



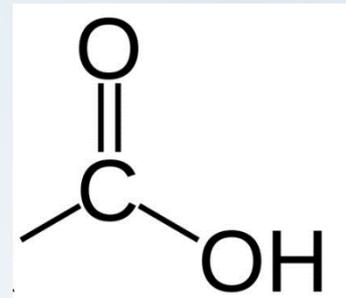
# Карбоновые КИСЛОТЫ

**Жданович Ирина Владимировна**  
Доцент кафедры общей химии ФГБОУ ВО «ПИМУ»  
Минздрава России, к.х.н.



# Карбоновые кислоты

— органические соединения,  
содержащие карбоксильную группу.



## Классификация кислот:

- по числу карбоксильных групп;
- по природе радикала.

## По числу карбоксильных групп

- **монокарбоновые**  
(одноосновные)

$\text{HCOOH}$  метановая (муравьиная)

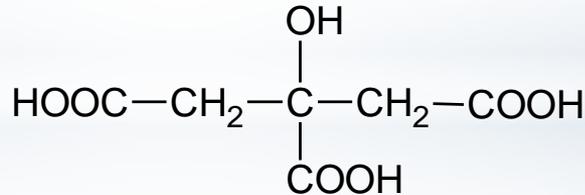
$\text{CH}_3\text{COOH}$  этановая (уксусная)

- **дикарбоновые**  
(двухосновные)

$\text{HOOC-COOH}$  этандиовая (щавелевая)

$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$  бутандиовая  
(янтарная)

- **трикарбоновые**  
(многосновные)



**лимонная кислота**

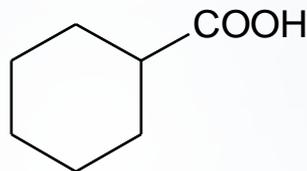
# По природе радикала



- *алифатические* предельные и непредельные

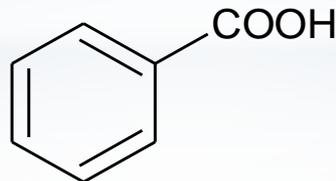


- *алициклические*



циклогексанкарбоновая  
кислота

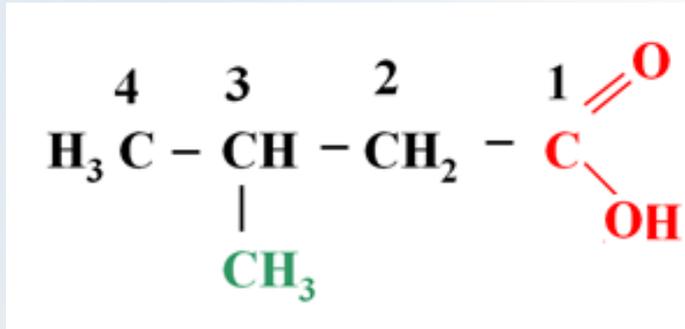
- *ароматические*



бензойная кислота

# Номенклатура

Систематические названия кислот даются по названию соответствующего углеводорода с добавлением суффикса **-овая** и слова **кислота**.



**3-метил**бутан**овая** кислота

**3-метил**масляная кислота

**β-метил**масляная кислота

изовалериановая кислота

Чтобы указать положение заместителя (или радикала), нумерацию углеродной цепи начинают от атома углерода карбоксильной группы.

Наряду с систематической номенклатурой используют рациональную номенклатуру и тривиальные названия.

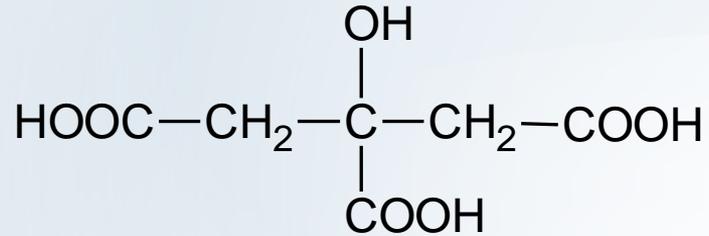
**Многие кислоты имеют исторически сложившиеся или тривиальные названия, связанные, в основном, с источником их получения.**



Химическая формула	Систематическое название кислоты	Тривиальное название кислоты
$\text{HCOOH}$	Метановая	Муравьиная
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Этановая	Уксусная
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	Пропановая	Пропионовая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Бутановая	Масляная
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Пentanовая	Валериановая
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	Гексановая	Капроновая
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$	Гептановая	Энантовая
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	Октановая	Каприловая
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	Нонановая	Пеларгоновая
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$	Декановая	Каприновая

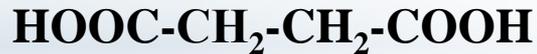
Формула	Название кислоты R-COOH		Название остатка RCOO <sup>-</sup>
	систематическое	тривиальное	
HCOOH	метановая	муравьиная	формиат
CH <sub>3</sub> COOH	этановая	уксусная	ацетат
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH	пропановая	пропионовая	пропионат
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	бутановая	масляная	бутират
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	пентановая	валерьяновая	валерат
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> COOH	гексановая	капроновая	капрат
C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	гексадекановая	пальмитиновая	пальмитат
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	октадекановая	стеариновая	стеарат
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	бензолкарбоновая	бензойная	бензоат
CH <sub>2</sub> =CH-COOH	пропеновая	акриловая	акрилат

Для многоосновных кислот применяют суффиксы -диовая, -триовая и т.д.



лимонная кислота

(3-гидрокси-3-карбоксипентандиовая)



янтарная кислота

бутандиовая кислота

 **Будущий врач**



ПИМУ  
Приволжский  
исследовательский  
медицинский университет

# Изомерия

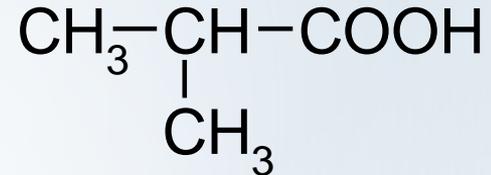
## I. Структурная

- изомерия углеродного скелета



бутановая кислота

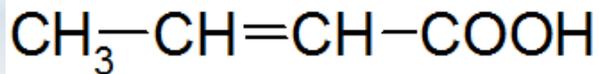
масляная кислота



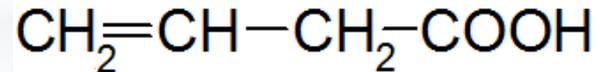
метилпропановая кислота

изомасляная кислота

- изомерия положения кратной связи  
(для непредельных кислот)



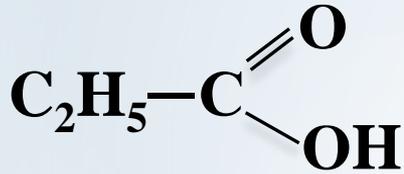
бутен-2-овая кислота



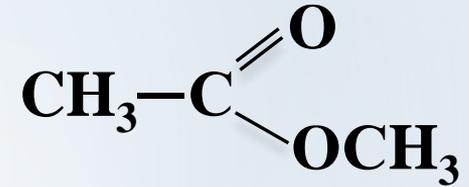
бутен-3-овая кислота

- **межклассовая изомерия**

(со сложными эфирами и гидроксикарбонильными соединениями)

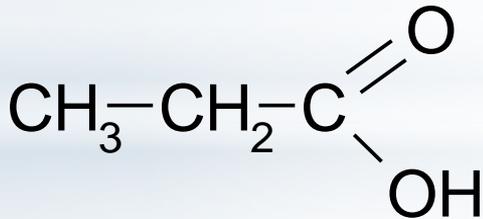


**пропановая кислота**

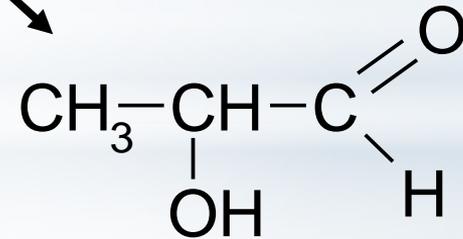


**метилацетат**

(метилловый эфир уксусной кислоты)



**пропановая кислота**



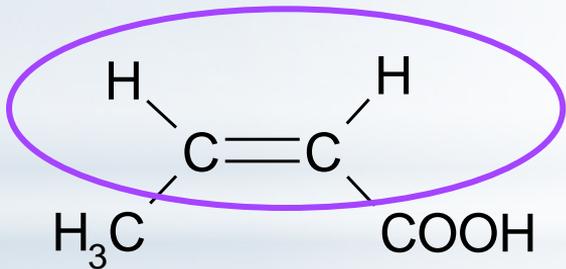
**2-гидроксипропаналь**

## II. Пространственная

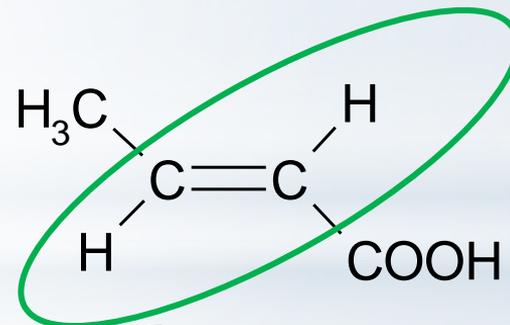


- цис-транс-изомерия

(для непредельных кислот)



