

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЁГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

Кафедра «Химия»

УДК 547(072).002(076.5)

*И.И.Гарибян, А.Р.Тулаганов*

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие к выполнению  
лабораторных работ

*для бакалавров ТИТЛП направления:*

5522300 – Химическая технология текстильной, лёгкой и  
бумажной промышленности

Ташкент - 2010

## А Н Н О Т А Ц И Я

Учебно - методическое пособие составлено в соответствии с программой по курсу «Органическая химия», утверждённой Министерством Высшего и Среднего Специального Образования Республики Узбекистан и предназначено для бакалавров Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности направления 5522300 - «Химическая технология текстильной, лёгкой и бумажной промышленности»

В учебно- методическом пособии отражена номенклатура основных классов органических соединений, методика проведения 16 лабораторных работ по важнейшим разделам курса органической химии.

После каждой лабораторной работы даны контрольные вопросы для самоконтроля знаний, которые позволят судить о качестве усвоения изучаемого материала. Имеются ключевые слова.

Отличительной особенностью является включение в лабораторные работы опытов с использованием различных веществ, применяемых в текстильной, лёгкой и бумажной промышленности. Это даёт возможность будущему специалисту лучше узнать особенности химических соединений, которые будут встречаться в его практической деятельности.

Методическое пособие может быть полезно студентам нехимических специальностей, учащимся школ, лицеев, колледжей.

Составители:            доцент **Гарибян Ирина Ивановна**

                                  доцент **Тулаганов Абдурахад Расулович**

### Р е ц е н з е н т ы:

**А.С. Рафиков**        д.х.н., профессор кафедры «Химия» Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности

**И.И. Исмаилов**    д.х.н., профессор кафедры «Химия и методика её преподавания» Ташкентского Государственного Педагогического Университета им. Низоми

Утверждено на заседании Научно - Методического Совета ТИТЛП от  
" 28 " мая 2010 г., протокол № 5

Размножено в типографии ТИТЛП в количестве « 25 » экз.

## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим условием развития страны признано совершенствование системы подготовки кадров на основе экономики, науки, культуры, техники и технологий. Национальная программа по подготовке кадров направлена на коренную модернизацию структуры и содержания системы непрерывного образования.

Государственная политика в области подготовки кадров предусматривает становление разносторонне развитой личности через систему непрерывного образования. Особое место в системе непрерывного образования занимает высшее образование, которое на базе общего среднего, среднего специального, профессионального образования является самостоятельным видом непрерывного образования и осуществляется в соответствии с законом Республики Узбекистан «Об образовании» и «Национальной программой по подготовке кадров».

Одной из определяющих задач высшего образования в соответствии с Национальной программой по подготовке кадров является обеспечение результативного обучения и подготовки квалифицированных кадров на основе современных образовательных программ.

Среди дисциплин, составляющих базовую подготовку специалистов-химиков в текстильной, лёгкой и бумажной промышленности, важное место занимает органическая химия.

**Органическая химия** – это *раздел химической науки, в котором изучаются соединения углерода, их строение, свойства, способы получения и практического использования.*

Соединения, в состав которых входит углерода, называются органическими. Кроме углерода, они почти всегда содержат водород, довольно часто - кислород, азот и галогены, реже - фосфор, серу и другие элементы. Однако сам углерод и некоторые простейшие его соединения, такие как оксид углерода (II), оксид углерода (IV), угольная кислота, карбонаты, карбиды и т.п., по характеру свойств относятся к неорганическим соединениям. Поэтому часто используется и другое определение: органические соединения – это углеводороды (соединения углерода с водородом) и их производные.

Углерод выделяется среди всех элементов тем, что его атомы могут связываться друг с другом в длинные цепи или циклы. Именно это свойство позволяет углероду образовывать миллионы соединений, изучению которых посвящена целая область — органическая химия.

Велика роль химии в практической деятельности человека, в развитии техники. Глубокое знание химии необходимо специалистам: наряду с физикой и математикой она составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

## **ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ ПРОТИВ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ**

При проведении лабораторных работ по органической химии приходится иметь дело с горючими, легко воспламеняющимися жидкостями и газами, крепкими кислотами и щелочами, ядовитыми веществами. Поэтому необходимо соблюдать следующие указания:

- Перед занятиями студенту необходимо заранее ознакомиться с ходом проведения опытов, отчётливо уяснить цели и задачи работы. Приступать к выполнению опытов можно только после того, как студент сдаст предварительный отчёт (название, краткое описание хода опыта, реакции)
- Рабочее место содержать в чистоте и порядке.
- Запрещено проводить опыты в грязной посуде, а также пользоваться для проведения опытов веществами из склянок без этикеток
- Работы с ядовитыми и сильно пахнущими веществами, с концентрированными растворами кислот, щелочей следует проводить в вытяжном шкафу
- Излишек реактива не высыпать и не выливать обратно в склянку, из которой он был взят.
- Если нет указаний о дозировке реактивов для данного опыта, то брать их надо в возможно меньшем количестве. Нельзя оставлять без надобности горящие спиртовки.
- При работе с кислотами надо твёрдо помнить правила смешивания крепкой серной кислоты с водой – осторожно вливать кислоту в воду небольшими порциями при перемешивании, а не наоборот.
- Не нюхать выделяющиеся газы, близко наклоняясь к склянке. При необходимости определения запаха газа или жидкости осторожно вдыхать воздух, слегка направляя струю воздуха от отверстия сосуда к себе.
- Никогда нельзя дуть на горящую спиртовку. Тушат её, накрыв колпачком.
- С легковоспламеняющимися жидкостями нельзя работать вблизи нагревательных приборов. Запрещается нагревать летучие легковоспламеняющиеся жидкости, вещества (эфир, спирты, ацетон) на открытом пламени. Для этого необходимо использовать водяную баню.

- При нагревании и кипячении пробирки с жидкостью отверстие пробирки следует направлять в сторону как от самого работающего, так и от окружающих, во избежание выброса веществ из пробирки.
- Запрещается пробовать реактивы на вкус.
- В случае ожога, прикладывают к обожжённому месту вату, смоченную 5-10% раствором перманганата калия или же, смоченную жидкостью от ожогов (из аптечки).
- При порезах стеклом вынуть осколки из раны, продезинфицировать раствором перманганата калия  $KMnO_4$  или спиртом, смазать края раны йодной настойкой, положить на рану стерилизованную марлю, гигроскопическую вату и плотно обвязать бинтом. После оказания первой помощи пострадавшего направить к врачу
- При попадании на кожу или одежду кислот или щелочей, необходимо сначала обмыть поражённое место большим количеством воды, затем в случае поражения кислотой промыть 3% раствором бикарбоната натрия, а в случае попадания щёлочи – 1-2% раствора уксусной кислоты. После этого опять водой. Щёлочь смывают водой до тех пор, пока участок кожи, на который она попала, не перестанет быть скользким. Одежду, соприкасающуюся с реактивами, нужно снять.
- При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожжённое место промойте холодной проточной водой в течение 5-10 мин. Затем следует немедленно доставить в ближайшее лечебное учреждение
- При попадании в глаз брызг кислоты, его обильно промывают водой так, чтобы она стекала от носа к виску, а затем 3% раствором бикарбоната; в случае попадания щёлочи промывают вначале водой, затем насыщенным раствором борной кислоты.
- При попадании яда внутрь необходимо вызвать рвоту принятием тёплого раствора поваренной соли (3-4 чайные ложки на стакан воды). Пострадавшего перенести на свежий воздух.
- Студентам **категорически запрещается** без разрешения преподавателя проводить какие-либо опыты, не относящиеся к данной работе

## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОЛЛОКВИУМА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

- Общие правила работы в химической лаборатории
- Что следует предпринять, если в лаборатории возник очаг возгорания?
- Какими нагревательными приборами разрешается пользоваться при нагревании легковоспламеняющихся жидкостей?
- Расскажите о работе в лаборатории с электрическим током
- Какие правила необходимо соблюдать при работе со щелочными металлами?
- Каковы правила работы с легковоспламеняющимися жидкостями?
- Почему нельзя пользоваться плохо вымытой посудой?
- Как оказать первую помощь при ожогах огнем первой степени?
- Для чего используются вытяжные шкафы?
- Как приготовить разбавленный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ ?
- Как следует определять пахнущие вещества?
- Как оказать первую помощь при попадании кислоты в глаза?
- Какие действия следует предпринять при попадании в глаза щёлочи?
- Неотложная помощь при ожогах с кислотами
- Как оказать первую помощь при отравлении щелочью?
- Первая помощь при термических ожогах
- Первая помощь при порезах, ушибах и иных травмах

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

## I. ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В состав органических соединений входят: углерод, водород, кислород, сравнительно реже - азот, сера, галоиды, фосфор и другие элементы.

Органические соединения в большинстве случаев не являются электролитами и не дают характерных реакций на содержащиеся в них элементы. Для того, чтобы произвести качественный анализ органического вещества, необходимо предварительно разрушить органические молекулы путём полного сжигания или окисления их. При этом образуются более простые вещества, как например,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , которые легко открываются обычными аналитическими методами.

**Цель работы:** Научиться экспериментально доказывать качественный состав органического вещества, обосновывать данные эксперимента

**Оборудование и реактивы:** Пробирки, штатив для пробирок, спиртовка, газоотводная трубка с пробкой, медная проволока, на конце скрученная в спираль, органическое вещество - крахмал  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ , известковая  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или баритовая вода  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , безводный сульфат меди (II)  $\text{CuSO}_4$ , оксид меди (II) - порошок  $\text{CuO}$ , хлороформ  $\text{CHCl}_3$ , медная проволока, на конце скрученная в спираль.

### Опыт 1. Определение углерода и водорода.

Присутствие углерода в органических соединениях в большинстве случаев можно обнаружить по обугливанию вещества при осторожном его прокаливании.

Наиболее точным методом открытия углерода и одновременно с ним водорода является сжигание органического вещества в смеси с мелким порошком оксида меди (II). Углерод образует с кислородом оксида меди углекислый газ, а водород – воду. Оксид меди восстанавливается до металлической меди.

Описание опыта. В сухую пробирку с газоотводной трубкой заполнить на одну треть смесь крахмала (можно хорошо растёртый сахар) с порошкообразным оксидом меди (II), взятого в избытке (рис. 1). У отверстия пробирки поместить несколько кристалликов безводного медного купороса. Пробирку закрепляют в штативе в горизонтальном положении, а конец газоотводной трубки вводят до дна в другую пробирку, содержащую 2-3 мл известковой (или баритовой) воды.

Реакционную смесь нагревают сначала осторожно, затем сильнее в течение 3-5 минут. После завершения опыта сначала вынимают конец газоотводной трубки из пробирки и прекращают нагревание. Отметить изменения в кристаллах сернокислой меди и баритовой воды. Образование капель воды на стенках пробирки и газоотводной трубки, а также посинение медного купороса (образование  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) укажут на присутствие в испытуемом веществе водорода, а помутнение известковой или баритовой воды – на присутствие углерода (образование осадка карбоната бария  $\text{BaCO}_3$  или карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ ). Уравнения реакций:

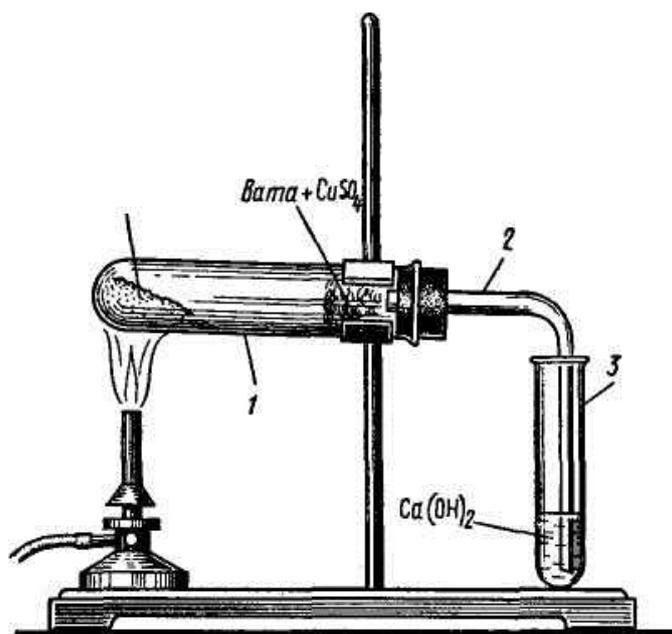
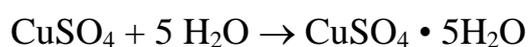
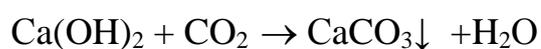
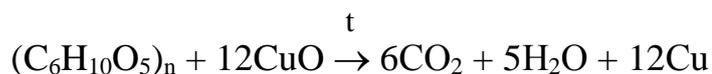


Рис. 1 Определение углерода и водорода в смеси крахмала с оксидом меди (II):

1 – пробирка

2 - газоотводная трубка

3 – пробирка с известковой водой

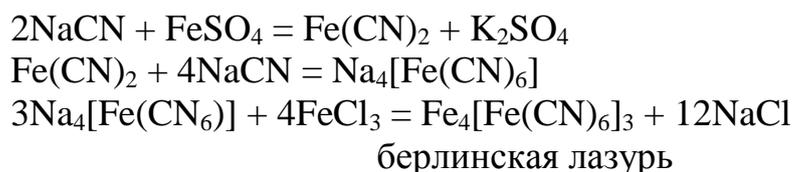
## Контрольные вопросы:

- Во что превращается оксид меди (II) и какие наблюдения это подтверждают? Напишите уравнение реакции.
- Почему изменяется цвет сульфата меди (II)? О содержании какого элемента в исследуемом веществе это свидетельствует? Напишите уравнение реакции.
- Что происходит с известковой (или баритовой) водой? Наличие какого элемента в исследуемом веществе это доказывает?
- Почему при продолжительном пропускании оксида углерода (IV) образовавшийся осадок растворяется? Напишите уравнение реакции.

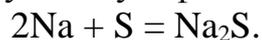
## Опыт 2. Определение азота и серы.

Азот в органических соединениях может быть обнаружен различными способами. Наиболее распространённым методом является реакция получения берлинской лазури.

Для этого органическое вещество прокалывают с металлическим калием или натрием. Происходит полное разложение органического вещества. Углерод, азот и калий (или натрий) образует цианид калий (или цианид натрия). Действие небольшого количества железного купороса переводят цианистую соль в железосинеродистую. Последняя даёт характерную реакцию образования берлинской лазури с хлоридом железа:



Серу можно открыть одновременно с азотом. При прокаливании органического вещества, содержащего серу, с металлическим натрием образуется сульфид натрия:



*Опыт проводят в вытяжном шкафу за стеклом или в предохранительных очках, соблюдая приведённые ниже указания, так как при неосторожном обращении с металлическим натрием может произойти несчастный случай.*

Описание опыта. Опыт проводят в вытяжном шкафу за стеклом. Несколько кристалликов или каплю испытуемого вещества помещают в сухую пробирку. Туда же бросают маленький кусочек металлического натрия, хорошо очищенного от наружного слоя. Осторожно нагревают пробирку на пламени горелки, держа её в деревянном зажиме. Через некоторое время происходит вспышка. Пробирку ещё некоторое время

нагревают до красного каления, а затем горячий конец пробирки погружают в фарфоровую чашку с 3÷4 мл дистиллированной воды (Осторожно! Может быть лёгкий взрыв от не до конца прореагировавшего металлического натрия!). При этом пробирка растрескивается и содержимое растворяется в воде. Раствор отфильтровывают от кусочков угля и стекла. К части фильтрата прибавляют кристаллик железного купороса или 2-3 капли свежеприготовленного его раствора, кипятят в течение одной минуты, затем прибавляют каплю хлорида железа и подкисляют соляной кислотой. При наличии в испытуемом веществе азота появляется синий осадок берлинской лазури.

Для обнаружения иона серы часть фильтрата подкисляют соляной кислотой. Характерный запах сероводорода укажет на наличие серы. В пробирку с оставшимся щелочным фильтратом приливают ацетат свинца. При наличии серы образуется чёрный осадок сульфида свинца (II) PbS или в случае небольшого количества серы раствор окрашивается в коричневый цвет.

#### **Контрольные вопросы:**

- Опишите методику обнаружения азота и серы в органических соединениях?
- Напишите уравнение реакции образования «берлинской лазури». На наличие какого элемента в соединении указывает эта реакция?
- В какой цвет окрашивается раствор при наличии серы в веществе?

### **Опыт 3. Качественная реакция на галоиды.**

#### **Проба Бельштейна.**

Для открытия галоидов часто пользуются реакцией окрашивания пламени, предложенной химиком Ф.Ф.Бельштейном. При накаливании органического вещества в присутствии оксида меди, как видели выше, органическое вещество сгорает. Углерод и водород образует углекислый газ и воду. Галоиды же с медью образуют соли. Эти соли легко летучи при нагревании и пары окрашивают пламя в красивый зелёный цвет.

Описание опыта. Медную проволоку диаметром 1-2 мм с петлёй на конце прокалывают в бесцветной части пламени горелки до исчезновения окрашивания пламени. Медь при этом покрывается чёрным налётом оксида меди (II) CuO. По охлаждению проволоки, петлю погружают в реактив, содержащий в своем составе галоген, например, в хлороформ, или набирают несколько крупинок исследуемого вещества и вносят в пламя горелки. В случае наличия галоида пламя окрашивается в красивый зелёный цвет вследствие образования летучих галогенидов меди. Для очистки проволоку смачивают соляной кислотой и снова прокалывают. Следует сделать контрольный опыт, опуская проволоку в заведомо не

содержащую галоген жидкость (дистиллированная вода, спирт).  
Уравнение реакции:



### Контрольные вопросы:

- Опишите наблюдения
- Почему при прокаливании медная проволока темнеет?
- О присутствии какого элемента показывает окраска пламени (какая?)
- Напишите уравнение качественной реакции на галоиды.
- В чём заключается принцип проведения качественного анализа органических соединений?

