

**Дисциплина:** Химия

**Группа:** 11-У

**Дата:** 23.12.2023

**Тема:** Карбоновые кислоты

**Задание:** Изучить материал. Законспектировать: функциональная группа, определение, гомологический ряд, получение, химические свойства, применение карбоновых кислот.

**Срок выполнения:** 23.12.2023г.

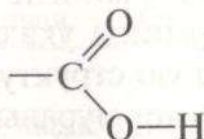
Выполненную работу отправлять на электронную почту : [Galina.ch65@mail.ru](mailto:Galina.ch65@mail.ru)

## КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

### 17.1. Гомологический ряд предельных одноосновных карбоновых кислот. Изомерия и номенклатура

Карбоновые кислоты и их производные являются одними из самых распространенных в природе, быту и промышленности органических соединений. Ежедневно мы сталкиваемся с самими карбоновыми кислотами и их производными: мылами, жирами, сложными эфирами.

Функциональной группой карбоновых кислот является *карбоксильная группа* (или *карбоксил*):



Карбоксильную группу можно рассматривать как сочетание карбонильной и гидроксильной групп, что и отражает ее название. Однако, находясь в непосредственной связи друг с другом, эти два фрагмента так влияют друг на друга, что имеет смысл рассматривать карбоксил как самостоятельную функциональную группу.

- ! **Карбоновые кислоты** — это органические вещества, молекулы которых содержат карбоксильную группу  $\text{—COOH}$ , связанную с углеводородным радикалом.

По числу карбоксильных групп в молекуле карбоновые кислоты делят на одноосновные, двухосновные и многоосновные. По типу углеводородного радикала, связанного с карбоксильной группой, различают предельные карбоновые кислоты, ароматические и др.

Предметом нашего изучения будут предельные одноосновные кислоты  $\text{R—COOH}$ , а также некоторые их производные.

**Электронное и пространственное строение карбоксильной группы.** Атом углерода карбоксильной группы находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Он образует три  $\sigma$ -связи: две с атомами кислорода и третью с атомом водорода (в простейшей карбоновой кислоте) или углерода. За счет негибридизованной  $p$ -орбитали атома



углерода и *p*-орбитали одного из атомов кислорода между ними образуется вторая связь  $\pi$ -типа (рис. 17.1).

\* **Предельными одноосновными карбоновыми кислотами** называют органические соединения, содержащие карбоксильную группу  $-\text{COOH}$ , связанную с алкильным радикалом.

Первым представителем этого ряда является *муравьиная кислота*  $\text{HCOOH}$ , в которой карбоксильная группа связана с атомом водорода (рис. 17.2).

Общая формула гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот —  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ . Выделяя карбоксильную группу, общую формулу можно изобразить  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ . В этом случае допускается  $n = 0$ , чтобы она включала и первый представитель ряда — муравьиную кислоту. Поскольку аналогично альдегидам карбоксильная группа может занимать только крайнее положение в углеродной цепочке, изомерии положения функциональной группы у карбоновых кислот нет. Для них характерна изомерия углеродного скелета.

**Номенклатура.** Для карбоновых кислот чаще используют тривиальные названия. Поскольку многие из этих соединений известны очень давно, то эти термины указывают скорее на источник выделения, чем на химическую структуру кислот. Например, жжение при укусе муравья вызывает муравьиная кислота (лат. *formica* — муравей); уксусная кислота впервые выделена из уксуса, образующегося при скисании вина; масляная кислота сообщает прогорклому маслу его типичный запах (лат. *butyrum* — масло); капроновая кислота входит в состав козьего жира (лат. *capra* — коза). Следует обратить внимание, что тривиальные названия альдегидов произошли от названий соответствующих карбоновых кислот.