**цис-бутеновая кислота**  
**изокроотоновая кислота**

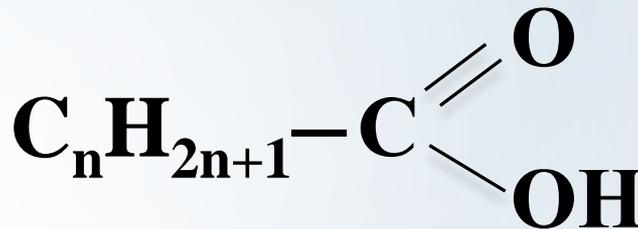


**транс-бутеновая кислота**  
**кроотоновая кислота**



# Пределные одноосновные карбоновые кислоты

(жирные кислоты)



Название		Формула кислоты	t <sub>пл.</sub> °C	t <sub>кип.</sub> °C	ρ г/см <sup>3</sup>
кислоты					
муравьиная	метановая	HCOOH	8,3	100,5	1,22
уксусная	этановая	CH <sub>3</sub> COOH	16,8	118	1,05
пропионовая	пропановая	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	-21	141	0,99
масляная	бутановая	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO			



# *Физические свойства*

**Низшие члены этого ряда при обычных условиях – бесцветные жидкости с резким запахом.**

**Этановая (уксусная) кислота имеет характерный "уксусный" запах. Безводная уксусная кислота при комнатной температуре представляет собой жидкость. При 17 °С она замерзает, превращаясь в кристаллы, похожие на лед. Отсюда пошло название "ледяная" уксусная кислота.**

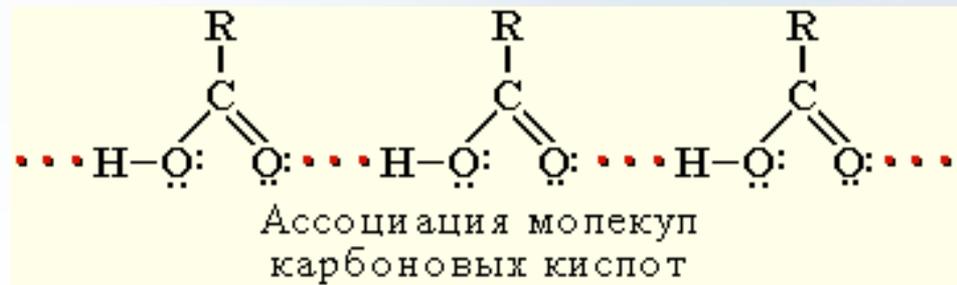
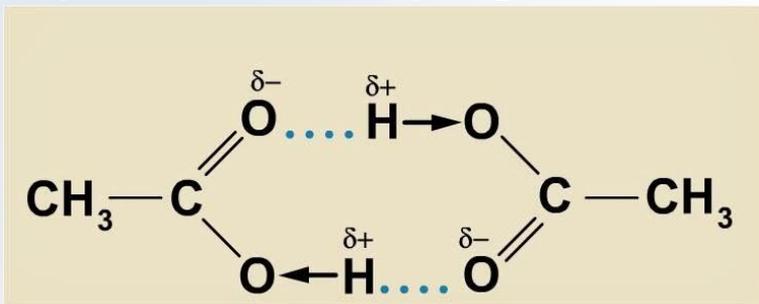
**Средние представители этого гомологического ряда — вязкие, "маслообразные" жидкости; начиная с C<sub>10</sub> — твердые вещества цветочным запахом (применяются в парфюмерии).**

**Кислоты с C<sub>1</sub> – C<sub>3</sub> смешиваются с водой в любых соотношениях. Дальше ограничено. Твердые не растворимы в воде.**

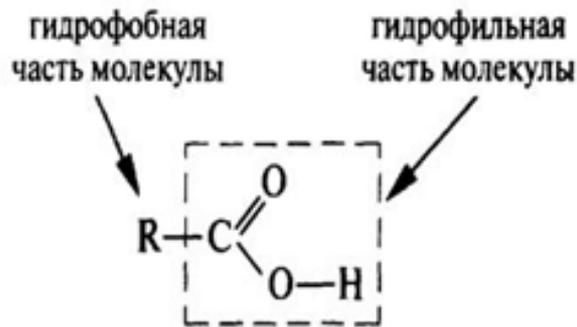
**T<sub>кип</sub> и растворимость больше, чем у спиртов, альдегидов, алканов.**

Растворимость в воде и высокие температуры кипения кислот обусловлены образованием межмолекулярных водородных связей.

Даже в газовой фазе и в твердом состоянии молекулы кислот образуют межмолекулярные водородные связи.



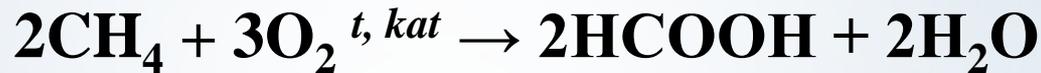
С увеличением молекулярной массы растворимость кислот в воде уменьшается из-за гидрофобности углеводородного радикала.



# Получение

## В промышленности

- выделяют из природных продуктов (жиров, восков, эфирных и растительных масел)
- окисление алканов



*метан*

*муравьиная кислота*



*стеариновая кислота*



*n-бутан*

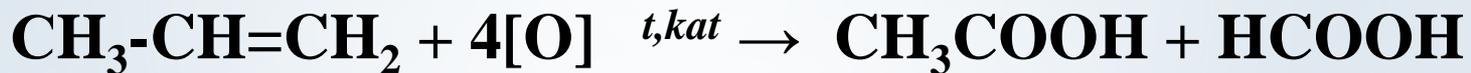
*уксусная кислота*

- **окисление алкенов**



*этилен*

*уксусная кислота*



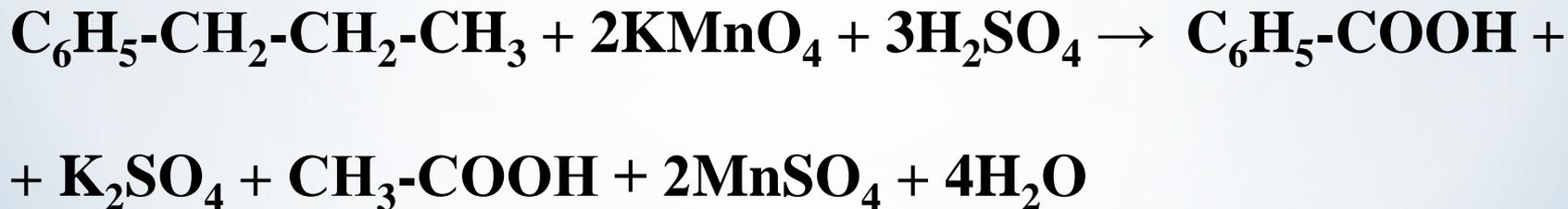
*пропилен*

*уксусная  
кислота*

*муравьиная  
кислота*

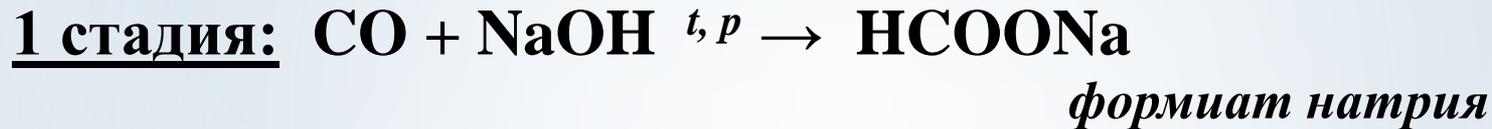
- **окисление гомологов бензола**

*(получение бензойной кислоты)*

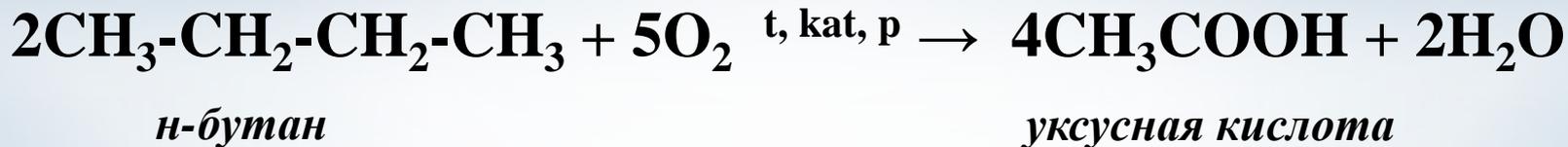
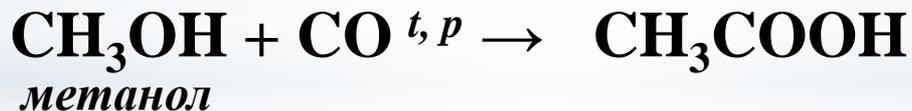


Для отдельных кислот существуют **специфические** способы получения.

