

# Дисциплина «Органическая химия»

## Лекция № 12

**Тема:**

**Карбоновые кислоты**

# Цель

Расширить знания студентов по моно- и дикарбоновым кислотам.

Показать зависимость химических свойств карбоновых кислот от их строения.

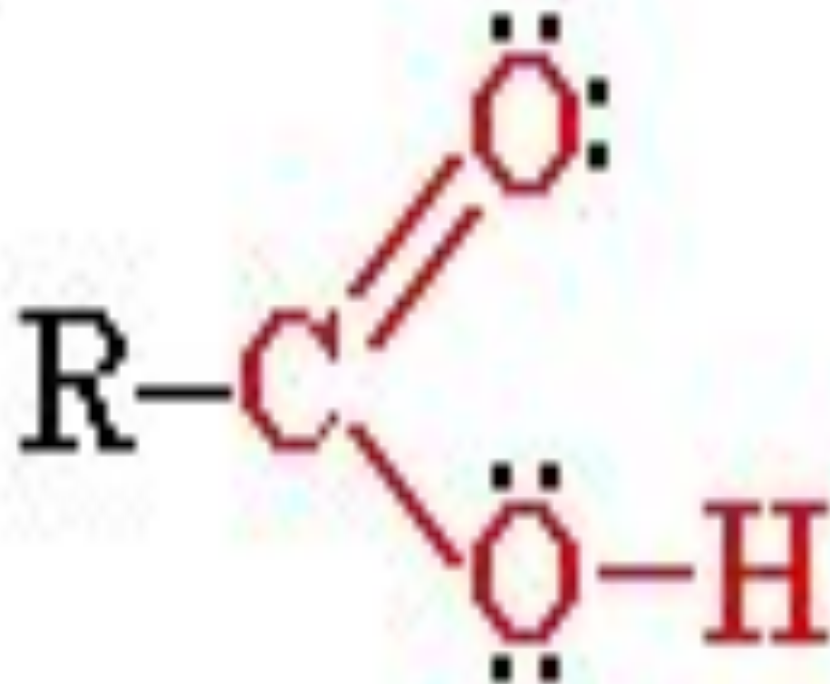
Изучить способы получения карбоновых кислот.

Показать значимость данной темы для фармации.

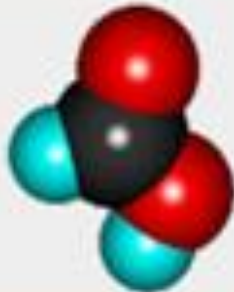
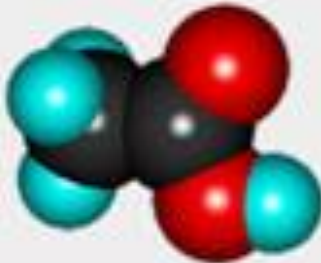
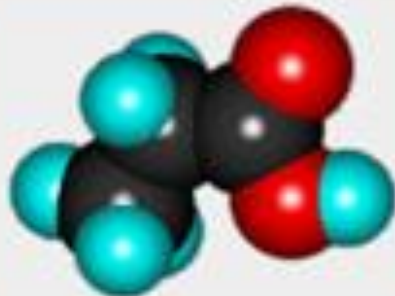
# Вопросы, рассматриваемые на лекции

1. Классификация карбоновых кислот
2. Номенклатура и изомерия предельных монокарбоновых кислот
3. Номенклатура и изомерия предельных дикарбоновых кислот
4. Строение карбоксильной группы
5. Функциональные производные карбоновых кислот
  1. Образование солей
  2. Образование сложных эфиров  $R'-COOR''$  .
  3. Образование амидов  $RCOONH_2$
  4. Галогенангидриды и ангидриды
6. Специфические свойства дикарбоновых кислот
7. Получение карбоновых кислот
  1. Окисление углеводов
  2. Окисление альдегидов
  3. Окисление первичных спиртов
7. Значимость изучаемой темы.

# Общая формула карбоновых кислот



## Простейшие карбоновые кислоты

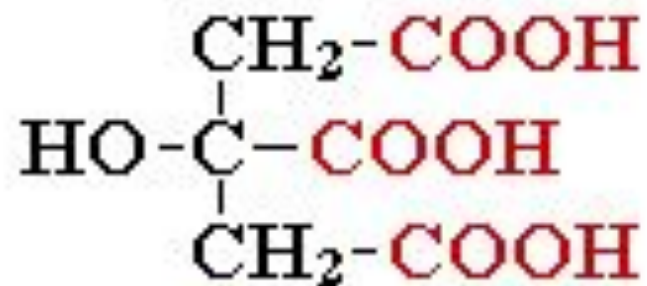
| Название                            | Формула   | Модель  |
|-------------------------------------|---|---|
| Муравьиная кислота<br>(метановая)   | $\text{H}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$                |    |
| Уксусная кислота<br>(этановая)      | $\text{CH}_3-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$             |    |
| Пропионовая кислота<br>(пропановая) | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ |  |

# Многоосновные карбоновые

## КИСЛОТЫ



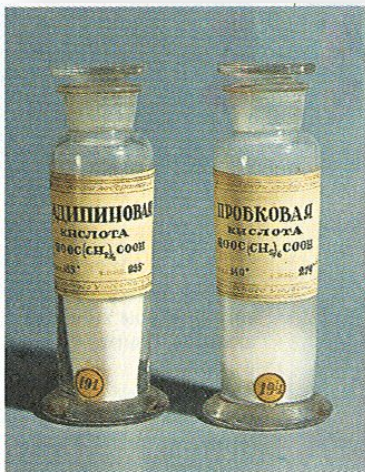
Малоновая  
кислота



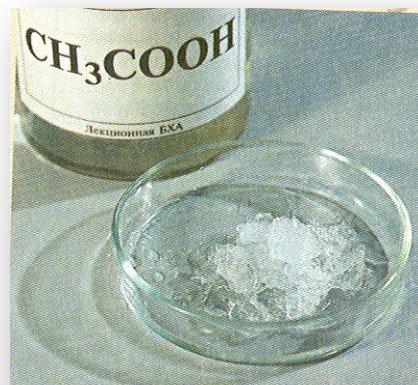
Лимонная  
кислота

| Название           |                    | её соли<br>(эфирь) | Формула<br>кислоты                                    | tпл.<br>°C       | tкип.<br>°C   | г<br>г/см <sup>3</sup> | Раство-<br>римость<br>(г/100мл<br>H <sub>2</sub> O;25°C) | Ka<br>(при 25°C)   |
|--------------------|--------------------|--------------------|---|------------------|---------------|------------------------|--|--|
| кислоты            |                    |                    |   |                  |               |                        |  |  |
| Муравьиная         | метановая          | Форми-<br>ат       | HCOOH   | 8,3              | 100,5         | 1,22                   | ¥  | $1,77 \cdot 10^{-4}$   |
| Уксусная           | этановая           | ацетат             | CH <sub>3</sub> COOH                                  | 16,8             | 118           | 1,05                   | ¥  | $1,7 \cdot 10^{-5}$  |
| Пропионо-<br>вая   | пропановая         | Пропио-<br>нат     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH                  | -21              | 141           | 0,99                   | ¥  | $1,64 \cdot 10^{-5}$   |
| Масляная           | бутановая          | бутират            | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH  | -6               | 164           | 0,96                   | ¥  | $1,54 \cdot 10^{-5}$   |
| Валериано-<br>вая  | пентановая         | валерат            | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH  | -34              | 187           | 0,94                   | 4,97   | $1,52 \cdot 10^{-5}$   |
| Капроновая         | гексановая         | Гекса-<br>нат      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH  | -3               | 205           | 0,93                   | 1,08   | $1,43 \cdot 10^{-5}$   |
| Каприловая         | октановая          | Октано-<br>ат      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH  | 17               | 239           | 0,91                   | 0,07   | $1,28 \cdot 10^{-5}$   |
| Каприновая         | декановая          | Декано-<br>ат      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH  | 32               | 269           | 0,89                   | 0,015  | $1,43 \cdot 10^{-5}$   |
| Акриловая          | пропеновая         | акрилат            | CH <sub>2</sub> =CH-COOH                              | 13               |               | 1,05                   |  |  |
| Бензойная          | бензойная          | бензоат            | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH                    | 122              | 250           | 1,27                   | 0,34   | $1,43 \cdot 10^{-5}$   |
| Щавелевая          | этандиовая         | оксалат            | COOH<br> <br>COOH                                     | 189,(с<br>разл.) |               | 1,65                   |  | K <sub>1</sub> = $5,9 \cdot 10^{-2}$<br>K <sub>2</sub> = $6,4 \cdot 10^{-5}$ |
| Пальмити-<br>новая | гексадеканов<br>ая | Пальми-<br>тат     | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH | 63               | 219<br>(17мм) |                        | 0,0007   | $3,46 \cdot 10^{-7}$   |
| Стеарино-<br>вая   | октадеканов<br>ая  | стеарат            | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH | 70               | 383           |                        | 0,0003   |  |





Адипиновая,  
пробковая кислоты.



