

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ



Якоб Йорданс «Пир Клеопатры» 1653



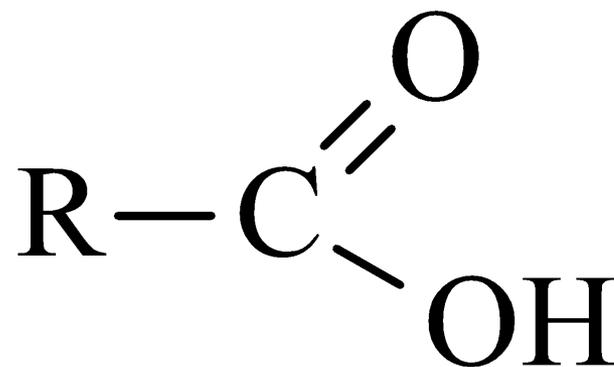
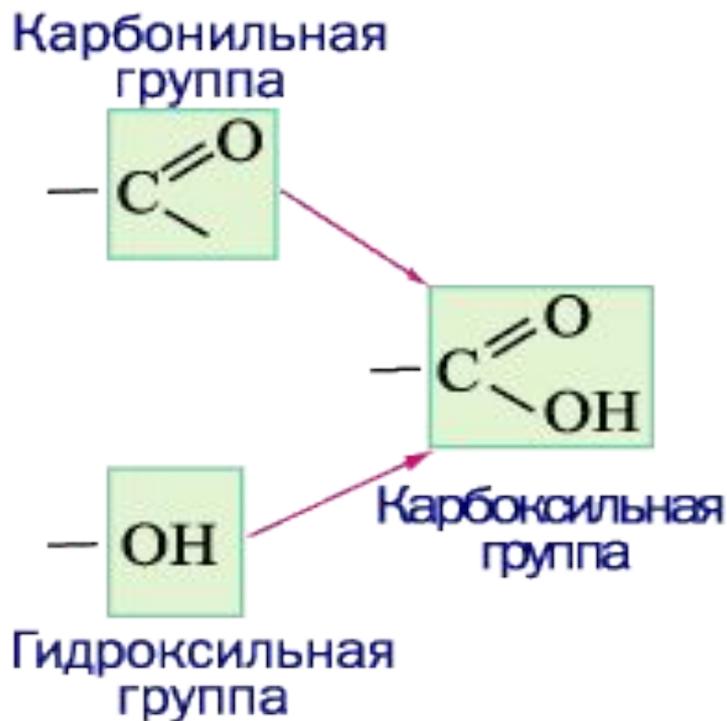
“Она ... опустила жемчужину в уксус... Когда от нее не осталось и следа, Клеопатра подняла кубок, и выпила весь до последней капли”

(химическая реконструкция)

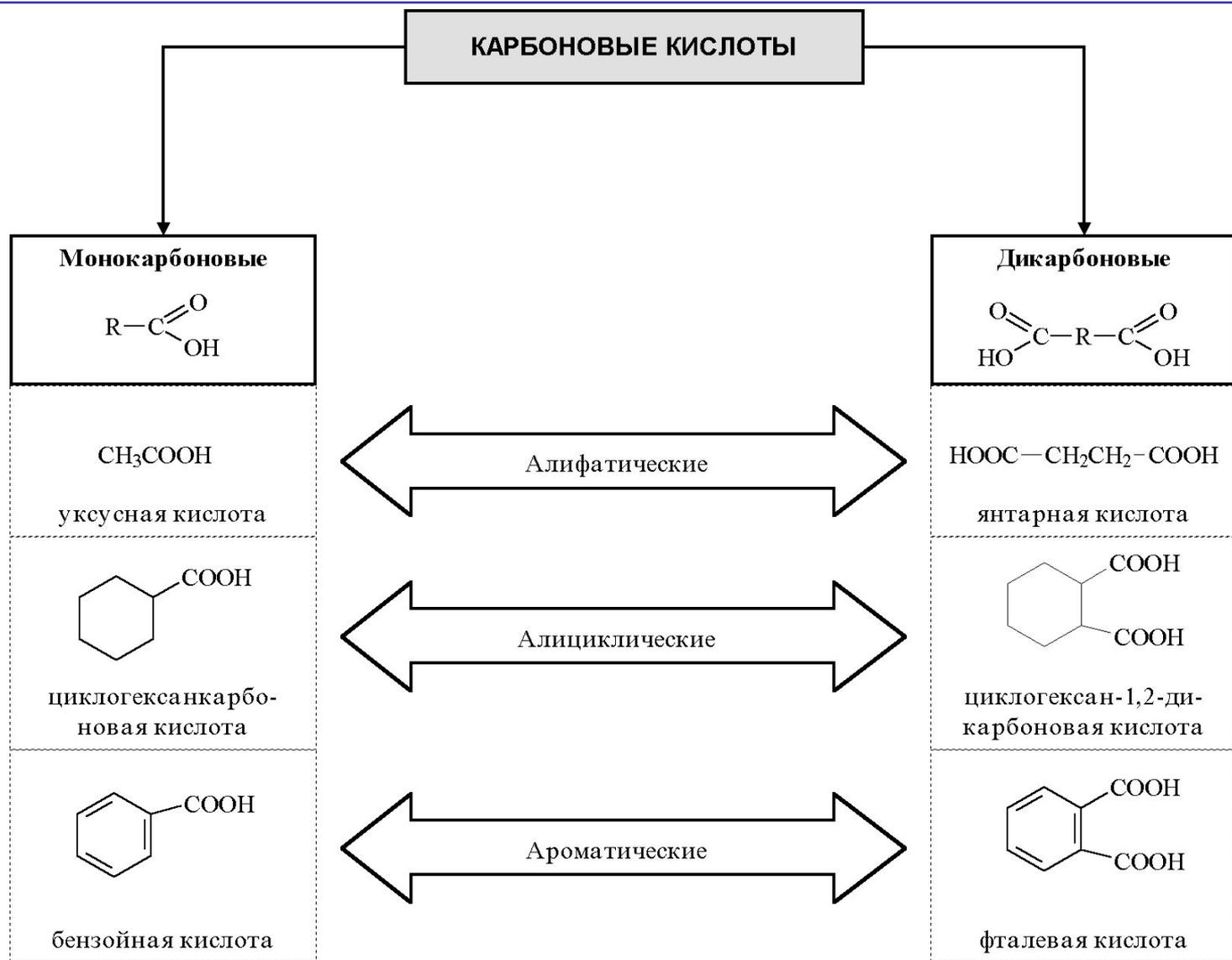


Классификация

Карбоновыми кислотами называются соединения, содержащие карбоксильную группу —COOH.



Классификация



Монокарбоновые кислоты

Номенклатура и изомерия



Монокарбоновые кислоты

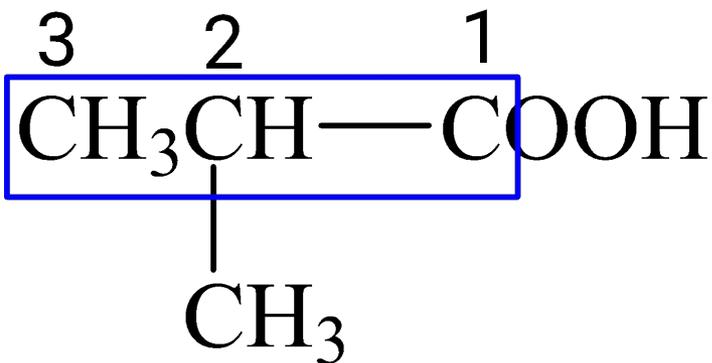
Номенклатура и изомерия



этановая кислота



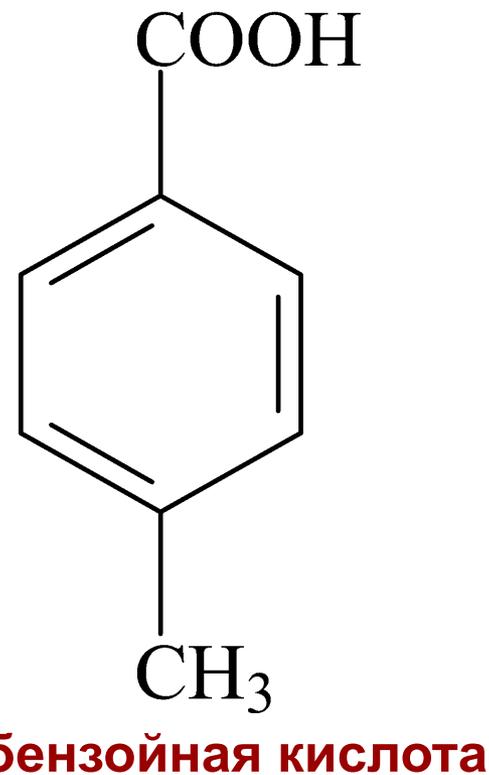
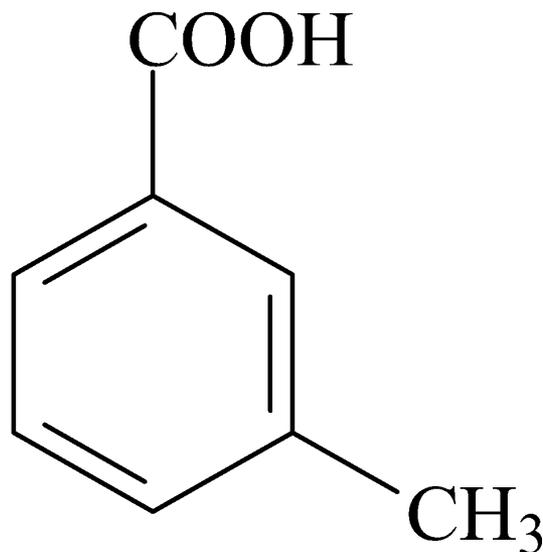
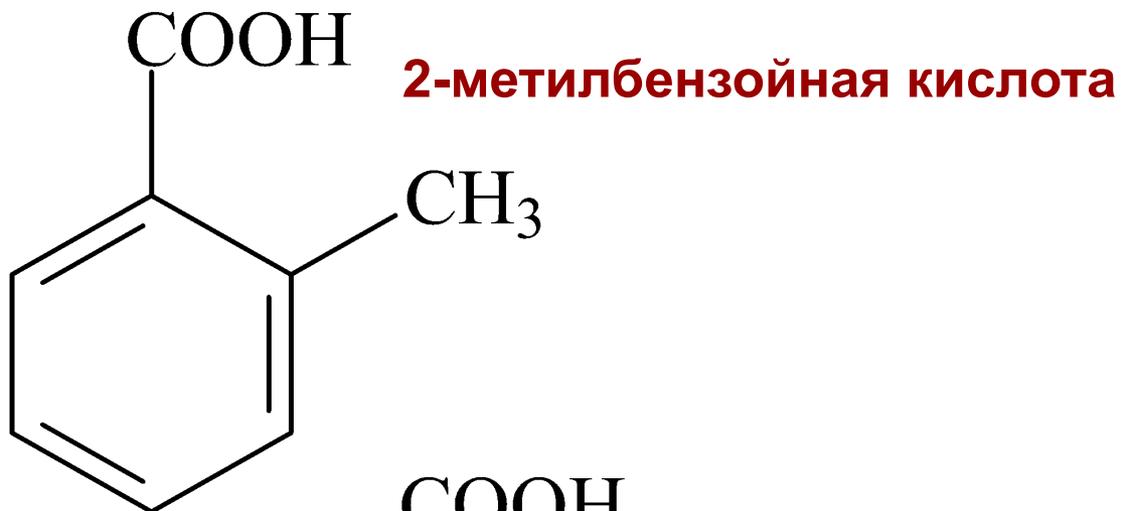
бутановая кислота



2-метилпропановая кислота

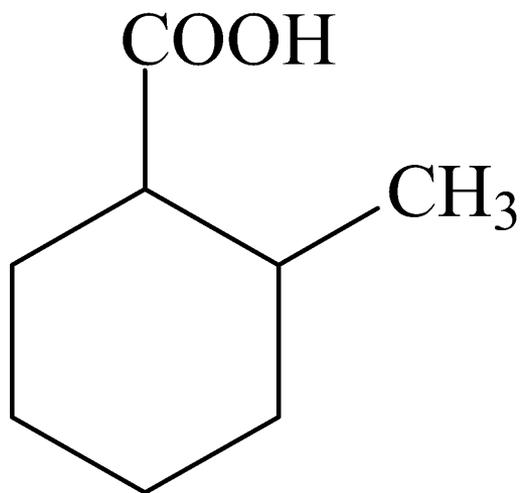
Монокарбоновые кислоты

Номенклатура и изомерия

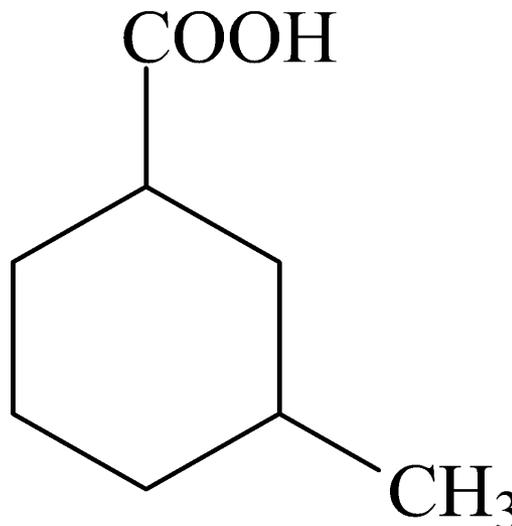


Монокарбоновые кислоты

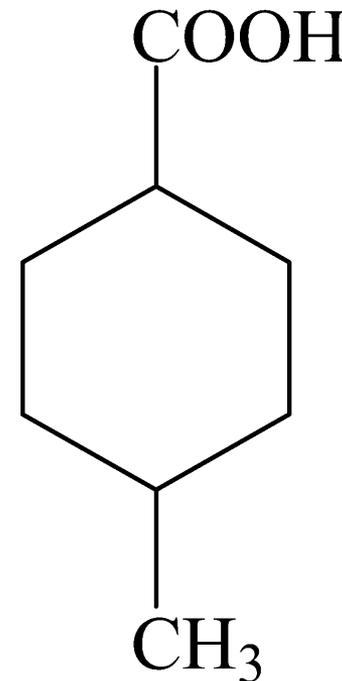
Номенклатура и изомерия



**2-метилциклогексан-
карбоновая кислота**



**3-метилциклогексан-
карбоновая кислота**



**4-метилциклогексан-
карбоновая кислота**

Монокарбоновые кислоты

Номенклатура и изомерия

Систематические и тривиальные названия монокарбоновых кислот

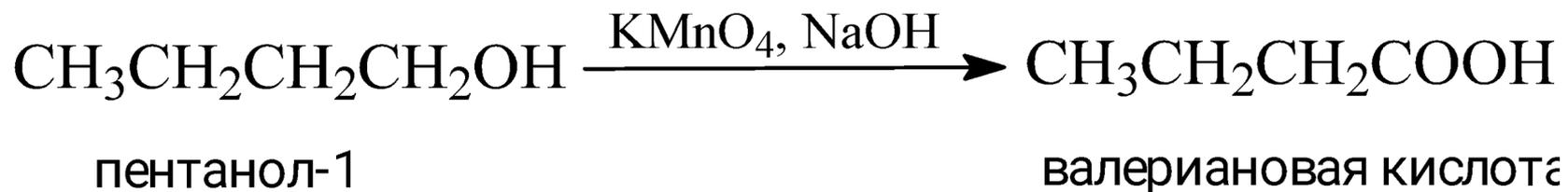
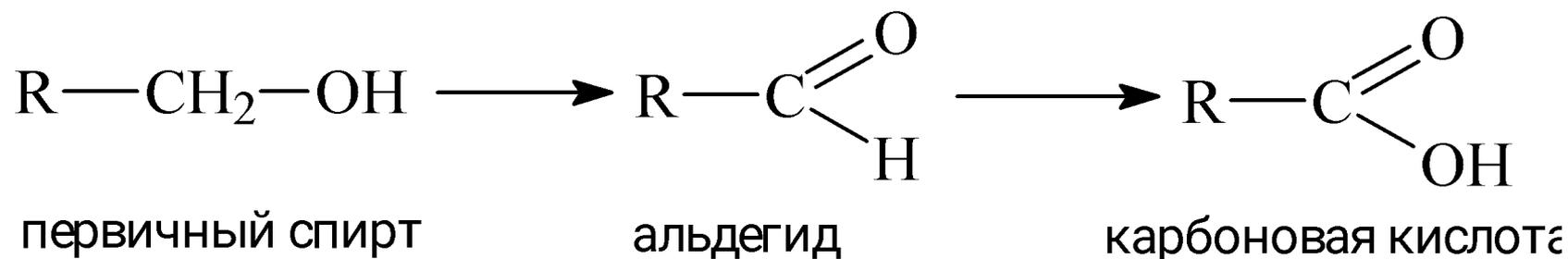
$C_1 - C_{10}$

Формула	Систематическое название	Тривиальное название
$HC(=O)OH$	метановая кислота	муравьиная кислота
$CH_3C(=O)OH$	этановая кислота	уксусная кислота
$CH_3CH_2C(=O)OH$	пропановая кислота	пропионовая кислота
$CH_3(CH_2)_2C(=O)OH$	бутановая кислота	масляная кислота
$CH_3(CH_2)_3C(=O)OH$	пентановая кислота	валериановая кислота
$CH_3(CH_2)_4C(=O)OH$	гексановая кислота	капроновая кислота
$CH_3(CH_2)_5C(=O)OH$	гептановая кислота	энантовая кислота
$CH_3(CH_2)_6C(=O)OH$	октановая кислота	каприловая кислота
$CH_3(CH_2)_7C(=O)OH$	нонановая кислота	пеларгоновая кислота
$CH_3(CH_2)_8C(=O)OH$	декановая кислота	каприновая кислота

Монокарбоновые кислоты

Способы получения

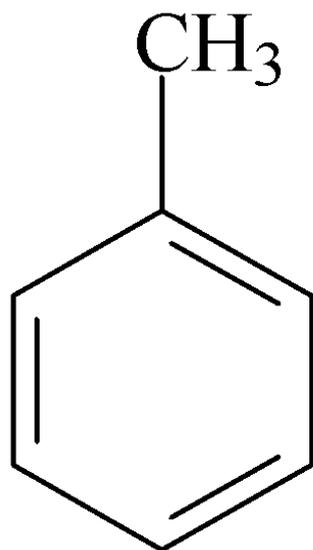
Получение из первичных спиртов и альдегидов