## Получение муравьиной кислоты.



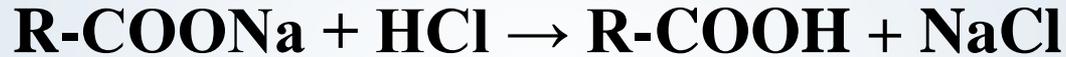
## Получение уксусной кислоты.



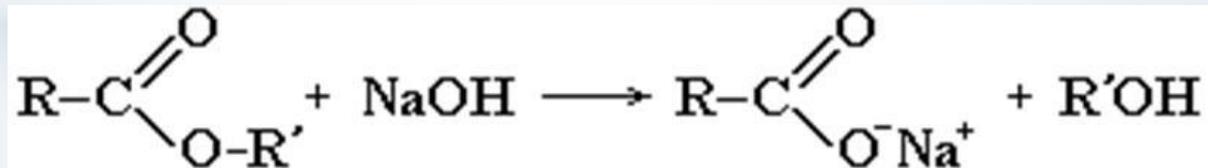
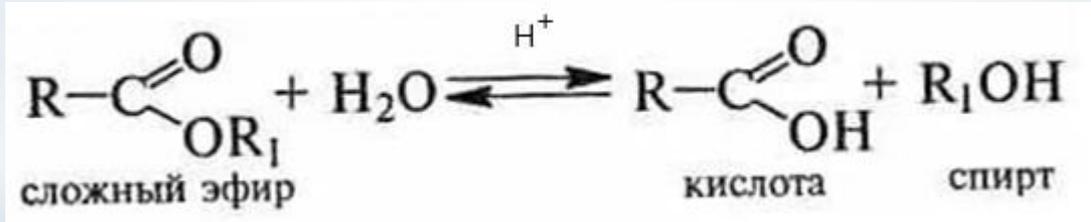
# Получение

## В лаборатории

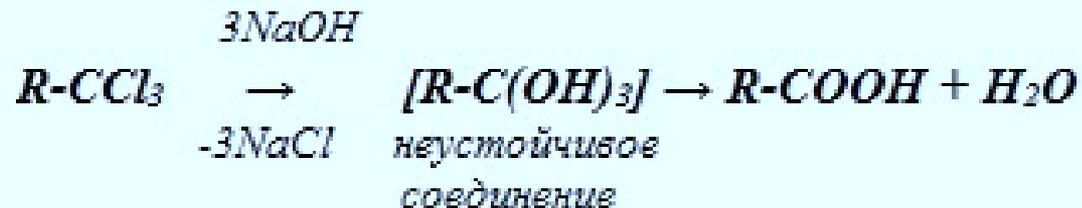
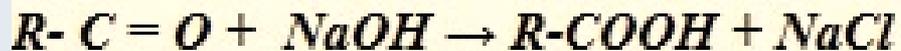
- из солей карбоновых кислот



- гидролиз сложных эфиров



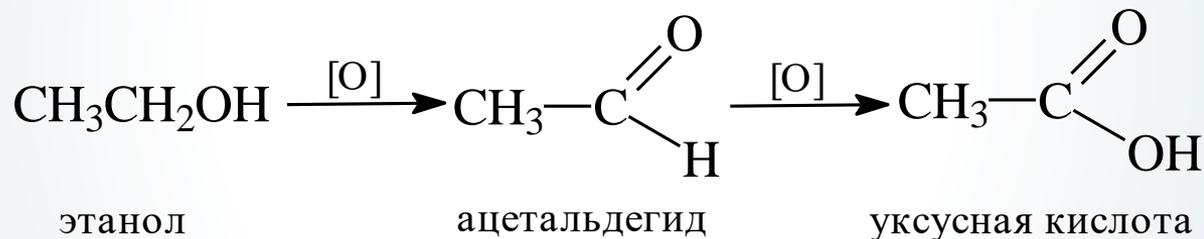
- щелочной гидролиз галогенангидридов кислот и тригалогензамещенных атомов углерода



- гидролиз ангидридов кислот



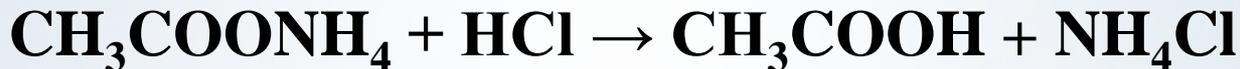
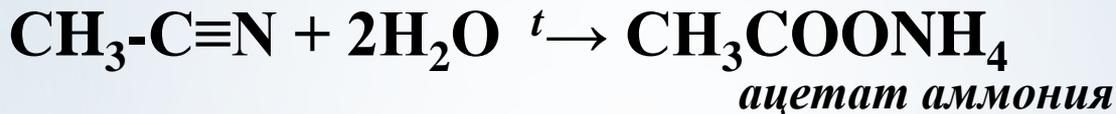
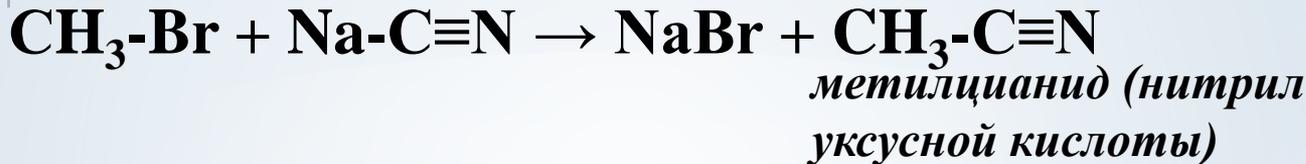
- окисление первичных спиртов и альдегидов



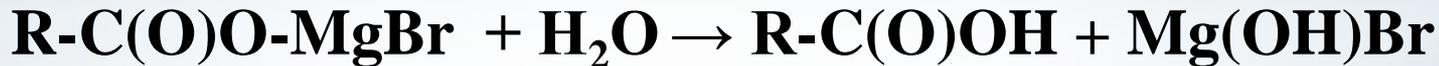


- **из цианидов (нитрилов)**

– способ позволяет наращивать углеродную цепь



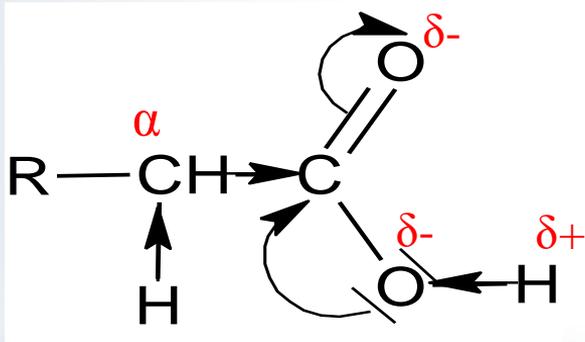
- **использование реактива Гриньяра**





# Строение

Карбоксильная группа сочетает в себе две функциональные группы – карбонил  $>C=O$  и гидроксил  $-OH$ , влияющие друг на друга.



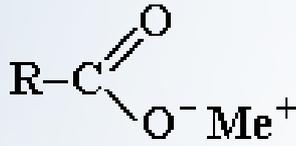
Кислотные свойства карбоновых кислот обусловлены смещением электронной плотности к карбонильному кислороду и вызванной этим дополнительной (по сравнению со спиртами) поляризации связи  $O-H$ .

Реакции присоединения по связи  $C=O$  затруднены.



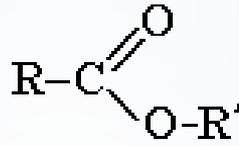
# Химические свойства

Карбоновые кислоты проявляют высокую реакционную способность. Они образуют разнообразные соединения, среди которых большое значение имеют функциональные производные, т.е. полученные в результате реакций по карбоксильной группе.