## II. УГЛЕВОДОРОДЫ

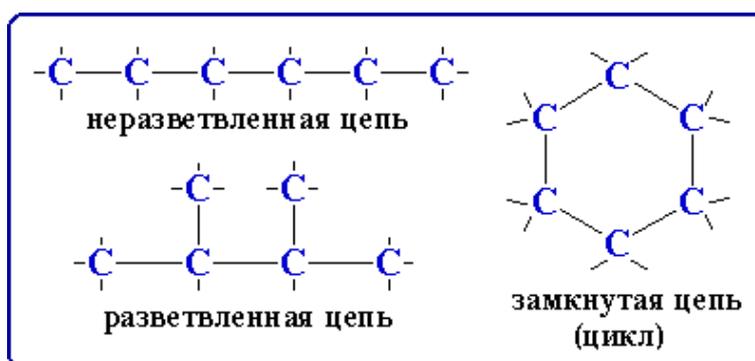
**Углеводороды** – это органические соединения, состоящие из углерода и водорода. Классификацию углеводородов проводят по следующим структурным признакам, определяющим свойства этих соединений:

- 1) строение углеродной цепи (углеродного скелета);
- 2) наличие в цепи кратных связей  $\text{C}=\text{C}$  и  $\text{C}\equiv\text{C}$  (степень насыщенности).

**1.** В зависимости от строения углеродной цепи углеводороды подразделяют на две группы:

- **ациклические** (или **алифатические**, или углеводороды жирного ряда;
- **циклические**, характеризующиеся содержанием в молекуле колец или циклов из углеродных атомов.

Атомы углерода способны соединяться между собой в цепи различного строения:



и разной длины: от двух атомов углерода (*этан*  $\text{CH}_3\text{—CH}_3$ , *этилен*  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ , *ацетилен*  $\text{CH}\equiv\text{CH}$ ) до сотен тысяч (*полиэтилен*, *полипропилен*, *полистирол* и другие высокомолекулярные соединения).

Открытая (незамкнутая) цепь алифатических углеводородов может быть *неразветвленной* или *разветвленной*. Углеводороды с неразветвленной углеродной цепью называют нормальными (*n*-) углеводородами. Среди циклических углеводородов выделяют:

- **алициклические** (или алифатические циклические);
- **ароматические** (*арены*).



В этом случае классификационным признаком служит строение цикла. К ароматическим углеводородам относят соединения, содержащие один или несколько бензольных циклов.

2. По степени насыщенности различают:

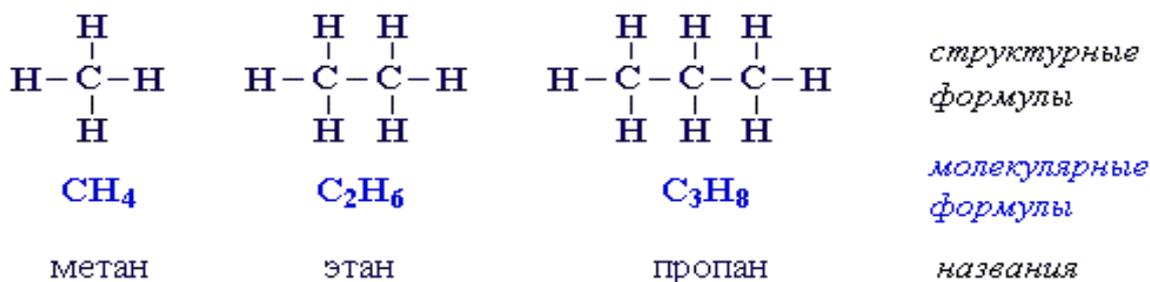
- **насыщенные** (предельные) углеводороды (*алканы* и *циклоалканы*), в которых имеются только одинарные связи между атомами углерода и отсутствуют кратные связи;
- **ненасыщенные** (непредельные), содержащие наряду с одинарными связями двойные и/или тройные связи (*алкены*, *алкадиены*, *алкины*, *циклоалкены*, *циклоалкины*).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### Тема: «Предельные углеводороды»

**Алканами** – называются *алифатические (алициклические) предельные углеводороды (или парафины)*, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простыми (одинарными) связями в неразветвлённые и разветвлённые цепи.

Общая формула предельных углеводородов  $C_nH_{2n+2}$ , где n- число атомов углерода. Простейшие представители алканов:



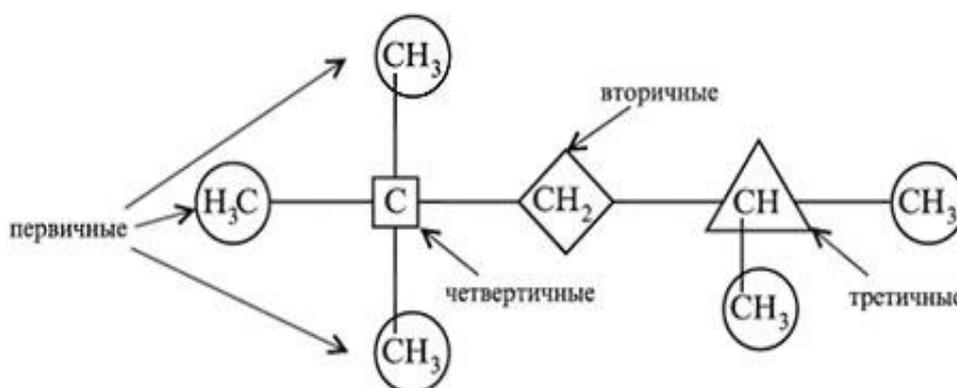
При отрыве атома водорода от молекулы алкана образуются одновалентные частицы, называемые углеводородными радикалами (сокращенно обозначаются буквой R). Названия одновалентных радикалов производятся от названий соответствующих углеводородов с заменой окончания *-ан* на *-ил*. Общее название одновалентных радикалов алканов – *алкилы*. Они выражаются общей формулой  $C_nH_{2n+1}$ .

Формулы и названия первых десяти членов гомологического ряда алканов и их нормальных радикалов (алкилов) приведены в табл.1

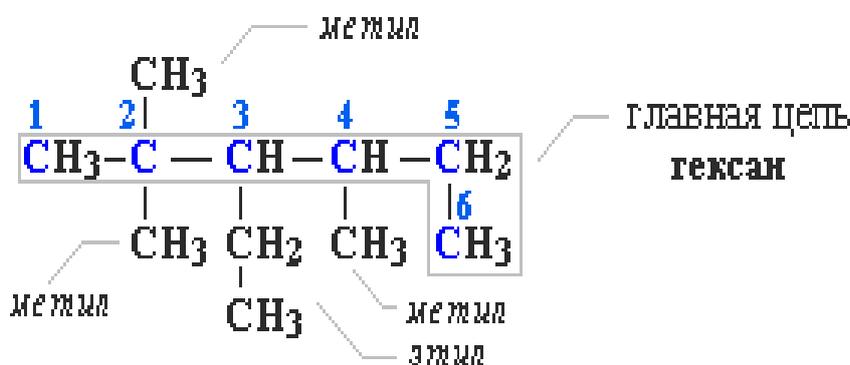
Таблица 1

Формула	Алкан	Одновалентный радикал	Алкил
$CH_4$	метан	$CH_3-$	метил
$C_2H_6$	этан	$C_2H_5-$	этил
$C_3H_8$	пропан	$C_3H_7-$	пропил
$C_4H_{10}$	бутан	$C_4H_9-$	бутил
$C_5H_{12}$	пентан	$C_5H_{11}-$	пентил
$C_6H_{14}$	гексан	$C_6H_{13}-$	гексил
$C_7H_{16}$	гептан	$C_7H_{15}-$	гептил
$C_8H_{18}$	октан	$C_8H_{17}-$	октил
$C_9H_{20}$	нонан	$C_9H_{19}-$	нонил
$C_{10}H_{22}$	декан	$C_{10}H_{21}-$	децил

Для понимания свойств молекулы необходимо учитывать все атомы, соседствующие с каждым атомом углерода. Атом углерода, связанный с одним атомом углерода, называют **первичным**, атом, связанный с двумя атомами углерода, – **вторичным**, с тремя – **третичным**, а с четырьмя – **четвертичным**. Первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода можно различать также по степени насыщенности атомов углерода атомами водорода.



Пример построения названия:



## 2,2,4-триметил-3-этилгексан

**Цель работы:** Познакомиться с лабораторным способом получения первого представителя гомологического ряда предельных углеводородов и изучить его химические свойства.

**Оборудование и реактивы:** Газоотводная трубка с пробкой, набор пробирок в штативе, спиртовка, обезвоженный ацетат натрия  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , натронная известь (смесь порошков оксида кальция  $\text{CaO}$  с гидроксидом натрия  $\text{NaOH}$  (3:1), насыщенный раствор бромной воды  $\text{Br}_2$ , 1%-ный раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$

## Опыт 1. Получение и свойства метана

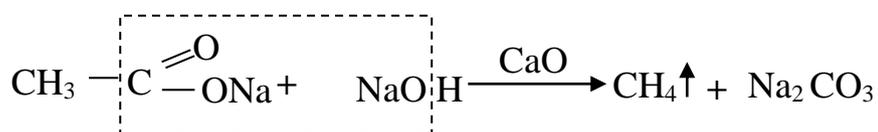
Метан можно получить в лабораторных условиях сплавлением сухого ацетата натрия и едкой щёлочи.

Описание опыта. В ступке тщательно растирают обезвоженный ацетат натрия с натронной известью (натронная известь состоит из смеси едкого натра и оксида кальция), массовое соотношение 1:2. Смесь помещают в сухую пробирку (высота слоя 6÷8 мм), закрывают газоотводной трубкой и закрепляют в штативе.

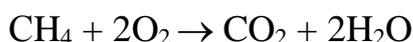
Отдельно в одну пробирку наливают 2÷3 мл раствора перманганата калия и подкисляют 1-2 каплями концентрированной серной кислоты, в другую пробирку - 2 мл бромной воды.

Смесь в пробирке нагревают в пламени спиртовки и конец газоотводной трубки поочерёдно вносят в растворы перманганата калия и бромной воды. Пропускание газа проводят в течение 20÷30 с. После этого газоотводную трубку переворачивают вверх и поджигают газ у конца газоотводной трубки. Окраска этих растворов не изменяется, следовательно, метан с взятыми веществами не реагирует.

Не прекращая нагревания, собирают выделяющийся газ. Для этого пустую пробирку наполняют водой и опрокидывают в чашку с водой. Подводят конец газоотводной трубки под пробирку и наполняют её газом. Не вынимая пробирки из воды, закрывают её пальцем и затем подносят к пламени горелки. Зажжённый газ горит голубоватым пламенем. Уравнения протекающих реакций:



t



### Контрольные вопросы и упражнения:

- Какие органические соединения относятся к классу углеводородов? Какие углеводороды называются предельными? Какова их общая формула?
- Почему используется безводный ацетат натрия, зачем необходима натронная известь?
- Напишите уравнения реакций получения метана и этана в лабораторных условиях
- Как изменяется окраска раствора перманганата калия и бромной воды при пропускании через них метана? К какому гомологическому ряду относится метан?

- Каков цвет пламени при горении метана? Напишите реакцию горения метана.
- Напишите структурные формулы всех возможных изомеров пентана, гексана, гептана и назовите их по рациональной и систематической номенклатуре.
- Вычислите плотность этана по воздуху и водороду.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### Тема: «Непредельные углеводороды. Алкены»

**Алкенами** (олефинами, или этиленовыми) называются непредельные углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь и имеющие общую формулу  $C_nH_{2n}$ .

Двойная связь состоит из одной  $\sigma$ -связи и одной  $\pi$ -связи, которая менее прочная, поэтому легко разрывается при химических реакциях.

В образовании такой связи участвуют атомы углерода в  $sp^2$ -гибризованном состоянии. Каждый из них имеет по три  $2sp^2$ -гибридных орбитали, направленных друг к другу под углом  $120^\circ$ , и одну негибризованную  $2p$ -орбиталь, расположенную под углом  $90^\circ$  к плоскости гибридных атомных орбиталей АО.

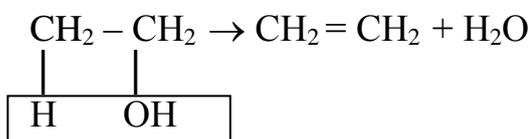
Представители	Название	
	по систематической номенклатуре	по рациональной номенклатуре
$CH_2 = CH_2$	этен	этилен
$\begin{array}{c} \alpha \quad \beta \\ CH_2 = CH - CH_3 \end{array}$	пропен	$\beta$ - метилэтилен
$\begin{array}{cccc} & \alpha & & \beta \\ & 1 & 2 & 3 & 4 \\ CH_3 - & CH = & CH - & CH_3 \end{array}$	бутен-2	$\alpha, \beta$ -диметилэтилен
$\begin{array}{cccccc} & & \alpha & & \beta & \\ & & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ CH_3 - & CH = & CH - & CH - & CH_3 \\ & & &   & \\ & & & CH_3 & \end{array}$	4-метилпентен-2	$\alpha$ -метил- $\beta$ -изопропилэтилен

**Цель работы:** Научиться собирать простейшую лабораторную установку, получать этилен, собирать газ и исследовать его свойства, уметь доказать наличие этилена.

**Оборудование и реактивы:** Газоотводная трубка с пробкой, набор пробирок в штативе, спиртовка, спирт этанол  $C_2H_5OH$ , концентрированная серная кислота  $H_2SO_4$ , пемза, пористый фарфор или песок (мелкозернистый), насыщенный раствор бромной воды  $Br_2$ , 1%-ный раствор перманганата калия  $KMnO_4$

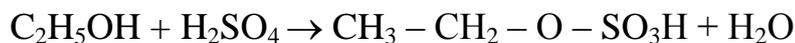
### Опыт 1. Получение и свойства этилена.

Этилен может быть получен из этилового спирта отнятием воды:

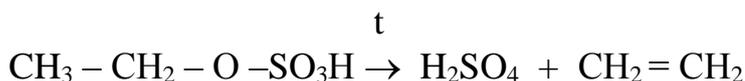


Эта реакция протекает при взаимодействии спирта с серной кислотой в две фазы:

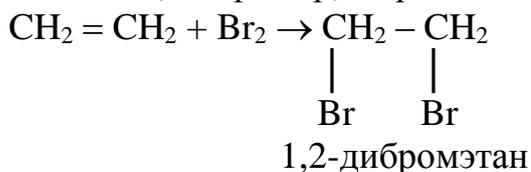
1) образование этилсерной кислоты при смешивании спирта с кислотой:



2) отщепление серной кислоты при нагревании смеси до  $170^\circ C$ :

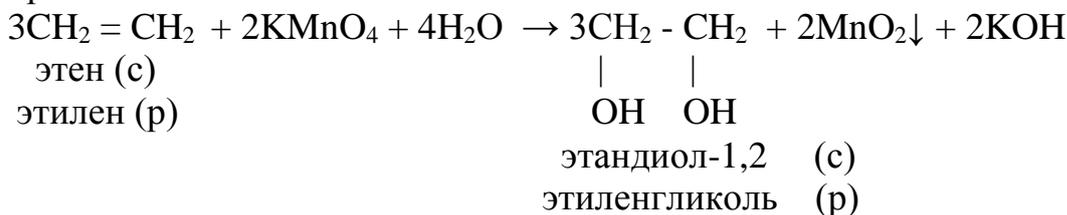


Этилен как непредельный углеводород легко вступает в реакцию присоединения, например, с бромом:



При присоединении бром обесцвечивается, поэтому эта реакция используется как *качественная реакция на двойную связь*. Окисление этилена также происходит очень легко.

При осторожном окислении в водном растворе происходит присоединение кислорода и молекулы воды с образованием двухатомного спирта – гликоля:



Окислителем является обычно слабый раствор перманганата калия. Эта реакция носит название *реакции Вагнера*. При этой реакции перманганат калия восстанавливается до оксида марганца (IV) и раствор бурет. Эта реакция может также служить качественной реакцией на непредельные углеводороды.

Описание опыта. В пробирку с газоотводной трубкой наливают около 5 мл смеси, состоящей из одной части этилового спирта и трёх частей концентрированной серной кислоты. Смесь осторожно нагревают (рис.2).

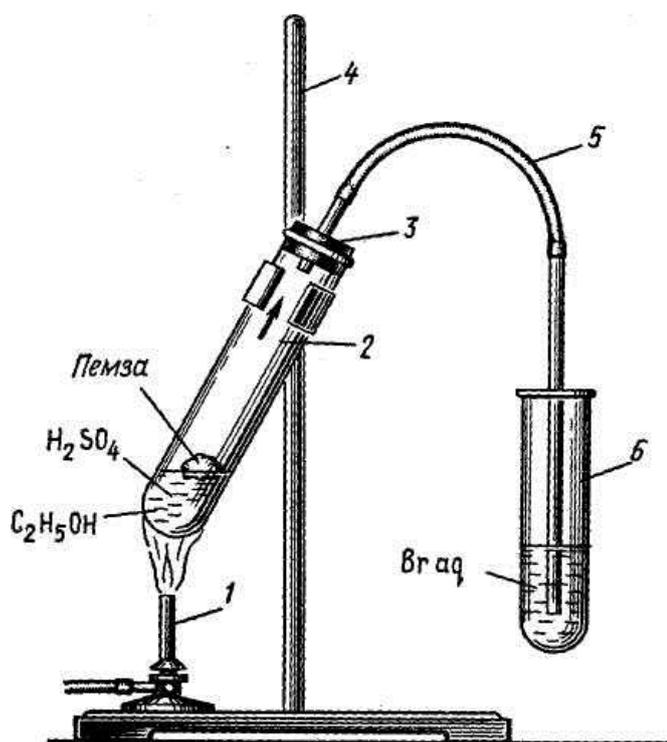
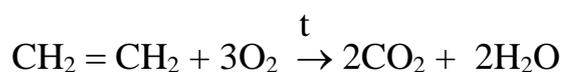


Рис. 2 Прибор для получения этилена:  
1 – горелка, 2 – пробирка со смесью, 3 – пробка,  
4 – штатив, 5 – газоотводная трубка, 6 – пробирка с  
бромной водой (или марганцовкой)

Внимание! Смесь опасна! Положите туда кусочек пемзы или сухого песка (для равномерного кипения при нагревании). Выделяющийся газ пропустить через растворы перманганата калия и бромной воды. Происходит обесцвечивание бромной воды и восстановление перманганата калия. Собранный газ поджигают.