Ледяная  
уксусная кислота



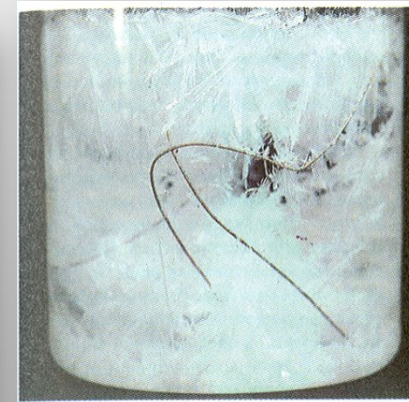
Кристаллы  
монохлоруксусной  
кислоты.



Производные уксусной  
кислоты – ацетамид и  
ацетонитрил



Масляная, капроновая,  
маргариновая,  
стеариновая кислоты

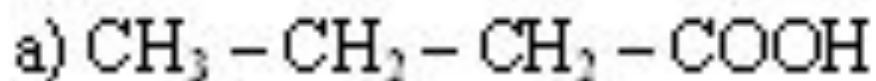


Игольчатые  
кристаллы  
бензойной  
кислоты

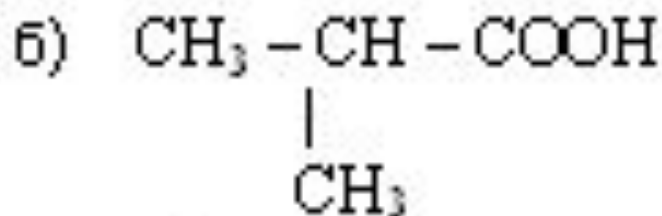


# Изомерия скелета в

углеводородном радикале, начиная с  $C_4$

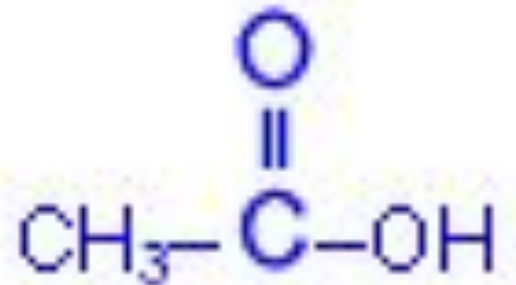


Бутановая кислота  
(масляная)

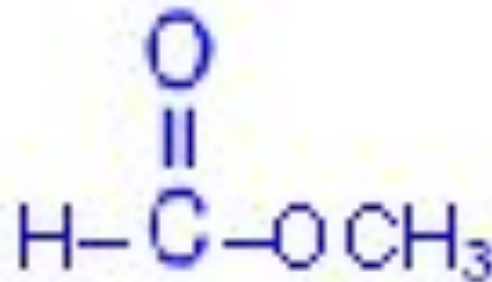


2-метилпропановая кислота  
(изомасляная,  $\alpha$ -метилпропионовая)

# Межклассовая изомерия $C_2H_4O_2$

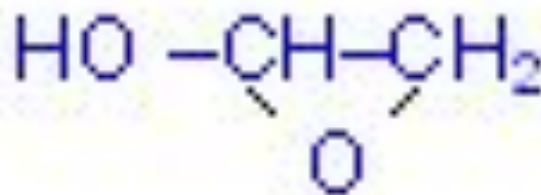
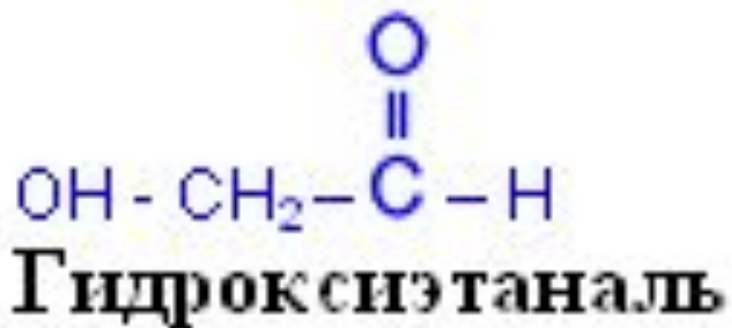


