

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФГБОУ ВО КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(УНИВЕРСИТЕТ)

И.В. Васильева, М.А. Захаренко, И.В. Проскунов

ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Для студентов вузов

Кемерово 2017

УДК 547(075)

ББК 24.2я7

В19

Рецензенты:

Е.В. Остапова, д-р хим. наук, профессор,
ведущий сотрудник Института углехимии и химического
материаловедения Федерального исследовательского
центра угля и углехимии СО РАН;

Н.Ю. Шишляникова, канд. хим. наук, доцент,
доцент кафедры химии ФГБОУ ВО МЗ РФ
«Кемеровский государственный медицинский университет»

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Кемеровского технологического института
пищевой промышленности (университета)*

В 19

Васильева, И.В.

Основы органической химии: учебное пособие /
И.В. Васильева, М.А. Захаренко, И.В. Проскунов; Кемеров-
ский технологический институт пищевой промышленности
(университет). – Кемерово, 2017. – 72 с.

ISBN 979-5-89289-142-3

Изложены основы органической химии, рассмотрены ос-
новные способы получения, номенклатура, физические и химиче-
ские свойства веществ, относящихся к основным классам органи-
ческих соединений: углеводороды, кислород- и азотсодержащие
соединения.

Учебное пособие предназначено для бакалавров укрупнен-
ной группы направлений подготовки 19.00.00 «Промышленная
экология и биотехнологии».

УДК 547(075)

ББК 24.2я7

ISBN 979-5-89289-142-3

*Охраняется законом об авторском праве,
не может быть использовано любым
незаконным способом
без письменного договора*

© КемТИПП, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для бакалавров укрупненной группы направления подготовки 19.00.00 «Промышленная экология и биотехнологии», изучающих дисциплину «Химия». Оно включает в себя материал, ранее традиционно излагаемый в курсе «Органическая химия».

Данное пособие подготовлено в связи с введением Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования ФГОС ВО и реализацией заложенных в них профессиональных компетенций, что заставило авторов в значительной мере сократить объем материала курса органической химии для обучающихся по технологическим направлениям подготовки.

В учебном пособии изложены основы органической химии, рассмотрены основные способы получения, номенклатура, физические и химические свойства веществ, относящихся к основным классам органических соединений: углеводороды, кислород- и азотсодержащие соединения.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Органическая химия – это наука, изучающая соединения углерода с другими химическими элементами.

Органические соединения в природе в основном встречаются в составе растений, в организмах животных и человека, принимая участие в процессах их жизнедеятельности или являясь продуктами их распада, а также входят в состав природного газа, нефти и угля. Одной из важнейших особенностей органических соединений является характер связей между атомами. В основном эти связи имеют ярко выраженный ковалентный характер.

Молекулы органических соединений, как правило, состоят из атомов углерода, водорода, кислорода, азота, иногда серы и фосфора. В настоящее время в мире ежегодно синтезируют около 200 тыс. новых органических соединений. В это многообразие веществ большой вклад вносит явление изомерии – существование молекул, имеющих одинаковый количественный и качественный состав, но разное химическое строение.

Основные положения *теории химического строения органических веществ* были сформулированы российским химиком **А.М. Бутлеровым** в 1861 году.

1) Атомы в молекуле соединены в определенной последовательности в соответствии с их валентностью. Эта последовательность называется **химическим строением**.

2) Свойства вещества зависят не только от качественного и количественного состава молекулы, но и от ее химического строения.

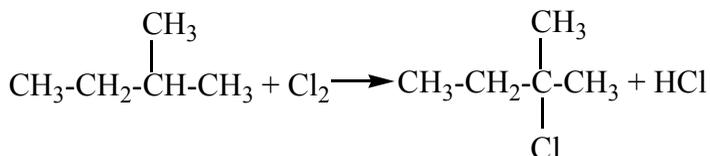
3) Атомы и группы атомов в молекуле взаимно влияют друг на друга непосредственно или посредством других атомов.

4) Строение вещества познаваемо, возможен синтез веществ с заданным строением и химическими свойствами.

Для органических соединений характерны основные типы химических реакций.

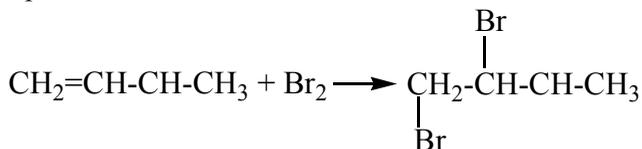
1) Реакции замещения

В реакциях *замещения* один (или несколько) атомов или функциональных групп в молекуле одного из реагентов замещаются атомами или атомными группировками, находящимися в другом реагенте:



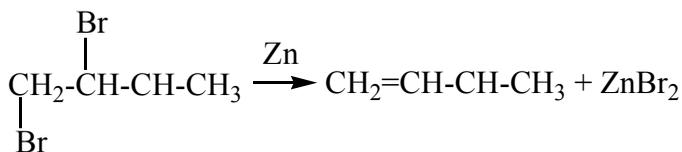
2) Реакции присоединения

Присоединение – это реакции соединений с кратными связями углерод-углерод или углерод-гетероатом, в которых по этим кратным связям присоединяются атомы или группы из молекулы реагента:



3) Реакции отщепления

Отщепление (элиминирование) – реакция, обратная процессу присоединения, приводит к образованию непредельных соединений:



4) Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительные реакции в органической химии связаны с изменением степени окисления атома углерода и переходам по категориям окисления – восстановления. В ходе окисления органические вещества соединяются с кислородом или отдают водород под действием окислителей. В ходе восстановления органические вещества присоединяют водород или отдают кислород.

5) Реакции изомеризации (перегруппировки)

Изомеризация – это вид перегруппировок, в ходе которых идет перестройка углеродного скелета, меняется положение связей, но количество углеродных атомов сохраняется.

6) Реакции полимеризации

Полимеризация – особый тип присоединения, в результате которого получаются соединения с высокой молекулярной массой и содержащие один и тот же повторяющийся фрагмент (элементарное звено).

Классификация органических соединений

Органические соединения принято делить на 3 группы: алифатические, карбоциклические и гетероциклические соединения. Указанные группы органических соединений подразделяют на классы в зависимости от типа функциональной группы (табл. 1).

Таблица 1

Основные классы органических соединений

Класс	Общая формула	Пример
Углеводороды	$R - H$	CH_3-CH_3 этан
Галогенопроизводные	$R - X$ $X: Cl, Br, I$	CH_3-CH_2-Cl хлорэтан
Спирты, фенолы	$R - OH$	CH_3-OH метанол C_6H_5-OH фенол
Альдегиды, кетоны	$R - CH = O$ $R - CO - R$	$CH_3-CH=O$ ацетальдегид $CH_3-CO-CH_3$ диметилкетон
Карбоновые кислоты	$R - COOH$	CH_3-COOH уксусная кислота
Амины	$R - NH_2$	CH_3-NH_2 метиламин

2. УГЛЕВОДОРОДЫ

Углеводороды – органические соединения, состоящие только из атомов углерода и водорода. В зависимости от характера связей углеводороды делятся на насыщенные (предельные) и ненасыщенные (непредельные).

2.1. Алканы (предельные углеводороды)

Алканы – это органические соединения, атомы углерода в которых соединены между собой одинарными σ -связями.

Общая формула алканов: C_nH_{2n+2} . Родоначальник гомологического ряда - метан (CH_4).

Таблица 2

Гомологический ряд алканов

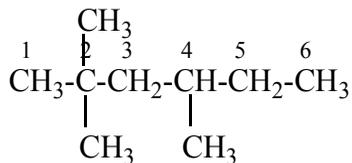
Название	Формула
Метан	CH_4
Этан	$C_2H_6 (CH_3-CH_3)$
Пропан	$C_3H_8 (CH_3-CH_2-CH_3)$
Бутан	$C_4H_{10} (CH_3 - (CH_2)_2 - CH_3)$
Пентан	$C_5H_{12} (CH_3 - (CH_2)_3 - CH_3)$
Гексан	$C_6H_{14} (CH_3 - (CH_2)_4 - CH_3)$
Гептан	$C_7H_{16} (CH_3 - (CH_2)_5 - CH_3)$
Октан	$C_8H_{18} (CH_3 - (CH_2)_6 - CH_3)$
Нонан	$C_9H_{20} (CH_3 - (CH_2)_7 - CH_3)$
Декан	$C_{10}H_{22} (CH_3 - (CH_2)_8 - CH_3)$

Для алканов, начиная с бутана (C_4H_{10}), характерно наличие структурных изомеров – веществ, имеющих одинаковый состав, но различное химическое строение и, как следствие, различные физические и химические свойства. С ростом числа углеродных атомов в цепи алканов увеличивается количество структурных изомеров.

Вследствие наличия большого количества углеводородов, необходимы четкие правила для их наименования (номенклатура). Существует три типа номенклатуры: тривиальная, рацио-

нальная и систематическая. Основным типом номенклатуры является систематическая (номенклатура IUPAC, международная).

Пример названия алкана по систематической номенклатуре:



2,2,4 – триметилгексан

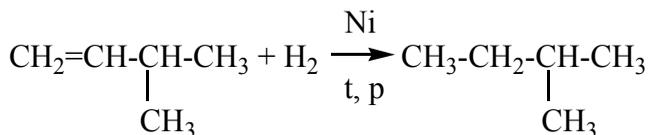
2.1.1. Основные способы получения алканов

Промышленные способы

Основными природными источниками предельных углеводородов являются природный газ, нефть и уголь.

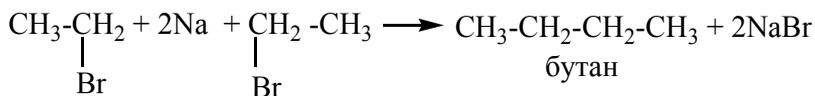
Лабораторные способы

1. *Каталитическое гидрирование непредельных углеводородов (алкенов, алкинов).*

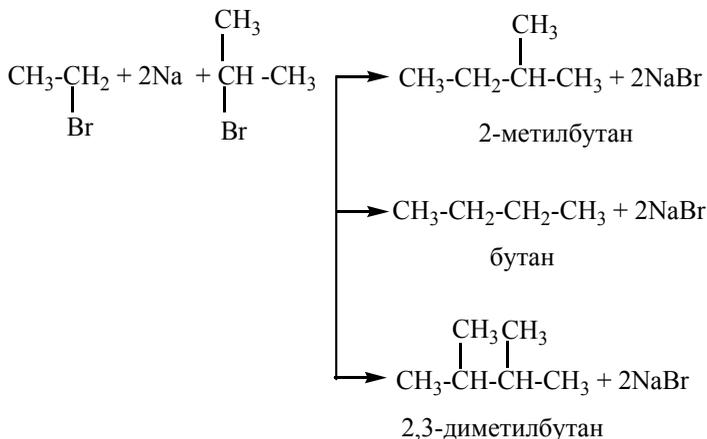


2. *Реакция Вюрца* – взаимодействие металлического натрия с галогенопроизводными алканов.

Если в реакции Вюрца используется две одинаковые молекулы галогенопроизводного, то образуется симметричный алкан.



Если в реакции Вюрца используется две разные молекулы галогенопроизводного, то образуется смесь алканов разного строения.



2.1.2. Физические свойства алканов

Предельные углеводороды – вещества неполярные и трудно поляризуемые. Растворимость их в воде ничтожна, плотность алканов меньше единицы, поэтому они легче воды.

Алканы $\text{C}_1\text{--C}_4$ – газы, $\text{C}_5\text{--C}_{15}$ – жидкости, C_{16} и выше – твердые вещества. С увеличением молекулярной массы повышаются температура кипения, плавления, плотность. Склонность алканов к детонации при сжигании в двигателях внутреннего сгорания оценивается по *октановому* числу. Для н-гептана октановое число равно 0, для н-октана – 28, для изооктана – 100.

2.1.3. Химические свойства алканов

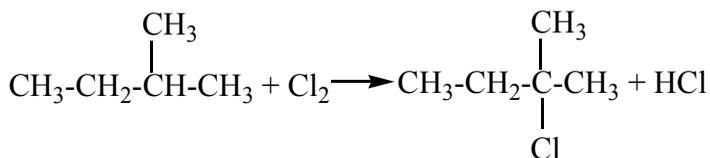
Наиболее характерными реакциями для алканов являются реакции замещения атомов водорода. Причем протекают такие реакции в жестких условиях (высокие температуры, облучение ультрафиолетом (УФ) и т.д.). Это связано с тем, что химические связи в алканах достаточно прочные.

К наиболее важным реакциям замещения относятся:

- галогенирование;
- нитрование.

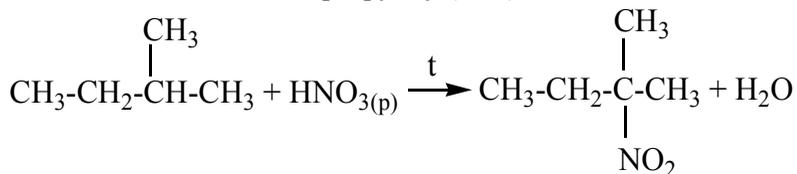
Реакции замещения водорода легче протекают у третичного атома углерода и только потом у вторичного и первичного.