Уравнение реакции:



## Контрольные вопросы и упражнения:

- В качестве чего при получении этилена используется песок или пемза?
- Какова роль концентрированной серной кислоты в получении этилена? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- Напишите уравнения реакции получения этилена в лабораторных условиях.
- Как изменяется окраска раствора перманганата калия и бромной воды при пропускании через них этилена? Напишите уравнение реакций, уравняйте методом электронного баланса, назовите полученные продукты
- Каков цвет пламени при горении этилена? Напишите уравнение реакции горения этилена на основе электронного баланса.
- К какому гомологическому ряду относится этилен? Напишите структурные формулы изомеров гексена и назовите их по систематической и рациональной номенклатуре.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### Тема: «Непредельные углеводороды. Алкины»

Алкинами (или *ацетиленовыми углеводородами*) называются *непредельные (ненасыщенные) алифатические углеводороды, молекулы которых, помимо одинарных связей, содержат одну тройную связь между атомами углерода.*

Эти углеводороды являются ещё более непредельными соединениями, чем соответствующие им алкены (с тем же числом углеродных атомов). Это видно из сравнения числа атомов водорода в ряду:

$C_2H_6$	$C_2H_4$	$C_2H_2$
этан	этилен (этен)	ацетилен (этин)

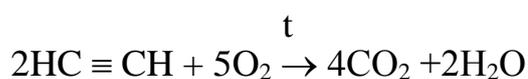
При образовании тройной связи участвуют два электрона внешнего слоя (*s*- и *p*-), образующих две гибридные *sp*-орбитали. Образовавшиеся гибридные орбитали перекрываются друг с другом и орбиталями атома водорода, образуя тройную связь, состоящую из *одной  $\sigma$ - и двух  $\pi$ - связей* (валентный угол  $180^\circ$ ). Поэтому говорят о линейном строении ацетиленовых углеводородов.





Так же, как и в предыдущих опытах, изучают горение ацетилена на воздухе.

Описание опыта. В пробирку наливают около 1 мл воды и бросают кусочек карбида кальция. Быстро закрывают отверстие пробкой с газоотводной трубкой. Реакция протекает бурно и быстро. Чтобы замедлить реакцию, можно добавить на 3-4 капли приливаемой воды одну каплю разбавленной серной кислоты. Выделяющийся газ пропускают через заранее приготовленные растворы перманганата калия и бромной воды. Затем газ собрать и поджечь. Подержать высоко над пламенем горящего ацетилена кусок стекла. Ацетилен горит с образованием копоти (при недостатке притока воздуха) или светящимся пламенем (признак ненасыщенности соединения). Реакция горения ацетилена:



### Контрольные вопросы и упражнения:

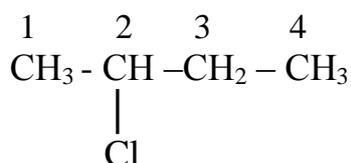
- Как получают ацетилен в лаборатории и в промышленности? Напишите уравнения реакций.
- Запишите уравнение реакции получения ацетилена с использованием структурных формул и уравняйте методом электронного баланса.
- Как изменяется окраска раствора перманганата калия и бромной воды при пропускании через них ацетилена?
- Каков цвет пламени при горении ацетилена? Напишите уравнение реакции горения ацетилена на воздухе.
- Чем отличаются по химическим свойствам углеводороды ряда ацетилена: а) от предельных углеводородов, б) от углеводородов ряда этилена? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- К какому гомологическому ряду относится ацетилен? Напишите структурные формулы изомеров гексина и назовите их по систематической и рациональной номенклатуре.
- Назвать по систематической и рациональной номенклатуре следующие соединения:
  - а)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}\equiv\text{CCH}(\text{CH}_3)_2$
  - б)  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_3$
  - в)  $\text{HC}\equiv\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
  - г)  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
- Назовите вещества, которые получены на первом и втором этапе синтеза, протекающего по схеме:  
 $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{хлорэтан}$   
Напишите уравнения реакций.

### III. ГАЛОИДОПРОИЗВОДНЫЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ГАЛОИДАЛКИЛЫ)

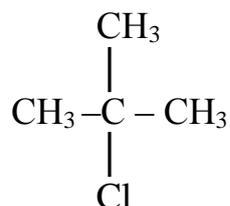
Галоидопроизводные алифатических углеводородов можно рассматривать как производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на атомы галоида. В зависимости от замещения одного, двух, трёх и т.д. атомов на галоиды различают моногалоидопроизводные и полигалоидопроизводные.

Название простейших галоидопроизводных составляется обычно по аналогии с названием неорганических солей галоидоводородных кислот с обозначением входящих в их состав радикалов. Например,  $\text{CH}_3\text{Cl}$  – метилхлорид и т.д.

Галоид может замещать водород у различных углеродных атомов в цепи. Если галоид стоит у углерода, связанного с одним углеродным атомом, галоидопроизводное называется первичным; например, соединение  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-Cl}$  называется первичным этилхлоридом. Если галоид стоит у углерода, связанного с двумя углеродными атомами, галоидопроизводное называется вторичным, например, соединение:



называется вторичным бутилхлоридом (2-хлорбутан). И, наконец, если галоид стоит при углероде, связанном с тремя углеродными атомами, галоидопроизводное называется третичным, например, соединение:



называется третичным изобутилхлоридом (2-метил 2-хлорпропан). Все три соединения являются изомерными. Из этих примеров видно, что для галоидопроизводных имеет место как изомерия цепи, так и изомерия положения галоида.

В отличие от предельных углеводородов их галоидопроизводные являются реакционноспособными соединениями вследствие наличия полярной связи между атомом углерода и галоидом. Они легко могут обменивать атом галоида на другие атомы или группы атомов, как, например, -OH, -CN, -NH<sub>2</sub> и др.

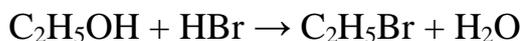
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### Синтез этилбромида

**Цель работы:** Научиться получать этилбромид методом синтеза.

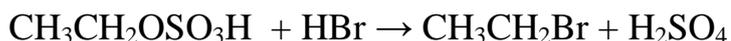
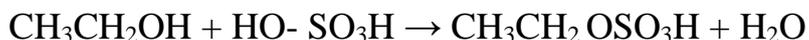
**Оборудование и реактивы:** Штатив с пробирками, колба с пробкой, делительная воронка, спирт этанол  $C_2H_5OH$ , концентрированная серная кислота  $H_2SO_4$

Этилбромид может быть получен по одному из общих способов получения галоидопроизводных действием галоидоводородных кислот на спирты:



Практически вместо бромоводорода берут бромид калия и серную кислоту. Образующийся в результате взаимодействия этих веществ - бромоводород, реагирует со спиртом. Реакция обратима. Чтобы направить её в сторону образования этилбромида, берут избыток серной кислоты, которая связывает образующуюся при реакции воду.

Часть спирта реагирует с серной кислотой, образуя этилсерную кислоту, которая затем, вступая в реакцию с бромоводородом, образует также этилбромид. Реакция протекает по следующему уравнению:



Описание опыта. В колбу ёмкостью 100 мл вливают через капельную воронку 5 мл этилового спирта и затем небольшими порциями 5 мл концентрированной серной кислоты. Так как при этом происходит разогревание, колбу со смесью охлаждают водой, после чего в неё вливают по каплям 3,5 мл воды и всыпают 5 г бромида калия. Затем колбу закрывают корковой пробкой и присоединяют к холодильнику, соединённому с аллонжем. Конец аллонжа опускают в колбу с водой таким образом, чтобы он был погружён в воду примерно на 1-2 мм. Перед началом реакции в приёмник бросают несколько кусочков льда для лучшего охлаждения легко испаряющегося этилбромида.

Реакционную смесь осторожно нагревают на асбестовой сетке до кипения, не давая жидкости сильно вспениваться, иначе может произойти перебрасывание её в приёмник. Реакция начинается довольно скоро, что можно обнаружить по падению тяжёлых маслянистых капель этилбромида на дно колбы. Когда падение капель этилбромида почти прекратится, нагревание прекращают.

Полученный этилбромид отделяют от водного слоя. Для этого всю смесь переносят в делительную воронку и, осторожно открывая кран, сливают нижний маслянистый слой в приготовленную чистую пробирку и тотчас закрывают её пробкой.

Этилбромид представляет собой тяжёлую бесцветную жидкость со сладковатым запахом, плотностью 1,486 и температурой кипения 38,4<sup>0</sup>С. Напишите уравнение реакции. Сделайте пробу Бельштейна на присутствие галоида. Полученный препарат сдать преподавателю.

### Контрольные вопросы и упражнения:

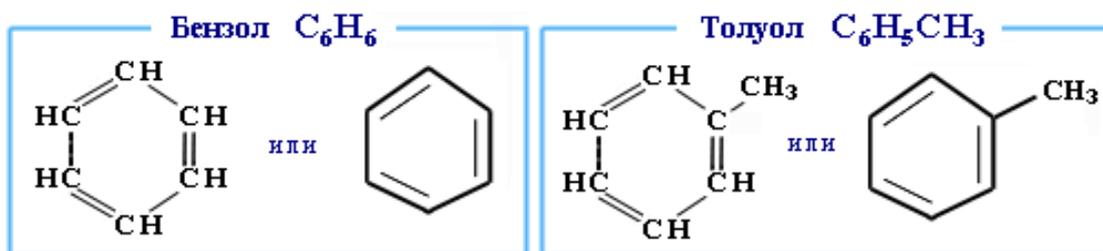
- Напишите электронную формулу метилхлорида, этилбромида
- Напишите структурные формулы первичного, вторичного и третичного галоидопроизводного соединения общей формулы C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>Cl и назовите их.
- Какими способами можно получить 2-хлорбутан и 1,2-дихлорбутан.
- Какие соединения можно получить из галоидопроизводных? Напишите уравнения реакций.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

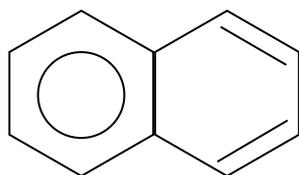
### Тема: «Ароматические углеводороды»

**Арены** (или *ароматические углеводороды*) – это соединения, молекулы которых содержат устойчивые циклические группы атомов (бензольные ядра) с особым характером химических связей.

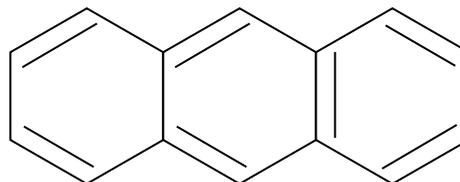
Простейшие представители:  
однойдерные арены:



многоядерные арены:



Нафталин

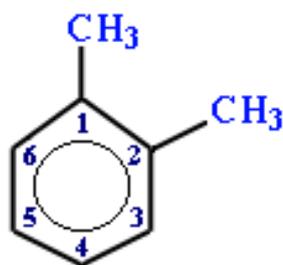


Антрацен

Бензол представляет собой бесцветную, легкоподвижную жидкость с температурой кипения  $80,1^{\circ}\text{C}$ , застывающую при охлаждении в бесцветные кристаллы с температурой плавления  $5,53^{\circ}\text{C}$ , обладает своеобразным запахом. Легко воспламеняется и горит коптящим пламенем. Судя по суммарной формуле, можно предположить, что бензол является сильно ненасыщенным соединением, аналогичным, например, ацетилену. Однако, химические свойства бензола не подтверждают такого предположения. Так, при обычных условиях бензол не даёт реакций, характерных для непредельных углеводородов: не вступает в реакции присоединения, не обесцвечивает раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ .

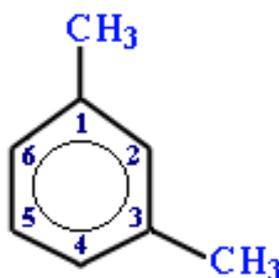
В молекуле бензола все атомы углерода и водорода лежат в одной плоскости, причем атомы углерода находятся в вершинах правильного шестиугольника с одинаковой длиной связи между ними, равной  $0,139\text{ нм}$ . Все валентные углы равны  $120^{\circ}$ . Такое расположение углеродного скелета связано с тем, что все атомы углерода в бензольном кольце имеют одинаковую электронную плотность и находятся в состоянии  $sp^2$  -гибридизации.

1,2-Диметилбензол



*орто*-ксилол  
(*о*-ксилол)

1,3-Диметилбензол



*мета*-ксилол  
(*м*-ксилол)

1,4-Диметилбензол



*пара*-ксилол  
(*п*-ксилол)

**Цели работы:** Изучить некоторые физические и химические свойства бензола и его гомологов. Сравнить реакционную способность бензола и толуола. Познакомиться со свойствами полиядерных ароматических соединений на примере нафталина

**Оборудование и реактивы:** Газоотводная трубка, набор пробирок, фарфоровая чашечка, три стакана объемом 100 мл, спиртовка, колба Вюрца, бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$ , нафталин, концентрированная серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , концентрированная азотная кислота  $\text{HNO}_3$ , насыщенный раствор бромной воды  $\text{Br}_2$ , 1%-ный раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ , гидроксид натрия  $\text{NaOH}$ , хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$ .

### Опыт 1. Реакция бензола с бромом и перманганатом калия.

В две пробирки наливают по 0,5 мл бензола. В одну из них добавляют 1 мл бромной воды, в другую - несколько капель перманганата калия. Смеси энергично встряхивают и дают отстояться.

Запишите наблюдения и объясните.



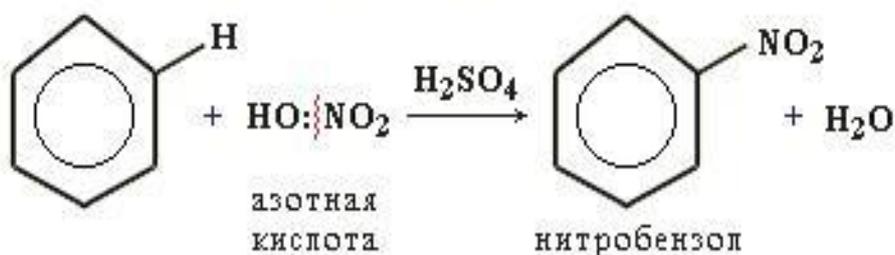
### Контрольные вопросы и упражнения:

- Какие углеводороды называются ароматическими?
- Какие реакции характерны для бензола и его гомологов?
- Напишите структурные формулы гомологов бензола и назовите их по систематической и рациональной номенклатуре.
- Какое агрегатное состояние имеет бензол? Сделайте вывод о растворимости бензола в воде.
- Сделайте вывод о растворимости брома в воде и бензоле.
- Происходит ли на холоду реакция бензола с перманганатом калия?
- Вычислите плотность паров бензола по воздуху и водороду.

### Синтез. «Нитрование бензола»

Описание работы. Опыт проводят в вытяжном шкафу, так как пары нитробензола ядовиты. В колбу объёмом 100 мл, оснащённой охлаждением (40÷50 см) приливают 25 мл концентрированной серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и осторожно наливают капельным методом 20 мл концентрированной азотной кислоты HNO<sub>3</sub>. Охлаждают смесь до комнатной температуры и перемешивая приливают 18 мл бензола (образуется эмульсия). При нитровании бензола следят, чтобы температура реакционной смеси не превышала 50<sup>0</sup>С и не была ниже 25<sup>0</sup>С. Реакцию проводят на водяной бане с терморегулятором. Реакцию нитрования продолжают 45 мин. при температуре 60<sup>0</sup>С. После чего реакционная смесь охлаждается холодной водой и при помощи делительной воронки разделяется. Нитробензол находится в нижней части делительной воронки. Затем нитробензол промывают разбавленным раствором гидроксида натрия и холодной водой. Промытый нитробензол приливают в конусообразную колбу и добавляют прокалённый хлорид кальция. Колбу закрывают пробкой с воздушным охладителем и нагревают на водяной бане до образования прозрачной жидкости. Осушенный нитробензол приливают в колбу Вюрца, оснащённой воздушным охлаждением и перегоняют при температуре 207÷211<sup>0</sup>С. Выход бензола 22 г.

### Схема реакции нитрования бензола



Нитробензол представляет собой маслянистую жидкость жёлтого цвета с запахом горького миндаля. Нитробензол в воде не растворяется, а растворяется в спирте, бензоле, эфире. Молекулярная масса 123,11, температура кипения 210,9<sup>0</sup>С.

*Пары нитробензола ядовиты, поэтому после опыта его необходимо слить в специальную склянку.*

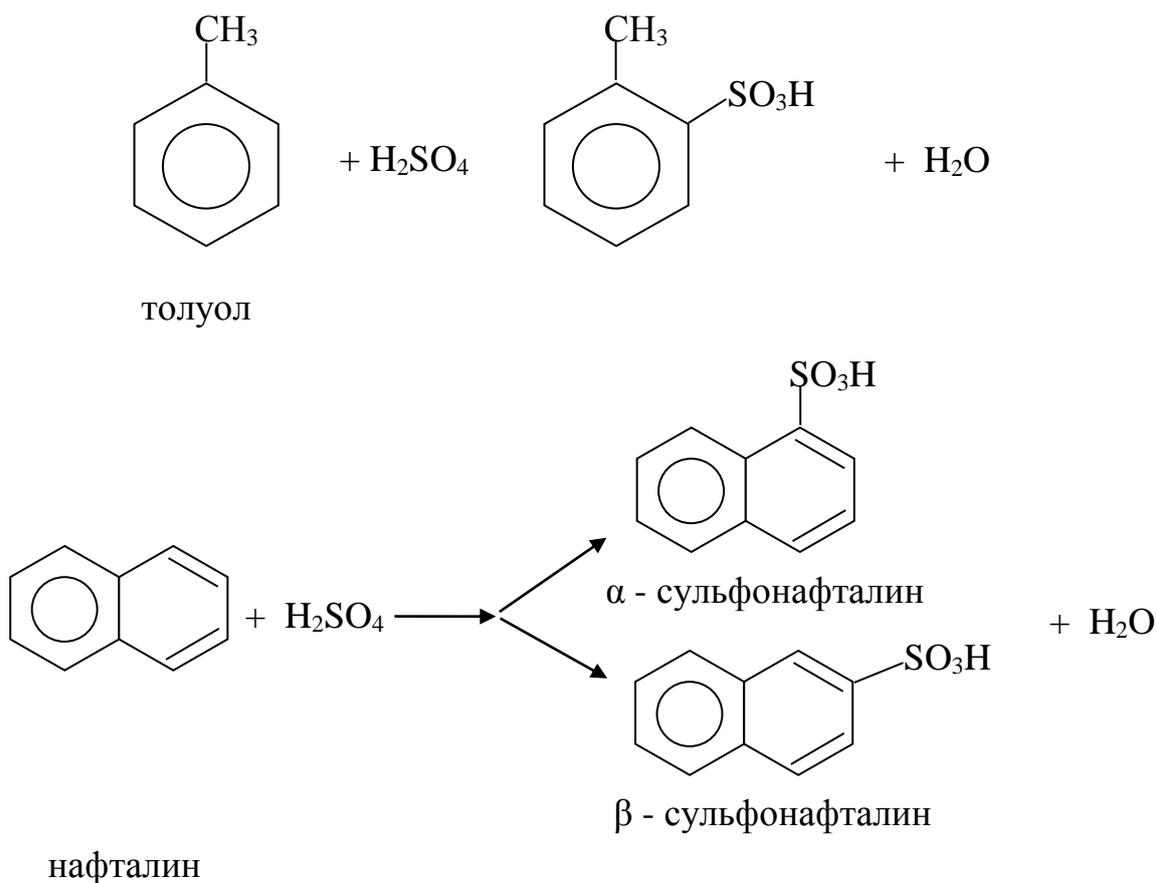
### Контрольные вопросы и упражнения:

- Напишите уравнение нитрования бензола и толуола и назовите продукты реакций. В какое положение идет замещение на нитрогруппу в толуоле? Объясните правило замещения в бензольном ядре
- В какое положение идет замещение на нитрогруппу в толуоле? Объясните правило замещения в бензольном ядре
- Сравните время образования нитропроизводных бензола и толуола и отметьте их цвет

### Опыт 3. Сульфирование ароматических углеводородов.

Описание опыта. В две пробирки помещают по 3 капли толуола, во вторую – несколько кристалликов нафталина. В каждую пробирку приливают по 4-5 капель концентрированной серной кислоты и нагревают на кипящей водяной бане при постоянном встряхивании в течение 10 минут. Нафталин частично возгоняется и кристаллизуется на стенках пробирки выше уровня жидкости, его необходимо повторно расплавить, прогревая всю пробирку. Отмечают время, необходимое для получения однородного раствора.