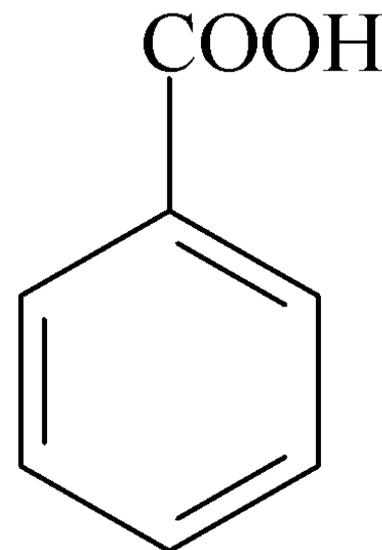
Монокарбоновые кислоты

Способы получения

Получение из гомологов бензола



толуол

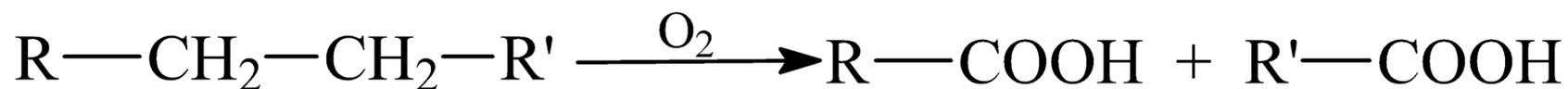


бензойная кислота

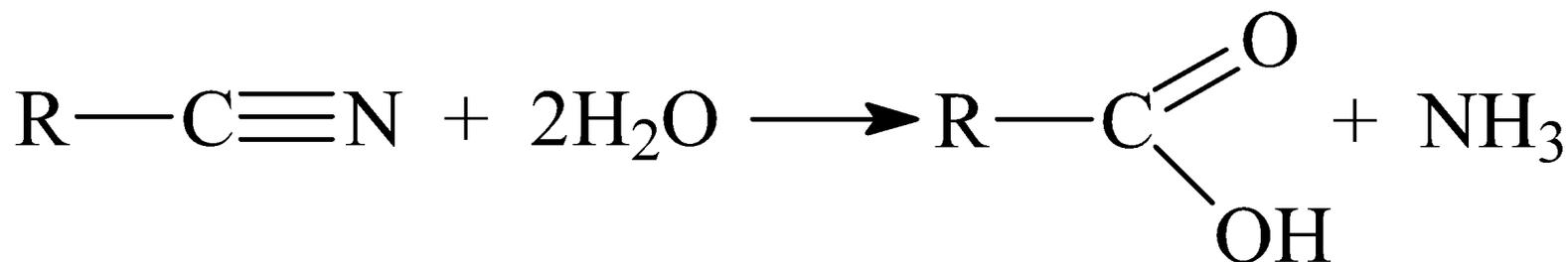
Монокарбоновые кислоты

Способы получения

Получение из алканов

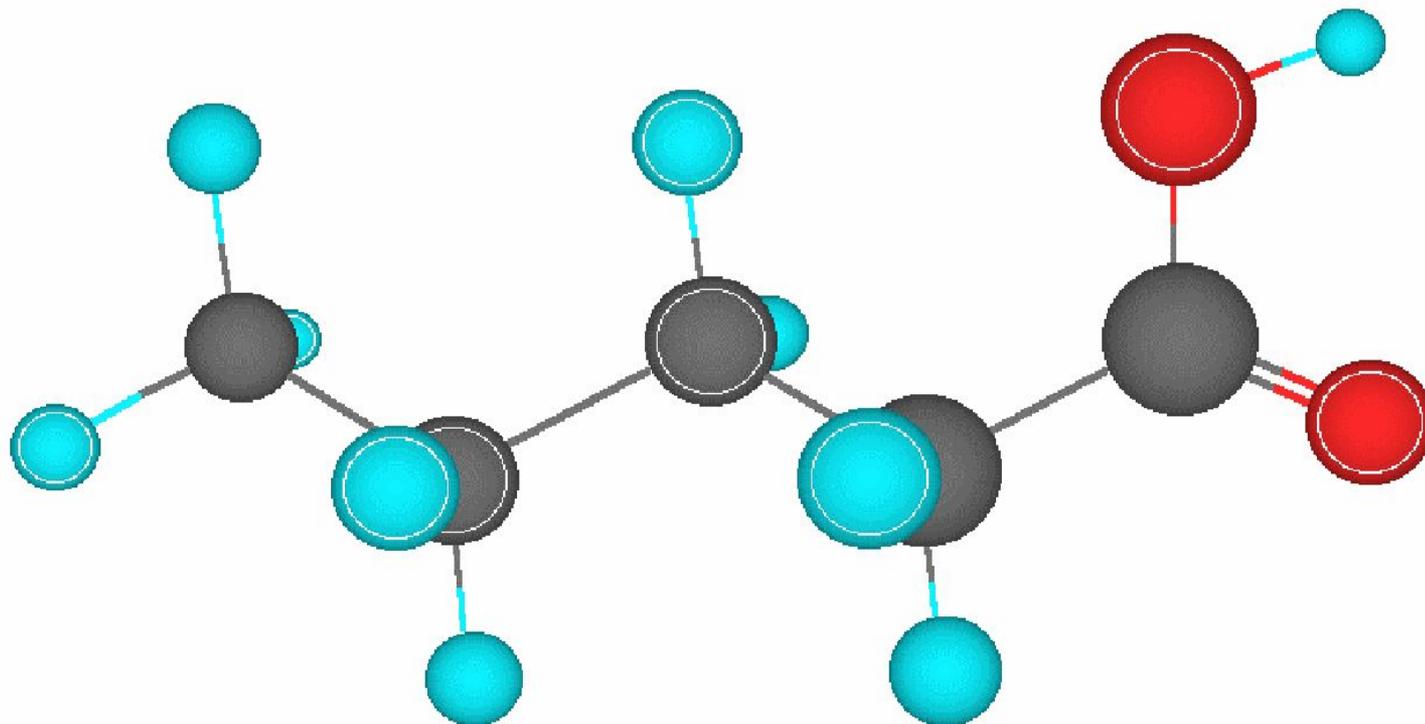


Получение из нитрилов (цианидов)



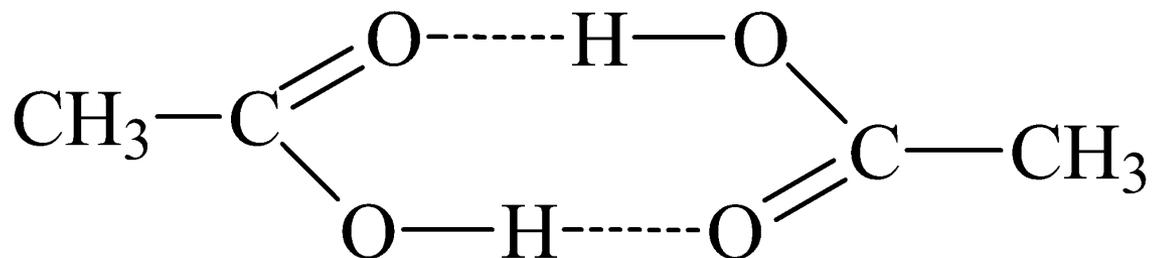
Монокарбоновые кислоты

Физические свойства

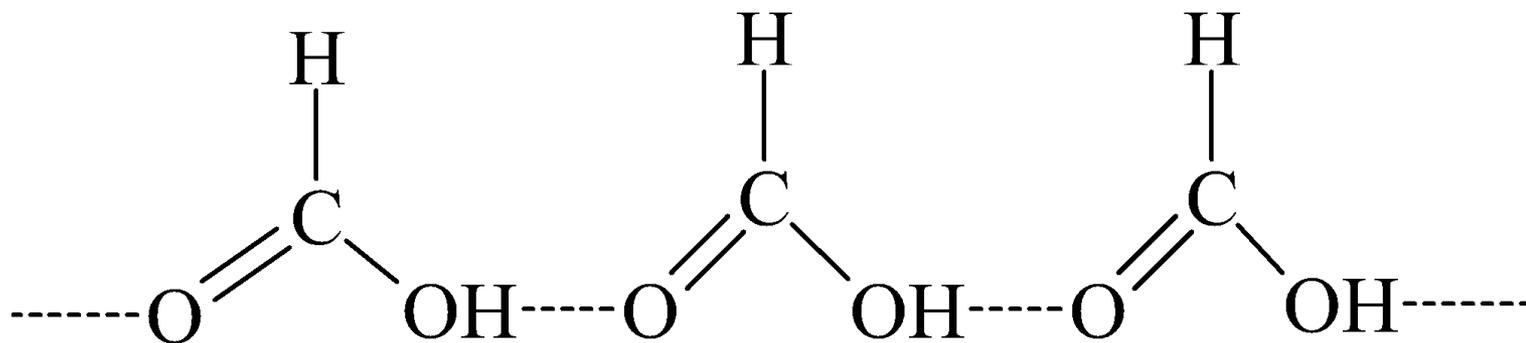


Монокарбоновые кислоты

Физические свойства



димерный ассоциат уксусной кислоты



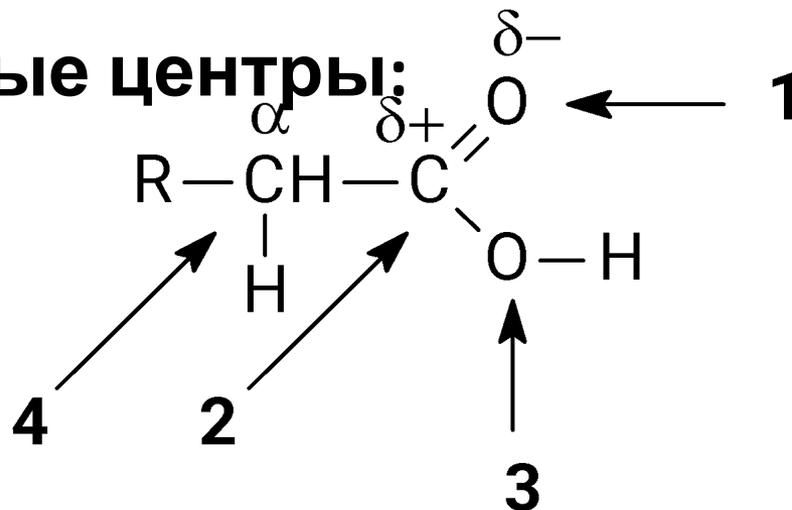
линейный ассоциат муравьиной кислоты

Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

В карбоновых кислотах выделяют следующие

реакционные центры:



1 – основной, нуклеофильный центр,

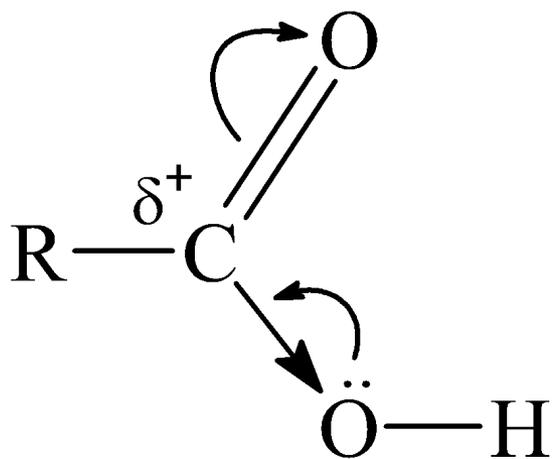
2 – электрофильный центр,

3 – «ОН» - кислотный центр,

4 – «СН» - кислотный центр

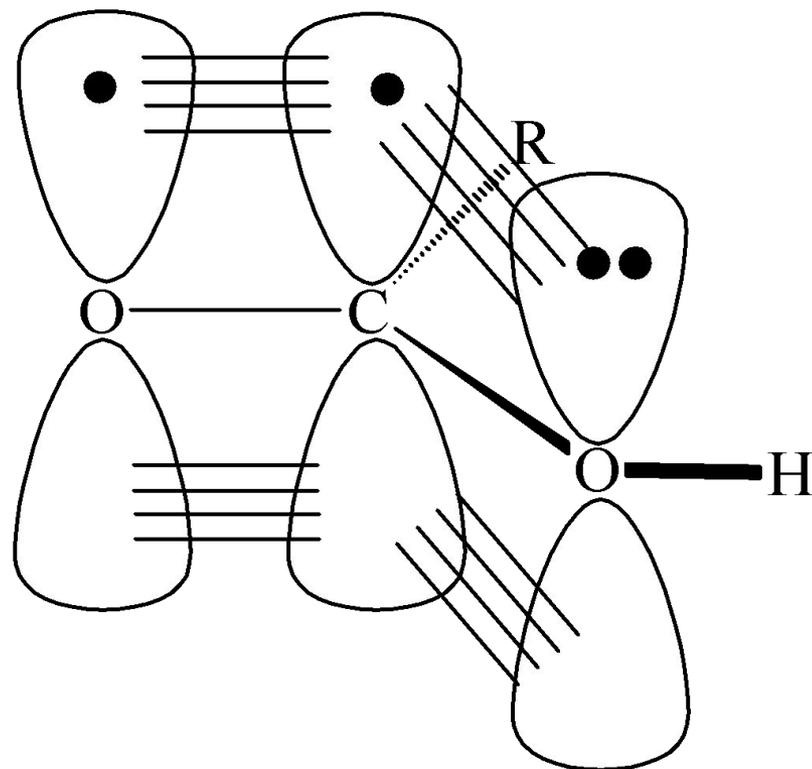
Монокарбоновые кислоты

Химические свойства



-M, -I

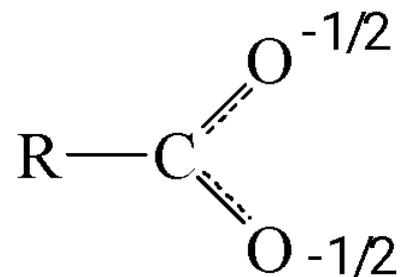
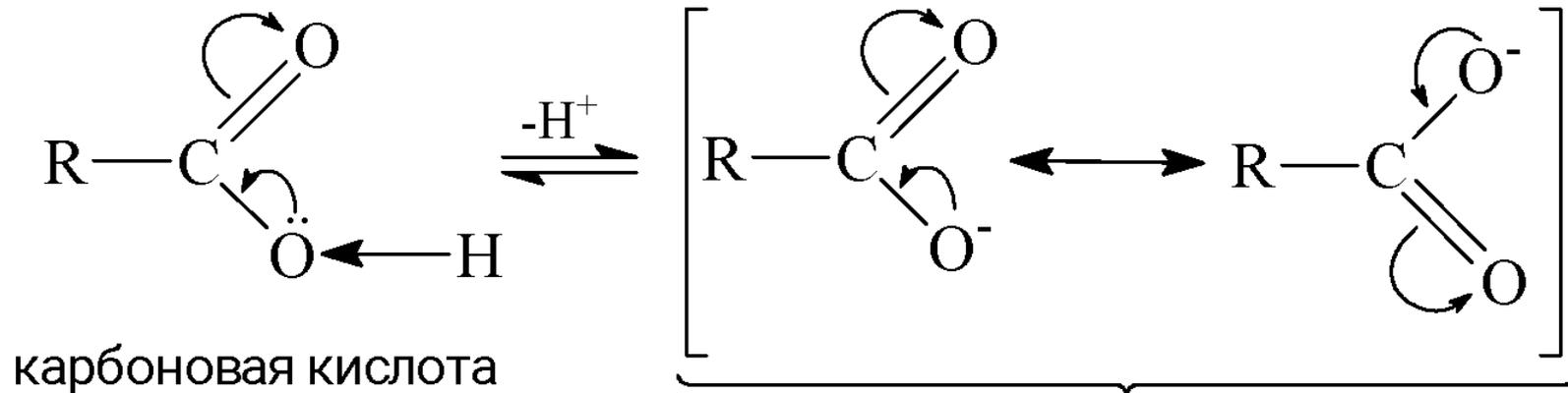
+M > -I



Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Кислотные свойства



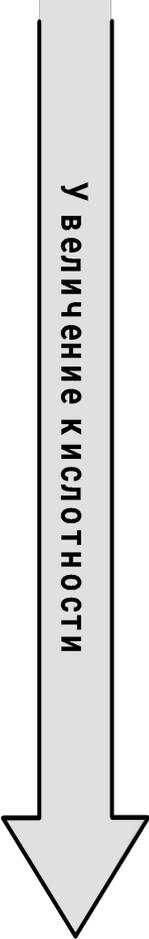
Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Кислотные свойства

		pKa	
CH_3COOH	уксусная кислота	4,76	
$\text{Cl}-\text{CH}_2\text{COOH}$	моноклоруксусная кислота	2,85	
$\begin{array}{c} \text{Cl}-\text{CHCOOH} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	дихлоруксусная кислота	1,25	
$\begin{array}{c} \text{Cl}-\text{CCOOH} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	трихлоруксусная кислота	0,66	

Увеличение кислотности



Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

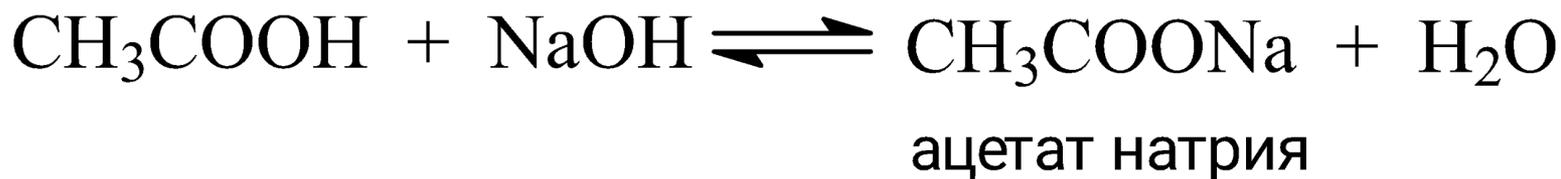
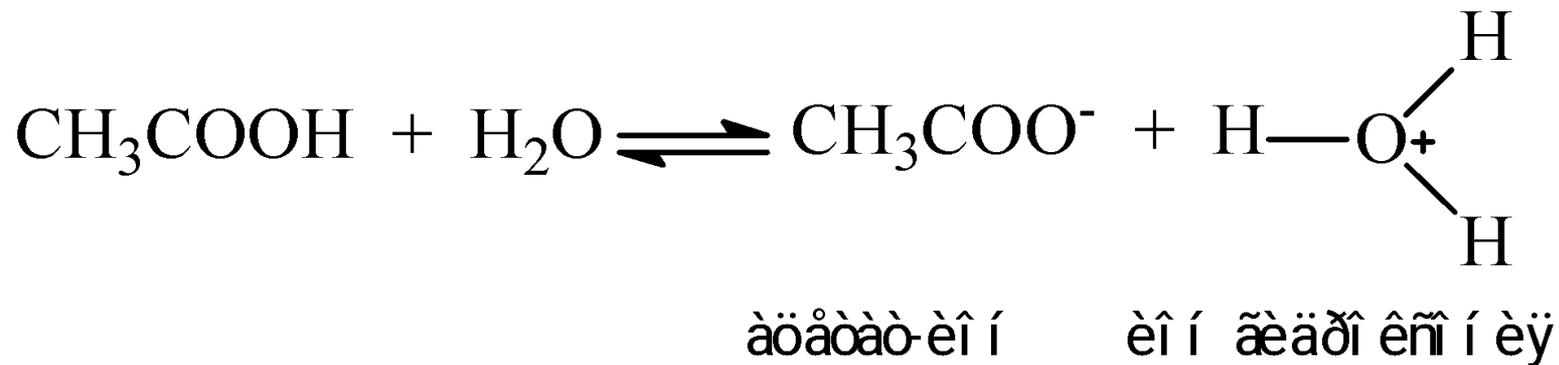
Кислотные свойства

		pKa	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\alpha}{\text{CH}}\text{COOH}$ ↓ Cl	α -хлормасляная кислота	2,84	Уменьшение кислотности
$\text{CH}_3\overset{\beta}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{COOH}$ ↓ Cl	β -хлормасляная кислота	4,06	
$\overset{\gamma}{\text{CH}_2}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ↓ Cl	γ -хлормасляная кислота	4,52	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	масляная кислота	4,82	

Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Кислотные свойства



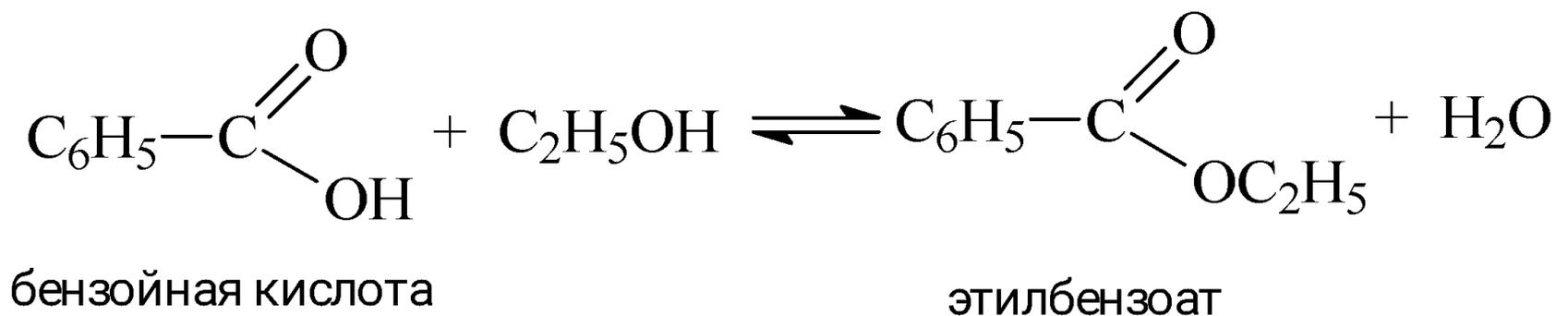
Номенклатура: От названия кислоты отнять *-вая* и прибавить *-ат*. Напр. **пропановая** – **пропаноат**.

Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Реакция этерификации

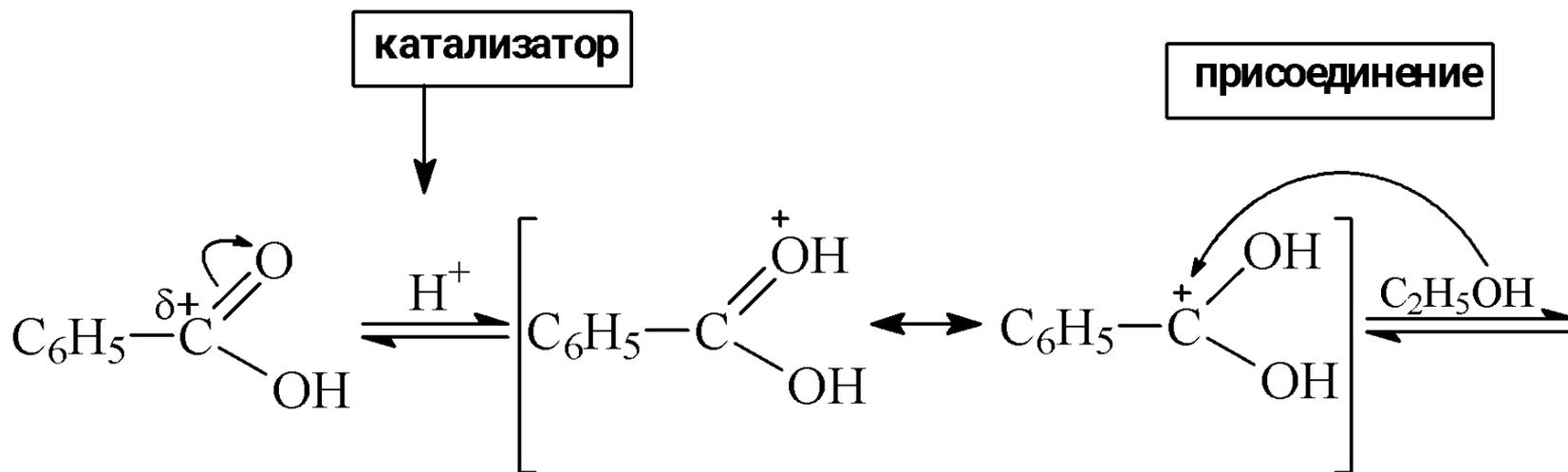


Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Реакция этерификации

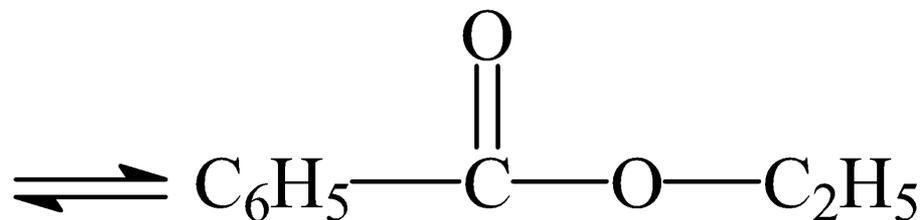
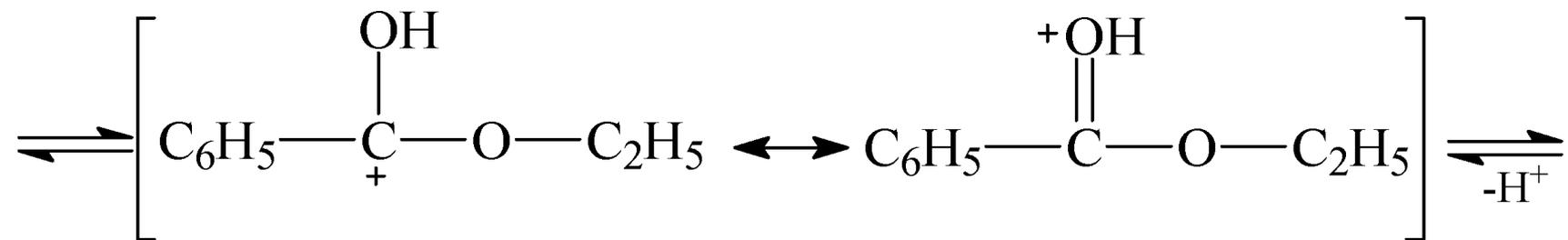


Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Реакция этерификации

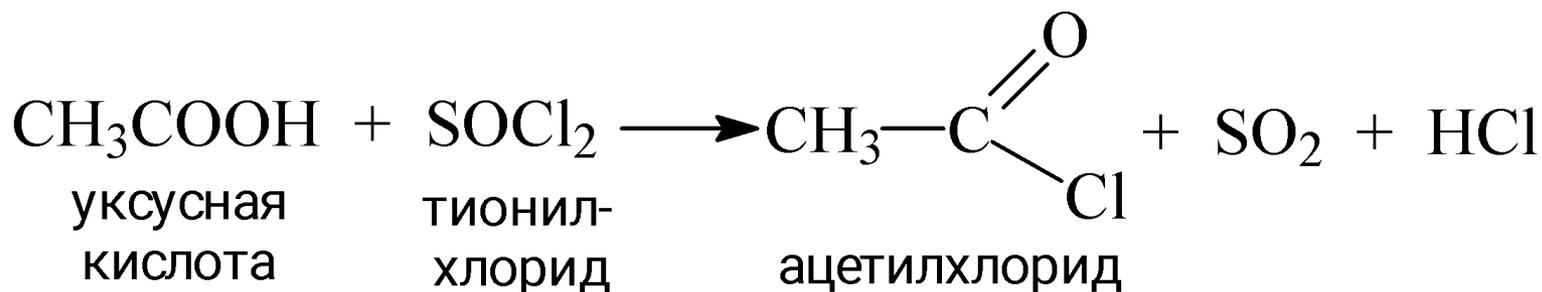
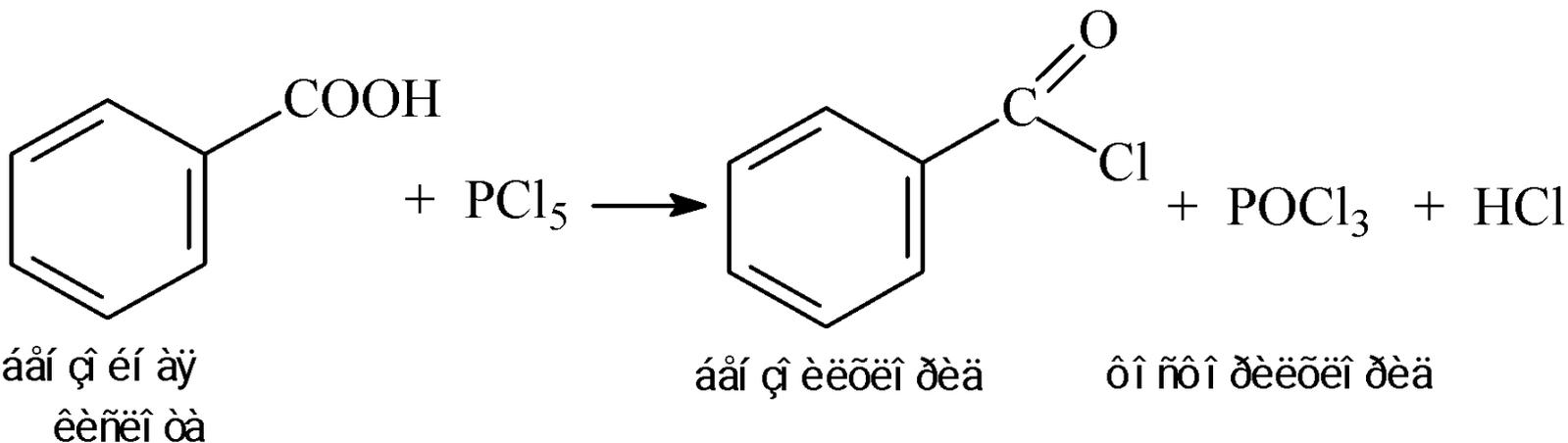


Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Образование галогенангидридов

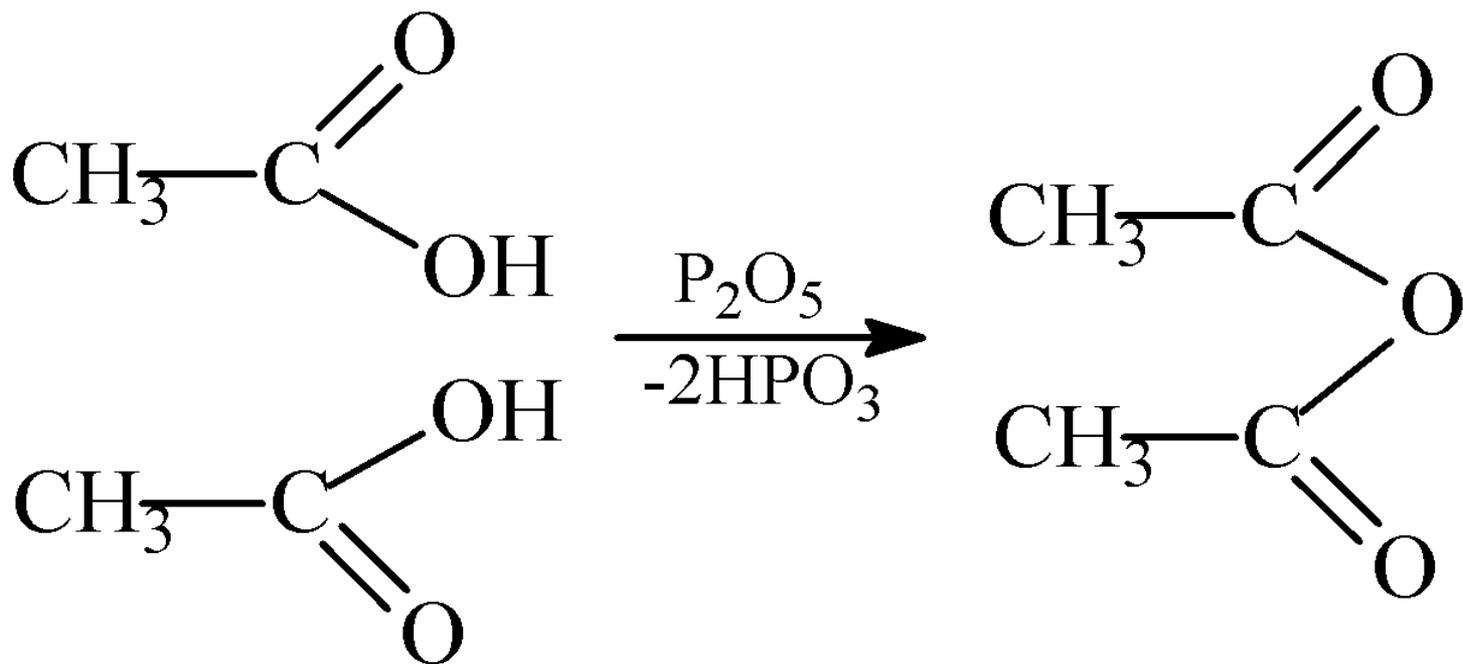


Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Образование ангидридов кислот



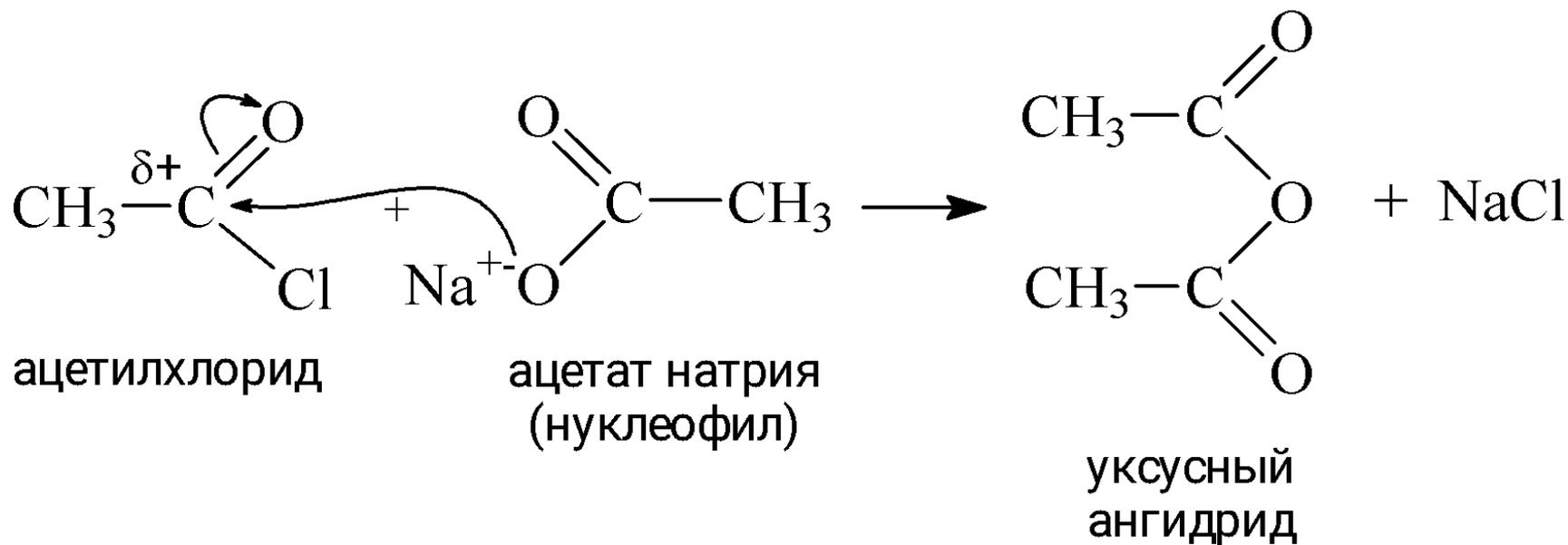
óêñóñí û é àí ãèäðèä

Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

Реакции нуклеофильного замещения

Образование ангидридов кислот



Монокарбоновые кислоты

Химические свойства

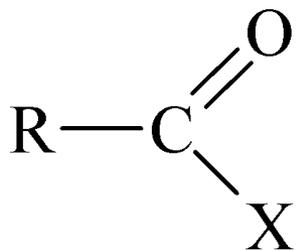
Реакции нуклеофильного замещения

Образование амидов

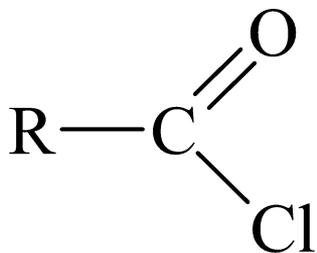


Монокарбоновые кислоты

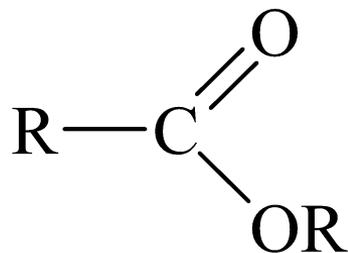
Функциональные производные карбоновых кислот



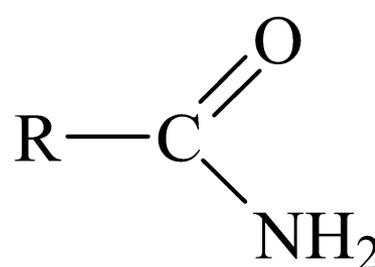
Общая формула функциональных производных карбоновых кислот



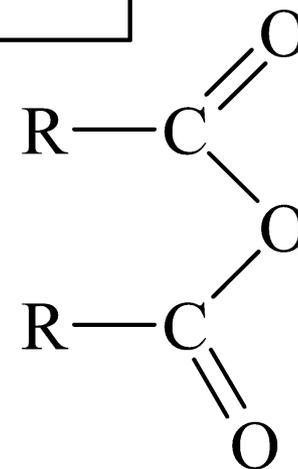
хлорангидрид



сложный эфир



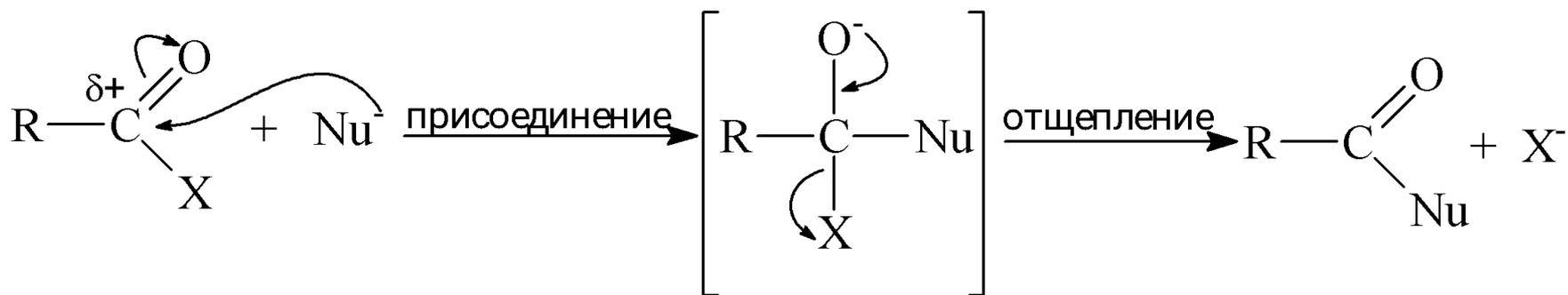
амид



ангидрид

Монокарбоновые кислоты

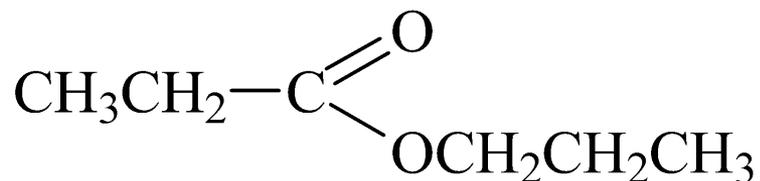
Функциональные производные карбоновых кислот



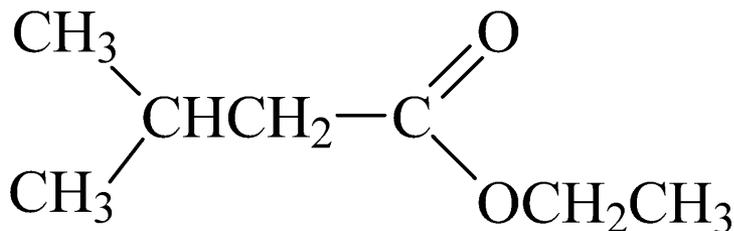
Монокарбоновые кислоты

Сложные эфиры

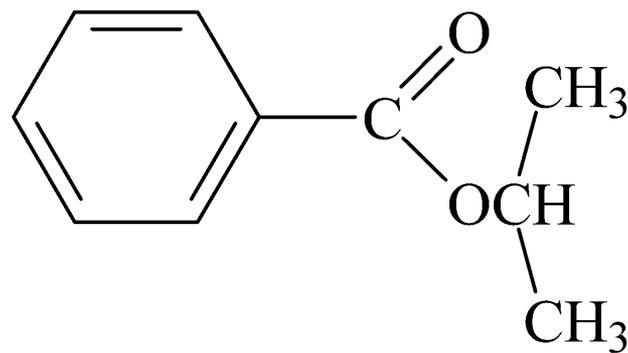
Сложные эфиры — это функциональные производные карбоновых кислот, в которых гидроксильная группа заменена остатком спирта или фенола —OR.



