

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 1-36 07 02
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 547
ББК 24
О46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «30» января 2021 г.,
протокол № 7

Составитель канд. биол. наук, доц. И. А. Лисовая

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Благодарная

В методических рекомендациях изложены темы практических занятий и вопросы для самопроверки. Методические рекомендации дополняют лекционный курс, позволяют студентам глубже усвоить материал и подготовиться к промежуточной и итоговой аттестации.

Учебно-методическое издание

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ответственный за выпуск Д. И. Якубович

Корректор И. В. Голубцова

Компьютерная верстка Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение.....	4
1 Электронное строение атома углерода. Виды химической связи..	5
1.1 Валентные состояния атома углерода	5
1.2 Природа и типы химической связи в органической химии.....	7
2 Номенклатура алканов. Составление формул, химических реакций	8
3 Химические свойства алкенов и алкинов. Составление химических реакций.....	11
3.1 Алкены.....	11
3.2 Алкины.....	14
4 Диеновые углеводороды. Классификация, особенности строения, химические свойства. Понятие о полимерах.....	16
5 Классификация, номенклатура и изомерия аренов. Составление реакций электрофильного замещения, окисления и восстановления в боковой цепи.....	18
6 Галогеналканы. Номенклатура. Химические свойства. Цепочки превращений.....	22
7 Кислородсодержащие органические соединения.....	25
7.1 Альдегиды и кетоны. Строение. Химические свойства.....	25
7.2 Карбоновые кислоты.....	29
7.3 Алифатические карбоновые кислоты.....	29
Список литературы.....	32

Введение

Органическая химия – это наука, изучающая соединения углерода. Атомы химического элемента – углерод, обладая способностью образовывать между собой прочные связи, «выстраивают» т. н. углеродные скелеты – прямые и разветвленные цепи, различные циклы, объемные структуры бесчисленного множества молекул. В настоящее время насчитывается 16 млн органических веществ.

Колоссальное разнообразие и специфичность свойств органических соединений привели к тому, что успехи органической химии стали существенно влиять на развитие уже сложившихся химических дисциплин (неорганическая, аналитическая, физическая химия, биохимия) и способствовать возникновению новых (полимерные материалы, наноматериалы, искусственная пища, биоорганическая химия и молекулярная биология). Практическая важность органических соединений определила возникновение и развитие многих специальных разделов органической химии (химия красителей, лекарственных, взрывчатых и душистых веществ, средств защиты растений, топлив, конструкционных материалов и т. д.).

Учебный материал изложен по единому плану.

1 Определение данного класса соединений.

2 Номенклатура.

3 Изомерия.

4 Физические и химические свойства.

5 Отдельные представители.

Изучение дисциплины «Органическая химия» способствует накоплению студентами инженерных специальностей определенного комплекса знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в их профессиональной деятельности.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся познает теорию А. М. Бутлерова; строение и реакционные способности органических соединений; способы получения органических соединений. Научится доказывать с помощью химических реакций химические свойства веществ органической природы; идентифицировать органические вещества по физико-химическим свойствам; классифицировать органические вещества по кислотно-основным свойствам; составлять формулы органических соединений и давать им названия, а также овладеет навыками проведения эксперимента, навыками анализа экспериментальных данных.

1 Электронное строение атома углерода. Виды химической связи

1.1 Валентные состояния атома углерода

Для атома углерода возможны три валентных состояния с различными типами гибридизации.

Первое валентное состояние атома углерода (sp^3 -гибридизация).

Валентное состояние атома углерода в метане определяет геометрическую форму – архитектуру молекулы. Связи С–Н образуются за счет перекрывания sp^3 -гибридных орбиталей атома углерода и s -орбиталей атомов водорода (рисунок 1.1). Центры ядер водородных атомов лежат в вершинах правильного тетраэдра, величина угла между связями Н–С–Н (валентный угол) составляет $109^{\circ}28'$. Все связи в молекуле метана относятся к σ -виду.

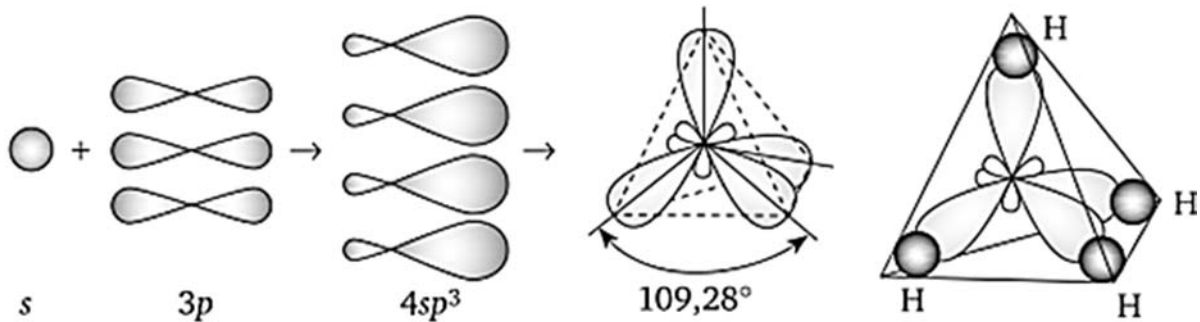


Рисунок 1.1 – Sp^3 -гибридизация орбиталей атома углерода и строение молекулы метана

В sp^3 -гибридизации находятся не только алканы, но и алмаз – полимер состава $(C)_n$.

Второе валентное состояние атома углерода (sp^2 -гибридизация).

Sp^2 -гибридизация – результат смешения одной $2s$ - и двух $2p$ -орбиталей. При этом образуются три гибридные орбитали, симметричные относительно одной плоскости. Оси симметрии указанных гибридных орбиталей располагаются под углом 120° друг к другу. Третья $2p$ -орбиталь, не принимающая участия в гибридизации, сохраняет свою прежнюю форму, и ее ось симметрии перпендикулярна плоскости симметрии гибридных орбиталей. Этот тип гибридизации характерен для углерода, связанного двойной связью (непредельные углеводороды ряда этилена, графит), как показано на рисунках 1.2 и 1.3.

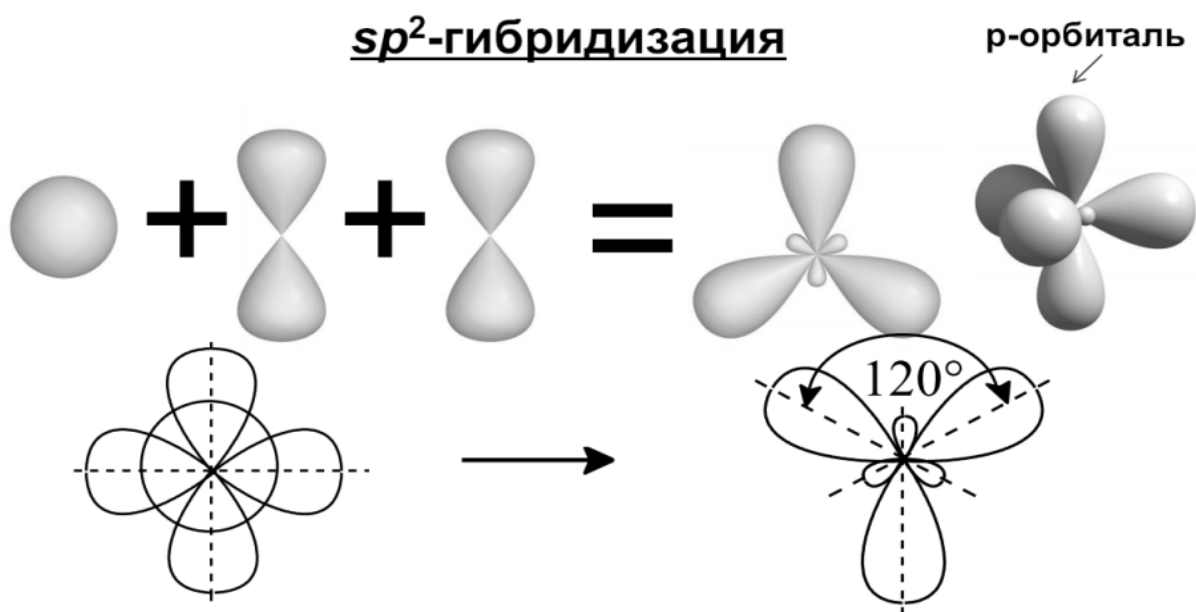


Рисунок 1.2 – Sp^2 -гибридизация орбиталей атома углерода

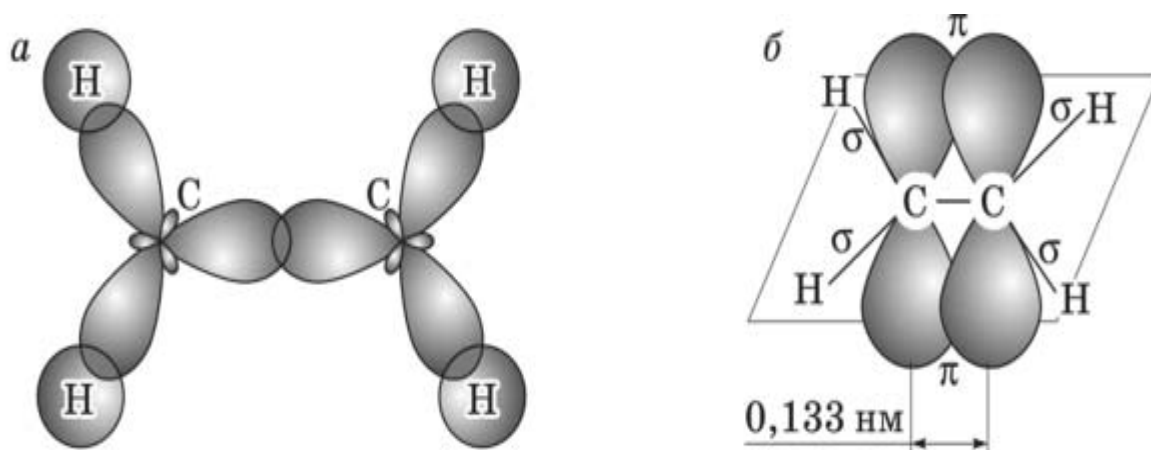


Рисунок 1.3 – Строение молекулы этилена

Третье валентное состояние углерода (sp -гибридизация).