1. Реакции галогенирования (взаимодействие алканов с галогенами) протекает при облучении УФ.



2. Нитрование (реакция **М.И. Коновалова**).

Алканы взаимодействуют с разбавленной азотной кислотой при температуре 130-190 °С, при этом атомы водорода в алканах замещаются на нитрогруппу (NO₂).

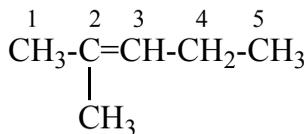


2.2. Алкены (этиленовые углеводороды)

Алкены – непредельные углеводороды, в которых два соседних атома углерода связаны двойной связью. Общая формула алкенов – C_nH_{2n}. Родоначальником гомологического ряда является этилен CH₂=CH₂ (C₂H₄).

Для названия алкенов также используют три типа номенклатуры. В названии алкенов, в отличие от алканов, меняется окончание «-ан» на «-ен» и цифрой указывается положение двойной связи.

Пример названия алкена по систематической номенклатуре:

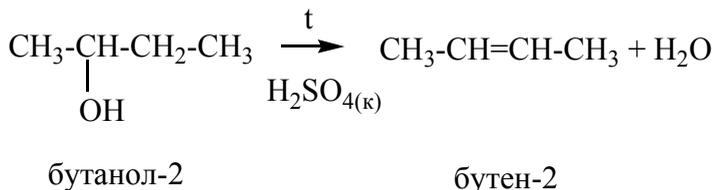


2-метилпентен-2

2.2.1. Основные способы получения алкенов

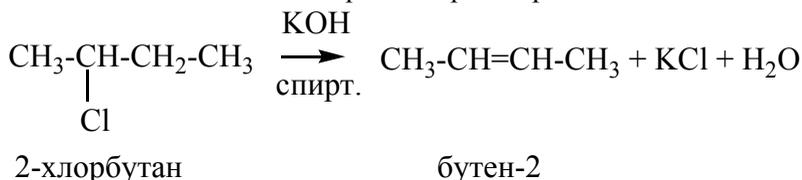
В промышленности алкены получают в основном из углеводородов нефти. В лаборатории алкены получают дегидратацией спиртов, дегидрогалогенированием галогенопроизводных и дегалогенированием дигалогенопроизводных.

1. *Дегидратация спиртов* (отщепление воды от спиртов под действием водоотнимающих реагентов, например $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$).



2. *Дегидрогалогенирование моногалогенопроизводных.*

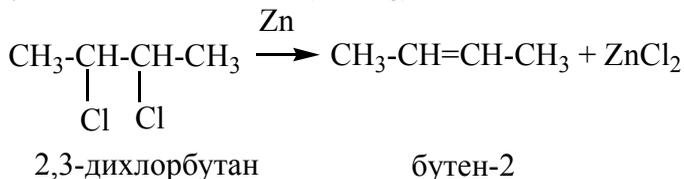
Реакция отщепления галогеноводорода от галогенопроизводного под действием спиртового раствора щелочи.



Реакции отщепления воды и галогеноводорода протекают по **правилу Зайцева**: при отщеплении воды или галеноводорода от несимметричных спиртов или галегенопроизводных водород отщепляется от соседнего с OH-группой или галогеном наименее гидрированного атома углерода.

3. *Дегалогенирование дигалогенопроизводных.*

Реакция протекает под действием на дигалогенопроизводные двухвалентных металлов (Zn, Mg).



2.2.2. Физические свойства алкенов

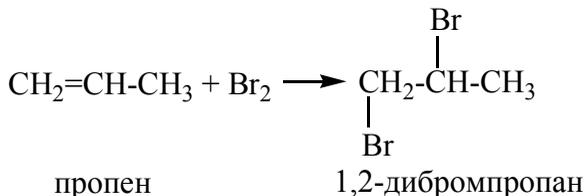
Подобно алканам низшие гомологи алкенов – газообразные вещества, начиная с C_5 до C_{17} – жидкости, C_{18} и выше – твердые продукты.

Растворимость алкенов в воде очень мала, но выше, чем у алканов. Следует отметить, алкены могут растворяться в растворах некоторых солей тяжелых металлов, образуя при этом комплексные соединения. Алкены, как и алканы, легче воды, но их плотность больше плотности соответствующих алканов.

2.2.3. Химические свойства алкенов

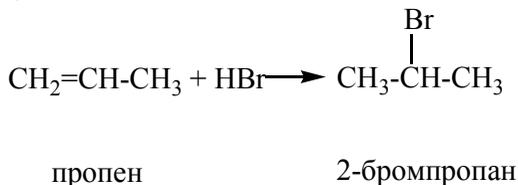
Для алкенов наиболее характерными являются реакции, протекающие с разрывом двойной связи, то есть реакции присоединения и окисления.

1. *Галогенирование алкенов* (присоединение галогенов)



Взаимодействие с бромной водой (обесцвечивание) является качественной реакцией на двойную связь.

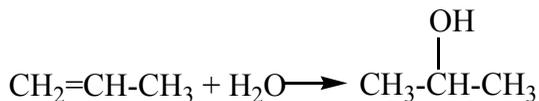
2. *Гидрогалогенирование алкенов* (присоединение галогеноводородов)



3. *Гидратация алкенов* (присоединение воды)

Присоединение галогеноводородов и воды к несимметричным алкенам протекает по **правилу Марковникова**: при присоединении галогеноводорода или воды катион водорода

присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода при двойной связи.

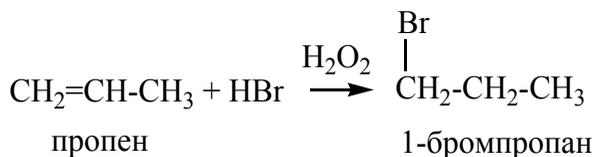


пропен

пропанол-2

4. *Гидрогалогенирование в присутствии перекиси водорода.*

В присутствии перекиси водорода присоединение галогеноводородов к алкенам протекает против правила Марковникова (перекисный **эффект Караша**), то есть, водород присоединяется к менее гидрированному атому углерода.



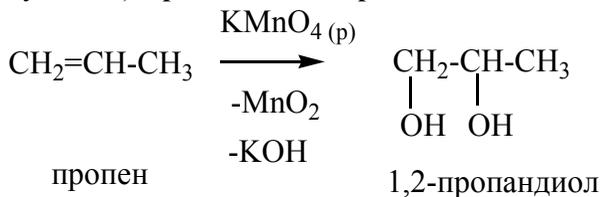
пропен

1-бромпропан

5. *Реакции окисления алкенов.*

Алкены неустойчивы к окислителям и в зависимости от условий окисления образуют различные продукты.

а) окисление разбавленными растворами окислителей (мягкие условия) – **реакция Вагнера**:



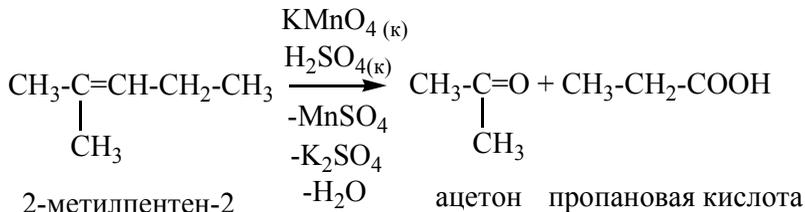
пропен

1,2-пропандиол

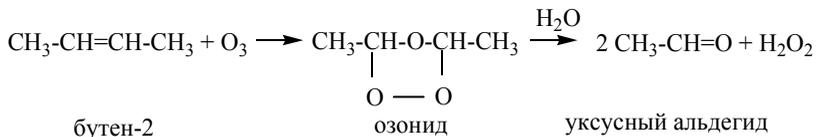
В случае окисления алкенов разбавленными растворами окислителей происходит разрыв π -связи в молекуле алкена и образуются двухатомные спирты – гликоли.

б) окисление концентрированными растворами окислителей (жесткие условия):

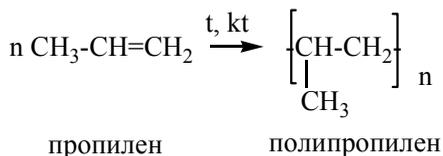
В этом случае в молекуле алкена происходит разрыв π - и σ -связей и в зависимости от строения алкена продуктами реакции может быть смесь карбоновых кислот, либо смесь кислот и кетонов.



в) озонлиз – взаимодействие с озоном с образованием неустойчивых озонидов с их последующим гидролизом.



б. Полимеризация алкенов – процесс соединения большого числа низкомолекулярных веществ (мономеров) с образованием высокомолекулярного вещества (полимера).



2.3. Алкадиены

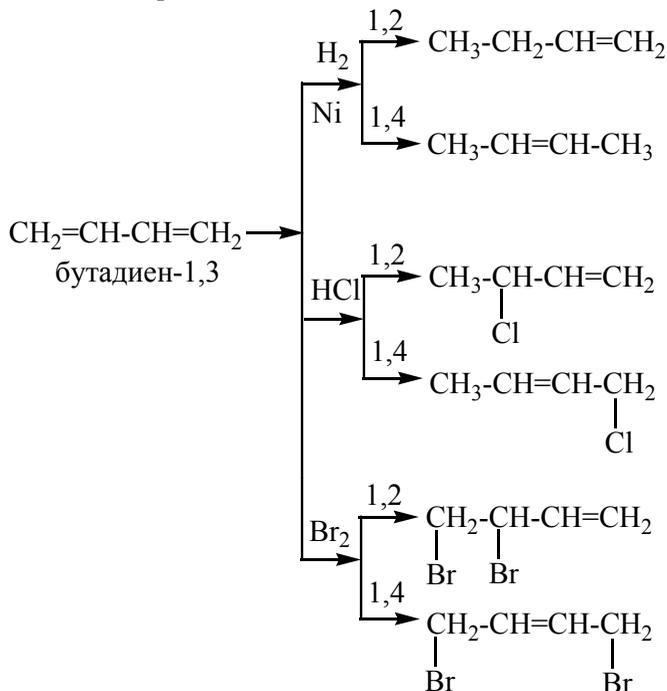
Алкадиены (диены) – непредельные углеводороды, в молекуле которых содержатся две двойные связи. Общая формула диеновых углеводородов – $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

В зависимости от расположения двойных связей в молекуле различают 3 типа диенов:

2.3.3. Химические свойства алкадиенов

Для диенов также как и для алкенов характерны реакции, протекающие с разрывом π -связей, то есть реакции присоединения. Однако для сопряженных диенов реакции присоединения могут протекать в двух направлениях – по типу 1,2 и 1,4.

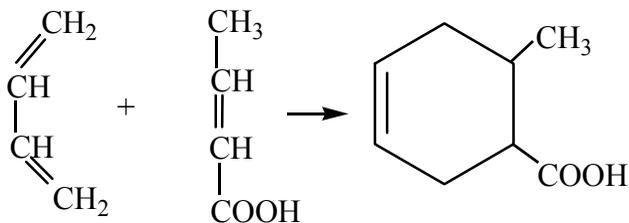
1. Реакции присоединения.



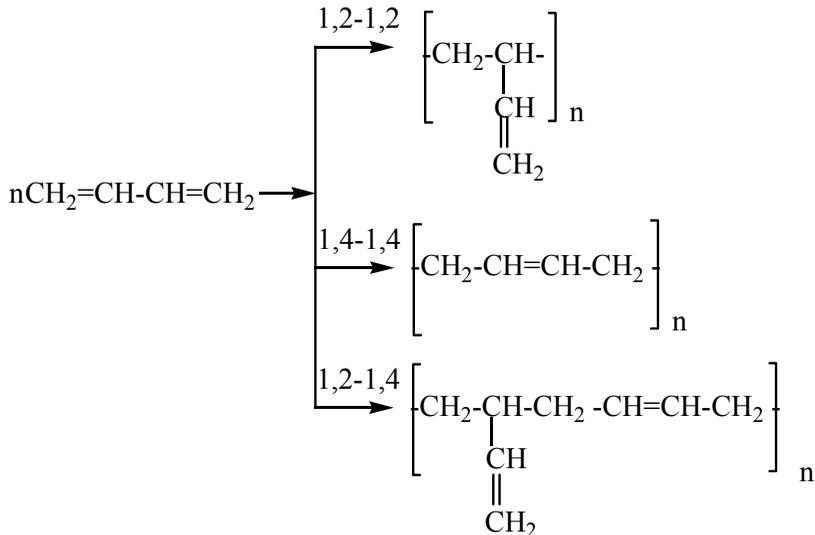
Присоединение по типу 1,2 протекает к 1 и 2 атомам углерода, связанным двойной связью, при этом вторая двойная связь в реакции не участвует. В случае присоединения по типу 1,4 происходит разрыв обеих двойных связей и происходит смещение двойной связи в середину молекулы.

2. Реакция диенового синтеза (Дильса-Альдера).

Данная реакция характерна только для сопряженных диенов, при этом диен взаимодействует с молекулой диенофила (непредельная карбоновая кислота, непредельный альдегид, нитрил, ангидрид и т.д.) и присоединение протекает в направлении 1,4.



3. Реакции полимеризации.



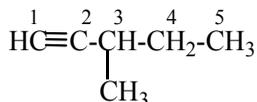
Алкадиены вступают в реакции полимеризации по двум направлениям – 1,2 и 1,4. Продукты полимеризации диенов обладают ценными физико-химическими свойствами (синтетические каучуки).