**Уксусная  
кислота**



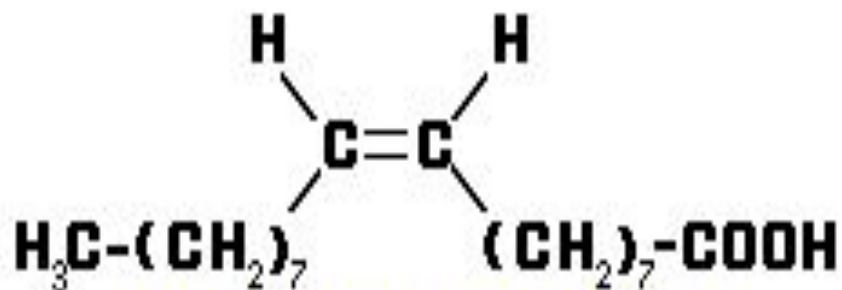
**Метилформиат  
(сложный эфир)**

# Межклассовая изомерия $C_2H_4O_2$

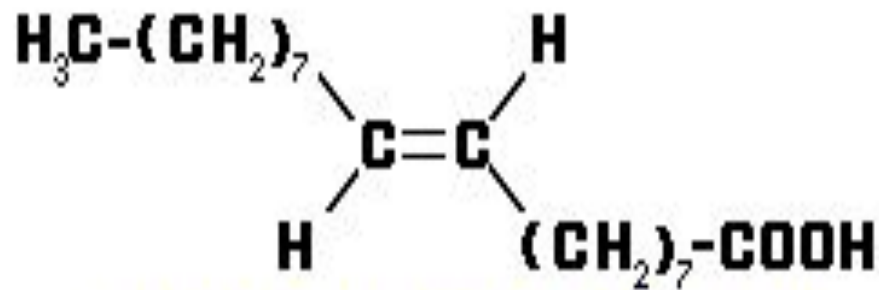


**Гидроксиметиленоксид**

# Пространственная изомерия

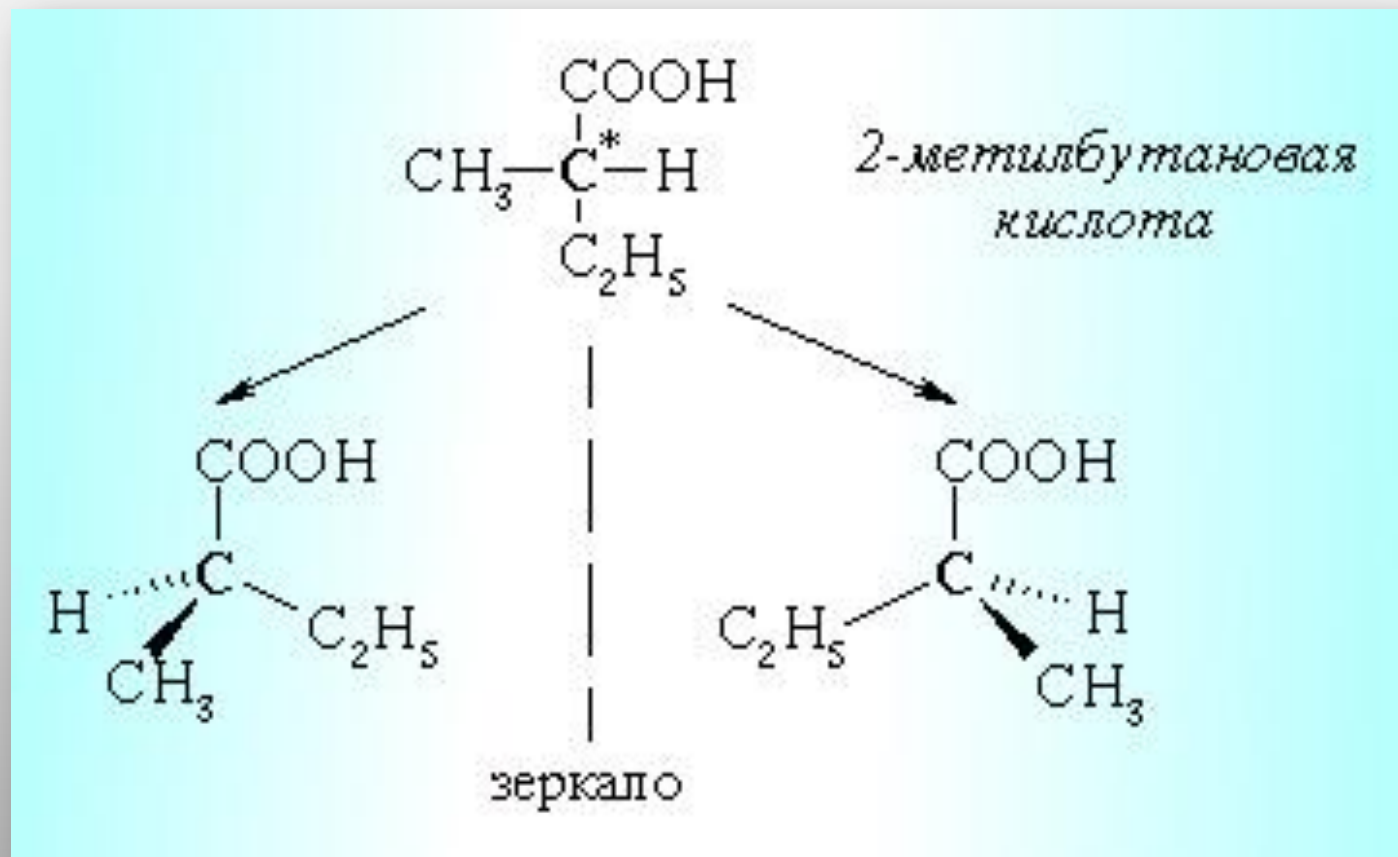


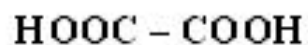
*цис*-олеиновая кислота



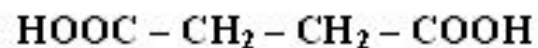
*транс*-олеиновая кислота

# Оптическая изомерия

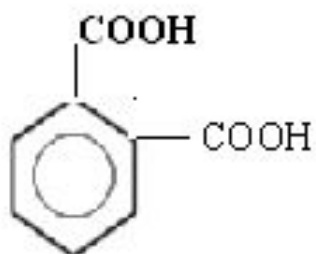




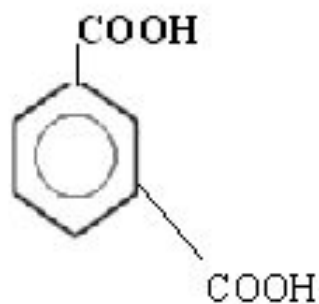
Эта**нди**овая (щавелевая) кислота



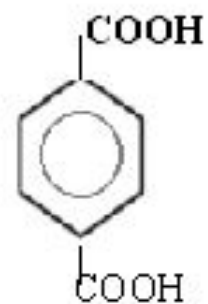
Бута**нди**овая (янтарная) кислота



Бензол -1,2- **дикарбо**новая  
(фталиевая) кислота



Бензол -1,3- **дикарбо**новая  
(изофталиевая) кислота



Бензол -1,4- **дикарбо**новая  
(терефталиевая) кислота

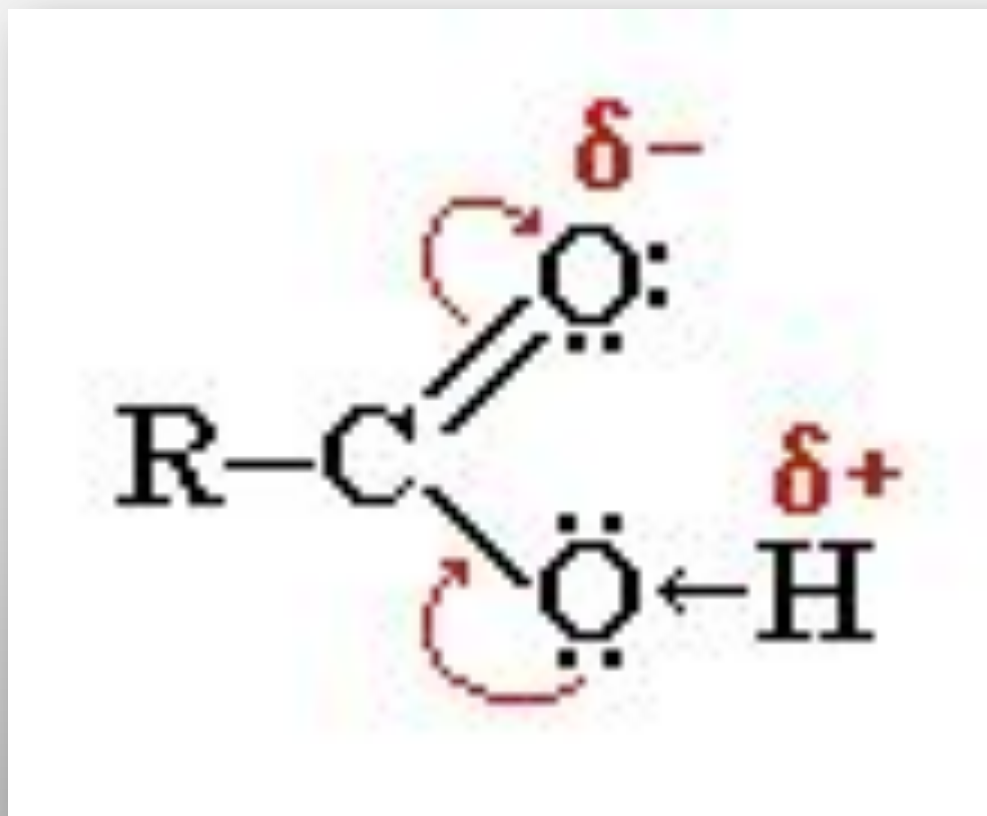


СВОЙСТВА ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

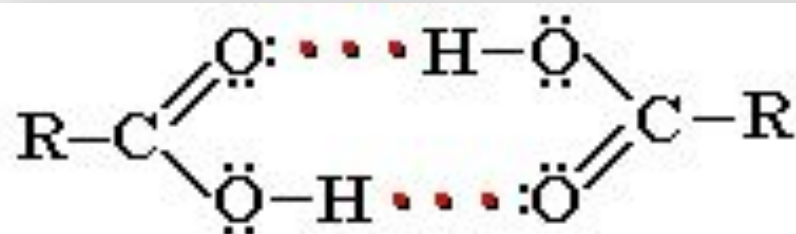
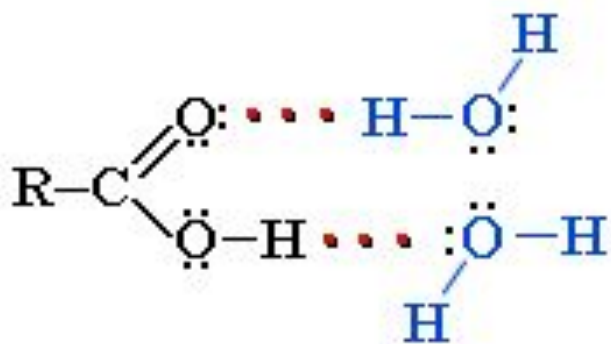
| Формула   | Тривиальное название к-ты | Т пл., °С | $d_4^{25}$ | Р-римость в воде, при 20 °С, г/100г | Константы диссоциации (вода, 25 °С) |                  |
|---|---------------------------|-----------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
|   |                           |           |            |                                     | $K_1 \cdot 10^5$                    | $K_2 \cdot 10^5$ |
| HOOC-COOH   | Щавелевая                 | 179,5     | 1,653      | 8,0                                 | 5900                                | 6,4              |
| HOOCCH <sub>2</sub> COOH                                    | Малоновая                 | 135       | 1,619      | 73,5                                | 177                                 | 0,47             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH                    | Янтарная                  | 188       | 1,572      | 5,8                                 | 6,89                                | 0,25             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH                    | Глутаровая                | 97,5      | 1,424      | 63,9                                | 4,58                                | 0,53             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH                    | Адипиновая                | 153       | 1,344      | 1,6                                 | 3,7                                 | 0,53             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOH                    | Пимелиновая               | 105,7     | 1,291      | 5,0                                 | 3,3                                 | 0,48             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH                    | Пробковая                 | 144       | 1,266      | 0,16                                | 3,07                                | 0,47             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH                    | Азелаиновая               | 106,5     | 1,225      | 0,24                                | 2,82                                | 0,38             |
| HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH                    | Себапиновая               | 134,5     | 1,207      | 0,1                                 | 2,82                                | 0,26**           |
| <i>цис</i> -HOOCCH=CHCOOH                                   | Малеиновая                | 140       | 1,590      | 78,8*                               | 1240                                | 0,059            |
| <i>транс</i> -HOOCCH=CHCOOH                                 | Фумаровая                 | 296       | 1,635      | 0,69*                               | 93                                  | 4,13             |
| HOOC≡CCOOH  | Ацетилендикарбоновая      | 179       |            |                                     | 1850                                | 4,02             |
| <i>о</i> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub> | Фталевая                  | 234       | 1,593      | 0,57                                | 122                                 | 0,39             |
| <i>м</i> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub> | Изофталевая               | 348       | 1,507      | 0,013                               | 29                                  | 2,40             |
| <i>п</i> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub> | Терефталевая              | Возг      | 1,510      | 0,0019*                             | 29                                  | 3,47             |

