

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**для студентов биологического факультета  
заочного обучения по специальности  
1-33 01 01 «Биоэкология»**

УДК 547(076)  
ББК 24.2я73  
Р13

Автор-составитель: преподаватель кафедры химии УО «ВГУ им. П.М. Машерова» **Е.А. Отвалко**

Рецензент:  
доцент кафедры химии УО «ВГУ», кандидат химических наук *С.Г. Степин*

**Р13**

Лабораторные работы, приведенные в тетради, облегчают студентам изучение курса органической химии, дают возможность рассмотрения классов органических соединений в порядке усложнения структуры, формируют представления о связи реакционной способности органических молекул с их строением.

Рабочая тетрадь по органической химии составлена для студентов биологического факультета заочного обучения специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» и охватывает основные разделы типовой программы курса.

Опыты, приведенные в данном учебном издании, взяты из тетради лабораторных занятий по органической химии С.Г. Степина.

УДК 547(076)  
ББК 24.2я73

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ .....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Углеводороды .....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Спирты .....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Карбонильные соединения ....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Карбоновые кислоты и их производные .....	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Углеводы .....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Ароматические соединения. Решение экспериментальных задач на распознавание органиче- ских веществ .....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Номенклатура и изомерия органических со- единений .....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ II. Качественные реакции на органические ве- щества .....	50
ЛИТЕРАТУРА .....	51

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Работа в лаборатории органической химии сопряжена с большой опасностью, чем в других лабораториях. Это связано с токсичностью, огнеопасностью и взрывоопасностью многих органических соединений.

*Токсичность.* Органические вещества могут оказывать токсическое действие при попадании в организм через органы пищеварения, повреждённую или не повреждённую кожу и при вдыхании их паров. Избежать отравления через органы пищеварения достаточно легко, для этого надо мыть руки после работы и не принимать пищу в лаборатории. Необходимо следить за тем, чтобы вещества не попадали на кожу рук и лица, и особенно в глаза. Особо опасными в этом плане являются: бром и его растворы, фенол, нитросоединения, щелочи и концентрированные растворы кислот. **Берегите глаза от щелочей!** Одна крупинка щелочи или одна капля раствора, попавшая в глаза, может, в лучшем случае, стоить вам многодневного лежания в больнице. Старайтесь всегда носить очки. Для защиты кожи рук, одевать перчатки. После работы необходимо тщательно вымыть руки мылом и смазать питательным кремом. Особо опасным является отравление через органы дыхания. Это связано с большой летучестью органических соединений. Мерой токсичности является предельно допустимая концентрация ПДК паров веществ в воздухе. При постоянной работе с веществами, концентрация которых ПДК, в организме могут возникать различные нарушения. Существует 4 класса опасности:

- 1 – чрезвычайно опасные вещества ПДК менее 0,1 мг/м<sup>3</sup>
- 2 – высоко опасные ПДК 0,1-1 мг/м<sup>3</sup>
- 3 – умеренно опасные ПДК 1,1-10 мг/м<sup>3</sup>
- 4 – мало опасные ПДК более 10 мг/м<sup>3</sup>

Работать с органическими летучими веществами 1-4 класса опасности необходимо только под тягой и ни в коем случае не выливать их в раковину, а только в специальные банки для слива отработанных реактивов. Опасность многих соединений увеличивается в связи с тем, что они обладают кумулятивным действием, т.е. способны накапливаться в организме. Работайте аккуратно! Не разливайте вещества! Например если вы разольёте всего 1 мл бензола (2 кл. опасности), то ПДК будет превышена в помещении объёмом 200 м<sup>3</sup>. Одного маленького шарика ртути (1 кл. опасности) массой всего 100 мг будет достаточно, что бы превысить ПДК в помещении объёмом 10000 м<sup>3</sup>.

*Пожароопасность.* Многие органические вещества являются легковоспламеняющимися (бензин, гексан, ацетон, бензол). Нагревать и перегонять такие вещества можно только на водяных банях. Если случайно разлили эти или другие легковоспламеняющиеся вещества, необходимо выключить все электроплитки и погасить все спиртовки, убрать пролитую жидкость, проветрить помещение. Включать электроприборы и зажигать спиртовки только при отсутствии запаха пролитых жидкостей. Пожары тушатся песком одеялом или огнетушителем.

*Взрывоопасность.* Взрывоопасными являются ацетилениды серебра и меди, гремучее серебро, которое может образовываться при длительном хранении аммиачного раствора окиси серебра, полинитросоединения, смеси ацетилен, метана, водорода с кислородом или воздухом. В этих случаях работайте в очках или защитной маске из толстого органического стекла.

*Работа с натрием.* Натрий воспламеняется и взрывается при контакте с водой, кислотами, и галогенопроизводными алканов. Натрий из банки необходимо брать пинцетом, отрезать скальпелем на сухой фильтровальной бумаге, отжимать на

фильтровальной бумаге от керосина. Гасить остатки натрия можно только этиловым спиртом или раствором спирта в воде (1:4). Запомните это раствор! Он безопасен в обращении, более активен, чем чистый спирт и позволяет экономить, значительное количество спирта. ( Чистый спирт при взаимодействии с натрием образует вязкий раствор и реакция не доходит до конца ).

*Работа с электроприборами.* При нажатой белой кнопке воткните вилку электроприбора в розетку, затем нажмите белую кнопку. Выключение электроприбора проводите в обратном порядке.

*Нейтрализация продуктов реакции.* Необходимо удалить продукты реакции из лаборатории и по возможности нейтрализовать их, что бы предупредить попадания в окружающую среду наиболее токсичных продуктов. После проведения реакции содержимое пробирок выливают в банку для слива отходов, которая находится под тягой. Затем, не вынося из под тяги, пробирку споласкивают водой. Воду выливают в банку для слива отходов. Затем пробирку заполняют нейтрализующей смесью. Нейтрализующую смесь после ополаскивания стенок пробирки выливают назад в сосуд с нейтрализующей смесью. Нейтрализующую смесь используют многократно. Пробирки после обработки нейтрализующей смесью складывают в кристаллизатор без ополаскивания водой. В качестве универсальной нейтрализующей смеси используют раствор КОН в спирте или денатурате. Он растворяет и нейтрализует большинство токсичных органических соединений. При работе с нейтрализующей смесью соблюдайте осторожность! **Берегите кожу и особенно глаза!** Для некоторых соединений щелочная нейтрализующая смесь является непригодной. В этом случае в методических указаниях будут указаны другие составы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Тема: Углеводороды

**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре и видах изомерии углеводородов, их строении и физико-химических свойствах.

*Углеводороды* – это органические соединения, в состав которых входят только два элемента – углерод и водород. Их общая формула –  $C_xH_y$ , где  $x$  и  $y$  связаны между собой определенным соотношением. Это соотношение зависит от того, к какому классу углеводородов принадлежит вещество. Число  $x$  изменяется от двух до нескольких тысяч.

Предельные (насыщенные) углеводороды содержат только одинарные  $\sigma$ -связи С—С и С—Н.

Связь между атомами, осуществляемая одной парой электронов, максимальная плотность которых расположена на линии, соединяющей центры этих атомов, называют *простой (одинарной) или  $\sigma$  (сигма)-связью*.

Предельные углеводороды делятся на *алифатические* (алканы) и *циклические* (циклоалканы).

- *Алканами* называются предельные ациклические углеводороды, молекулы которых, соединены между собой только простыми связями. Общая формула  $C_nH_{2n+2}$ . Алканы образуют гомологический ряд.

*Гомологический ряд* – последовательность органических соединений с одинаковыми функциональными группами и однотипным строением, каждый член которого отличается от соседних на постоянную структурную единицу (гомологическую разность). Чаще всего гомологическая разность – это метиленовая группа  $CH_2$ . Члены гомологического ряда называются *гомологами*.

Первые четыре соединения гомологического ряда алканов имеют тривиальные названия: метан, этан, пропан, бутан. Названия последующих членов ряда образуют от греческих числительных, добавляя к ним окончание *-ан*.

Ниже приведены десять алканов неразветвленного строения.

$CH_4$  – метан

$CH_3-CH_3$  – этан

$CH_3-CH_2-CH_3$  – пропан

$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$  – бутан

$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$  – пентан

$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$  – гексан

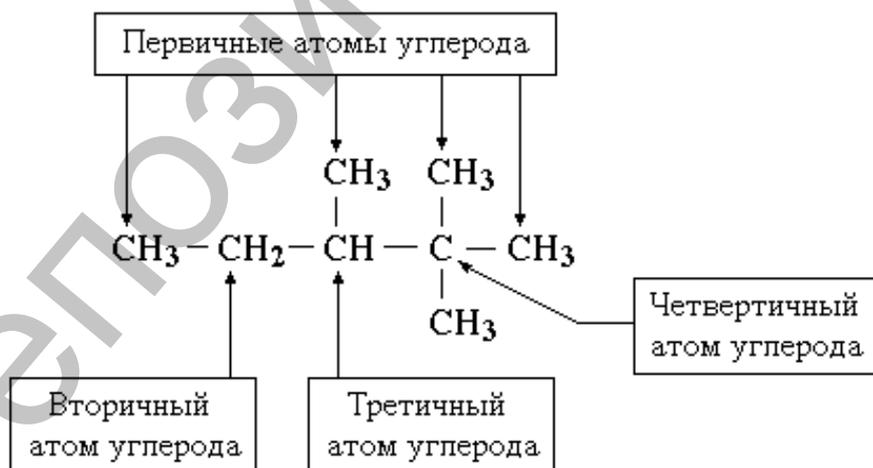
$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$  – гептан

$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$  – октан

$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$  – нонан

$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$  – декан

Атомы углерода в молекулах алканов отличаются друг от друга. Атом, образующий одну связь  $C-C$ , называется *первичным*, две связи  $C-C$  – *вторичным*, три связи  $C-C$  – *третичным*, четыре связи  $C-C$  – *четвертичным*.



Цепь, содержащая только первичные и вторичные атомы углерода, называется *неразветвленной*, или *нормальной* (обозначается буквой «*n*» перед названием соединения).

Цепь, в которую входят третичные или четвертичные атомы углерода, является *разветвленной* (в названии часто обозначается приставкой «*изо*-»).

Остатки, образуемые при мысленном удалении атома водорода от молекулы алкана называют алкильными радикалами, или *алкилами*. Названия алкилов образуют от названия алкана, заменяя суффикс *-ан* на *-ил*. Ниже приведены названия важнейших алкилов.

$\text{CH}_3$  – метил

$\text{C}_2\text{H}_5$  – этил

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$  н-пропил

$\text{CH}_3\text{—CH—CH}_3$     изопропил

|

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$  н-бутил

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_3$     втор-бутил

|

$\text{CH}_3\text{—CH—CH}_2$  – изобутил

|

$\text{CH}_3$

$\text{CH}_3$

$\text{CH}_3\text{—C—}$     трет-бутил

|

$\text{CH}_3$

Начиная с алкана с молекулярной формулой  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , возникает явление изомерии (см. Приложение I).

Если химические соединения отличаются химическим строением, то такой тип изомерии называется структурной изомерией. Для алканов характерен один вид структурной изомерии – изомерия углеродного скелета.

Например, изомером бутана является изобутан.

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

н-бутан

$\text{CH}_3\text{—CH—CH}_3$

|

$\text{CH}_3$

изобутан

С увеличением числа углеродных атомов количество изомеров возрастает. Например, для алкана, состоящего из пяти атомов углерода известны три структурных изомера.

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

н-пентан

$\text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3$

|

$\text{CH}_3$

изопентан

$\text{CH}_3$

|

$\text{CH}_3\text{—C—CH}_3$

|

$\text{CH}_3$

неопентан

Кроме тривиальной номенклатуры, которая используется для названия первых четырех алкенов гомологического ряда алканов, используется радикально-функциональная и заместительная номенклатура ИЮПАК.