При смешивании $2s$ и одной $2p$ АО образуются две гибридные орбитали, симметричные относительно осевой линии с образованием валентных углов 180° (рисунок 1.4). Остальные $2p$ -орбитали не участвуют в гибридизации и расположены таким образом, что их оси симметрии взаимно перпендикулярны.

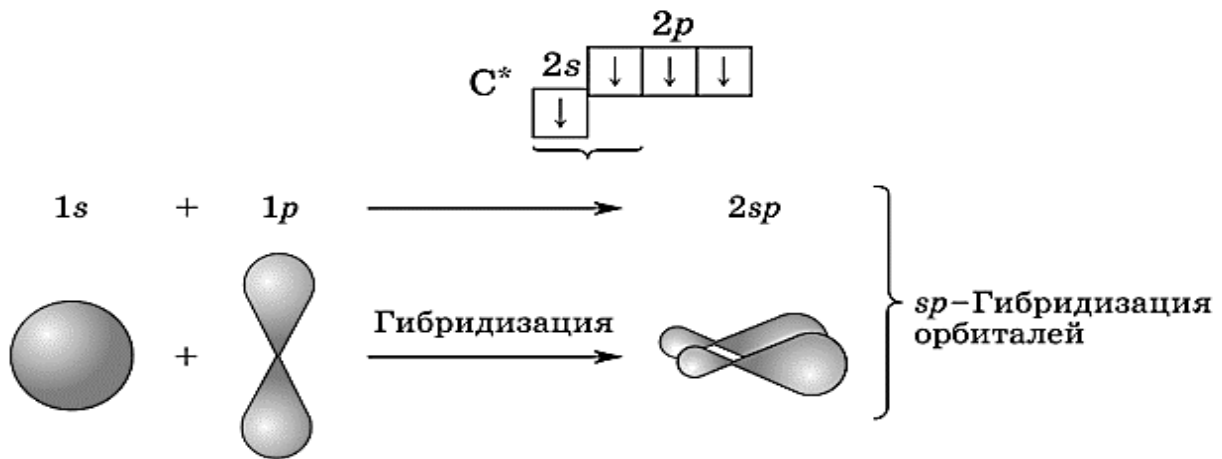
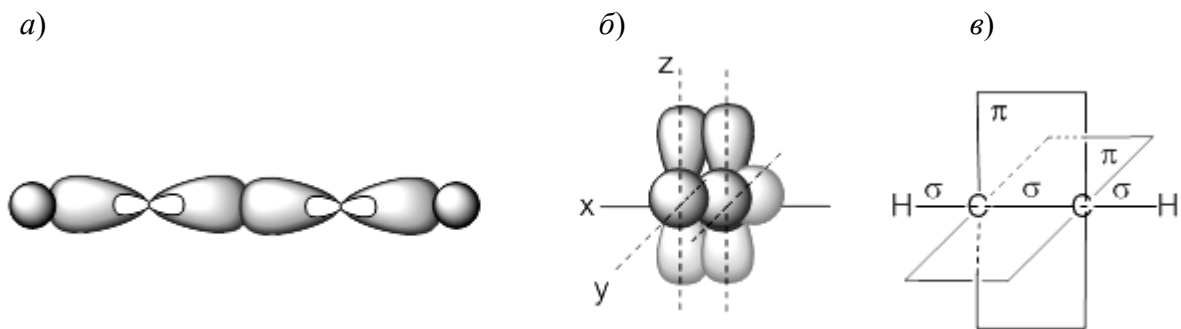


Рисунок 1.4 – sp -гибридизация орбиталей атома углерода

При таком типе гибридизации углерод находится в третьем валентном состоянии. Эта гибридизация характерна для атомов углерода, связанных тройной связью (непредельные углеводороды ряда ацетилена, карбин) (рисунок 1.5).



a – σ -связи; *б* – π -связи; *в* – взаимное расположение плоскостей π -связей

Рисунок 1.5 – Молекула ацетилена

1.2 Природа и типы химической связи в органической химии

Ковалентная связь – наиболее распространенный тип химической связи в органической химии. Она образуется при перекрывании атомной орбитали (АО) одного атома с АО другого.

В предельных углеводородах, в которых атом углерода находится в состоянии sp^3 -гибридизации, имеются только σ -связи. Если в образовании химической связи одновременно участвуют гибридные и негибридизованные АО одного атома, такую химическую связь называют кратной. Она может быть двойной (в случае двух пар электронов) или тройной (с участием трех пар электронов).

Кратные связи состоят из одной σ -связи и одной или двух π -связей.

При образовании двойной связи σ -связь образуется в результате перекрывания sp^3 -гибридных АО, а π -связь – негибридизованных $2p$ -АО. Электроны, принимающие участие в образовании π -связей, называют π -электронами.

Двойная углерод-углеродная связь характерна для этиленовых углеводородов, а тройная – для ацетиленовых.

Важную роль в химии органических соединений играет водородная связь, возникающая между атомами, имеющими свободную электронную пару (например, кислород, азот, сера и др.), и водородом, который связан с другим атомом высокополярной ковалентной связью (например, O–H).

Водородная связь обуславливает ассоциацию молекул, поэтому для таких веществ характерны более высокие температуры кипения и плавления, наблюдается изменение растворимости и электрической проводимости и т. д.

2 Номенклатура алканов. Составление формул, химических реакций

В классификации алифатических углеводородов алканы занимают следующее место (рисунок 2.1).

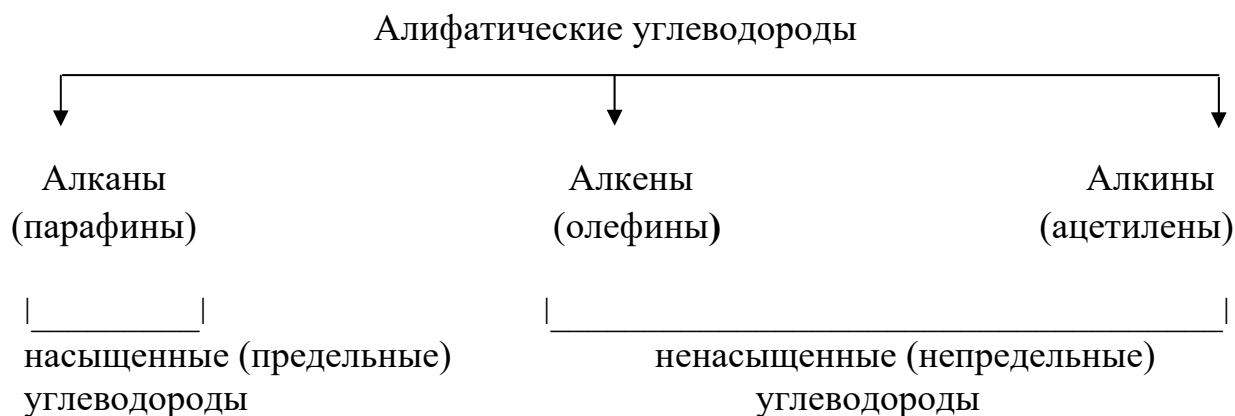


Рисунок 2.1 – Классификация алифатических углеводородов

Алканы ($C_nH_{(2n+2)}$) – углеводороды, в молекулах которых атомы углерода соединены в прямые или разветвленные цепи одинарными связями.

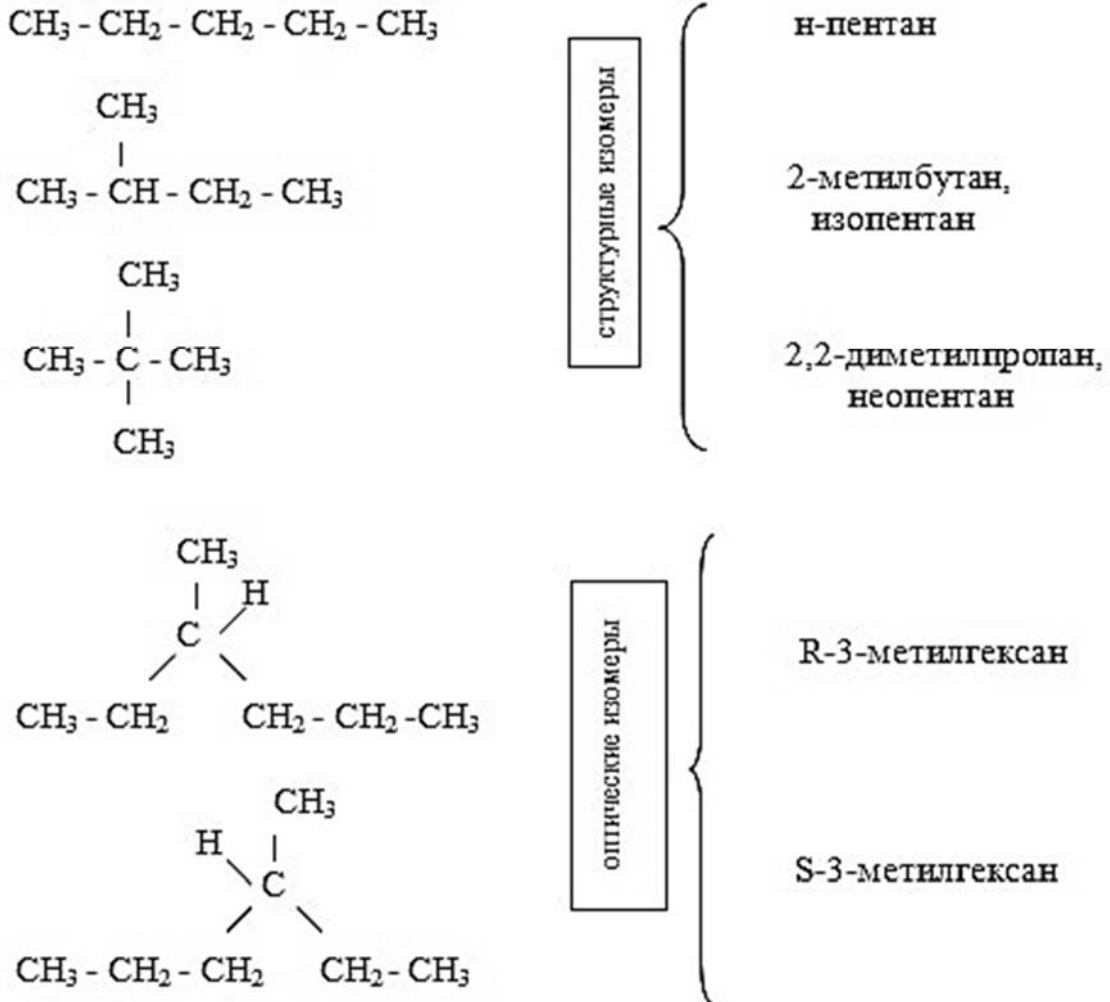
Номенклатура.