пропилпропаноат



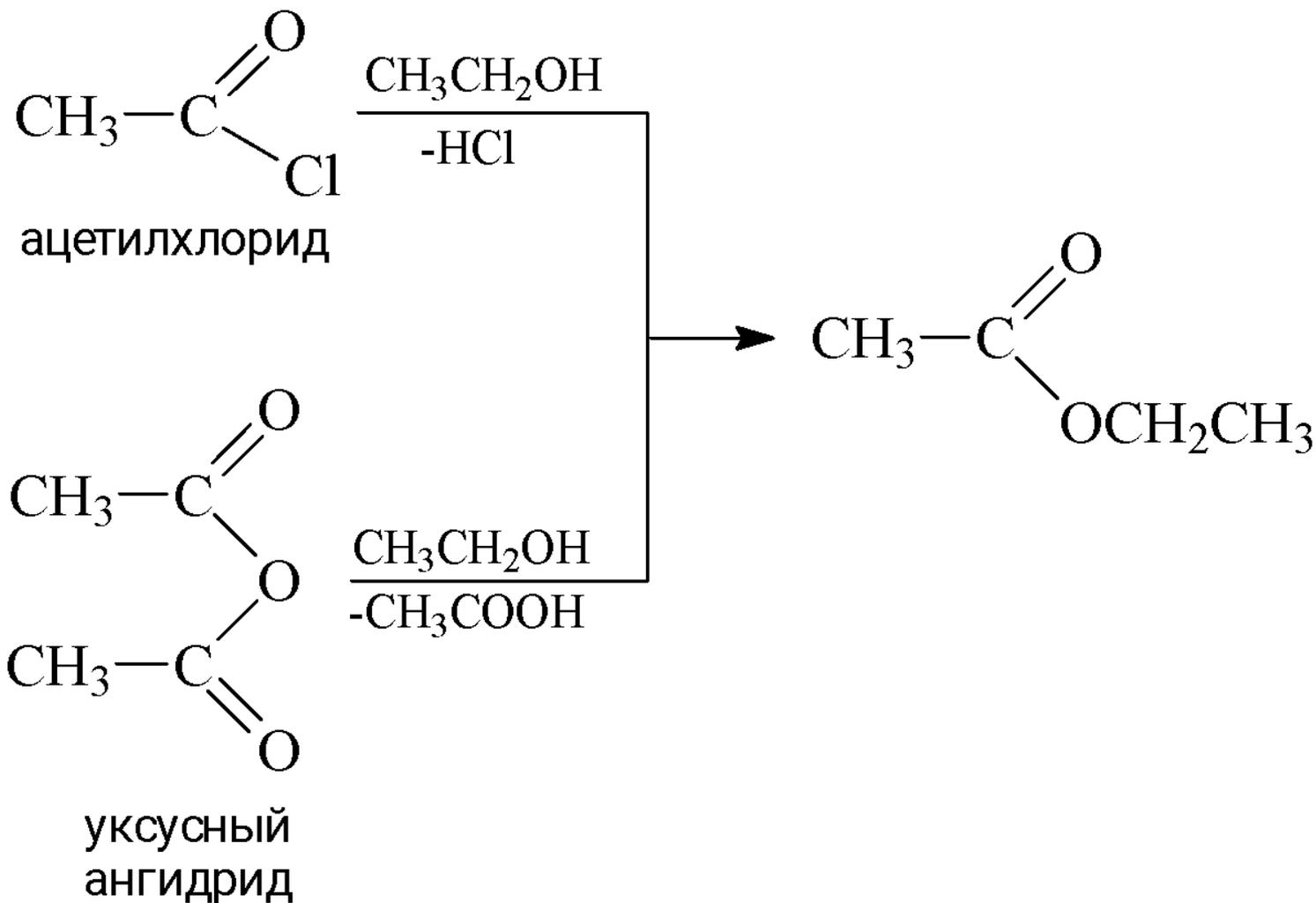
этил-3-метилбутаноат



изопропилбензоат

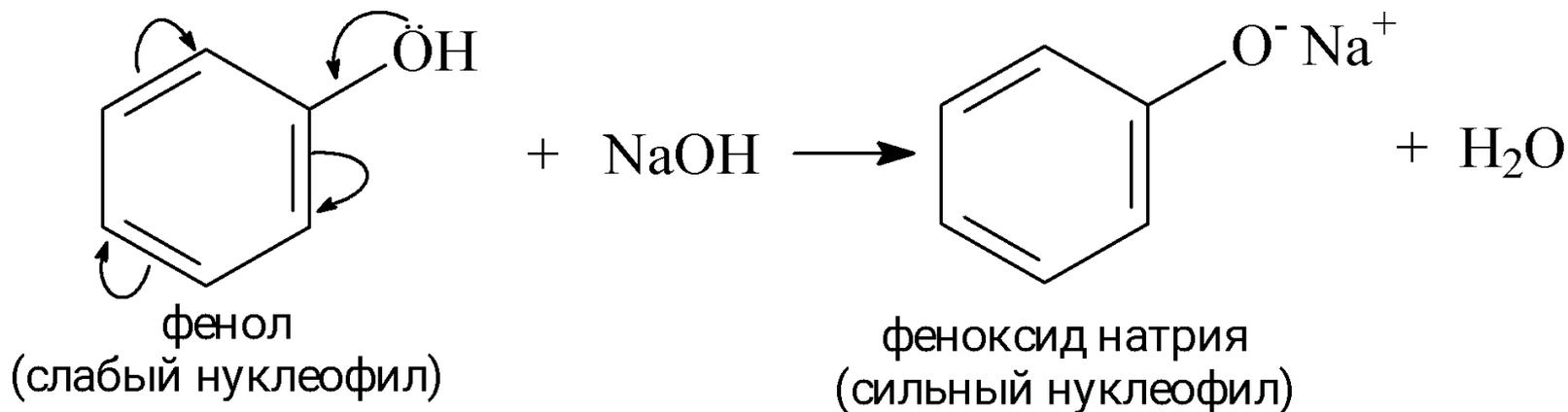
Монокарбоновые кислоты

Сложные эфиры



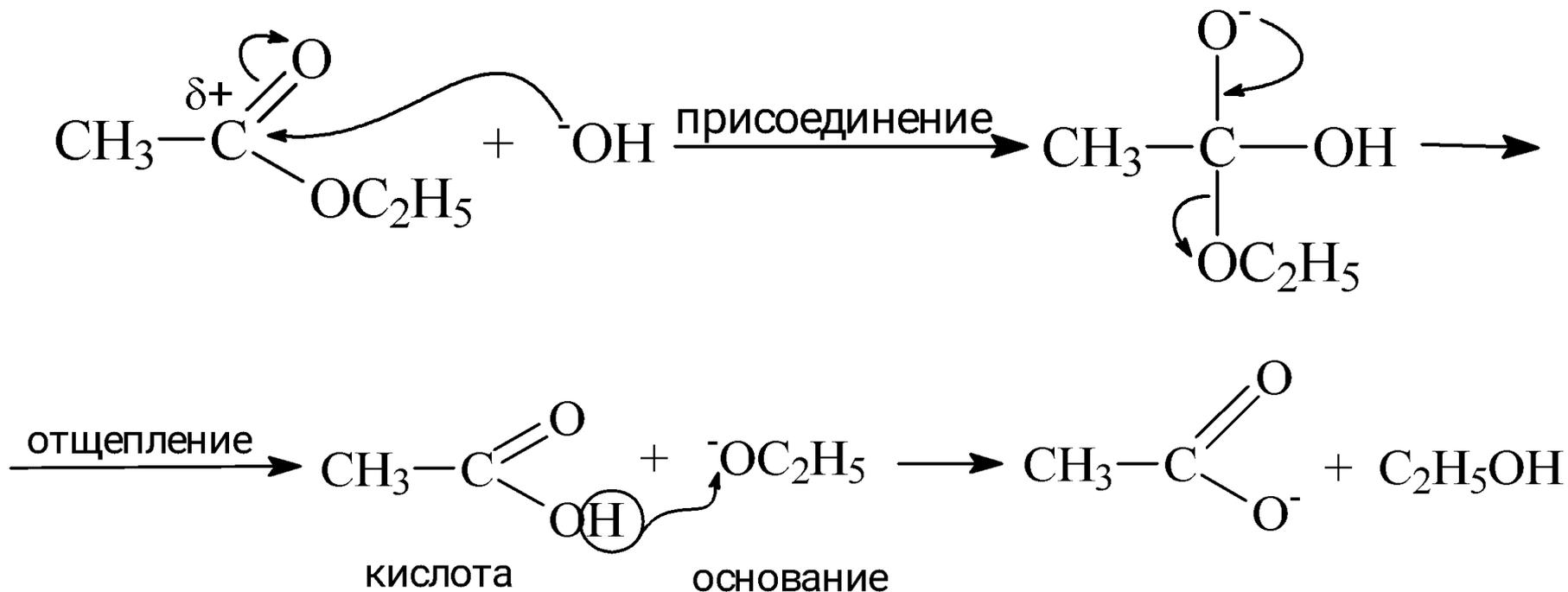
Монокарбоновые кислоты

Сложные эфиры



Монокарбоновые кислоты

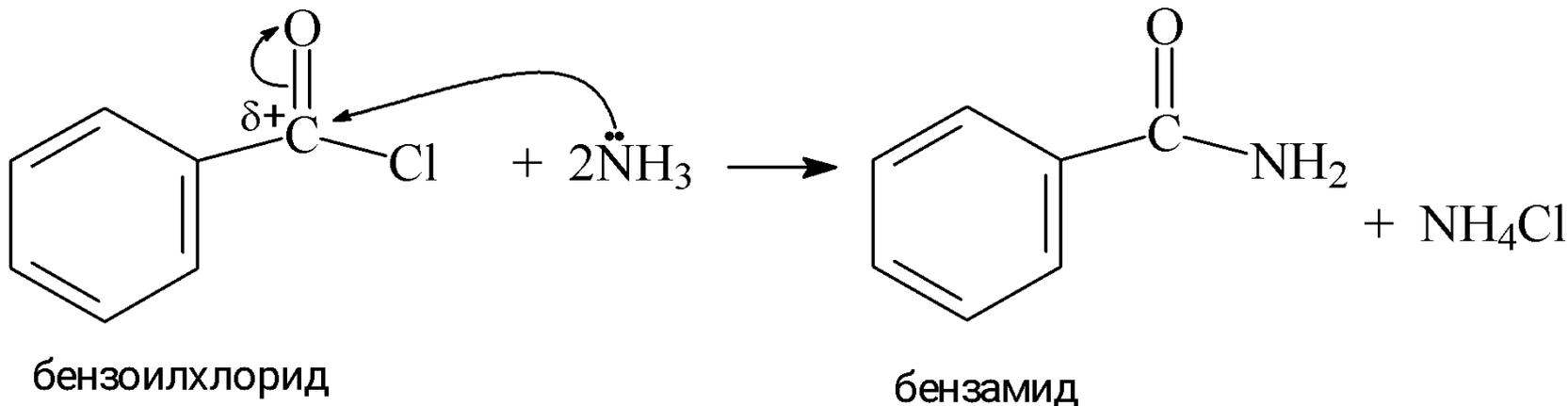
Сложные эфиры



Монокарбоновые кислоты

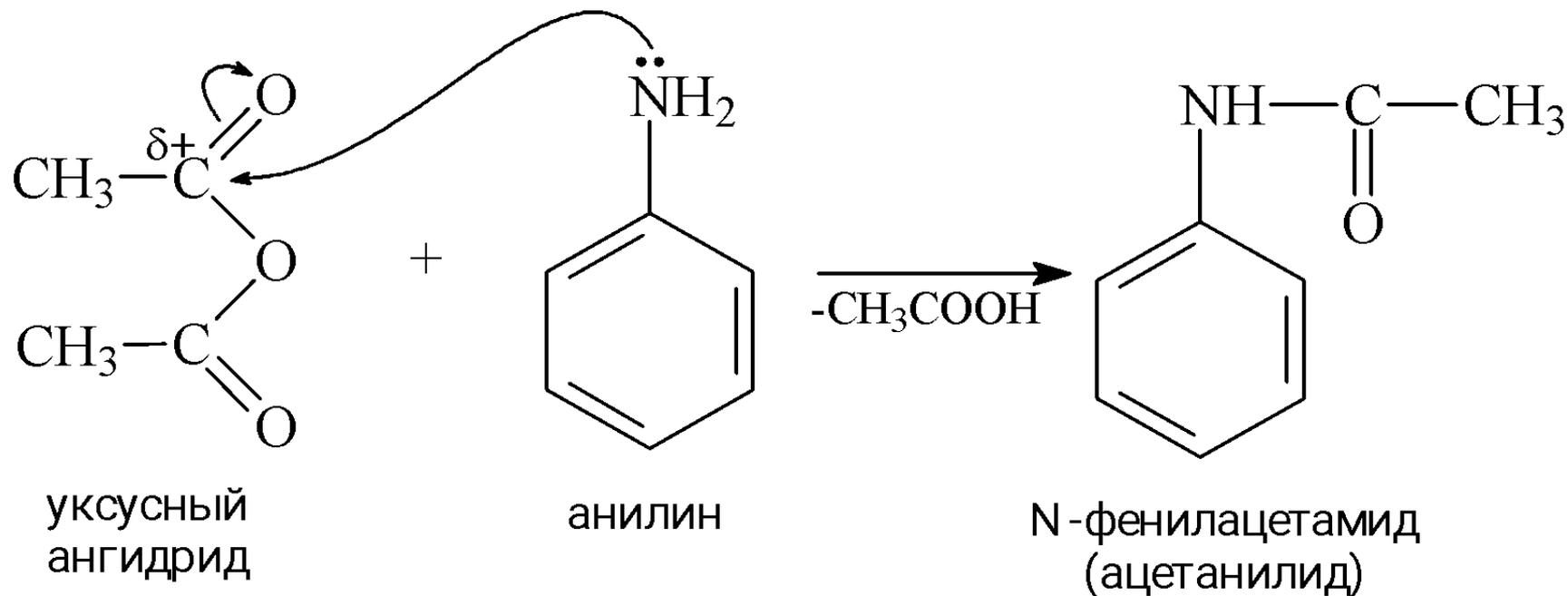
Амиды

Амиды — это функциональные производные карбоновых кислот, в которых гидроксильная группа заменена на аминогруппу



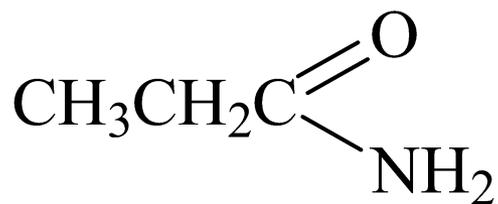
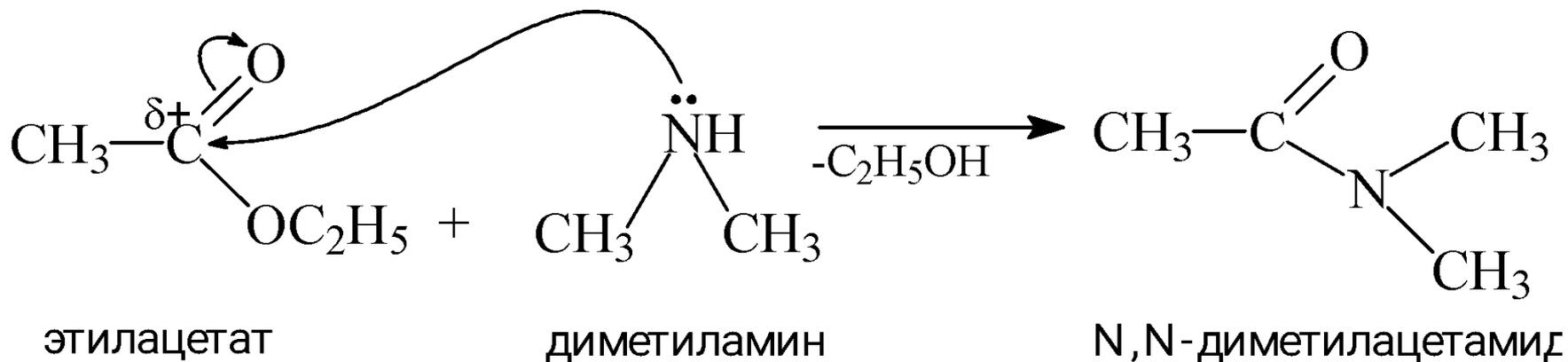
Монокарбоновые кислоты

Амиды

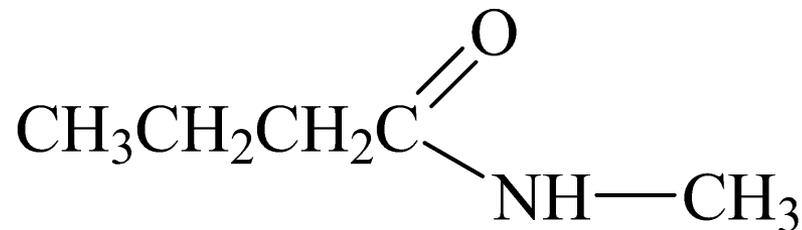


Монокарбоновые кислоты

Амиды



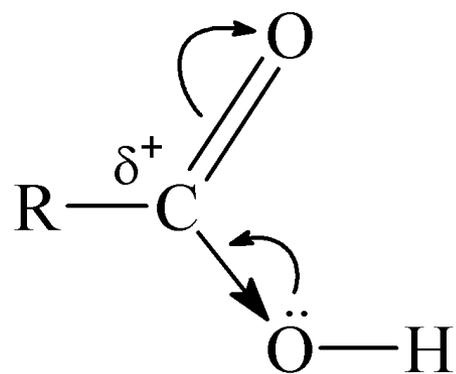
пропанамид



N-метилбутанамид

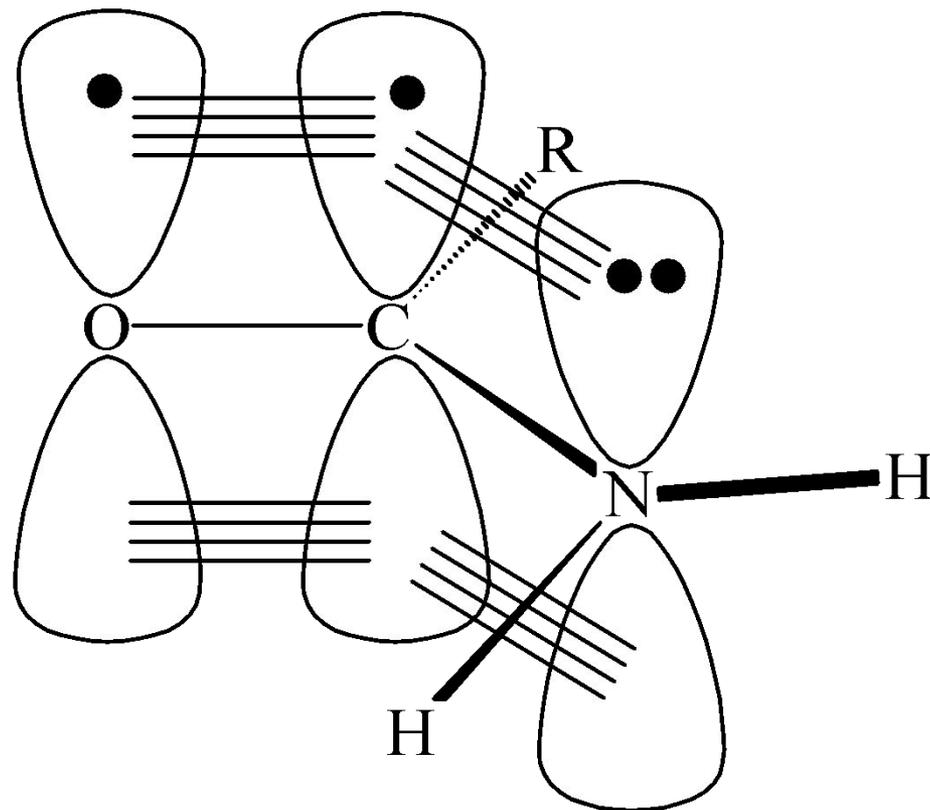
Монокарбоновые кислоты

Амиды



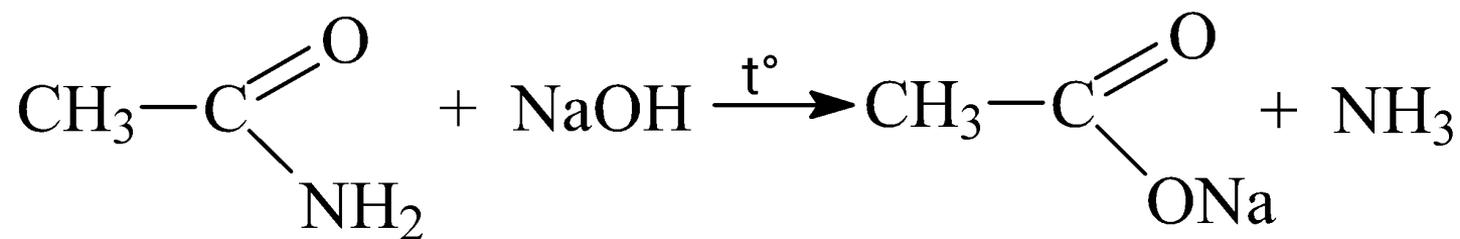
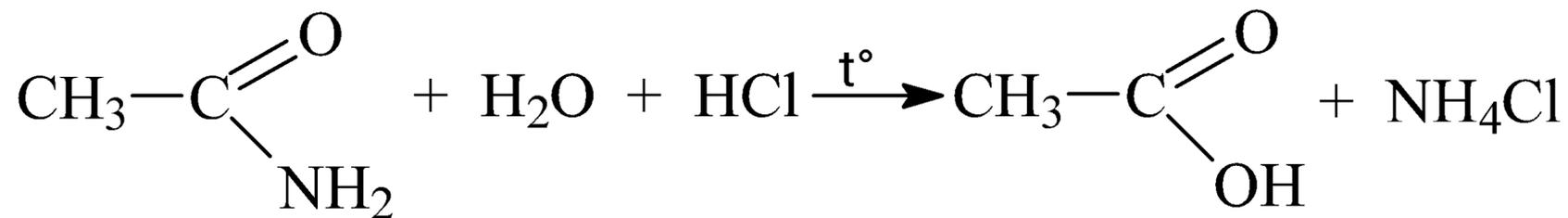
$-M, -I$