Согласно радикально-функциональной номенклатуре, за основу названия выбирают простейший представитель алканов – метан (прототип), а остальные алканы рассматривают как его производные, в молекулах которых атомы водорода замещены на алкильные радикалы. В качестве основы выбирают наиболее разветвленный атом углерода, находящийся ближе к центру молекулы, названия радикалов перечисляют в порядке увеличения числа углеродных атомов. Если в молекуле имеются одинаковые радикалы, то их объединяют, пользуясь приставками ди-, три-, тетра-, образованных от греческих числительных.

По радикально-функциональной номенклатуре изопентан называют диметилэтилметан, неопентан – тетраметилметан.

Радикально-функциональной номенклатура непригодна для названий сложных алканов. В этом случае используется наиболее распространенная – заместительная номенклатура. По заместительной номенклатуре алканы с разветвленной углеродной цепью рассматриваются как производные нормальных алканов, у которых один или несколько атомов водорода замещены на углеводородные радикалы (см. Приложение I).

В химическом отношении алканы мало активны. Это объясняется тем, что атомы углерода находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации, имеют тетраэдрическую конфигурацию и образуют четыре  $\sigma$ -связи С-С и С-Н с валентным углом между ними  $109^\circ$ . Длины связей С - С и С - Н составляют 0,154 и 0,112 нм, а их энергия соответственно 350 и 415 кДж/моль. Все  $\sigma$ -связи отличаются высокой прочностью, низкой полярностью (полярность связи С - Н близка к нулю) и трудно поляризуемые.

Вследствие насыщенности всех связей атомов углерода они не способны к реакциям присоединения. При комнатной температуре они не реагируют с большинством химических реагентов. При сравнительно невысоких температурах протекает небольшое число реакций, при которых происходит разрыв связи С - Н и замена атома водорода на другие атомы или группы атомов - *реакции замещения*. Возможны также *реакции отщепления* (элиминирования), которые протекают за счёт разрыва связей С - С и С - Н, но без замены атома водорода на другие атомы. Такие реакции приводят к образованию кратной связи.

Связи С-С и С-Н, обладая незначительной полярностью, склонны к гомолитическому разрыву связи, что приводит к образованию радикалов, а не ионов. Поэтому реакции алканов в большинстве случаев идут по *радикальному механизму*.

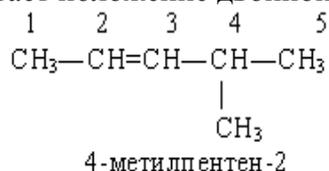
- *Алкенами* называются непредельные углеводороды, молекулы которых содержат одну двойную связь.

Двойная связь (С=С) состоит из одной  $\sigma$ -связи и одной  $\pi$ -связи.

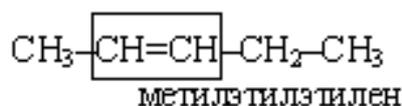
Сигма связь ( $\sigma$ -) расположена в плоскости, в которой находятся все ядра атомов углерода и водорода. Вторая ( $\pi$ -связь) образуется двумя негибридизованными  $p$ -электронами углеродных атомов и лежит в плоскости, перпендикулярной плоскости  $\sigma$ -связи.

Общая формула алкенов –  $C_nH_{2n}$ . Первый представитель этого класса – этилен  $CH_2=CH_2$ , в связи с чем алкены также называют этиленовыми углеводородами.

По правилам заместительной номенклатуры в алкенах с неразветвленной углеродной цепью нумерацию начинают с того конца, ближе к которому находится двойная связь. В названии соответствующего алкана окончание *-ан* заменяется на *-ен*. В разветвленных алкенах выбирают главную цепь так, чтобы она содержала двойную связь, даже если она при этом и не будет самой длинной. Номер после названия главной цепи указывает положение двойной связи, например:



По радикально-функциональной номенклатуре этиленовые углеводороды рассматривают как производные этилена. Для дизамещенных используют приставки *симм-* и *несимм-*



Для алкенов характерна структурная изомерия, которая обусловлена изомерией углеродного скелета и положения двойной связи и  $\pi$ -диастереомерия (вид пространственной конфигурационной изомерии).

Атомы углерода, связанные двойной связью, в молекуле алкена находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Каждый из них образует три  $\sigma$ -связи, лежащие в одной плоскости под углом  $120^\circ$ . Негибридизованные  $p$ -орбитали расположены перпендикулярно к плоскости  $\sigma$ -связей и параллельно друг другу. Вследствии бокового перекрывания они образуют вторую связь, которая называется  $\pi$ -связью. На рис 1. приведена схема расположения атомов и связей в молекуле этилена.

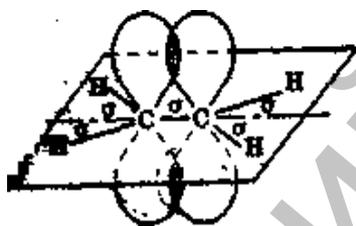


Рис. 1 Строение этилена

Боковое перекрывание негибридизованных  $p$ -орбиталей, приводит к сближению атомов углерода, и длина двойной связи становится короче, она равна  $0,134$  нм, а энергия двойной связи равна  $620$  кДж/моль. Это говорит о том, что двойная связь между атомами углерода не является простым удвоением одинарной связи, а представляет собой сочетание  $\sigma$ -и  $\pi$ -связей. Энергия  $\pi$ -связи меньше энергии  $\sigma$ -связи ( $350$  кДж/моль) и составляет около  $620 - 350 = 270$  кДж/моль, следовательно, она менее прочная. Электроны  $\pi$ -связи менее прочно удерживаются ядрами атомов, чем электроны  $\sigma$ -связи, поэтому  $\pi$ -связь легче поляризуется и пространственно более доступна для атаки реагентов.

Алкены химически активны. Двойная связь является донором электронов и алкены вступают в реакции электрофильного и свободнорадикального присоединения. Алкены легко вступают в реакции окисления, гидрируются сильными восстановителями или водородом под действием катализаторов до алканов, а также способны к реакциям полимеризации.

- Алкинами называются непредельные углеводороды, содержащие в молекуле одну тройную связь.

Общая формула –  $C_nH_{2n-2}$ .

Первым представителем углеводородов с тройной связью является ацетилен  $HC\equiv CH$ , в связи с чем алкины также называют ацетиленовыми углеводородами.

По заместительной номенклатуре ИЮПАК названия алкинов строят от названия алканов с заменой окончания –ан на –ин. Выбирают главную цепь так, чтобы она содержала тройную связь, даже если она при этом не будет самой длинной. Номер после названия главной цепи указывает положение тройной связи, например:



**Вопросы для самостоятельной подготовки**

**АЛКАНЫ**

1. Нарисовать графические схемы распределения электронов внешнего энергетического уровня атома углерода в невозбужденном и возбужденном состоянии.

2. Сколько гибридных орбиталей имеет атом углерода в  $sp^3$ -гибридном состоянии? Изобразите форму гибридной орбитали.

3. Каково значение углов между направлением  $sp^3$ -гибридных орбиталей в пространстве?

4. Нарисовать графическую схему  $\sigma$ -связи C–C и C–H.

5. Нарисовать образование  $\sigma$ -связей в этане.

7. Записать механизм реакций замещения у алканов на примере хлорирования метана.

---

---

---

---

---

---

---

---

8. Заполните таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Химические свойства алканов

Представитель	Реагент	Продукты реакции
$CH_3-CH_3$	$Cl_2$	
	$HNO_3$ разб	
	$SO_2 + Cl_2$	
	$O_2$ ( $Mn^{2+}$ , 150°C)	

## АЛКЕНЫ

1. Какой характер гибридизации атома углерода, имеющего двойную связь и его валентное состояние?

---

2. Какое значение углов между направлением  $sp^2$ -гибридных орбиталей в пространстве?

---

3. Охарактеризуйте виды химических связей в молекуле этилена.

---

4. Какие типы химических реакций, характерны алкенам?

---

---

5. Заполните таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Химические свойства алкенов

Представитель алкенов	Реагент	Продукт реакции
$CH_3-CH=CH_2$	$Br_2$	
	$HCl$	
	$H_2SO_4$	
	$HOH (H_2SO_4)$	
	$H_2(kt)$	
	полимеризация	

## АЛКИНЫ

1. Какое валентное состояние атома углерода в молекуле ацетилена?

---

2. Нарисовать строение молекулы ацетилена.

3. Чему равно число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекуле метилацетилена  $CH_3-C\equiv CH$ ? Нарисовать.

---

4. Перечислите типы химических реакций, характерные для алкинов.

---

---

---

5. Объясните причину кислотных свойств ацетилена.

6. Заполните таблицу 1.3.

Таблица 1.3. Химические свойства алкинов

Представитель	Реагент	Продукт реакции
$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_2$ (кт)	
	$\text{Br}_2$	
	$\text{HBr}$	
	$\text{HCN}$	
	$\text{HOH (Hg}^{2+}\text{)}$	
	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	
	$\text{NaNH}_2$	

### Экспериментальная часть

**Техника безопасности.** Углеводороды относятся к малотоксичным соединениям, однако опыты с ними необходимо проводить под тягой, т.к. они имеют неприятный бензиновый запах. Посуду моют под тягой с использованием нейтрализующего раствора, ополаскивают водой под тягой и содержимое выливают в банку для слива отходов. Нейтрализацию продуктов реакции опыта 10 проводит преподаватель.  
**Оборудование и реактивы:** петролейный эфир, парафиновый шарик, гексан, гексен, 1 % р-р перманганата калия (подщелоченный), р-р бромной воды, фарфоровая чашка, стеклянная пластинка, спиртовка, аммиачный р-р хлорида меди (I), аммиачный р-р окиси серебра, пробирки.

**Опыт 1.** Отношение алканов к перманганату калия.

В пробирку налейте  $0,5 \text{ см}^3$  гексана (или петролейного эфира) и добавьте  $1 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия. Можно взять одну каплю вазелинового масла или парафиновый шарик. Встряхните смесь.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 2.** Отношение алканов к бромной воде.

В пробирку налейте  $0,5 \text{ см}^3$  петролейного эфира или гексана и добавьте  $1 \text{ см}^3$  раствора бромной воды. Можно взять одну каплю вазелинового масла или парафиновый шарик.

Встряхните смесь.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 3.** Горение жидких алканов.

Налейте в фарфоровую чашечку несколько капель петролейного эфира и подожгите. Отметьте характер пламени. Внесите в пламя стеклянную пластинку.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции горения гексана: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 4.* Окисление алкенов водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера).

В пробирку налейте 1 см<sup>3</sup> гексена или гептена, добавьте 0,5 см<sup>3</sup> 2 % раствора перманганата калия, подщелоченного 10% раствором соды. Встряхните.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции:

\_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 5.* Взаимодействие алкенов с бромной водой.

В пробирку налейте 1 см<sup>3</sup> гексена, гептена или раствор любого другого алкена, добавьте 0,5 см<sup>3</sup> бромной воды. Встряхните.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции:

\_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 6.* Изучение свойств жидкого алкина..

В сухую пробирку налейте 1 см<sup>3</sup> алкина и добавьте 0,5 см<sup>3</sup> бромной воды Встряхните.

Аналогично проводят опыты с разбавленным раствором перманганата калия, аммиачным раствором хлорида меди и оксида серебра.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

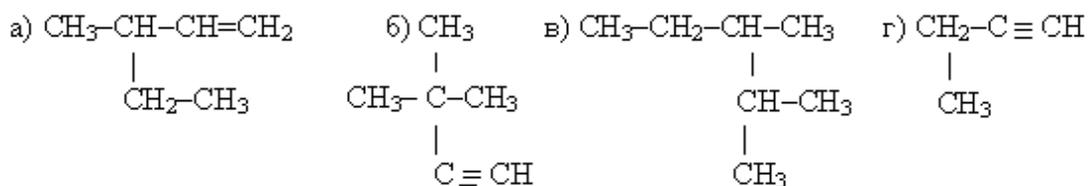
Уравнения реакций:



Вывод \_\_\_\_\_

### **Упражнения**

1. Назовите согласно заместительной и радикально-функциональной номенклатурам приведенные ниже соединения:



2. Запишите структурные формулы, указанных ниже соединений:

а) тетраметилметан

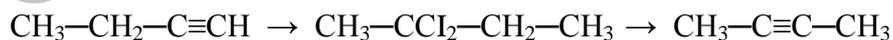
б) 2-метил-3-этилпентен-2

в) изопропилацетилен

3. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ , главная цепь которых состоит из пяти углеродных атомов, и назовите их.