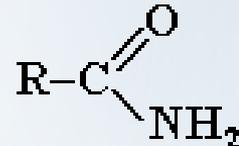


(Me - металл)

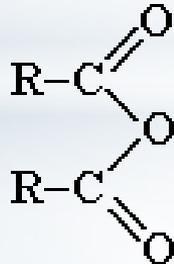
**Соли**



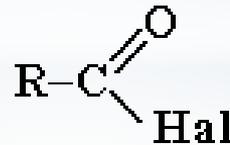
**Сложные эфиры**



**Амиды**



**Ангидриды**



(Hal - галоген)

**Галогенангидриды**

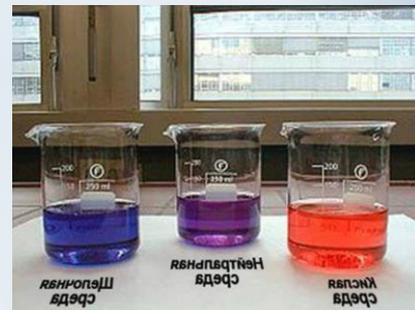


**Нитрилы**



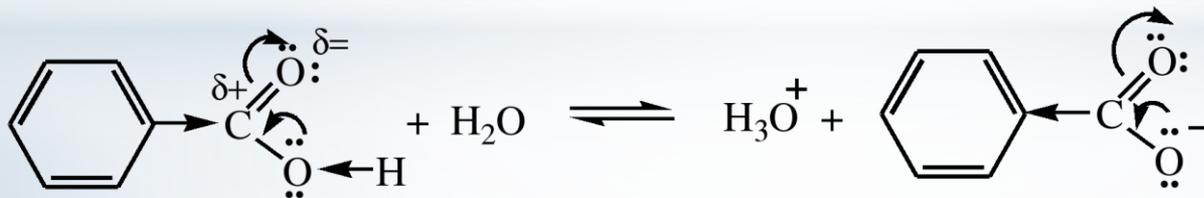
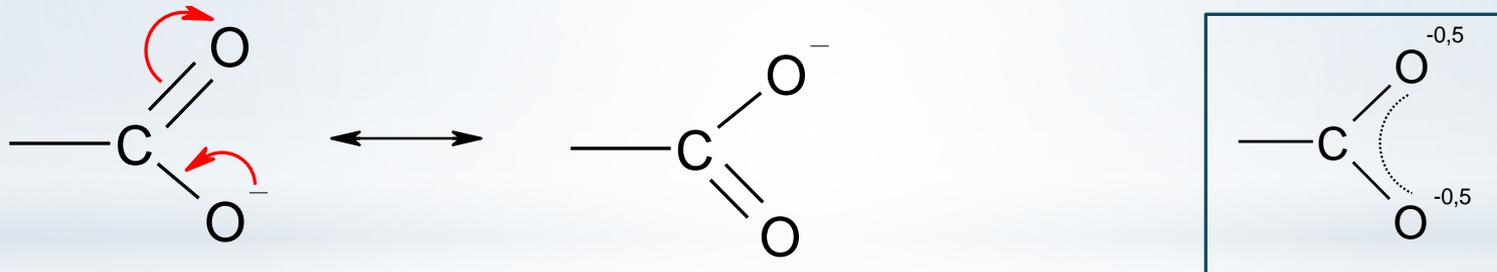
# Кислотные свойства

- диссоциация



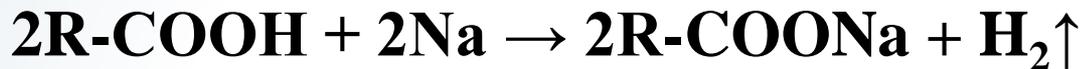
Сила кислот уменьшается в ряду:  $H-COOH > CH_3-COOH > CH_3-CH_2-COOH$ .

Карбоновые кислоты проявляют более сильные кислотные свойства, чем спирты и фенолы. За счет делокализации заряда в карбоксилат-ионе.

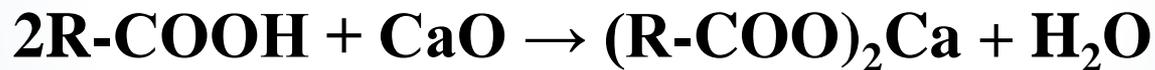




- *взаимодействие с металлами*



- *взаимодействие с основными и амфотерными оксидами и гидроксидами*



*Названия солей составляют из названий остатка  $\text{RCOO}^-$  (карбоксилат-иона) и металла.*

$\text{CH}_3\text{COONa}$  – ацетат натрия

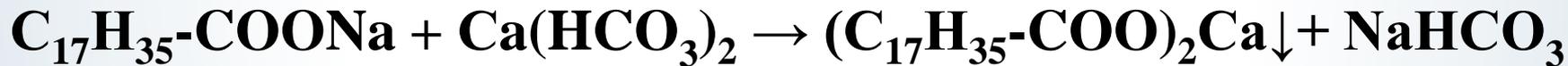
$(\text{HCOO})_2\text{Ca}$  – формиат кальция

$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$  – стеарат калия

- взаимодействие с солями (более слабых и летучих кислот)



Некоторые соли дают осадки или образуют цветные комплексы.



Эта реакция проходит при  
использовании мыла в жесткой воде.



Ацетат-ион с хлористым железом образует раствор  
чайного цвета.

**Качественная реакция!**



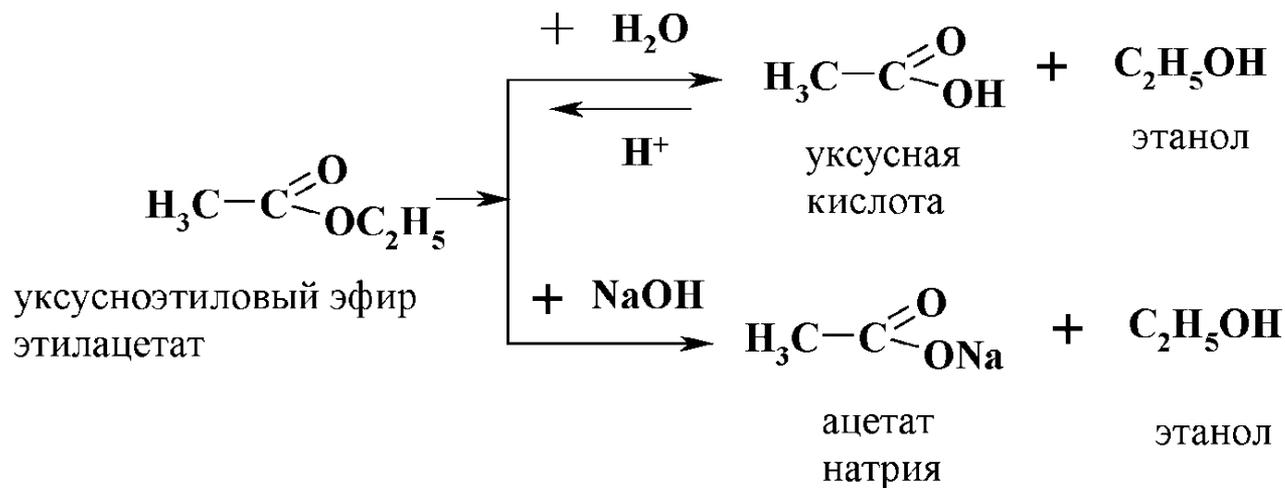
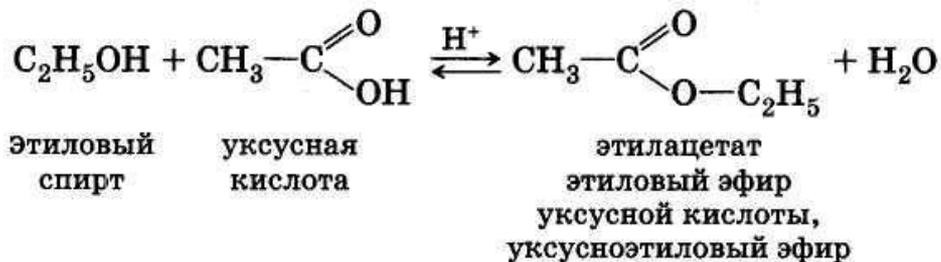
 **Будущий врач**



