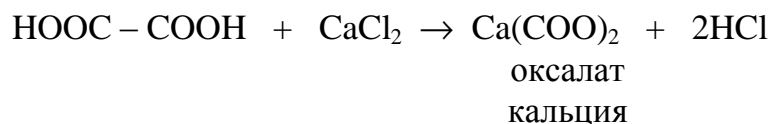
## 2.2. Образование сложных эфиров.

Получение этилацетата: В пробирку помещают ~0,5 мл этилового спирта и столько же уксусной кислоты. Добавляют ~5-7 кап.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.) и осторожно нагревают смесь до кипения, через несколько секунд появляется характерный приятный запах этилацетата:



### Б. Двухосновные карбоновые кислоты.

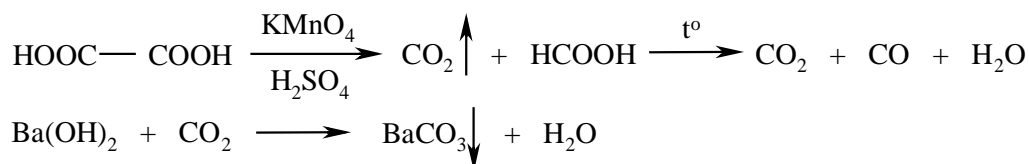
а) Открытие щавелевой кислоты в виде кальциевой соли: В пробирку помещают 1-2 лопаточки щавелевой кислоты и прибавляют воды до полного растворения. Затем добавляют раствор  $\text{CaCl}_2$ . Выпадает белый осадок оксалата кальция.



Делят содержимое пробирки (с осадком) на две части. К одной добавляют несколько капель 10%-ного раствора  $\text{HCl}$ , к другой – уксусную кислоту. При добавлении соляной кислоты осадок растворяется, а уксусной – нет.



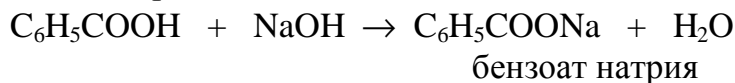
б) Окисление щавелевой кислоты: В пробирку, снабженную газоотводной трубкой, помещают 1-2 лопаточки щавелевой кислоты, добавляют несколько капель  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и ~0,5 мл 2%-ного раствора  $\text{KMnO}_4$ . В другую пробирку наливают ~0,5 мл известковой воды. Осторожно нагревают пробирку с кислотой. Происходит обесцвечивание раствора и помутнение известковой воды.



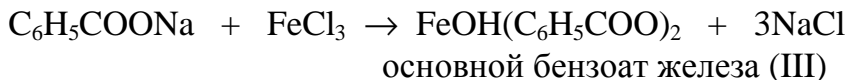
## В. Ароматические кислоты, гидроксикислоты и их производные.

### 1. Качественная реакция на бензойную кислоту и ее соли.

В пробирку вносят лопаточку бензойной кислоты, добавляют ~0,5 мл 10%-ного раствора NaOH и встряхивают пробирку. При этом происходит образование бензоата натрия.

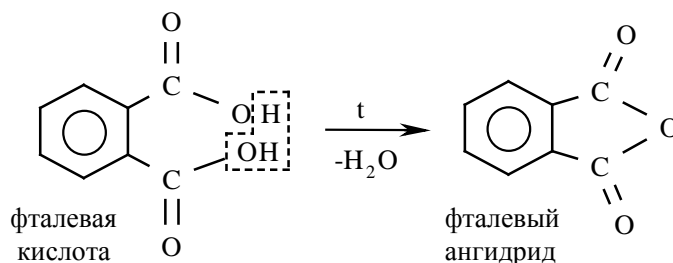


Затем приливают несколько капель 1%-ного раствора FeCl<sub>3</sub>. Образуется осадок основного бензоата железа (III):



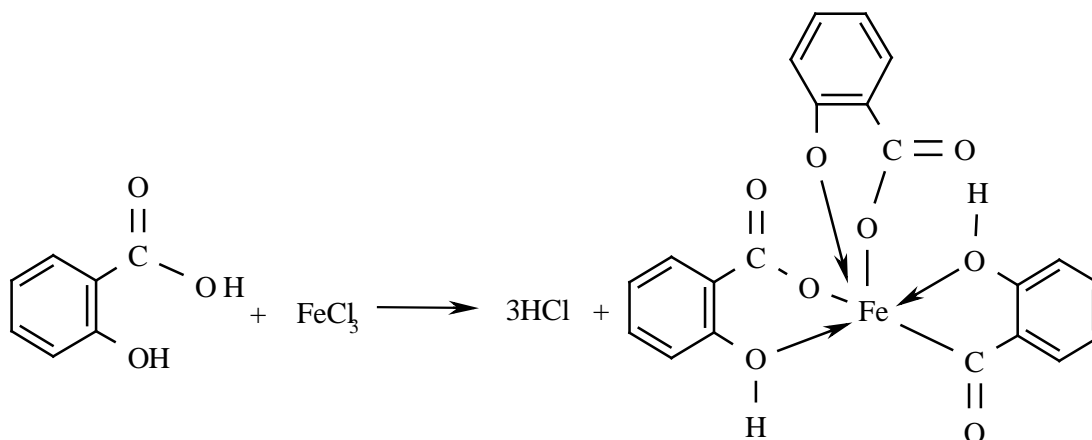
### 2. Образование фталевого ангидрида.