2.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

Алкинами называют углеводороды, в молекуле которых два атома углерода связаны тройной связью. Родоначальником ряда алкинов является ацетилен C_2H_2 . Общая формула – $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Названия алкинов по систематической номенклатуре образуются из названий соответствующих предельных углеводов, при этом окончание «-ан» заменяется на «-ин» и указывается цифра положения тройной связи.

Пример названия алкинов по систематической номенклатуре:



3-метилпентин-1

2.4.1. Основные способы получения алкинов

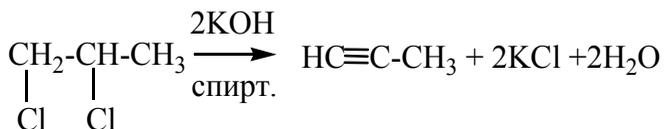
Ацетилен имеет наибольшее промышленное применение, его получают в больших количествах и разными способами: карбидным, электро- или термическим крекингом углеводов, окислительным пиролизом.

Ацетиленовые углеводороды получают либо алкилированием ацетилена, либо отщеплением галогеноводородов (или галогенов) от полигалогенопроизводных.

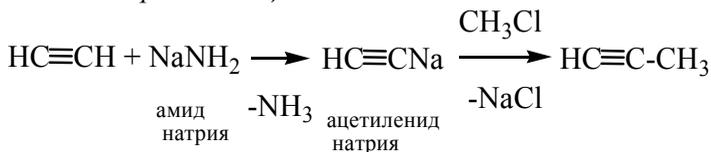
1. Получение ацетилена из карбида кальция



2. Дегидрогалогенирование дигалогенопроизводных



3. Алкилирование ацетиленидов металлов



На первой стадии из ацетилена под действием амида натрия или магнийорганических соединений получают ацетилениды (натрия или магния), на второй стадии проводят реакцию

алкилирования полученных ацетиленидов галогенопроизводными.

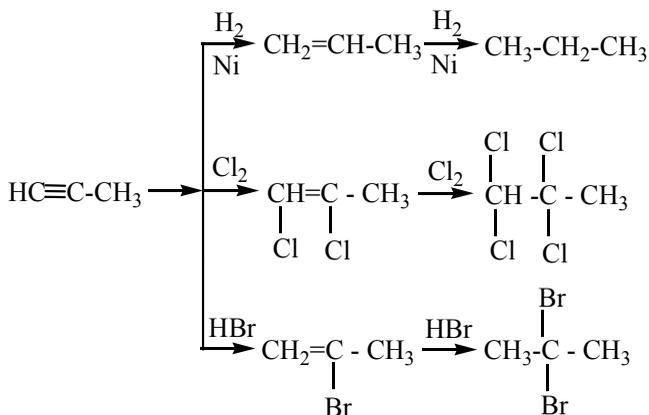
2.4.2. Физические свойства алкинов

Алкины C_2-C_4 – газы, C_5-C_{16} – жидкости, высшие алкины – твердые продукты. С воздухом ацетилен образует взрывчатые смеси.

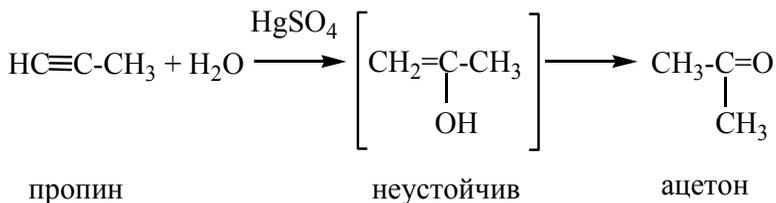
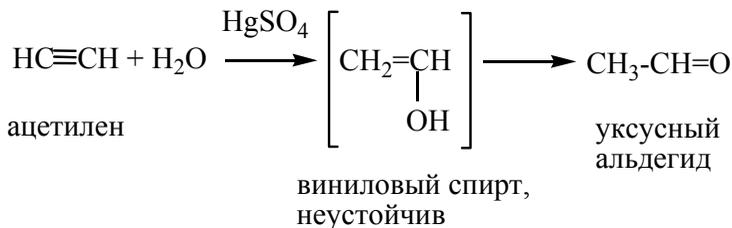
2.4.3. Химические свойства алкинов

Для алкинов характерны реакции присоединения с разрывом π -связей, которые в отличие от алкенов, протекают ступенчато. Кроме этого, алкины достаточно легко подвергаются окислению. Если в молекуле алкина присутствуют атомы водорода при тройной связи, то для них становятся характерными реакции замещения (металлирования).

1. Реакции присоединения

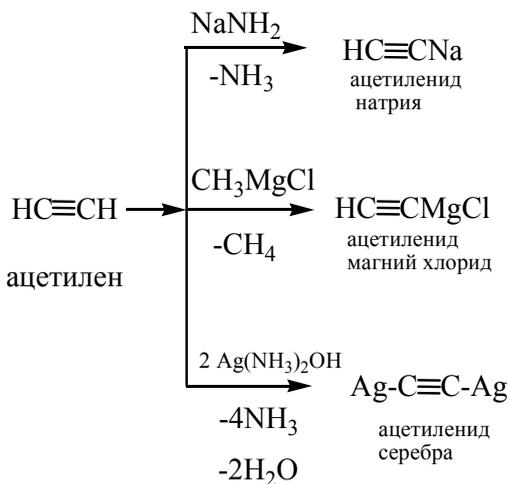


Реакция гидратации (присоединение воды, **реакция М.Г. Кучерова**) для алкинов протекает в присутствии катализатора HgSO_4 . Из ацетилена при гидратации образуется уксусный альдегид, из гомологов ацетилена – кетоны.



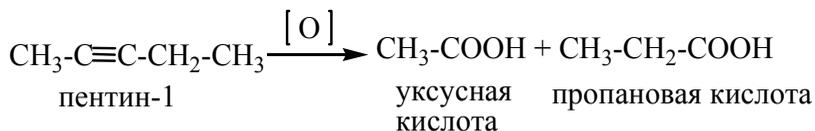
2. Реакции замещения водорода (металлирование)

При действии сильных оснований водородные атомы ацетилена способны замещаться металлами, образуя ацетилениды. Ацетилениды тяжелых металлов (серебра, меди) являются взрывчатыми веществами.



3. Окисление алкинов

Алкины окисляются с разрывом тройной связи с образованием смеси карбоновых кислот.



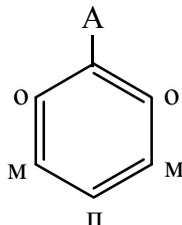
2.5. Ароматические углеводороды (арены).

Понятие о бензоле

Арены – это группа карбоциклических соединений, содержащих циклическую группу из шести атомов углерода (бензольное кольцо). Общая формула аренов – $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$.

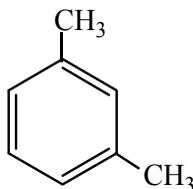
Родоначальник ряда – бензол (C_6H_6).

Изомерия гомологов бензола связана со взаимным положением радикалов в бензольном кольце. По этому признаку различают орто-(о-), мета-(м-) и пара-(п-) изомеры.



При названии аренов очень часто пользуются тривиальными названиями – бензол, толуол, кумол, ксилол.

Пример названия ароматического углеводорода по тривиальной номенклатуре:

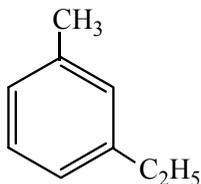


м-ксилол

По систематической номенклатуре названия аренов образуются из названий радикалов-заместителей, добавляя в конце

слово «бензол». Если в кольце несколько радикалов, то вводится нумерация, начиная с самого простого радикала.

Пример названия ароматического углеводорода по систематической номенклатуре:



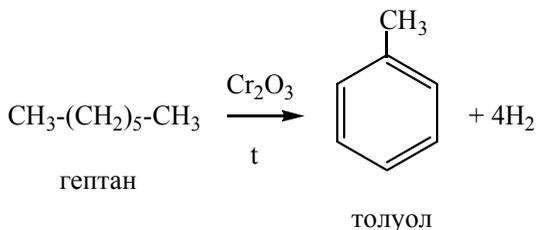
1-метил-3-этилбензол

2.5.1. Основные способы получения ароматических углеводородов

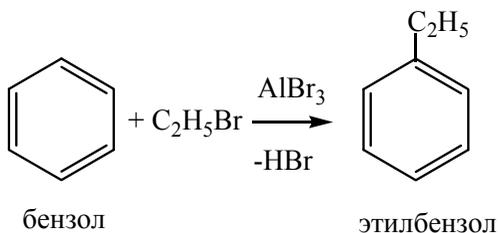
Ароматические углеводороды получают из каменноугольной смолы и нефти, а также из многих соединений жирного ряда парафинов. В лабораторных условиях ароматические углеводороды получают обычно из других, более доступных, ароматических соединений.

1. Дегидроциклизация алканов (промышленный способ)

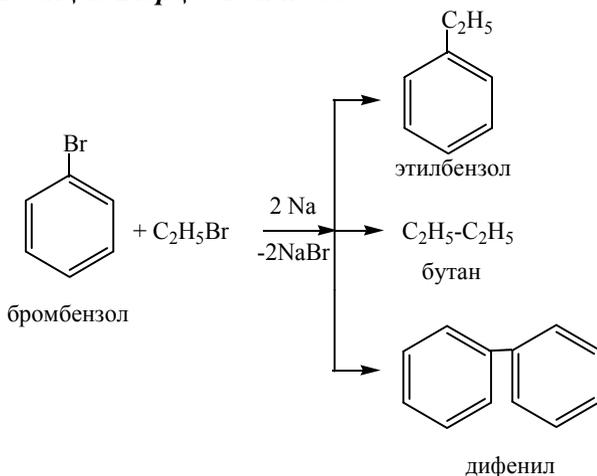
Соединения жирного и ароматического рядов взаимно переходят друг в друга. Известно большое количество способов превращения углеводородов и других органических соединений в ароматические, один из них – дегидроциклизация алканов.



2. Алкилирование ароматических углеводородов (**реакция Фриделя-Крафтса**) – важный метод получения гомологов бензола. В качестве катализатора используют безводные хлориды, фтороводородная кислота и др.



3. Реакция Вюрца–Фиттига

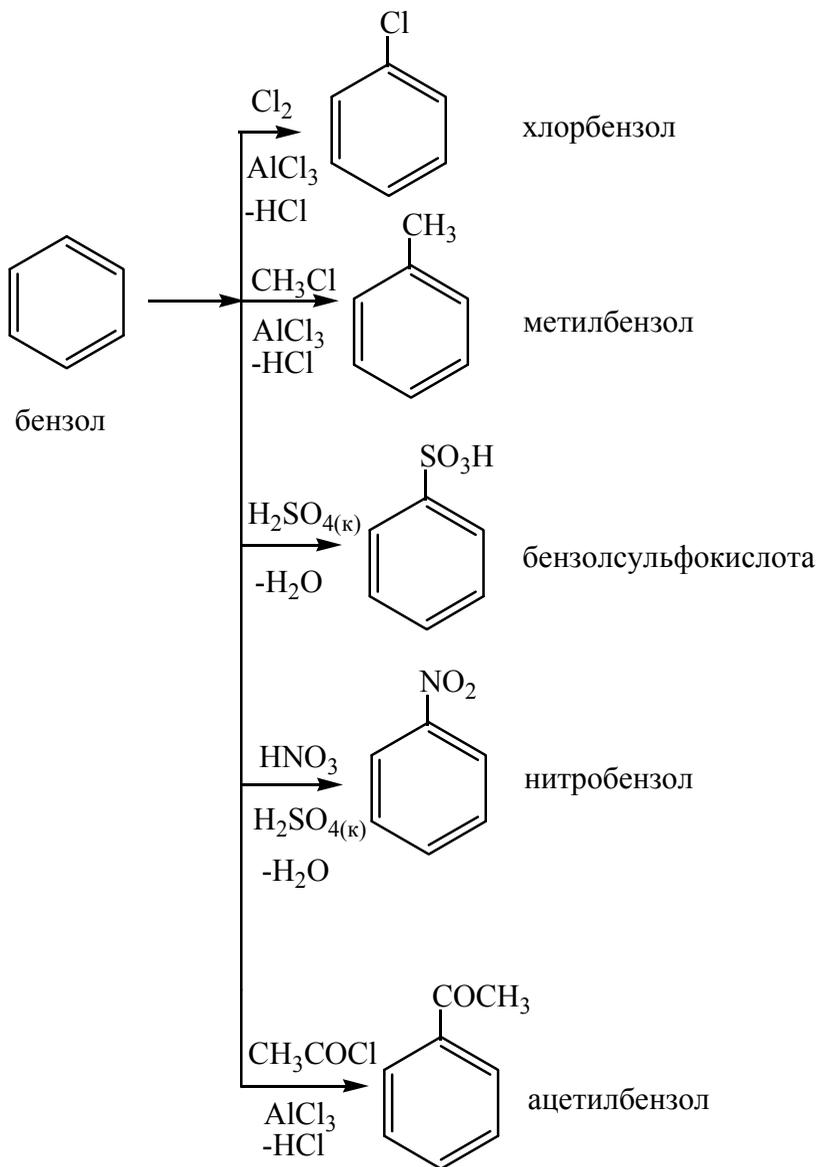


2.5.2. Физические свойства ароматических углеводородов

Арены представляют собой жидкости (бензол и его низшие гомологи) или твердые вещества, обладающие сильным своеобразным запахом, легче воды и практически нерастворимы в ней; хорошо растворяются в органических растворителях и сами служат растворителями. Бензол имеет $t_{\text{плав.}} = -5,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = 80,1 \text{ } ^\circ\text{C}$. Тoluол – $t_{\text{плав.}} = -95 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = 110,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2.5.3. Химические свойства ароматических углеводородов

Для аренов наиболее характерными являются реакции замещения водорода в бензольном кольце, чем реакции присоеди-



2.5.4. Правила замещения в бензольном кольце

При наличии в кольце бензола группы-заместителя место введения (орто-, мета- или пара-положение) второго заместителя будет определяться природой уже находящегося в молекуле заместителя. Все заместители можно разделить на две группы:

1) группы – электронодоноры (ориентанты 1 рода): $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{OR}$, R , галогены.