Вспомним, что в органической химии одной эмпирической формуле (формуле, показывающей, сколько атомов углерода, водорода и других элементов содержит молекула вещества) может соответствовать несколько структурных формул – изомеров. Изомеры – это вещества, молекулы которых имеют одинаковый состав, но разное строение.

Эмпирическая формула соединений выводится на основе данных элементного анализа и молекулярной массы. Структурную формулу можно вывести, только изучив свойства вещества.

Изомерия.



Физические и химические свойства алканов.

Алканы с числом атомов углерода (при н. у.):

- от 1 до 4 – газы;
- от 5 до 16 – жидкости;
- свыше 16 – твердые вещества.

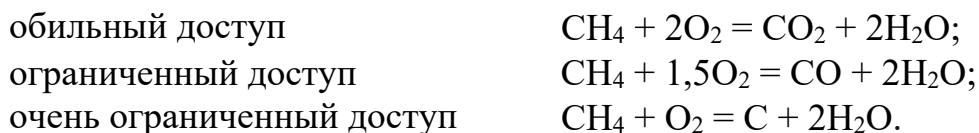
В гомологическом ряду алканов:

- температуры плавления возрастают;
- температуры кипения возрастают.

Разность в температурах кипения между алканами с $n = 1$ и $n = 2$ равна 73°C , а между алканами с $n = 9$ и $n = 10$ равна 25°C , поэтому высшие алканы разделить перегородкой труднее, чем низшие. Алканы легче воды и не растворяются в ней, но растворяются в органических растворителях (этиловый спирт, диэтиловый эфир).

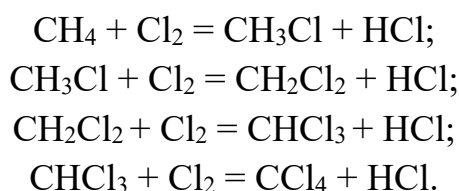
Алканы обладают сравнительно низкой химической активностью. Для них характерны реакции замещения и горения. Эти реакции осуществляются по радикальному механизму. При крекинге алканов происходит разрыв С–С связей в молекулах алканов с длинными цепями и образуются менее длинные молекулы алканов и алкенов.

Горение метана в зависимости от доступа воздуха:

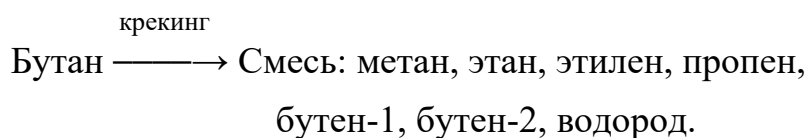


Фотохимическая цепная реакция замещения хлором осуществляется в три стадии: инициирование; развитие цепи; обрыв цепи.

Суммарные реакции имеют вид:



Термический крекинг (или пиролиз) алканов происходит при 450 °С...700 °С по цепному механизму с участием различных радикалов.



Каталитический крекинг алканов происходит при 400 °С...500 °С при наличии катализатора. В отличие от термического, каталитический крекинг происходит по ионному механизму, продуктом также является смесь алкенов.

Отдельные представители.

Метан (CH_4) – при н. у. бесцветный газ, без запаха, малорастворимый в воде, основной компонент природного газа используется в качестве промышленного и бытового топлива, является сырьем в химической промышленности для получения сажи, ацетилена, хлороформа, метилового спирта и т. д.

Этан (C_2H_6) – при н. у. бесцветный газ, без запаха, добывают из нефтяных скважин, является сырьем в синтезе этилена.

Пропан (C_3H_8), *бутан* (C_4H_{10}) – при н. у. бесцветные газы, без запаха, легко сжижаются, основные компоненты транспортируемого в баллонах сжиженного газа – сырье в химической промышленности для получения пропилена, бутадиена.

Вазелиновое масло – смесь алканов с $n < 15$, бесцветная маслянистая жидкость без запаха и вкуса, не растворимая в воде, используется в медицине, фармации, в парфюмерно-косметической промышленности.

Парафин – смесь длинноцепочечных углеводородов с $n = 19...35$, белое твердое мелкокристаллическое вещество, без запаха и вкуса, не растворяется в воде, $t_{пл} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}...57\text{ }^{\circ}\text{C}$, используется в фармации как основа для приготовления мазей, в медицине для лечения теплом, является сырьем в химической промышленности.

Вопросы для самопроверки

1 В чем заключаются основные положения теории строения органических соединений?

2 Что такое гомологические ряды? Их значение в органической химии.

3 Что такое изомерия? Напишите изомеры гексана.

4 Что называется первичным, вторичным, третичным и четвертичным углеводородными атомами?

5 Какие реакции свойственны предельным углеводородам?

3 Химические свойства алкенов и алкинов. Составление химических реакций

3.1 Алкены

Алкены (C_nH_{2n}) – углеводороды, молекулы которых содержат в незамкнутой углерод-углеродной цепи одну двойную связь.

Номенклатура.

	Корень	+	Суффикс	
$CH_2=CH_2$	э			= этен, этилен
$CH_3-CH=CH_2$	проп	+	ЕН	= пропен, пропилен
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	бут			= бутен, бутилен
...

гомологический ряд

{

Изомерия.

В гомологическом ряду алкенов благодаря наличию двойной связи появляется уже несколько видов изомерии.

А. Изомерия цепи углеродных атомов (скелетная изомерия).

Б. Изомерия положения двойной связи.

В. Пространственная – геометрическая или цис- и трансизомерия.

Геометрические изомеры различаются пространственным расположением заместителей по отношению к двойной связи. Если одинаковые заместители

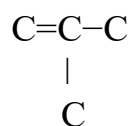
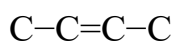
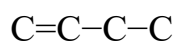
расположены по одну сторону плоскости двойной связи, то изомеры называются цис-, если по разные стороны, то трансизомерами.



Выведение структурных формул изомерных алкенов начинают с построения всех возможных цепей углеродного скелета. Так, для алкенов общей формулы C_4H_8 можно построить две цепи ($\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$ и $\text{C}-\text{C}-\text{C}$).



Затем в каждую углеродную цепь вставляют двойные связи в разные положения:



После этого к атомам углерода приписывают атомы водорода. Если оба атома углерода, участвующие в образовании двойной связи, имеют разные заместители, изображают цис- и трансизомеры.

В соответствии с правилами ИЮПАК при построении названий алкенов наиболее длинная углеродная цепь, содержащая двойную связь, получает название соответствующего алкана, в котором суффикс -ан заменен на -ен. Нумерация начинается с конца цепи, ближе к которому находится двойная связь.

В рамках ИЮПАК разрешается применение ряда тривиальных названий: этилен, пропилен, изобутилен, винил и др.

Изучая алкены, нужно знать, что их химические свойства определяются прежде всего наличием π -связи. Эти соединения проявляют непредельный характер, т. е. легко вступают в реакции присоединения с разрывом π -связи.

Алкены в небольших количествах встречаются в нефти некоторых месторождений.

Физические и химические свойства.