а) Небольшое количество (0,1-0,2 г) сухой фталевой кислоты нагревают в сухой пробирке пламенем горелки, держа пробирку горизонтально. Кислота, начав плавиться, возгоняется. Наблюдают появление продукта возгонки на холодных стенках пробирки.



б) Приливают в ту же пробирку 1-2 мл бензола. В другую пробирку с бензолом помещают немного фталевой кислоты. Отмечают различие растворимости фталевой кислоты и ее ангидрида в бензоле.

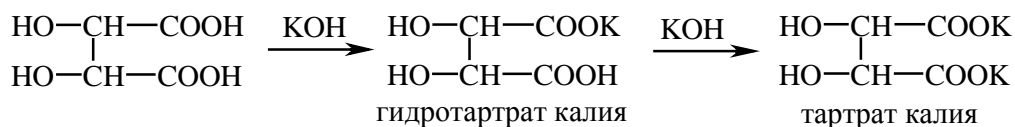
### 3. Доказательство наличия гидроксильной группы в салициловой кислоте.



В две пробирки помещают по несколько кристалликов салициловой кислоты и ацетилсалициловой кислоты. В каждую добавляют немного воды (~0,5-1 мл) и 2-3 капли  $\text{FeCl}_3$ . Наблюдают изменение окраски:

#### 4. Получение тартрата и гидротартрата калия.

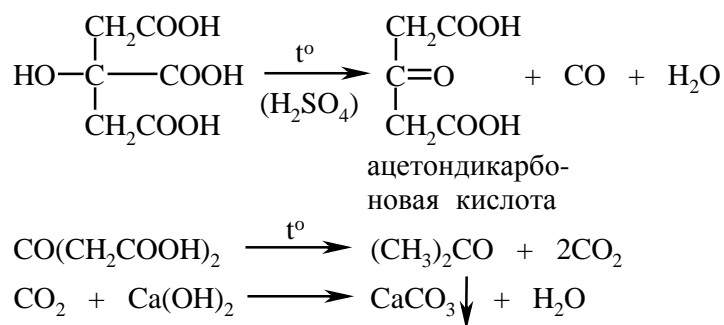
В пробирку помещают ~0,5 мл винной кислоты (15%-ный раствор), добавляют 5%-ный раствор  $\text{KOH}$  до образования белого осадка кислой калиевой соли винной кислоты. Если осадок не выпадает нужно охладить пробирку. Затем добавляют еще несколько капель 5%-ного раствора гид-



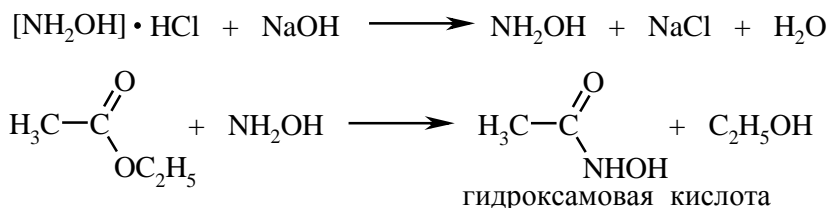
роксида калия. Осадок хорошо растворяется, так как образуется хорошо растворимая в воде средняя калиевая соль винной кислоты (тартрат калия).

#### 5. Разложение лимонной кислоты.

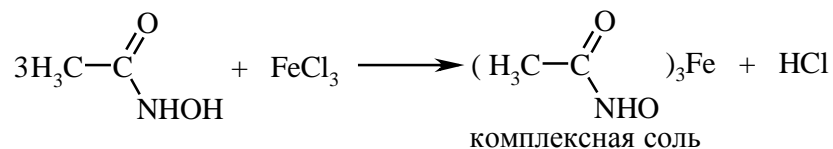
В сухую пробирку, снабженную газоотводной трубкой, помещают 2-3 лопаточки лимонной кислоты и ~0,5 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц и осторожно нагревают пробирку в пламени горелки, при этом масса начинает пениться. Затем подносят конец газоотводной трубки к пламени горелки: выделяющийся газ горит голубым пламенем. Не прекращая нагревания, опускают конец газоотводной трубки в пробирку с известковой водой и наблюдают помутнение.



#### 6. Образование гидроксамовой кислоты.



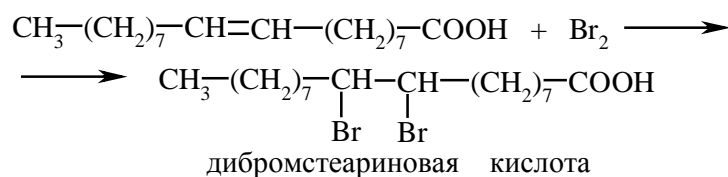
В пробирку помещают 3-5 капель этилацетата, 0,5 мл раствора солянокислого гидроксилamina, 1-2 мл спирта и 3-5 капель концентрированного раствора щелочи. В другой пробирке смешивают те же количества перечисленных веществ кроме этилацетата. Обе пробирки нагревают до начала кипения смесей, затем охлаждают и добавляют в каждую пробирку сначала разбавленную соляную кислоту до кислой среды по индикатору, затем 1-2 капли раствора  $\text{FeCl}_3$ . Отмечают различие окраски.