\* При 25 °С \*\*При 100 °С

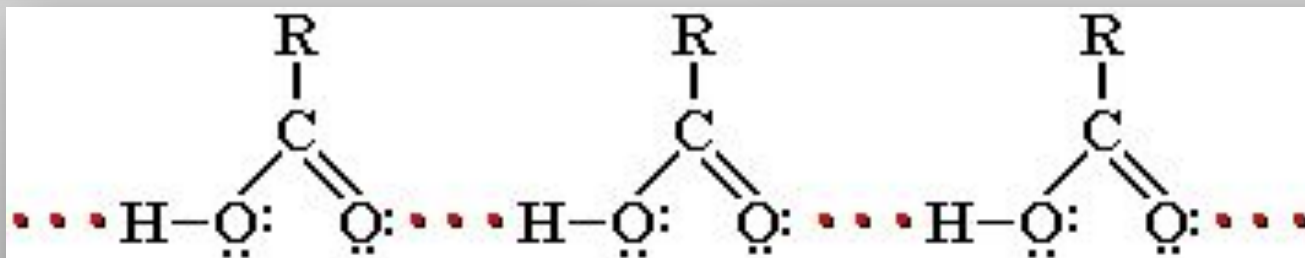
# Строение карбоксильной группы



# Диссоциация кислот в водном растворе

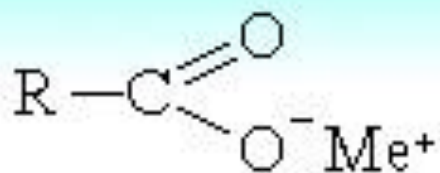


Образование димеров  
карбоновых кислот



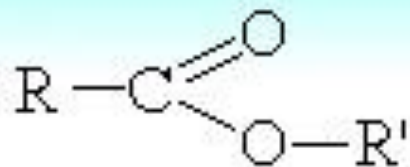
Ассоциация молекул  
карбоновых кислот

# Функциональные производные карбоновых кислот

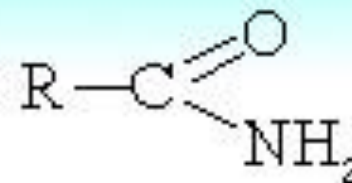


(Me - металл)

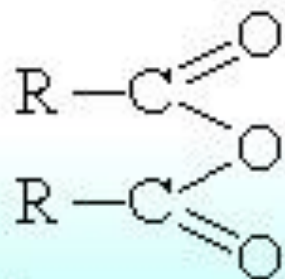
**Соли**



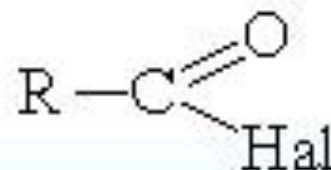
**Сложные эфиры**



**Амиды**



**Ангидриды**

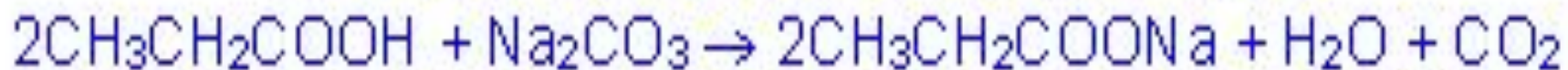
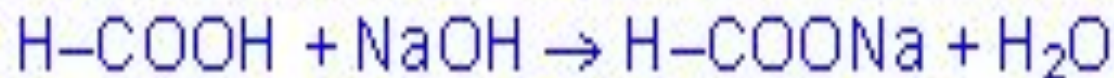


(Hal - галоген)

**Галогенангидриды**

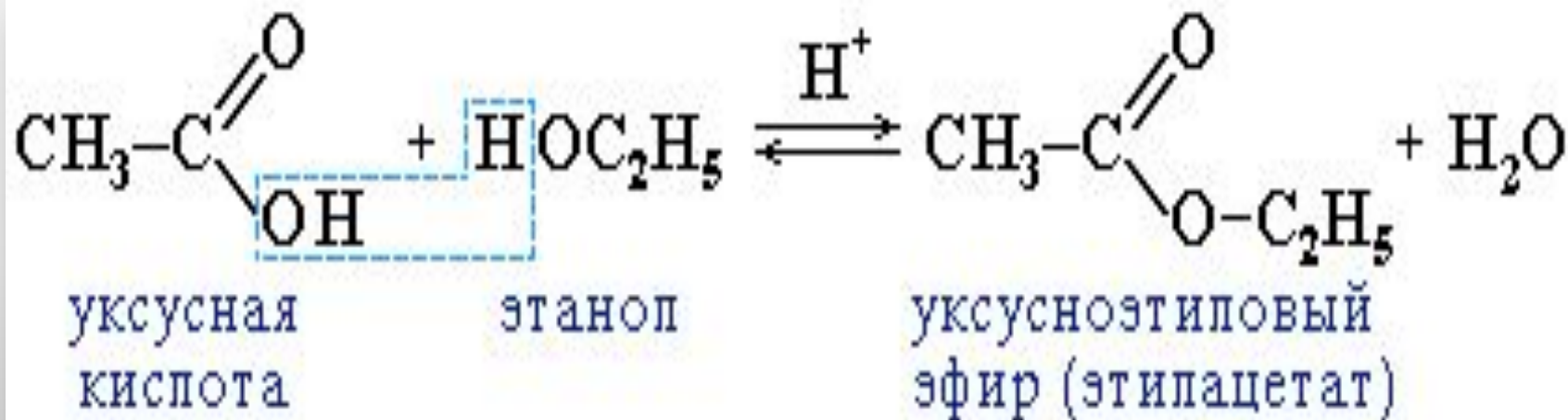
# Химические свойства кислот

# Образование солей



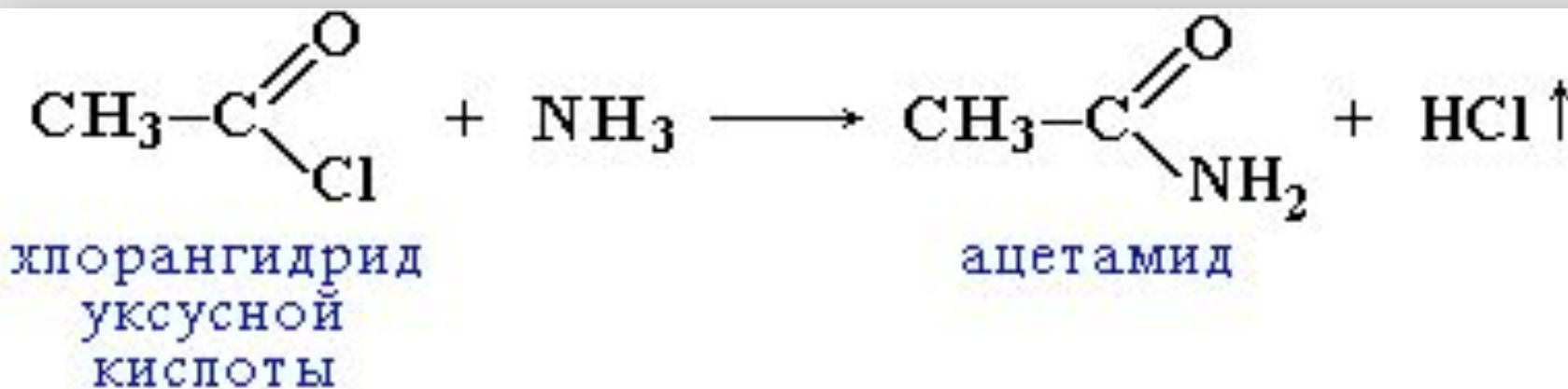
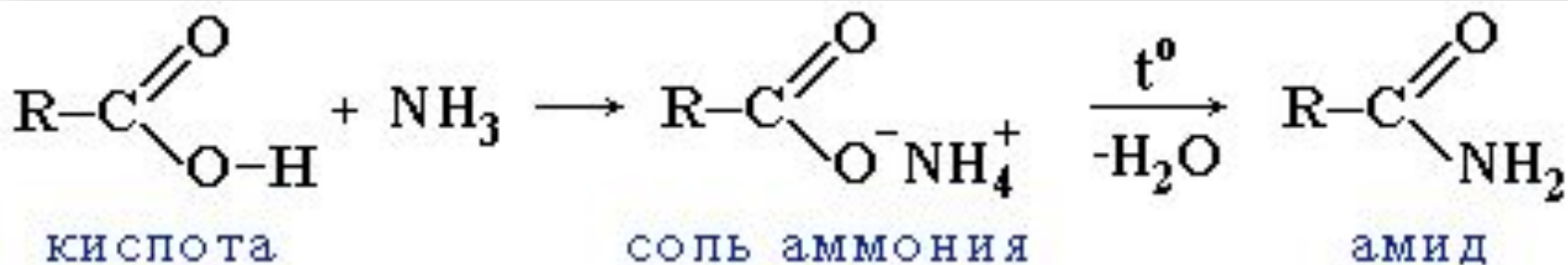