Международные названия кислот получают добавлением к названию алкана с тем же числом углеродных атомов окончания

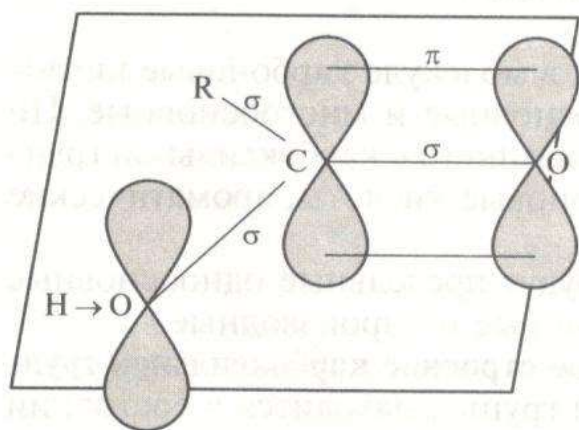


Рис. 17.1. Электронное строение карбоксильной группы

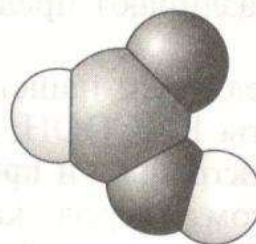


Рис. 17.2. Модель молекулы муравьиной кислоты



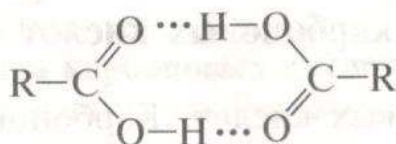
**Формулы и названия некоторых предельных одноосновных карбоновых кислот и их кислотных остатков**

Формула	Номенклатура		Название кислотного остатка
	тривиальная	международная	
HCOOH	Муравьиная	Метановая	Формиат
CH <sub>3</sub> COOH	Уксусная	Этановая	Ацетат
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Пропионовая	Пропановая	Пропионат
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Масляная	Бутановая	Бутират
CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>3</sub> )COOH	Изомасляная	2-Метилпропановая	Изобутират
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH	Валериановая	Пентановая	Валерат
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	Капроновая	Гексановая	Капрат
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	Пальмитиновая	Гексадекановая	Пальмитат
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	Стеариновая	Октадекановая	Стеарат

«-овая» и слова «кислота». Самую длинную углеродную цепь нумеруют, начиная от атома углерода карбоксильной группы.

В табл. 17.1 приведены формулы и названия важнейших кислот и названия их кислотных остатков RCOO<sup>-</sup>, используемые в номенклатуре солей и сложных эфиров.

**Физические свойства.** Молекулы карбоновых кислот подобно спиртам могут образовывать водородные связи друг с другом и с молекулами воды. При этом две молекулы кислоты связаны между собой двумя водородными связями. Это приводит к тому, что даже в парах молекулы низших кислот димерны:



Наличие прочных водородных связей обуславливает более высокие, чем для спиртов, температуры кипения карбоновых кислот, неограниченную растворимость в воде первых четырех представителей. С возрастанием молекулярной массы растворимость падает, высшие кислоты в воде практически нерастворимы.

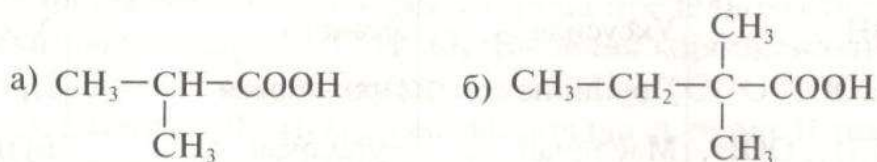
Кислоты с числом атомов углерода в молекуле  $n = 1-9$  при комнатной температуре представляют собой жидкости, имеющие неприятный раздражающий запах; высшие карбоновые кислоты  $n \geq 10$  — твердые вещества, лишенные запаха вследствие малой летучести.



? 1. Какие вещества называют карбоновыми кислотами? Приведите примеры. Какую функциональную группу называют карбоксильной? Какова этимология этого слова?

2. Почему карбоксил считают самостоятельной функциональной группой, а не рассматривают как сочетание карбонильной и гидроксильной групп?

3. Назовите согласно международной номенклатуре следующие карбоновые кислоты:



4. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 2,3-диметилбутановая кислота; б) 3-этилгептановая кислота; в) 2-бромпропановая кислота; г) стеариновая кислота.