## Г. Непредельные карбоновые кислоты и их производные.

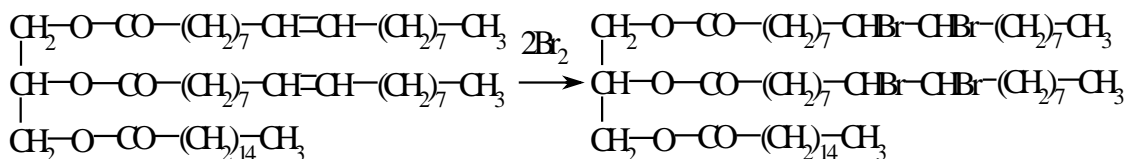
### 1. Взаимодействие олеиновой кислоты с бромной водой.

В пробирку наливают 1 мл бромной воды и 1 мл олеиновой кислоты, встряхивают и наблюдают обесцвечивание бромной воды.



### 2. Определение непредельности растительного масла.

В пробирку вносят 0,5 мл растительного масла и 1-2 мл насыщенной бромной воды, встряхивают и наблюдают быстрое обесцвечивание вследствие присоединения брома к остаткам непредельных жирных кислот.



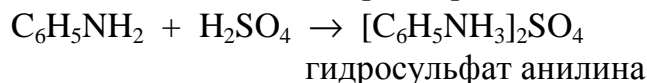
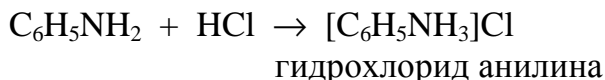
## VIII. Азотсодержащие соединения.

### А. Свойства аминов.

#### 1. Взаимодействие анилина с минеральными кислотами.

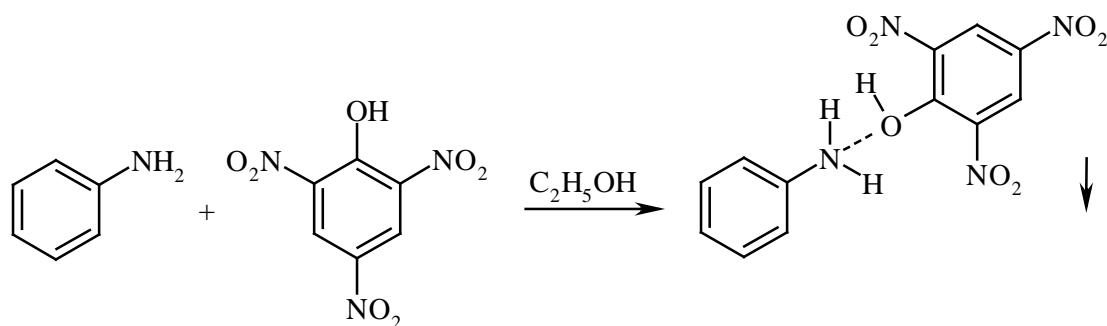
В две пробирки наливают по 1 мл раствора анилина. В одну добавляют несколько капель 10 %-ного раствора  $\text{HCl}$ , в другую 10 %-ную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . В

первой раствор становится прозрачным вследствие растворения образующегося гидрохлорида анилина, во второй выпадает белый осадок трудно-растворимой соли – гидросульфата анилина.



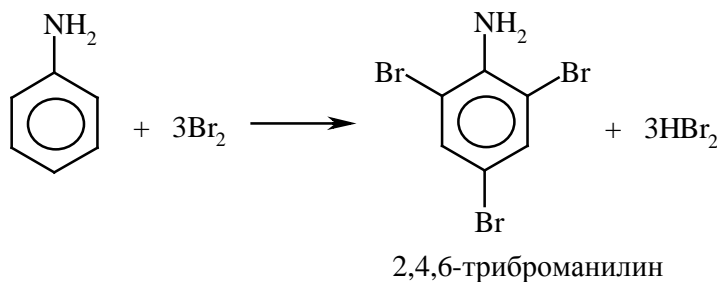
## 2. Образование пикратов.

К 1 мл раствора анилина прибавляют 1 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты, доводят до кипения. При охлаждении выпадают окрашенные кристаллы.



## 3. Бромирование анилина.

В пробирку помещают 1 мл анилина и 1 мл воды, энергично встряхивают пробирку для получения эмульсии и добавляют 1 мл бромной воды. При этом происходит обесцвечивание бромной воды и появляется осадок.



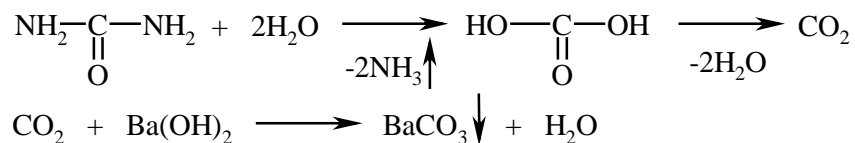
## 4. Окисление анилина.

В пробирку наливают 1 мл воды и 2-3 капли анилина, тщательно перемешивают, добавляют 0,5 г бихромата калия и 0,5 мл разбавленной серной кислоты. Жидкость окрашивается в интенсивный цвет, переходящий в черный. Конечным продуктом окисления является краситель сложного строения – “черный анилин”.