# Образование сложных эфиров $R'-COOR''$

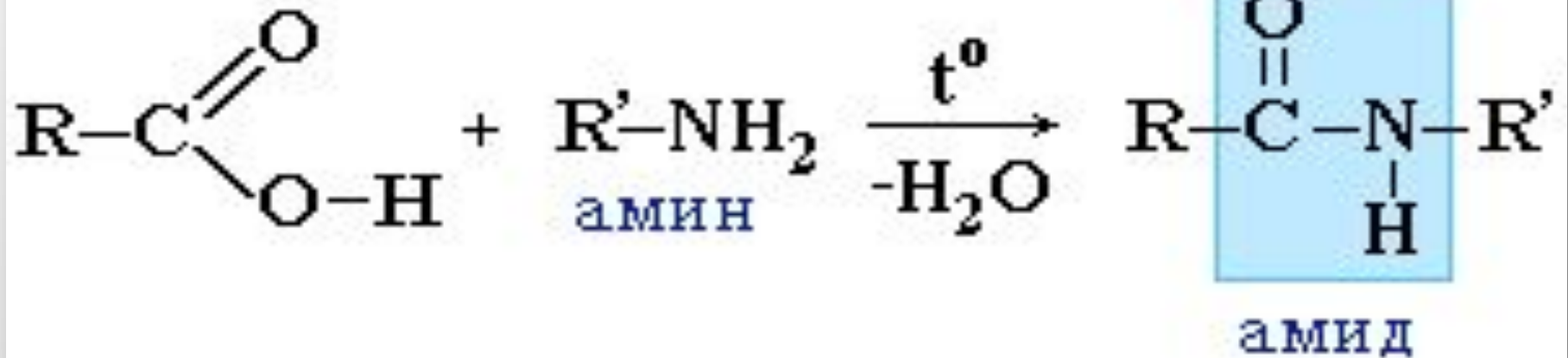


# Образование амидов

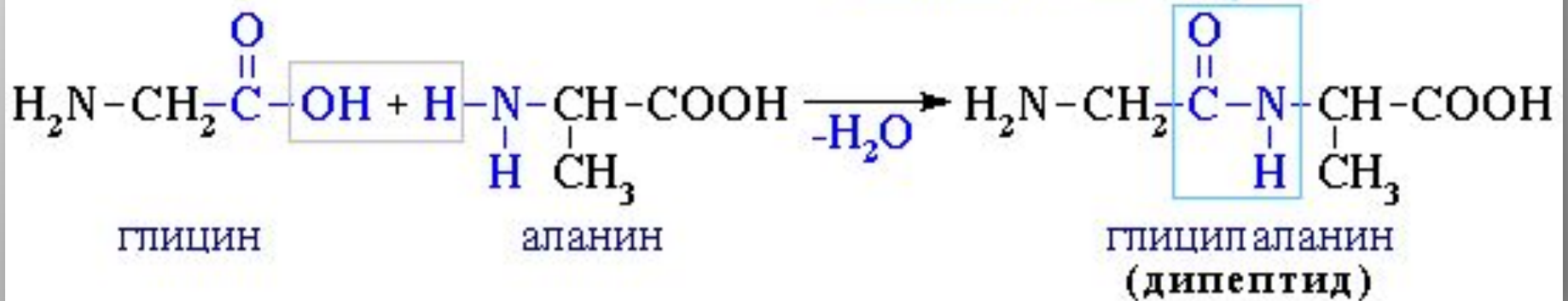
## RCOONH<sub>2</sub>

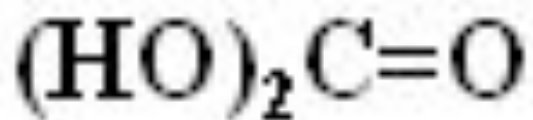


амидная группа

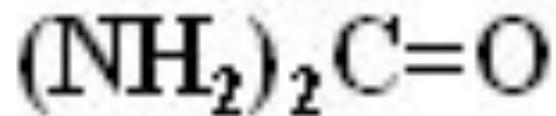


амидная группа





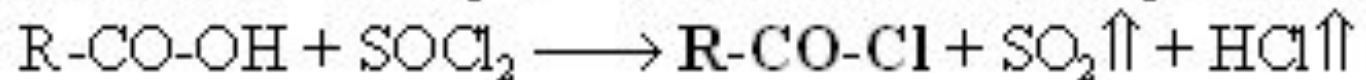
*угольная кислота*



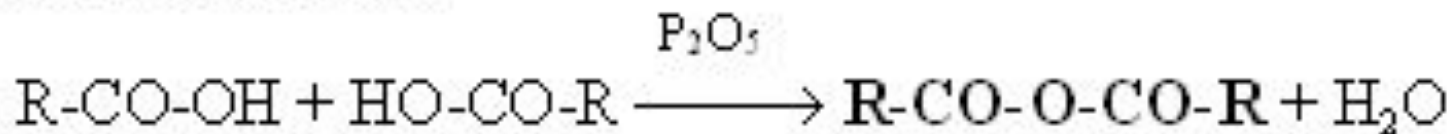
*карбамид (мочевина)*

# Галогенангидриды и ангидриды

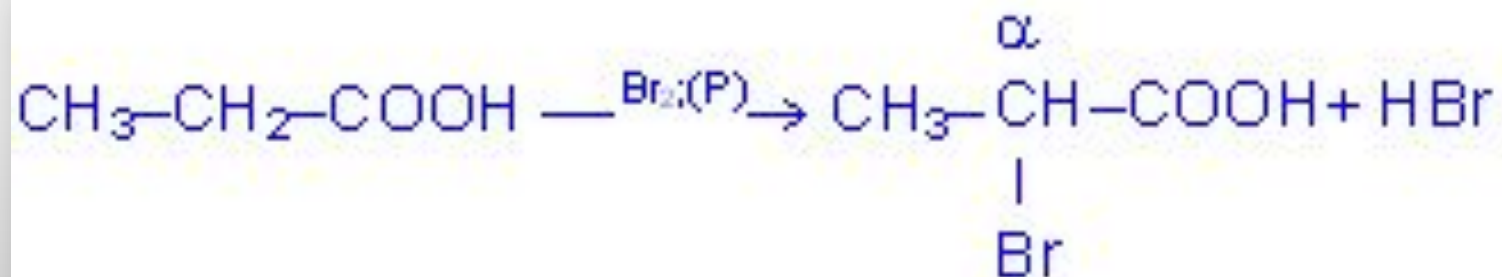
Образование галогенангидридов:



Получение ангидридов:



# Галогенирование

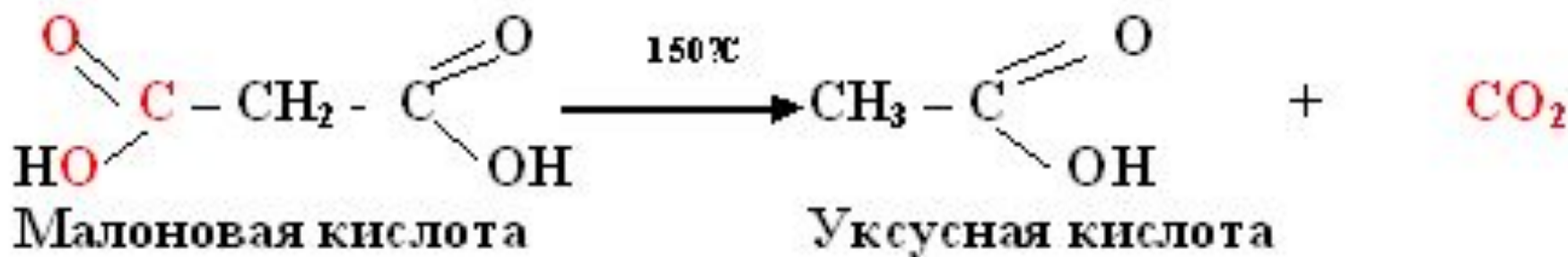
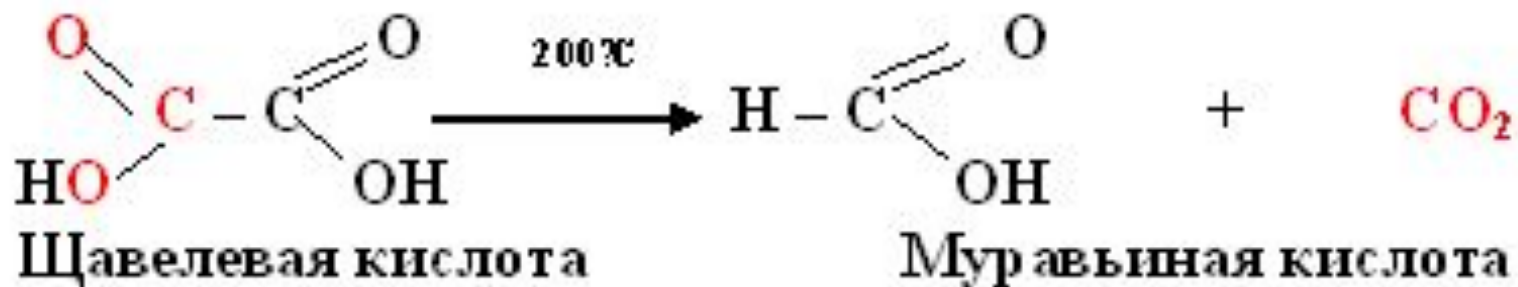