$+M > -I$



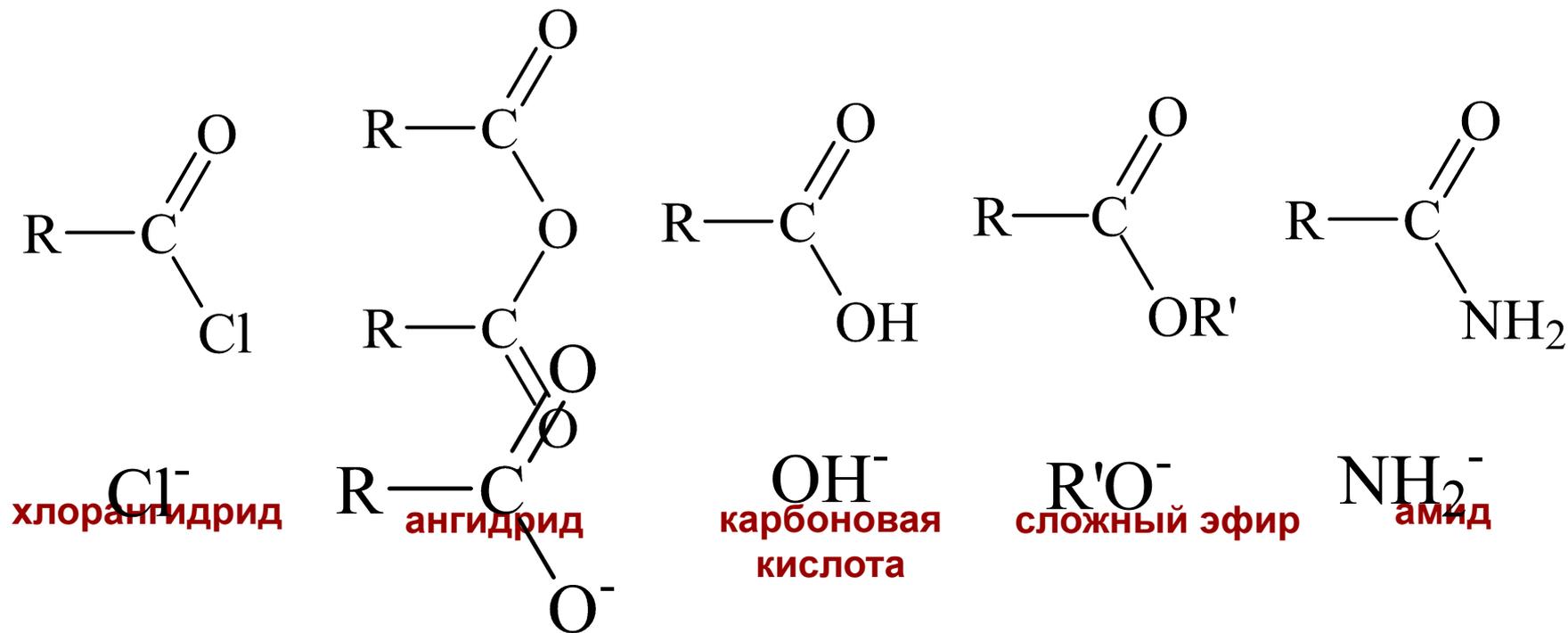
Монокарбоновые кислоты

Амиды



Монокарбоновые кислоты

Ацилирующая способность функциональных производных карбоновых кислот



хлорид-ион

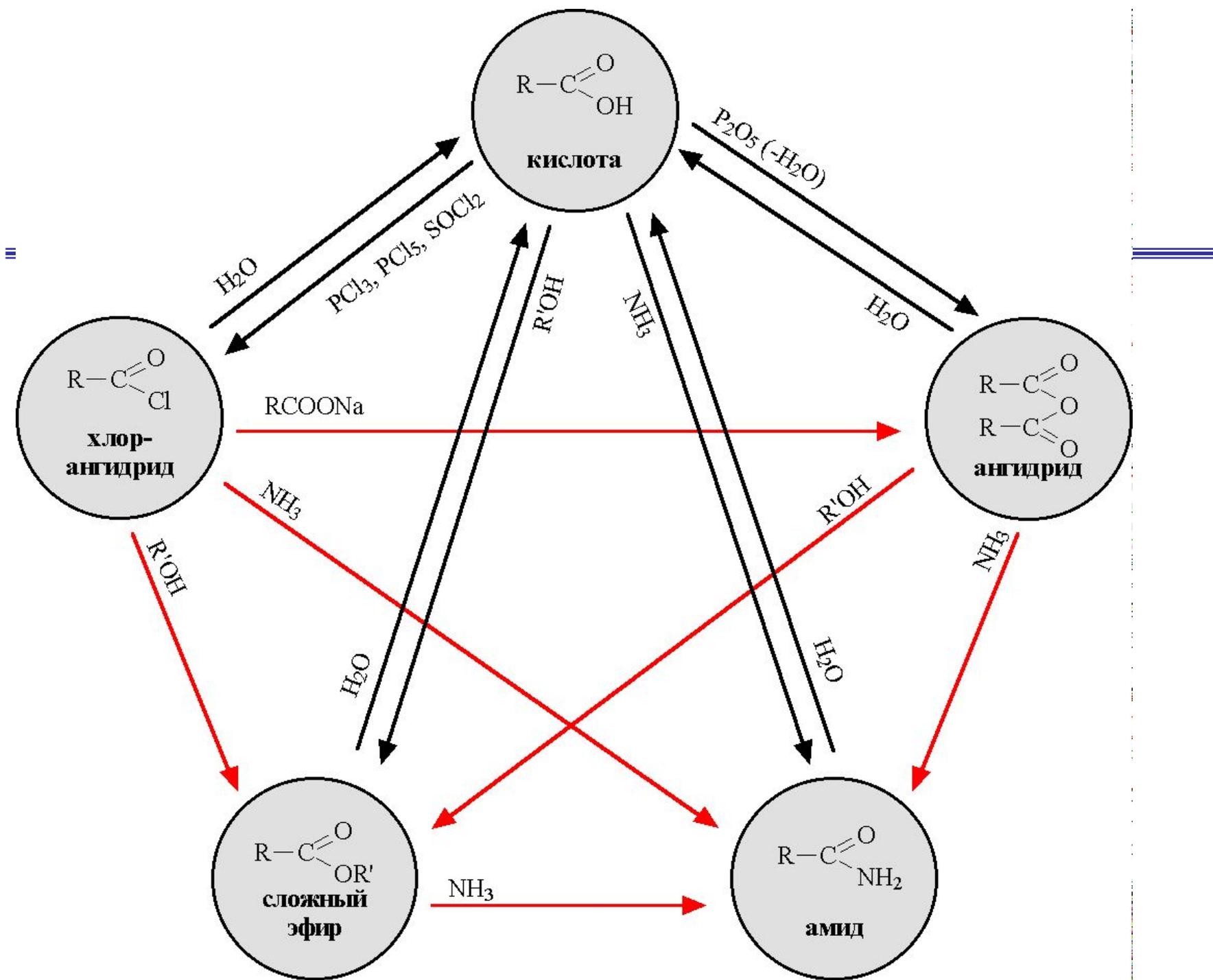
карбоксилат-ион

гидроксид-ион

алкоксид-ион

амид-ион

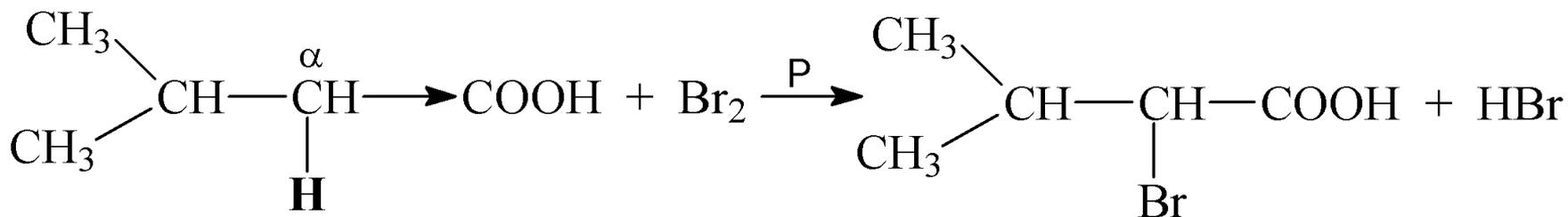
Уменьшение стабильности уходящего иона,
снижение ацилирующей способности



Монокарбоновые кислоты

Реакции с участием радикалов монокарбоновых кислот

Галогенирование насыщенных алифатических кислот (реакция Гелля—Фольгарда—Зелинского)



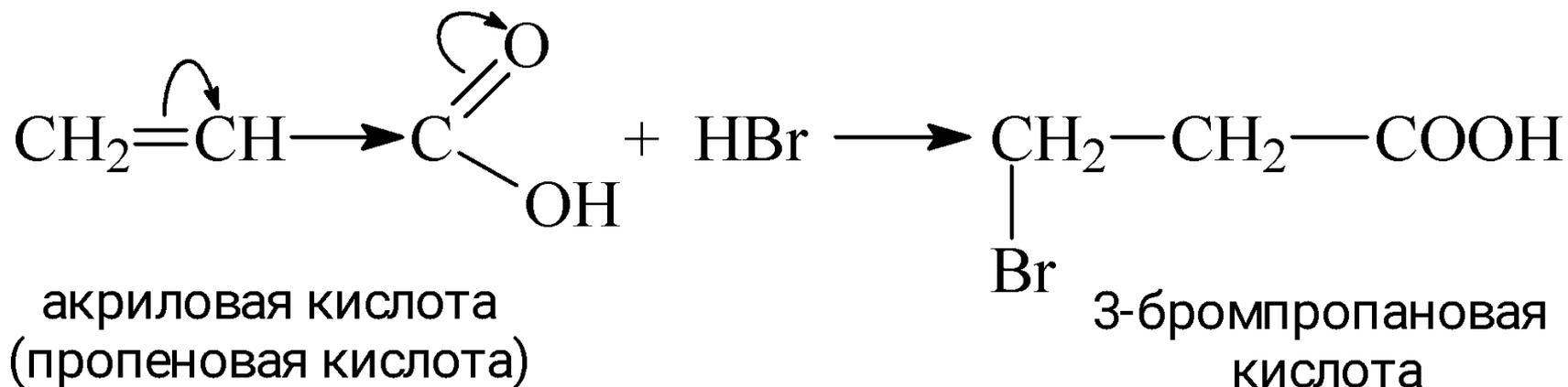
изовалериановая кислота
(3-метилбутановая кислота)

α -бромизовалериановая кислота
(2-бром-3-метилбутановая кислота)

Монокарбоновые кислоты

Реакции с участием радикалов монокарбоновых кислот

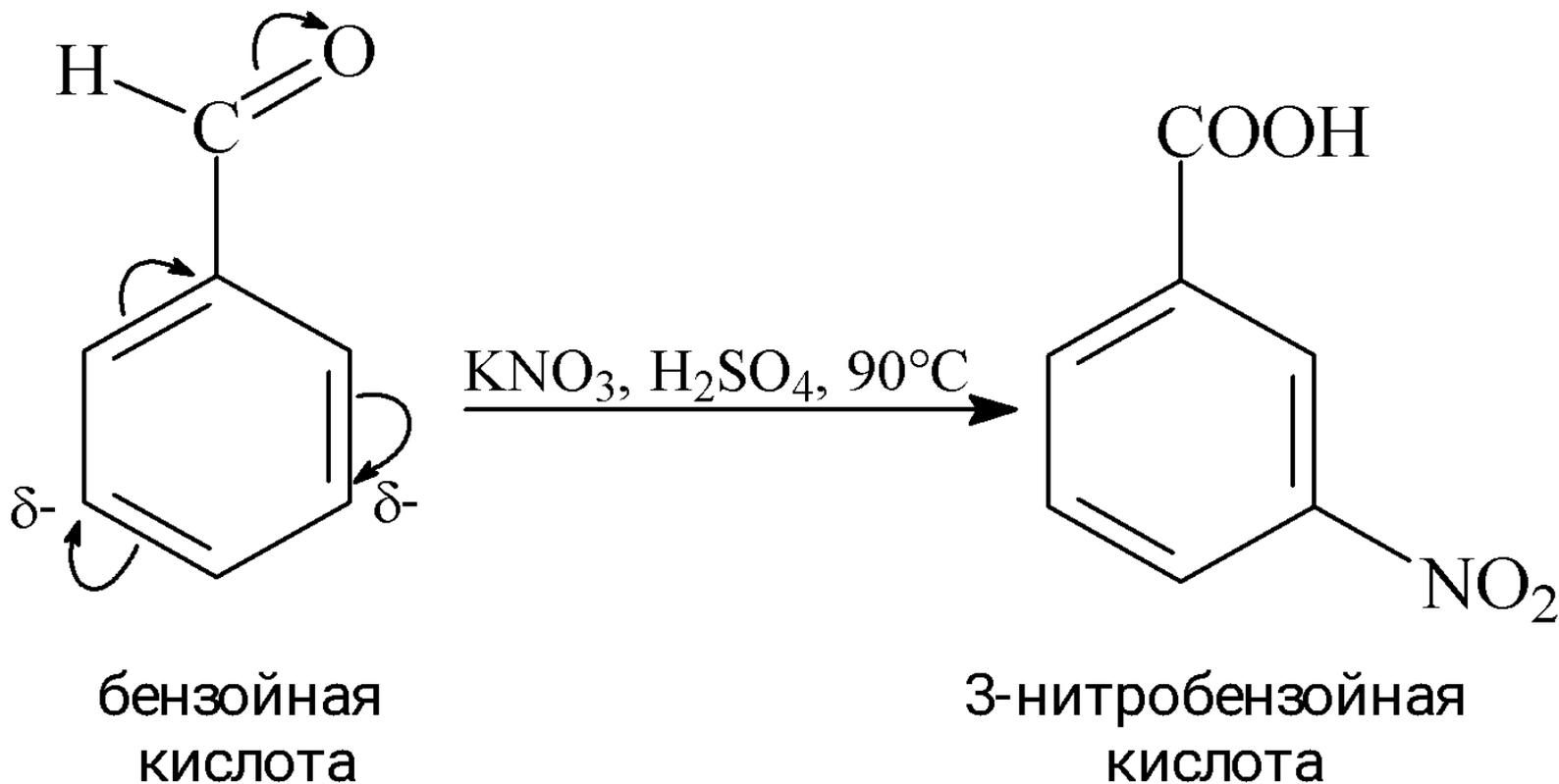
Реакции электрофильного присоединения к ненасыщенным кислотам



Монокарбоновые кислоты

Реакции с участием радикалов монокарбоновых кислот

Реакции электрофильного замещения в ароматических кислотах



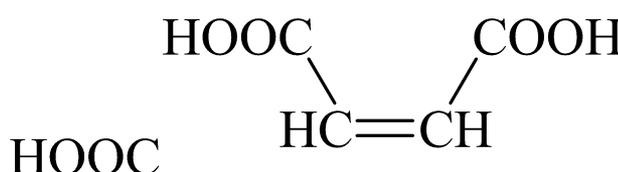
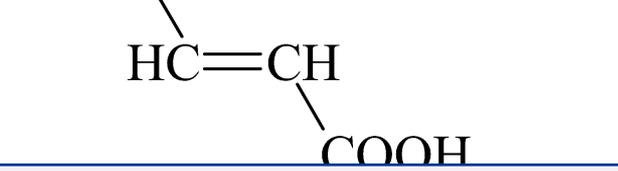
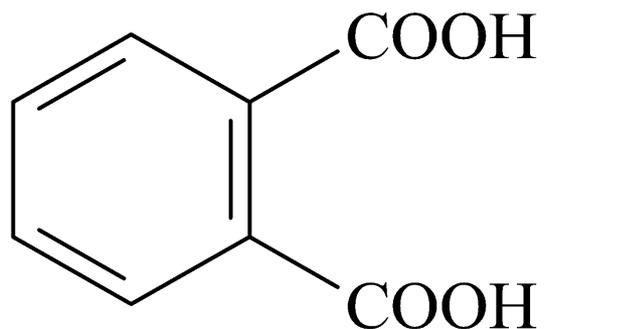
Дикарбоновые кислоты

Номенклатура, изомерия и физические свойства

Название	Структурная формула	pK_{a1}	pK_{a2}
Алифатические			
Этандиовая (щавелевая)	HOOC—COOH	1,27	4,27
Пропандиовая (малоновая)	$\text{HOOC—CH}_2\text{—COOH}$	2,86	5,70
Бутандиовая (янтарная)	$\text{HOOC—(CH}_2\text{)}_2\text{—COOH}$	4,21	5,64
Пентандиовая (глутаровая)	$\text{HOOC—(CH}_2\text{)}_3\text{—COOH}$	4,34	5,27
Гександиовая (адипиновая)	$\text{HOOC—(CH}_2\text{)}_4\text{—COOH}$	4,41	5,28

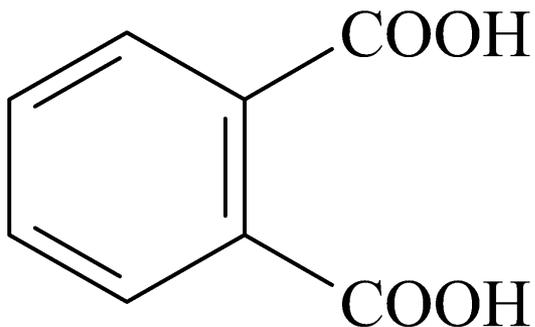
Дикарбоновые кислоты

Номенклатура, изомерия и физические свойства

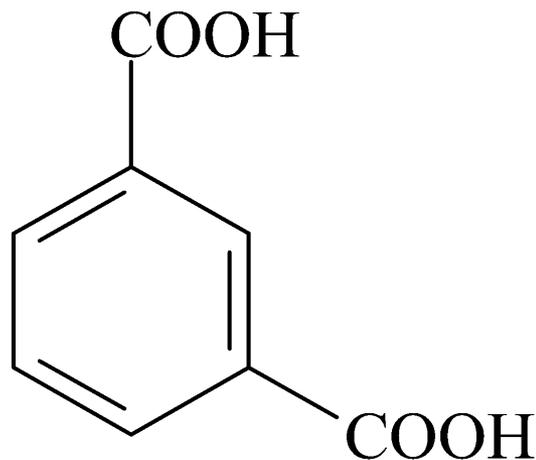
Название	Структурная формула	pK_{a1}	pK_{a2}
Непредельные			
<i>цис</i> -Бутендиовая (малеиновая)		1,92	6,23
<i>транс</i> -Бутендиовая (фумаровая)		3,02	4,38
Ароматические			
Бензол-1,2-дикарбоновая (фталевая)		2,58	5,64

Дикарбоновые кислоты

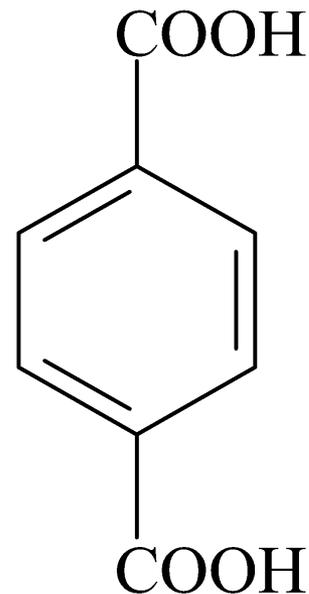
Номенклатура, изомерия и физические свойства