5. Молярная масса предельной одноосновной карбоновой кислоты равна 256 г/моль. Какова ее молекулярная формула?

6. Какие признаки верно отражают физические свойства уксусной кислоты: а) при комнатной температуре бесцветная жидкость; б) газообразное вещество; в) без запаха; г) с характерным запахом; д) плохо растворима в воде; е) неограниченно растворима в воде; ж) слабый электролит; з) сильный электролит?

7. Массовая доля углерода в предельной одноосновной карбоновой кислоте составляет 54,6%. Определите формулу этой кислоты.

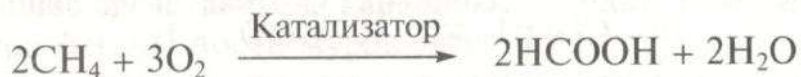
## 17.2. Получение и химические свойства карбоновых кислот

**Получение карбоновых кислот.** Карбоновые кислоты широко распространены в природе. Специальные железы муравьев содержат резко пахнущую жгучую жидкость, с помощью которой насекомые обороняют от врагов свое жилище. Основную часть этой жидкости составляет муравьиная кислота. Во фруктах, овощах, ягодах содержатся многочисленные карбоновые кислоты: яблочная, лимонная, виноградная, щавелевая и др. При скисании молока в нем образуется молочная кислота.

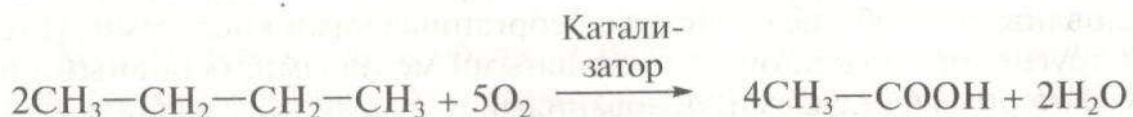
В промышленности в большом количестве синтезируются предельные одноосновные монокарбоновые кислоты вплоть до  $\text{C}_6$  и кислоты с четным числом углеродных атомов до  $\text{C}_{18}$ . Для синтеза карбоновых кислот чаще всего используют реакции окисления.



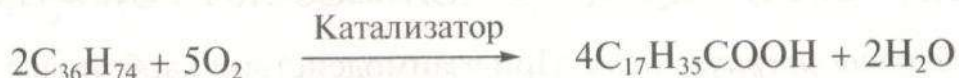
1. *Окисление алканов.* Некоторые предельные одноосновные кислоты в промышленности получают окислением предельных углеводородов. Практическое значение имеет каталитическое окисление метана до муравьиной кислоты:



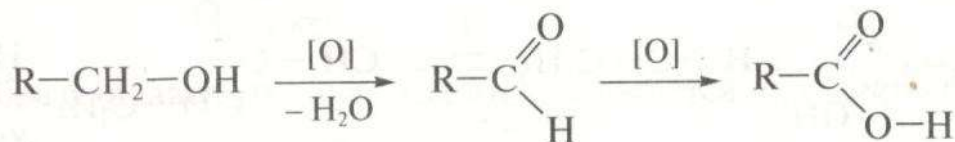
Другие алканы при окислении претерпевают разрыв углеродной цепи примерно посередине. Так, при каталитическом окислении бутана получают уксусную кислоту:



Техническое значение имеет окисление твердых алканов (парафинов). При этом углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  с длинной цепью ( $n \geq 25$ ) под действием кислорода воздуха в жидкой фазе в присутствии солей тяжелых металлов превращаются в смесь карбоновых кислот с длиной цепи  $n = 12 - 18$ , которая используется для получения мыла и других поверхностно-активных соединений:



2. *Окисление первичных спиртов и альдегидов.* Первичные спирты при окислении первоначально превращаются в альдегиды и далее в карбоновые кислоты:



В качестве окислителей используют растворы перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  или бихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , раствор оксида хрома(VI) в серной кислоте.