После этого пробирку охлаждают в холодной воде и добавляют в неё 0,5 мл воды. Если сульфирование прошло полностью, образуется прозрачный раствор, так как сульфокислоты хорошо растворимы в воде. Напишите уравнения реакций сульфирования толуола и нафталина при разных температурах.

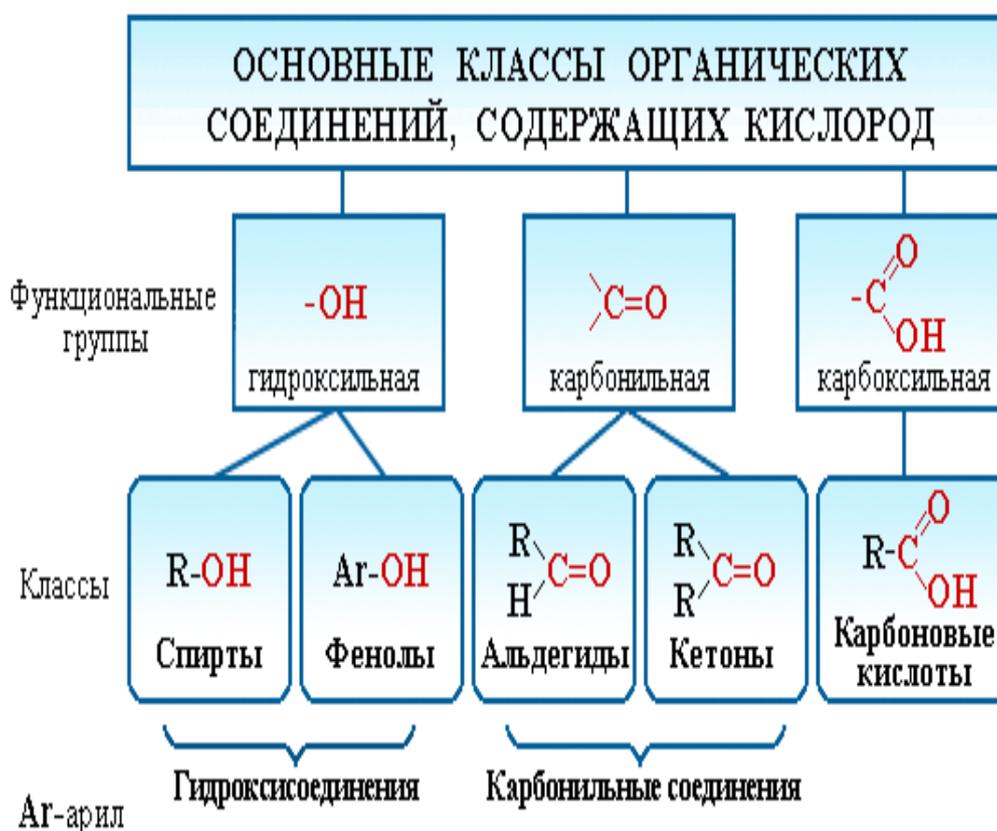


### Контрольные вопросы и упражнения:

- Напишите уравнения сульфирования толуола и нафталина. Какие производные получаются?
- В какое положение идёт замещение водорода на сульфогруппу в нафталине при его нагревании до  $100^{\circ}\text{C}$ ?
- В какое положение идёт замещение водорода на сульфогруппу в толуоле?

# Кислородсодержащие органические соединения

Существует огромное число органических соединений, в состав которых наряду с углеродом и водородом входит кислород. Атом кислорода содержится в различных функциональных группах, определяющих принадлежность соединения к определенному классу.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### Тема: «Спирты»

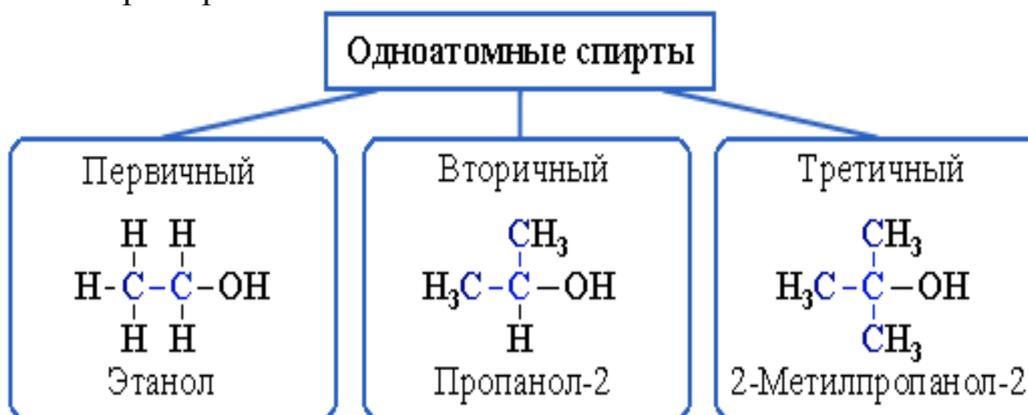
**Спиртами** называются органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько гидроксогрупп, соединённых с углеводородным радикалом.

Гидроксогруппа является функциональной группой спиртов. В зависимости от характера углеводородного радикала спирты подразделяются на алифатические (предельные и непредельные) и циклические.

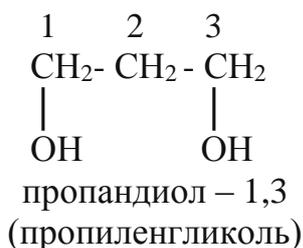
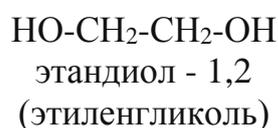
Спирты классифицируют по различным структурным признакам:

1. По числу гидроксогрупп (атомности) в молекуле спирты подразделяются на одно-, двух-, трёхатомные и т.д.

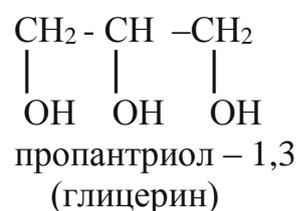
Например:



**Двухатомные спирты (гликоли)**

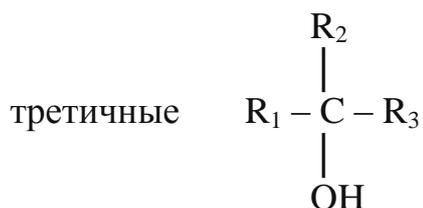
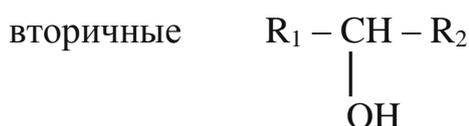


**Трёхатомные спирты**



В многоатомных спиртах различают первично-, вторично- и третичноспиртовые группы. Например, молекула трехатомного спирта глицерина содержит две первичноспиртовые ( $\text{HO}-\text{CH}_2-$ ) и одну вторичноспиртовую ( $-\text{CH}(\text{OH})-$ ) группы.

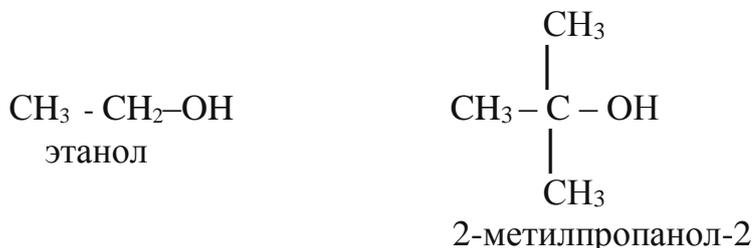
2. В зависимости от того, с каким атомом углерода связана гидроксогруппа, различают спирты:



где  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$  – углеводородные радикалы, могут быть одинаковыми и разными.

3. По характеру углеводородного радикала, связанного с атомом кислорода, выделяют следующие спирты:

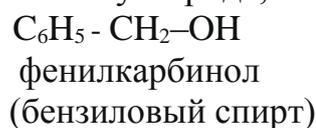
- *предельные*, или алканолы, содержащие в молекуле лишь предельные углеводородные радикалы, например,



- *непредельные*, или алкенолы, содержащие в молекуле кратные (двойные или тройные) связи между атомами углерода, например:



- *ароматические*, т.е. спирты, содержащие в молекуле бензольное кольцо и гидроксогруппу, связанные друг с другом не непосредственно, а через атомы углерода, например:



n= 4	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	пропилкарбинол (р) бутанол -1 (с) (первичный нормальный бутиловый спирт)																
	<table style="margin: auto; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">2</td> <td style="padding: 0 5px;">3</td> <td style="padding: 0 5px;">4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3 -</math></td> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH} -</math></td> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_2 -</math></td> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;"> </td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;">ОН</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	$\text{CH}_3 -$	$\text{CH} -$	$\text{CH}_2 -$	$\text{CH}_3$						ОН			метилэтилкарбинол (р) бутанол-2 (с) (вторичный нормальный бутиловый спирт)
	1	2	3	4														
	$\text{CH}_3 -$	$\text{CH} -$	$\text{CH}_2 -$	$\text{CH}_3$														
	ОН																	
<table style="margin: auto; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">3</td> <td style="padding: 0 5px;">2</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3 -</math></td> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH} -</math></td> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_2 - \text{OH}</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;"> </td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3</math></td> <td></td> </tr> </table>	3	2	1	$\text{CH}_3 -$	$\text{CH} -$	$\text{CH}_2 - \text{OH}$					$\text{CH}_3$		изопропилкарбинол (р) 2-метилпропанол-1 (с) (первичный изобутиловый спирт)					
3	2	1																
$\text{CH}_3 -$	$\text{CH} -$	$\text{CH}_2 - \text{OH}$																
	$\text{CH}_3$																	
<table style="margin: auto; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;"> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;"><math>\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 5px;"> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">ОН</td> </tr> </table>	$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3$		ОН	триметилкарбинол (р) 2-метилпропанол-2 (с) (третичный изобутиловый спирт)												
$\text{CH}_3$																		
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3$																		
ОН																		

<b>Цель работы:</b>	Изучить некоторые физические и химические свойства одноатомных спиртов. Отметить качественную реакцию на многоатомные спирты
<b>Оборудование и реактивы:</b>	Газоотводная трубка, набор пробирок, фильтровальная бумага, лакмусовая бумажка, спиртовка, спирты (этанол, метанол, изоамиловый спирт, глицерин), 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, металлический натрий, гидроксид натрия NaOH, сульфата меди (II) CuSO <sub>4</sub>

### **Опыт 1. Растворимость спиртов в воде**

Простейшие одноатомные спирты хорошо растворимы в воде. Растворимость убывает по мере увеличения молекулярной массы. Растворимость многоатомных спиртов возрастает с увеличением количества гидроксогрупп. Водные растворы спиртов имеют нейтральную среду.

Описание опыта. В отдельные пробирки вливают по несколько капель метилового, этилового и изоамилового спиртов и добавляют в каждую пробирку 2-3 мл воды. Взбалтывают. Отметьте наличие или отсутствие слоев. Сделайте вывод о растворимости спиртов.

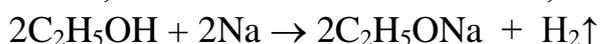
Испытать растворы спиртов на лакмусовую бумагу. Изменения окраски не происходит. Напишите структурные формулы взятых спиртов.

#### **Контрольные вопросы и упражнения:**

- На основании проведённых исследований сделайте вывод о растворимости в воде предложенных спиртов. Объясните причину.
- Изменится ли окраска индикаторов? Сделайте вывод о кислотном характере водного раствора этанола.
- Напишите структурные формулы возможных изомеров одноатомного спирта общей формулы C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O и назовите их по рациональной и систематической номенклатуре.

### **Опыт 2. Получение алкоголята натрия**

Одноатомные спирты как нейтральные соединения не вступают в реакцию с водными растворами щелочей. Водород гидроксогруппы может вытесняться только металлическим калием или натрием с образованием соединений, называемых алкоголятами, например:



Это соединение хорошо растворяется в спирте. При действии воды разлагается с образованием спирта и щелочи:



Описание опыта. В пробирку с 1 мл обезвоженного этилового спирта бросают небольшой кусочек металлического натрия, очищенного и высушенного фильтровальной бумагой, и закрывают отверстие пробирки с газоотводной трубкой. (Если разогревание приводит к вскипанию спирта, то смесь охлаждают в стакане с холодной водой). Выделяющийся газ поджигают. Если натрий прореагировал не полностью, то добавляют избыток спирта, доводя реакцию до конца.

После того как весь натрий прореагирует, пробирку охлаждают и добавляют 3–4 капли воды и 1 каплю фенолфталеина. Раствор испытать лакмусовой бумажкой.

### **Контрольные вопросы и упражнения:**

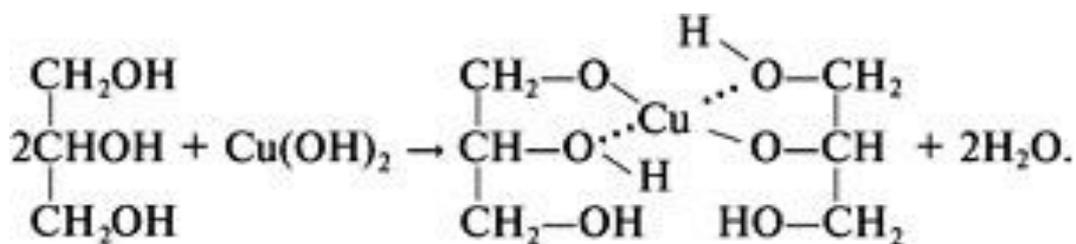
- Какие углеводороды относятся к классу спиртов? На какие группы они делятся?
- Какие виды изомерии характерны для спиртов?
- Напишите уравнение реакции получения этилата натрия. Какой газ выделяется при этом выделяется? Как это доказать?
- Почему спирт должен быть обезвоженным и зачем необходимо, чтобы натрий прореагировал со спиртом полностью?
- Напишите уравнение реакции с водой продукта, полученного после взаимодействия этанола с металлическим натрием. Что показывает индикатор? Какова среда раствора?

### **Опыт 3. Получение глицерата меди (II)**

В многоатомных спиртах водороды гидроксогрупп легче замещаются на металлы, чем в одноатомных спиртах. Так, для трёхатомных спиртов – глицеринов соответствующие металлические производные – глицераты получают даже при действии на глицерин оксидов тяжёлых металлов и их гидратов, например, гидрат оксида меди. Это свидетельствует о том, что в отличие от одноатомных спиртов многоатомные спирты обладают слабыми кислотными свойствами.

Описание опыта. Приготовить гидроксид меди (II). Для этого в пробирку наливают около 1 мл 10%-ного раствора сульфата меди (CuSO<sub>4</sub>) и добавляют немного 10%-ного раствора гидроксида натрия (NaOH) до образования осадка гидроксида меди. К полученному осадку добавляют по каплям глицерин и пробирку встряхивают. Осадок растворяется, получается раствор тёмносинего цвета. Уравнение реакции образования глицерата меди:





### Контрольные вопросы и упражнения:

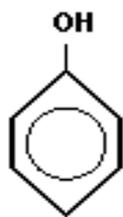
- Опишите наблюдаемые явления и составьте соответствующие уравнения реакций. Отметьте цвет образующегося продукта реакции.
- С помощью какой качественной реакции можно отличить одноатомный спирт от многоатомного?
- Напишите реакцию взаимодействия вторичного изобутилового спирта с натрием.
- Определите молекулярную массу одноатомного предельного спирта, если при взаимодействии его с натрием выделилось 5,6 л водорода.
- Напишите уравнения реакций, характерные для одноатомных спиртов на примере спирта этанола

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

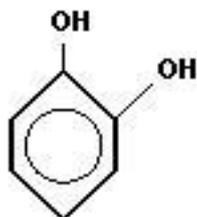
### Тема: «Фенолы»

**Фенолами** называют производные ароматических углеводородов, молекулы которых содержат одну или несколько гидроксигрупп -ОН, непосредственно соединённых с атомами углерода бензольного кольца.

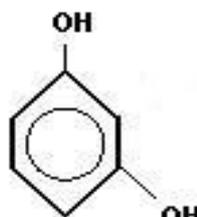
В зависимости от числа гидроксигрупп различают: одноатомные фенолы и многоатомные.