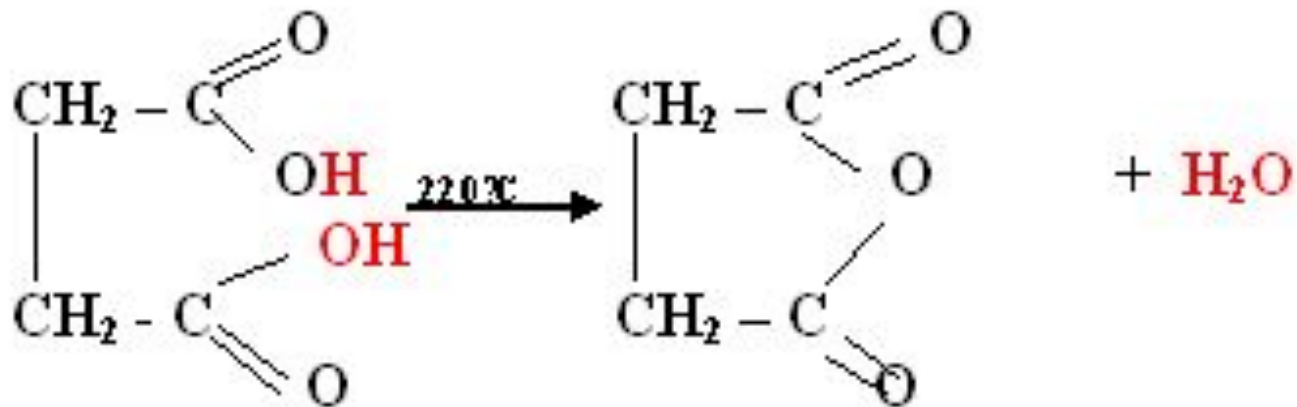
( $\alpha$ -бромпропионовая кислота (2-бромпропановая кислота))



# Полное окисление (горение) карбоновых кислот

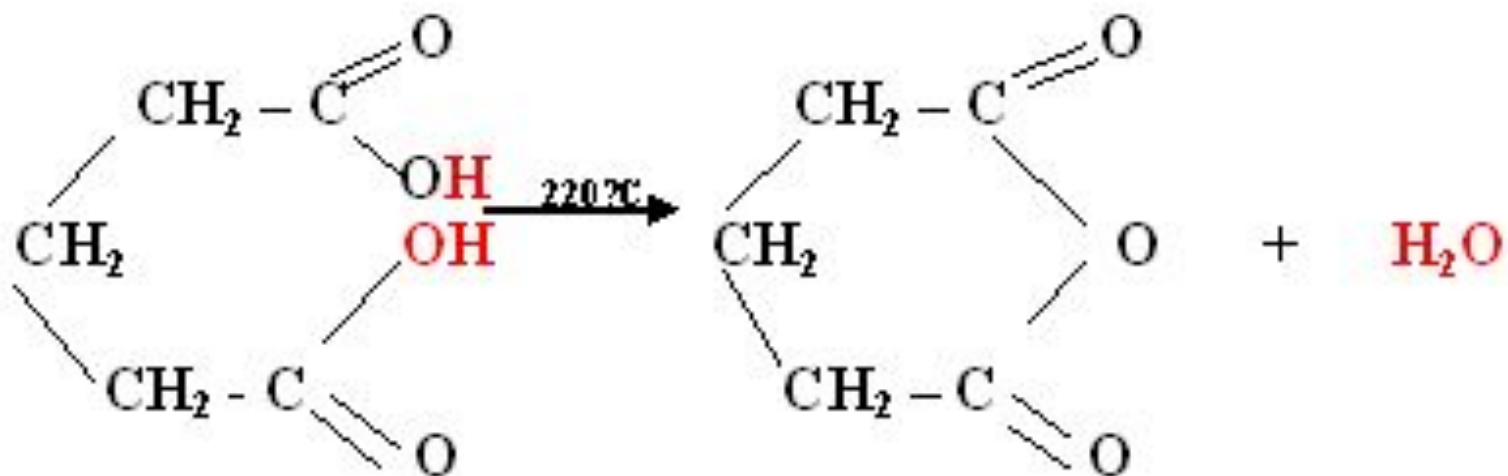






Янтарная кислота

Янтарный ангидрид



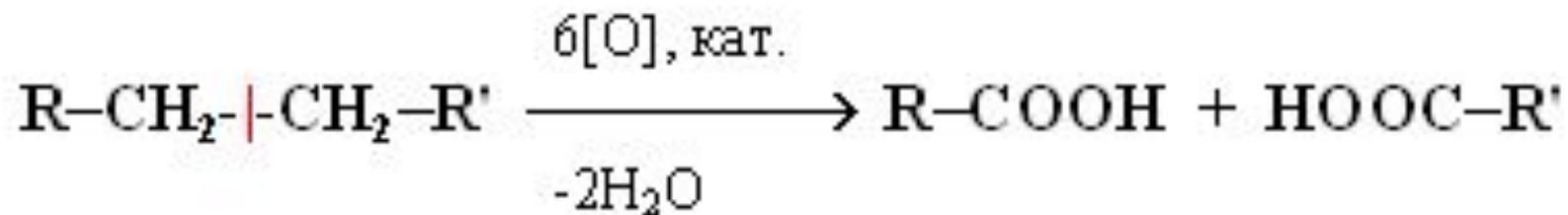
Глутаровая кислота

Глутаровый ангидрид

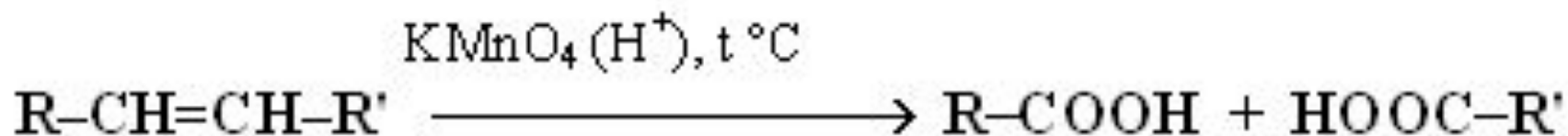
# Получение карбоновых кислот

## 1. Окисление углеводородов:

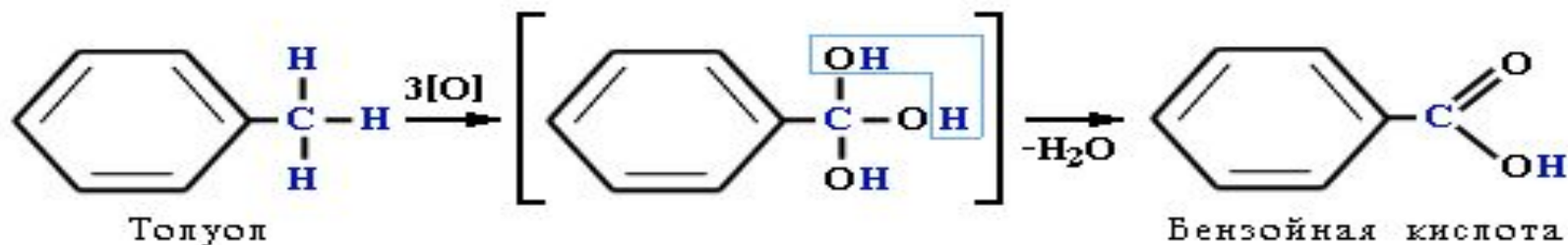
а)



б)

