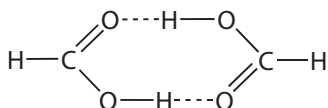


3. Расположите в порядке увеличения температуры кипения следующие вещества: этанол, уксусный альдегид, уксусная кислота. Ответ поясните.

4. Изобразите образование водородных связей между молекулами уксусной кислоты и воды.

5. За счёт образования водородных связей в парах муравьиная кислота существует как в виде отдельных молекул, так и в виде циклических димеров:



Определите среднюю молярную массу паров, состоящих из муравьиной кислоты и её димера, если известно, что в парах на 100 отдельных молекул муравьиной кислоты приходится 30 молекул димера.

## § 33. Химические свойства насыщенных одноосновных карбоновых кислот

Химические свойства карбоновых кислот во многом обусловлены наличием в их молекулах карбоксильной группы.

### 1. Кислотные свойства

Кислотные свойства карбоновых кислот выражены значительно сильнее, чем у спиртов и фенола. В водном растворе молекулы карбоновых кислот диссоциируют на катион водорода  $H^+$  и анион кислотного остатка  $RCOO^-$ :



В таблице 33.1 приведены формулы и названия кислотных остатков некоторых карбоновых кислот.

Таблица 33.1. Формулы и названия кислотных остатков карбоновых кислот (в скобках приведены тривиальные названия)

Формула	Название
H-COO—	метаноат (формиат)
CH <sub>3</sub> —COO—	этаноеат (ацетат)

Окончание таблицы 33.1

Формула	Название
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	пропаноат
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	бутаноат
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$	пентаноат

При диссоциации карбоновых кислот образуются ионы  $\text{H}^+$ , поэтому растворы карбоновых кислот изменяют окраску индикаторов и имеют кислый вкус. От слова «кислый» и происходит название «кислоты». Действительно, присутствие карбоновых кислот во многих овощах и фруктах придаёт им кислый вкус (рис. 31.1, с. 180).

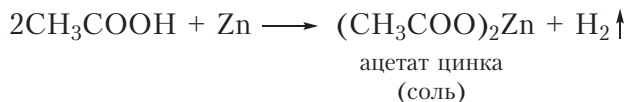
Для обнаружения ионов  $\text{H}^+$  в лаборатории используют *индикаторы*. Растворы карбоновых кислот изменяют окраску лакмуса с фиолетовой на розовую, а метилоранжа с оранжевой на красную. Растворы спиртов и фенола на индикаторы не действуют.

Карбоновые кислоты являются слабыми кислотами, то есть диссоциируют на ионы в незначительной степени. Например, в растворе уксусной кислоты с массовой долей  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , равной 6 %, только одна из примерно 250 молекул диссоциирует на катион водорода и анион кислотного остатка. Поскольку в растворе карбоновой кислоты преобладают молекулы, а не ионы, в ионных уравнениях реакций формулы карбоновых кислот следует записывать в молекулярном виде.

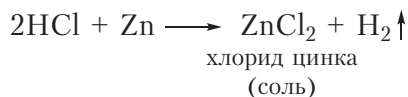
Образование ионов водорода в результате диссоциации обуславливает проявление карбоновыми кислотами свойств, общих с неорганическими кислотами. Рассмотрим их и сравним со свойствами неорганических кислот.

#### *Взаимодействие с металлами*

Карбоновые кислоты взаимодействуют с активными металлами, например, с Mg, Al, Zn. В результате образуется соль карбоновой кислоты и выделяется водород:



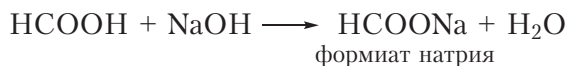
Сравните приведённое уравнение реакции с уравнением, описывающим взаимодействие цинка с соляной кислотой:



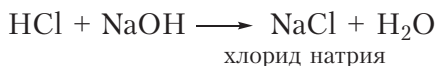
Следует отметить, что при взаимодействии цинка с сильной соляной кислотой наблюдается более интенсивное выделение водорода, чем при взаимодействии со слабыми карбоновыми кислотами.