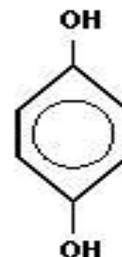
фенол



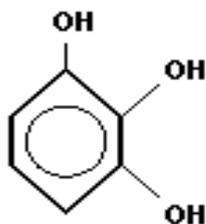
1,2-диоксибензол  
o-диоксибензол  
(пирокатехин)



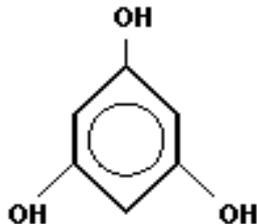
1,3-диоксибензол  
m-диоксибензол  
(резорцин)



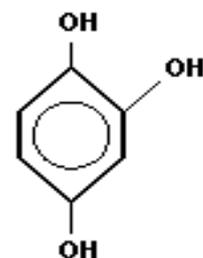
1,4-диоксибензол  
p-диоксибензол  
(гидрохинон)



1,2,3-триоксибензол  
(пирогаллол)



1,3,5-триоксибензол  
(флюороглуцин)



1,2,4-триоксибензол  
(гидроксигидрохинон)

Фенолы, в отличие от спиртов, обладают слабокислотными свойствами. Это выражается в том, что они легко вступают в реакцию со щелочами, образуя соединения, аналогичные алкоголята, называемые фенолятами. Простейший фенол называют карболовой кислотой. Для фенолов, кроме реакций замещения водорода гидроксогруппы, характерны реакции замещения водорода в бензольном ядре, например, реакция галогенирования, нитрования и сульфирования. Эти реакции протекают легче, чем у бензола, так как наличие гидроксогруппы в ядре резко увеличивает подвижность атомов водорода в орто- и пара-положении.

**Цель работы:** Изучить некоторые химические свойства фенолов. Оценить взаимное влияние гидроксогруппы и бензольного ядра. Отметить качественную реакцию на фенолы.

**Оборудование и реактивы:** Набор пробирок пробка с газоотводной трубкой, спиртовка, фарфоровая чашка, фенол, пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол, резорцин, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, ацетилсалициловая кислота, 2н раствор гидроксида натрия NaOH, 1%-ный раствор хлорида железа (III) FeCl<sub>3</sub>, 10%-ный раствор серной кислоты, бромная вода, фенолфталеин

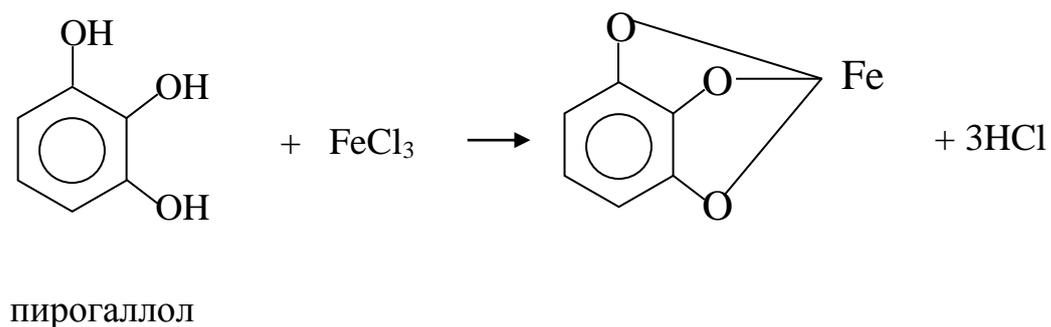
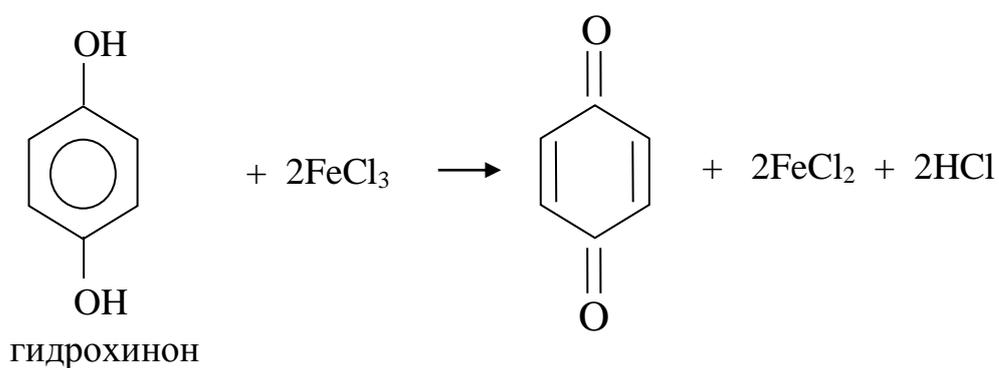
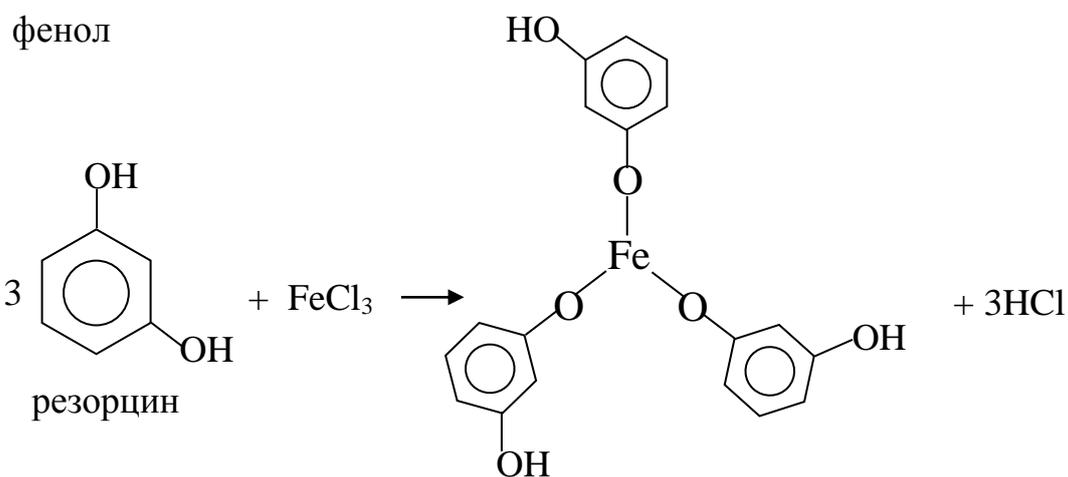
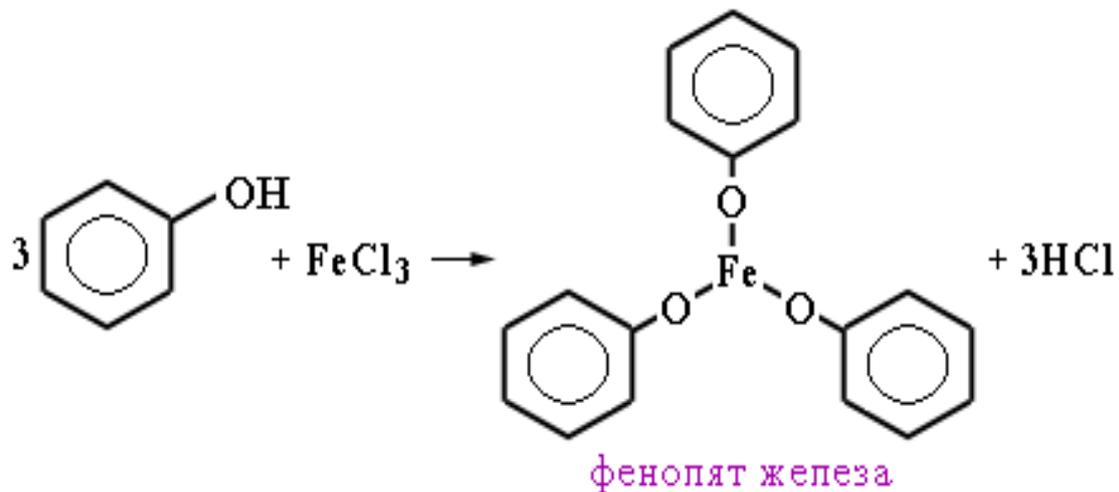
### Опыт 1. Действие хлорного железа на фенолы

Фенолы, как одноатомные, так и многоатомные, дают характерное окрашивание при добавлении раствора хлорида железа. Эта реакция является *качественной пробой* на фенол.

*Внимание! Фенол – едкое вещество. При работе с ним нельзя допускать его попадания на кожу, он вызывает ожоги.*

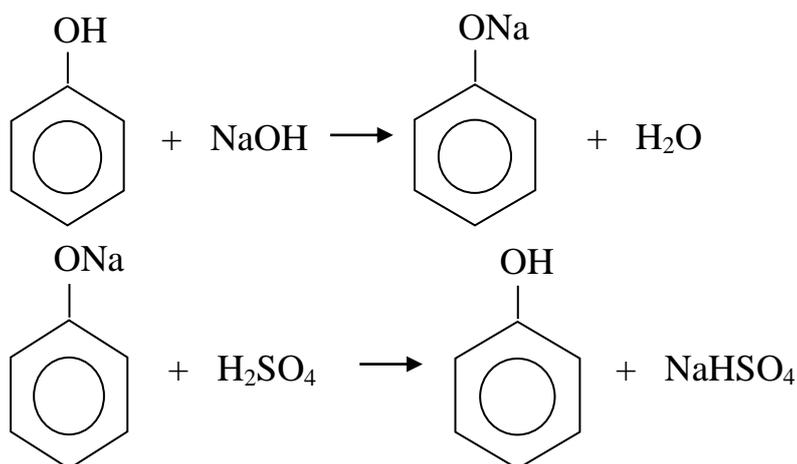
Описание опыта. В пробирку с 0,5 мл раствора фенола добавляют 2-3 капли 1%-ного раствора хлорида железа (III). Аналогичные опыты проводят с водными растворами резорцина, пирогаллола и гидрохинона. Растворы фенола и резорцина окрашиваются в фиолетовый цвет, раствор пирогаллола - в буро-красный. Гидрохинон не даёт характерного

окрашивания с хлорным железом, так как легко окисляется им с образованием хинона. Объясните наблюдение. Уравнения реакций:



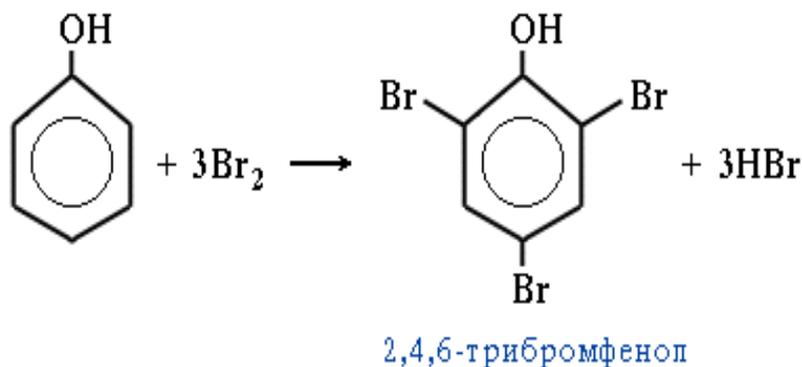
## Опыт 2. Получение фенолята натрия.

Описание опыта. Несколько мл эмульсии фенола налить в пробирку. Прибавить осторожно, по каплям, раствор едкого натра до полного растворения фенола. Образуется фенолят натрия. К полученному феноляту добавить по каплям 10%-ный раствор серной кислоты до кислой реакции. В этом случае вновь выделится фенол в виде эмульсии. Уравнения реакций:



## Опыт 3. Бромирование фенола.

Описание опыта. В сухую пробирку налить 5 мл 1%-ного раствора фенола и при постоянном встряхивании добавлять насыщенный раствор бромной воды до образования осадка. Уравнение реакции:



### Контрольные вопросы и упражнения:

- Сравните отношение фенолов и спиртов к щелочам? В чем отличие? Почему?
- Напишите уравнение реакции фенола с раствором щёлочи, назовите образующиеся продукты.
- Как называется реакция фенолята натрия с водой? Напишите уравнение этой реакции.
- Опишите явления, наблюдаемые при взаимодействии фенола с раствором бромной воды. Составьте уравнение реакции.
- Какое вещество выпадает в осадок (какого цвета?) при

взаимодействии раствора фенола с бромной водой? Напишите соответствующее уравнение реакции. Можно ли считать эту реакцию качественной на фенолы?

- Напишите формулы строения и дайте названия простейшим представителям одноатомных, двухатомных и трёхатомных фенолов.
- Какое направляющее действие оказывает гидроксогруппа на реакции замещения водорода в бензольном ядре?
- Какие заместители в бензольном ядре относятся к заместителям первого и какие к заместителям второго рода?
- Сколько граммов фенолята калия можно получить из гидроксида калия массой 20 г и фенола массой 20 г?

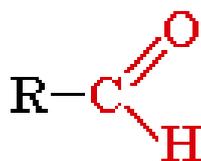
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

### Тема: «Альдегиды и кетоны»

Альдегиды и кетоны относятся к карбонильным соединениям.

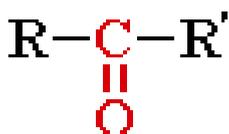
**Альдегиды** – это органические соединения, в молекулах которых атом углерода карбонильной группы связан с атомом водорода и углеводородным радикалом.

Общая формула:



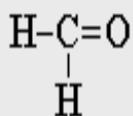
где,  $\begin{array}{l} \text{—C=O} \\ \text{H} \end{array}$  - функциональная группа альдегидов,  
R - углеводородный радикал

**Кетоны** – это органические вещества, молекулы которых содержат карбонильную группу, соединенную с двумя углеводородными радикалами. Общая формула:

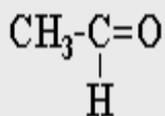


где R, R' - углеводородные радикалы, могут быть одинаковыми и разными.

## Альдегиды

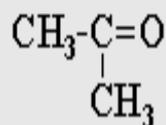


формальдегид  
(метаналь)

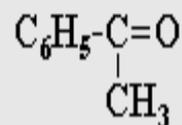


ацетальдегид  
(этаналь)

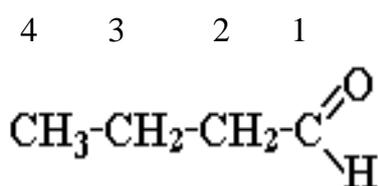
## Кетоны



ацетон  
(пропанон)

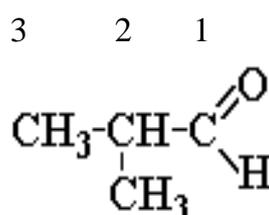


ацетофенон  
(метилфенилкетон)



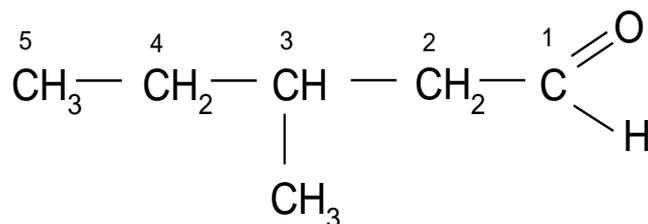
бутаналь

этилуксусный альдегид (р)



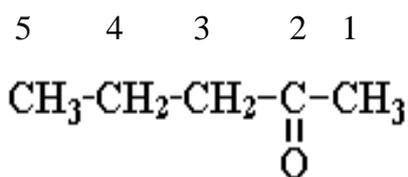
2-метилпропаналь

диметилуксусный альдегид (р)



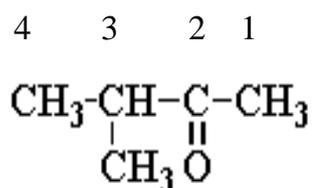
3-метилпентаналь (с)

вторичный изобутил уксусный альдегид (р)



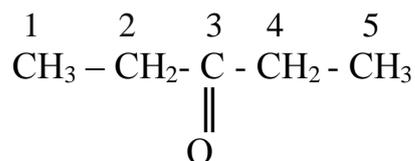
пентанон-2

метилпропилкетон (р)



3-метилбутанон-2

метилизопропилкетон (р)



пентанол -3 (с)

диэтилкетон (р)

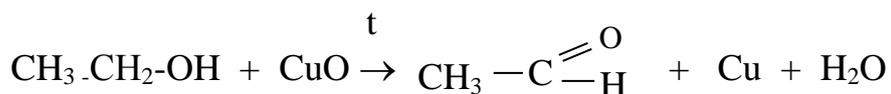
**Цель работы:** Изучить некоторые физические и химические свойства альдегидов, качественную реакцию на альдегиды

**Оборудование и реактивы:** Штатив с пробирками, спиртовка, этанол C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, медная проволока, аммиачный раствор оксида серебра, растворы сульфата меди (II) CuSO<sub>4</sub> и гидроксида натрия NaOH,

### **Опыт 1. Получение уксусного альдегида окислением этанола.**

Описание опыта. В пламени спиртовки окисляют медную проволоку, имеющую на конце петлю, раскалив её докрасна, затем быстро опускают её в пробирку со спиртом и закрывают пробирку пробкой.

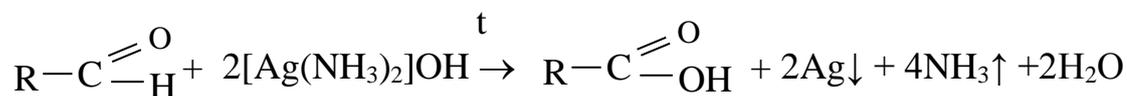
Происходит восстановление оксида меди до металлической меди и окисление спирта в альдегид. Полученный раствор альдегида сохранить для дальнейших опытов. Уравнение реакции:



### **Опыт 2. Реакция серебряного зеркала на альдегид.**

Альдегиды легко окисляются, иногда даже кислородом воздуха, а также оксидами металлов серебра и меди. При этом образуются кислоты с тем же числом углеродных атомов в цепи.

Реакция окисления альдегидов действием оксида серебра является наиболее чувствительной на альдегидную группу (реакция серебряного зеркала). Реактивом служит аммиачный раствор гидрата оксида серебра. При этой реакции альдегид окисляется в кислоту, а оксид серебра восстанавливается до металлического серебра:



Кетоны не дают реакции серебряного зеркала, так как окисляются значительно труднее. Они могут окисляться более сильными окислителями, например, перманганатом калия. При этом молекула кетона расщепляется и образуются две молекулы кислоты.