4. Как с помощью качественных реакций различить пропан, пропен и пропин? Напишите уравнения реакций.

5. Осуществите превращения и назовите продукты реакций:



1.

---

2.

---

3.

---

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Тема: Спирты

**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре и видах изомерии спиртов, их строении и физико-химических свойствах.

Производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильную группу OH, называются *спиртами*.

В зависимости от характера углеводородного радикала спирты делятся на *алифатические, циклические и ароматические*.

В зависимости от числа гидроксильных групп спирты делят на *одно-, двух- или трехатомные*.

Общая формула *предельных одноатомных спиртов* –  $C_nH_{2n+1}OH$ .

В зависимости от того, при каком углеродном атоме находится гидроксильная группа, различают спирты *первичные, вторичные и третичные*:

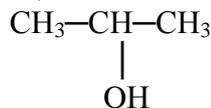
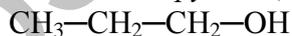


В соответствии с *заместительной* номенклатурой названия спиртов образуют, добавляя окончание *-ол* к названию углеводорода с самой длинной углеродной цепью, включающей гидроксильную группу.

По *радикально-функциональной* номенклатуре название спирта рассматриваются как производные метилового спирта  $CH_3OH$ , который называют *карбинолом*.

Для спиртов характерна *структурная изомерия*:

– *изомерия положения OH-группы (начиная с  $C_3$ )*:



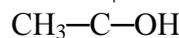
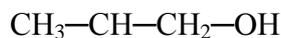
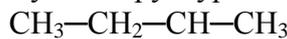
пропанол-1 (*n*-пропиловый спирт)      пропанол-2 (изопропиловый спирт)

– *углеродного скелета (начиная с  $C_4$ )*:

Например, формуле  $C_4H_9OH$  соответствует 4 структурных изомера:



бутанол-1  
(*n*-бутиловый спирт)

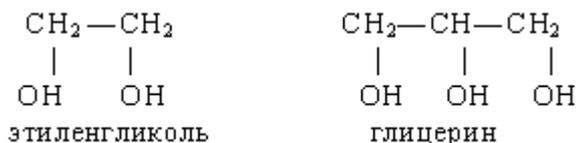


2-метилпропанол-1  
(изобутиловый спирт)

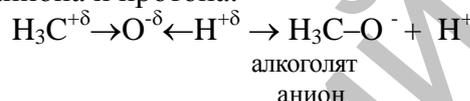
2-метилпропанол-2  
(*трет*-бутиловый спирт)

Спирты, содержащие несколько групп –ОН, объединяют общим названием *многоатомные (полиолы)*.

Важнейшие из многоатомных спиртов – *этиленгликоль* и *глицерин*:

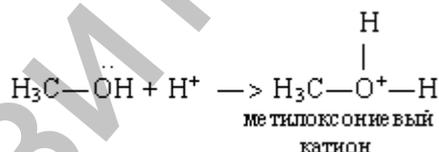


Спирты отличаются большой химической активностью, которая определяется наличием реакционноспособной функциональной группы –ОН и её влиянием на углеводородную основу молекулы. В молекулах одноатомных спиртов атомы углерода находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации, поэтому валентные углы близки к  $109^\circ$ . Реакционная способность гидроксигруппы характеризуется, с одной стороны, полярностью связи  $\text{O} \leftarrow \text{H}$ , которая склонна к гетеролитическому разрыву с образованием алкоголят аниона и протона:



При этом гидроксигруппа проявляет слабо выраженные кислотные свойства, более слабые, чем у воды. Это объясняется тем, что алкильный радикал является донором электронов и уменьшает электроотрицательность на атоме кислорода.

С другой стороны, на атоме кислорода есть неподелённая пара электронов, которая может присоединять протон от молекулы сильной кислоты с образованием оксониевого катиона. При этом гидроксигруппа проявляет свойства слабого основания:



Алкилоксониевые катионы неустойчивы. Образующийся положительный заряд на атоме кислорода способствует гетеролитическому разрыву связи С-О и облегчает нуклеофильное замещение группы –ОН, а также реакцию отщепления воды - дегидратацию.

Таким образом, реакции, в которые вступают спирты, можно разделить на следующие типы:

- а) кислотные свойства;
- б) замещения гидроксигруппы;
- в) реакции внутримолекулярная дегидратации;
- г) реакции окисления.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Укажите общую формулу гомологического ряда предельных одноатомных спиртов.

2. Какова классификация спиртов?

---

---

---

3. Приведите по одному примеру формул первичных, вторичных и третичных спиртов.

4. Нарисуйте графическую схему распределения электронов по энергетическим уровням атома кислорода, его аниона и оксониевого иона.

5. Напишите формулы и расположите этанол, 2-метилпропанол и бутанол-2 в порядке уменьшения кислотности. Дайте объяснение.

6. Заполните таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Химические свойства спиртов

Представитель	Реагент	Продукт реакции
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Na	
	HBr	
	PCl <sub>5</sub>	
	SOCl <sub>2</sub>	
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (H <sup>+</sup> ) t < 140 <sup>0</sup>	
	CH <sub>3</sub> COOH (H <sup>+</sup> )	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> конц., t > 140 <sup>0</sup>	
	[O]	
	300°C, Cu	

### Экспериментальная часть

**Техника безопасности.** Работа проводится под тягой. Особую осторожность соблюдайте при работе с натрием. В опыте 2 образующийся при окислении этанола, ацетальдегид раздражает слизистые оболочки, вызывает пневмонию (ПДК 0,4 мг/м<sup>3</sup>). Акролеин раздражает глаза и дыхательные пути (ПДК 0,7 мг/м<sup>3</sup>). Нейтрализацию продуктов реакции опыта 1 проводит только преподаватель.

**Оборудование и реактивы:** сухие пробирки, этиловый спирт, металлический натрий, фильтровальная бумага, скальпель, пинцет, газоотводная трубка с оттянутым концом, фенолфталеин, лучинки, спиртовки, хромовая смесь, 2% р-р CuSO<sub>4</sub>, 10 % р-р NaOH, глицерин (разб.р-р), гидросульфат калия (крист).

**Опыт 1.** Взаимодействие спиртов с металлическим натрием.

В сухую пробирку налейте 2 см<sup>3</sup> абсолютного этилового спирта и внесите кусочек металлического натрия величиной с горошину.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой с оттянутым концом. Подождите некоторое время, пока из пробирки вытеснится весь воздух, и подожгите выделяющийся водород. Отметьте характер горения водорода.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

К содержимому пробирки добавьте 5-10 см<sup>3</sup> воды и несколько капель фенолфталеина.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 2.** Окисление этилового спирта хромовой смесью.

В пробирку налейте около 3 см<sup>3</sup> хромовой смеси (смесь четырех объемов 10 % раствора дихромата калия и одного объема разбавленной серной кислоты 1 : 1). Осторожно при встряхивании прилейте около 1 см<sup>3</sup> этилового спирта. Обратите внимание на цвет раствора и запах.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 3.** Свойства глицерина.

а) получение глицерата меди.

В пробирке к 3-4 каплям 2 % раствора сульфата меди добавьте 2-3 см<sup>3</sup> 10 % раствора едкого натра.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

К реакционной смеси добавьте несколько капель глицерина. Встряхните.  
Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции:

Вывод: \_\_\_\_\_

б) дегидратация глицерина – образование акролеина.

В пробирку поместите немного гидросульфата калия и смочите его двумя каплями глицерина. Смесь сильно нагрейте. Обратите внимание на запах. Гидросульфат калия при сильном нагревании образует пиросульфат калия, который является водоотнимающим веществом, и поглощая воду, снова переходит в гидросульфат.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнения реакций:

Вывод: \_\_\_\_\_

### Упражнения

1. Какие виды изомерии характерны для спиртов?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Составьте структурные формулы спиртов:

а) 2-метилбутанол-1

б) пропандиол-1,2

в) 2,2,3,3-тетраметил-4-изопропилгексанол-1

г) 2,2,2-трифторэтанол

3. Напишите структурные формулы всех третичных спиртов состава  $C_6H_{13}OH$ . Назовите эти соединения.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия:

а) пропанола с натрием;

---

б) глицерина с избытком хлороводорода;

---

в) пропанола с концентрированной серной кислотой при нагревании более  $140^{\circ}C$ ;

---

г) метанола с концентрированной серной кислотой.

---

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Тема: Карбонильные соединения

**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре и видах изомерии карбонильных соединений, их строении и физико-химических свойствах.

Органические соединения, в молекуле которых имеется *карбонильная группа*  $>C=O$ , называются *карбонильными соединениями*.

Карбонильная группа иногда называется *оксогруппой*, поэтому эти соединения часто называют *оксосоединениями*.

Карбонильные соединения разделяют на два типа: *альдегиды*, у которых карбонильная группа связана с углеводородным радикалом и атомом водорода и

*кетоны*, у которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами:

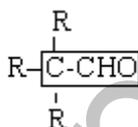


Исключение составляет муравьиный альдегид (формальдегид), у которого карбонильная группа связана с двумя водородами  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$



Общая формула гомологического ряда предельных альдегидов и кетонов –  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .

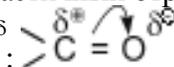
Для альдегидов часто используют тривиальные названия, например формальдегид  $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ . Согласно *заместительной* номенклатуре названия альдегидов образуют, прибавляя окончание *-аль* к названию углеводорода с самой длинной углеродной цепью, включающей карбонильную группу, от которой начинается нумерация цепи. По *радикально-функциональной* номенклатуре альдегиды рассматривают как производные уксусного альдегида, у которого атомы водорода замещаются на углеводородные радикалы:



При названии кетонов используют как рациональную, так и систематическую номенклатуры. По рациональной номенклатуре вначале называют радикалы, связанные с карбонильной группой, а затем добавляют слово *кетон*. По систематической номенклатуре к названию предельного углеводорода добавляют суффикс *-он* с указанием места карбонильной группы. При этом нумерацию начинают от ближайшего к карбонилу конца цепи:



Химические свойства альдегидов и кетонов определяются карбонильной группой. Атом углерода в карбонильной группе находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, поэтому заместители при карбонильной группе находятся в той же плоскости и образуют между собой угол  $120^\circ$ . Двойная связь карбонильной группы, как и в этиленовых углеводородах, состоит из одной  $\sigma$ - и одной  $\pi$ -связи. Однако в отличие от обычной двойной связи  $\text{C}=\text{C}$  двойная связь в карбонильной группе сильно поляризована. Атом кислорода более электроотрицательный, чем атом углерода, поэтому электроны  $\pi$ -связи смещены в сторону атома кислорода. В результате такой поляризации атом кислорода имеет частичный отрицательный заряд  $^{\delta-}$ , а атом углерода - частичный положительный заряд  $^{\delta+}$ .



Такие особенности строения карбонильной группы являются причиной высокой реакционной способности альдегидов и кетонов, которая проявляется в реакциях нуклеофильного присоединения. Нуклеофил всегда атакует атом углерода, а электрофил - атом кислорода карбонильной группы. Двойная связь  $\text{C}=\text{O}$  является и более проч-

ной, чем связь C = C. Так, энергия связи C = O равна 750 кДж/моль, а энергия связи C = C - 620 кДж/моль. Прочность двойной связи карбонильной группы является причиной обратимости многих реакций присоединения у альдегидов и кетонов.