**Бензол-
1,2-дикарбоновая
(фталевая кислота)**



**Бензол-
1,3-дикарбоновая
(изофталевая кислота)**

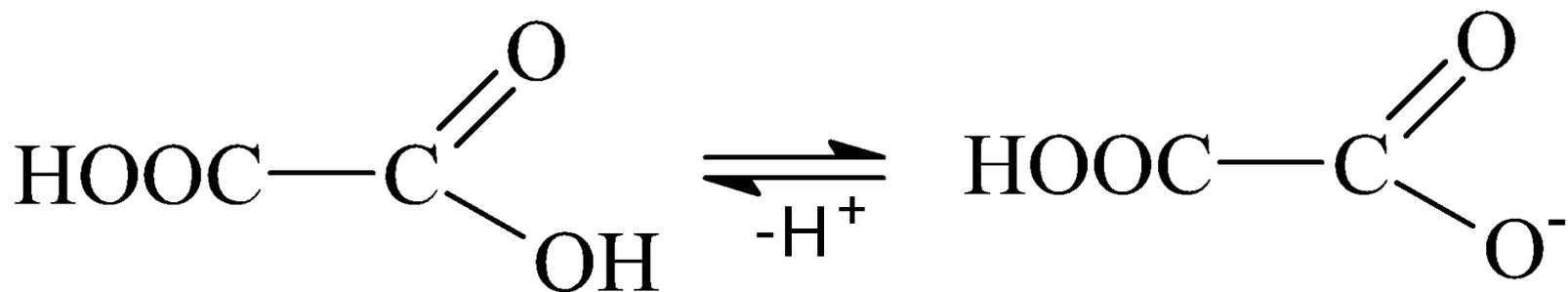


**Бензол-
1,4-дикарбоновая
(терефталевая кислота)**

Дикарбоновые кислоты

Химические свойства

Кислотные свойства



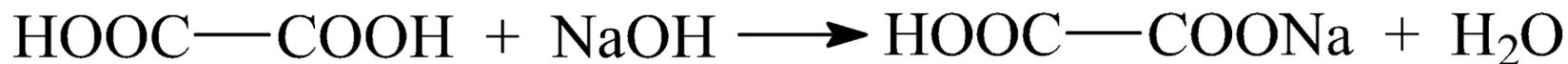
Щавелевая кислота

гидроксалаат-ион

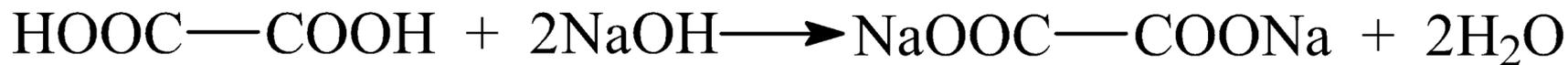
Дикарбоновые кислоты

Химические свойства

Кислотные свойства



гидроксалат натрия
(кислая соль)

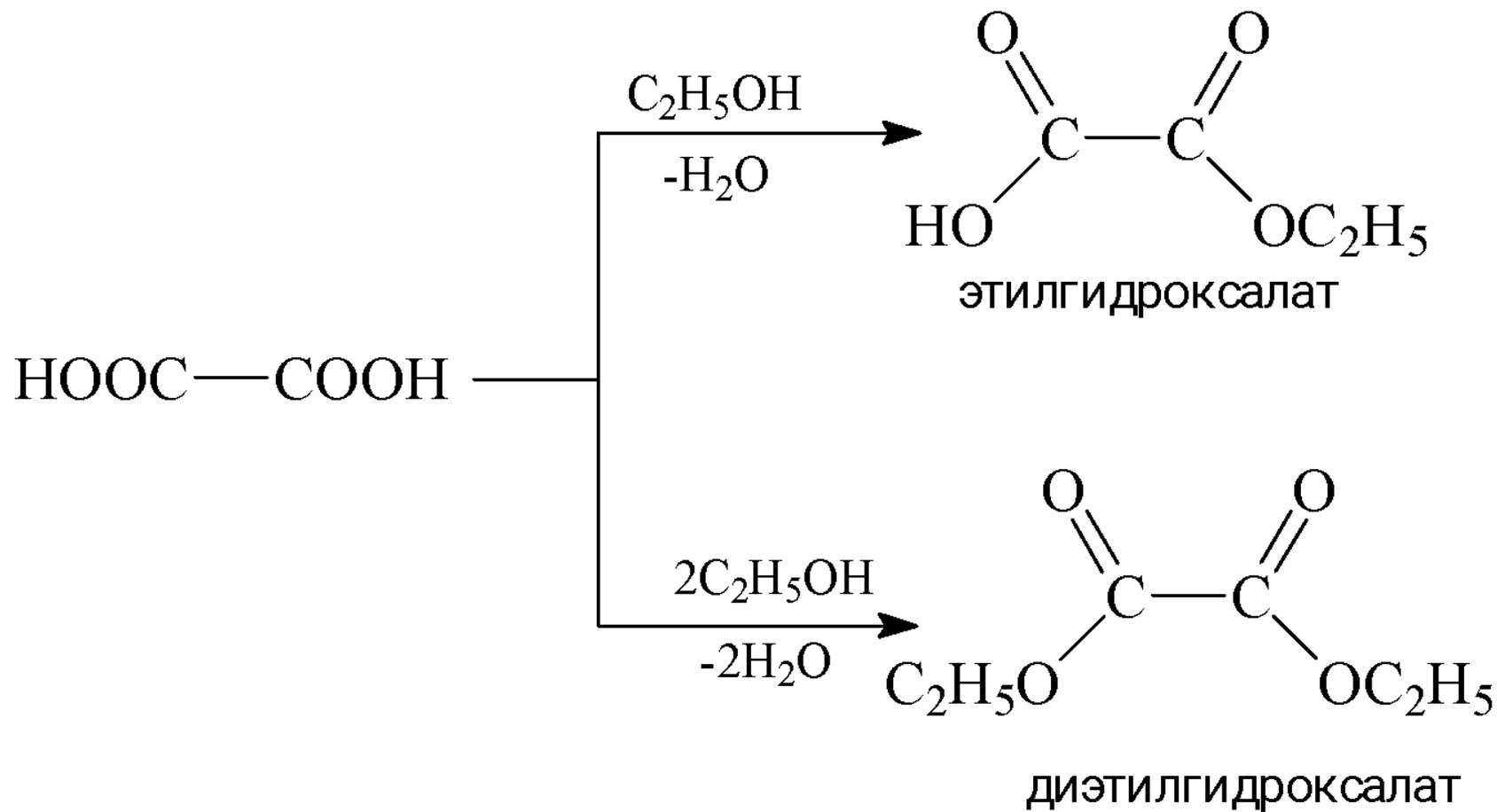


оксалат натрия
(средняя соль)

Дикарбоновые кислоты

Химические свойства

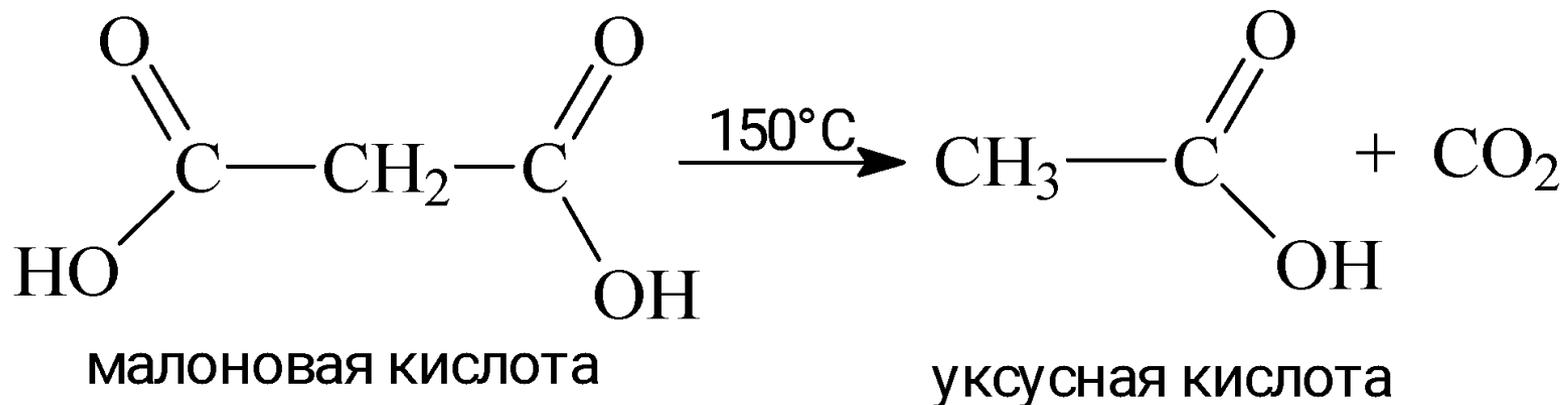
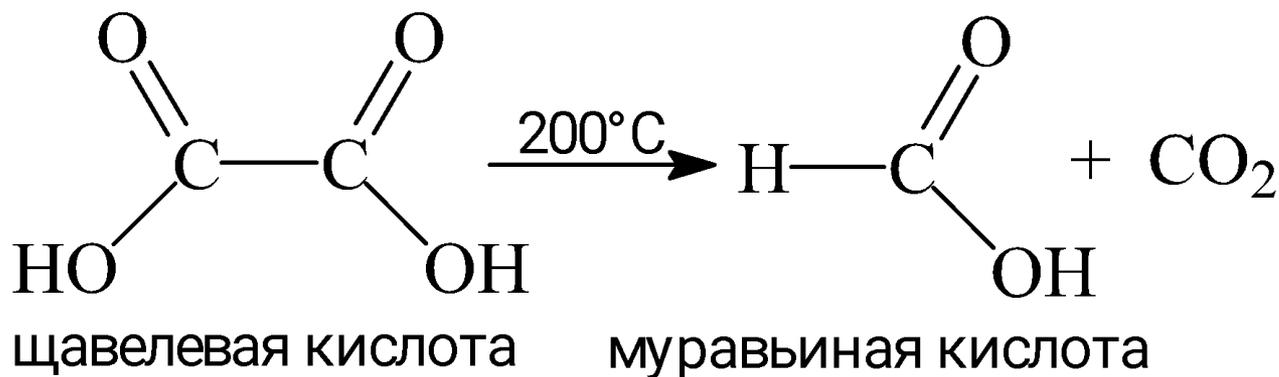
Реакции нуклеофильного замещения



Дикарбоновые кислоты

Химические свойства

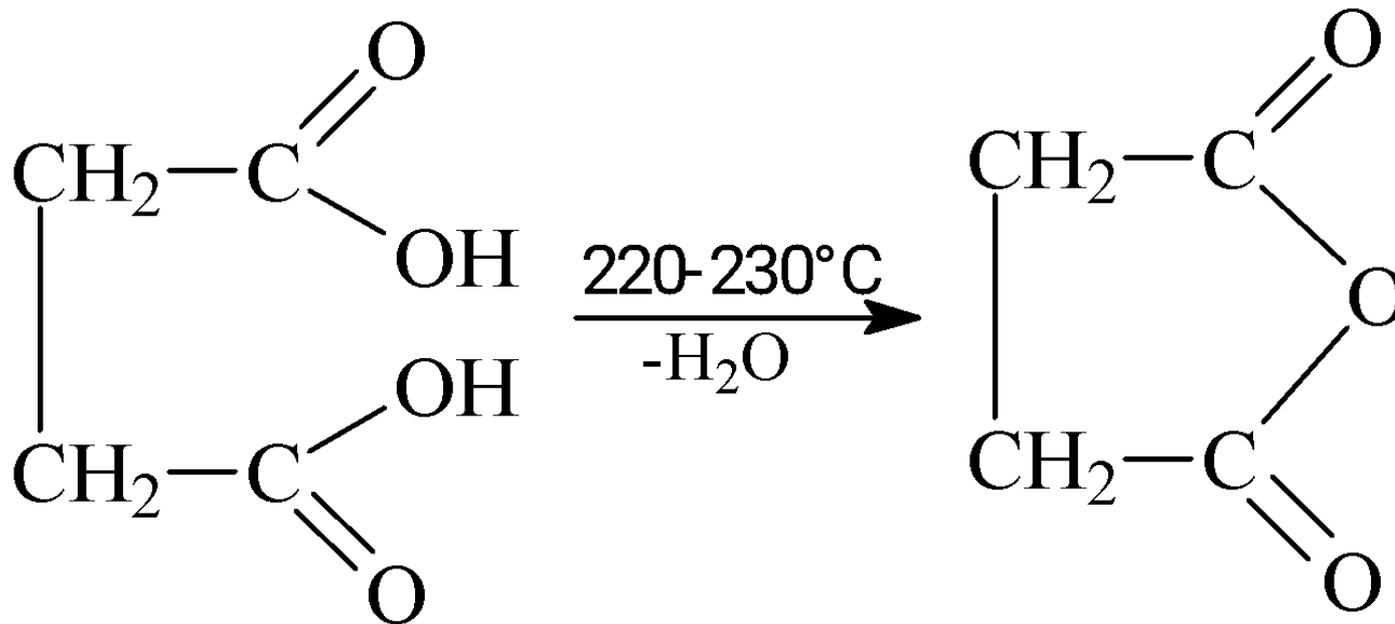
Специфические реакции дикарбоновых кислот



Дикарбоновые кислоты

Химические свойства

Специфические реакции дикарбоновых кислот



янтарная кислота

янтарный ангидрид

Гидроксикислоты

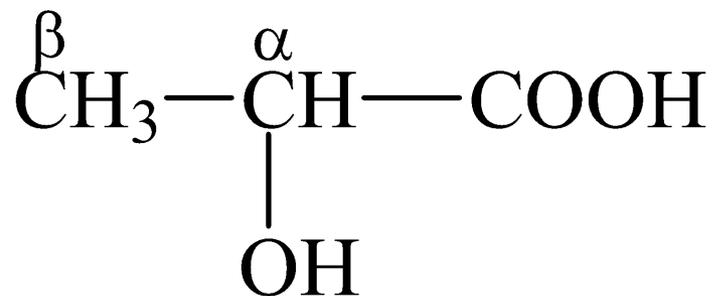
Классификация

Гидроксикислоты содержат в молекуле одновременно карбоксильную и гидроксильную группы

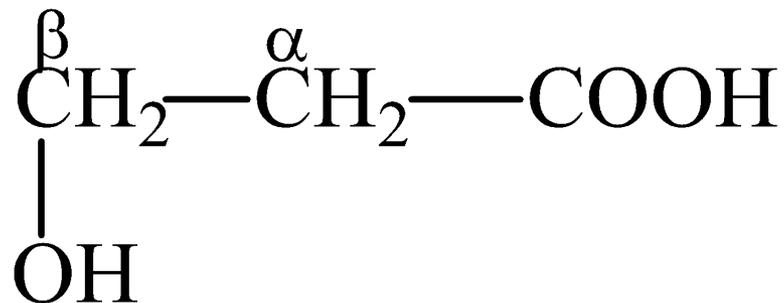
В зависимости от природы углеводородного радикала гидроксикислоты могут быть алифатическими и ароматическими (фенолокислоты).