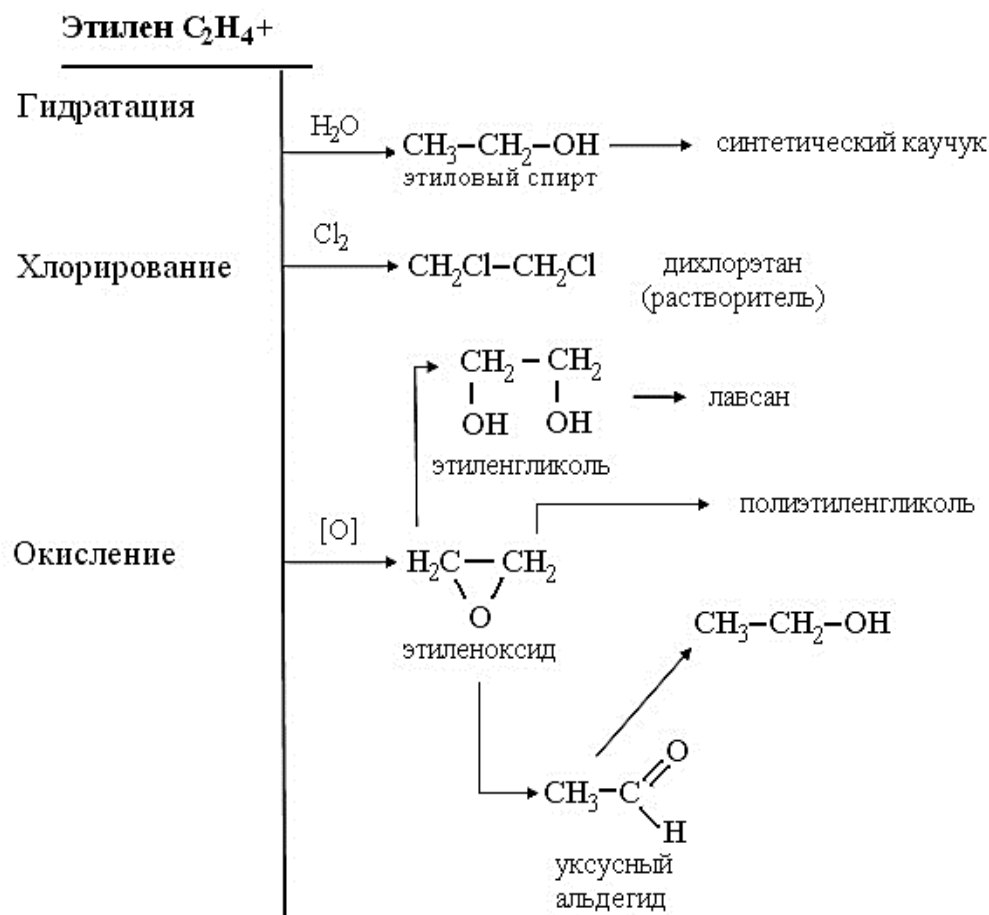
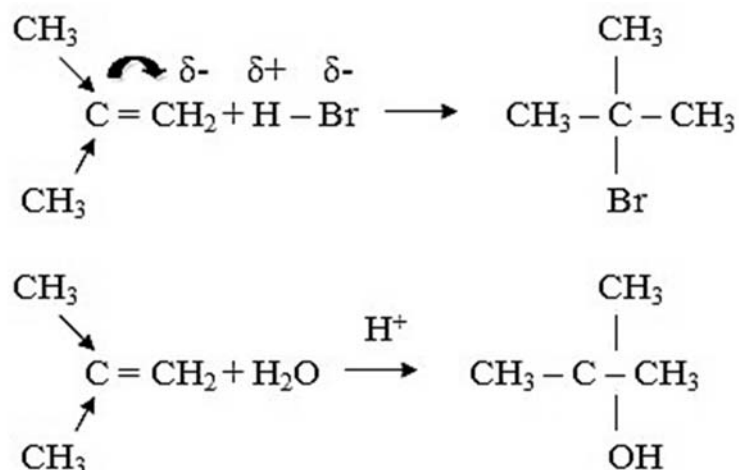
Алкены с числом атомов углерода (при н. у.):

- от 2 до 4 – газы;
- от 5 до 15 – жидкости;
- свыше 15 – твердые вещества.

Алкены имеют несколько более низкие температуры плавления и кипения, чем соответствующие им алканы.

Алкены обладают намного большей реакционной способностью, чем алканы. Это связано со способностью π -электронов двойной связи взаимодействовать с электрофильными реагентами – электрофильное присоединение по двойной связи. Причем многие из этих реакций протекают по ионному механизму.

Правило Марковникова. При взаимодействии галогеноводородов и родственных им соединений с несимметричными алкенами атом водорода присоединяется по месту двойной связи к более гидрогенизированному атому углерода, т. е. атому углерода, содержащему большее число атомов водорода.



Для алкенов также характерны реакции полимеризации.

Отдельные представители.

Этилен (C_2H_4) – бесцветный газ, со слабым запахом, мало растворим в воде, с воздухом образует взрывчатые смеси, горит коптящим пламенем, важнейшее сырье в химической промышленности для получения этилового спирта, этиленгликоля, уксусного альдегида, полиэтилена и др.

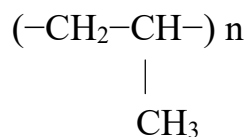
Пропилен (C_3H_6) – бесцветный газ, со слабым запахом, широко используется в органическом синтезе для получения изопропилового спирта, глицерина, ацетона, полипропилена и др.

Полиэтилен $(-CH_2-CH_2-)_n$ бывает двух видов:

– высокого давления получают при температуре 320 °С, давлении 120...320 МПа, инициаторы – пероксиды или кислород;

– низкого давления получают при температуре 95 °С, давлении 5 МПа, катализатор – соединения титана – используется для производства тары, труб, пленки, антикоррозийных покрытий.

Полипропилен



используется для производства волокон, емкостей, труб, деталей.

Вопросы для самопроверки

1 Какие углеводороды называются этиленовыми?

2 Напишите структурные формулы 2-метилбутен-1, 2-метилбутен-2, 3-метилбутен-1. Изомерами какого углеводорода они являются?

3 В чем заключается правило Марковникова? Напишите уравнение реакции взаимодействия пропена с HCl.

4 Особенности окисления алкенов в нейтральной и кислой средах. Напишите уравнение реакции окисления пропена в нейтральной и кислой средах.

5 Какие промышленные методы получения полиэтилена вы знаете?

3.2 Алкины

Алкины ($C_nH_{(2n-2)}$) – углеводороды, содержащие в незамкнутой углеродуглеродной цепи одну тройную связь.

Номенклатура.

- Международная

	гомологический ряд	Корень	+	Суффикс	
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	{	эт			= этин
$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$		проп	+ ИН		= пропин
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$		бут			= бутин
...	

- Рациональная

$\text{CH}\equiv\text{CH}$	ацетилен
$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$	метилацетилен

Изомерия.

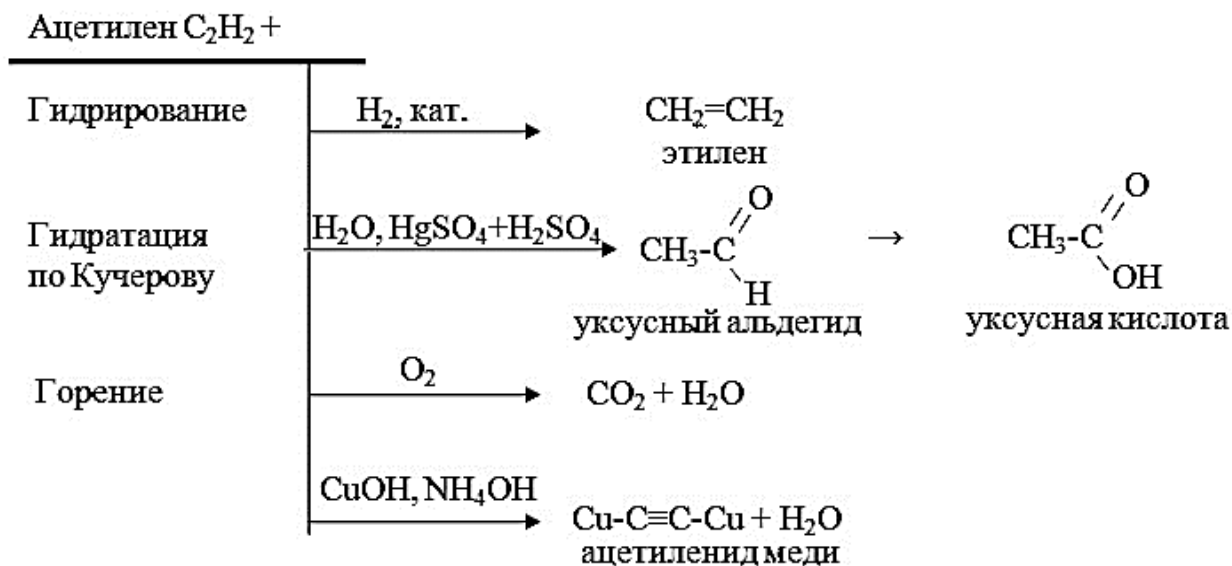
$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$	{	диметилацетилен
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$		этилацетилен
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$	{	пропилацетилен
$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$		метилэтилацетилен

Алкины встречаются в выделениях некоторых насекомых.

Физические и химические свойства.

Алкины по физическим свойствам напоминают алканы и алкены. Температуры кипения алкинов выше, чем алкенов с тем же числом углеродных атомов.

Алкины обладают высокой реакционной способностью, наиболее характерны реакции присоединения по тройной связи, окисляются труднее, чем алкены. Атом водорода в ацетилене способен замещаться на металл.



Отдельные представители алкинов.

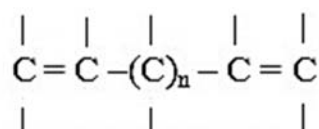
Ацетилен (C_2H_2) – бесцветный газ, без запаха, плохо растворяется в воде, горит ярким, коптящим пламенем с выделением большого количества теплоты, с воздухом образует взрывчатые смеси, используется для автогенной сварки и резки металлов; в химической промышленности используется как сырье для получения уксусного альдегида и хлорвинила, из которых получают уксусную кислоту и полихлорвинил, как сырье для получения полимеров и синтетических каучуков.

Вопросы для самопроверки

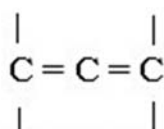
- 1 Какие углеводороды называются алкинами?
- 2 Напишите формулы следующих соединений: 3-метилбутин-1, 3-метилпентин-1.
- 3 Напишите уравнения реакций присоединения водорода, хлора, хлористого водорода к ацетилену. В каком случае нужно использовать правило Марковникова?
- 4 Напишите уравнение реакции взаимодействия ацетилена с водой. Как называется эта реакция?
- 5 Напишите уравнение реакции димеризации ацетилена.