## Б. Свойства амидов.

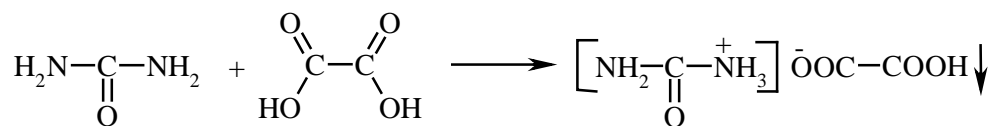
### 1. Свойства мочевины.

а) Доказательство строения мочевины: К 1 мл раствора мочевины добавляют 2 мл прозрачной баритовой воды и смесь нагревают. Наблюдается образование двух продуктов реакции: газа, обнаруживаемого по запаху и посинению лакмусовой бумажки, и нерастворимого осадка.

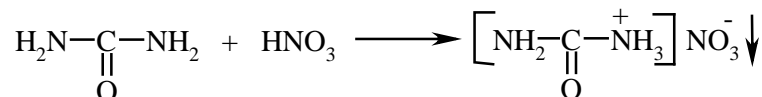


б) Образование солей мочевины с кислотами:

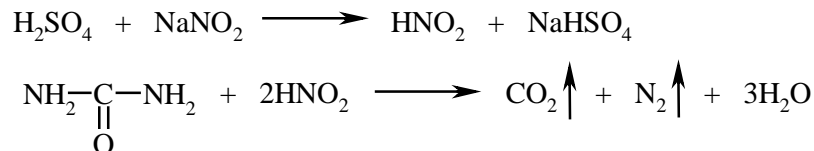
1) Образование оксалата: В пробирке растворяют 0,2 г щавелевой кислоты в 1 мл воды и добавляют 1 мл мочевины. Через несколько секунд выпадает осадок.



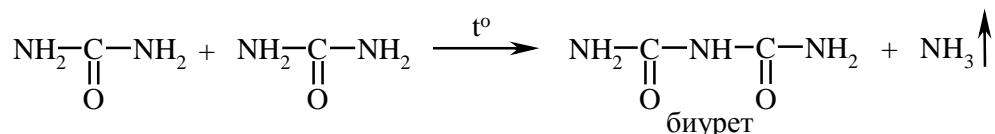
2) Образование нитрата: К 1 мл раствора мочевины осторожно добавляют 1 мл концентрированной азотной кислоты, встряхивают пробирку и охлаждают. При этом образуется нерастворимый осадок.



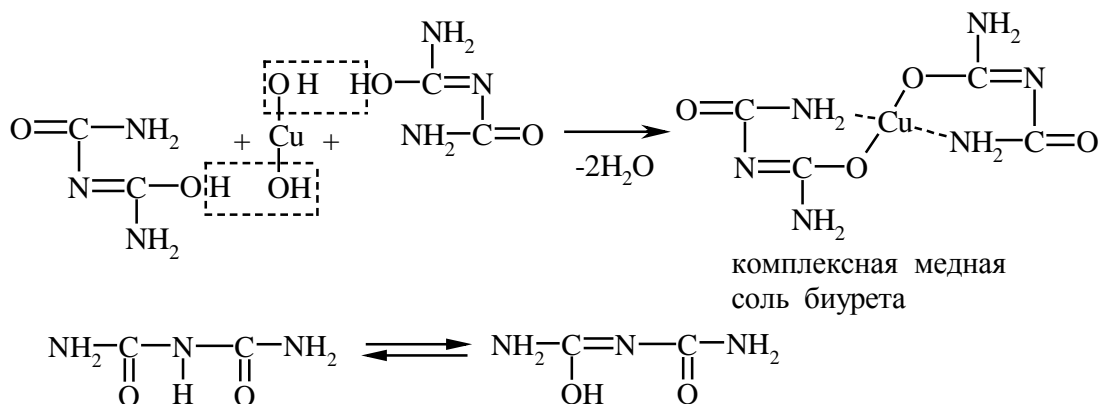
в) Разложение мочевины азотистой кислотой: К 1 мл раствора мочевины добавляют 5-7 капель 10 %-ного раствора нитрита натрия и 3-5 капель  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разб.). Выделяются пузырьки азота и углекислого газа.



г) Образование биурета из мочевины: Помещают 1-2 лопаточки мочевины в сухую пробирку и осторожно нагревают. Мочевина сначала плавится, затем выделяется газ, который можно узнать по запаху и посинению лакмусовой бумажки, затем смесь твердеет. Пробирку охлаждают, добавляют немного воды (1 мл), 10 %-ный раствор  $\text{NaOH}$  и 2 %-ный раствор  $\text{CuSO}_4$ . Появляется окрашивание комплексной медной соли биурета (биуретовая реакция), обусловленная присутствием в биурете пептидной связи.



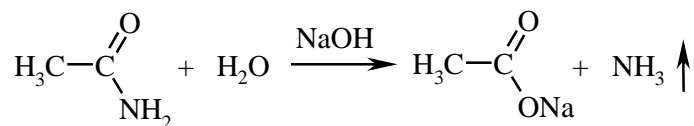




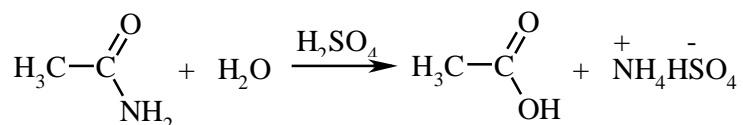
## 2. Свойства ацетамида.