Гидроксикислоты

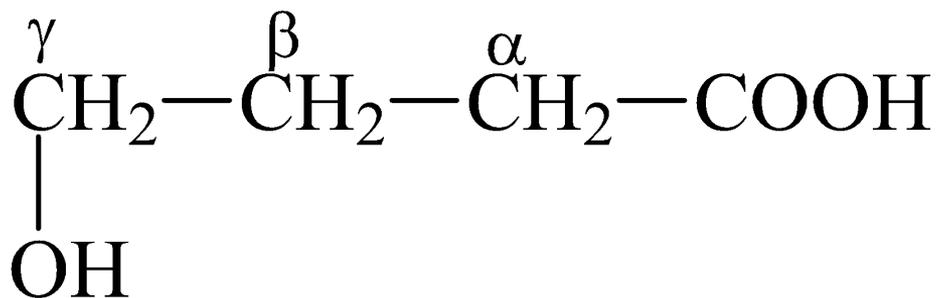
Номенклатура и изомерия



2-гидроксипропановая
(молочная) кислота



3-гидроксипропановая кислота

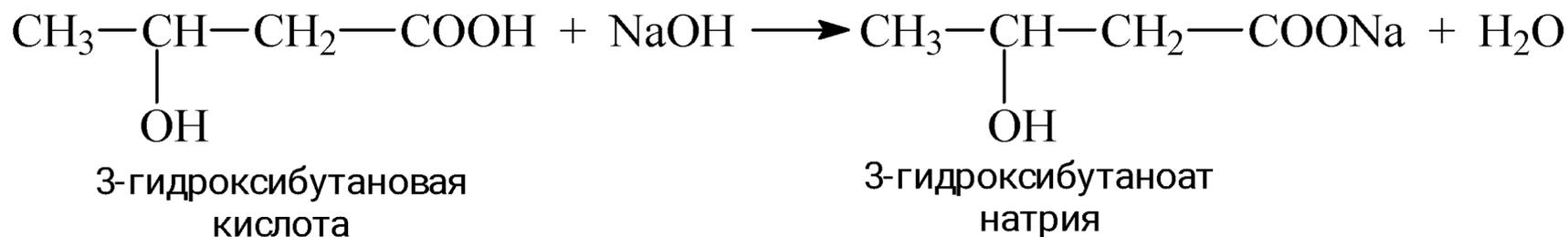


4-гидоксибутановая кислота

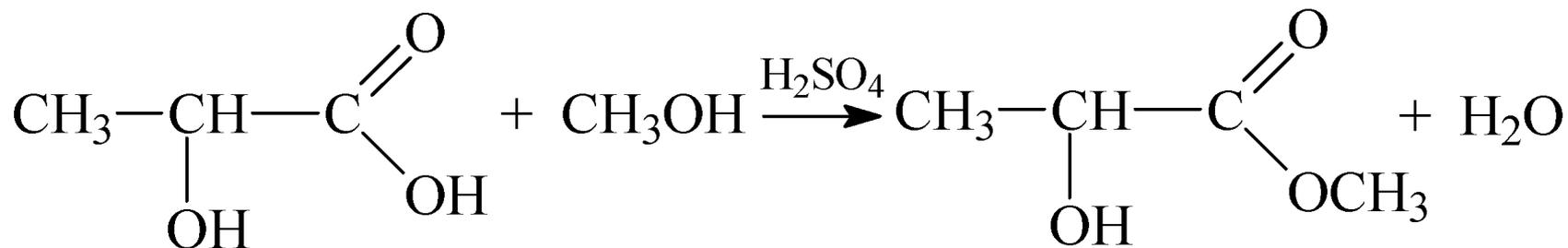
Гидроксикислоты

Химические свойства

Взаимодействие со щелочами



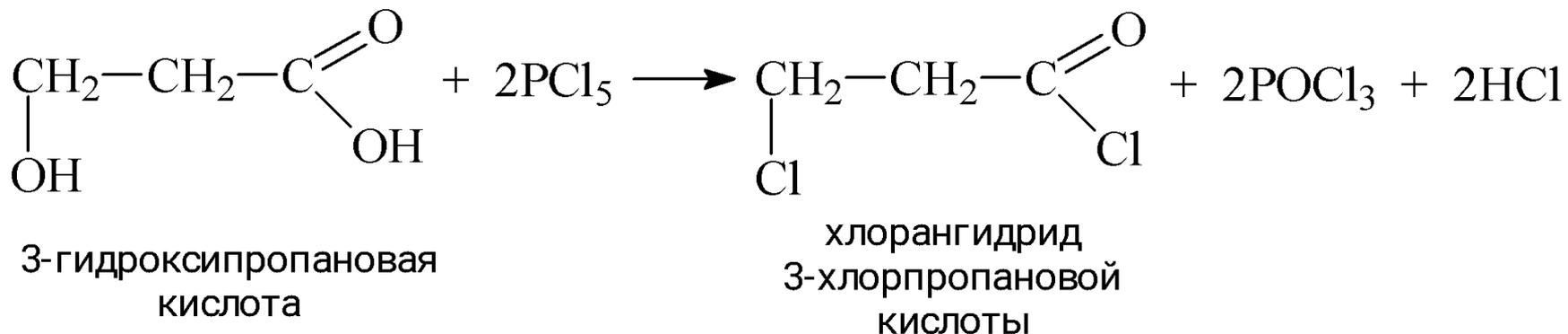
Взаимодействие со спиртами



Гидроксикислоты

Химические свойства

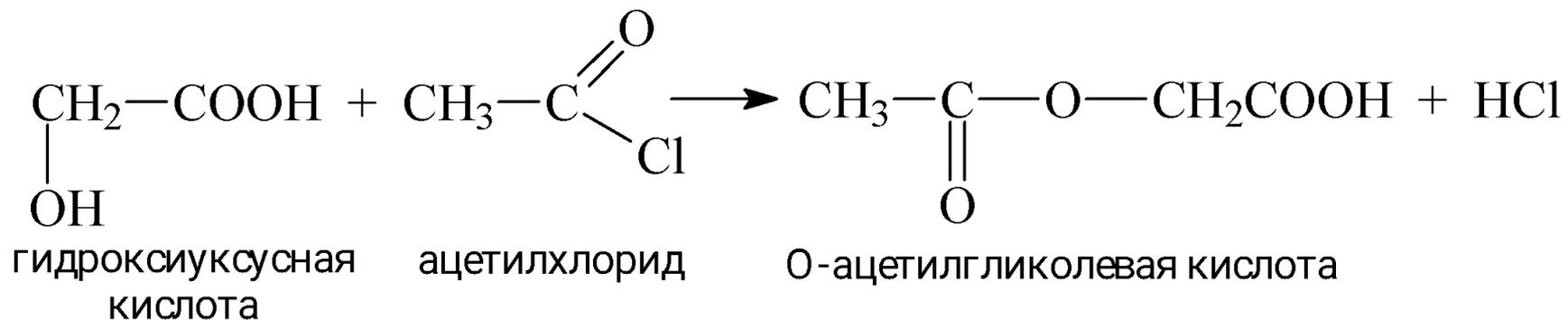
Взаимодействие с галогенидами фосфора



Гидроксикислоты

Химические свойства

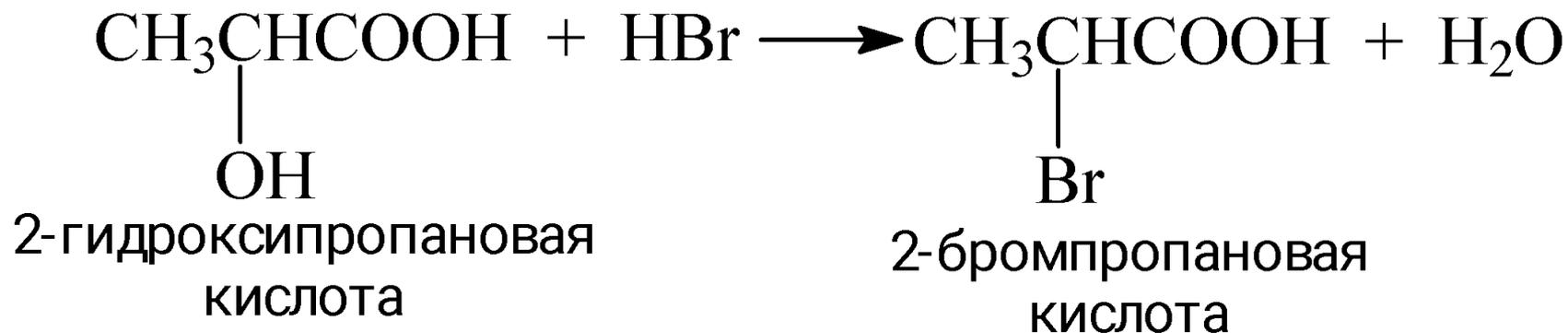
Ацилирование



Гидроксикислоты

Химические свойства

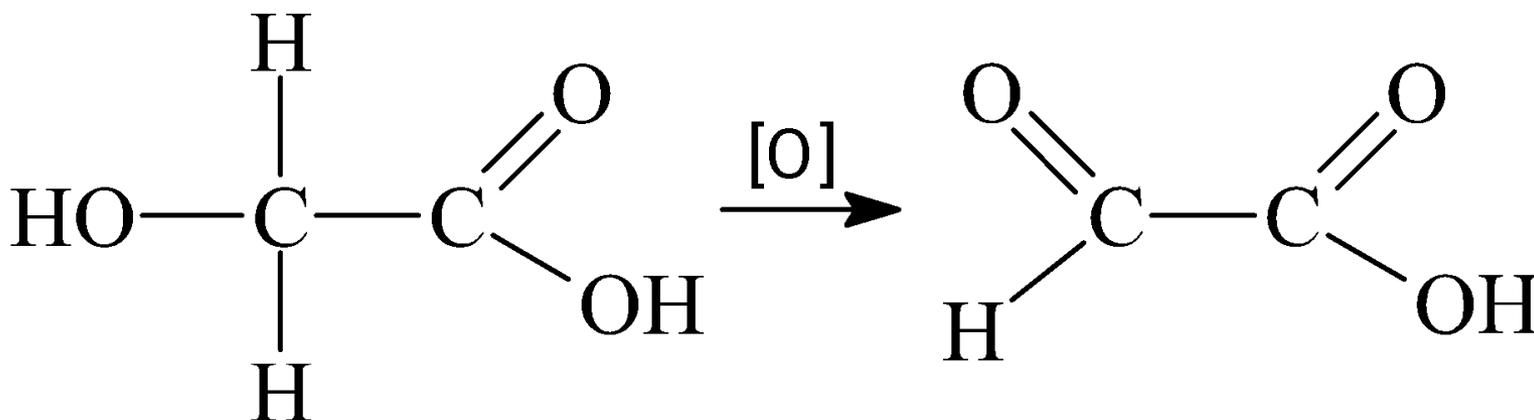
Взаимодействие с галогенводородами



Гидроксикислоты

Химические свойства

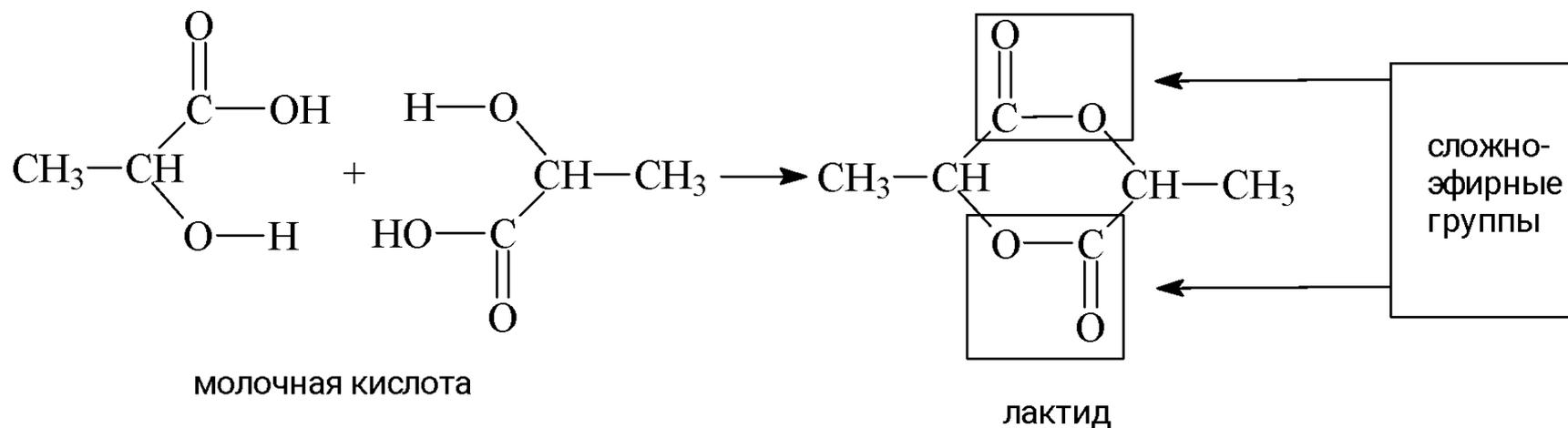
Окисление



Гидроксикислоты

Химические свойства

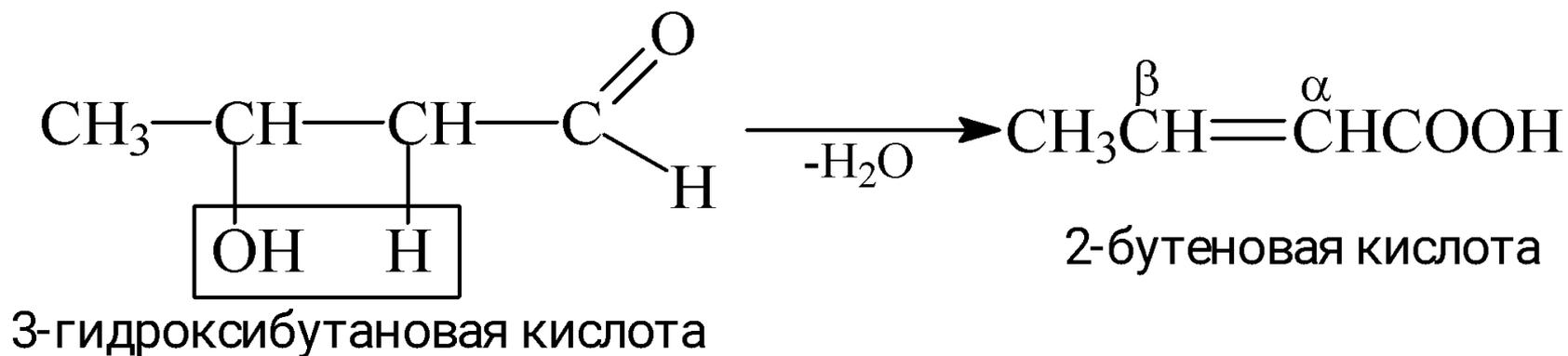
Специфические свойства



Гидроксикислоты

Химические свойства

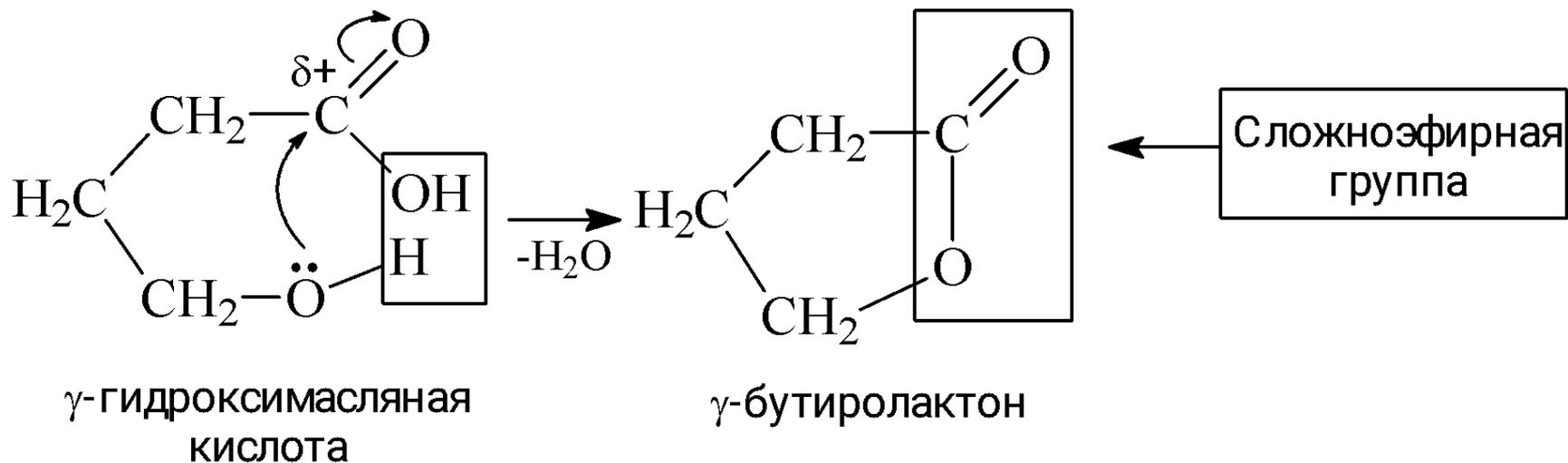
Специфические свойства



Гидроксикислоты

Химические свойства

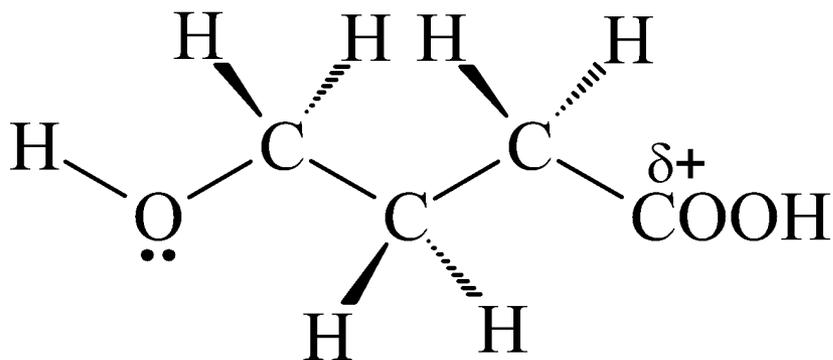
Специфические свойства



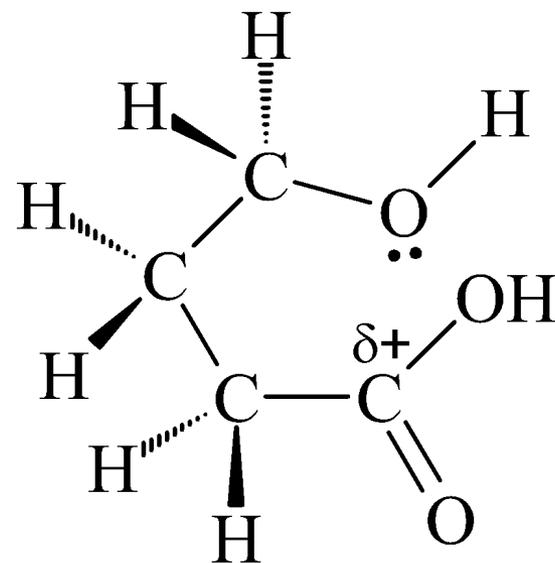
Гидроксикислоты

Химические свойства

Специфические свойства



зигзагообразная конформация

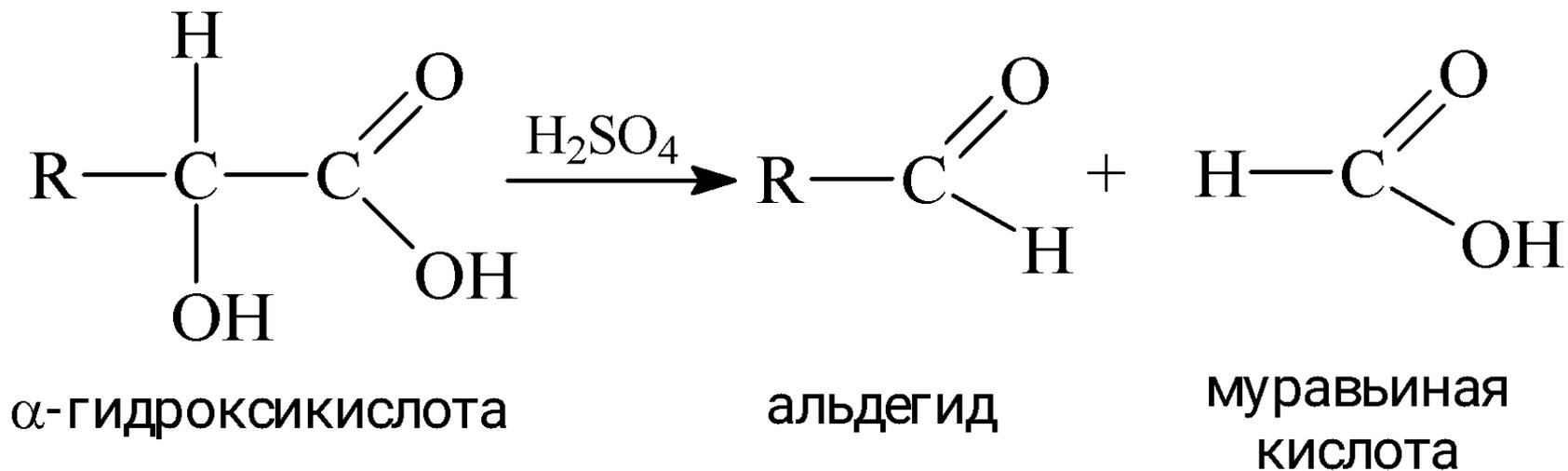


клешевидная
конформация

Гидроксикислоты

Химические свойства

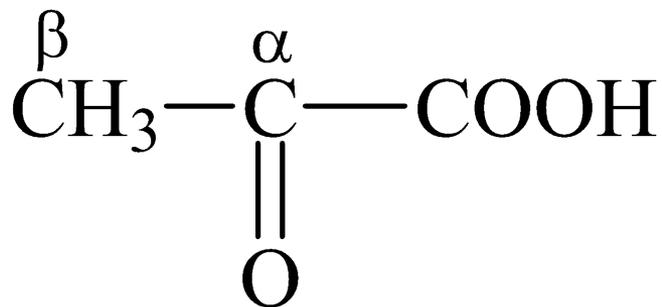
Разложение α -гидроксикислот



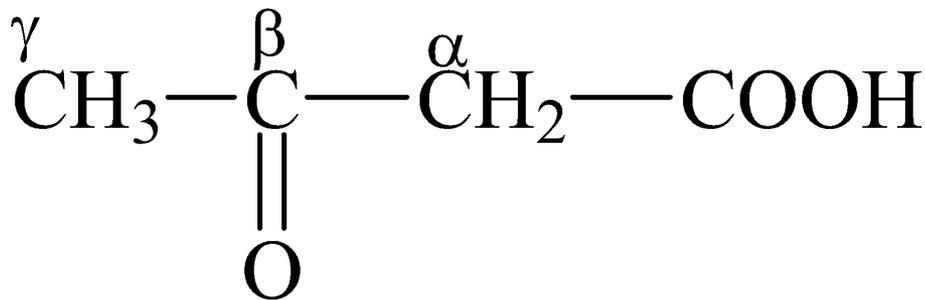
Оксокарбоновые кислоты

Номенклатура и изомерия

Оксокарбоновые кислоты, т. е. альдегидо- и кетонокислоты, — это соединения, содержащие наряду с карбоксильной и карбонильную группу (альдегидную или кетонную).