4 Диеновые углеводороды. Классификация, особенности строения, химические свойства. Понятие о полимерах

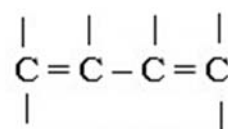
Алкадиены ($C_nH_{(2n-2)}$) – углеводороды, содержащие в молекуле две двойные связи, которые могут располагаться друг относительно друга следующим образом:



изолированные
двойные связи
 $n \geq 2$



кумулярованные
двойные связи
или
аллены



сопряженные
двойные связи
или
1,3-алкадиены

Номенклатура.

	Корень	+	Суффикс	
$CH_2=CH-CH=CH_2$	бута			= бутадиен – 1,3
$CH_3-CH=CH-CH=CH-CH_3$	гекса	+	ДИЕН	= гексадиен – 2,4
$CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$	2-метил- бута			= 2-метил- бутадиен- -1,3-изопрен

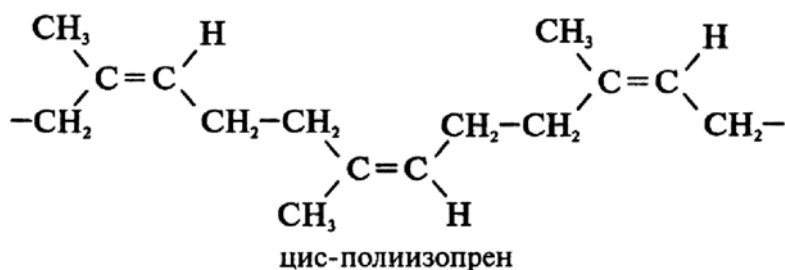
Структурный фрагмент изопрена входит в состав многих природных соединений – каучук, витамин А и др., основа при биосинтезе терпенов, стероидов и т. д.

Физические и химические свойства.

Температура кипения и плавления 1,3-алкадиенов выше, чем алкенов и алканов с тем же числом атомов углерода.

Для 1,3-алкадиенов характерны реакции присоединения и полимеризации, свойственные алкенам. Но по сравнению с алкенами 1,3-алкадиены проявляют более высокую реакционную способность. В реакциях электрофильного присоединения образуется два продукта – 1,4- и 1,2-присоединения.

Натуральный (природный) каучук получают из латекса (млечный сок) тропического растения гевеи (Бразилия). Представляет собой линейный полимер изопрена, имеющий цис-конфигурацию изопреновых звеньев.



Вопросы для самопроверки

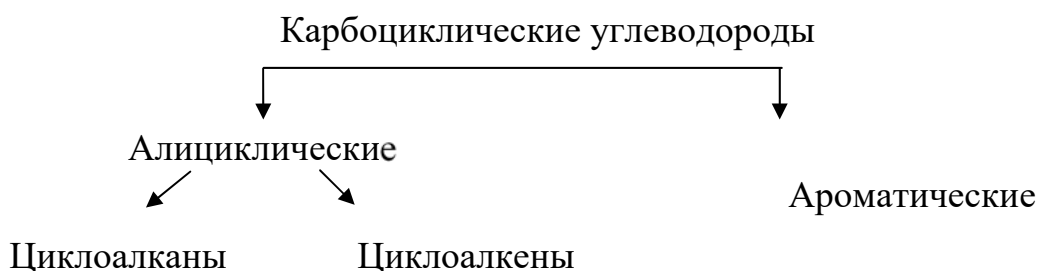
- 1 Какие углеводороды называются диеновыми углеводородами?
- 2 Напишите формулы изомеров пентадиена и укажите типы связи (кумулярованные, сопряженные, изолированные).
- 3 Напишите уравнения реакций взаимодействия бутадиена-1,3 с хлором и хлористым водородом.
- 4 Напишите уравнение реакции полимеризации изопрена. Как используется полученный полимер в народном хозяйстве?
- 5 Напишите схему синтеза каучука по Лебедеву.

5 Классификация, номенклатура и изомерия аренов. Составление реакций электрофильного замещения, окисления и восстановления в боковой цепи

Циклические углеводороды в зависимости от строения циклов делятся на алициклические (насыщенные и ненасыщенные) и ароматические.

Ароматические углеводороды (арены).

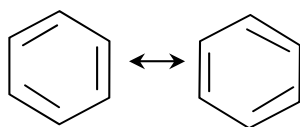
Арены – углеводороды, молекулы которых содержат одно или несколько бензольных колец.



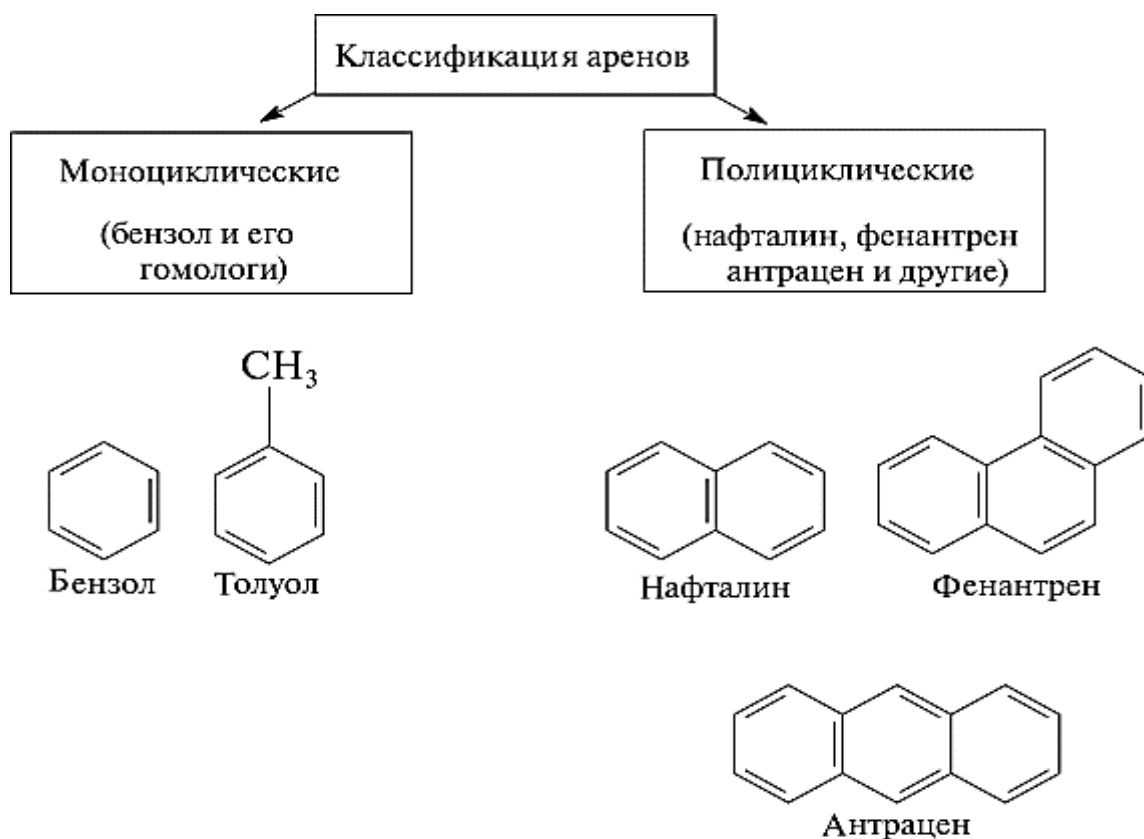
Характерной особенностью ароматических углеводородов является то, что их молекулы представляют собой плоские циклы, содержащие $(4n + 2)$ p -электронов, принадлежащих всем атомам цикла (правило Хюккеля, 1931 г.), где n может принимать значения 0, 1, 2, 3 и т. д. Согласно этому правилу системы, содержащие 2, 6, 10, 14 и т. д. обобщенных p -электронов, являются ароматическими. Важнейшими представителями ароматических углеводородов

являются бензол и его гомологи, образующиеся в результате замещения атома водорода бензольного кольца алифатическими радикалами, например, толуол.

Изображение молекулы бензола с учетом т. н. структур Кекуле:

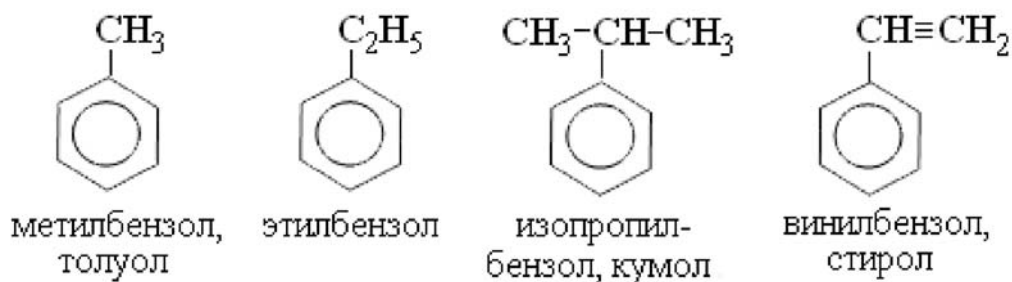


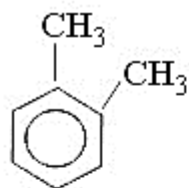
Ароматические углеводороды подразделяют на одноядерные (моноклинические) арены и многоядерные (полициклические) арены.



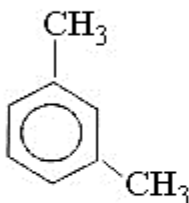
Ароматические свойства – специфические свойства бензола, а именно высокая стабильность, инертность в реакциях присоединения и склонность к реакциям замещения.