Вместе с тем альдегиды и кетоны отличаются по своей реакционной способности. Альдегиды легко окисляются до карбоновых кислот вследствие высокой реакционной способности связи C-Н альдегидной группы. В реакциях общих для альдегидов и кетонов, альдегиды более реакционноспособные, так как у кетонов с карбонильной группой связаны два алкильных радикала и избыточный положительный заряд на атоме углерода карбонильной группы будет меньше, чем у альдегидов.

**Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Каков характер гибридизации электронных облаков атома углерода в карбонильной группе?

2. Напишите электронное строение карбонильной группы, реакционные центры в молекуле альдегидов и кетонов.

3. Перечислите типы химических реакций, характерных альдегидам и кетонам.

---



---



---

4. Заполнить таблицу 3.1.

Таблица 3.1. Химические свойства альдегидов и кетонов

Представитель	Реагент	Продукт реакции
CH <sub>3</sub> CHO	HCN	
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	
	NaHSO <sub>3</sub>	
	NH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub>	
	H <sub>2</sub> (кат.)	
	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]OH	
CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	PCl <sub>5</sub>	
	Cl <sub>2</sub>	
	[O]	

### Экспериментальная часть

**Техника безопасности.** Альдегиды - летучие токсичные вещества. Ацетальдегид раздражает слизистые оболочки, вызывает пневмонию и отёк лёгких. Формальдегид проявляет канцерогенные свойства. 2,4 – динитрофенилгидразин окрашивает кожу в жёлтый цвет, может вызывать раздражение кожи. Все опыты выполнять под тягой.

**Оборудование и реактивы:** сухие пробирки, 3 шт. с пробками, медная спираль, спиртовки, раствор фуксинсернистой кислоты, 10 % р-р формальдегида, формалин, этиловый спирт, 2,4-динитрофенилгидразин в этиловом спирте и серной кислоте, ацетон, 10 % р-р NaOH, 2 % р-р CuSO<sub>4</sub>, аммиачный раствор оксида серебра. Водяная баня с температурой воды 80°C.

**Опыт 1.** Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой.

В пробирку налейте по 1 -2 см<sup>3</sup> мл раствора фуксинсернистой кислоты прибавьте 0,5 см<sup>3</sup> 10 %-ного раствора формальдегида. Через 5-10 мин. отметьте окраску пробирки на белом фоне.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 2.** Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта.

В сухую пробирку налейте несколько капель этилового спирта. Вращая пробирку, добейтесь, того, чтобы спирт смочил стенки всей пробирки. Избыток спирта вылейте. Раскалите медную спираль в пламени спиртовки и внесите её в пробирку с парами спирта.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Обратите внимание на запах.

Извлеките медную спираль из пробирки, добавьте в пробирку 1-2 см<sup>3</sup> мл фуксинсернистой кислоты. Закройте пробирку и хорошо встряхните, чтобы продукты реакции поглотились раствором фуксинсернистой кислоты. Через 5-10 минут отметьте окраску раствора на белом фоне.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 3.** Получение 2,4-динитрофенилгидразонов карбонильных соединений.

В две пробирки налейте по 1 см<sup>3</sup> раствора 2,4-динитрофенилгидразина. В первую пробирку добавьте несколько капель ацетона, во вторую 0,5 см<sup>3</sup> формальдегида.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнения реакций: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 4.* Окисление альдегидов гидроксидом меди (II).

В пробирку налейте 2-3 см<sup>3</sup> 5% раствора гидроксида натрия. Жидкость перемешайте и прибавьте к ней по каплям 2% раствор сульфата меди до появления не исчезающей мути голубого цвета. Избыток сульфата меди вредит реакции.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

К полученной смеси прибавьте 1 см<sup>3</sup> 10% раствора формальдегида. Смесь нагрейте до кипения.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 5.* Окисление альдегидов аммиачным раствором оксида серебра (реакция «серебряного зеркала»)

Тщательно вымойте пробирку содой при помощи ёршика. Ополосните пробирку концентрированным раствором щёлочи. Промойте водой из-под крана, а затем дистиллированной водой. В грязной пробирке реакция не удаётся, в сухой пробирке возможно образование пятнистого покрытия.

В вымытую пробирку налейте 2-4 см<sup>3</sup> аммиачного раствора оксида серебра и добавьте 1 см<sup>3</sup> 5% раствора формальдегида или 10% раствора уксусного альдегида. Смесь перемешайте и нагрейте на водяной бане (вода в бане должна быть горячей, но не кипятить). Получить идеальное покрытие сложно, т.к. избыток альдегидов приводит к возникновению серого грубого покрытия, а недостаток к возникновению грубого тёмного или белого покрытия. Поэтому каждая пара студентов, выполняющая данную реакцию, может менять количество добавляемого альдегида.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

### **Упражнения**

1. Составьте формулы изомерных альдегидов и кетонов состава C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O. Дайте им названия по заместительной номенклатуре.

2. Напишите формулы следующих веществ:

а) 2,3-диметилбутаналь

б) пентанон-3

в) 4-хлорпентаналь

г) метилизопропилкетон

3. Сравните реакции окисления альдегидов и кетонов. Какие продукты образуются при окислении: а) 2-пентанона; б) бутаналь? Напишите уравнения реакций и назовите полученные вещества.

---

---

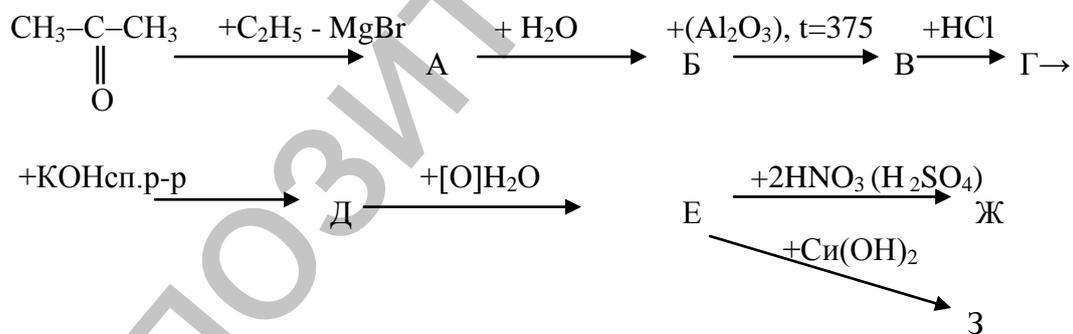
---

4. Какие качественные реакции используются для определения альдегидов, и алкинов? Напишите уравнения реакций.

---

---

5. Осуществите превращения и назовите продукты реакций:



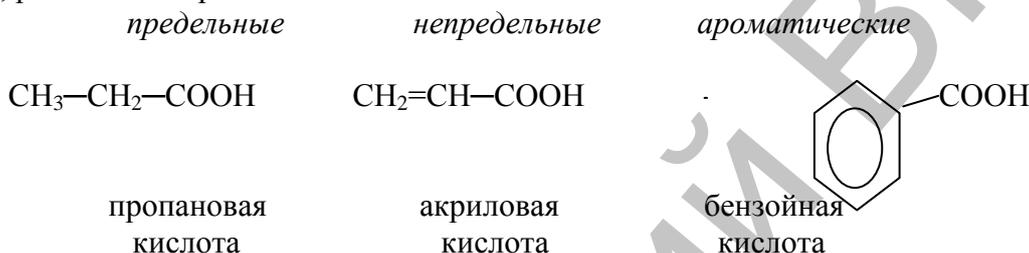
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Тема: Карбоновые кислоты и их производные

**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре и видах изомерии карбоновых кислот, их строении и физико-химических свойствах.

Производные углеводородов, в молекулах которых содержатся одна или несколько карбоксильных групп ( $-COOH$ ), называются *карбоновыми кислотами*.

В зависимости от характера радикалов, связанных с карбоксильной группой, различают карбоновые кислоты:



Число карбоксильных групп определяет *основность* карбоновых кислот (с одной группой – *одноосновные*, с двумя – *двухосновные* и т. д.). По числу атомов углерода в радикале карбоновые кислоты делят на *низшие* (от  $C_1$  до  $C_{10}$ ) и *высшие* (от  $C_{10}$  и выше). Остаток карбоновой кислоты называют «*ацил*».

Общая формула одноосновных предельных (алкановых) карбоновых кислот –  $C_nH_{2n+1}COOH$ .

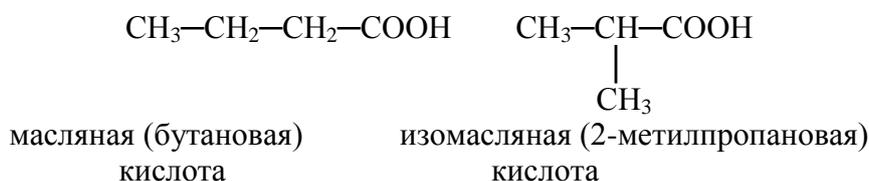
Названия простых карбоновых кислот иногда связывают с источником, из которого они были выделены впервые: например, муравьиная кислота – из муравьев, уксусная кислота – из уксуса, масляная кислота – из масла и т. д.

По *заместительной* номенклатуре названия одноосновных предельных карбоновых кислот производят от названий соответствующих углеводородов, от которых происходят радикалы этих кислот с добавлением окончания *-овая* и слово *кислота*. Таким образом, муравьиная кислота  $HCOOH$  называется метановой кислотой, уксусная кислота  $CH_3COOH$  – этановой кислотой, пропионовая кислота  $C_2H_5COOH$  – пропановой и т. д.

По *радикально-функциональной* номенклатуре карбоновые кислоты с разветвленной цепью рассматривают как производные уксусной кислоты  $H_3C-COOH$ , в молекуле которой атомы водорода в метильной группе замещены на радикалы. Например, триметилуксусная кислота  $(CH_3)_3C-COOH$ :

*Изомерия* предельных кислот обусловлена изомерией углеводородного радикала.

Первые три представителя гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот (муравьиная, уксусная и пропионовая) изомеров не имеют. Изомеры появляются у кислоты, содержащей четыре углеродных атома в молекуле  $C_3H_7COOH$ :

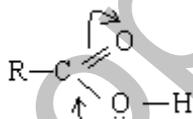


Химические свойства карбоновых кислот определяются функциональной карбоксильной группой - COOH.

Название *карбоксильная группа* произошло от названий карбонильной (C=O) и гидроксильной (OH) групп, соединённых друг с другом. Вследствие взаимного влияния карбонильной и гидроксильной групп химические свойства карбоновых кислот отличаются как от свойств альдегидов и кетонов, так и от свойств спиртов.

Все характерные черты химического поведения карбоновых кислот связаны с особенностями строения карбоксильной группы. Атомы карбоксильной группы (карбоксильный углерод и оба кислородных атома) находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, угол между связями близок к  $120^\circ$  и карбоксильная группа имеет плоское строение. Электронная плотность связи C=O смещена к более электроотрицательному атому кислорода, и, следовательно, на атоме углерода возникает частичный положительный заряд. Поэтому при взаимодействии с полярными реагентами доноры электронов (нуклеофилы, в частности анионы атакуют атом углерода, а акцепторы электронов) электрофилы, в частности протон  $H^+$  атакуют атом кислорода. Кроме того, связь O-H ещё более полярна, чем в спиртах, а атом водорода гидроксильной группы обладает ещё большей подвижностью. На атоме кислорода находятся две неподелённые электронные пары, за счёт которых может образовываться прочная водородная связь.

Строение алкильной части аналогично алканам. Гидроксильная и карбонильная группа оказывают взаимное влияние друг на друга за счёт делокализации электронной пары с  $\pi$ -электронами связи C=O.



Водные растворы карбоновых кислот изменяют окраску индикаторов т.к. являются электролитами. Однако в сравнении с минеральными кислотами, в водном растворе они диссоциируют в меньшей степени и являются слабыми кислотами.