Ориентанты 1 рода будут направлять заместитель в орто- и пара-положения.

2) группы – электроноакцепторы (ориентанты 2 рода): $-\text{NO}_2$, $-\text{CN}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, CCl_3 , $-\text{CHO}$, $-\text{COOH}$, $-\text{COOR}$.

Ориентанты 2 рода направляют заместители в мета-положение. Если в молекуле бензола уже присутствуют два заместителя и необходимо ввести третий, то говорят о согласованной или несогласованной ориентации. При несогласованной ориентации двух ориентантов 1 рода направлять третий заместитель будет более сильный донор, при несогласованной ориентации двух ориентантов 2 рода – более слабый акцептор. Если наблюдается несогласованная ориентация двух ориентантов разного рода, то направляет всегда ориентант 1 рода.

3. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

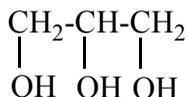
3.1. Спирты

Спирты – это органические соединения, которые содержат в молекуле одну или несколько гидроксильных групп (-ОН).

По количеству ОН-групп различают: одноатомные, двухатомные и многоатомные спирты.



этанол (одноатомный)



глицерин (трехатомный)

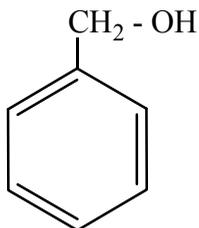
По характеру углеводородного радикала в молекуле спирта различают: предельные, непредельные и ароматические спирты.



этанол (предельный)

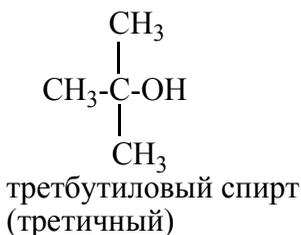
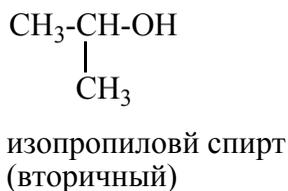
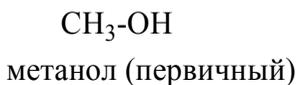


аллиловый спирт
(непредельный)



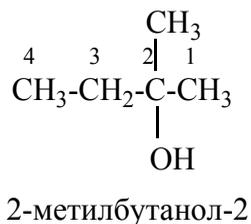
бензиловый спирт
(ароматический)

По характеру атома углерода, с которым связана ОН-группа, различают: первичные, вторичные и третичные спирты.



При названии спиртов по систематической номенклатуре углеродную цепь нумеруют с конца, к которому ближе расположена ОН-группа. Цепь называют как соответствующий углеводород, добавляя в конце суффикс «ол» (для одноатомных спиртов), «диол» (для двухатомных) и «триол» (для трехатомных), показывая цифрами положение гидроксильных групп.

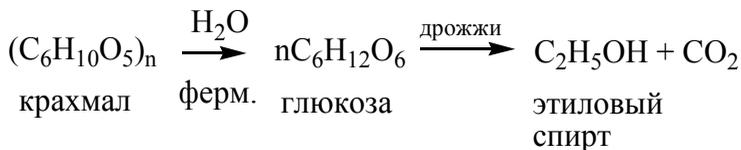
Пример названия спирта по систематической номенклатуре:



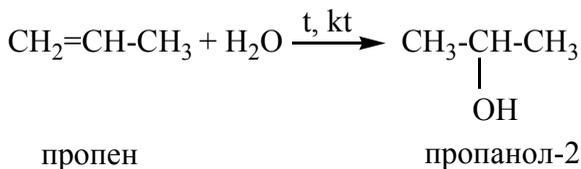
3.1.1. Основные способы получения одноатомных спиртов

1. Промышленные способы

а) получение этилового спирта брожением крахмалсодержащего сырья

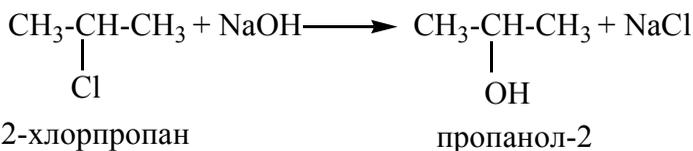


б) гидратация алкенов



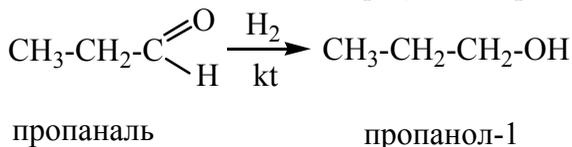
2. Лабораторные способы

а) гидролиз галогенопроизводных

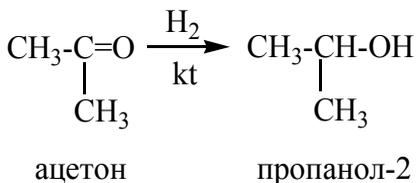


б) восстановление альдегидов и кетонов

при восстановлении альдегидов образуются первичные спирты

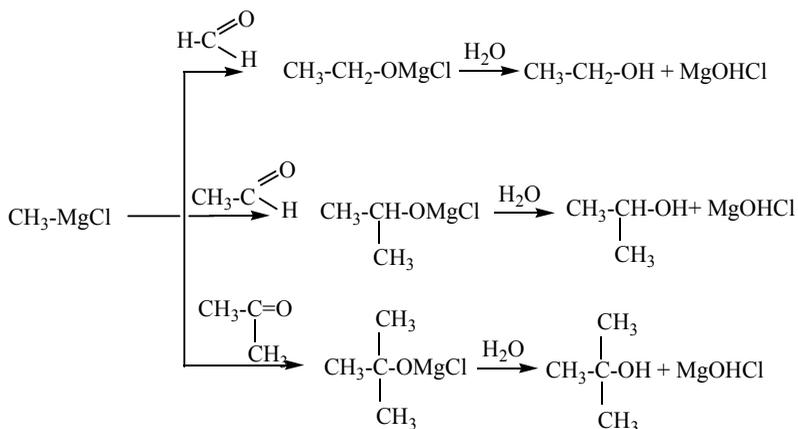


при восстановлении кетонов образуются вторичные спирты



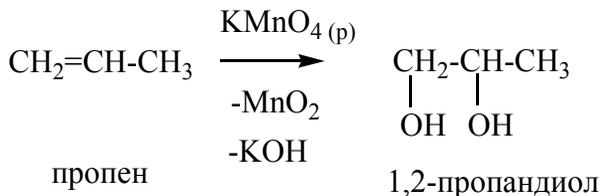
в) синтез с **реактивом Гриньяра** (взаимодействие магнийорганического соединения с оксосоединениями)

Для получения первичных спиртов в качестве оксосоединения используют метаналь, для получения вторичных спиртов – любой другой альдегид, кроме метанала, для получения третичных спиртов – кетоны.

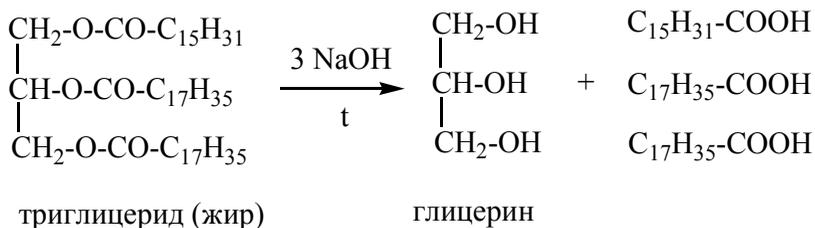


3.1.2. Способы получения многоатомных спиртов

1. Двухатомные спирты (гликоли) получают реакцией окисления алкенов в мягких условиях (**реакция Вагнера**)



2. Основным способом получения глицерина является щелочной гидролиз жиров и масел



3.1.3. Физические свойства спиртов

Спирты до C_{10} при обычной температуре – жидкости, начиная с C_{11} и выше – твердые тела. Метанол и этанол смешиваются с водой в любых соотношениях и имеют характерный запах. С увеличением молекулярной массы растворимость жидких спиртов в воде уменьшается, и запах их становится неприятным. Твердые спирты почти нерастворимы в воде и лишены запаха. Жидкие спирты являются хорошими растворителями многих органических веществ.

Температура кипения спиртов значительно выше температуры кипения соответствующих углеводородов. По мере увеличения молекулярной массы спиртов возрастает их температура кипения.

Низшие представители ряда гликолей – густые жидкости, высшие – кристаллические вещества. Гликоли хорошо растворимы в воде, имеют сладкий вкус. Температура кипения гликолей значительно выше, чем у одноатомных спиртов, что является следствием усиления ассоциации молекул (образования водородных связей).

Глицерин – нейтральная, бесцветная, вязкая жидкость сладкая по вкусу. Очень гигроскопичен и смешивается с водой в любых соотношениях. Трудно кристаллизуется.

3.1.4. Химические свойства одноатомных спиртов

Для спиртов характерны реакции замещения водорода в ОН-группе (кислотные свойства), замещения всей ОН-группы, реакции дегидратации и окисления.

1. Реакции замещения водорода в ОН-группе (кислотные свойства спиртов).

Кислотные свойства спиртов выражены слабо, причем с увеличением длины и объема углеводородного радикала кислотные свойства спиртов ослабевают. При переходе от первичных спиртов к третичным кислотность также снижается.

а) взаимодействие спиртов с металлическим натрием

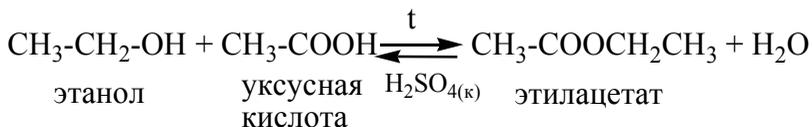


этанол

этилат натрия

б) взаимодействие спиртов с карбоновыми кислотами (реакция этерификации)

Данная реакция является обратимой, протекает при повышенной температуре и в присутствии водоотнимающего катализатора ($\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$), в результате образуются сложные эфиры. Скорость реакции этерификации убывает при переходе от первичных спиртов к третичным.



2. Реакции замещения ОН-группы (основные свойства спиртов)



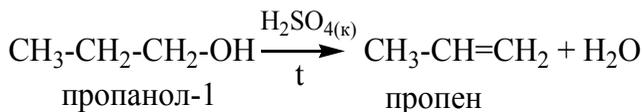
пропанол-1

1-хлорпропан

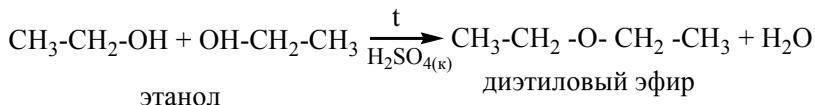
3. Дегидратация спиртов

а) внутримолекулярная дегидратация

Реакция внутримолекулярной дегидратации протекает по правилу Зайцева, в результате образуются алкены.



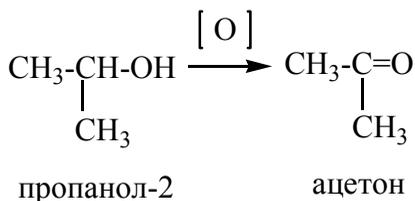
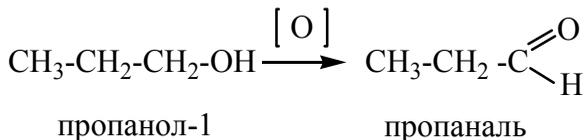
б) межмолекулярная дегидратация



В результате реакции отщепляется молекула воды от двух молекул спирта, и образуются простые эфиры.

4. Окисление спиртов

При окислении первичных спиртов образуются альдегиды, при окислении вторичных спиртов образуются кетоны.

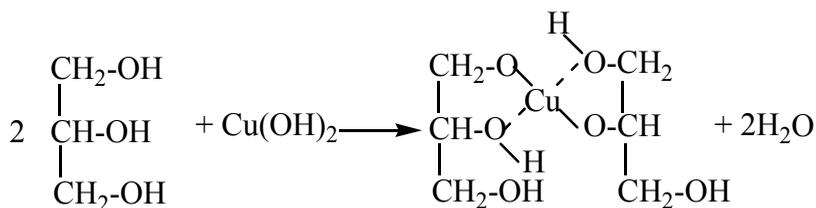


3.1.5. Химические свойства многоатомных спиртов

Свойства многоатомных спиртов схожи со свойствами одноатомных спиртов, но химические взаимодействия могут протекать по одной или нескольким OH-группам.