Номенклатура.

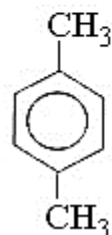


Изомерия.

1,2-положение, орто-положение
(сокращенно о-положение заместителей)
1,2-диметилбензол, о-ксилол



1,3-положение, мета-положение
(сокращенно м-положение заместителей)
1,3-диметилбензол, м-ксилол



1,4-положение, пара-положение
(сокращенно п-положение заместителей)
1,4-диметилбензол, п-ксилол

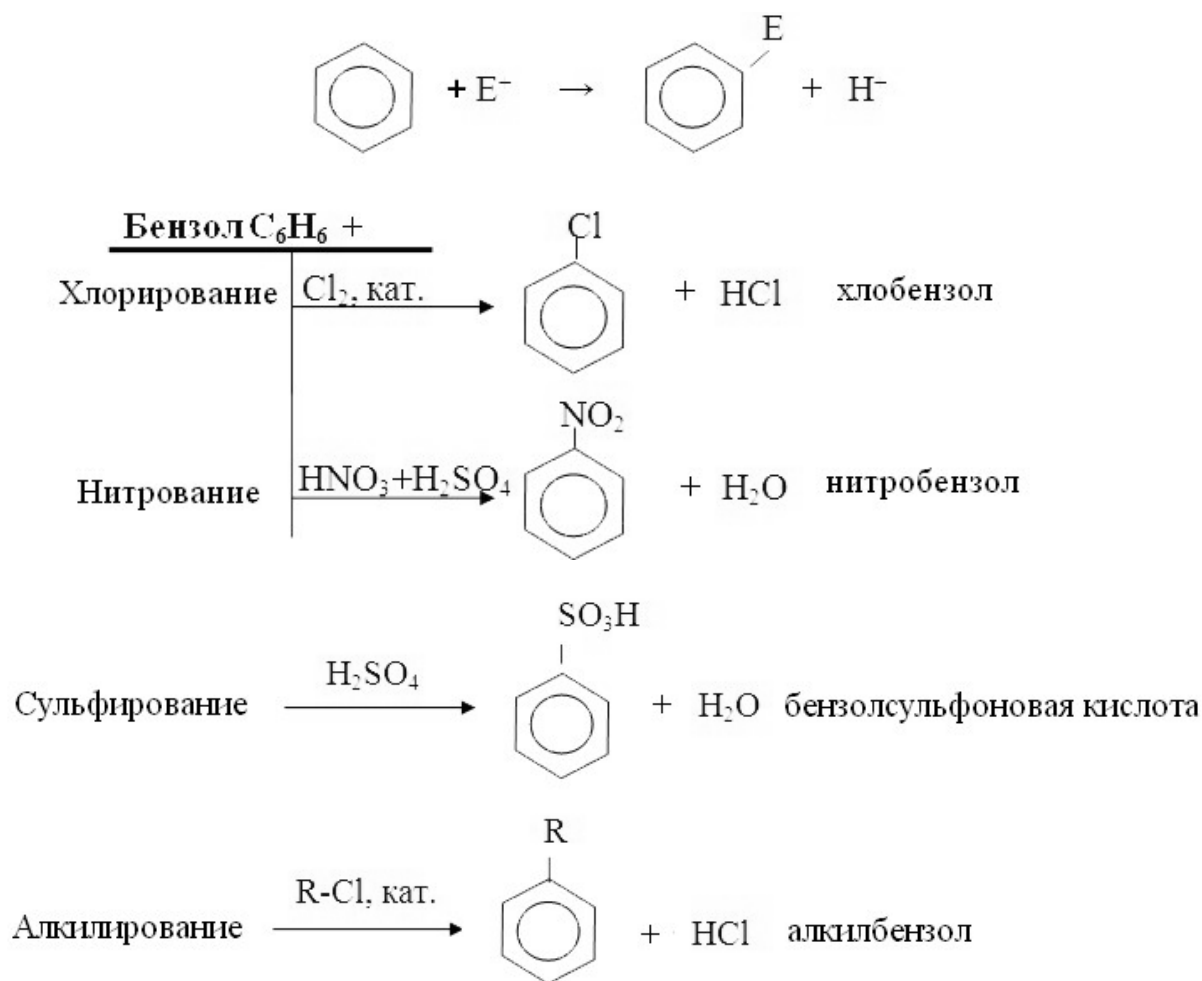
Арены содержатся в нефти и продуктах ее переработки, в продуктах коксохимического производства: каменноугольной смоле и коксовом газе.

Физические и химические свойства.

Бензол имеет $t_{кип} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{пл} = 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, не растворяется в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях и сам является хорошим растворителем. Горит ярким и коптящим пламенем. Бензол ядовит, другие арены менее опасны.

Характерной особенностью ароматических углеводородов является то, что их молекулы представляют собой плоские циклы, содержащие $(4n + 2)$ p -электронов, принадлежащих всем атомам цикла (правило Хюккеля, 1931 г.), где n может принимать значения 0, 1, 2, 3 и т. д. Согласно этому правилу системы, содержащие 2, 6, 10, 14 и т. д. обобщенных p -электронов, являются ароматическими. Важнейшими представителями ароматических углеводородов являются бензол и его гомологи, образующиеся в результате замещения атома водорода бензольного кольца алифатическими радикалами, например, толуол.

Арены, в отличие от алкенов, более склонны к реакциям замещения, а не присоединения, поскольку при этом сохраняется их ароматическая система. Арены обладают нуклеофильным характером, их реакции с электрофильными реагентами (E^+) являются реакциями электрофильного замещения.



Правила ориентации определяют положение электрофила в бензольном кольце, содержащем заместитель. Заместители по своему направляющему действию на электрофил делятся на следующие виды (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Классификация заместителей по направляющему действию

Ориентанты I рода (орто- и пара-ориентанты)	Ориентанты II рода (мета-ориентанты)
Alk: CH ₃ , C ₂ H ₅ и др.; O ⁻ , OH, OR, NH ₂ , NHR, F, Cl, Br, I	NH ₃ ⁺ , NO, NO ₂ , SO ₃ H, COOH, COOR, COR, CON

Отдельные представители.

Бензол широко используется в химической промышленности как растворитель и сырье для производства стирола, фенола, циклогексана, анилина, красителей, лекарственных препаратов.

Толуол используется как сырье в производстве лаков, типографских красок, бензойной кислоты, взрывчатых веществ, лекарственных препаратов, как

добавка к моторному топливу для повышения октанового числа бензинов. Обладает слабым наркотическим действием.

Технический ксилол – смесь изомерных ксилолов – используется в промышленности в качестве растворителя и высокооктановой добавки к моторным топливам.

Стирол используется в производстве полистирола, синтетического каучука.

Кумол используется в производстве фенола и ацетона.

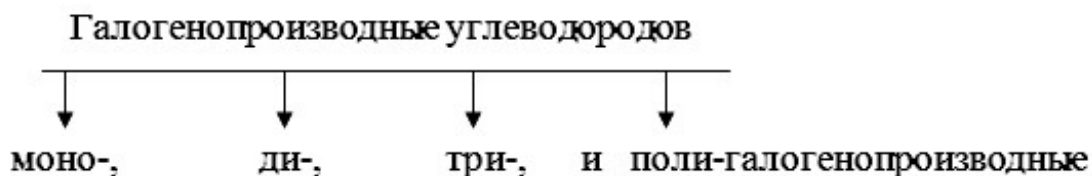
Вопросы для самопроверки

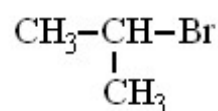
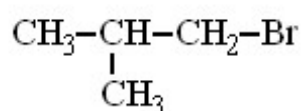
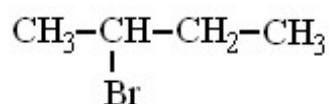
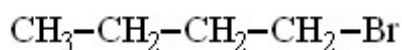
- 1 Классификация ароматических углеводородов.
- 2 Напишите формулы изомеров ксилола.
- 3 Какие типы реакций характерны для ароматических углеводородов?
- 4 На какие группы делятся заместители по характеру своего направляющего действия?
- 5 Напишите уравнения реакций нитрования и бромирования бензола.

6 Галогеналканы. Номенклатура. Химические свойства. Цепочки превращений



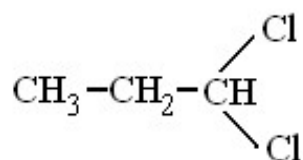
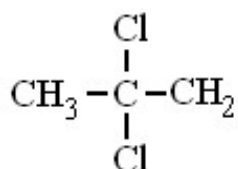
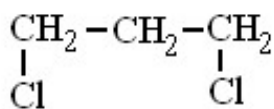
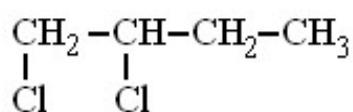
Галогенопроизводные углеводородов – продукты замещения в углеводородах одного или нескольких атомов водорода атомами галогенов.



Номенклатура. Изомерия.