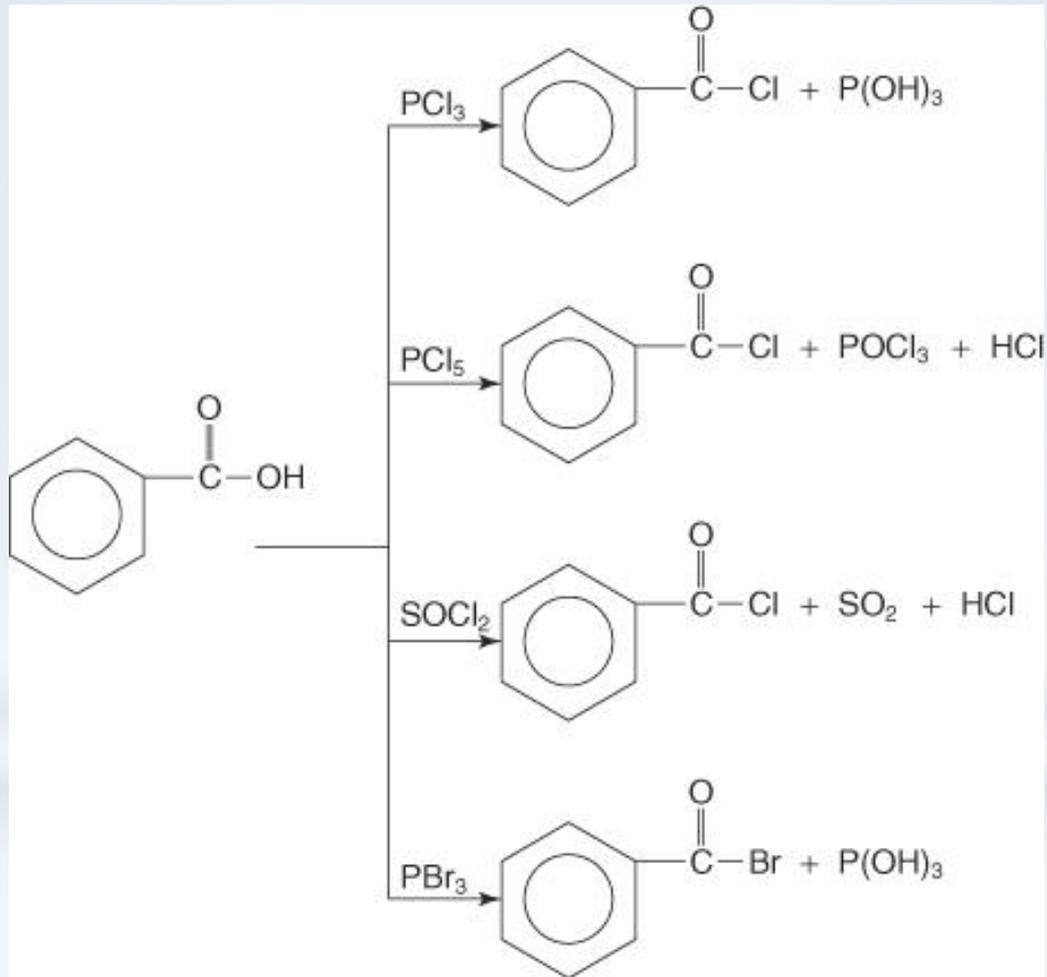
ПИМУ  
Приволжский  
исследовательский  
медицинский университет

# Образование функциональных производных

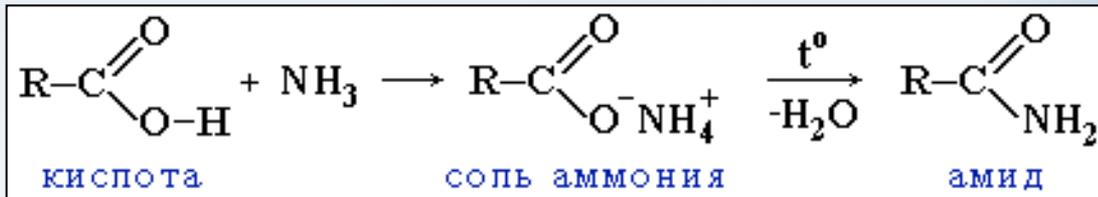
## • образование сложных эфиров (этерификация)



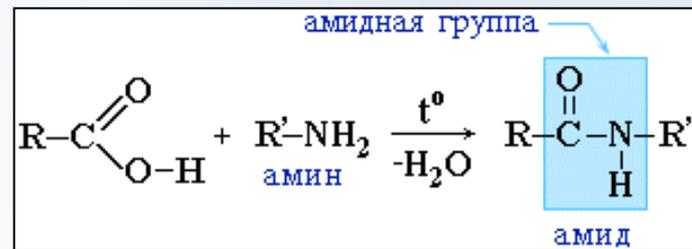
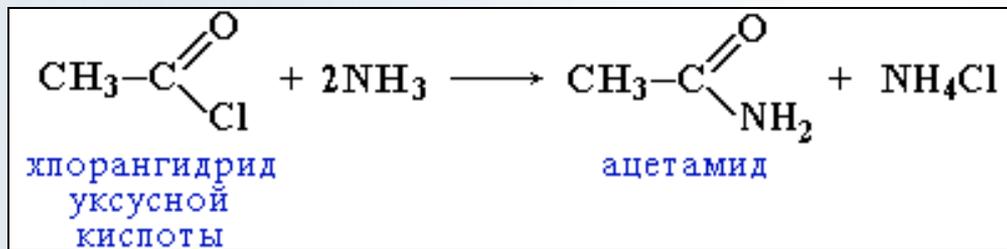




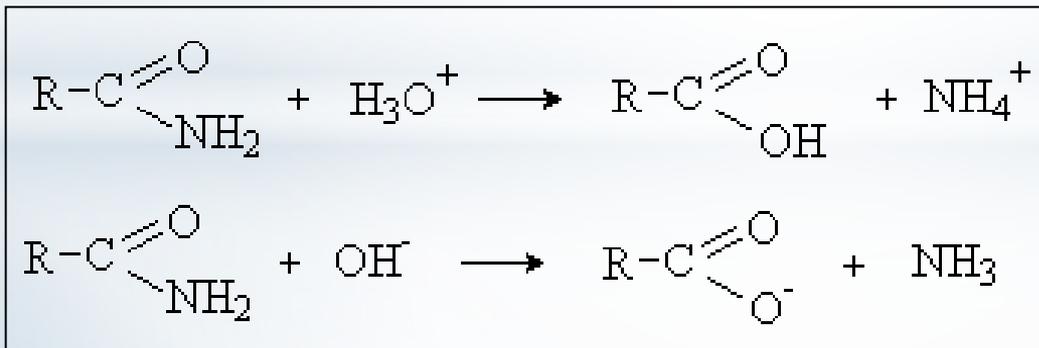
- образование амидов



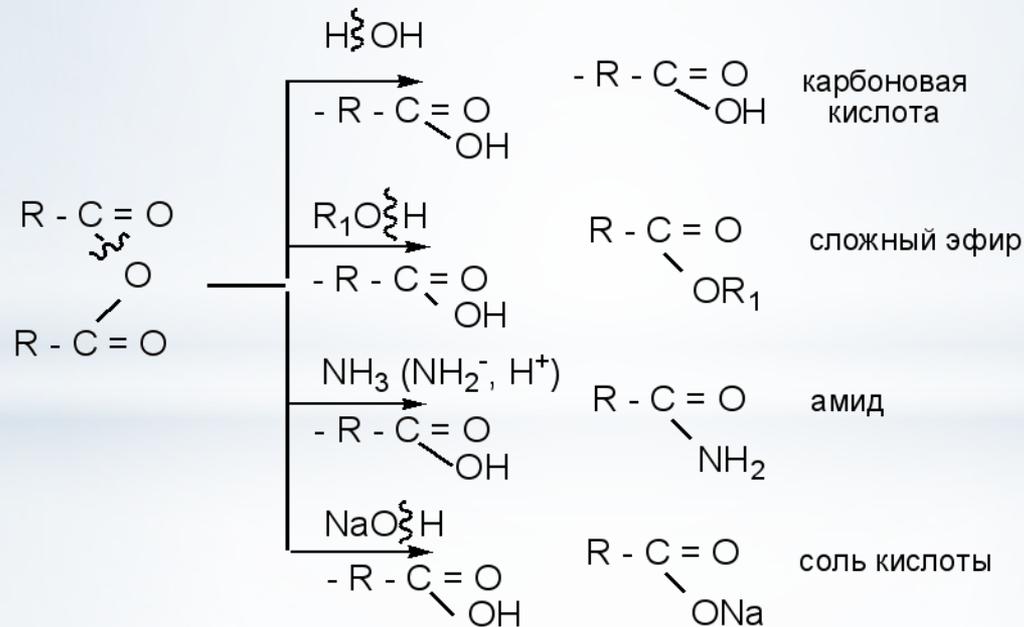
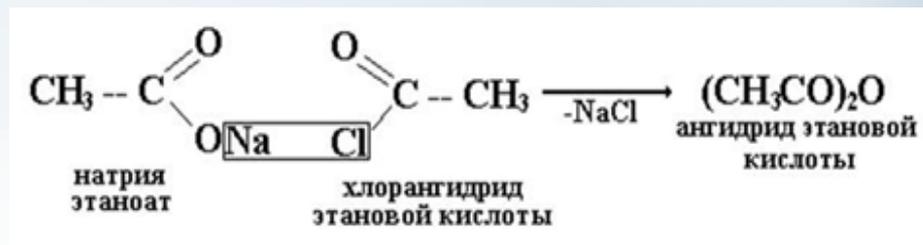
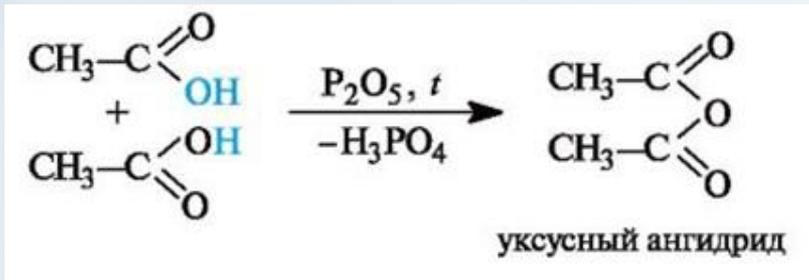
Вместо карбоновых кислот чаще используют их галогенангидриды.