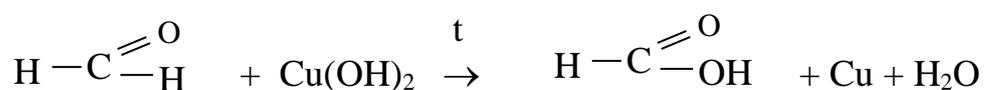
Описание опыта. К полученному в предыдущем опыте раствору альдегида приливают несколько капель аммиачного раствора оксида серебра. Пробирку слегка обогревают. Если стекло пробирки достаточно чисто, восстановление серебра осаждается на стенках в виде зеркала. Если

же стекло загрязнено, образуется черный осадок металлического серебра. Напишите уравнение реакции.

### **Опыт 3. Действие гидроксида меди на альдегид.**

Описание опыта. К 1 мл уксусного альдегида, полученного в предыдущем опыте, прилить примерно столько же раствора едкого натра, а затем по каплям раствора медного купороса до появления мути.

Осторожно нагревать верхнюю часть содержимого пробирки. Наблюдается появление сначала желтого осадка  $\text{CuOH}$ , затем красного осадка- закиси меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Муравьиный альдегид в отличие от остальных альдегидов восстанавливает оксид меди до металлической меди, образуя медное зеркало. Уравнение реакции:



### **Контрольные вопросы и упражнения:**

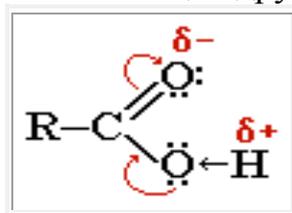
- Какая группа характеризует альдегиды и кетоны и как она называется?
- Какого цвета становится медная проволока после прокаливании? Напишите уравнение реакции.
- Какое комплексное соединение серебра образуется при взаимодействии нитрата серебра с избытком аммиака? Как называется этот реактив?
- Какой продукт получается при опускании прокалённой медной проволоки в спирт? Появляется ли запах? Напишите уравнение реакции.
- Какие реакции являются общими для альдегидов и кетонов?
- При помощи, каких реакции можно отличить альдегид от кетона?
- Напишите уравнение реакции серебряного зеркала..
- Напишите структурные формулы всех изомеров альдегида следующего состава  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$  и назовите их по рациональной и систематической номенклатуре.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

### Тема: «Карбоновые кислоты»

**Карбоновыми кислотами** называются производные углеводов, в молекуле которых содержится одна или несколько карбоксильных групп –COOH.

Карбоксильная группа сочетает в себе две функциональные группы - карбонил и гидроксил, взаимно влияющие друг на друга:



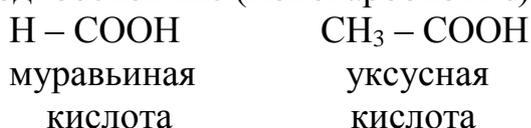
Карбоновые кислоты в водном растворе диссоциируют с отщеплением иона водорода от карбоксильной группы. Их классифицируют по двум структурным признакам:

**1. По типу углеводородного радикала**, связанного с карбоксильной группой, различают кислоты:

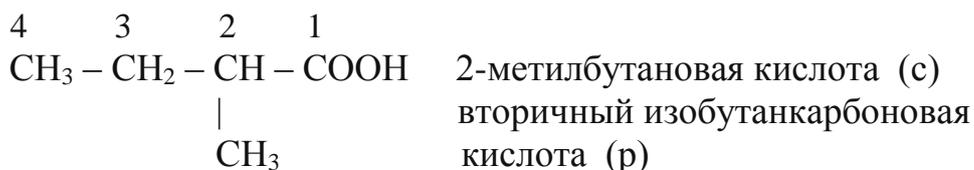
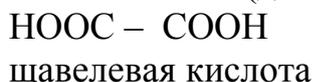
- предельные ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  - масляная);
- непредельные ( $\text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$  - акриловая);
- ароматические ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  - бензойная).

**2. По числу карбоксильных групп** в молекуле карбоновые кислоты делят на:

- одноосновные (монокарбоновые)



- многоосновные (дикарбоновые, трикарбоновые и т.д.).



**Цель работы:** Изучить некоторые физические и химические свойства одно- и многоосновных карбоновых кислот, научиться писать реакцию этерификации. Закрепить понятия о составе, структуре, свойствах, получения в лабораторных условиях и распознавания сложных эфиров на примере этилацетата, изоамилацетата.

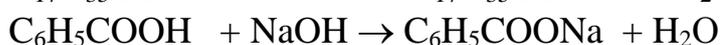
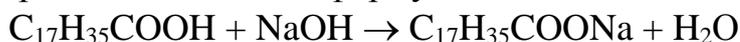
**Оборудование и реактивы:** Кислоты: уксусная, янтарная, стеариновая, щавелевая, бензойная, концентрированная серная кислота -  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , спирт этанол, изоамиловый спирт, набор пробирок в штативе, водяная баня.

## **Опыт 1. Растворимость различных карбоновых кислот в воде**

Растворимость одноосновных карбоновых кислот убывает с увеличением молекулярной массы. Простейшие представители: муравьиная, уксусная, пропионовая и масляная кислоты хорошо растворимы в воде. Высокомолекулярные кислоты, например, стеариновая и олеиновая, в воде практически нерастворимы.

Описание опыта. В ряд пробирок помещают: в одну - 5 мл уксусной кислоты, в другие - по несколько кристалликов стеариновой, щавелевой, янтарной и бензойной кислот.

Приливают в каждую пробирку 1-2 мл воды, взбалтывают и, если кислота нерастворима в холодной воде, нагревают пробирку. Отметить растворимость кислот. Отмечают, какие кислоты растворяются в воде при комнатной температуре, какие при нагревании и какие совсем нерастворимы. Охлаждают нагретые пробирки водой, наблюдая выделение осадка труднорастворимых кислот. В пробирки с труднорастворимыми кислотами прибавляют немного щёлочи и взбалтывают. Осадок растворяется. Напишите формулы взятых кислот. Уравнения реакций:

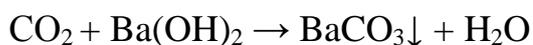
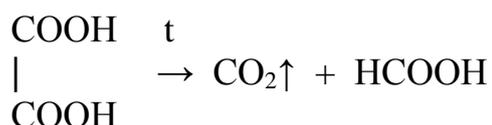


## **Опыт 2. Разложение щавелевой кислоты при нагревании**

Щавелевая кислота при нагревании легко теряет молекулу углекислого газа (реакция декарбоксилирования). Образующаяся при этом муравьиная кислота в свою очередь разлагается на воду и оксид углерода (II). Реакция декарбоксилирования легко протекает также у тех двухосновных кислот, у которых обе карбоксильные группы стоят у одного и того атома углерода, например, у малоновой кислоты  $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$ .

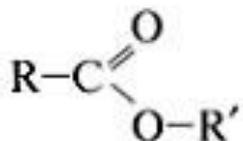
Описание опыта. В пробирку с газоотводной трубкой помещают 1÷2 г щавелевой кислоты. Конец газоотводной трубки опускают в пробирку с раствором известковой или баритовой воды. При нагревании пробирки с щавелевой кислотой происходит выделение углекислого и угарного газа.

Углекислый газ обнаруживается по помутнению известковой воды. Выделяющийся угарный газ можно зажечь у отверстия газоотводной трубки. Уравнение разложение щавелевой кислоты:

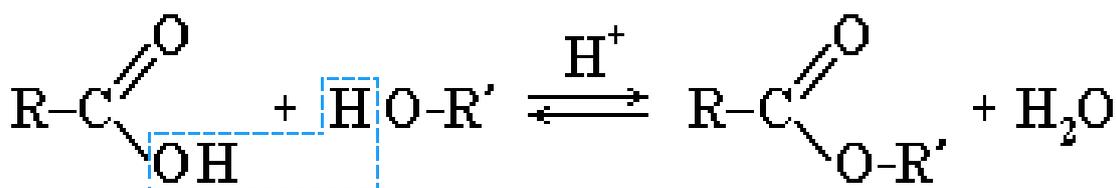


### Опыт 3. Получение сложных эфиров уксусной кислоты.

Сложные эфиры можно рассматривать как производные карбоновых кислот, у которых *атом водорода в карбоксильной группе замещён на углеводородный радикал*. Общая формула сложного эфира:



Одним из методов получения сложных эфиров является взаимодействие кислоты и спирта – *реакция этерификации* (ether с латинского означает "эфир"):



где R - радикал от кислоты, R' - радикал от спирта.

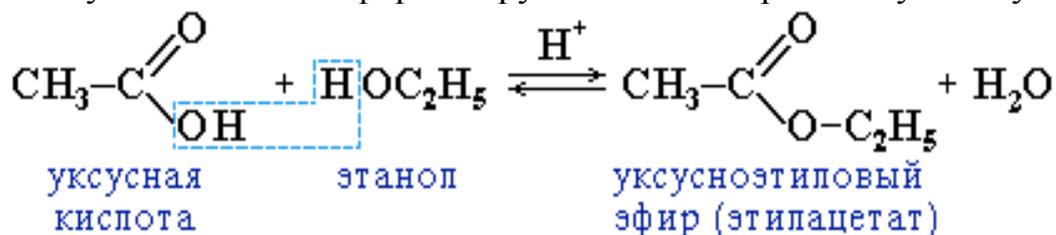
Реакция этерификации обратима, т.к. сложные эфиры гидролизуются с образованием исходных соединений. Обратная реакция разложения сложного эфира на кислоту и спирт называется *реакцией омыления*.

Для увеличения выхода сложного эфира прибавляют концентрированную серную кислоту, которая связывает образующиеся молекулы воды. Кроме того, серная кислота принимает участие в реакции этерификации, образуя промежуточное соединение алкилсерную кислоту R-O-SO<sub>3</sub>H.

### Описание опытов.

а) В пробирку наливают 2 мл уксусной кислоты, 2 мл этилового спирта, 1 мл концентрированной серной кислоты

Реакционную смесь в течение нескольких минут нагревают на водяной бане. Затем выливают жидкость из пробирки в стакан с холодной водой. Уксусно-этиловый эфир обнаруживается по приятному запаху.



б) В пробирку налить 2 мл изоамилового спирта, 2 мл уксусной кислоты и 1 мл концентрированной серной кислоты. Смесь нагревают в течение нескольких минут на водяной бане, затем добавляют в пробирку несколько миллилитров воды (рис.1). При этом выделяется слой изоамилового эфира уксусной кислоты с характерным запахом грушевой эссенции.

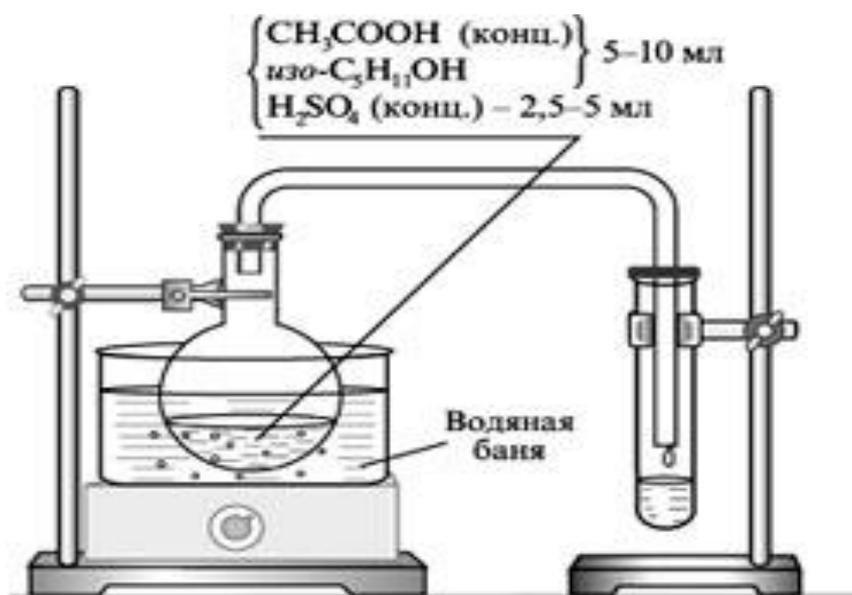
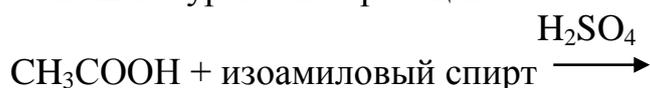


Рис. 1 Получение этилового эфира уксусной кислоты

Напишите уравнение реакции:



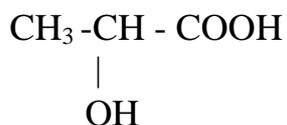
## Контрольные вопросы и упражнения:

- Какие органические вещества относятся к классу карбоновых кислот?
- Напишите уравнение диссоциации муравьиной и уксусной кислот.
- Напишите структурные формулы пентановой кислоты и её изомеров и назовите их по систематической и рациональной номенклатуре.
- Напишите уравнение реакции получения сложного эфира изобутилацетата.
- Какие условия способствуют смещению равновесия и увеличению скорости прямой реакции (реакции этерификации)?
- Какие карбоновые кислоты растворимы в воде при обычной температуре?
- Напишите уравнение разложения щавелевой кислоты.
- В качестве чего используется концентрированная серная кислота  $H_2SO_4$  в реакции получения сложных эфиров?
- Какой объём водорода выделится при н.у. при действии на уксусную кислоту магнием массой 8 г?

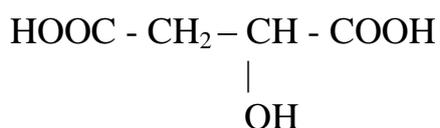
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

### Тема: «Оксикислоты»

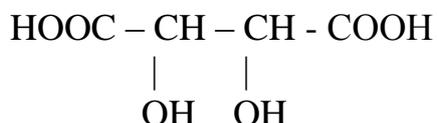
Оксикислотами называют *органические карбоновые кислоты, содержащие, кроме карбоксильных групп, одну или несколько гидроксигрупп*. Число карбоксильных групп определяет **основность** кислоты (одно, двух и т.д.). По числу гидроксигрупп, включая и входящие в состав оксикислот карбоксильные группы, определяют **атомность** оксикислот. Например:



одноосновная, двухатомная кислота  
молочная кислота (т)  
2-оксипропановая кислота (с)  
 $\alpha$ - оксипропионовая кислота (р)



двухосновная, трёхатомная кислота,  
2-оксипутандиовая кислота (с)



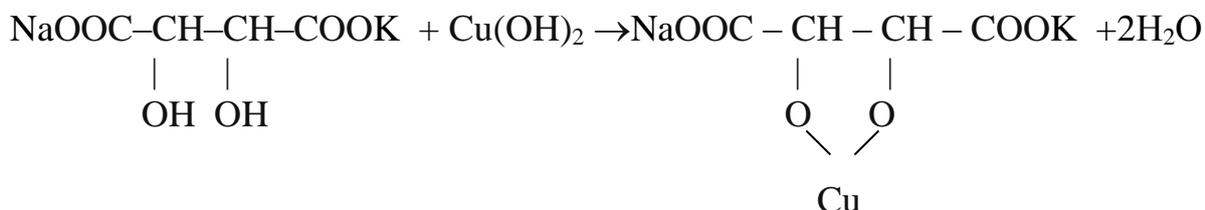
винная кислота, двухосновная,  
четырёхатомная

**Цель работы:** Изучить химические свойства винной, салициловой кислот, научиться писать реакцию гидролиза аспирина.

**Оборудование и реактивы:** 5%-ный раствора медного купороса, 5% ный раствор гидроксида натрия NaOH, натрий-калиевая соль винной кислоты, салициловая кислота, аспирин, раствор соды Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, баритовая вода Ba(OH)<sub>2</sub>, штатив с пробирками, газоотводная трубка, спиртовка

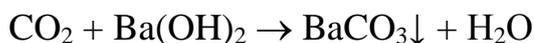
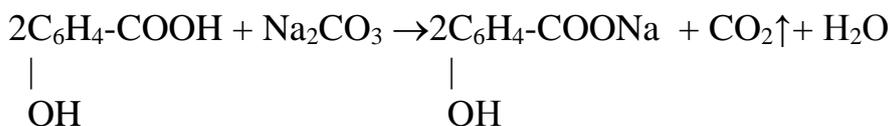
### Опыт 1. Реакция солей винной кислоты с гидроксидом меди.

Описание опыта. В пробирку налить 5 мл 5%-ного раствора медного купороса и прибавить 10 мл 5%-ного раствора едкого натра. К образовавшемуся студнеобразному осадку гидроксида меди прибавляют постепенно 5%-ный раствор виннокислого калия натрия. Наблюдается растворение осадка, появление темно синего окрашивания. При этом происходит взаимодействие спиртовых групп винной кислоты с гидроксидом меди (II). Уравнения реакции:



### Опыт 2. Определение карбоксильной группы.

В пробирку внести несколько кристалликов салициловой кислоты и 5 мл раствора соды. В этом случае сода взаимодействует с карбоксильной группой салициловой кислоты с выделением углекислого газа. Выделяющийся газ через газоотводную трубку пропустить в баритовую воду. Уравнения реакций:





### Контрольные вопросы:

- Определите атомность и основность винной кислоты, яблочной кислоты
- Растворяется ли салициловая кислота в воде?
- Напишите уравнения реакции гидролиза аспирина.
- Напишите уравнение реакции определения карбоксильной группы в салициловой кислоте.
- Как определить наличие фенольного гидроксила в салициловой кислоте? Напишите уравнение реакции.
- Напишите уравнение реакции разложения салициловой кислоты.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

### Тема: «Углеводы» (Сахара)

#### Моносахариды

К углеводам относятся соединения, в состав молекул которых входят карбонильная и спиртовые группы. Спиртовых групп в молекуле углеводов бывает несколько. Углеводы имеют сходное строение и свойства, состав большинства которых отражает формула  $C_n(H_2O)_m$ , где  $n$  и  $m > 3$ . Это полиспирты, содержащие в своём составе альдегидную

$-C \begin{array}{l} \parallel \\ O \\ - \\ H \end{array}$  или кетонную  $>C=O$  группировку.