Структурные изомеры

1-бромбутан, бутилбромид

2-бромбутан,
втор-бутилбромид1-бром-2-метилпропан,
изобутилбромид2-бром-2-метилпропан,
трет-бутилбромид

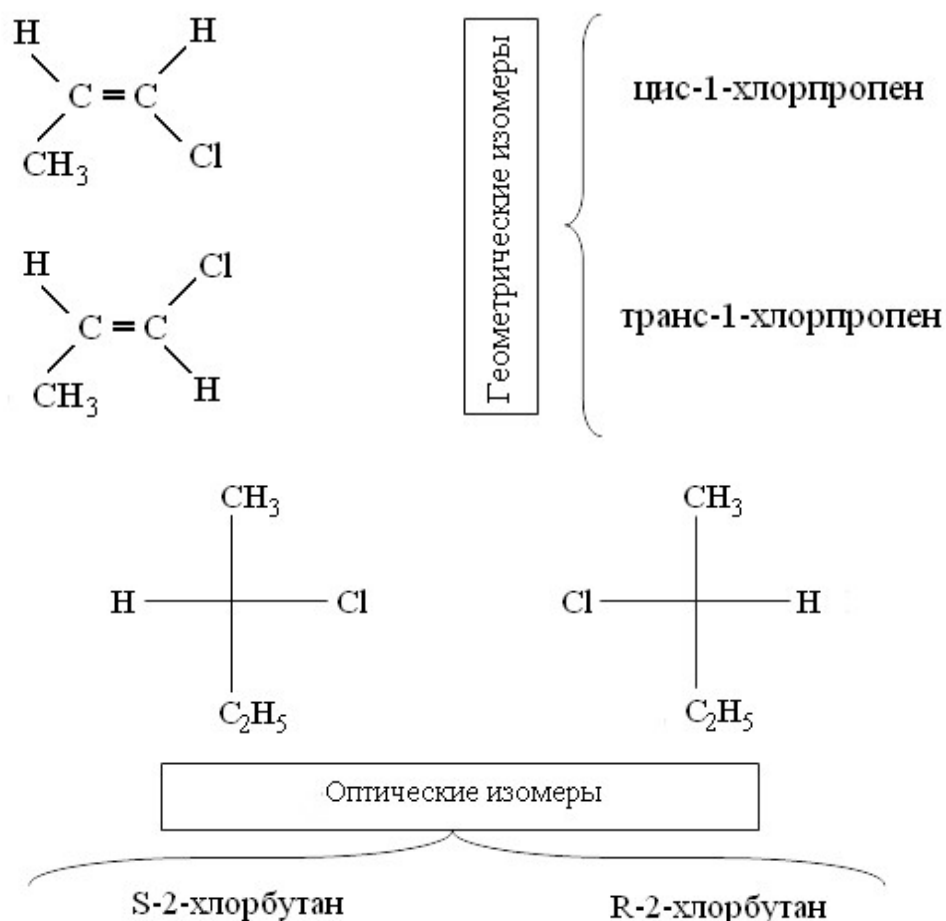
Структурные изомеры

1,2-дихлорпропан

1,3-дихлорпропан

2,2-дихлорпропан

1,1-дихлорпропан

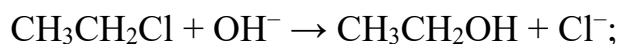


Широкое применение фреонов (CF_2Cl_2 , CFCl_3) в качестве распыляющего средства для аэрозолей привело к их проникновению в верхние слои атмосферы. Это способствует разрушению озонового слоя, защищающего Землю от солнечной радиации. В связи с этим использование фреонов в качестве распылителей запрещено.

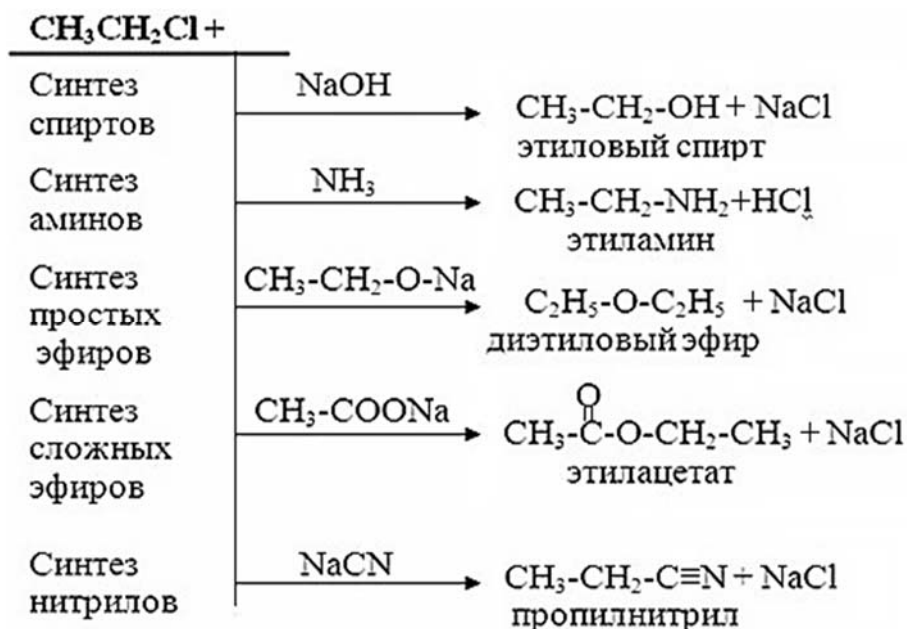
Физические и химические свойства.

При обычных условиях низшие галогеналканы – бесцветные газы или жидкости со сладковатым, немного тошнотворным запахом, средние – жидкости, высшие – твердые вещества. Молекулы фтор- и хлоралканов – полярны, бром- и йодалканов – малополярны. Температуры кипения фтор- и хлоралканов близки к температурам кипения углеводородов с такой же молярной массой. Температуры кипения бром- и йодалканов значительно ниже температур кипения алканов с той же молярной массой. Хлоралканы легче воды, бром- и йодалканы – тяжелее, все – плохо растворимы в воде.

Галогены высокореакционны, для них характерны реакции нуклеофильного замещения и отщепления:



Замещение преобладает в реакции с нуклеофилами, проявляющими слабые основные свойства (NaCN), а отщепление – при действии сильных оснований (KOH), особенно в неводных растворителях (KOH в этаноле) и при нагревании. Галогеналканы также способны к взаимодействию с металлами и восстановлению.



Отдельные представители.

Растворители для жиров и масел: CCl_4 (ядовит) CH_2Cl_2 , $\text{CCl}_2=\text{CHCl}$, $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$.

Анестезирующие средства: CHCl_3 (токсичен).

CBrClH-CF_3 (галотан), $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ (местное анестезирующее средство).

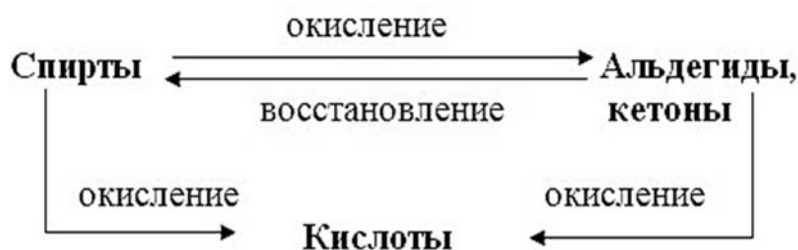
Хладагенты – CF_2Cl_2 (фреон-12, $t_{\text{кип}} = -29,8^\circ\text{C}$), CClF_3 (фреон-13, $t_{\text{кип}} = -18,1^\circ\text{C}$), CHClF_2 (фреон-22, $t_{\text{кип}} = -40,8^\circ\text{C}$).

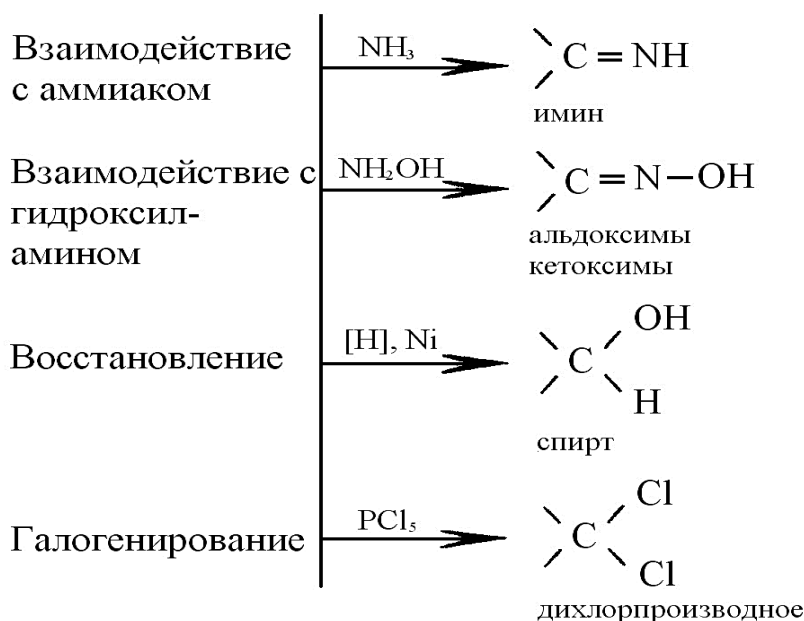
Средства для тушения пожаров: CCl_4 , CBr_2ClF .

Пестициды – хлорпроизводные углеводородов (ДДТ).

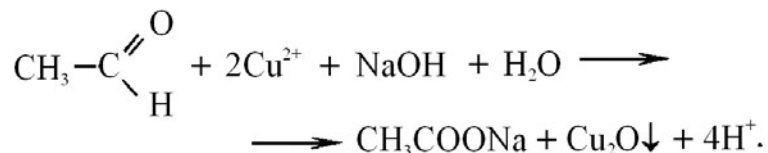
7 Кислородсодержащие органические соединения

7.1 Альдегиды и кетоны. Строение. Химические свойства



Типичные реакции альдегидов.

Реакция окисления альдегидов реактивом Фелинга (смесь раствора сульфата меди со щелочным раствором натрийкалиевой соли виннокаменной кислоты), при нагревании альдегидов с фелинговой жидкостью образуется красный осадок оксида меди (I).



Окисление кетонов возможно только сильными окислителями – перманганатом или бихроматом калия, при этом образуется смесь карбоновых кислот.

Отдельные представители.