На лёгкость отщепления протона в карбоксильной группе оказывают влияние углеводородный радикал и заместители в нём. Алкильные радикалы являются электронодонорами и уменьшают кислотные свойства. Поэтому самой сильной незамещённой одноосновной карбоновой кислотой является муравьиная кислота (H-COOH). Кислоты, содержащие углеводородные радикалы, будут слабее муравьиной ( $R \rightarrow$  COOH). Введение в радикал электроноакцепторных заместителей (особенно в  $\alpha$ -положение) стабилизирует анион и усиливает кислотные свойства.

Таким образом, химические реакции карбоновых кислот можно разделить на три группы:

- а) кислотные свойства;
- б) реакции замещения гидроксила на другие функциональные группы (образование производных карбоновых кислот);
- в) реакции замещение атомов водорода у  $\alpha$ -атома углерода.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Рассмотрите электронное строение карбоксильной группы. Объясните взаимное влияние гидроксильной и карбонильной групп.

2. Поясните сущность взаимного влияния карбоксильной группы и радикала в молекулах карбоновых кислот.

---

3. Расположите в ряд по уменьшению кислотных свойств следующие вещества: уксусную кислоту, метиловый спирт, муравьиную кислоту, триметилуксусную кислоту. Дайте объяснение.

---

---

4. Покажите образование водородной связи между молекулами кислот.

5. Дайте характеристику особенностей строения муравьиной кислоты.

---

---

6. Заполните таблицу 4.1.

Таблица 4.1. Химические свойства карбоновых кислот и производных

Представитель	Реагент	Продукт реакции
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Mg	
	MgO	
	$\text{PCl}_5$	
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
	$\text{Cl}_2(\text{p})$	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$	NaOH	
$(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$	$\text{t}^0$	

### Экспериментальная часть

*Техника безопасности.* Сложные эфиры являются малотоксичными веществами, имеющими приятный фруктовый или цветочный запах. Однако из-за сильного запаха лучше работать и мыть пробирки под тягой. Акролеин – слезоточивое вещество. Опыты 3, 4, 6 необходимо выполнять под тягой, пробирки мыть водой и нейтрализующим раствором. Опыты 1, 2, 5 выполняйте на столах, пробирки мойте водой в раковине.

**Оборудование и реактивы:** водный раствор мыла, 0,5% р-р  $\text{CaCl}_2$ , 0,5% р-р  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , 0,5 % р-р  $\text{CuSO}_4$ , спиртовой р-р мыла, р-р фенолфталеина, изоамиловый спирт, конц. уксусная кислота, конц. серная кислота, обратный воздушный холодильник, насыщенный раствор хлорида натрия, стеклянная палочка, фильтровальная бумага.

Водяная баня с температурой воды  $80^\circ\text{C}$ .

**Опыт 1.** Образование нерастворимых солей высших жирных кислот.

В три пробирки налейте по  $1-3\text{ см}^3$  водного раствора мыла. В первую добавьте равный объём 0,5% раствора хлорида кальция, во вторую – 0,5 % р-ра ацетата свинца, в третью – 0,5% сульфата меди.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод \_\_\_\_\_

**Опыт 2.** Гидролиз натриевых солей высших жирных кислот (гидролиз мыла).

В сухую пробирку налейте  $1-2\text{ см}^3$  спиртового раствора стеарата калия или натрия или спиртового раствора мыла. Добавьте к раствору 5-10 капель спиртового раствора фенолфталеина.

В другую пробирку налейте  $5-10\text{ см}^3$  дистиллированной воды и осторожно по стенке прилейте содержимое первой пробирки во вторую пробирку. Рассмотрите пробирку на белом фоне.

Что наблюдаете на границе раздела фаз? \_\_\_\_\_

Уравнение реакций: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

**Опыт 3.** Получение сложных эфиров реакцией этерификации.

Получение изоамилацетата (грушевой эссенции).

В пробирке смешайте  $1\text{ см}^3$  изоамилового спирта и  $2\text{ см}^3$  ледяной уксусной кислоты. Добавьте 2 капли концентрированной серной кислоты. Закройте пробирку пробкой с обратным холодильником и нагревайте на водяной бане 5-10 мин.

После охлаждения пробирки добавьте  $4-5\text{ см}^3$  насыщенного раствора хлорида натрия.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Стеклянной палочкой нанесите на полоску фильтровальной бумаги одну-две капли содержимого пробирки. Обратите внимание на запах.

Уравнение реакции: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

### Упражнения

1. Напишите структурные формулы карбоновых кислот:

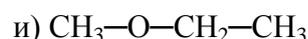
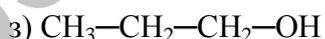
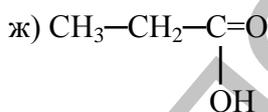
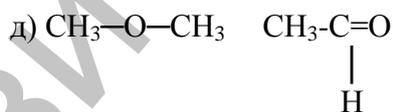
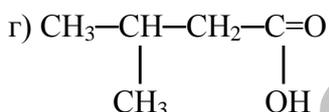
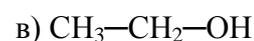
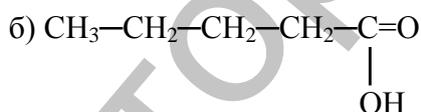
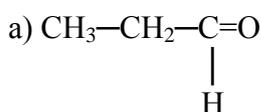
а) 2-метилбутановая;

б) гексадекановая;

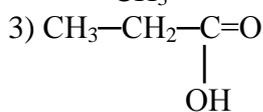
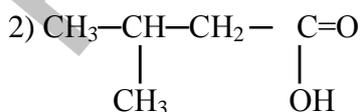
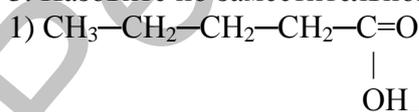
в) 2,3-диэтилгексановая;

г) 2-хлор-4-метилпентановая.

2. Из веществ, формулы которых даны ниже, выпишите отдельно: а) гомологи; б) изомеры. Под формулами подпишите названия соответствующих веществ:



3. Назовите по заместительной номенклатуре, следующие соединения:



5)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$

6)  $\text{H-COOC}_2\text{H}_5$

7)  $\text{CH}_3\text{-COOC}_2\text{H}_5$

4. Составьте уравнения реакций:

а) общие свойства кислот на примере хлоруксусной кислоты;

б) бутановая кислота + изопропанол

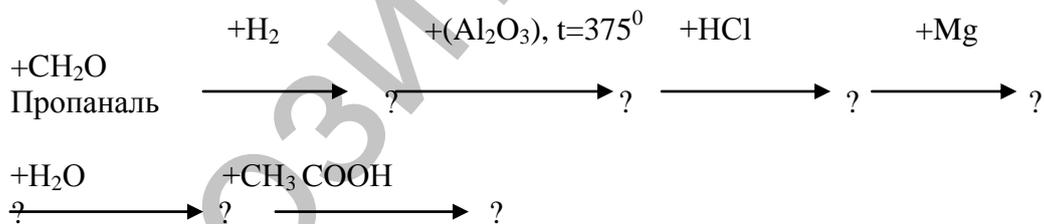
в) уксусная кислота + аммиак и последующее нагревание;

г) пропановая кислота + хлор;

д) восстановление этиламида метилпропановой кислоты;

е) щелочной гидролиз изобутилформиата.

5. Составьте уравнения реакции, соответствующих схеме:

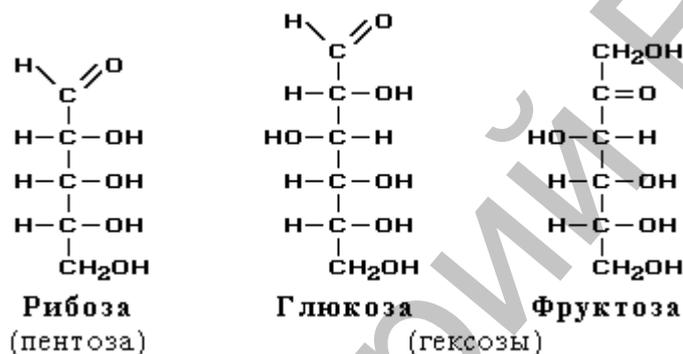


## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

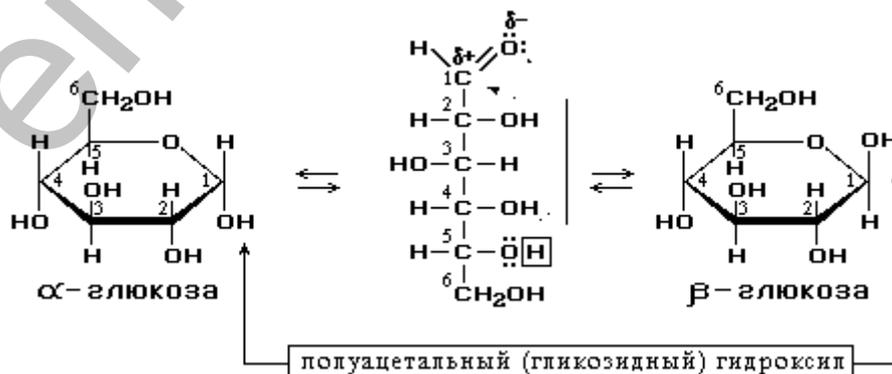
### Тема: Углеводы

**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре углеводов, их строении и химических свойствах.

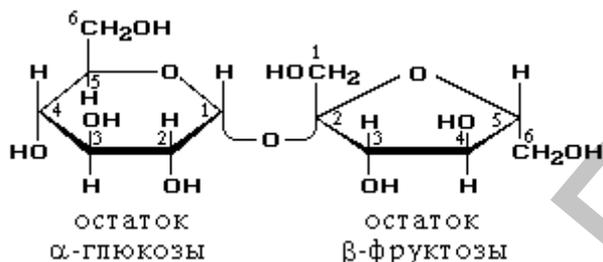
Углеводы принято делить на три класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды, которые по строению и свойствам также подразделяются на ряд групп. *Моносахариды* – гетерофункциональные соединения, в состав их молекул входит одна карбонильная группа (альдегидная или кетонная) и несколько гидроксильных. Например:



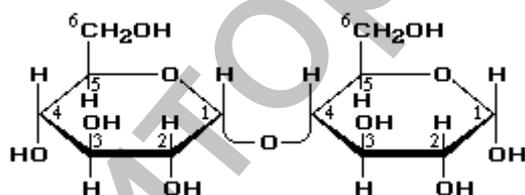
Но не все свойства моносахаридов согласуются с таким строением. Моносахариды не участвуют в некоторых реакциях, типичных для карбонильной группы, в результате внутримолекулярной реакции между карбонильной группой с одним из спиртовых гидроксильных. Такая реакция внутри одной молекулы сопровождается ее циклизацией, т.е. образованием **циклического полуацетала**. Известно, что наиболее устойчивыми являются 5-ти и 6-ти членные циклы. Поэтому, как правило, происходит взаимодействие карбонильной группы с гидроксильным при 4-м или 5-м углеродном атоме (нумерация начинается с карбонильного углерода или ближайшего к нему конца цепи). Таким образом, в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных моносахариды могут существовать в двух формах: *линейной* (оксо-форме) и *циклической* (полуацетальной). В растворах моносахаридов эти формы находятся в равновесии друг с другом. Например, в водном растворе глюкозы существуют следующие структуры:



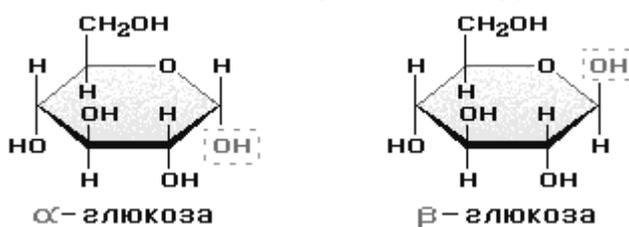
**Дисахариды** – это углеводы, молекулы которых состоят из двух остатков моносахаридов, соединенных друг с другом за счёт взаимодействия гидроксильных групп (двух полуацетальных или одной полуацетальной и одной спиртовой). Связи, соединяющие моносахаридные остатки, называются *гликозидными*. Примером наиболее распространенных в природе дисахаридов является сахароза (свекловичный или тростниковый сахар). Молекула сахарозы состоит из остатков глюкозы и фруктозы, соединенных друг с другом за счет взаимодействия полуацетальных гидроксильных групп (1→2)-гликозидной связью:



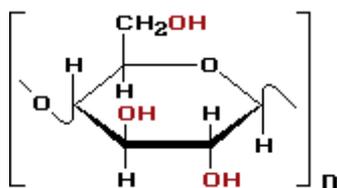
Сахароза, находясь в растворе, не вступает в реакцию "серебряного зеркала", так как не способна превращаться в открытую форму, содержащую альдегидную группу. Подобные дисахариды не способны окисляться (т.е. быть восстановителями) и называются *невосстанавливающими* сахарами. Существуют дисахариды, в молекулах которых имеется свободный полуацетальный гидроксил, в водных растворах таких сахаров существуют равновесие между открытой и циклической формами молекул. Эти дисахариды легко окисляются, т.е. являются *восстанавливающими*, например, мальтоза.