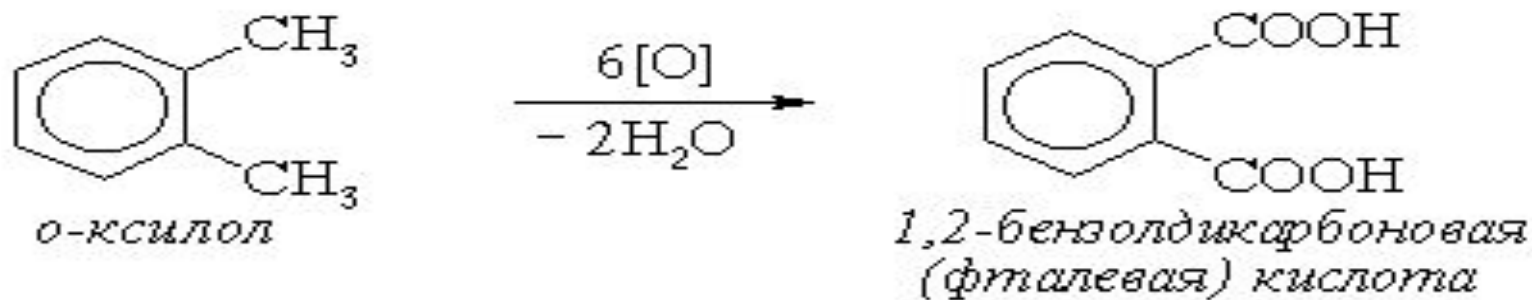
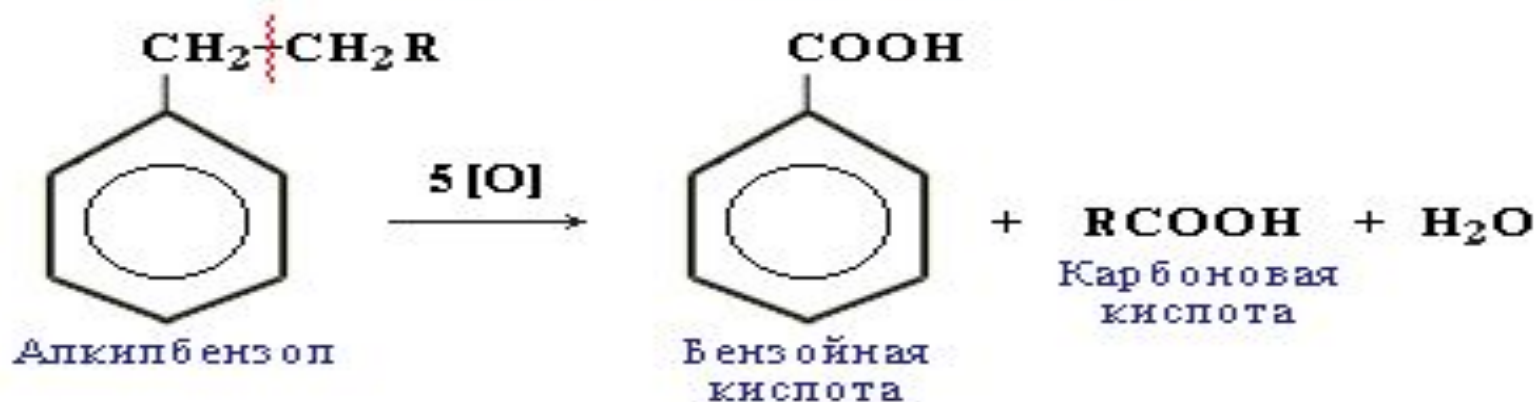


в) **окисление ароматических углеводородов**

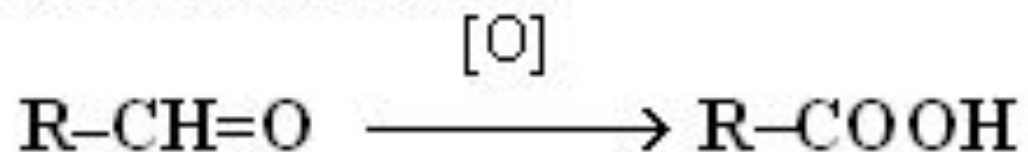


Толуол обесцвечивает раствор  $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$  при нагревании.

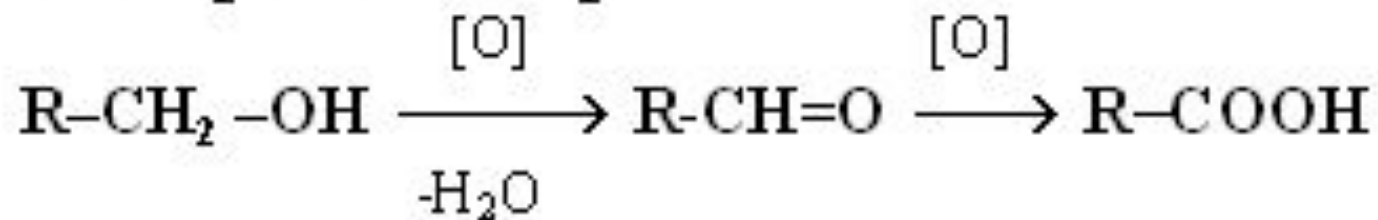
### Окисление алкилбензолов



*2. Окисление альдегидов:*

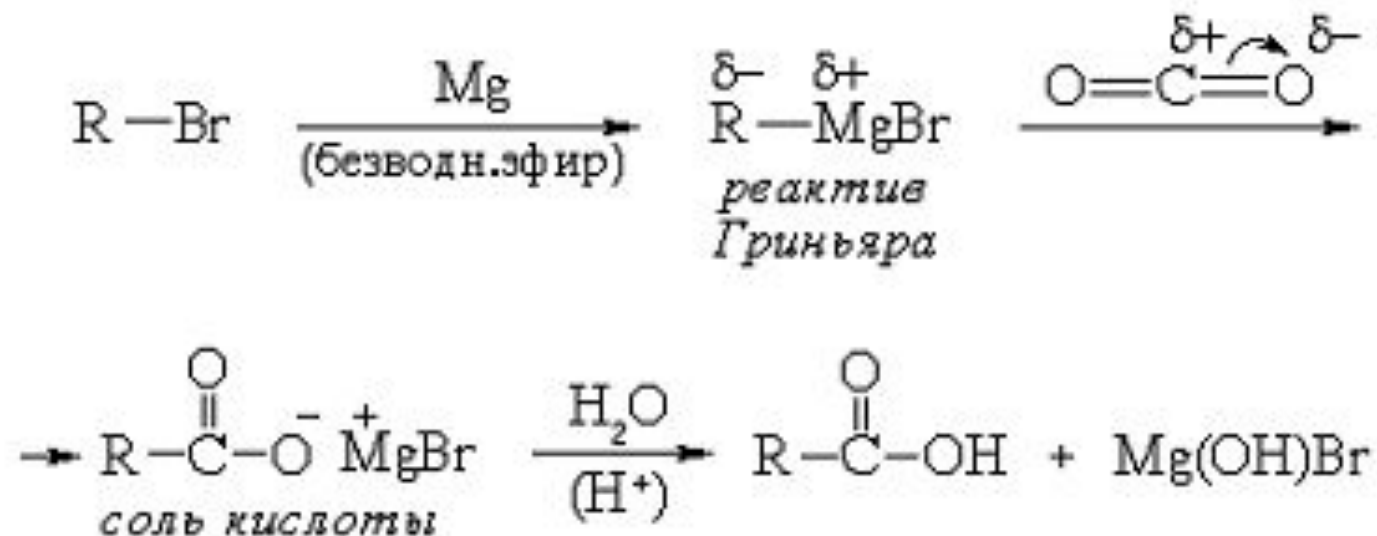


*3. Окисление первичных спиртов:*

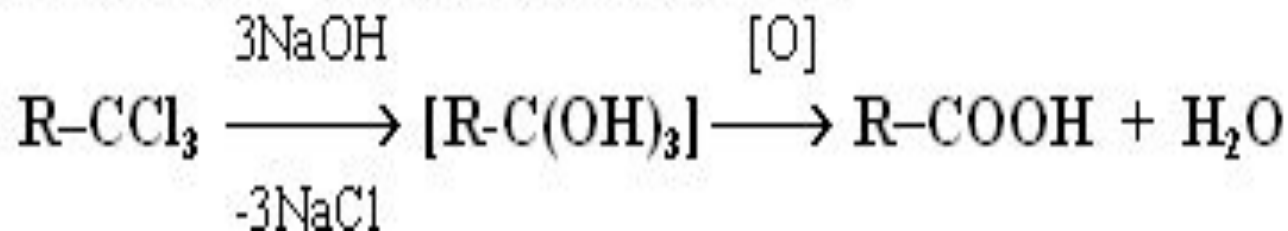




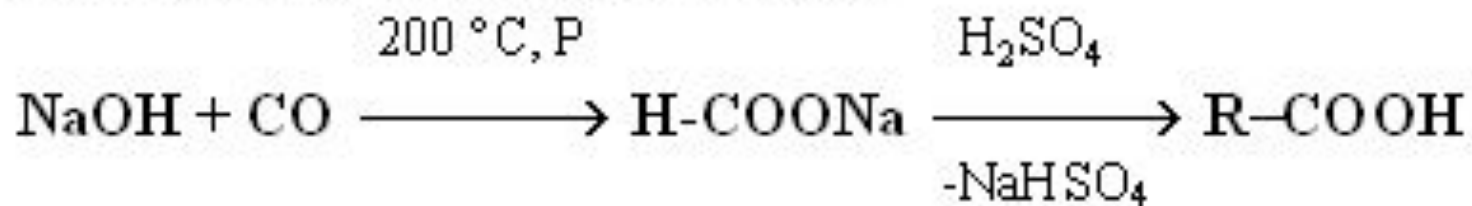
- Взаимодействие реактива Гриньяра с диоксидом углерода  $\text{CO}_2$



- Щелочной гидролиз галогензамещенных углеводородов, содержащих три атома галогена у одного атома углерода:



- Муравьиную кислоту получают нагреванием оксида углерода (II) с порошкообразным гидроксидом натрия:



# Значимость изучаемой темы

- Широкое распространение в природе и участие в обменных процессах, протекающих в организме
- Конечные продукты распада жиров - уксусная и другие кислоты.
- Соли щавелевой кислоты – оксалаты. Некоторые из них (например, оксалат кальция) трудно растворимы и часто образуют камни в почках и мочевом пузыре.