Муравьиный альдегид, формальдегид используется в виде формалина – 40-процентного водного раствора формальдегида. Формалин применяется как дезинфицирующее, дубящее средство и консервант для анатомических препаратов. Формальдегид используется в производстве фенолформальдегидных смол, лекарств, для протравливания семян.

Уксусный альдегид – сырьё в синтезе уксусной кислоты, этилового спирта, уксусноэтилового эфира.

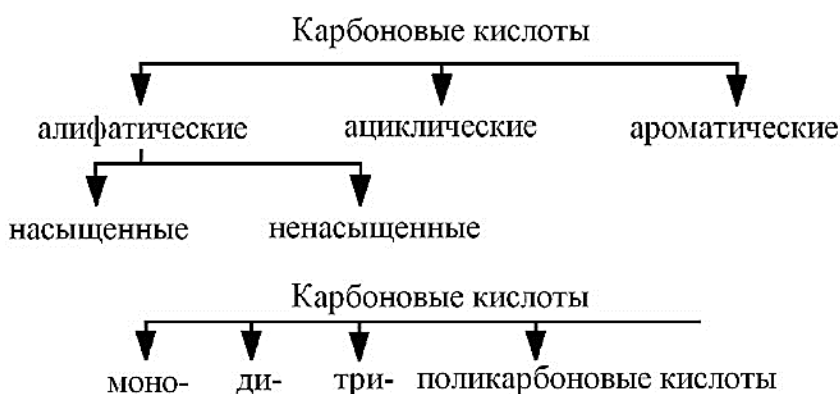
Ацетон применяется как растворитель органических веществ (лаки, нитроцеллюлоза), как сырьё в синтезе лекарственных препаратов (йодоформ), в производстве органического стекла (плексиглас).

Вопросы для самопроверки

- 1 Напишите уравнения реакций получения из соответствующих спиртов альдегида и кетона.
- 2 Назовите по международной номенклатуре уксусный альдегид и ацетон.
- 3 Какие общие и отличительные признаки имеют альдегиды и кетоны в строении и химических свойствах?
- 4 Приведите примеры реакций полимеризации и конденсации альдегидов.
- 5 Напишите уравнения реакций присоединения у альдегидов и кетонов.

7.2 Карбоновые кислоты

Классификация.



Карбоновые кислоты – производные углеводородов, содержащие в своём составе карбоксильную группу – COOH.

7.3 Алифатические карбоновые кислоты

Номенклатура.

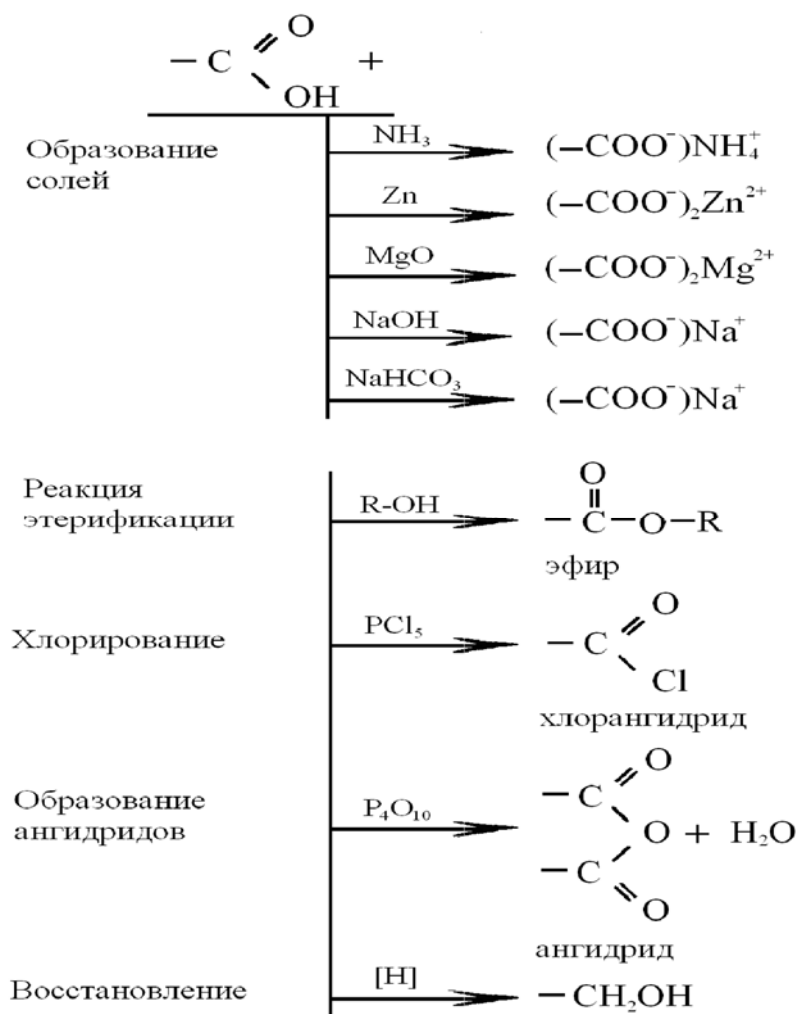
	Корень +	Суффикс -ов
HCOOH	метан	= метановая кислота, муравьиная кислота
CH ₃ COOH	этан	= этановая кислота, уксусная кислота
CH ₃ -CH ₂ COOH	пропан	= пропановая кислота, пропионовая кислота
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ COOH	бутан	= бутановая кислота, масляная кислота

Тривиальные названия распространённых карбоновых кислот:

CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	– капроновая кислота
CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	– лауриновая кислота

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	– миристиновая кислота
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	– пальмитиновая кислота
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	– стеариновая кислота

Химические и физические свойства.
Типичные реакции карбоновых кислот.



Реакционная способность карбоновых кислот определяется в основном карбоксильной группой, содержащей сильнополярную связь между атомами водорода и кислорода (рисунок 7.1). Для карбоновых кислот также характерны реакции нуклеофильного замещения с участием атома углерода карбонильной группы, замещение атомов водорода при α -углеродном атоме, окисление и восстановление.

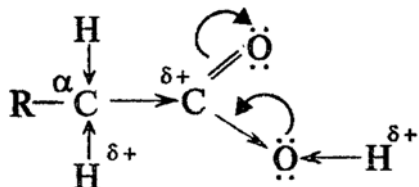


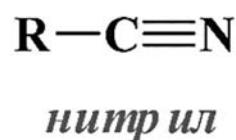
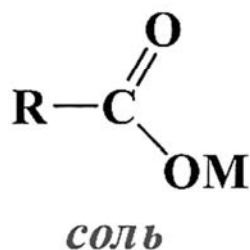
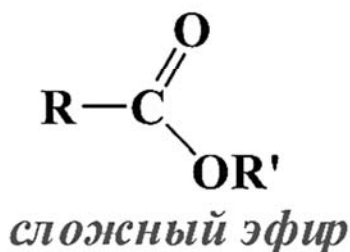
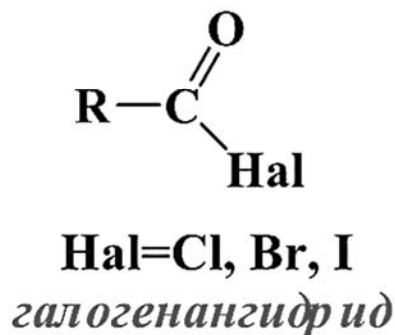
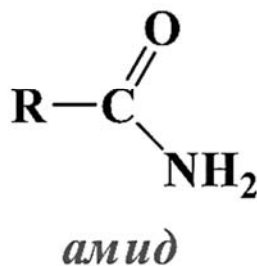
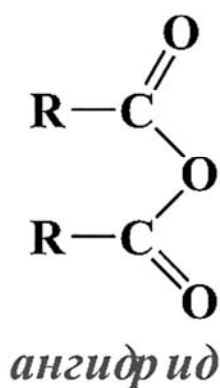
Рисунок 7.1 – Перераспределение электронной плотности в молекуле карбоновой кислоты

Физические свойства.

Низшие карбоновые кислоты – легко подвижные жидкости с острым запахом, средние – маслянистые жидкости с неприятным запахом, высшие – твёрдые вещества. В воде хорошо растворяются муравьиная, уксусная, пропионовая. Высшие карбоновые кислоты в воде нерастворимы. В карбоновых кислотах есть межмолекулярные водородные связи, поэтому они имеют высокие температуры кипения, причём более высокие, чем соответствующие спирты.

Большое практическое значение в органическом синтезе имеют производные карбоновых кислот

Функциональные производные карбоновых кислот

**Вопросы для самопроверки**

- 1 Дайте определение одноосновным предельным карбоновым кислотам.
- 2 Напишите уравнение диссоциации пропионовой кислоты.
- 3 Напишите уравнения реакций образования: ацетата натрия; хлорангидрида уксусной кислоты; амида уксусной кислоты.
- 4 Напишите уравнение реакции образования сложного эфира из пропионовой кислоты и пропанол-2.
- 5 Напишите уравнение реакции взаимодействия глицерина с тремя молекулами пальмитиновой кислоты.

Список литературы

1 **Галочкин, А. И.** Органическая химия. Теоретические основы. Ациклические углеводороды: учебное пособие / А. И. Галочкин, И. В. Ананьина. – 2-е изд., испр. – Краснодар: Лань, 2019. – 436 с.

2 **Найденко, Е. С.** Органическая химия: учебное пособие / Е. С. Найденко. – Новосибирск: НГТУ, 2014. – 91 с.

3 **Стаханова, С. В.** Органическая химия : учебное пособие / С. В. Стаханова, Е. В. Никифоров. – Москва: ИД МИСиС, 2021. – 46 с.

4 **Твердохлебов, В. П.** Органическая химия : учебник / В. П. Твердохлебов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – 492 с.