**Полисахариды** – это природные высокомолекулярные углеводы, макромолекулы которых состоят из остатков моносахаридов. Основные представители полисахаридов - крахмал и целлюлоза - построены из остатков одного моносахарида - глюкозы. Крахмал и целлюлоза имеют одинаковую молекулярную формулу:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , но совершенно различные свойства. Это объясняется особенностями их пространственного строения. Крахмал состоит из остатков  $\alpha$ -глюкозы, а целлюлоза - из  $\beta$ -глюкозы, которые являются пространственными изомерами и отличаются лишь положением одной гидроксильной группы (выделена цветом):



Цепи целлюлозы построены из остатков  $\beta$ -глюкозы и имеют линейное строение.



**Вопросы для самостоятельной подготовки:**

1. Продолжите определение: Углеводами называют органические соединения, имеющие \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Напишите общую формулу углеводов: \_\_\_\_\_

3. На какие группы можно разделить углеводы, в зависимости:

А) от числа остатков моносахаридов в молекуле

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_

Б) от числа атомов углерода в моносахариде

а) тетрозы \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

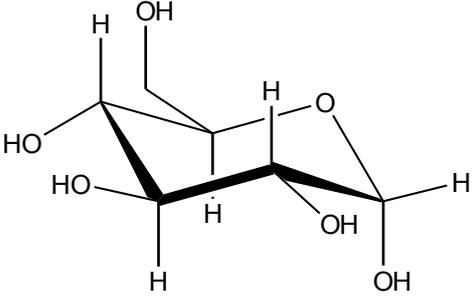
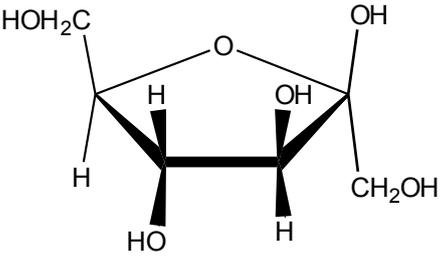
в) \_\_\_\_\_

4. Из каких остатков моносахаридов построена молекула сахарозы? Напишите структурную формулу.

\_\_\_\_\_

5. Напишите структурные формулы крахмала и целлюлозы.

6. На рисунке представлены циклические формы глюкозы и фруктозы. Напишите структурные формулы цепных форм этих моносахаридов.

 <p style="text-align: center;">глюкоза</p>	
 <p style="text-align: center;">фруктоза</p>	

### Экспериментальная часть

*Техника безопасности.* Углеводы не являются токсичными веществами. Соблюдайте технику безопасности при работе с анилином, концентрированными кислотами.

*Оборудование и реактивы:* фуксинсернистая кислота, 10 % раствор формальдегида, 10 % р-р глюкозы, 1% р-р глюкозы, 1% р-р фруктозы, реактив Фелинга, 1%- раствор сахарозы, 1% р-р мальтозы, 1% р-р крахмала, раствор Селиванова (раствор резорцина в разбавленной соляной кислоте), ксилоза (арабиноза )крист, раствор соляной кислоты (1:1), фильтровальная бумага, анилин, конц.уксусная кислота, спиртовки.

Водяная баня с температурой воды 80°C.

Опыт 1 . Реакции углеводов по карбоксильным группам.

а) реакция фуксинсернистой кислоты с формальдегидом и моносахаридами.

В две пробирки наливают по 1,5 мл раствора фуксинсернистой кислоты. В одну пробирку приливают 1 мл 10 % раствора формальдегида, в другую-1 мл 10 % раствора глюкозы. Через 5-10 мин. отметьте окраску пробирок на белом фоне.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

б) реакции моносахаридов с реактивом Фелинга

В две пробирки наливают по 2 см<sup>3</sup> 1% растворов глюкозы и фруктозы. В каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, встряхивают и нагревают верхние части пробирок до начинающегося кипения.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

в) реакции дисахаридов и полисахаридов с реактивом Фелинга (сравнение восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов).

Реакции с 1%-ными растворами сахарозы, мальтозы, крахмала проводят аналогично опыту 1б.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

Опыт 2. Цветные реакции на моносахариды.

а) реакция Селиванова на кетогексозы.

В две пробирки наливают по 2 см<sup>3</sup> раствора Селиванова (раствор резорцина в разбавленной соляной кислоте), затем в одну пробирку приливают 2 капли 1% раствора фруктозы, в другую – 2 капли 1% раствора глюкозы. Обе пробирки помещают в водяную баню с температурой воды 80°C и выдерживают при этой температуре 10 минут.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

б) реакция на пентозы с уксуснокислым анилином.

В пробирку помещают несколько крупинок ксилозы (арабинозы), приливают 2 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты (1:1). На полоску фильтровальной бумаги наносят 2 капли анилина и 2 капли уксусной кислоты. Бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят реакционную смесь.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции дегидратации пентозы : \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

### *Упражнения*

1. На какие группы подразделяются моносахариды? Дайте характеристику.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. В чём состоит отличие  $\alpha$  – и  $\beta$  – форм глюкозы. Поясните на примере.

\_\_\_\_\_

3. С помощью качественных реакций докажите, что глюкоза содержит альдегидную группу и несколько гидроксильных групп. Укажите внешние признаки этих реакций.

4. Заполните таблицу 5.1.

Таблица 5.1. Химические свойства глюкозы:

Представитель	Реагент	Продукт реакции
$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	CH <sub>3</sub> OH (HCl газ)	
	H <sub>2</sub> (Pt)	
	Ag <sub>2</sub> O	
	Cu(OH) <sub>2</sub>	
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> I	
	HNO <sub>3</sub> (разб.)	
	HCN	

5. Из каких остатков моносахаридов построены молекулы мальтозы и лактозы? Напишите их структурные формулы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### ТЕМА: АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

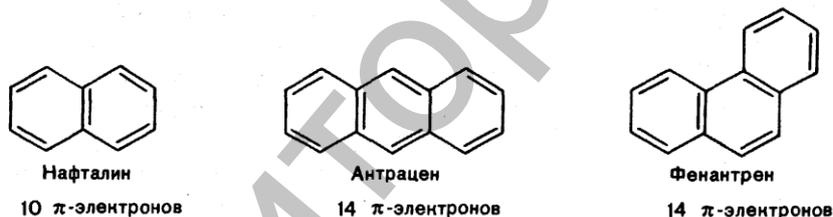
**Цель занятия:** систематизировать и углубить знания о классификации, номенклатуре, изомерии ароматических соединений, их электронном строении и химических свойствах.

Среди ароматических соединений наибольшее значение имеют вещества, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец. Структурным родоначальником этих веществ служит углеводород бензол  $C_6H_6$ . Углеводороды бензольного ряда носят общее название - *арены*.

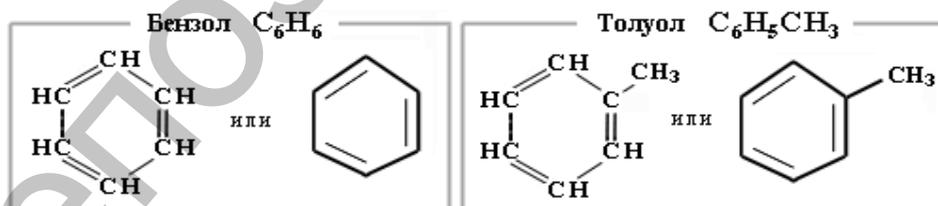
Совокупность свойств бензола принято называть проявлением ароматического характера, или ароматичности. В общем виде явление ароматичности было сформулировано немецким физиком Э.Хюккелем и известно как правило Хюккеля.

Согласно этому правилу, ароматические молекулы должны иметь плоское строение и число обобщенных  $\pi$ -электронов, равное  $4n + 2$ , где  $n=0,1,2,3$  и т.д. Только в этом случае молекула будет обладать ароматическим характером.

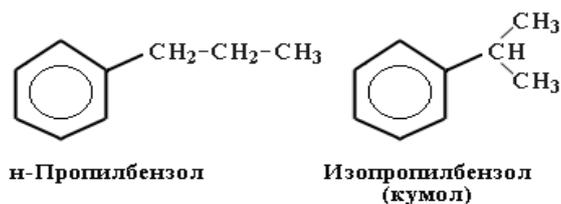
Число обобщенных  $\pi$ -электронов может быть 2,6,10,14 и т.д. Примерами служат выделяемые из каменноугольной смолы ароматические углеводороды - нафталин, антрацен, фенантрен. В них бензольные кольца сочленены между собой линейно (как антрацене) или нелинейно (как в фенантрене).



Главным представителем таких соединений является бензол  $C_6H_6$  и его многочисленные гомологи и производные.



Ближайшие гомологи бензола: толуол (метилбензол), ксилол (диметилбензол), этилбензол, стирол (винилбензол), кумол (изопропилбензол).

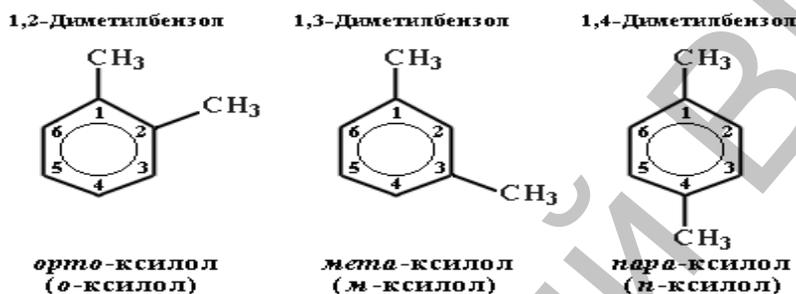


Общая формула ароматических углеводородов ряда бензола –  $C_nH_{2n-6}$  ( $n \geq 6$ ).

При отщеплении атома водорода от молекул ароматических углеводородов образуются ароматические радикалы общей формулы  $C_nH_{2n-7}$ , простейшие из которых – фенил  $C_6H_5-$  и бензил  $C_6H_5-CH_2-$ .

*Изомерия* в ряду бензола связана с взаимным расположением заместителей в кольце. Если в бензольном кольце только один заместитель, то такое соединение не имеет ароматических изомеров, так как все атомы в бензольном ядре равноценны. Существует только одно монометильное производное бензола – толуол (метилбензол).

Если с кольцом связаны два заместителя, то они могут находиться в трех разных положениях относительно друг друга. Положение заместителей указывают цифрами или обозначают словами: *орто* (*o-*), *мета* (*m-*), *пара* (*p-*):



*Строение бензола.* На основании современных знаний об электронном строении атома углерода молекула бензола имеет строение правильного шестиугольника, образованного шестью атомами углерода, расположенных в одной плоскости и связанных друг с другом  $\sigma$ -связями одинаковой длины -0,140 нм. Энергия связи углерод-углерод в молекуле бензола составляет 490 кДж/моль. Каждый атом углерода находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации и образует три  $\sigma$ -связи (две C - C и одну C - H). Валентные углы между  $\sigma$ -связями равны  $120^\circ$ . Негибридизованные  $p$ -электроны шести атомов углерода, находящиеся на  $p$ -орбиталях, оси которых перпендикулярны плоскости бензольного кольца, перекрываясь друг с другом образуют единое  $\pi$ -электронное облако, равномерно распределенное по кольцу (рис.4), причём эти электроны не связаны с каким-либо одним атомом углерода и могут перемещаться по кольцу. Поэтому двойные связи в бензоле обычно изображают кружком в центре шестичленного цикла.