Отличительной особенностью многоатомных спиртов является проявление более сильных кислотных свойств. Они мо-

гут вступать во взаимодействие со слабыми основаниями ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) с образованием окрашенных комплексов.



глицерин

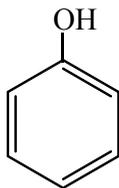
глицерат меди (II)

Данная реакция является качественной на многоатомные спирты (растворяется голубой осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и образуется раствор ярко-синего цвета).

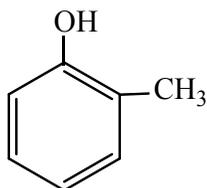
3.2. Фенолы

Фенолами называют органические соединения, в молекуле которых OH-группа связана с бензольным кольцом.

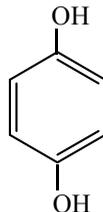
В зависимости от количества OH-групп фенолы можно разделить на одно- и многоатомные.



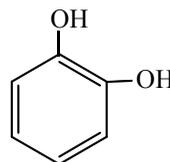
фенол



о-крезол
(2-окситолуол)



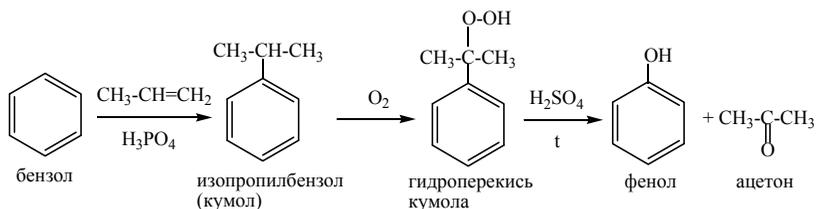
п-диоксибензол
(гидрохинон)



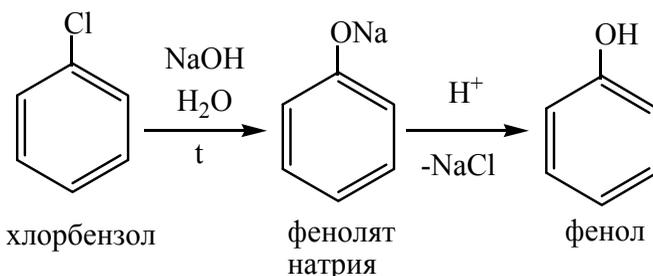
о-диоксибензол
(пирокатехин)

3.2.1. Основные способы получения фенолов

1. Кумольный способ (промышленный)



2. Гидролиз ароматических галогенопроизводных



3.2.2. Физические свойства фенолов

Фенолы – кристаллические вещества с характерным запахом, трудно растворимы в воде. Так как фенолы значительно более полярные вещества, чем соответствующие насыщенные спирты, температуры их кипения более высокие. Фенолы являются антисептиками, ядовиты, на коже оставляют ожоги.

3.2.3. Химические свойства фенолов

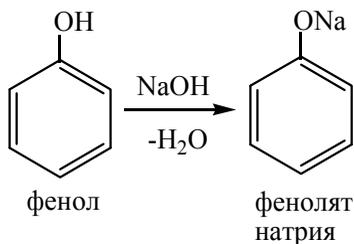
Для фенолов характерны реакции как по гидроксильной группе, так и по ароматическому ядру.

1. Реакции замещения водорода в OH-группе (кислотные свойства)

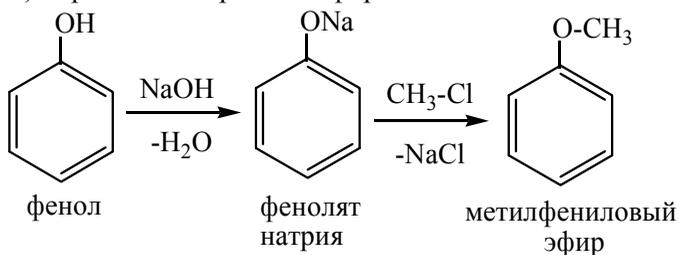
По сравнению со спиртами фенолы проявляют более сильные кислотные свойства и могут реагировать не только со

щелочными металлами, но и со щелочами с образованием солей – фенолятов.

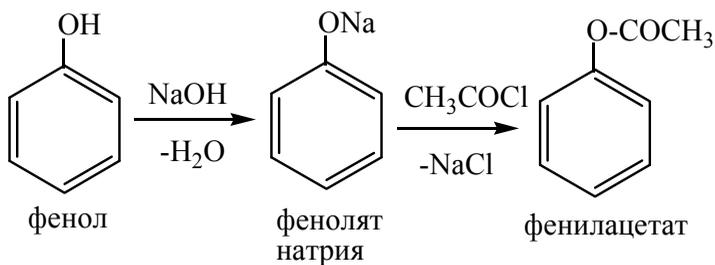
а) образование солей



б) образование простых эфиров

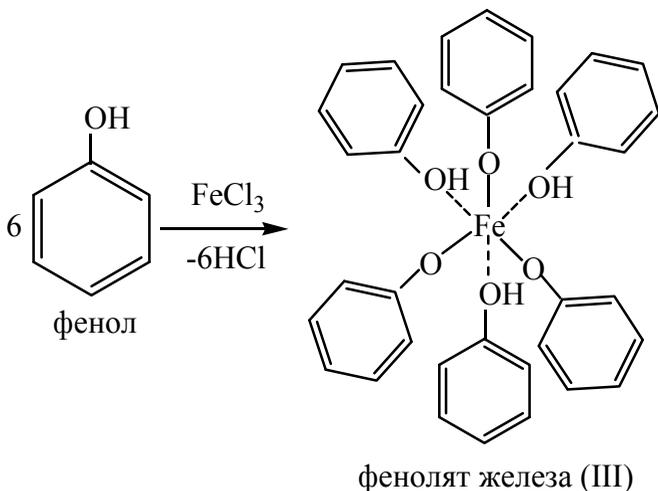


в) образование сложных эфиров

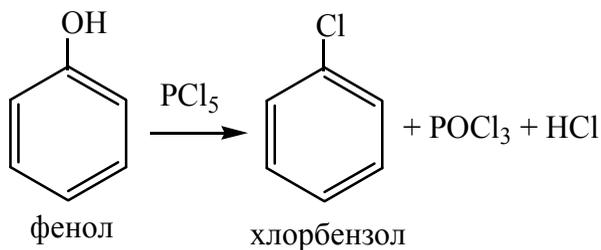


г) качественная реакция на фенол

Фенолы взаимодействуют с хлоридом железа (III) с образованием фенолятов железа – окрашенных комплексов. Окраска образующихся комплексных соединений может изменяться от красного до зеленого цвета.

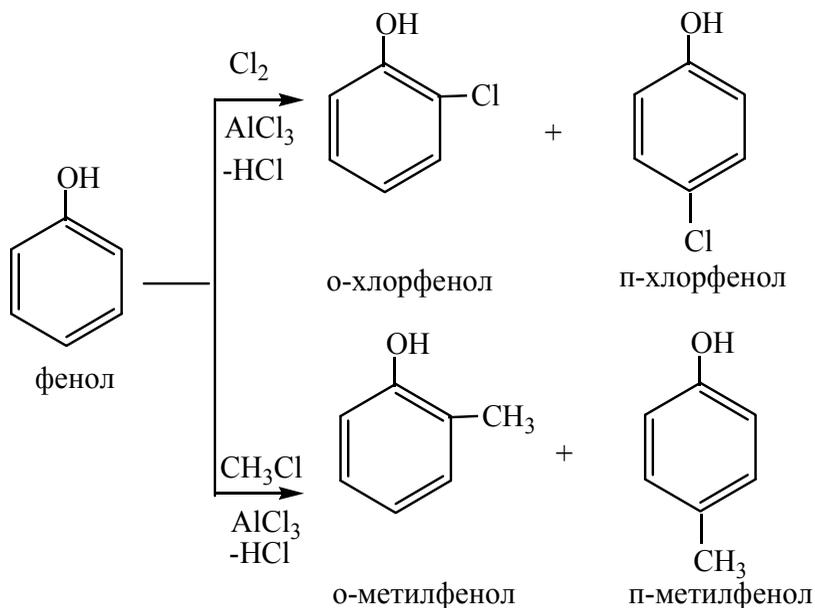


2. Реакции замещения OH-группы



3. Реакции по бензольному кольцу

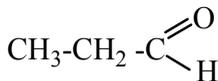
Реакции протекают по правилам замещения в бензольном кольце. Так как OH-группа относится к ориентантам 1 рода, т.е. проявляет электрондонные свойства, она будет направлять заместители в о- и п- положения.



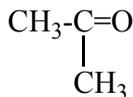
3.3. Альдегиды и кетоны (Оксосоединения)

Оксосоединениями называют органические вещества, в молекуле которых содержится оксогруппа (C=O).

В молекулах альдегидов оксогруппа связана с углеводородным радикалом и атомом водорода, в молекулах кетонов – с двумя углеводородными радикалами.

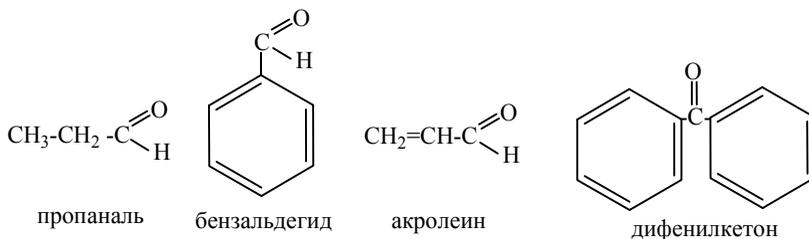


пропаналь
альдегид



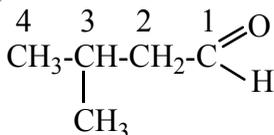
пропанон
кетон

По характеру углеводородного радикала альдегиды и кетоны могут быть алифатическими (предельными и непредельными) и ароматическими.



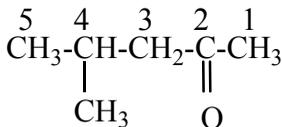
По систематической номенклатуре альдегиды называют нумеруя углеродную цепь с атома углерода оксогруппы, затем называют соответствующий длине цепи углеводород, добавляя в конце суффикс «-аль». При названии кетонов по систематической номенклатуре нумерация углеродной цепи начинается с конца, к которому ближе расположена оксогруппа, далее называют соответствующий углеводород, добавляя суффикс «-он» и цифру положения оксогруппы.

Пример названия альдегида по систематической номенклатуре:



3-метилбутаналь

Пример названия кетона по систематической номенклатуре:

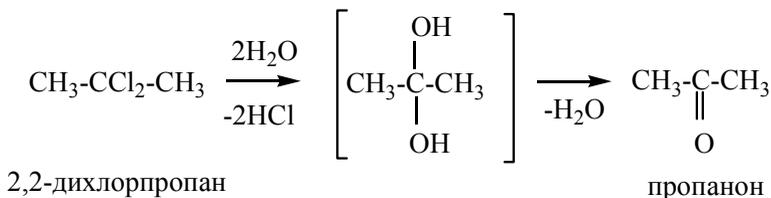
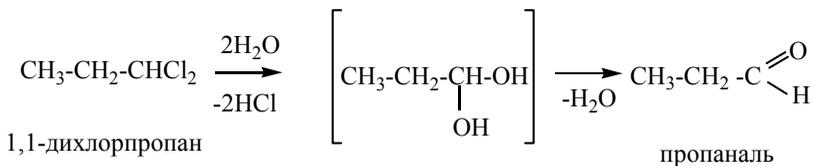


4-метилпентанон-2

3.3.1. Основные способы получения альдегидов и кетонов

1. Окисление спиртов

При окислении первичных спиртов образуются альдегиды, при окислении вторичных спиртов – кетоны.

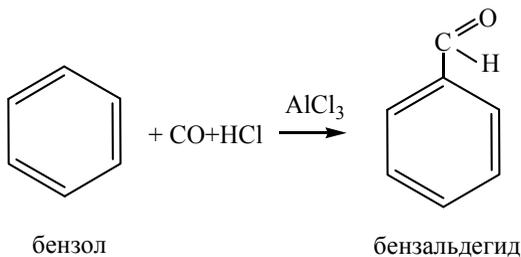


6. Гидратация алкинов (реакция Кучерова)

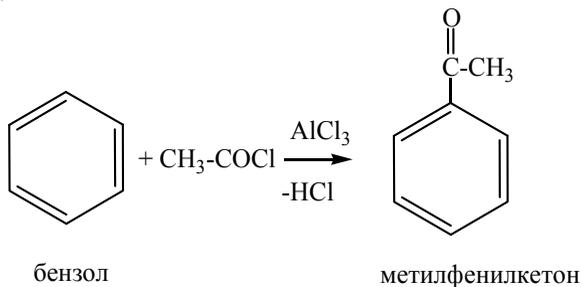
Гидратация ацетилена приводит к образованию уксусного альдегида, гидратация гомологов ацетилена – к образованию кетонов (см. тему «Алкины»).