Углеводы (или сахара) – распространённые природные соединения. Углеводы входят в состав клеток и тканей всех растительных и животных организмов. В табл.2 показана классификация углеводов

Таблица 2

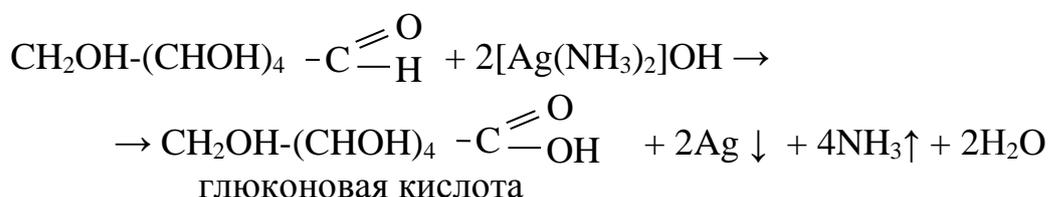
У Г Л Е В О Д Ы			
Простые (негидролизующиеся)		Сложные (гидролизующиеся)	
Моносахариды или монозы		Олигосахариды (сахароподобные)	Полисахариды (несахароподобные)
альдозы	кетозы		
$C_6H_{12}O_6$ глюкоза	$C_6H_{12}O_6$ фруктоза	$C_{12}H_{22}O_{11}$ сахароза (дисахарид)  $C_{12}H_{22}O_{11}$ лактоза  молочный сахар	$(C_6H_{10}O_5)_n$ крахмал клетчатка (целлюлоза)  гликоген
$C_5H_{19}O_5$ рибоза			
$C_5H_{10}O_4$ дезоксирибоза			

**Цель работы:** Изучить реакцию «серебряного зеркала». Провести реакцию на определение гидроксогрупп в глюкозе. Доказать строение альдоз и кетоз путём проведения качественных реакций.

**Оборудование и реактивы:** 5%-ные раствор глюкозы, фруктозы, лактозы и сахарозы аммиачного раствора оксида серебра (I)  $[Ag(NH_3)_2]OH$  растворы хлорида кальция  $CaCl_2$ , гидроксида натрия  $NaOH$ , гидроксида кальция  $Ca(OH)_2$

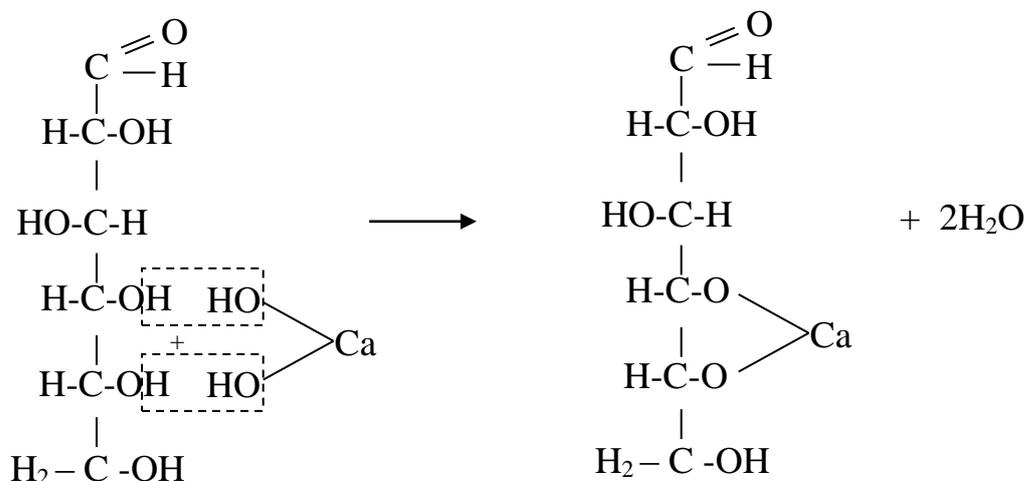
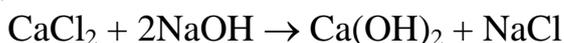
### Опыт 1. Действие аммиачного раствора оксида серебра на глюкозу и фруктозу

Описание опыта. Эта реакция на определение альдегидной группы. К 1-2 мл раствора глюкозы приливают немного аммиачного раствора оксида серебра и нагревают на кипящей водяной бане. На стенках пробирки осаждается серебро в виде зеркала, что указывает на наличие в глюкозе альдегидной группы. Фруктоза эту реакцию не даёт. Уравнение реакции:



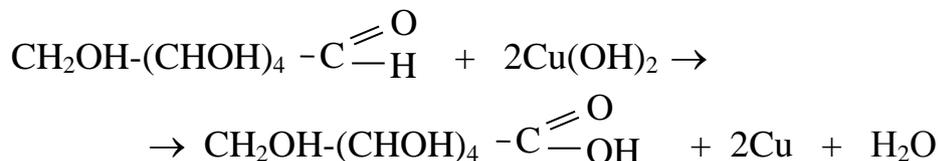
## Опыт 2. Получение глюконата кальция.

Описание опыта. Эта реакция на определение гидроксогрупп в глюкозе. К 1 мл 10%-ного раствора хлорида кальция прилить немного раствора едкого натра. К полученному осадку гидроксида кальция прибавить по каплям 50%-ного раствора глюкозы до растворения осадка, что указывает на наличие в глюкозе гидроксильных групп. Уравнения реакций:



## Опыт 3. Действие гидроксида меди на глюкозу.

В пробирку налить 5 мл раствора щелочи. Потом к этому раствору добавить несколько капель раствора глюкозы. Пробирку с жидкостью слегка подогреть. Происходит образование сначала желтого осадка  $\text{Cu(OH)}_2$ , а затем красного осадка  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Уравнения реакций:



### Контрольные вопросы:

- Какие органические вещества относятся к классу углеводов? На какие группы они делятся?
- Что представляет собой аммиачный раствор оксида серебра(I)? Что наблюдается на стенках пробирки по окончании реакции? Напишите уравнение реакции реагента и его взаимодействия с глюкозой.

- Что наблюдается при взаимодействии гидроксида меди с глюкозой? Напишите соответствующее уравнение реакции.
- С помощью какой реакции можно доказать, что в молекуле глюкозы имеются пять гидроксогрупп. Напишите уравнение этой реакции.
- Какие углеводы не дают реакция «серебряного зеркала»?
- Какие функциональные группы имеются у глюкозы?
- В чём состоит различное строение молекул глюкозы и фруктозы?
- Какие виды брожения глюкозы Вы знаете? Напишите уравнения реакций.
- Какой продукт получается при восстановлении глюкозы, и какой объём водорода будет израсходован на восстановление глюкозы массой 36 г?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13**

### **Тема: «Дисахариды и полисахариды»**

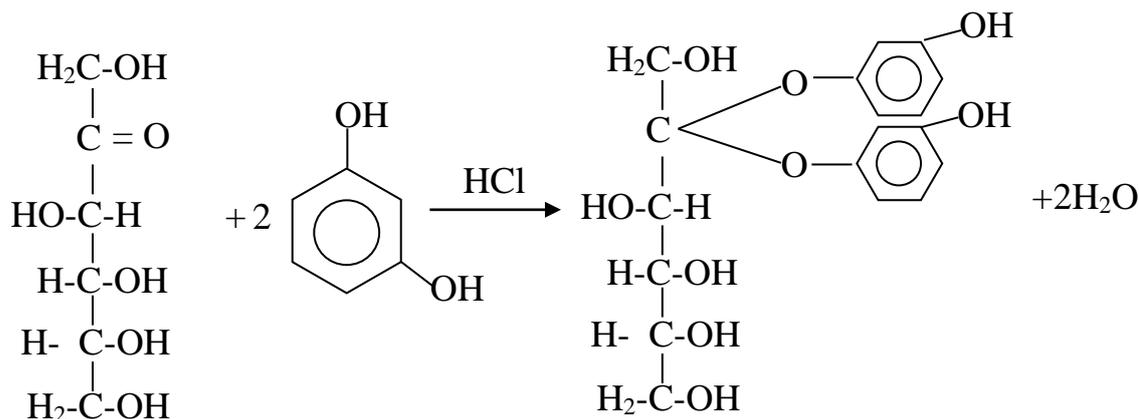
**Цель работы:** Изучить качественную реакцию на кетозы. Проверить экспериментально действие йода на крахмал, растворимость клетчатки в реактиве Швейцера.

**Оборудование и реактивы:** Штатив с пробирками, водяная баня, фильтровальная бумага, 5%-ный раствор глюкозы, фруктозы, свекловичного и молочного сахара, свежеприготовленный реактив Селиванова, (концентрированная соляная кислота, резорцин), растворы медного купороса, гидроксида натрия, крахмал, раствор йода,

#### **Опыт 1. Реакция Селиванова на кетозы.**

Описание опыта. Опыт проводят одновременно с растворами глюкозы, фруктозы, свекловичным и молочным сахаром. К 1 мл каждого из исследуемых растворов добавить свежеприготовленный реактив Селиванова (0,05 г резорцина растворено в 50 мл концентрированной соляной кислоты HCl и 50 мл воды), после чего погрузить пробирки на 2 минуты в кипящую водяную баню. В пробирках с растворами фруктозы и свекловичного сахара появляется ярко красное окрашивание.

Напишите структурные формулы взятых веществ. Уравнение реакции:



### Контрольные вопросы:

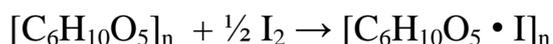
- Что является качественной реакцией на кетозы?
- Что представляет собой реактив Селиванова?
- Напишите уравнение реакции реактива Селиванова с фруктозой?
- Сколько молей составляют 1980 г фруктозы?

### Опыт 2. Действие йода на крахмал

Описание опыта. 1 г сухого крахмала растворить в 5 мл воды, суспензию крахмала вылить в колбу с 60 мл воды, нагретой до кипения. Образуется почти прозрачный коллоидный раствор - крахмальный клейстер.

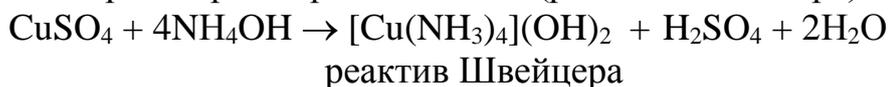
Отлить в пробирку около 5 мл раствора крахмала и по охлаждению добавить одну каплю раствора йода. Происходит тёмно-синее окрашивание. При нагревании жидкости окраска исчезает, но при охлаждении снова появляется. Реакция крахмала с йодом представляет собой сложный процесс.

Появление окраски объясняется образованием комплексных соединений йода с крахмалом, в результате которого происходит процесс адсорбции йода. Уравнение реакции:



### Опыт 3. Растворение клетчатки в реактиве Швейцера.

Целлюлоза или клетчатка не растворяется в воде. Её можно растворить в некоторых специальных растворителях, например, в аммиачном растворе гидроксида меди (реактив Швейцера).





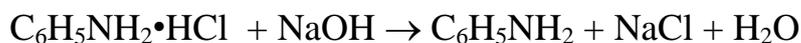
### Контрольные вопросы:

- В чём сходство и различие в строении крахмала и целлюлозы?
- Напишите уравнение реакции, характерной на кетозы.
- Какие функциональные группы входят в состав углеводов?
- Дают ли кетоны реакцию «серебряного зеркала»?
- Что наблюдается при добавлении йода к крахмалу?
- Приведите строение крахмала и целлюлозы.
- Что представляет собой реактив Швейцера и для чего он предназначен?
- Напишите уравнения реакций получения тринитрата целлюлозы (пироксилина), динитрата (коллоксилина), мононитрата, диацетата целлюлозы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

### Синтез анилина

Анилин получают восстановлением нитробензола железом в присутствии соляной кислоты.



*Опыт проводят в вытяжном шкафу.*

В колбу, оснащённой воздушным охладителем, приливают 18,5 г нитробензола, добавляют 30 г железных стружек, и маленькими порциями (1-2 мл) добавляют соляной кислоты. Колба сильно нагревается, и жидкость начинает кипеть. Если реакция протекает очень бурно, колбу охлаждают холодной водой. Затем колбу с реакционной смесью в течение одного часа нагревают на водяной бане. Исчезновение запаха нитробензола означает окончание реакции.

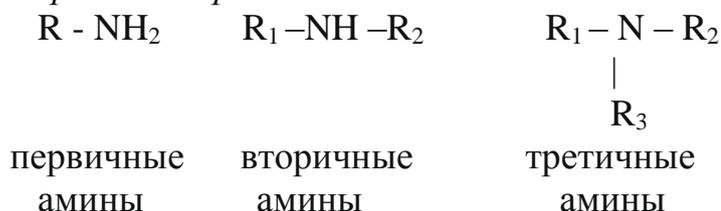
К полученной соли гидрохлориданилина добавляют 90 мл водного раствора щёлочи (45 г гидроксида натрия NaOH). Затем полученный раствор перегоняют водяным паром. Со временем из эмульсии отделяется слой анилина. Перегонку проводят до появления прозрачного дистиллята.

Анилин растворяется в воде в малом количестве (3,5%) и для выделения анилина раствор насыщают поваренной солью NaCl. В таком растворе анилин не растворяется (расход поваренной соли на 100 мл раствора 20-25 г). Затем полученный анилин подвергают экстракции эфиром (один раз 60 мл, второй и третий раз 30 мл эфиром). Полученный эфировый раствор анилина сушат гидроксидом калия и перегоняют на водяной бане. Затем анилин перегоняют при 184°C. Температура кипения анилина 184,4°C, плотность 1,022 г/мл.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

### Тема: «Аминосоединения»

Аминами - называются производные аммиака ( $NH_3$ ), в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами:



Группа  $NH_2$  называется аминогруппой.

Амины классифицируют по двум структурным признакам.

1. По количеству радикалов, связанных с атомом азота, различают первичные, вторичные и третичные амины.

2. По характеру углеводородного радикала амины подразделяются на алифатические (жирные), ароматические и смешанные (или жирноароматические).

Амины	Первичные	Вторичные	Третичные
Алифатические (жирные)	$CH_3NH_2$ метиламин	$(CH_3)_2NH$ диметиламин	$(CH_3)_3N$ триметиламин
Ароматические	$C_6H_5NH_2$ фениламин (анилин)	$(C_6H_5)_2NH$ дифениламин	$(C_6H_5)_3N$ трифениламин
Смешанные	-	$C_6H_5-NH-CH_3$ метилфениламин	$C_6H_5-N(CH_3)_2$ диметилфениламин

**Цель работы:** Закрепить понятие об аминах как производных аммиака, повторить особенности их состава, структуры. Изучить некоторые физические и химические свойства алифатических и ароматических аминов. Отметить их характерные свойства. Получить diaзосоединение.

**Оборудование и реактивы:** Штатив с пробирками, чашка со льдом, анилин  $C_6H_5NH_2$ , 10%-ный раствор соляной кислоты  $HCl$ , концентрированная серная кислота, бромная вода  $Br_2$ , нитрит натрия  $NaNO_2$ , диметиланилин, нитробензол – 18,5 г, железные стружки – 30 г, гидроксид натрия  $NaOH$ , гидроксид калия  $KOH$ , диэтиловый эфир  $C_2H_5-O-C_2H_5$

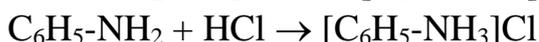
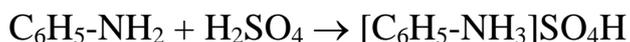
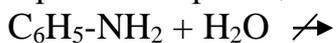
## Опыт 1. Получение солей анилина.

Все амины вступают в реакцию соединения с кислотами, образуя соли типа солей аммония:



Описание опыта. В пробирке смешивают 1 каплю анилина с 1 мл воды. Смесь взбалтывают. Красной лакмусовой бумажкой и раствором фенолфталеина проверяют реакцию среды в полученной эмульсии. Растворения не происходит. Полученную эмульсию разделяют на две части. К первой части эмульсии добавляют по каплям 0,5 мл раствора серной кислоты. Образуется осадок трудно растворимой кислой сернокислой соли анилина. К другой части эмульсии приливают по каплям концентрированную соляную кислоту до образования прозрачного раствора. После чего к полученному раствору приливают по каплям концентрированный раствор гидроксида натрия NaOH.

Уравнения реакций:



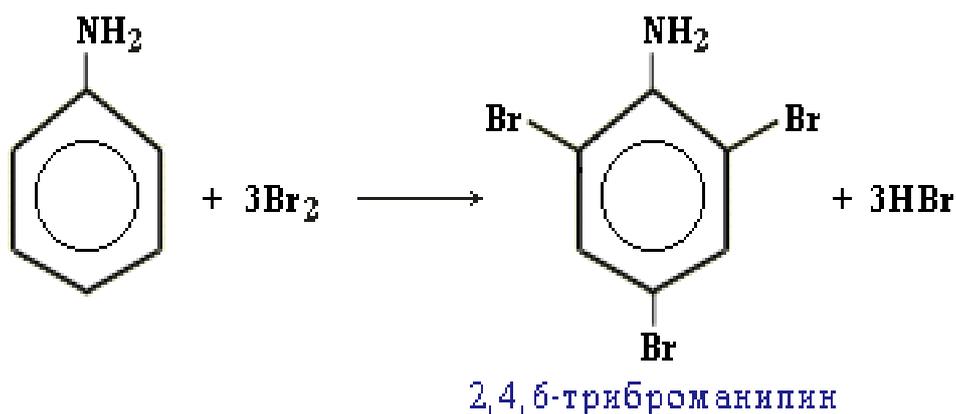
### Контрольные вопросы:

- Каким свойством обладает анилин? Объясните различное отношение к индикаторам растворов метиламина и анилина.
- Что наблюдаете при добавлении серной и соляной кислот? Напишите уравнения реакций и назовите продукты. К какому типу относится данная реакция?
- Возможна ли реакция со слабыми кислотами? Почему?
- Что наблюдаете при прибавлении к соли раствора щелочи? Напишите реакцию разложения соли анилина.

## Опыт 2. Получение триброманилина.

Наличие аминогруппы в бензольном ядре резко повышает подвижность атомов водорода в орто- и пара-положении. Поэтому анилин, так же как и фенол, легко бромруется при комнатной температуре даже в разбавленных водных растворах.