Амиды легко гидролизуются.



# • образование ангидридов кислот

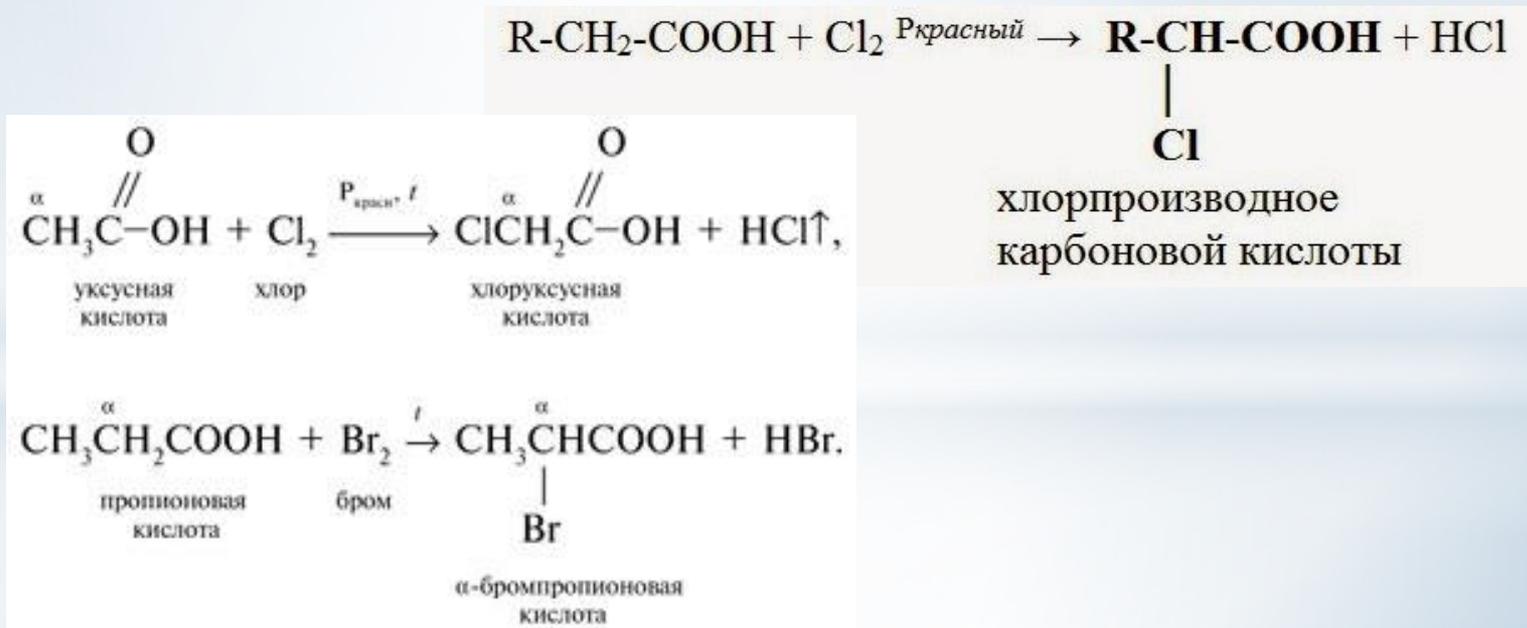


# Реакции по радикалу

Природа радикала обуславливает характер реакций.

- галогенирование (радикальное замещение)

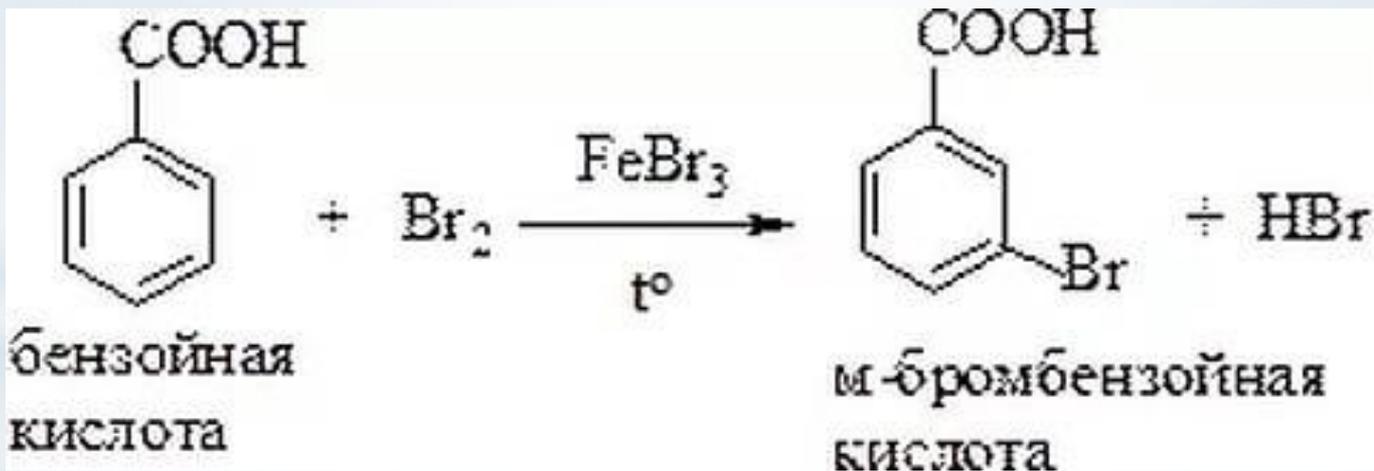
Характерно для **предельных** карбоновых кислот.





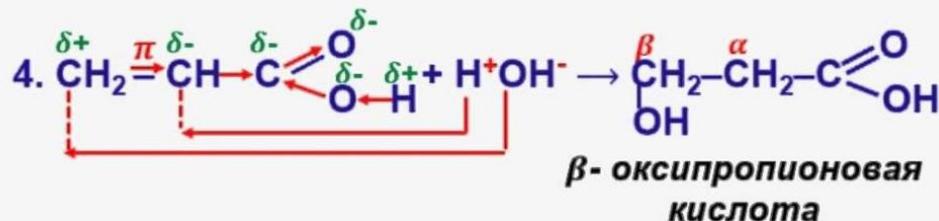
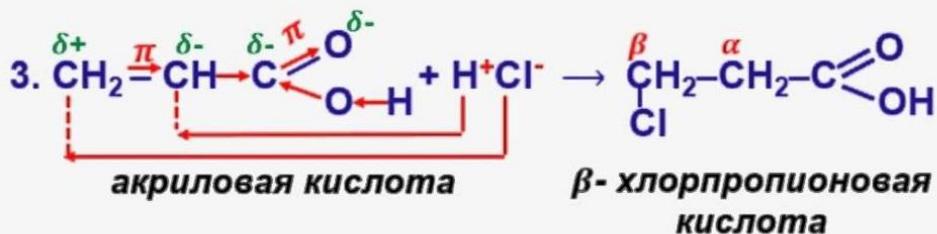
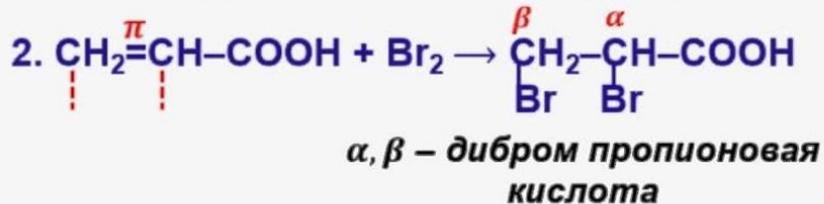
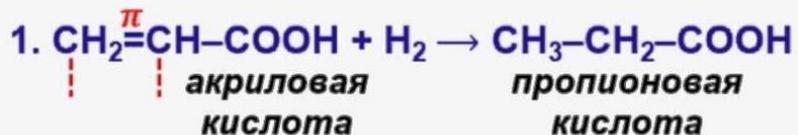
- электрофильное замещение

Характерно для **ароматических** карбоновых кислот.

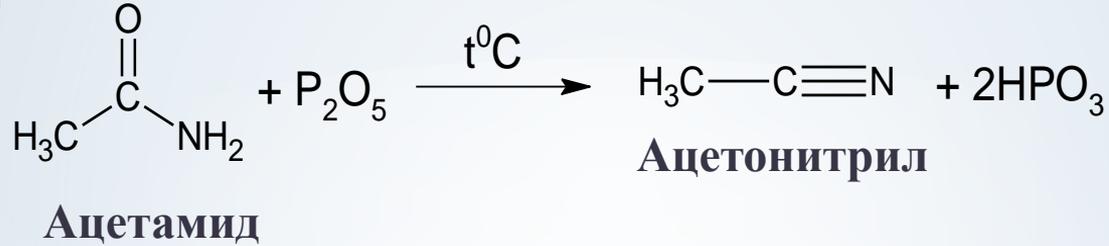


• электрофильное присоединение

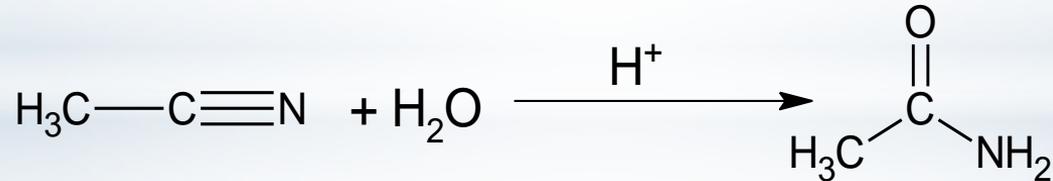
Характерно для непредельных карбоновых кислот.