7. Реакции получения ароматических альдегидов и кетонов

а) получение бензальдегида (реакция Гаттермана-Коха)



б) получение ароматических кетонов (реакция Фриделя-Крафтса)



3.3.2. Физические свойства альдегидов и кетонов

Муравьиный альдегид – газ, остальные альдегиды и кетоны – жидкости и твердые вещества. Температура кипения альдегидов и кетонов ниже, чем у спиртов и кислот с тем же числом атомов углерода в молекуле в связи с отсутствием межмолекулярных водородных связей. Кетоны кипят при более высокой температуре, чем альдегиды. Оксосоединения с разветвленной цепью углеродных атомов имеют более низкие температуры кипения, чем оксосоединения нормального строения.

Низшие альдегиды – соединения с резким, специфическим запахом, причем у альдегидов более резкий запах, чем у кетонов. Альдегиды (C₁₀-C₁₂) обладают приятным запахом и применяются в парфюмерии. Альдегиды и некоторые кетоны участвуют в формировании вкуса и аромата хлеба, вина и ряда пищевых продуктов. Альдегиды и кетоны легче воды, многие из них хорошо в ней растворимы.

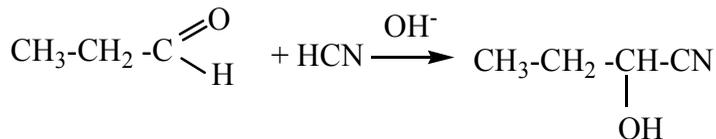
3.3.3. Химические свойства альдегидов и кетонов

1. Реакции нуклеофильного присоединения

Данные реакции протекают по оксогруппе с разрывом π-связи. Альдегиды проявляют большую реакционную способность в данных реакциях, чем кетоны. Кроме этого, на активность соединений в реакциях нуклеофильного присоединения влияет строение углеводородного радикала. С увеличением длины и объема радикала в оксосоединении реакционная способность снижается.

Ароматические оксосоединения менее реакционно способны, чем алифатические.

а) присоединение синильной кислоты (HCN)

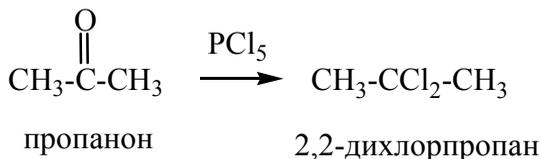
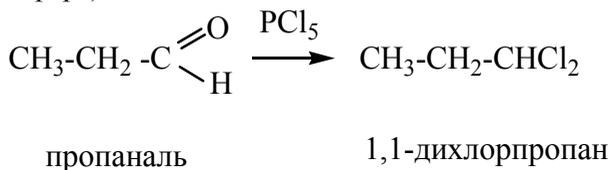


пропаналь

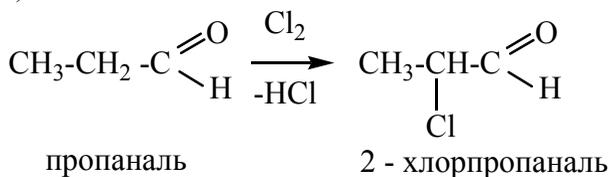
оксинитрил

б) присоединение спиртов (реакция характерна только для альдегидов)

3. *Замещение оксогруппы* (взаимодействие с пентахлоридом фосфора)

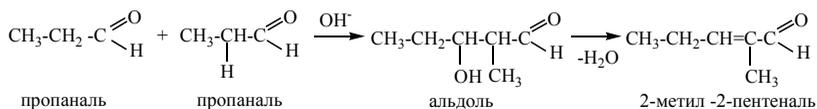


4. *Реакции замещения водорода в α-положении*
а) взаимодействие с галогенами



б) альдольно-кетоновая конденсация

Данная реакция протекает в присутствии щелочей с образованием альделей и на второй стадии непредельных оксосоединений. В реакцию могут вступать альдегиды и кетоны, имеющие в α-положении подвижный водород.

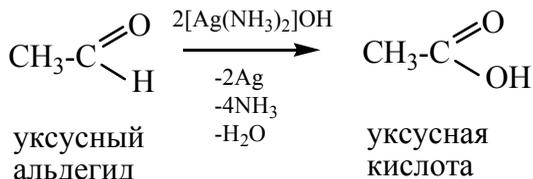


5. *Реакции окисления и восстановления оксосоединений*

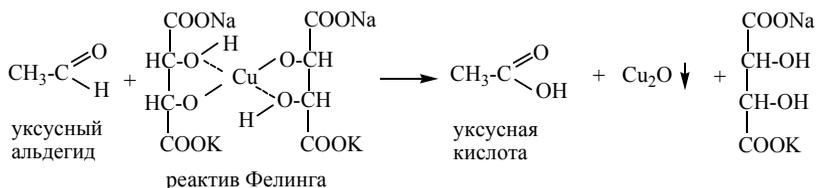
Альдегиды окисляются легче, чем кетоны даже под действием слабых окислителей. В результате окисления альдегидов образуются соответствующие карбоновые кислоты.

Качественными реакциями на альдегиды являются реакция «серебряного зеркала» (взаимодействие с гидроксидом диамина серебра(I) – **реактивом Толленса**) и с **реактивом Фелинга**.

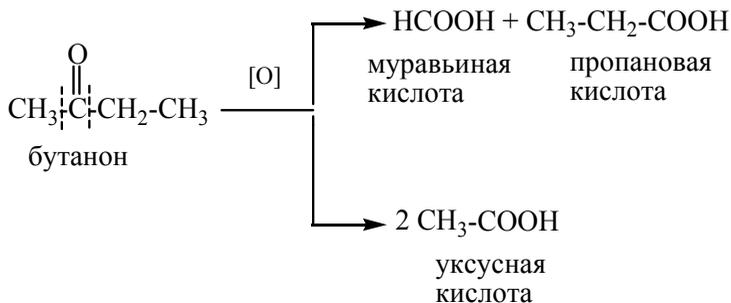
В результате взаимодействия с реактивом Толленса альдегид окисляется, а серебро восстанавливается и выпадает в осадок в виде серебряного налета.



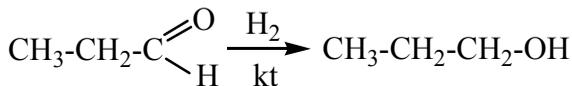
При взаимодействии с реактивом Фелинга (комплексная соль меди) альдегид окисляется, а медь восстанавливается до оксида меди (I), который выпадает в виде красно-оранжевого осадка.



Кетоны окисляются в жестких условиях с разрывом углеродной цепи. Продуктами окисления кетонов в зависимости от их строения могут быть карбоновые кислоты или кетоны.

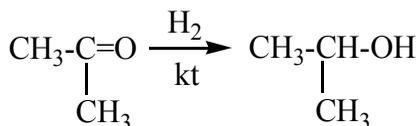


При восстановлении оксосоединений образуются спирты. При восстановлении альдегидов образуются первичные спирты, при восстановлении кетонов – вторичные спирты.



пропаналь

пропанол-1



ацетон

пропанол-2

3.4. Карбоновые кислоты

Карбоновыми кислотами называют органические соединения, содержащие в молекуле карбоксильную группу (-COOH).

По количеству карбоксильных групп различают одноосновные и многоосновные (двух-, трех-) карбоновые кислоты.



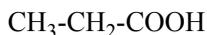
уксусная
кислота

пропандиовая
кислота

(одноосновная)

(двухосновная)

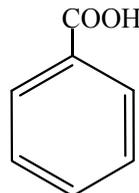
По характеру углеводородного радикала различают алифатические (предельные и непредельные) и ароматические карбоновые кислоты.



пропановая
кислота
(предельная)

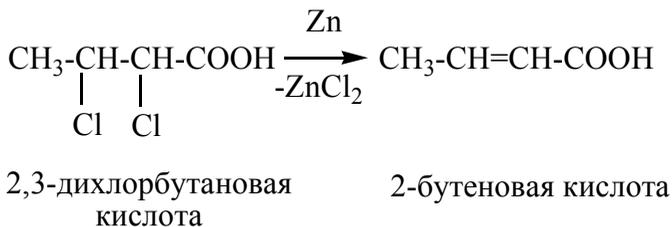
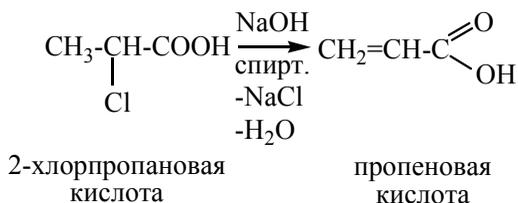


пропеновая
кислота
(непредельная)

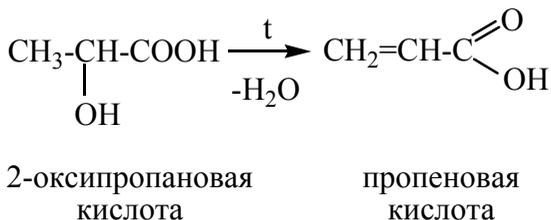


бензойная
кислота
(ароматическая)

1. Из галогензамещенных карбоновых кислот



2. Дегидратация β -оксикислот при нагревании



Способы получения двухосновных карбоновых кислот аналогичны способам получения одноосновных.

3.4.3. Физические свойства карбоновых кислот

Кислоты $\text{C}_1\text{-C}_3$ – подвижные жидкости с резким запахом, начиная с C_4 (масляная кислота) – маслянистые жидкости с крайне неприятным запахом (запах прогорклого масла). Кислоты состава C_{10} и выше – твердые вещества без цвета и запаха. Низкомолекулярные кислоты хорошо растворимы в воде, с увеличением молекулярной массы растворимость падает. На физические свойства карбоновых кислот большое влияние оказывает

их способность к ассоциации с образованием линейных или циклических димеров за счет водородных связей.

Способностью к ассоциации и прочностью водородных связей объясняется относительно высокая температура кипения кислот по сравнению не только с углеводородами, но и со спиртами.

Ненасыщенные одноосновные кислоты – жидкости или твердые вещества с большей плотностью, чем соответствующие насыщенные кислоты, низшие – со специфическим запахом, растворимы в воде, высшие – без запаха и нерастворимы в воде.

Двухосновные кислоты – белые кристаллические вещества, хорошо растворимы в воде, растворимость уменьшается с увеличением молекулярной массы.

3.4.4. Химические свойства одноосновных карбоновых кислот

Для карбоновых кислот наиболее характерными являются реакции замещения водорода в карбоксильной группе (кислотные свойства), замещения гидроксигруппы, замещения водорода в углеводородном радикале.

1. Кислотные свойства карбоновых кислот

Среди всех органических соединений карбоновые кислоты проявляют наиболее выраженные кислотные свойства. На кислотные свойства карбоновых кислот оказывают влияние ряд особенностей:

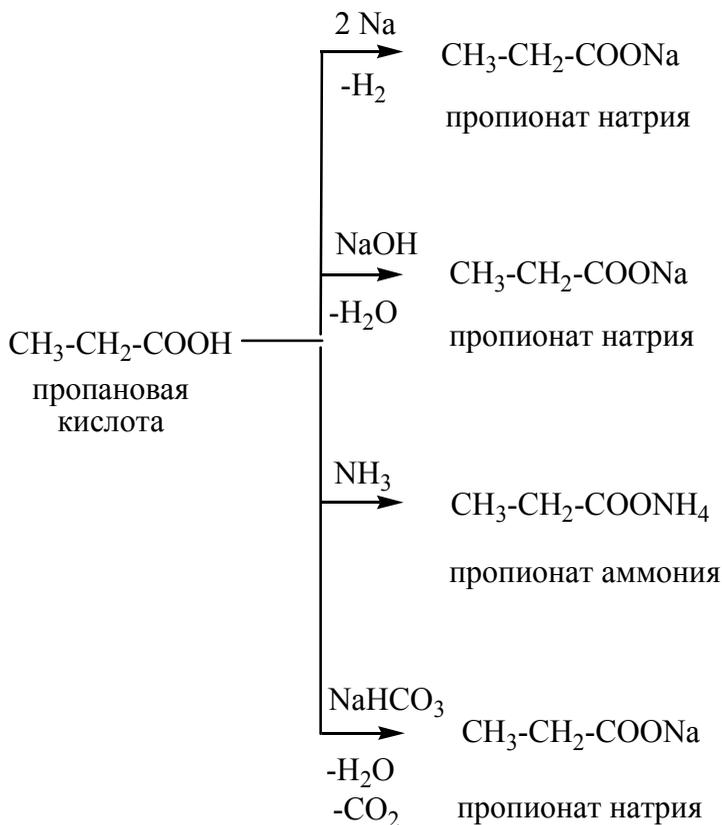
а) с увеличением длины и объема углеводородного радикала кислотные свойства снижаются;

б) наличие в молекуле кислоты группы-донора (например, углеводородного радикала), особенно в α -положении снижает силу кислоты;

в) ароматические кислоты проявляют более сильные кислотные свойства, чем алифатические;

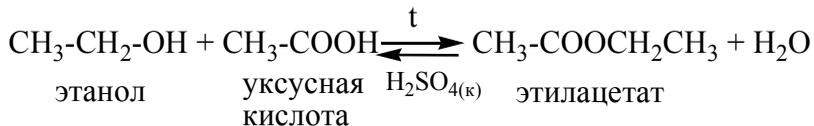
г) непредельные карбоновые кислоты имеют более высокие кислотные свойства, чем предельные.