а) Гидролиз ацетамида:

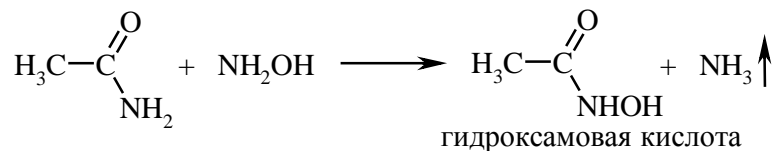
1) К 1 мл раствора ацетамида добавляют 1 мл 10 %-ного раствора щелочи и кипятят. Отмечают выделение газа по запаху и посинению лакмусовой бумажки.



2) К 1 мл раствора ацетамида добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты и кипятят. Постепенно появляется характерный запах, который сравнивают с запахом из предыдущего опыта.

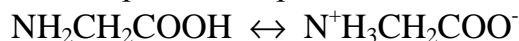


б) Взаимодействие ацетамида с гидроксиламином: К 1 мл раствора ацетамида добавляют 1 мл раствора соли гидроксилamina. Отливают половину полученной смеси в другую пробирку, кипятят 2-3 мин., затем охлаждают, после этого в обе пробирки добавляют по несколько капель раствора хлорного железа. Наблюдают изменение окраски в пробирках.



## В. Свойства аминокислот.

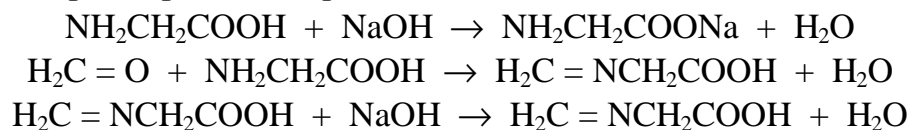
а) Действие аминокислот на индикаторы: В две пробирки наливают по 0,5 мл метилового оранжевого, метилового красного. Добавляют по несколько капель в каждую из пробирок водного раствора аминокислотной кислоты (глицина). Отмечают реакцию среды.



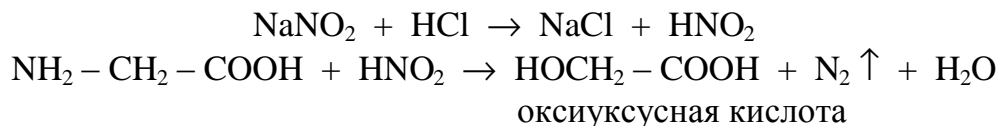
б) Действие формальдегида на аминокислоты: В пробирку наливают 2 мл раствора аминокислотной кислоты и добавляют по каплям подкрашенный фенолфталеином разбавленный раствор щелочи до появления исчезающей слабой окраски.

В другую пробирку помещают 2 мл раствора формалина и также добавляют по каплям раствор щелочи до появления слабой окраски.

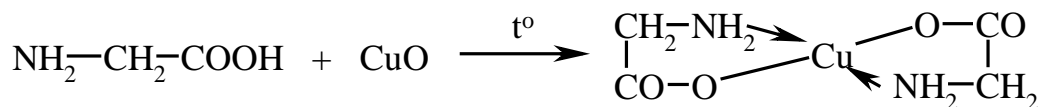
Затем смешивают обе окрашенные жидкости из первой и второй пробирок. При этом происходит обесцвечивание смеси, то есть появление кислой реакции в результате смешения щелочных растворов. При дальнейшем постепенном добавлении к этой смеси окрашенного раствора щелочи окраска фенолфталеина продолжает исчезать.



в) Действие азотистой кислоты на аминокислоты: В пробирку наливают 0,5-1 мл раствора аминокислотной кислоты и добавляют 3-5 капель нитрита натрия и столько же соляной кислоты. При встряхивании выделяются пузырьки газа.



г) Получение комплексной медной соли аминокислотной кислоты: К 1-2 мл раствора аминокислотной кислоты добавляют 0,5 г оксида меди (II). Смесь кипятят. Появляется характерное окрашивание.



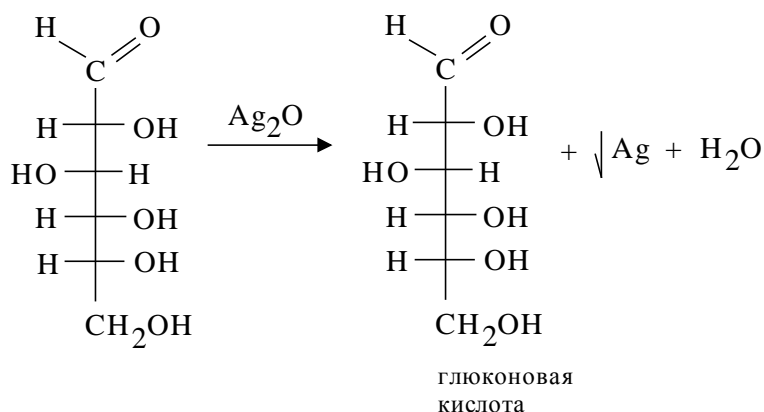
## IX. Углеводы.