Они дают все реакции непредельных соединений.



**Нитрилы легко подвергаются гидратации в кислой среде или щелочной среде с образованием амида соответствующей кислоты**



## Реакции декарбоксилирования

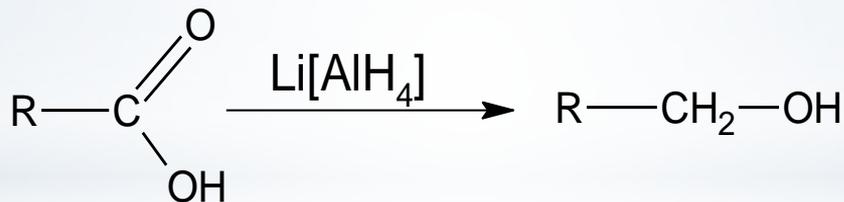




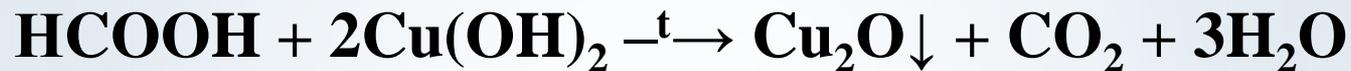
## Реакции восстановления

### Восстановление карбоновых кислот

*Монокарбоновые кислоты могут быть восстановлены только с помощью очень сильных восстановителей до первичных спиртов.*



## *Реакции окисления*



**Все кислоты окисляются в атмосфере кислорода до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .**



# Особенности муравьиной кислоты

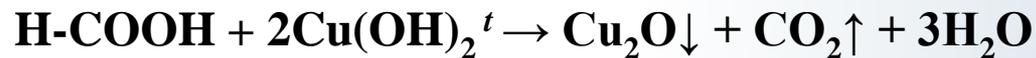
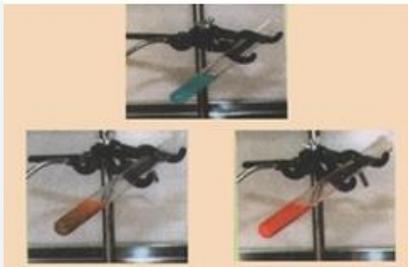
Даёт реакцию «серебряного зеркала».



Качественная реакция!

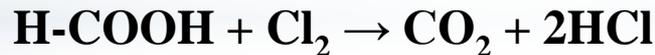


Вступает в реакцию с гидроксидом меди(II).

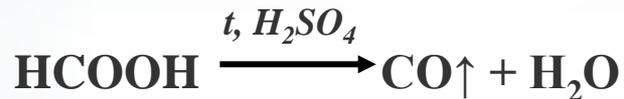


Качественная реакция!

Окисление хлором.



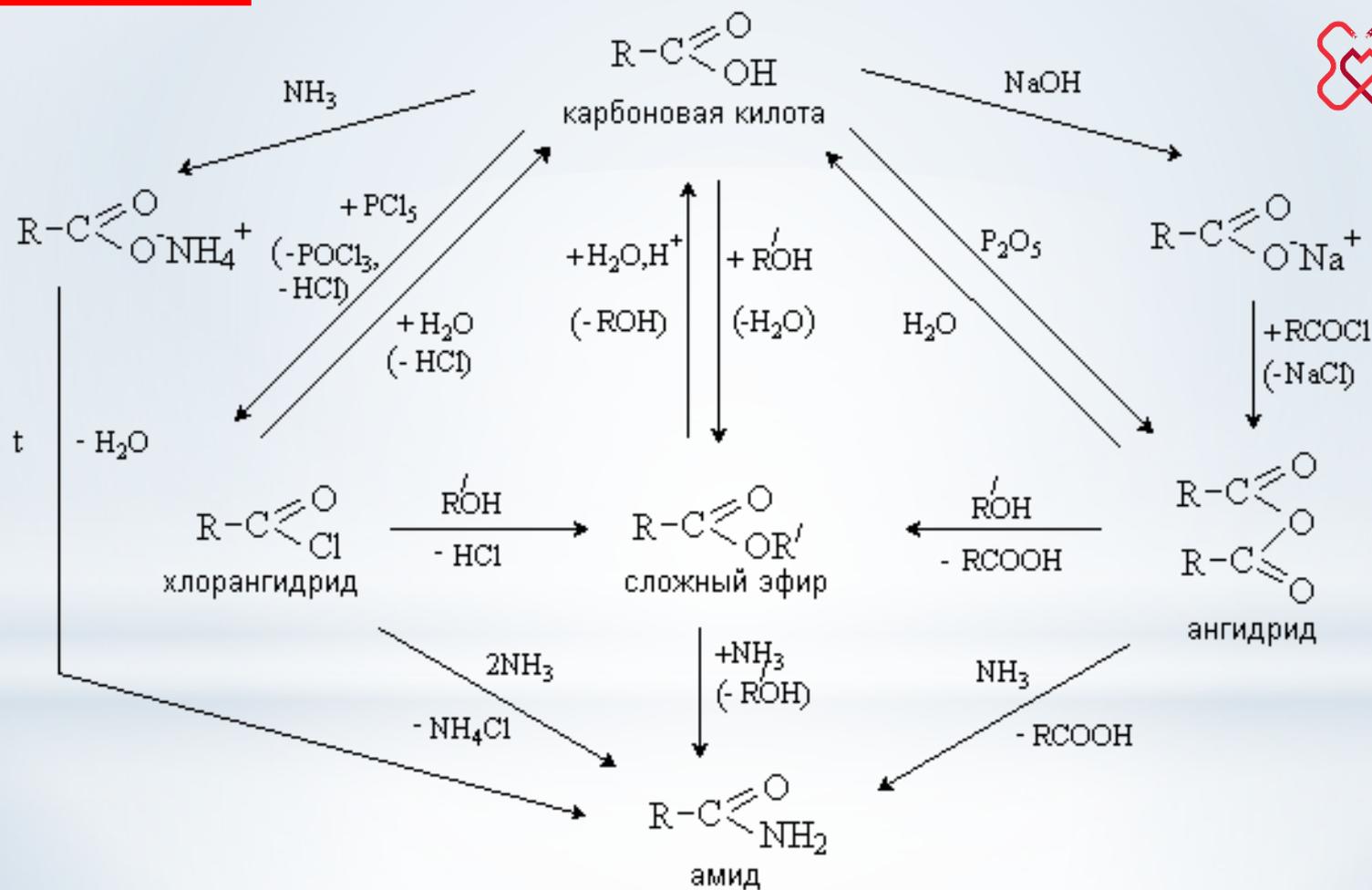
Разлагается при нагревании.



 **Будущий врач**



ПИМУ  
Приволжский  
исследовательский  
медицинский университет



# Получение.

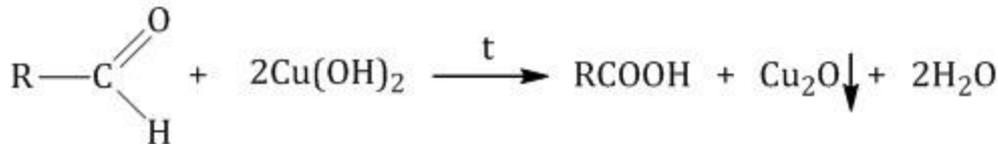
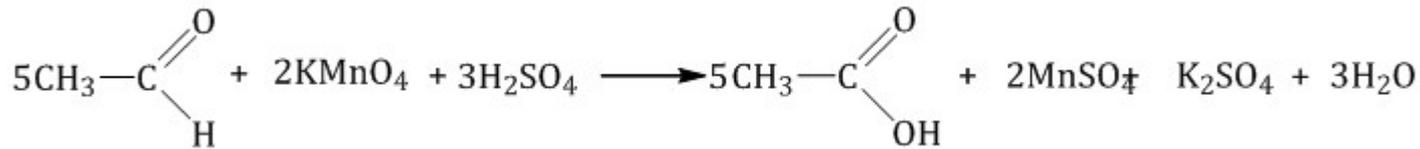
## 1. Окисление спиртов, алкенов и алкинов

При окислении спиртов, алкенов, алкинов и некоторых других соединений подкисленным раствором перманганата калия образуются карбоновые кислоты.