Карбоновые кислоты вступают в реакции солеобразования с металлами, щелочами, содой, аммиаком.

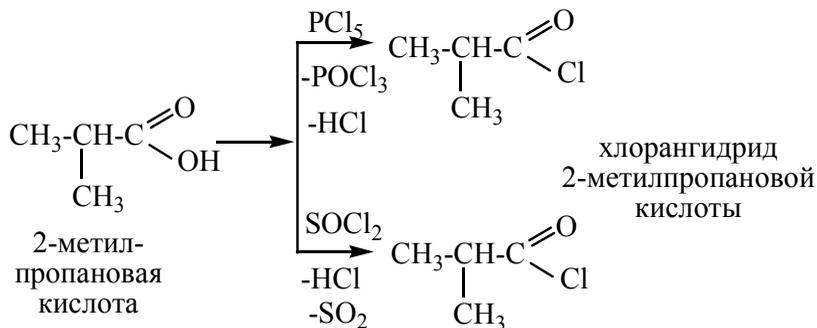


2. Реакции замещения гидроксигруппы (образование функциональных производных)

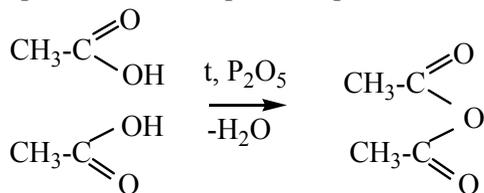
а) взаимодействие со спиртами (реакция этерификации) – образование сложных эфиров



б) взаимодействие с пентахлоридом фосфора, тионилхлоридом – образование галогенангидридов



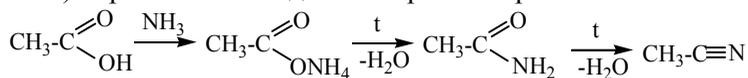
в) образование ангидридов карбоновых кислот



уксусная кислота

уксусный ангидрид

г) образование амидов и нитрилов карбоновых кислот



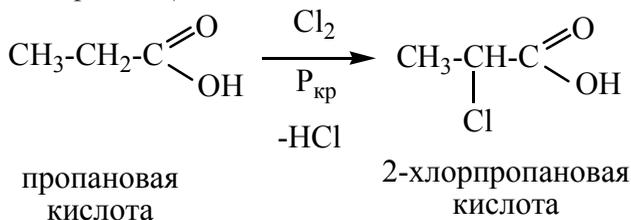
уксусная кислота

ацетат аммония

амид уксусной
кислоты

нитрил уксусной
кислоты

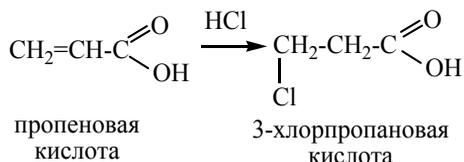
3. Реакции замещения водорода в углеводородном радикале (галогенирование)



3.4.5. Особенности химических свойств непредельных карбоновых кислот

Непредельные карбоновые кислоты вступают в аналогичные реакции, что и предельные кислоты, однако наличие в их молекуле двойной связи обуславливает протекание реакций присоединения с разрывом π -связи.

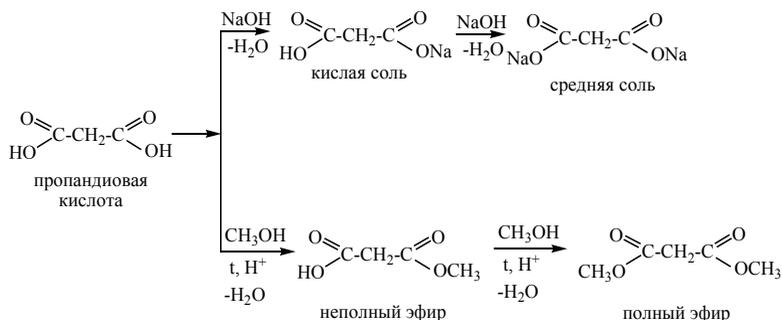
Если двойная связь в молекуле кислоты находится между вторым и третьим атомами углерода, реакция присоединения протекает против **правила Марковникова** (см. тему «Алкены»).



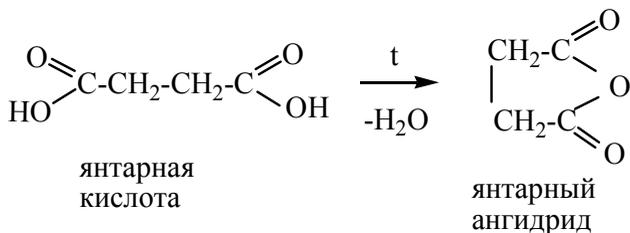
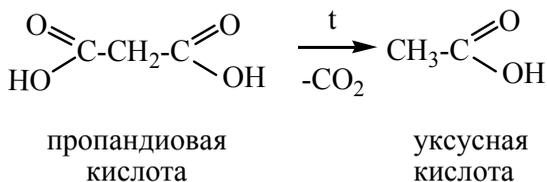
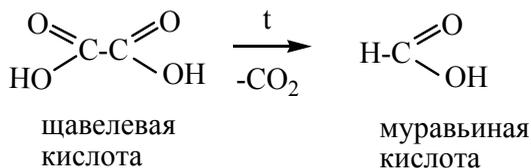
3.4.6. Особенности химических свойств двухосновных карбоновых кислот

Двухосновные кислоты проявляют более высокие кислотные свойства, чем одноосновные. Это объясняется взаимным акцепторным влиянием карбоксильных групп друг на друга.

Двухосновные карбоновые кислоты вступают в те же реакции, что и одноосновные. Протекать эти реакции могут по одной или обеим карбоксильным группам, при этом образуются полные и неполные производные кислот: соли нейтральные и кислые, сложные эфиры – полные и неполные, аналогично амиды, нитрилы, галогенангидриды.



Отличительной особенностью является поведение двухосновных карбоновых кислот при нагревании.



Кислоты, у которых карбоксильные группы находятся близко друг к другу (щавелевая, малоновая, одно- и двузамещенные гомологи последней) легко декарбоксилируются при нагревании, превращаясь в монокарбоновые кислоты.

Дикарбоновые кислоты, у которых карбоксилы находятся в положении 1,4 и 1,5 при нагревании дегидроциклизуются с образованием внутреннего циклического ангидрида. Это связано с устойчивостью образующихся пяти- и шестичленных циклов.

4. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

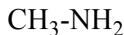
4.1. Амины

К азотсодержащим органическим соединениям относятся соединения, содержащие в молекуле атомы азота.

Амины – органические соединения, содержащие амино-группу ($-\text{NH}_2$).

Амины рассматривают как производные аммиака, в котором один или несколько атомов водорода замещены на углеводородные радикалы.

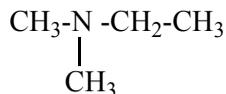
В зависимости от количества замещенных атомов водорода в аммиаке различают: первичные, вторичные и третичные амины.



первичный
амин

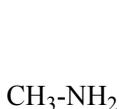


вторичный
амин

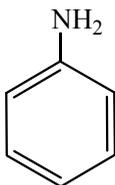


третичный
амин

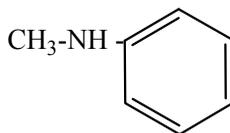
Кроме этого, в зависимости от характера углеводородного радикала различают алифатические, ароматические амины и амины смешанного типа.



алифатический
амин

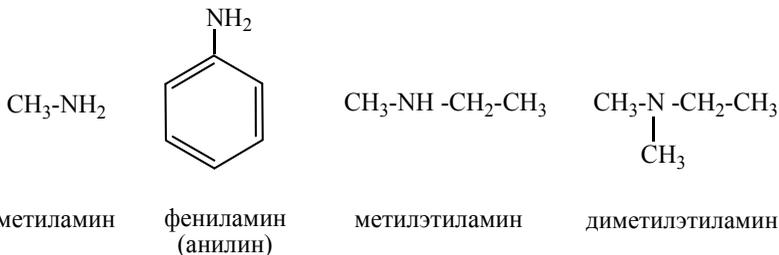


ароматический
амин

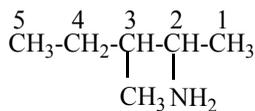


амин смешанного типа

Первичные, вторичные и третичные амины несложного строения называют, добавляя окончание «-амин» к названию углеводородного радикала. Если в молекуле амина присутствуют одинаковые радикалы, то их перечисляют приставками «ди-, три-».



При названии аминов более сложного строения углеродную цепь нумеруют, начиная с конца, к которому ближе аминогруппа, в названии указывают положение аминогруппы цифрой и словом «амино-» и называют соответствующий длине цепи углеводород.

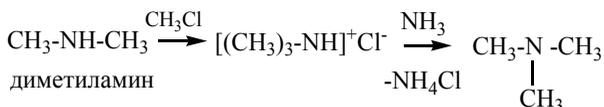
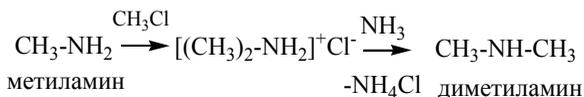
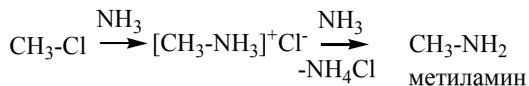


2-амино-3-метилпентан

4.1.1. Основные способы получения аминов

Амины широко применяют в технике и лабораторной практике, поэтому способы получения аминов многочисленны и разнообразны. Для получения алкиламинов применяют реакции алкилирования аммиака, для получения первичных ароматических аминов – реакции восстановления нитросоединений.

1. Реакция Гофмана (алкилирование аммиака и аминов)



4.1.2. Физические свойства аминов

Метиламин, диметиламин и триметиламин – газы, обладающие аммиачным запахом, хорошо растворимые в воде. Остальные низшие амины – жидкости с запахом аммиака, более сложные амины обладают неприятным запахом рыбы. Высшие амины – твердые вещества без запаха, нерастворимые в воде.

Амины имеют щелочную реакцию среды, их температуры кипения ниже, чем у спиртов с тем же числом углеродных атомов. Ароматические амины – жидкости или твердые вещества, плохо растворимые в воде.

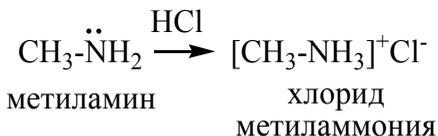
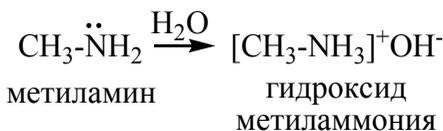
4.1.3. Химические свойства аминов

1. Основные свойства аминов

Основность характеризуется способностью присоединять протон. Амины проявляют основные свойства благодаря наличию неподеленной пары электронов на атоме азота аминогруппы.

На основные свойства аминов влияет характер углеводородного радикала. Так, алифатические амины проявляют более сильные основные свойства, чем ароматические. В алифатических аминах основные свойства уменьшаются в ряду: вторичный > третичный > первичный. В ароматических аминах основность изменяется следующим образом: первичный > вторичный > третичный.

Реакции, характеризующие основные свойства аминов – образование гидроксидов и солей.

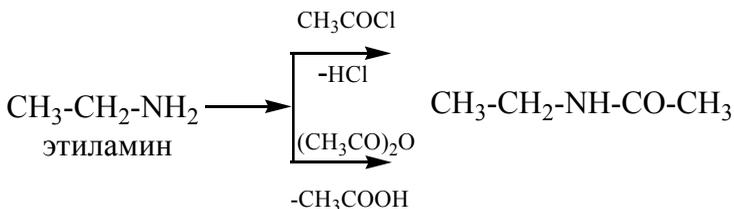


2. Алкилирование аминов (*реакция Гофмана*)

Данная реакция позволяет получать из первичных аминов вторичные и третичные. Реакция рассмотрена в способах получения аминов (см. выше).

3. Ацилирование аминов

Ацилирование – реакция замещения атома водорода радикала карбоновой кислоты (ацила). Реакция протекает под действием галогенангидридов и ангидридов карбоновых кислот.

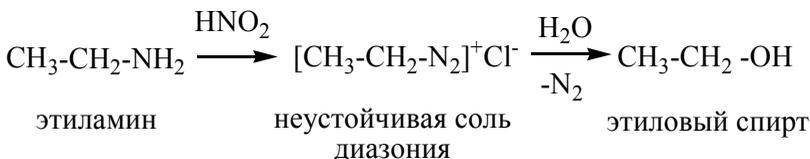


4. Взаимодействие аминов с азотистой кислотой

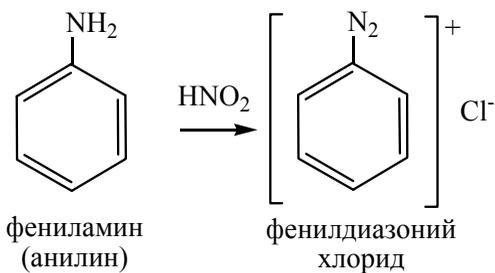
Данная реакция позволяет различать амины различного строения. Азотистая кислота является неустойчивым соединением и образуется в результате взаимодействия нитрита натрия и хлороводородной кислоты.