# Значимость изучаемой темы

- Карбоновые
- кислоты
  - Валериановая кислота
  - Витамин Н (биотин)
- Арахидоновая кислота
  - Простагландины – сильнодействующие биорегуляторы.

# Значимость изучаемой темы

- **Линетол**
- **Веронал**
- **Валидол**

- **ацетат натрия**
- **ацетат свинца (II)**
- **бензоат натрия**

# Контрольные вопросы

- **1. Функциональную группу -COOH содержат молекулы . . .**
- **Ответ 1 : сложных эфиров**
- **Ответ 2 : простых эфиров**
- **Ответ 3 : спиртов**
- **Ответ 4 : альдегидов**
- **Ответ 5 : кетонов**
- **Ответ 6 : карбоновых кислот**

# Контрольные вопросы

- **2. Какое вещество образуется при окислении пропаналя?**
- **Ответ 1** : пропанол
- **Ответ 2** : пропиловый эфир уксусной кислоты
- **Ответ 3** : пропионовая кислота
- **Ответ 4** : метилэтиловый эфир

# Контрольные вопросы

- **3. Этилацетат можно получить при взаимодействии . . .**
- **Ответ 1** : метанол + муравьиная кислота
- **Ответ 2** : этанол + муравьиная кислота
- **Ответ 3** : метанол + уксусная кислота
- **Ответ 4** : этанол + уксусная кислота

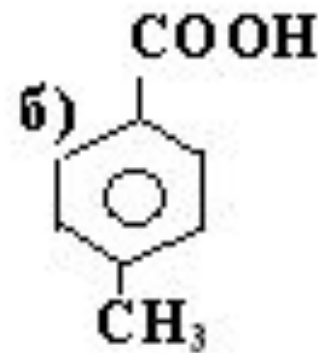
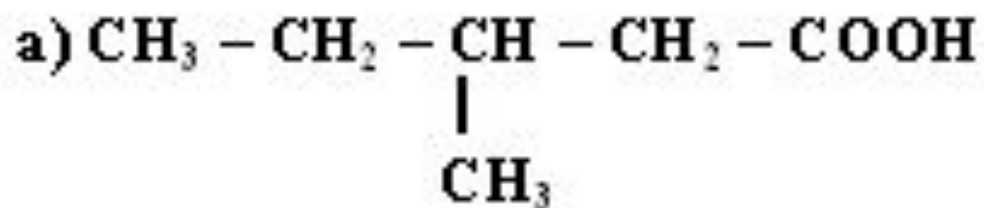


# Контрольные вопросы

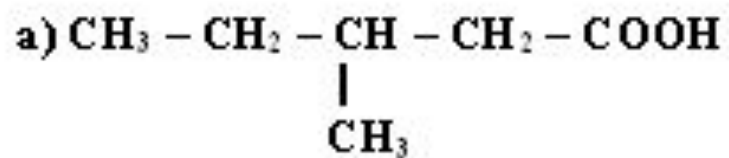
- 4. Для получения 1,5 моль этилового эфира муравьиной кислоты
- израсходовано 138 г этанола. Какова массовая доля выхода эфира
- в % от теоретически возможного?
- **Ответ 1** : 50%
- **Ответ 2** : 75%
- **Ответ 3** : 85%
- **Ответ 4** : 95%

# Контрольные вопросы

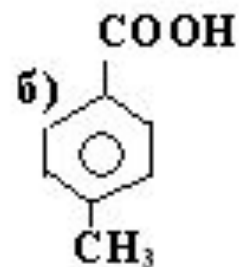
1. Назовите соединения по номенклатуре ИРАС:



# Контрольные вопросы



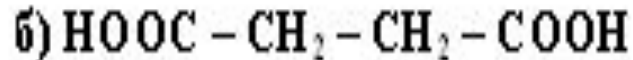
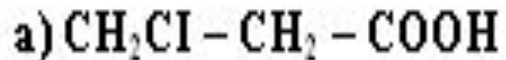
а) 3-метилпентановая  
кислота



б) 4-метилбензойная  
кислота

# Контрольные вопросы

2. Назовите соединения по номенклатуре ИРАС, дайте тривиальное название:

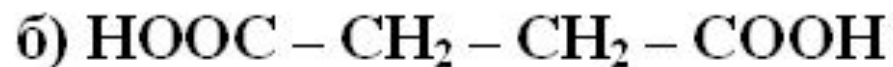


# Контрольные вопросы



а) 3-хлорпропановая  
кислота

( $\beta$  – хлорпропионовая)



б) бутандиовая кислота  
(янтарная)

# Контрольные вопросы

- Почему хлорангидриды карбоновых кислот более энергичные ацилирующие реагенты, чем сами кислоты?
- Чем объясняются более кислые (по сравнению со спиртами) свойства карбоновых кислот?

## Самостоятельная внеаудиторная работа студентов:

- Составить 10 тестов первого уровня, 5 тестов второго уровня по тексту лекции.

## Литература:

### *Основная литература:*

- Л.М.Пустовалова  
«Органическая химия» стр.  
174-195
- Дополнительная литература:
- А.С. Егоров и др. «Химия».  
Ростов – на – Дону «Феникс»,  
2005.
- «Органическая химия».  
Основной курс. Под ред.  
Тюкавкиной Н.А. Москва.  
Дрофа.2003

# Пример выполнения внеаудиторного задания

## Тесты 1 уровня

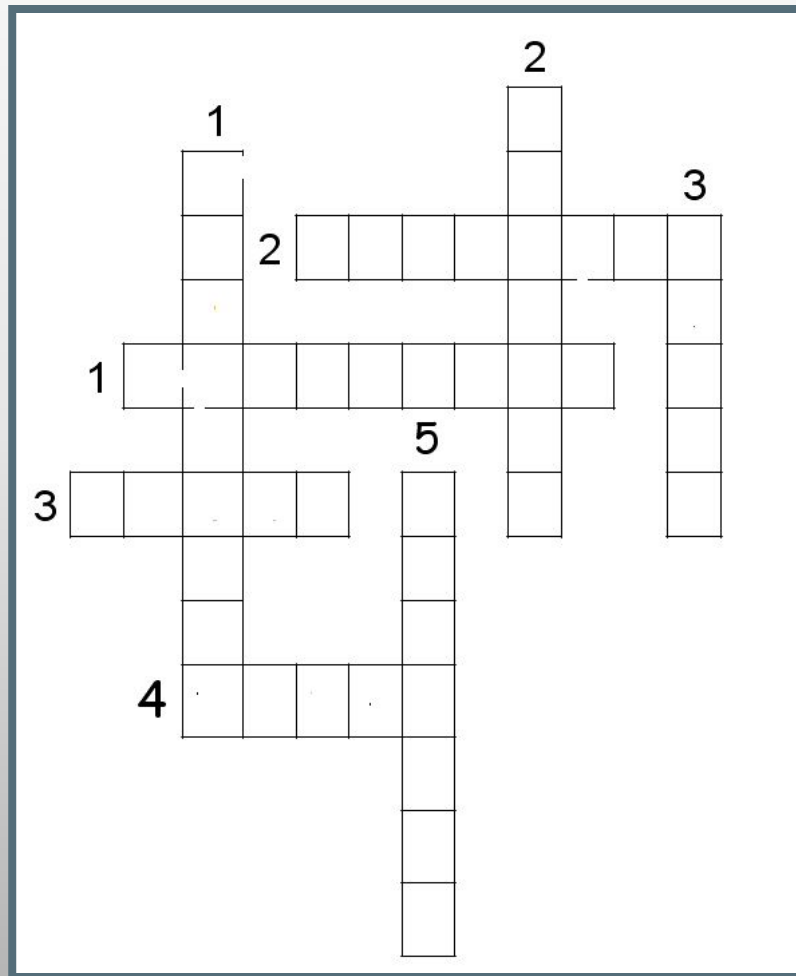
- 1. Среди перечисленных веществ выберите те, которые являются изомерами масляной (бутановой) кислоты:
- -2-метилпропаналь;
- -метилформиат;
- +этилацетат;
- -2-этилпропаналь;
- 2. Укажите гомолог щавелевой кислоты.
- -молочная кислота;
- -муравьиная кислота;
- +2-метилпропандиовая кислота;
- -метакриловая кислота.

## Тесты 2 уровня

- 1. Олеиновая кислота является  
-----  
-----  
жирной кислотой :
  - +ненасыщенной .
- 2. Метилацетат можно получить при взаимодействии уксусной кислоты с  
-----
  - +метанолом



# Образец – составление кроссворда.



- По вертикали:
- 1. Дикарбоновая кислота
- (щавелевая)
- По горизонтали:
- 1. Простейшая монокрбоновая кислота
- (метановая)