### Свойства моно-, ди- и полисахаридов.

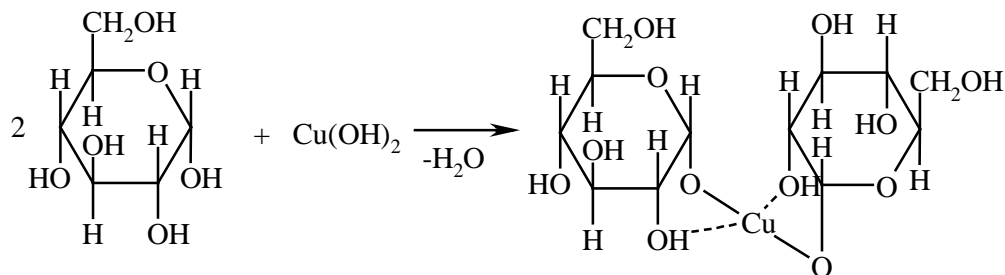
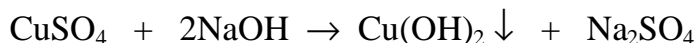
#### 1. Реакции окисления сахаров.

а) Реакция серебряного зеркала: К аммиачному раствору оксида серебра, налитому в тщательно вымытую пробирку, добавляют равный объем 2%-ного раствора глюкозы. Смесь нагревают в течение нескольких ми-

нут на горячей водяной бане, на стенках пробирки осаждается металлическое серебро в виде зеркального слоя.

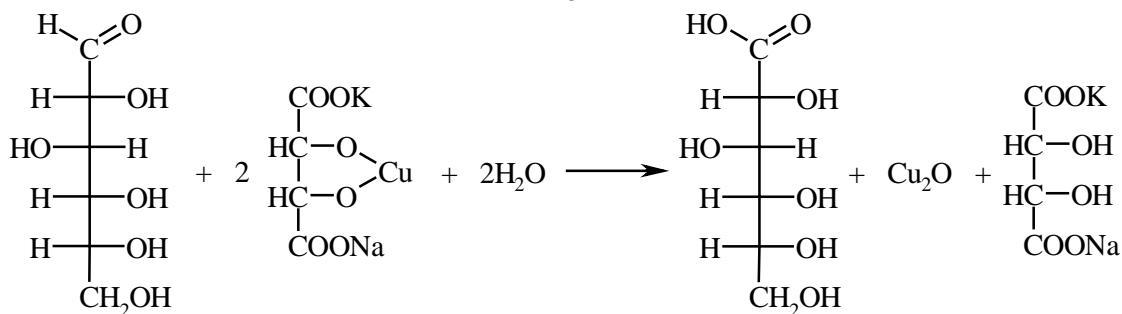


б) Взаимодействие сахаров с гидроксидом меди: В три пробирки наливают по 2-3 мл водных 1%-ных растворов глюкозы, сахарозы и крахмала, в каждую пробирку прибавляют по 1 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и по 2-3 капли 5%-ного раствора медного купороса. В пробирках с глюкозой и сахарозой образовавшийся в начале осадок гидроксида меди при встряхивании растворяется. При этом раствор окрашивается в интенсивно синий цвет вследствие образования комплексных сахаратов меди. Наблюдаются ли какие-либо изменения в пробирке с крахмалом?



Затем осторожно нагревают в пламени горелки верхнюю часть жидкости до кипения и наблюдают за окраской смеси. При наличии свободного гликозидного гидроксила (или свободной альдегидной группы) глюкоза окисляется - синий цвет раствора при нагревании исчезает и появляется желтый или красный осадок гидроксида меди или оксида меди (I).

в) Взаимодействие сахаров с реактивом Фелинга:



В две пробирки помещают по 1 мл реактива Фелинга и добавляют в одну 1 мл раствора глюкозы, а в другую пробирку 1 мл раствора сахарозы. При нагревании в пробирке с глюкозой исчезает синий цвет и появляется желтый осадок гидроксида меди (I) или красный осадок оксида меди (I). Сахароза не изменяет окраски раствора.

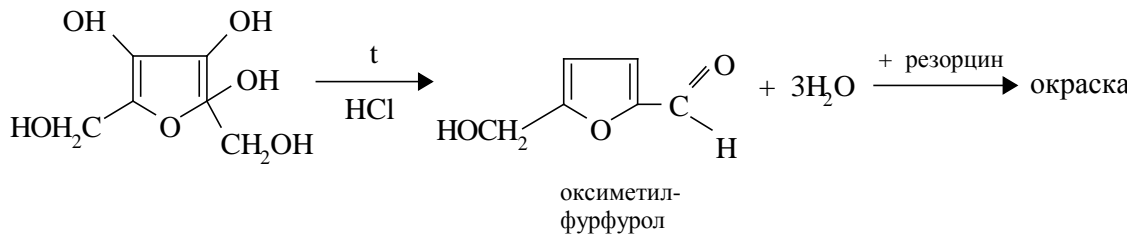
г) Окисление моносахаридов бромной водой: В одну пробирку помещают 1 мл раствора глюкозы, в другую – 1 мл раствора фруктозы. Затем в каждую пробирку приливают по 6 мл бромной воды и смесь кипятят до полного обесцвечивания. Охладив оба полученного раствора до комнатной температуры, добавляют к каждому из них по несколько капель раствора хлорного железа и сравнивают появившуюся окраску.