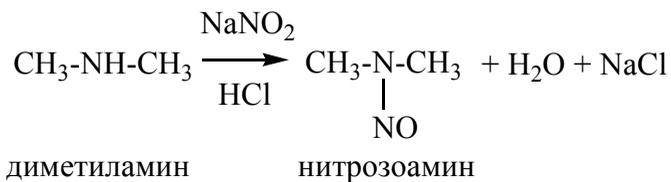
а) первичные алифатические амины при взаимодействии с азотистой кислотой образуют неустойчивые соли диазония, которые быстро разлагаются с образованием спиртов



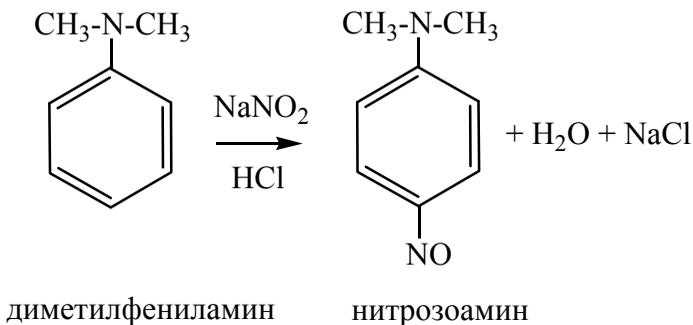
б) первичные ароматические амины – образуют устойчивые соли диазония (реакция диазотирования).



в) вторичные амины всех типов в результате реакции с азотистой кислотой образуют нитрозосоединения.



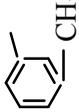
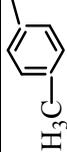
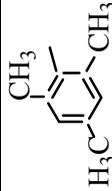
г) третичные амины (только ароматические) – образуют п-нитрозосоединения. Третичные амины жирного ряда не взаимодействуют с азотистой кислотой.



Приложение 1

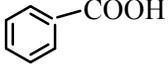
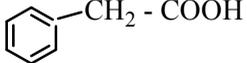
Важнейшие радикалы

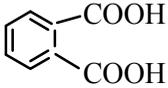
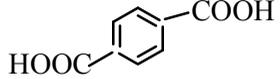
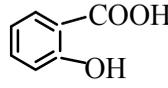
1. алканов (алкилы)					
Формула	Название	Формула	Название	Формула	Название
$\text{CH}_3 -$	метил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$	этил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	пропил
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	изопропил	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2 -$	бутил	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 -$	изобутил
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} -$	трет-бутил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	втор-бутил	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2 -$	пентил (амил)
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 -$	неопентил	$\underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} -$	трет-пентил	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - (\text{CH}_2)_2 -$	изопентил

2. алкенов (алкенилы)					
Формула	Название	Формула	Название	Формула	Название
$\text{CH}_2 = \text{CH} -$	винил (этенил)	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} -$	1-пропенил	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 -$	2-пропенил
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -$	2-бутенил	$\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} -$	изопропенил		
3. алкинов (алкинилы)					
$\text{HC} \equiv \text{C} -$	этинил (ацетиленил)	$\text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 -$	2-пропинил		
4. аренов (ариллы)					
	орто-толил		орто-толил		мета-толил
	пара-толил		пара-толил		мезитил

Приложение 2

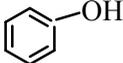
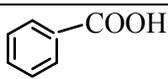
Формулы и тривиальные названия некоторых органических соединений

Название соединения	Формула
Карбоновые кислоты	
пропионовая	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
масляная	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$
изомасляная	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$
валериановая	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$
изовалериановая	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
акриловая	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$
кротоновая	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$
капроновая	$\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{COOH}$
лауриновая	$\text{C}_{11}\text{H}_{23} - \text{COOH}$
миристиновая	$\text{C}_{13}\text{H}_{27} - \text{COOH}$
пальмитиновая	$\text{C}_{15}\text{H}_{31} - \text{COOH}$
стеариновая	$\text{C}_{15}\text{H}_{35} - \text{COOH}$
олеиновая	$\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COOH}$
линолевая	$\text{C}_{17}\text{H}_{31} - \text{COOH}$
линоленовая	$\text{C}_{17}\text{H}_{29} - \text{COOH}$
бензойная	
фенилуксусная	
щавелевая	$\text{HOOC} - \text{COOH}$
малоновая	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
янтарная	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$
глутаровая	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$

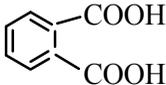
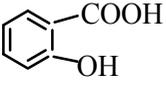
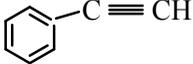
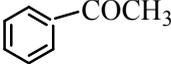
Название соединения	Формула
фталевая	
терефталевая	
Окси-, оксокислоты	
молочная	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{COOH}$
яблочная	$\text{HOOC} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
винная	$\text{HOOC} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{COOH}$
салициловая	
глиоксиловая	$\text{O} = \text{CH} - \text{COOH}$
пировиноградная	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{COOH}$
ацетоуксусная	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
левулиновая	$\text{CH}_3 - \text{CO} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$
Аминокислоты	
глицин	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
аланин	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
валин	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
лейцин	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
изолейцин	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
глутаминовая	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
лизин	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
серин	$\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$
фенилаланин	

Приложение 3

Значения pK_A некоторых О–Н и С–Н кислот

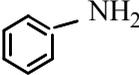
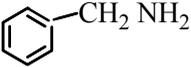
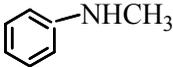
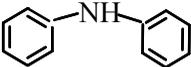
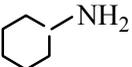
Соединение	pK_A	Соединение	pK_A
1	2	3	4
Спирты		Фенолы	
НОН	15,70		9,98
CH ₃ ОН	15,20	<i>n</i> -CH ₃	10,18
CH ₃ CH ₂ ОН	16,00	<i>n</i> -Cl	9,20
(CH ₃) ₃ СОН	19,20	<i>o</i> -Cl	8,12
(CH ₃) ₂ СОН	16,94	<i>n</i> -Br	9,25
НОСН ₂ - СН ₂ ОН	14,18	<i>o</i> -Br	8,39
НОСН ₂ - СН(ОН) - СН ₂ ОН	13,99	<i>m</i> -Br	8,85
Карбоновые кислоты		<i>n</i> -NH ₂	10,68
		<i>n</i> -NO ₂	7,16
НСООН	3,75	<i>m</i> -NO ₂	8,30
СН ₃ СООН	4,76	<i>o</i> -NO ₂	7,22
СН ₃ СН ₂ СООН	4,86	2,4-динитро	4,04
СН ₃ СН ₂ СН ₂ СООН	4,88	2,4,6-тринитро	0,20
(СН ₃) ₃ С - СООН	5,05	<i>o</i> -ОН	10,00
СН ₂ = СН - СООН	4,26	<i>m</i> -ОН	9,25
BrСН ₂ СООН	2,90	Замещенные бензойные кислоты	
ClСН ₂ СООН	2,87		
FСН ₂ СООН	2,57		4,21
Cl ₃ С - СООН	0,66	<i>n</i> -ОН	4,59
F ₃ С - СООН	0,20	<i>n</i> -ОСН ₃	4,47

Окончание приложения 3

1	2	3	4
щавелевая	1,23	<i>n</i> - CH ₃	4,37
малоновая	2,83	<i>n</i> - Cl	3,98
янтарная	4,19	<i>n</i> - NO ₂	3,43
глутаровая	4,34	<i>m</i> - NO ₂	3,40
	2,95	<i>o</i> - NO ₂	2,17
малеиновая	1,92	<i>o</i> - Br	2,85
Оксокислоты		Оксикислоты	
глиоксиловая	3,30	гликолевая	3,83
пировиноградная	3,40	молочная	3,86
ацетоуксусная	3,58	яблочная	3,40
аскорбиновая	4,10	винная	2,98
		лимонная	3,14
			3,00
С-Н кислоты			
CH ₃ COCH ₂ COOCH ₃	9,00	CH ₃ COCH ₂ COOC ₂ H ₅	10,70
CH ₃ NO ₂	10,22	CH ₃ COOC ₂ H ₅	24,00
CH ₂ (COOC ₂ H ₅) ₂	13,3	HC ≡ CH	25,00
CH ₃ COCH ₃	20,00	H ₂ C = CH ₂	36,00
	21,00		19,10
CH ₃ - CH ₃	44,00		

Приложение 4

Значения pK_B некоторых аминов

Соединение	pK_B	Соединение	pK_B
Амины		Замещенные анилины	
NH_3	4,75		9,38
CH_3NH_2	3,35	<i>n</i> - OCH_3	8,92
$(CH_3)_2NH$	3,26	<i>n</i> - CH_3	8,83
$CH_3CH_2NH_2$	3,29	<i>o</i> - CH_3	9,50
$(CH_3CH_2)_2NH$	3,00	<i>n</i> - Cl	9,83
$CH_3CH_2CH_2NH_2$	3,39	<i>m</i> - Cl	10,52
	2,74	<i>n</i> - Br	10,00
	9,15	<i>n</i> - NO_2	13,00
	13,31	<i>o</i> - NO_2	13,46
	3,29	<i>m</i> - NO_2	11,50

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грандберг, И.И. Органическая химия: учебник для бакалавров, студ. вузов, обуч. по напр. и спец. агрономического образования / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. – 8-е изд. – М.: Юрайт, 2012. – 608 с.

2. Ким, А.М. Органическая химия: учебное пособие. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 844 с.

3. Нечаев, А.П. Органическая химия: учебник для пищевых институтов / А.П. Нечаев, Т.В. Еременко. – М.: Высшая школа, 1985. – 463 с.

4. Органическая химия: учебник для вузов в 2 кн. / В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузчик, Н.А. Тюкавкина; под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2008. – 638с.

5. Петров, А.А. Органическая химия: учебник для вузов/ А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трощенко. – СПб.: Иван Федоров, 2006. – 624 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....	4
2. УГЛЕВОДОРОДЫ	7
2.1. Алканы (предельные углеводороды).....	7
2.1.1. Основные способы получения алканов	8
2.1.2. Физические свойства алканов.....	9
2.1.3. Химические свойства алканов.....	9
2.2. Алкены (этиленовые углеводороды).....	10
2.2.1. Основные способы получения алкенов	11
2.2.2. Физические свойства алкенов.....	12
2.2.3. Химические свойства алкенов.....	12
2.3. Алкадиены.....	14
2.3.1. Основные способы получения алкадиенов	15
2.3.2. Физические свойства алкадиенов.....	15
2.3.3. Химические свойства алкадиенов.....	16
2.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды).....	17
2.4.1. Основные способы получения алкинов.....	18
2.4.2. Физические свойства алкинов	19
2.4.3. Химические свойства алкинов	19
2.5. Ароматические углеводороды (арены).	
Понятие о бензоле	21
2.5.1. Основные способы получения ароматических углеводородов.....	22
2.5.2. Физические свойства ароматических углеводородов	23
2.5.3. Химические свойства ароматических углеводородов	23
2.5.4. Правила замещения в бензольном кольце.....	26
3. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	27
3.1. Спирты.....	27
3.1.1. Основные способы получения одноатомных спиртов.....	29
3.1.2. Способы получения многоатомных спиртов	30
3.1.3. Физические свойства спиртов	31

3.1.4. Химические свойства одноатомных спиртов.....	32
3.1.5. Химические свойства многоатомных спиртов.....	33
3.2. Фенолы	34
3.2.1. Основные способы получения фенолов	35
3.2.2. Физические свойства фенолов.....	35
3.2.3. Химические свойства фенолов	35
3.3. Альдегиды и кетоны (Оксосоединения).....	38
3.3.1. Основные способы получения альдегидов и кетонов.....	39
3.3.2. Физические свойства альдегидов и кетонов	43
3.3.3. Химические свойства альдегидов и кетонов.....	43
3.4. Карбоновые кислоты.....	47
3.4.1. Способы получения одноосновных карбоновых кислот	48
3.4.2. Способы получения непредельных одноосновных кислот	49
3.4.3. Физические свойства карбоновых кислот	50
3.4.4. Химические свойства одноосновных карбоновых кислот	51
3.4.5. Особенности химических свойств непредельных карбоновых кислот	54
3.4.6. Особенности химических свойств двухосновных карбоновых кислот.....	54
4. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	56
4.1. Амины	56
4.1.1. Основные способы получения аминов	57
4.1.2. Физические свойства аминов.....	59
4.1.3. Химические свойства аминов	59
ПРИЛОЖЕНИЯ	62
Библиографический список.....	69

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Васильева Ирина Валерьевна
Захаренко Мария Анатольевна
Проскунов Игорь Владимирович

ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Для студентов вузов

Редактор *О.Б. Глушкова*
Технический редактор *О.П. Долгополова*
Художественный редактор *О.П. Долгополова*

ЛР № 020524 от 02.06.97
Подписано в печать 14.07.2017. Формат 60x84^{1/16}
Бумага типографская. Гарнитура Times New Roman
Уч.-изд.л. 4,75. Тираж 100 экз.
Заказ № 80.

Оригинал-макет изготовлен в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета)
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7

ПЛД № 44-09 от 10.10.99
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета)
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7