**Химические свойства карбоновых кислот.** Общие свойства карбоновых кислот аналогичны свойствам слабых неорганических кислот. Карбоновые кислоты взаимодействуют с активными металлами с выделением водорода, реагируют с основными и амфотерными оксидами, основаниями, солями более слабых кислот (по реакции ионного обмена). Кроме того, карбоновые кислоты обладают рядом специфических свойств. Прежде всего, это образование многочисленных производных и реакции по углеводородному радикалу.

1. *Кислотные свойства.* Карбонильная и гидроксильная группы в карбоксиле оказывают друг на друга существенное влияние. В результате способность карбонильного фрагмента к реакциям присоединения практически утрачивается, а легкость отщепления ато-

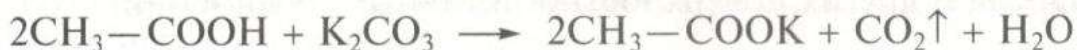


ма водорода группы —ОН существенно возрастает. Таким образом, кислотные свойства карбоновых кислот значительно выше, чем у спиртов. В водном растворе низшие кислоты диссоциируют с образованием катиона водорода и аниона кислотного остатка:

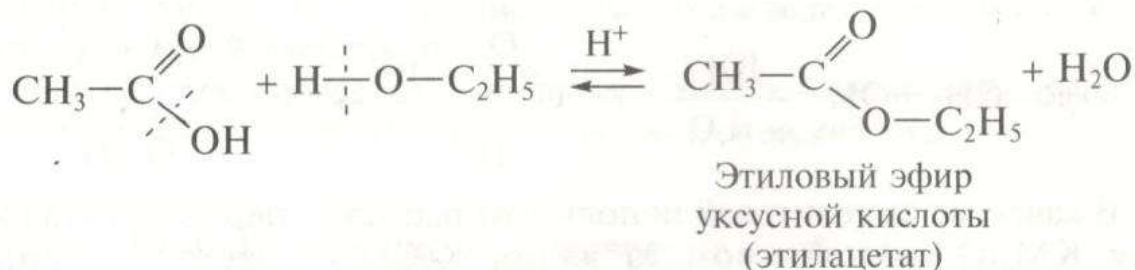


Однако равновесие этого процесса смещено влево, и карбоновые кислоты являются слабыми электролитами. Тем не менее они имеют кислую среду и изменяют окраску индикаторов.

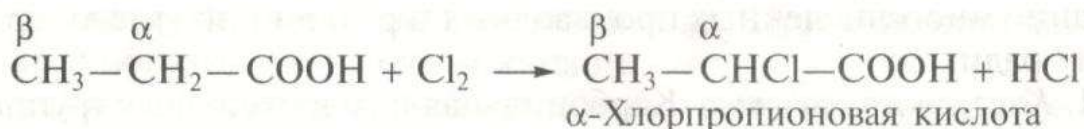
Наличие в растворе карбоновых кислот катионов водорода обуславливает их общие свойства с неорганическими кислотами. И те и другие взаимодействуют с активными металлами, основными и амфотерными оксидами, основаниями и солями. В результате этих реакций образуются соли карбоновых кислот:



2. *Реакция этерификации.* При взаимодействии карбоновых кислот со спиртами в присутствии концентрированной серной кислоты протекает обратимая реакция образования *сложных эфиров*, называемая *реакцией этерификации*:



3. *Реакции по алкильному радикалу.* Важнейшей реакцией предельных карбоновых кислот по углеводородному радикалу, связанному с карбоксильной группой, является галогенирование. Влияние карбоксильной группы на углеводородный радикал заключается в том, что независимо от длины углеродной цепочки алкильного заместителя при взаимодействии карбоновых кислот с хлором или бромом образуются  $\alpha$ -галогенпроизводные кислот:



В названии продукта данной реакции использована рациональная номенклатура. Атомы углерода обозначают буквами латинско-

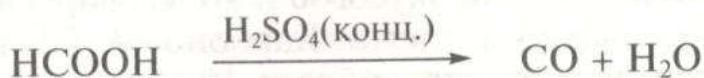


го алфавита ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и т.д.), начиная от соседнего с карбоксильной группой. В названии соединения перед тривиальным названием соответствующей кислоты указывают заместитель и его положение в углеродной цепочке.