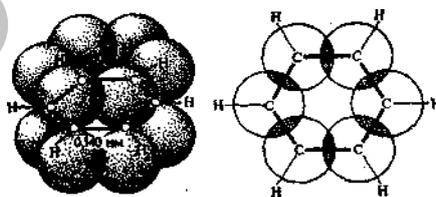


Рис. 4 . Взаимное перекрывание  $2p$ -орбиталей в молекуле бензола

Замкнутая цепь сопряжения, образованная шестью  $\pi$ -электронами бензола, обладает особой устойчивостью и является основным признаком ароматичности, обуславливающей все важнейшие свойства ароматических соединений.

Если в бензольном кольце имеется заместитель, то он нарушает равномерное распределение электронной плотности в кольце, и появляются положения с повышенной и пониженной электронной плотностью. Последующие заместители стремятся вступить в положения с повышенной плотностью. Таким образом, заместители в бензольном кольце определяют направление реакций замещения.

### Правила ориентации (замещения) в бензольном кольце

1. Заместители (ориентанты) первого рода:  $-OH$ ,  $-OR$ ,  $-OCOR$ ,  $-SH$ ,  $-NH_2$ ,  $-NHR$ ,  $-NaL$ . Они смещают электронную плотность в сторону кольца, ориентируя новый заместитель в *орто*- и *пара*-положения.

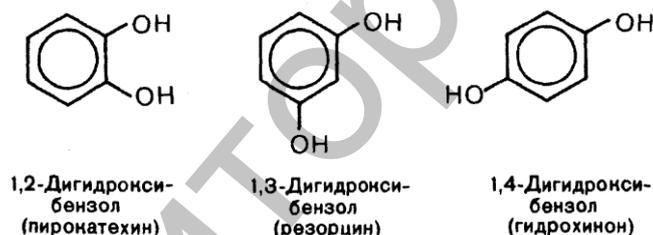
2. Заместители (ориентанты) второго рода:  $-NO_2$ ,  $-SO_3H$ ,  $-C\equiv N$ ,  $-COH$ ,  $-COOH$ ,  $-COOR$ ,  $-CCl_2$ . Эти заместители смещают электронную плотность от бензольного кольца, ориентируя вновь входящий заместитель в *мета*-положение.

Устойчивость системы двойных связей в бензоле приводит к тому, что реакции присоединения у аренов протекают в жёстких условиях и имеют меньшее значение. Их неопредельный характер не подтверждается типичными реакциями. Бензол не обесцвечивает бромную воду, т. е. не присоединяет бром; устойчив к действию окислителей, не изменяет окраски  $KMnO_4$  даже при нагревании. Для него наиболее характерны реакции *электрофильного замещения* ( $S_E$ ) атома водорода. Важнейшими реакциями *электрофильного замещения* являются: галогенирование, нитрование, сульфирование и алкилирование.

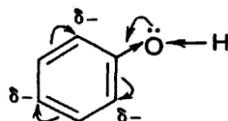
Производные ароматических углеводородов, молекулы которых содержат одну или несколько гидроксильных групп, соединённых с бензольным кольцом, называются *фенолами*.

Простейший представитель этого класса – фенол  $C_6H_5OH$ .

В зависимости от числа  $OH$ -групп различают одноатомные фенолы (на пример вышеприведенные фенол и крезолы) и многоатомные. Среди многоатомных фенолов наиболее распространены двухатомные:



Химические свойства фенолов определяются гидроксигруппой и связанным с ней бензольным ядром. Гидроксильная группа  $-OH$  является заместителем I рода, то есть она способствует повышению электронной плотности в бензольном кольце (особенно в *орто*- и *пара*-положениях). Это обусловлено тем, что одна из неподелённых пар электронов атома кислорода  $OH$ -группы вступает в сопряжение с  $\pi$ -системой бензольного кольца. Смещение неподелённой пары электронов атома кислорода в сторону бензольного кольца приводит к увеличению полярности связи  $O-H$ . Таким образом, имеет место взаимное влияние атомов и атомных групп в молекуле фенола. Это взаимное влияние отражается в свойствах фенола.



### Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Дайте определение ароматическим углеводородам. Назовите общую формулу ароматических углеводородов.

2. Укажите положение заместителей в бензольном кольце.

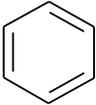
3. Какие правила замещения в бензольном кольце? Назовите ориентанты первого и второго рода.

4. Продолжите определение: *Фенолы* – это производные ароматических углеводородов, в молекулах которых \_\_\_\_\_

5. Почему фенолы более сильные кислоты, чем спирты?

6. Заполните таблицу 6.1.

Таблица 6.1. Химические свойства бензола и его гомологов.

Представитель	Реагент	Продукт реакции
	$\text{Br}_2$ ( $\text{FeBr}_3$ )	
	$\text{HNO}_3$ конц ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ конц, $t^\circ$ )	
	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{Cl}$ ( $\text{AlCl}_3$ )	
	$\text{O}_3$	
	$3\text{H}_2$	
	$3\text{Br}_2$ (свет)	
Этилбензол	$\text{Cl}_2$ ( $h\nu$ )	
	$\text{H}_2\text{SO}_4$ конц ( $\text{HNO}_3$ конц, $t^\circ$ )	

Толуол	[O]	
	Cl <sub>2</sub> (FeCl <sub>3</sub> )	

### Экспериментальная часть

*Техника безопасности:* Ароматические соединения токсичны. Они обладают способностью накапливаться в организме. Наиболее токсичным из ароматических углеводородов является бензол, который может вызывать лейкемию. Многие галогенопроизводные обладают раздражающим действием. Особо опасными являются ароматические нитросоединения. Все работы данного занятия необходимо вести *только под тягой !!!* Нейтрализация продуктов реакций. В связи с высокой токсичностью ароматических соединений и продуктов их превращений, их отрицательным воздействием на организм человека и окружающую среду, нейтрализацию продуктов реакций необходимо проводить **ТОЛЬКО ПОД ТЯГОЙ** в следующем порядке:

1. Вылить содержимое пробирки в банку для сбора отходов.
2. Ополоснуть пробирку водой и вылить в банку для сбора отходов.
3. Ополоснуть пробирку большим количеством нейтрализующего раствора и вылить в емкость для отходов.
4. Ополоснуть пробирку водой и вылить в банку для сбора отходов. Сложить пробирки в кристаллизатор.

*Оборудование и реактивы:* раствор толуола, раствора брома в четыреххлористом углероде, железные опилки, обратный воздушный холодильник, стеклянная палочка, конц. аммиак, синие лакмусовые бумажки, полоски фильтровальной бумаги, 5%-раствор перманганата калия 5% раствор (пирокатехина, гидрохинона, пиригаллола, галловая кислота), 5 % раствора хлорида железа (III), отвар лекарственных растений: толокнянки, чабреца, осинового коры, насыщенного раствора салициловой кислоты, 5 % р-р бромной воды.

Водяная баня с температурой воды 80°C.

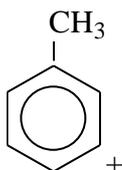
*Опыт 1.* Бромирование толуола.

В две пробирки помещают по 1 см<sup>3</sup> толуола. В каждую пробирку добавляют по 1 см<sup>3</sup> раствора брома в четыреххлористом углероде. В одну пробирку добавляют на кончике шпателя немного железных опилок. Пробирки закрывают пробками с обратными воздушными холодильниками и нагревают на водяной бане. Затем подносят к концам трубок стеклянную палочку в концентрированном аммиаке.

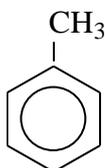
Подносят влажные синие лакмусовые бумажки к отверстиям воздушных холодильников. Через 5-10 мин нагревание прекращают. Каплю содержимого из каждой пробирки помещают на отдельные полоски фильтровальной бумаги и после подсушивания на воздухе осторожно нюхают. Обратите внимание на различный запах продуктов.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции:



Уравнение реакции:



Вывод: \_\_\_\_\_

*Опыт 2.* Окисление толуола.

В пробирку помещают 1 см<sup>3</sup> 5%-ного раствора перманганата калия и 1 см<sup>3</sup> 10% серной кислоты. Затем в пробирку прибавляют 1 см<sup>3</sup> толуола. Смесь нагревают с обратным воздушным холодильником на водяной бане.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции:

Будет ли окисляться в аналогичных условиях бензол? Вы-

вод: \_\_\_\_\_

*Опыт 3.* Реакции OH групп фенолов с хлоридом железа.

а) реакции с фенолами.

В пробирки наливают 0,5-1 см<sup>3</sup> 5%-ных растворов следующих фенолов: пирокатехина, гидрохинона, пирогаллола, галловая кислота, а затем прибавляют несколько капель 5% раствора хлорида железа (III). Данная реакция является качественной реакцией на фенольный гидроксид. Запомните окраску, характерную для каждого фенола.

Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Уравнение реакции с фенолом:

Вывод: \_\_\_\_\_

б) реакции с фенольными группами лекарственных растений.

В пробирки наливают по 0,5-1 см<sup>3</sup> отваров следующих лекарственных растений: толокнянки, чабреца, осинового коры, и др. соединений. Затем прибавляют несколько капель 5% раствора хлорида железа (III).

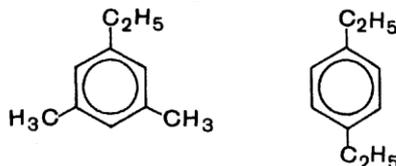
Что наблюдаете? \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

### Упражнения

1. Напишите структурные формулы: а) 1-метил-3-пропилбензола и б) 1-метил-2,3-диэтилбензола.

2. Назовите следующие ароматические углеводороды:



3. Напишите уравнения реакций окисления перманганатом калия:

а) метилбензола;

---

б) 1,4-диметилбензола;

---

в) этилбензола.

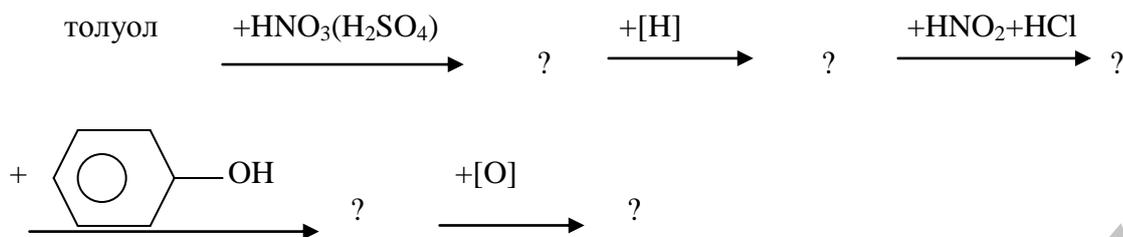
---

4. Перечислите химические свойства фенолов, обусловленные гидроксильной группой (А) и бензольным ядром (Б). Приведите примеры химических реакций.

А)

Б)

5. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения, укажите условия реакций и назовите вещества, участвующие в реакциях:



### **Решение экспериментальных задач на распознавание органических веществ**

**Цель:** закрепить знания о свойствах важнейших органических веществ, их качественных реакциях, способах их получения и совершенствовать экспериментальные умения и навыки по получению, качественному определению и доказательству химических свойств органических веществ.

#### **Алгоритм по распознаванию органических веществ.**

1. Определить цель работы.
2. Составить план эксперимента.
3. Определить вещества на основании качественных реакций, т.е. доказать экспериментально наличие в органических веществах кратных связей и тех или иных функциональных групп.
4. Записать уравнения реакций согласно эксперименту и теоретическим рассуждениям.
5. Сделать выводы на основании наблюдений согласно поставленной цели.
6. Соблюдать технику безопасности при проведении химического эксперимента.