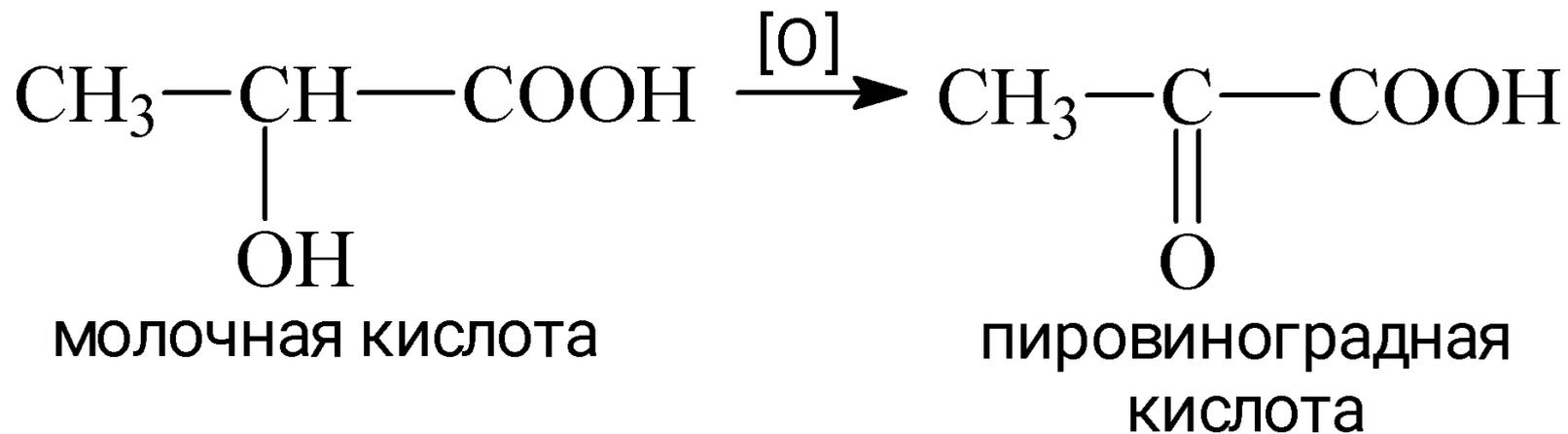
2-оксопропановая
(пировиноградная) кислота



3-оксобутановая
(ацетоуксусная) кислота

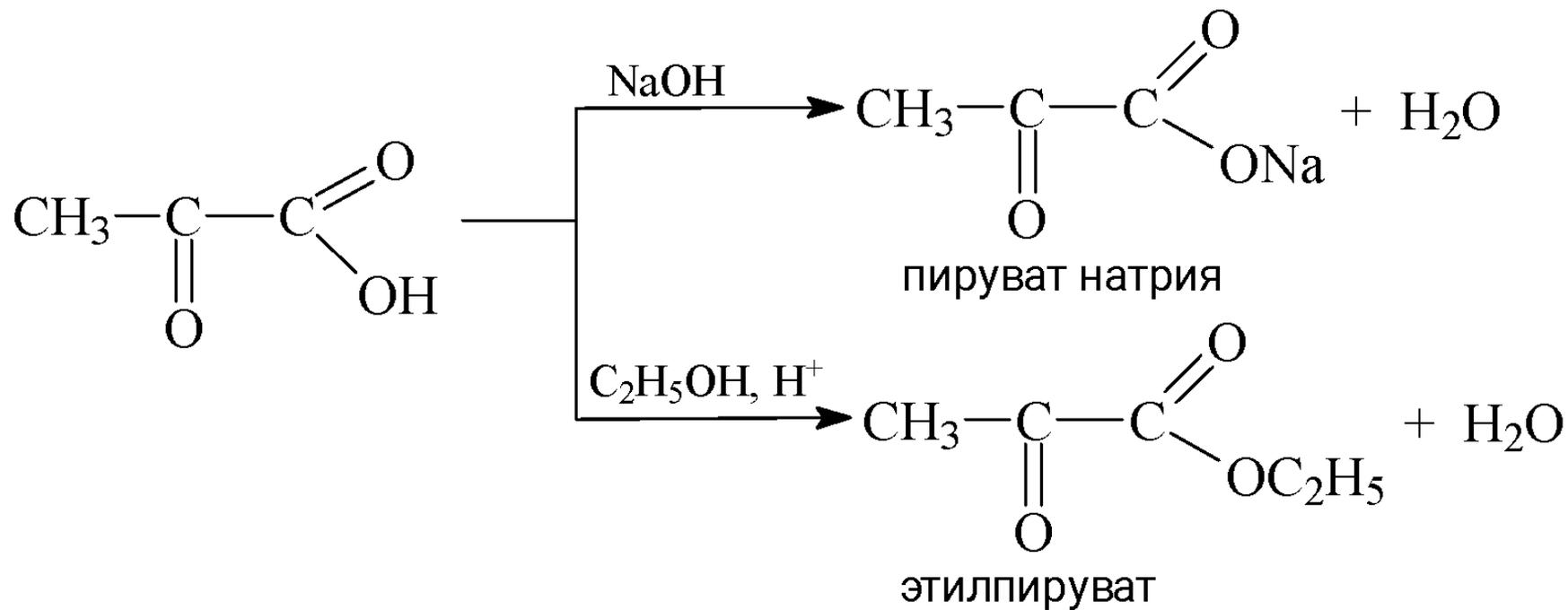
Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства



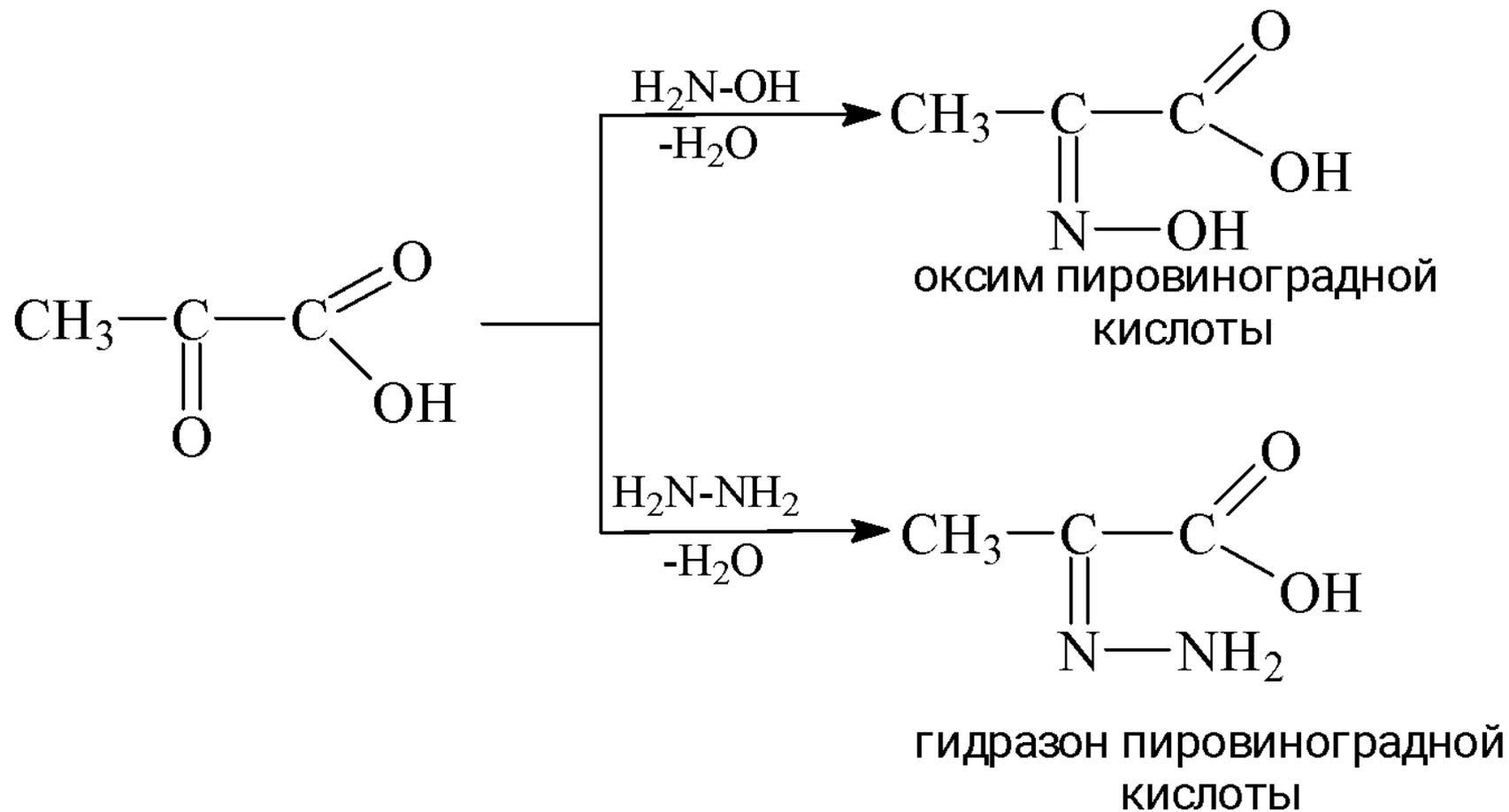
Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства



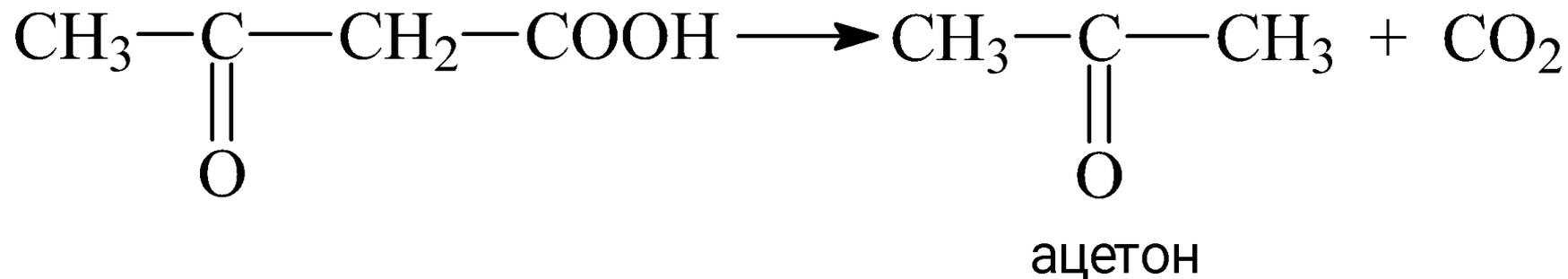
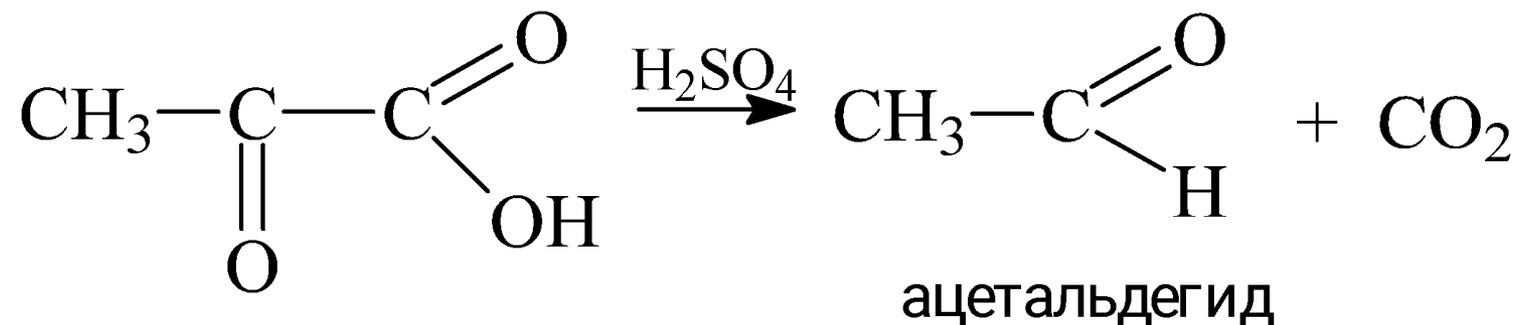
Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства



Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства



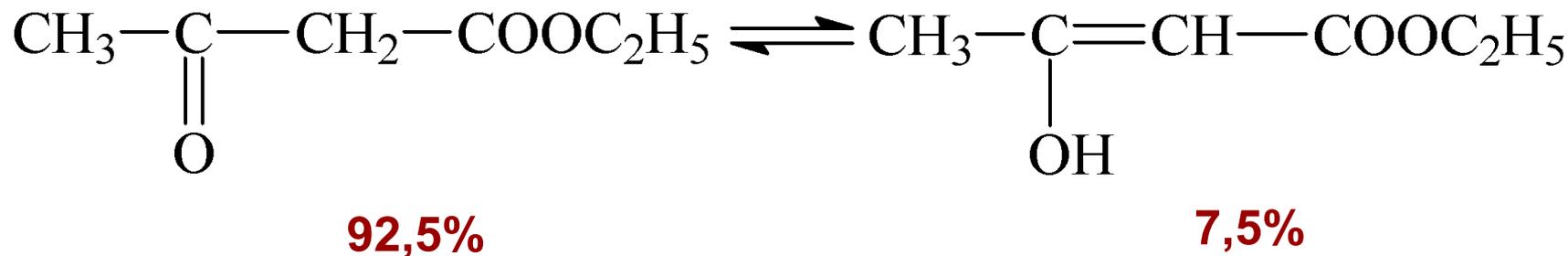
Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства

Таутомерия (динамическая изомерия) — это подвижное равновесие между взаимопревращающимися структурными изомерами.

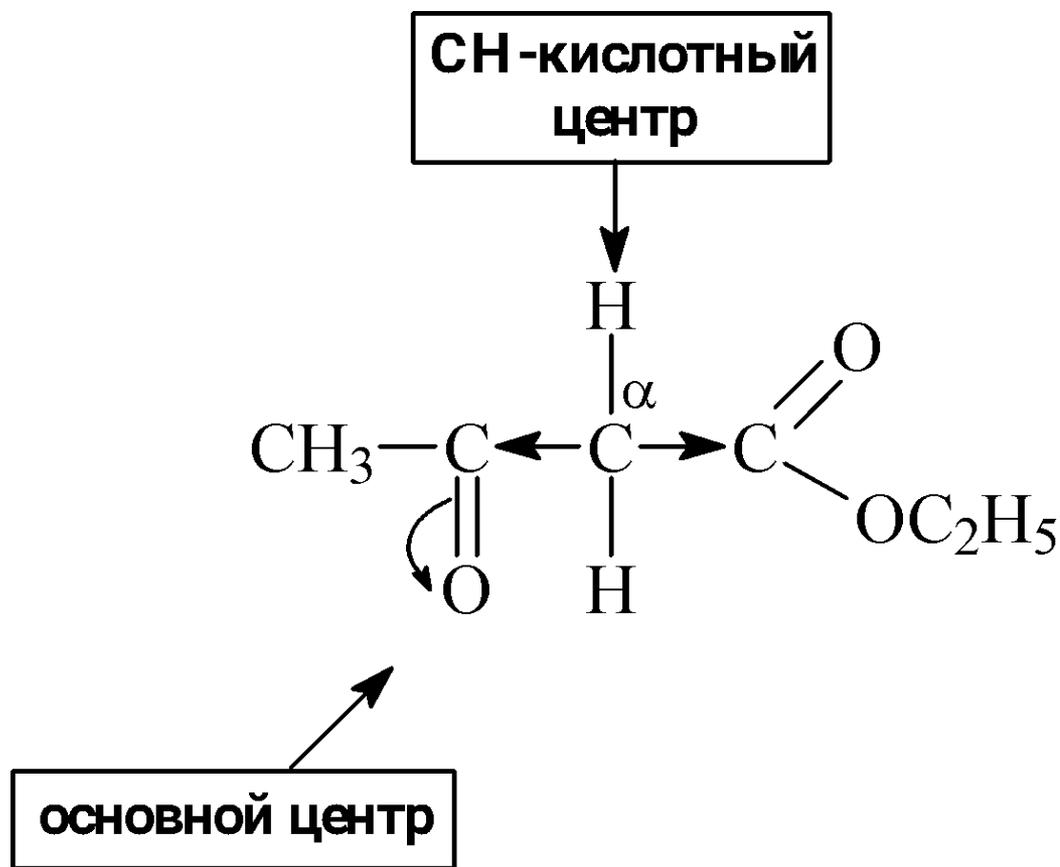
кетонная

енольная



Оксокарбоновые кислоты

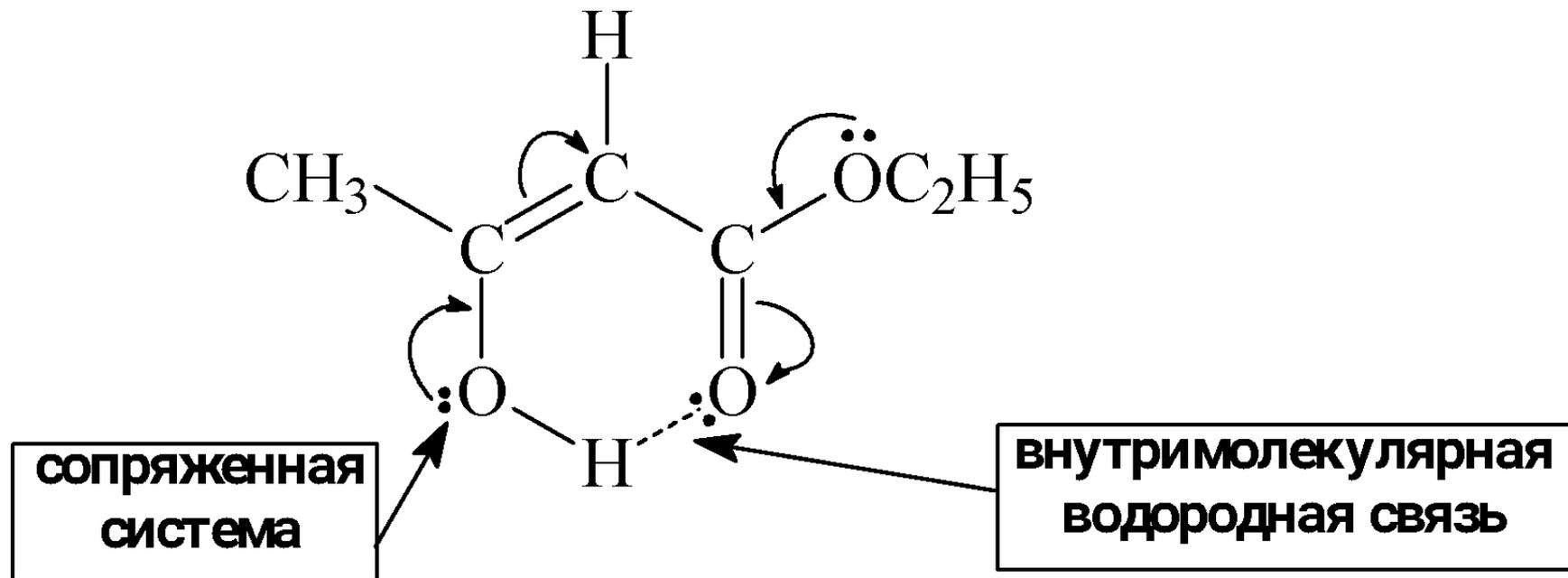
Получение и химические свойства



Кетонная форма ацетоуксусного эфира

Оксокарбоновые кислоты

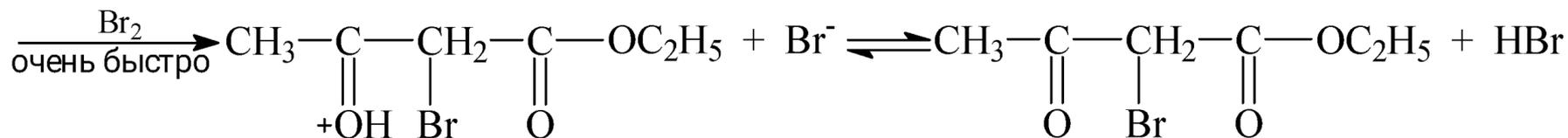
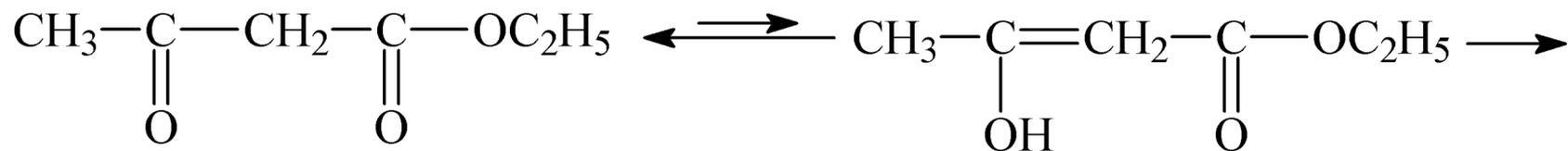
Получение и химические свойства



Енольная форма ацетоуксусного эфира

Оксокарбоновые кислоты

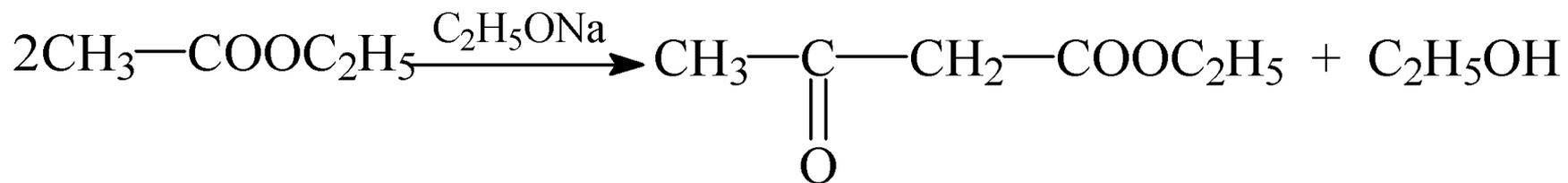
Получение и химические свойства



Оксокарбоновые кислоты

Получение и химические свойства

Реакция Кляйзена



этилацетат

ацетоуксусный эфир (75%)



Людвиг Кляйзен (1851-1930)