д) Окисление альдоз и кетоз йодом: Опыт проводят параллельно с растворами глюкозы и фруктозы. К 3 мл каждого раствора добавляют одновременно по 0,5 мл раствора йода и затем разбавленную щелочь до обесцвечивания смеси. Отмечают время добавления щелочи и ставят обе пробирки в штатив. Через 7-8 минут приливают в обе пробирки по 0,5 мл разбавленной серной кислоты и сравнивают появившуюся окраску.

## 2. Цветные (качественные) реакции сахаров.

а) Общая реакция на углеводы (реакция Молиша): В три пробирки наливают по 0,5-1 мл воды и вносят 3 разных углевода: 1) несколько крупинок сахара; 2) – немного крахмала; 3) – маленький кусочек фильтровальной бумаги ( клетчатки ). Затем в каждую пробирку добавляют по две капли раствора  $\alpha$ -нафтола. После этого, наклонив пробирку, осторожно пипеткой приливают по стенке пробирки по 1-1,5 мл концентрированной соляной кислоты. Тяжелый слой кислоты должен опуститься на дно пробирки, почти не смешиваясь с водным слоем. На границе слоев быстро образуется красивое фиолетовое кольцо; при взбалтывании смесь разогревается и окрашивается по всему объему.

г) Проба Селиванова на кетозы: В пробирку помещают 2-3 мл фруктозы (или меда), 1 мл концентрированной соляной кислоты, прибавляют несколько кристаллов резорцина и нагревают. Появляется вишнево-красное окрашивание.



в) Качественная реакция на сахарозу: В пробирку берут 2-3 мл раствора сахара, приливают несколько капель водного раствора сульфата кобальта ( $\text{CoSO}_4$ ) и избыток щелочи. Появляется фиолетовое окрашивание.

г) Качественная реакция на крахмал: В пробирку наливают 1 мл крахмального клейстера и добавляют несколько капель раствора иода. Появляется синее окрашивание. При подогревании синее окрашивание исчезает, что указывает на физический процесс - адсорбцию иода коллоидными частицами крахмала, кроме того, образуется комплексное соединение полисахарида с иодом.

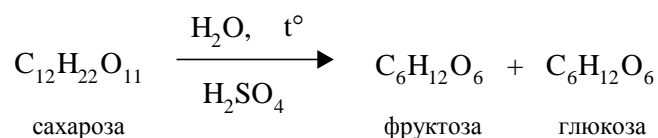
### 3. Взаимодействие сахаров со щелочами.

а) Взаимодействие глюкозы и сахарозы со щелочами: В одну пробирку помещают 1-2 мл раствора глюкозы, в другую – такой же объем раствора сахарозы. Затем в каждую пробирку приливают по половине объема концентрированного раствора щелочи, нагревают смеси до кипения и поддерживают его в течение 2-3 минут. Отметив изменение окраски растворов, охлаждают жидкость и подкисляют разбавленной серной кислотой. Отмечают запах и цвет получившегося раствора.

б) Взаимодействие клетчатки со щелочами: Помещают в штатив две пробирки: одну заполняют почти полностью водой, другую – концентрированным раствором щелочи. Из фильтровальной бумаги вырезают две одинаковые полоски на 2-3 см длиннее высоты пробирки и 1,5-2 см шириной. Одну погружают в воду до дна пробирки, вторую – в раствор щелочи на 5-7 минут. Бумажную полоску, вынутую из щелочи, сначала промывают водой, разбавленной соляной кислотой, затем снова водой. Обе полоски высушивают и сравнивают их длину, плотность и характер поверхности.

### 4. Растворение и гидролиз сахарозы и клетчатки.

а) Гидролиз сахарозы: В пробирку берут 4-6 мл 1%-ного раствора сахарозы, несколько капель (2 мл) разбавленной серной кислоты и кипятят 10-15 мин. После охлаждения кислоту нейтрализуют щелочью и проверяют содержимое на вышеописанные характерные реакции: 1) серебряного зеркала, 2) взаимодействие с фелинговым раствором, 3) пробу Селиванова.



б) Растворение клетчатки в медноаммиачном растворе: В 3-4 мл прозрачного медноаммиачного реактива помещают кусочки фильтровальной бумаги или ваты. Волокна клетчатки при встряхивании быстро разъединяются и растворяются почти нацело, образуя густую вязкую жидкость. Около 1 мл прозрачного густого раствора клетчатки отливают в другую пробирку, добавляют в нее 4-5 мл воды и выливают смесь в стаканчик с 10-12 мл разбавленной соляной кислоты. Смесь сразу почти полностью обесцвечивается и выделяется свободная клетчатка в виде белого студенистого осадка.

С пробой кислого раствора проводят реакции на восстанавливающие сахара.

в) Растворение и гидролиз клетчатки кислотами: В пробирку с 7-8 мл холодной 70 %-ной серной кислоты помещают кусок свернутой жгутом фильтровальной бумаги. При встряхивании в течение 1-2 минут клетчатка растворяется. Половину этого раствора выливают в пятикратный объем воды; при этом выделяются хлопья нерастворимых в воде продуктов частичного гидролиза клетчатки.

Другую половину раствора нагревают несколько минут в горячей воде до появления светло-коричневой окраски, после чего охлаждают и также выливают в пятикратный объем воды, в этом случае хлопья уже не выпадают.