## 2. Окисление альдегидов

Альдегиды реагируют с раствором перманганата или дихромата калия в кислой среде при нагревании, а также с гидроксидом меди при нагревании.



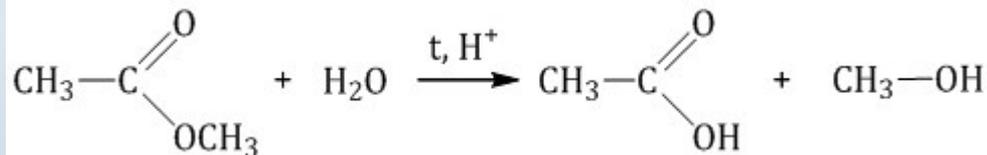
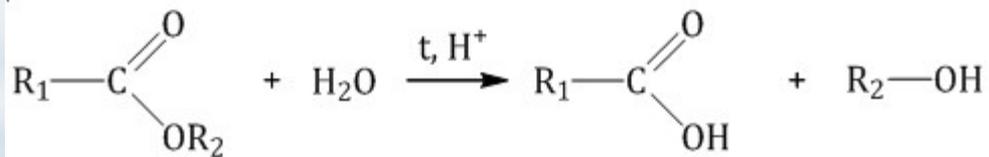
### 3. Получение карбоновых кислот из солей

Карбоновые кислоты можно получить из солей действием минеральной кислоты на раствор соли:



### 4. Гидролиз сложных эфиров

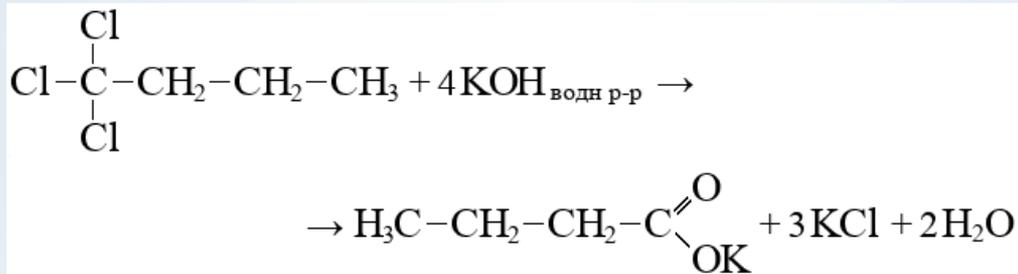
Сложные эфиры подвергаются гидролизу в кислой среде при нагревании:





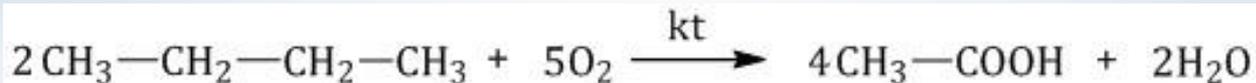
## 5. Щелочной гидролиз тригалогенидов

Тригалогеналканы, в которых три атома галогена расположены у одного атома углерода, с избытком щелочи образуется соль кислоты. При этом сначала происходит замещение галогенов на группы OH.

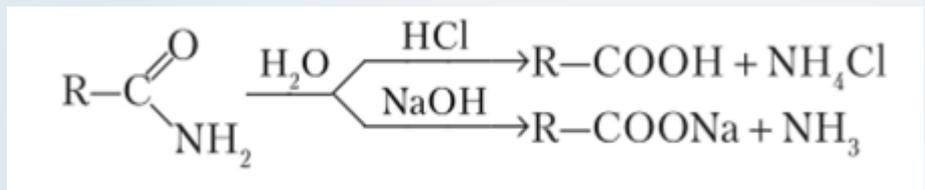


## 6. Каталитическое окисление бутана

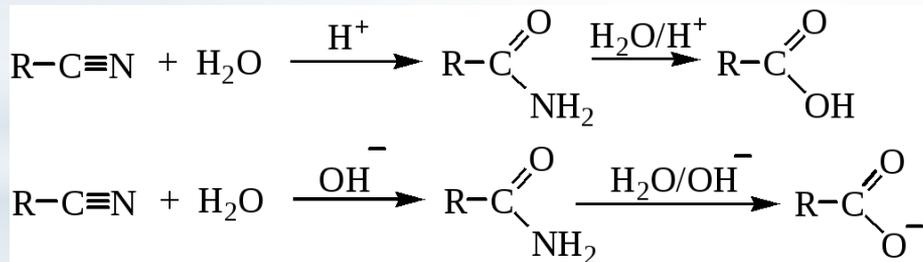
Уксусную кислоту в промышленности получают **каталитическим окислением бутана**:



## 7. Гидролиз амидов.

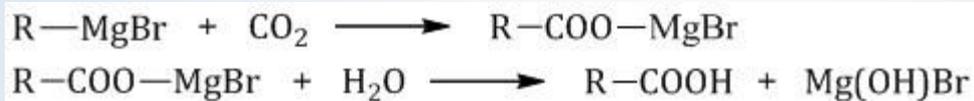


## 8. Гидролиз нитрилов.



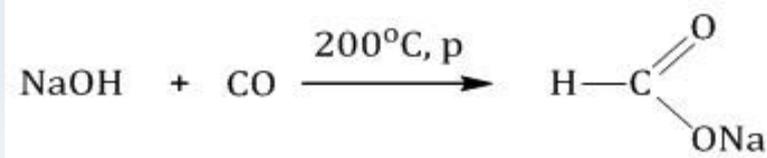
## 9. Взаимодействие реактива Гриньяра с углекислым газом

При взаимодействии реактивов Гриньяра (алкилгалогенидов магния) с углекислым газом и последующем гидролизе образовавшегося промежуточного продукта образуется карбоновая кислота.



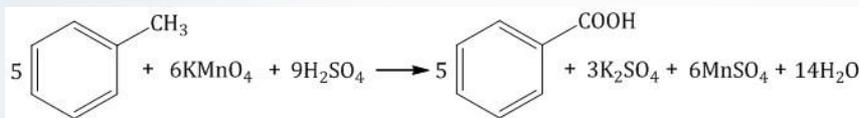
## 10. Получение муравьиной кислоты из угарного газа

Соль муравьиной кислоты получают нагреванием оксида углерода (II) с твёрдым гидроксидом натрия под давлением:



## 11. Получение бензойной кислоты

Бензойную кислоту получают окислением гомологов бензола раствором перманганата калия в кислой среде.





## 5. Методы синтеза карбоновых кислот

№	Наименование реакции	Общая схема реакции
1	Промышленный метод	$\text{HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow[\text{HgSO}_4]{\text{H}_2\text{SO}_4} [\text{CH}_2=\text{CHOH}] \longrightarrow \text{CH}_3\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} \xrightarrow{\text{O}_2, \text{Co}^{3+}} \text{CH}_3\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$
2	Окисление непредельных соединений	$\text{R-CH}=\text{CH-R}' \xrightarrow{\text{MnO}_4^-, \text{H}^+} \text{R-COOH} + \text{R}'\text{-COOH} \quad \text{R-CH}=\text{CH-R}' \xrightarrow{\text{O}_3} \text{H}_2\text{O}_2$
3	Окисление спиртов	$\text{R-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{MnO}_4^-} \text{R-COOH}$
4	Окисление альдегидов	$\text{R-CHO} \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{H}^+} \text{R-COOH}$
5	Окисление алкилбензолов	
6	Синтез Гриньяра	$\text{R-MgX} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{эфир}} \text{R-C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}^- \text{Mg}^+\text{X} \end{array} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{R-C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$
7	Гидролиз нитрилов	$\text{R-C}\equiv\text{N} \xrightarrow[\text{кипячение}]{\text{H}_3\text{O}^+} \text{R-COOH} + \text{NH}_4^+$



# Муравьиная кислота

- пищевая добавка (E-236)
- для консервации и подготовки животного корма
- применяется для борьбы с паразитами
- для крашения тканей, протравки деталей
- как растворитель
- отбеливатель
- в органическом синтезе
- в медицине - для дезинфекции приборов и оборудования
- изготовление фармпрепаратов
- для получения монооксида углерода в лаборатории
- в хирургии растворы данной кислоты используют как антисептические средства

Будущий врач



ПИМУ  
Приволжский  
исследовательский  
медицинский университет



## МУРАВЬИНАЯ КИСЛОТА В ПРИРОДЕ



# Уксусная кислота

- производство уксусной кислоты
- производство пластмасс
- производство ацетатного шелка
- органический синтез



в пищевой и химической промышленности (производство ацетилцеллюлозы, из которой получают ацетатное волокно, органическое стекло, киноплёнку; для синтеза красителей, медикаментов и сложных эфиров). В домашнем хозяйстве как вкусовое и консервирующее вещество.



# Применение карбоновых кислот

**Клей**



**Гербициды**



**Консервант,  
гриппава**



**Искусственные  
волокна**



**Парфюмерия,  
косметика**



**Спасибо за внимание!**