#### **Варианты экспериментальных задач**

1. В двух пронумерованных пробирках находятся растворы формальдегида и глюкозы. Определить, в какой пробирке находится каждое из исследуемых веществ.
2. В трех пробирках находятся растворы этиленгликоля, уксусного альдегида и ацетона. Каким образом можно определить, где какое вещество? Напишите уравнения соответствующих реакций.
3. В двух пронумерованных пробирках находятся растворы глюкозы и фруктозы. Определить, в какой пробирке находится каждое из исследуемых веществ.
4. Как с помощью качественных реакций различить водные растворы фенола, этанола, и глицерина. Приведите план распознавания веществ и напишите уравнения реакций.
5. В двух пронумерованных пробирках находятся растворы глюкозы и сахарозы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ I.

### Номенклатура и изомерия органических соединений

*Номенклатура* – система названий химических элементов и соединений, четко обозначающая их состав и структуру.

Номенклатура служит для того, чтобы по названию органического соединения можно было легко написать его структурную формулу и, наоборот, назвать словами органическое соединение, изображенное формулой строения.

При построении названия органического соединения следует учитывать существование нескольких типов номенклатур, в частности *тривиальной* (исторически сложившейся) и систематической номенклатуры основанные на определенной системе.

*Рациональная (радикально-функциональная)* номенклатура. Рациональная номенклатура используется довольно широко и в настоящее время для названия простейших органических веществ, так как наглядно передает их строение.

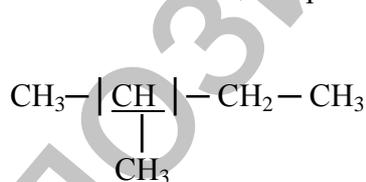
*Заместительная (систематическая, международная, ИЮПАК)* номенклатура. Названия органических соединений составляются по правилам, которые разработаны Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC), и названы правилами ИЮПАК.

*Алгоритм построения названия органического соединения по радикально-функциональной номенклатуре:*

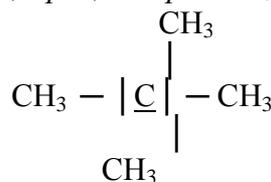
1. *Выбрать основу.* За основу принимается название простейшего члена гомологического ряда (метана, этилена, ацетилен, уксусного альдегида, уксусной кислоты и т.д.), а остальные члены гомологического ряда рассматриваются как его производные.

2. *Назвать окружающие основу заместители.* В качестве заместителей выступают углеводородные остатки, функциональные группы (не входящие в состав основы).

3. *Составить название,* начиная с названия заместителей от более простых к более сложным и заканчивая названием основы. Количество одинаковых заместителей обозначают с помощью приставок *ди-, три-, тетра-* и т.д.



диметилэтилметан



тетраметилметан



метилэтилен



метилэтилацетилен



диметилкетон (ацетон)

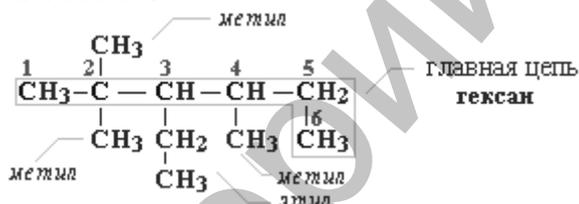
*Обобщенный алгоритм построения названия органических соединений по международной систематической заместительной номенклатуре (ИЮПАК):*

Строится на основе принципа замещения атомов водорода главной (родоначальной) углеводородной цепи на функциональную группу (позволяет отнести соединение к определенному классу) и заместителя. Название органического соединения состоит из названия главной цепи, образующего корень слова, и названий заместителей, используемых в качестве приставок или суффиксов.

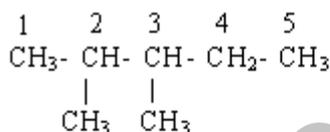
1. *Определить самую длинную цепочку (главную цепь).* При этом в цепочку должны попасть кратные связи, кислород- и азотсодержащие заместители (если они есть).

2. Пронумеровать атомы углерода главной цепи так, чтобы нумерация начиналась с того конца главной цепи, который ближе к самому старшему из заместителей. Кислород- и азотсодержащие заместители старше углеводородных заместителей. При наличии одновременной двойных и тройных связей начало нумерации определяет двойная связь.
3. Составить название, включающее название главной цепи, названия заместителей и суффикс, характерный для данного класса:
  - а) название главной цепи соответствует названию нормального предельного углеводорода с тем же числом атомов углерода;
  - б) название главной цепи заканчивается суффиксом, характерным для данного класса: -ан, -ен, -диен, -ол, -аль и др;
  - в) название заместителей – характеристических групп, не употребляемых в суффиксах, а также углеводородных заместителей, перечисляются в алфавитном порядке. Если группа встречается два, три и т.д. раз, то перед соответствующим обозначением ставится греческое числительное «ди», «три», «тетра».
  - г) положение заместителей в главной цепи - указывают номера углеродных атомов главной цепи, с которыми связаны соответствующие заместители, через запятую в порядке возрастания.

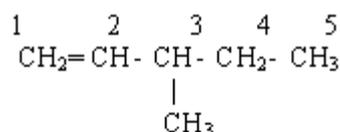
Пример построения названия:



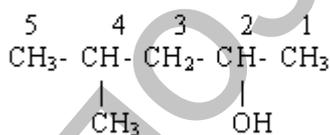
2,2,4-триметил-3-этилгексан



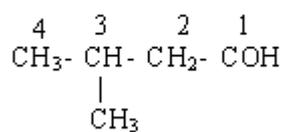
2,3-диметилпентан



метилпентен-1



4-метилпентанол-2



3-метилбутаналь

Существование соединений одинакового состава, но с разным строением называется *изомерией*, а сами вещества – *изомерами*.

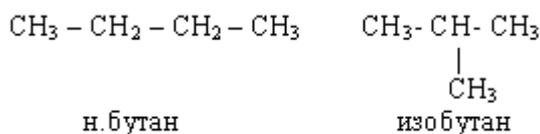
Изомеры – это неидентичные вещества с одинаковым качественным и количественным составом (молекулярной формулой).

Выделяют структурную и пространственную (стерео-) изомерию.

*Структурная изомерия* обусловлена наличием изомерных соединений обладающих разными свойствами.

Структурные изомеры могут отличаться:

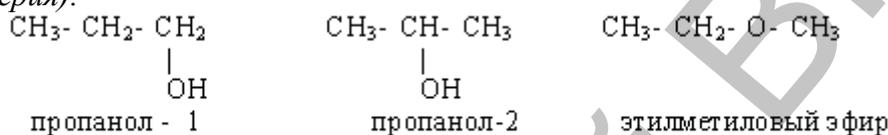
- а) по строению углеродной цепи (углеродного скелета), например, бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  имеет два изомера:



б) по положению кратных связей и функциональных групп: например, изомеры  $\text{C}_4\text{H}_8$  отличаются положением двойной связи:



в) по принадлежности к различным классам органических соединений (межклассовая изомерия):



При написании структурных формул изомеров следует:

- записать все возможные углеродные скелеты (нормальный и разветвлённый), отвечающие по составу молекулярной формуле;
- в каждом углеродном скелете в различных местах проставить соответствующие функциональные группы или кратные связи;
- заполнить атомами водорода недостающие валентности атомов углерода.

Пространственные изомеры (стереоизомеры) отличаются (только) пространственным строением. При этом они имеют одинаковую структуру (и по определению изомеров - одинаковую молекулярную формулу). Примером является *цис*-, *транс*- изомеры алкенов с разными заместителями по концам двойной связи.



*Цис*- и *транс*- алкены относятся к  $\pi$ -диастереомерам, у которых явление изомерии связано с невозможностью вращения относительно двойной связи. При этом обязательным условием существования заместителей является наличие попарно различных заместителей у концов двойной связи. Изомеры, у которых оба заместителя расположены по одну сторону этой плоскости, называются *цис*-формой, *транс*-формой - у которых оба заместителя расположены по разные стороны.

**ПРИЛОЖЕНИЕ II.**  
**Качественные реакции на органические вещества**

<b>Определяемые вещества</b>	<b>Реагенты</b>	<b>Внешние признаки</b>
Алкены, алкадиены, алкины	Бромная вода (Br <sub>2</sub> ) KMnO <sub>4</sub> (раствор)	Обесцвечивание Обесцвечивание
Алкины с терминальным расположением тройной связи и ацетилен	Аммиачный раствор Ag <sub>2</sub> O CuCl (аммиачный р-р)	Слабо-желтый осадок Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (опасен!) Красный осадок Cu <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
Спирты: - одноатомные  - многоатомные	а) CuO (на медной проволоке) б) Насыщенный р-р иода, р-р NaOH (иодоформенная проба)  в) хромовая смесь Cu(OH) <sub>2</sub> (свежий осадок)	Медный блеск и запах альдегида. Светло-желтые мелкие кристаллы со специфическим запахом Зелёный раствор Синий раствор
Альдегиды	Аммиачный раствор Ag <sub>2</sub> O  Cu(OH) <sub>2</sub> (свежеосажденный) Фуксинсернистая кислота	Реакция «серебряного зеркала» (при нагревании)  Красный осадок Cu <sub>2</sub> O Розово-фиолетовое окрашивание
Карбоновые кислоты	Индикатор (лакмус) NaHCO <sub>3</sub>	Красный цвет Выделение CO <sub>2</sub>
Уксусная кислота	Раствор FeCl <sub>3</sub> Обнаруживается по запаху	Раствор красного цвета Запах уксуса
Муравьиная кислота	Аммиачный раствор Ag <sub>2</sub> O Cu(OH) <sub>2</sub> (свежеосажденный)	Реакция «серебряного зеркала» (при нагревании) Красный осадок Cu <sub>2</sub> O (при нагревании)
Непредельная карбоновая кислота	Бромная вода (Br <sub>2</sub> ) KMnO <sub>4</sub> (раствор)	Обесцвечивание Обесцвечивание
Амины(первичные)	Азотистая кислота	Бурное газообразование и вспенивание. Бледно-фиолетовое окрашивание
Аминокислоты	Нингидрин	
Бензол	Нитрующая смесь (1 объем HNO <sub>3</sub> и 3 объема H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Тяжелая светло-желтая нерастворимая в воде жидкость с запахом горького миндаля
Толуол	KMnO <sub>4</sub> (розовый р-р)	Обесцвечивание
Фенолы	а) Светло-желтый р-р FeCl <sub>3</sub> б) бромная вода (Br <sub>2</sub> )	Фиолетовый раствор Бледно-желтый осадок

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

- 1) Степин, С.Г. Лабораторные занятия по органической химии / С.Г. Степин. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова, 2009.
- 2) Тюкавкина, Н.А. Органическая химия: учебник для вузов в 2 кн. / Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2002, 2008.
- 3) Грандберг, И.И. Органическая химия / И.И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2001.
- 4) Терней А. Современная органическая химия / в 2 т.; пер. с англ. – М., Мир, 1981.
- 5) Иванов, В.Г. Органическая химия / В.Г. Иванов, В.А. Горленко, О.Н. Гева. – М.: Академия, 2003.
- 6) Ким А.М. Органическая химия. – М., 2002.

### Дополнительная

- 1) Лахвич, Ф.Ф. Удивительный мир органической химии: пособие для учащихся / Ф.Ф. Лахвич, О.М Травникова. – Мн.: «Адукацыя и выхаванне», 2010.
- 2) Тюкавкина, Н.А., Биоорганическая химия / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Медицина, 1991.
- 3) Тейлор Г. Основы органической химии. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989.
- 4) Вайзман Ф. Основы органической химии. – СПб, 1995.
- 5) Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии / пер. с англ. – М.:Химия, 1991.
- 6) Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия / пер. с англ. – М.: Мир, 1974.