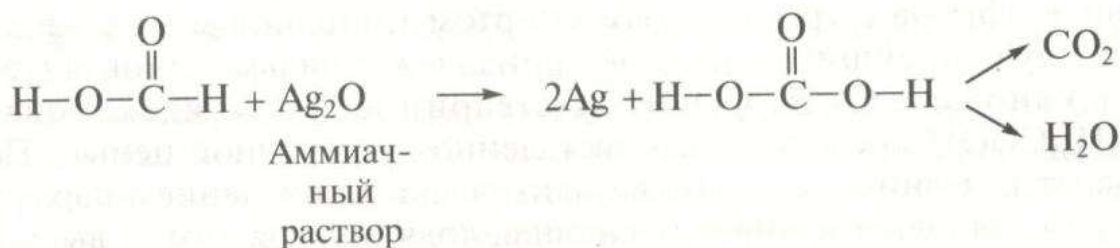
**Важнейшие представители карбоновых кислот.** 1. *Муравьиная кислота.* В промышленности муравьиную кислоту получают взаимодействием гидроксида натрия с оксидом углерода(II) при повышенных значениях температуры и давления:



Муравьиная кислота обладает рядом специфических свойств. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой (водотнимающее средство) образуется оксид углерода(II):



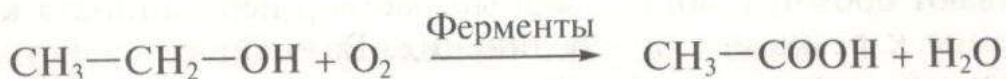
В молекуле муравьиной кислоты имеется альдегидная группа, поэтому она обладает свойствами альдегидов, например дает реакцию «серебряного зеркала»:



Образующаяся угольная кислота разлагается на углекислый газ и воду.

Благодаря этому свойству муравьиную кислоту применяют в промышленности в качестве сильного восстановителя. Она также обладает бактерицидным действием и используется в медицине (1,25%-й раствор в спирте называют *муравьиным спиртом*), для консервирования фруктовых соков, для дезинфекции пищевых емкостей. Формиат алюминия применяют в текстильной промышленности для пропитки тканей. Сложные эфиры муравьиной кислоты используют в качестве растворителей и душистых веществ.

2. *Уксусная кислота.* Эта кислота известна с глубокой древности. Она образуется при скисании вина на воздухе или под действием ферментов:



Уксусная кислота (рис. 17.3) — жидкость с резким запахом; смешивается с водой в любых соотношениях. Соли уксусной кис-



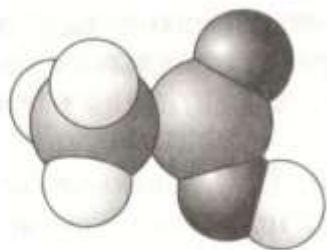


Рис. 17.3. Модель молекулы уксусной кислоты

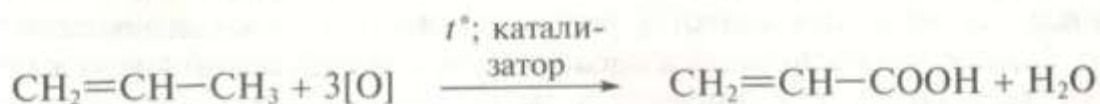
лоты (ацетаты) хорошо растворимы в воде за исключением ацетатов серебра и ртути(I). В отличие от муравьиной кислоты уксусная устойчива к окислению.