Описание опыта. В пробирку налить 5 мл водного раствора анилина и прибавить по каплям бромную воду. Наблюдается обесцвечивание брома и выделение осадка труднорастворимого триброманилина. Уравнение реакции получения триброманилина:



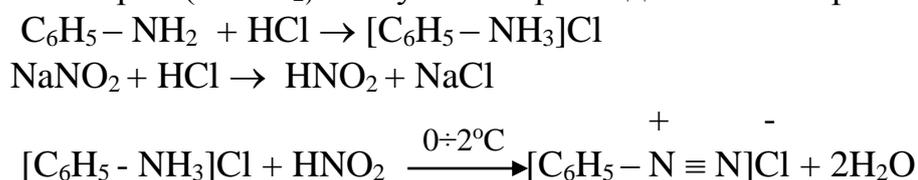
#### Опыт 4. Диазотирование анилина.

Соли первичных ароматических аминов при действии на них азотистой кислоты образуют диазосоединения. Эта реакция носит название **реакции диазотирования**.

Ароматические диазосоединения могут быть двух типов: истинные диазосоединения строения  $\text{Ar-N=N-X}$  и соли диазония общей формулы  $[\text{Ar-N}\equiv\text{N}]\text{X}^-$ . В солях диазония один атом азота трёхвалентный, а другой заряжен положительно и связан четырьмя ковалентными связями с атомом азота и ароматическим радикалом. Построенный таким образом ион диазония образует соль с анионом кислоты. Строение солей диазония имеют сходство их с солями аммония. Это сходство проявляется и в их свойствах. Соли диазония легко растворимы в воде. Их растворы нейтральны на лакмус.

Соли диазония имеют большое значение в органической химии, так как являются весьма реакционноспособными соединениями, с помощью которых можно получать многочисленные органические вещества.

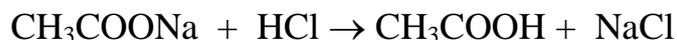
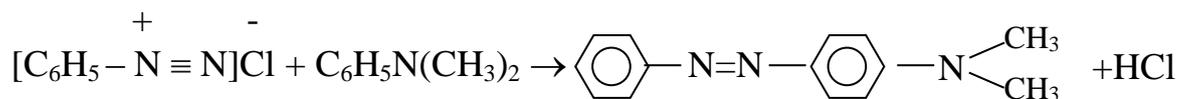
Описание опыта. В пробирку наливают 1 мл анилина, 0,5 мл концентрированной соляной кислоты и кусочек льда. Пробирку с раствором помещают в воду со льдом. В полученный раствор при встряхивании по каплям добавляют 0,5 мл охлаждённого раствора нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ). Получается фенилдиазоний. Уравнения реакций:



#### Опыт 4. Получение анилина жёлтого.

Описание опыта. В пробирку налить 5 мл диметиланилина и добавить 5 мл воды. После того, как диметиланилин растворится в воде, добавить 10%-ный раствор соляной кислоты. Раствор охладить и добавить раствор из предыдущего опыта - фенилдиазоний. Затем к полученному раствору добавлять по каплям ацетат натрия до получения жёлтого

осадка. Ацетат натрия добавляют для нейтрализации соляной кислоты.  
Уравнения реакций:



### Контрольные вопросы и упражнения:

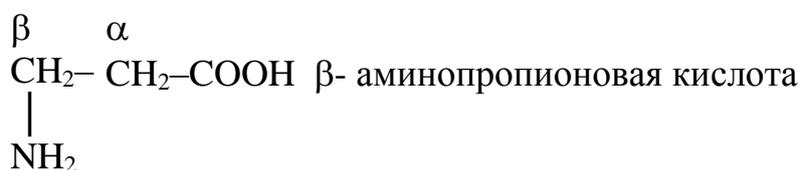
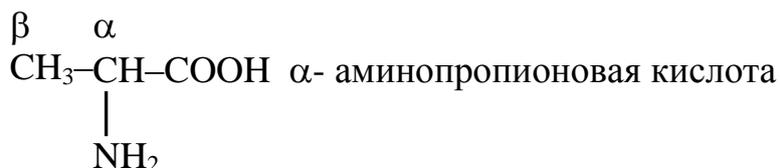
- Какие соединения называются аминами? Какова их классификация?  
Почему амины обладают основными свойствами?
- Напишите уравнения реакций взаимодействия анилина, метиламина, аммиака с хлороводородом. Каковы их общие свойства?
- Какую реакцию можно считать качественной на анилин?
- Составьте структурные формулы всех аминов состава  $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$  (без учёта аминов циклического строения) и назовите их. Сколько среди них вторичных и третичных аминов?
- Уравнением реакции (в структурной форме) объяснить обесцвечивание бромной воды и выпадение осадка белого цвета. Назвать вещество, образующее осадок
- Напишите реакцию взаимодействия метиламина с водой. Какова среда полученного раствора?
- Что наблюдаете при добавлении соляной и серной кислот к анилину? Напишите уравнения реакций и назовите полученные продукты.
- Напишите уравнение реакции diazotирования и назовите полученный продукт.
- Почему азосоединения окрашены? Какие функциональные группы могут служить в качестве ауксохрома и хромофора?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

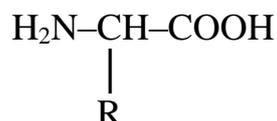
### Тема: «Белки»

**Аминокислотами** называются азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы и карбоксильные группы.

В зависимости от взаимного расположения карбоксильной и аминогрупп различают  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и т.д. аминокислоты. Например,

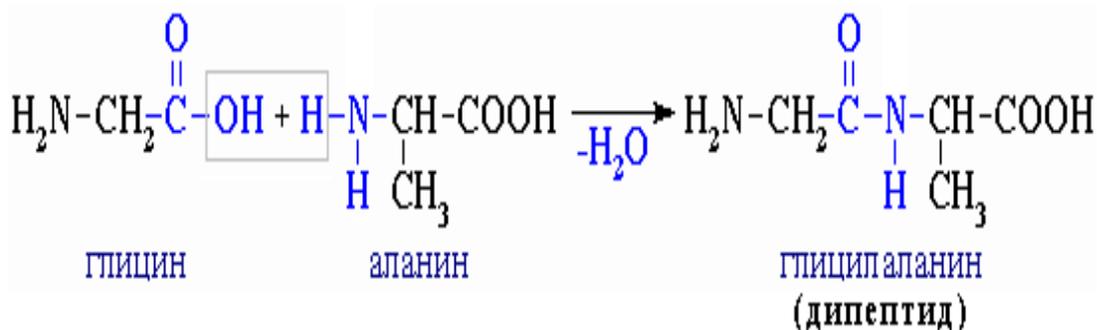


Чаще всего термин "аминокислота" применяют для обозначения карбоновых кислот, аминогруппа которых находится в  $\alpha$ -положении, т.е. для  $\alpha$ -аминокислот. Общую формулу  $\alpha$ -аминокислот можно представить следующим образом:



В зависимости от природы радикала (R) – аминокислоты делятся на алифатические, ароматические и гетероциклические.

$\alpha$ -аминокислоты вступают друг с другом в реакцию поликонденсации, приводя к амидам кислот. Продукты такой конденсации называются пептидами. При взаимодействии двух аминокислот образуется дипептид:



Образующаяся группировка **-CO-NH-** называется **пептидной связью**.

При взаимодействии дипептида с новой молекулой аминокислоты получается трипептид и т.д.

#### Примеры простейших аминокислот

Представитель	Название		
	систематическая номенклатура	рациональная номенклатура	тривиальная номенклатура
$\begin{array}{c} \alpha \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-аминоэтановая кислота	$\alpha$ -аминоуксусная кислота, гликокол	глицин (гликокол)
$\begin{array}{c} \alpha \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-аминопропановая кислота	$\alpha$ -аминопропионовая кислота	$\alpha$ -аланин
$\begin{array}{c} \beta \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3-аминопропановая кислота	$\beta$ -аминопропионовая кислота	$\beta$ -аланин
$\begin{array}{c} \alpha \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-аминобутановая кислота	$\alpha$ -аминомасляная кислота	

**Белки** – это азотсодержащие высокомолекулярные органические вещества со сложным составом и строением молекул. Представляют собой природные полимеры (сложные полипептиды), молекулы которых построены из остатков аминокислот, соединённых между собою амидной (пептидной) связью.

Это природные полипептиды с высокими значениями молекулярной массы (от 5-10 тыс. до 1 млн. и более). Они входят в состав клеток и тканей всех живых организмов и являются основной составной частью нашей пищи.

В состав белков входит углерод, водород, кислород и азот. В значительно меньшем количестве в их состав могут входить также сера, фосфор и другие элементы. Белки представляют собой весьма нестойкие соединения, что затрудняет изучение их физических и химических свойств. Конечными продуктами распада белков являются  $\alpha$ -аминокислоты. Молекулярная масса их очень велика.

С белками связаны все жизненные процессы. Они служат питательными веществами, регулируют обмен веществ, исполняя роль ферментов – катализаторов обмена веществ, способствуют переносу кислорода по всему организму и его поглощению, играют важную роль в функционировании нервной системы, являются механической основой мышечного сокращения, участвуют в передаче генетической информации и т.д.

**Цель работы:** Повторить и закрепить на основе эксперимента понятия о составе и структуре белковых молекул, приготовить водный раствор яичного альбумина, изучить цветные качественные реакции на белки

**Оборудование и реактивы:** Гидроксид натрия NaOH, раствор медного купороса CuSO<sub>4</sub>, яичный белок (свежий), концентрированная серная кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, концентрированная азотная кислота HNO<sub>3</sub>, соляная кислота, раствор аммиака, лакмус, штатив с пробирками

### **Опыт 1. Свёртывание белка при нагревании.**

Свёртывание белков, т.е. денатурация – процесс утраты белком природной (нативной) конформации, сопровождающаяся обычно потерей его биологической функции. При денатурации под влиянием внешних факторов (температуры, механического воздействия, действия химических реагентов и ряда других факторов) происходит разрушение вторичной, третичной и четвертичной структур белковой макромолекулы. Первичная структура, а, следовательно, и химический состав белка не меняются. Изменяются физические свойства: снижается растворимость, способность к гидратации, теряется биологическая активность. Меняется форма белковой макромолекулы, происходит укрупнение.

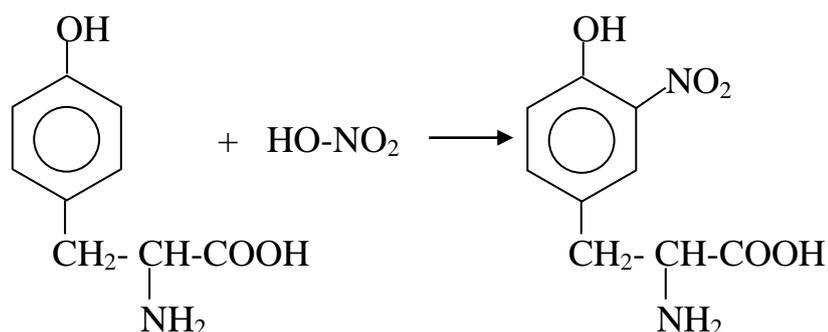
Для работы служит белок куриного яйца, растворённый в воде (белок одного яйца на 150 мл воды).

Описание опыта. Небольшое количество раствора белка нагреть на горелке до кипения. Наблюдается помутнение жидкости. Полученный осадок не растворяется ни при охлаждении, ни при разбавлении водой, т.е. реакция является необратимой.

### **Опыт 2. Ксантопротеиновая реакция**

Ксантопротеиновая реакция указывает на наличие в белках остатков ароматических аминокислот (фенилаланин, тирозин, триптофан). При действии концентрированной азотной кислоты происходит реакция нитрования ароматических ядер с образованием окрашенных в жёлтый цвет нитросоединений. При действии аммиака нитросоединения изомеризуются с образованием интенсивно окрашенных солеобразных продуктов.

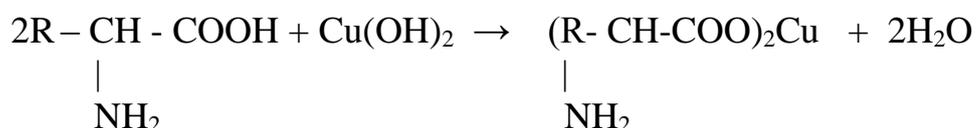
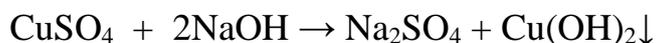
Описание опыта. К 1 мл раствора белка добавить 5–6 капель концентрированной  $\text{HNO}_3$  до появления белого осадка (или мути от свернувшегося под влиянием кислоты белка). При нагревании раствор и осадок окрасятся в ярко-желтый цвет (осадок почти полностью гидролизуется и растворится). Смесь охладить, добавить (осторожно, не взбалтывая) по каплям избыток концентрированного водного аммиака (или едкой щелочи) до щелочной реакции. Выпадающий сначала осадок кислотного альбумината растворится, жидкость окрасится в ярко-оранжевый цвет.



### Опыт 3. Биуретовая реакция

Биуретовая реакция указывает на наличие в белке повторяющихся пептидных группировок  $-\text{CO}-\text{NH}-$ . Это подтверждается тем, что белки дают фиолетовое окрашивание при действии небольшого количества раствора медного купороса в присутствии щёлочи. Окраска объясняется образованием комплексных соединений меди.

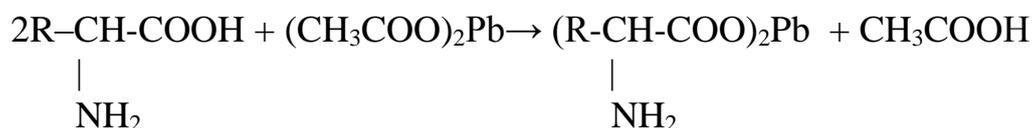
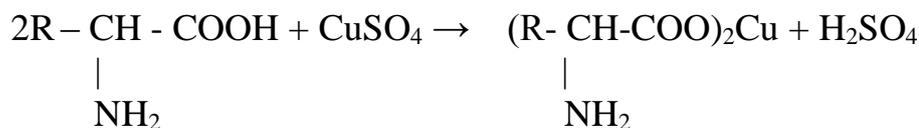
Описание опыта. В пробирку помещают 1 мл раствора яичного белка, 1 мл раствора гидроксида натрия и 1–2 капли раствора сульфата меди (II). Жидкость окрасится в красно-фиолетовый цвет (при малом содержании белка к его раствору в щёлочи осторожно прибавить 0,5–1 мл раствора  $\text{CuSO}_4$ , окраска появится на границе слоёв). Уравнение реакции:



### Опыт 4. Осаждение белка солями тяжёлых металлов

Описание опыта. Берут две пробирки и помещают в них по 1 мл раствора яичного белка и медленно, при встряхивании, по каплям, добавить в одну пробирку насыщенный раствор сульфата меди (II), в другую – 20%-ный раствор ацетата свинца. Образуются осадки трудно растворимых солеобразных соединений белка. Опыт иллюстрирует

применение белка как противоядие при отравлении солями тяжёлых металлов. Уравнения реакций:



#### **Опыт 4. Открытие серы в белках**

Описание опыта. В пробирку наливают около 0,5 мл раствора ацетата свинца и прибавляют раствор гидроксида калия до растворения образовавшегося осадка гидроксида свинца. В другую пробирку наливают около 2-3 мл раствора белка и приливают такой же объём полученного раствора плюмбита. Нагревают смесь до кипения в течение 2-3 минут. Появление тёмного окрашивания указывает на образование сульфата свинца. Напишите уравнения реакций.

#### **Контрольные вопросы и упражнения:**

- Какие изменения происходят в структуре белка при нагревании? Меняется ли его первичная структура?
- Какие качественные реакции на белки Вы изучили? Какие структурные фрагменты белков они позволяют обнаружить
- Что происходит с белком при нагревании? Как называется этот процесс?
- Наличие каких функциональных групп, обуславливает взаимодействие белка с солями тяжёлых металлов?
- Напишите уравнение биуретовой реакции. На наличие какой группировки в белке указывает данная реакция?
- На наличие чего в белковых молекулах указывает ксантопротеиновая реакция. Напишите её уравнение.
- Аминокислота  $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$  имеет пять структурных изомеров. Написать их структурные (сокращенные) формулы и назвать по рациональной и международной номенклатуре.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарибян И.И. Учебно–методический комплекс по курсу «Органическая химия». Т., 2010, 309 С.
2. Жиряков В.Г. Органическая химия. - Л.: Химия. 1978
3. Петров А.А., Бальян Х.Т., Трощенко А.Т. Органическая химия.- М.: Высш.школа, 2005
4. [http: // www. chem. net. ru](http://www.chem.net.ru)

## К Л Ю Ч Е В Ы Е С Л О В А

Химическая реакция, углеводороды, галоиды, бензол, нитробензол, нитрование, фенол, резорцин, гидрохинон, пирогаллол, этерификация, изоамиловый спирт, этиловый спирт, глицерин, алкоголят натрия, сложные эфиры, оксикислоты, аспирин, салициловая кислота, аспирин, аминокислоты, целлюлоза, белки, биуретовая реакция, ксантопротеиновая реакция.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Аннотация.....	2
2. Введение.....	3
3. Правила работы в лаборатории органической химии и предупредительные меры против несчастных случаев.....	4
4. Вопросы для коллоквиума по технике безопасности.....	6
5. Лабораторная работа 1. Элементный анализ органических соединений.....	7
6. Углеводороды.....	11
7. Лабораторная работа №2. Предельные углеводороды.....	13
8. Лабораторная работа №3. Непредельные углеводороды (алкены).....	16
9. Лабораторная работа №4. Непредельные углеводороды (алкины) .....	19
10. Галоидопроизводные алифатических углеводородов.....	23
11. Лабораторная работа 5. Синтез этилбромиды.....	24
12. Лабораторная работа 6. Ароматические углеводороды .....	25
13. Кислородосодержащие органические соединения.....	30
14. Лабораторная работа 7. Спирты. ....	30
15. Лабораторная работа 8. Фенолы.....	35
16. Лабораторная работа 9. Альдегиды и кетоны.....	39
17. Лабораторная работа 10. Карбоновые кислоты.....	42
18. Лабораторная работа 11. Оксикислоты.....	47
19. Лабораторная работа 12. Углеводы (моносахариды).....	49
20. Лабораторная работа 13. Дисахариды и полисахариды.....	52
21. Лабораторная работа 14. Синтез анилина.....	55
22. Лабораторная работа 15. Аминосоединения.....	56
23. Лабораторная работа 16. Белки.....	59
24. Литература.....	65
25. Ключевые слова .....	65