#### *Взаимодействие с гидроксидами металлов*

Как и неорганические кислоты, карбоновые кислоты реагируют с гидроксидами металлов, при этом образуется соль карбоновой кислоты и вода:

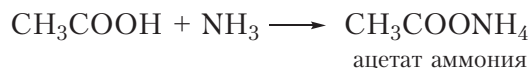


Подобным образом с гидроксидом натрия реагирует и соляная кислота:

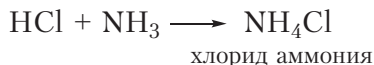


#### *Взаимодействие с аммиаком*

Карбоновые кислоты вступают в реакцию с аммиаком с образованием солей аммония:

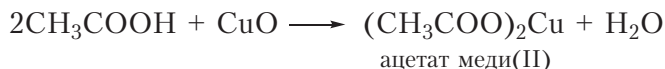


Сравните приведённое уравнение реакции с уравнением, описывающим взаимодействие аммиака с соляной кислотой:



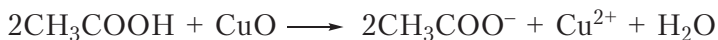
#### *Взаимодействие с оксидами металлов*

Карбоновые кислоты взаимодействуют с оксидами металлов, при этом образуется соль и вода:



При нагревании в пробирке чёрного порошка  $\text{CuO}$  с бесцветным раствором уксусной кислоты наблюдается постепенное растворение осадка и

окрашивание раствора в голубой цвет (рис. 33.1). Голубую окраску раствору придают ионы меди  $\text{Cu}^{2+}$ . Процесс перехода ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в раствор наглядно отражает ионное уравнение данной реакции:

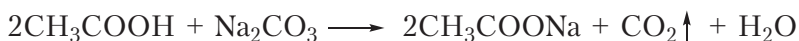


### Взаимодействие с солями угольной кислоты

Карбоновые кислоты сильнее угольной кислоты, поэтому вытесняют её из солей. Напомним, что угольная кислота неустойчива и сразу же распадается на воду и углекислый газ:



Поэтому при действии карбоновых кислот на соли угольной кислоты наблюдается выделение газа:



Взаимодействие с солями угольной кислоты — качественная реакция на карбоновые кислоты.

Эту реакцию часто осуществляют в быту. Во многих кулинарных рецептах так описывается приготовление разрыхлителя для теста: «берём соду, погашенную уксусом». Формула пищевой соды —  $\text{NaHCO}_3$ . Приведём уравнение реакции, которая при этом происходит:



## 2. Взаимодействие со спиртами. Этерификация

Помимо проявления типичных кислотных свойств, карбоксильная группа карбоновой кислоты может участвовать в других химических реакциях. Одной из таких реакций является образование сложных эфиров при взаимодействии со спиртами:

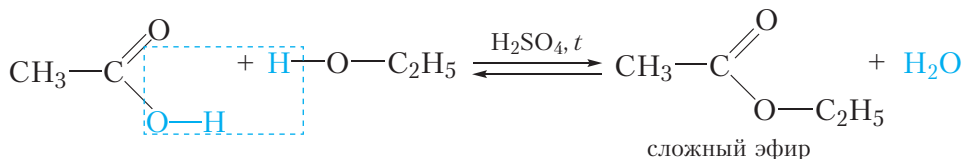


Рис. 33.1. Растворение оксида меди(II) в уксусной кислоте



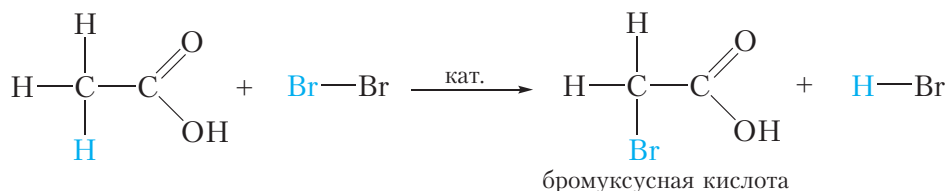
Видео 33.1. Взаимодействие карбоната натрия с уксусной кислотой

На практике данную реакцию проводят следующим образом. В пробирку помещают по 2–3 см<sup>3</sup> концентрированной уксусной кислоты и этилового спирта, затем добавляют 1–2 капли концентрированной серной кислоты (она является катализатором). После непродолжительного нагревания смеси чувствуется специфический приятный запах. Этот запах свидетельствует об образовании нового вещества — *сложного эфира*.

Протекающая реакция носит название *реакция этерификации*. Подробнее сложные эфиры будут рассмотрены в следующем разделе.

### 3. Замещение атома водорода в углеводородном радикале на галоген

Важным свойством карбоновых кислот является способность вступать в реакцию замещения атомов водорода углеводородного радикала на галоген (хлор или бром):



Эту реакцию проводят в присутствии красного фосфора.

Следует отметить, что в подобных реакциях происходит замещение атома водорода при соседнем с карбоксильной группой атоме углерода. В результате образуются галогензамещённые карбоновые кислоты, которые широко используются в органическом синтезе. Появление атома галогена рядом с карбоксильной группой приводит к усилению кислотных свойств. Так, бромуксусная кислота примерно в 70 раз сильнее уксусной.