Из всех карбоновых кислот уксусная имеет наибольшее применение в промышленности. Основная часть получаемой кислоты используется для производства искусственных волокон и пластмасс на основе целлюлозы. Уксусную кислоту применяют в производстве красителей (индиго),

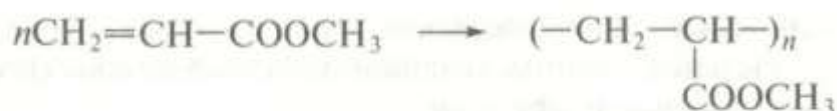
медикаментов (аспирин), ядохимикатов, органического стекла. Сама кислота и ее эфиры являются хорошими растворителями. Раствор уксусной кислоты (3—8%) используют в пищевой промышленности и в быту как вкусовое и консервирующее средство.

3. *Высшие карбоновые кислоты.* Карбоновые кислоты с числом углеродных атомов в молекуле более 10 широко распространены в природе, обычно они имеют четное число атомов углерода и неразветвленную цепь. Высшие карбоновые кислоты встречаются в виде сложных эфиров с низшими спиртами — в эфирных маслах, в виде сложных эфиров с высшими спиртами — в воске, в виде эфиров с трехатомным спиртом глицерином — в жирах. К числу важнейших гомологов принадлежат пальмитиновая (гексадекановая)  $C_{15}H_{31}COOH$  и стеариновая (октадекановая)  $C_{17}H_{35}COOH$  кислоты с неразветвленной углеродной цепью. Получают названные кислоты каталитическим окислением парафина или гидролизом жиров. Основная доля производимых высших кислот идет на изготовление мыла и других поверхностно-активных веществ, а также стеариновых свечей.

4. *Непредельные карбоновые кислоты.* Карбоновые кислоты, в углеводородном радикале которых имеется одна или несколько кратных связей, называют *непредельными*. Простейшим представителем ряда непредельных карбоновых кислот является *пропеновая (акриловая) кислота*  $CH_2=CH-COOH$ . В промышленности акриловую кислоту получают окислением пропена в присутствии катализатора:

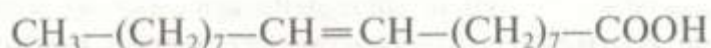


Непредельные кислоты сохраняют свойства алкенов: они обесцвечивают бромную воду и водный раствор перманганата калия, способны к реакциям присоединения. Важнейшее свойство непредельных кислот, их эфиров и нитрилов — способность к полимеризации. На этой реакции основано получение важных полимеров, например *полиметилакрилата*:



Полиметилакрилат используют для изготовления органического стекла (оргстекла) и художественной пластмассы.

Из высших непредельных кислот наиболее важной является *олеиновая*  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ :



Олеиновая кислота сочетает в себе свойства карбоновых кислот и алкенов: образует производные по карбонильной группе и способна к реакциям присоединения.

Непредельные кислоты входят в состав растительных жиров (см. подразд. 17.3). Они способствуют снижению содержания в крови холестерина. Способность высших непредельных кислот окисляться используют при изготовлении олифы из льняного и конопляного масел, в состав которых входит олеиновая кислота в виде сложных эфиров.

**?** 1. Укажите основные промышленные способы получения карбоновых кислот.

2. Какой процесс называют электролитической диссоциацией? Напишите уравнение электролитической диссоциации муравьиной кислоты.

3. Напишите молекулярное и сокращенное ионные уравнения реакции уксусной кислоты с карбонатом натрия. Напишите уравнение реакции гидролиза полученной соли. Какую реакцию среды имеет ее водный раствор?

4. Какое вещество образуется при каталитическом гидрировании двойной углерод-углеродной связи олеиновой кислоты? Напишите уравнение реакции.

5. Основность некоторой карбоновой кислоты в два раза меньше числа атомов водорода в ее молекуле. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой она разлагается с образованием оксида углерода(II), а также дает реакцию «серебряного зеркала». Какая это кислота? Напишите уравнения реакций.

6. Сколько атомов кислорода содержатся в 92 г муравьиной кислоты?

7. Достаточно ли 100 мл 97%-го раствора уксусной кислоты (плотность 1,04 г/мл) для растворения 100 г карбоната кальция? Сколько граммов ацетата кальция при этом получится?