В отдельные пробирки отливают по 1-2 мл полученных водных растворов, нейтрализуют их щелочью и проводят пробы на присутствие восстанавливающих сахаров.

## Х. Белки.

### 1. Обратимые реакции осаждения.

Отношение белков к кислотам и щелочам: К 2-3 мл раствора белка добавляют по каплям при встряхивании концентрированную уксусную кислоту. Наблюдается выпадение белка в осадок в виде мути или хлопьев. При дальнейшем добавлении кислоты осадок белка снова растворяется. Полученный кислый раствор делят на две части. Одну из них нагревают до кипения. При введении в горячую кислую жидкость 1-2 капель раствора сульфата аммония, белок свертывается. К другой части кислого раствора белка осторожно добавляют по каплям при встряхивании разбавленный раствор щелочи. При постепенной нейтрализации кислоты образуется осадок белка, снова растворяющийся в избытке щелочи.

## 2. Необратимые реакции осаждения.

а) Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами: Наливают в одну пробирку 1 мл концентрированной азотной кислоты, а в другую – 1-2 мл концентрированной соляной кислоты. Наклоняя каждую пробирку, осторожно вливают в нее по стенке 1-1,5 мл раствора белка так, чтобы он не смешивался с более тяжелым слоем кислоты, затем ставят пробирку в штатив. На границе раздела двух жидкостей сразу или постепенно появляется белое кольцо осадка белка. При встряхивании количества осадка, выпавшего при действии азотной кислоты, заметно увеличивается, а осадок, выпавший при действии соляной кислоты, растворяется в ее избытке.

Желатин в условиях опыта не осаждается минеральными кислотами.

б) Осаждение белков солями тяжелых металлов: Помещают в две пробирки по 1-1,5 мл исследуемого раствора белка и добавляют в одну из них раствор сульфата меди, а в другую – раствор ацетата свинца. Реактив в обоих случаях вводят медленно, по каплям, при встряхивании. Первоначально образуется хлопьевидный осадок или раствор мутнеет вследствие выделения малорастворимого соединения белка с солью меди (голубого цвета) или солью свинца (белого цвета). При дальнейшем добавлении реактива осадок снова растворяется.

## 3. Качественные реакции на белки.

а) Биуретовая реакция белков: К 1-2 мл раствора белка добавляют равный объем концентрированного раствора щелочи и затем каплю (не больше) раствора сульфата меди. Жидкость окрашивается в ярко-фиолетовый цвет, даже в окрашенной водной вытяжке из мяса.

б) Ксантопротеиновая реакция белков: К 1 мл раствора белка добавляют 0,2-0,3 мл концентрированной азотной кислоты; появляется белый осадок или раствор мутнеет. Затем нагревают смесь на горелке до кипения и кипятят ее 1-2 минуты; при этом раствор и осадок окрашиваются в ярко-желтый цвет. При кипячении осадок может частично или полностью раствориться в результате гидролиза, но характерная желтая окраска раствора сохраняется. Охладив смесь, осторожно, по каплям добавляют к кислой жидкости избыток (1-2 мл) концентрированного раствора щелочи. Выпадает осадок кислотного альбумината, образующий с избытком щелочи ярко-оранжевый раствор.

в) Открытие серы в белке: К 1 мл раствора белка добавляют 10 капель 30 % раствора едкого натрия и осторожно кипятят около 1 минуты, пробирку охлаждают. При добавлении затем 2-3 капель 5 %-ного раствора ацетата свинца появляется коричнево-черное окрашивание, указывающее на наличие в белке цистина.

г) Денатурация белков фенолом: К 1-2 мл яичного белка или желатина добавляют раствор фенола по каплям и наблюдают видимые изменения.

## ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.

### Название работы.

| N/N          | Исходные вещества | Ход работы | Уравнения реакций | Наблюдения | Выводы |
|--------------|-------------------|------------|-------------------|------------|--------|
| 1.           |                   |            |                   |            |        |
| 2.           |                   |            |                   |            |        |
| 3.<br>и т.д. |                   |            |                   |            |        |

### Заключение по работе:

## ЛИТЕРАТУРА.

### ОСНОВНАЯ

1. Артеменко А.И. Органическая химия. // М.: Высшая школа.- 2002. 559 с.
2. Гранберг И.И. Органическая химия. // М.: Высшая школа.- 1987.- 479 с.
3. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. // М.: Химия.- 1975.- 328 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ.

1. Потапов В.М., Татаринчик С.Н. Органическая химия. // М.: Химия.- 1980.- 463 с.
2. Щербань А.И. Органическая химия. // Изд. ВГУ.- 1998.- 360 с.
3. Иванов В.Г., Гева О.Н., Гаверова Ю.Г. Практикум по органической химии. // М.: Академия.- 2000.- 288 с.



Составители: Шмырева Жаннетта Владимировна, доцент, канд. хим. наук;  
Моисеева Людмила Викторовна, доцент, канд. хим. наук;  
Соловьев Александр Сергеевич, доцент, канд. хим. наук  
Пономарева Людмила Федоровна, ассист., канд. хим. наук;  
Медведева Светлана Михайловна, ассист., канд. хим. наук;  
Петров Владислав Вячеславович, ассистент.

Редактор Тихомирова О.А.