\* Производные карбоновых кислот

С некоторыми производными карбоновых кислот вы можете познакомиться, перейдя по ссылке в QR-коде.

*Карбоновые кислоты являются слабыми кислотами. В водном растворе они обратимо диссоциируют на катион водорода H<sup>+</sup> и анион кислотного остатка RCOO<sup>-</sup>.*

*Образование ионов водорода в результате диссоциации обуславливает проявление карбоновыми кислотами свойств, общих с неорганическими кислотами: они изменяют окраску индикаторов, реагируют с активными металлами, оксидами и гидроксидами металлов, аммиаком, вытесняют угольную кислоту из солей.*

*Карбоновые кислоты в присутствии серной кислоты реагируют со спиртами с образованием сложных эфиров. Такая реакция называется реакцией этерификации.*

*Атом водорода в углеводородном радикале карбоновой кислоты может замещаться на атом галогена.*

### Вопросы и задания

1. В какие цвета окрашивает раствор уксусной кислоты: а) лакмус; б) фенолфталеин; в) метилоранж?

2. Напишите уравнения реакций (в молекулярной и ионной формах) взаимодействия уксусной кислоты со следующими веществами: а) гидроксид калия; б) магний; в) оксид кальция; г) карбонат бария.

3. В четырёх неподписанных пробирках находятся водные растворы веществ: этанол, глицерин, этаналь и уксусная кислота. В вашем распоряжении имеются водные растворы веществ: сода ( $\text{NaHCO}_3$ ), сульфат меди(II) и гидроксид натрия. Как при помощи имеющихся реактивов различить вещества в пробирках? Подробно опишите ход эксперимента и наблюдения. Составьте соответствующие уравнения реакций.

4. Вещество **A** состава  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , имеющее неразветвлённый углеродный скелет, реагирует с металлическим натрием с образованием органического вещества **B**. При дегидратации вещества **A** образуется алкен **B**, способный существовать в виде *цис*- и *транс*-изомеров.

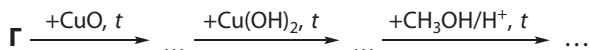
а) Приведите формулу алкена **B** и соответствующие формулы и названия *цис*- и *транс*-изомеров.

б) Приведите структурные формулы веществ **A** и **B**.

в) Напишите уравнения всех описанных в задаче реакций и укажите условия их протекания.

г) Вещество **Г** является изомером вещества **A**. Вещество **Г** не содержит третичных атомов углерода и реагирует с металлическим натрием. Приведите структурную формулу вещества **Г**.

д) Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



### Практическая работа 2

#### *Сравнение свойств карбоновых и неорганических кислот*

*Цель работы:* исследовать химические свойства карбоновых кислот и сравнить их с химическими свойствами неорганических кислот.

*Оборудование и реактивы:* штатив с пробирками, спиртовка, держатель для пробирок, водные растворы уксусной и хлороводородной кислот, оксид меди(II), растворы щёлочи и соды, цинк (гранулы), растворы индикаторов, индикаторная бумага. Для дополнительного эксперимента — различные фрукты и ягоды.

*Ход работы*

Осуществите взаимодействие уксусной и хлороводородной кислот с выданными вам веществами. Сравните наблюдаемые явления. Напишите уравнения протекающих реакций в молекулярной и ионной формах.

*Дополнительный эксперимент*

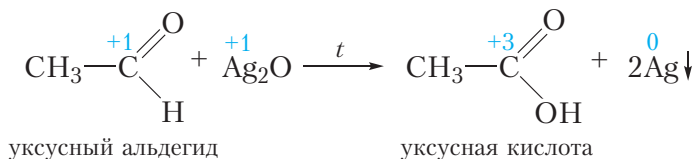
Испытайте растворами лакмуса, метилоранжа и индикаторной бумагой соки лимона, яблока, клюквы и других кислых плодов. Убедитесь в присутствии кислот в их составе.

## § 34. Получение и применение насыщенных одноосновных карбоновых кислот

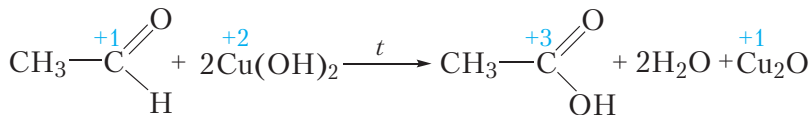
### Получение

#### 1. Окисление альдегидов и спиртов

Как вы уже знаете, карбоновые кислоты образуются при окислении альдегидов:



или



В органической химии в схемах процессов окисления часто используют символ кислорода в квадратных скобках [O]. Тогда приведённые выше уравнения реакций можно записать в виде схемы:

