

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Мария Евгеньевна
Клюева

Учебники

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И.
Биоорганическая химия (2012, 2008, 1985г.)
2. Степаненко Б.Н. Курс органической химии, том 1 и том 2, 1981 г.

Органические соединения - углеводороды и их функциональных производных
(соединений, содержащих функциональные группы).

Биоорганическая химия изучает строение и свойства веществ, участвующих в процессах жизнедеятельности, в непосредственной связи с познанием их биологических функций.

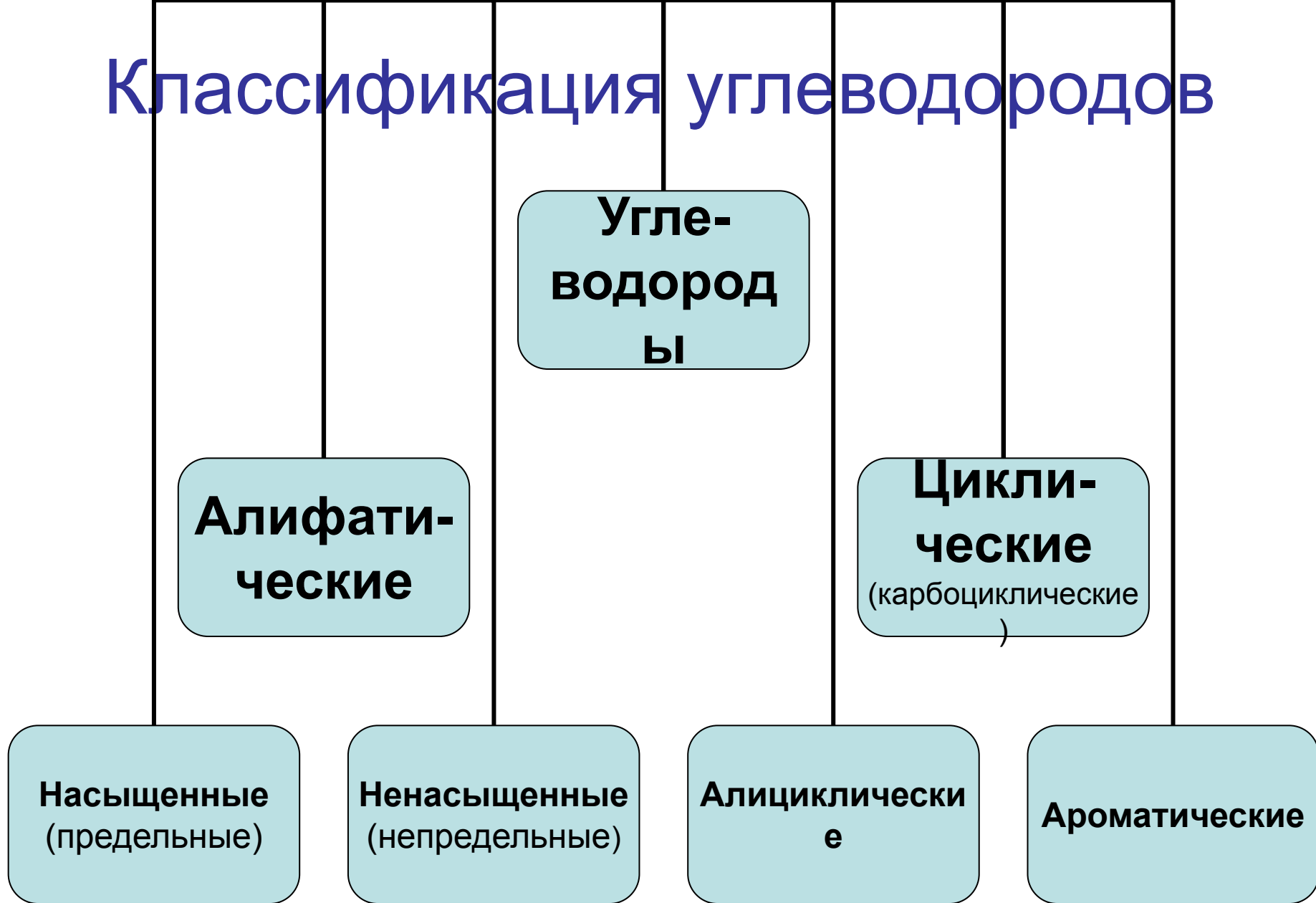
Основные объекты изучения:

- **биополимеры** (белки, углеводы, нуклеиновые кислоты)
- **биорегуляторы** (витамины, гормоны, лекарственные вещества)

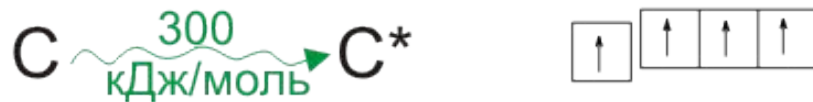
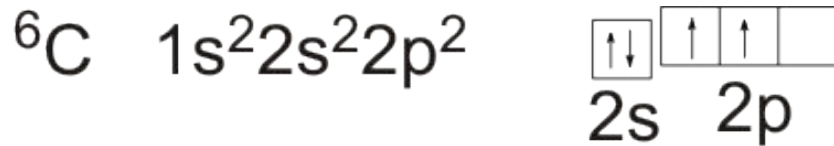
Функциональные группы:

- атомные группировки – атомы металлов и неметаллов (CH_3Cl , CH_3Na)
- молекулярные группировки – остатки молекул неорганических веществ (CH_3NO_2 , CH_3OH)
- π-электронные группировки – двойные и тройные связи.

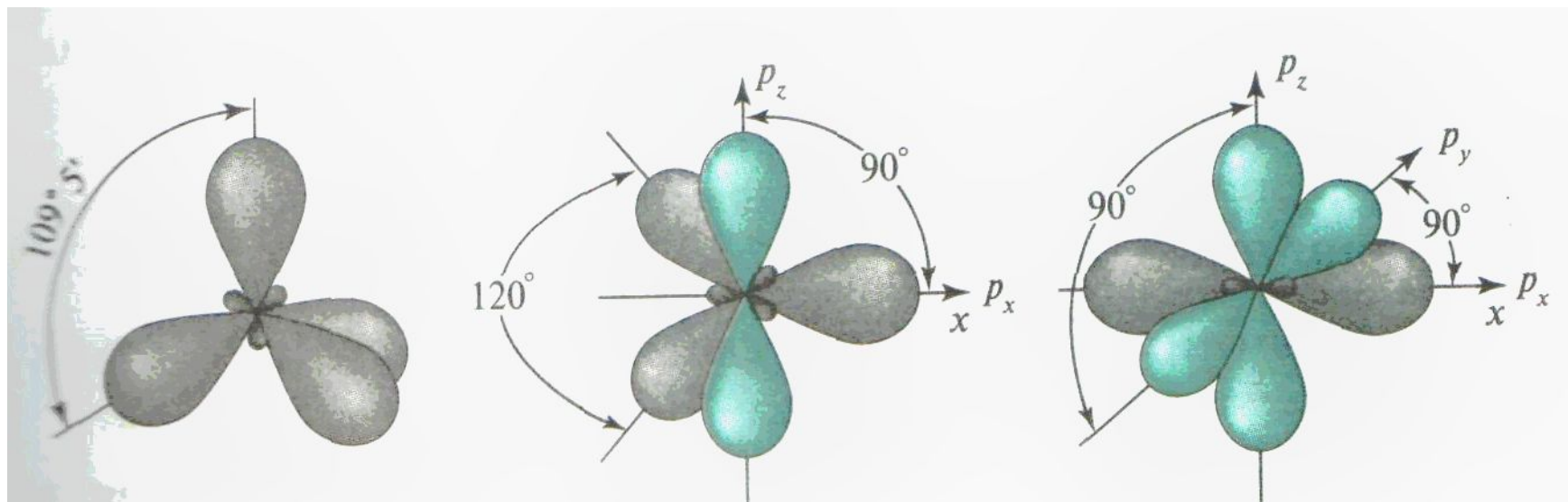
Классификация углеводородов



Вспомнить номенклатуру!!



Гибридизация – вынужденное изменение энергии и симметрии атомных орбиталей при образовании химических связей

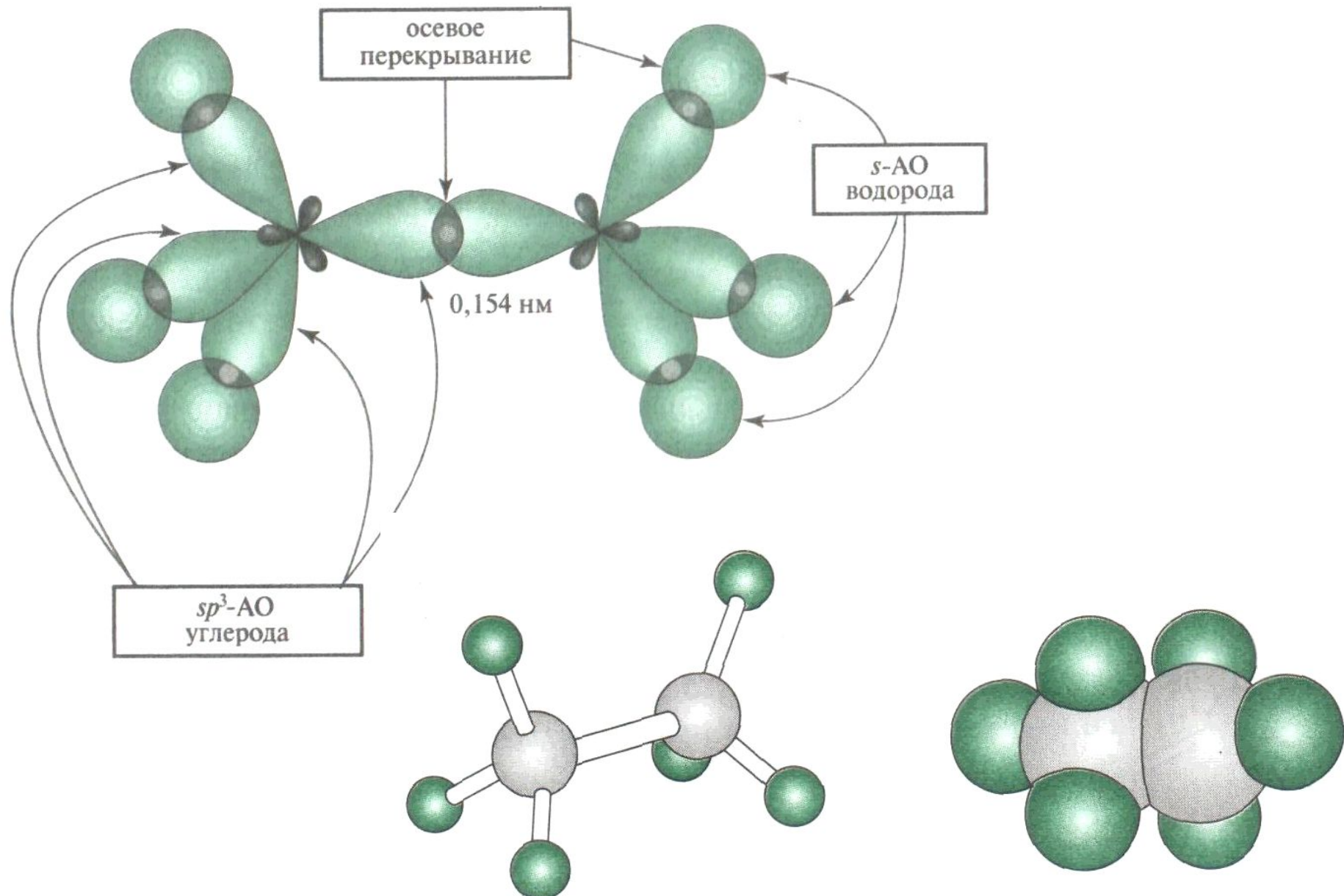


sp^3 (алканы)
(алкины)

sp^2 алкены

sp

алканы

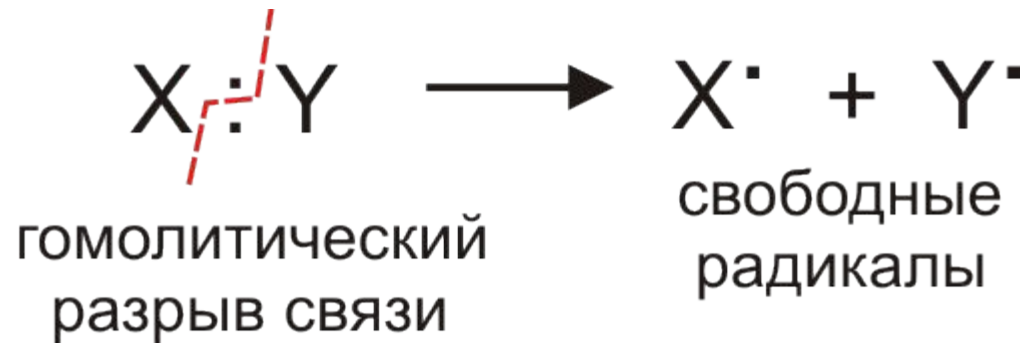


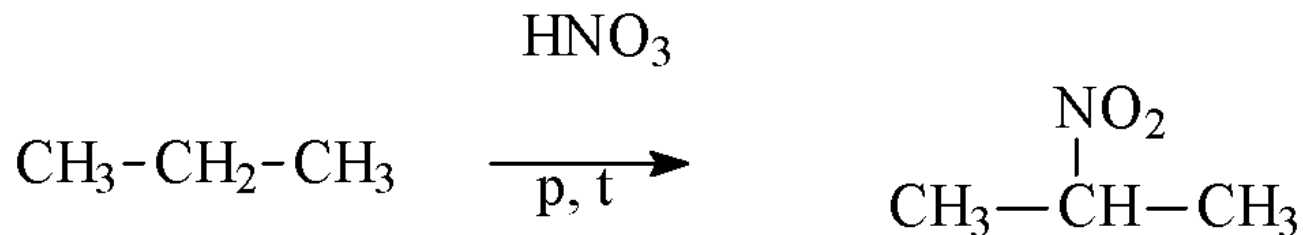
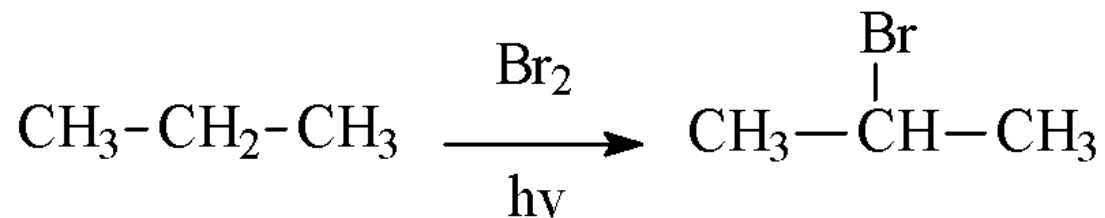
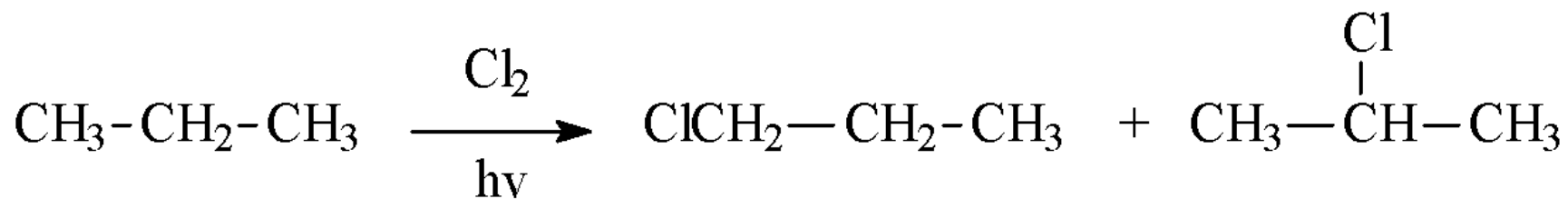
- Алканы – малореакционноспособные соединения, «химические мертвецы».

С трудом вступают в реакции радикального замещения атома Н.

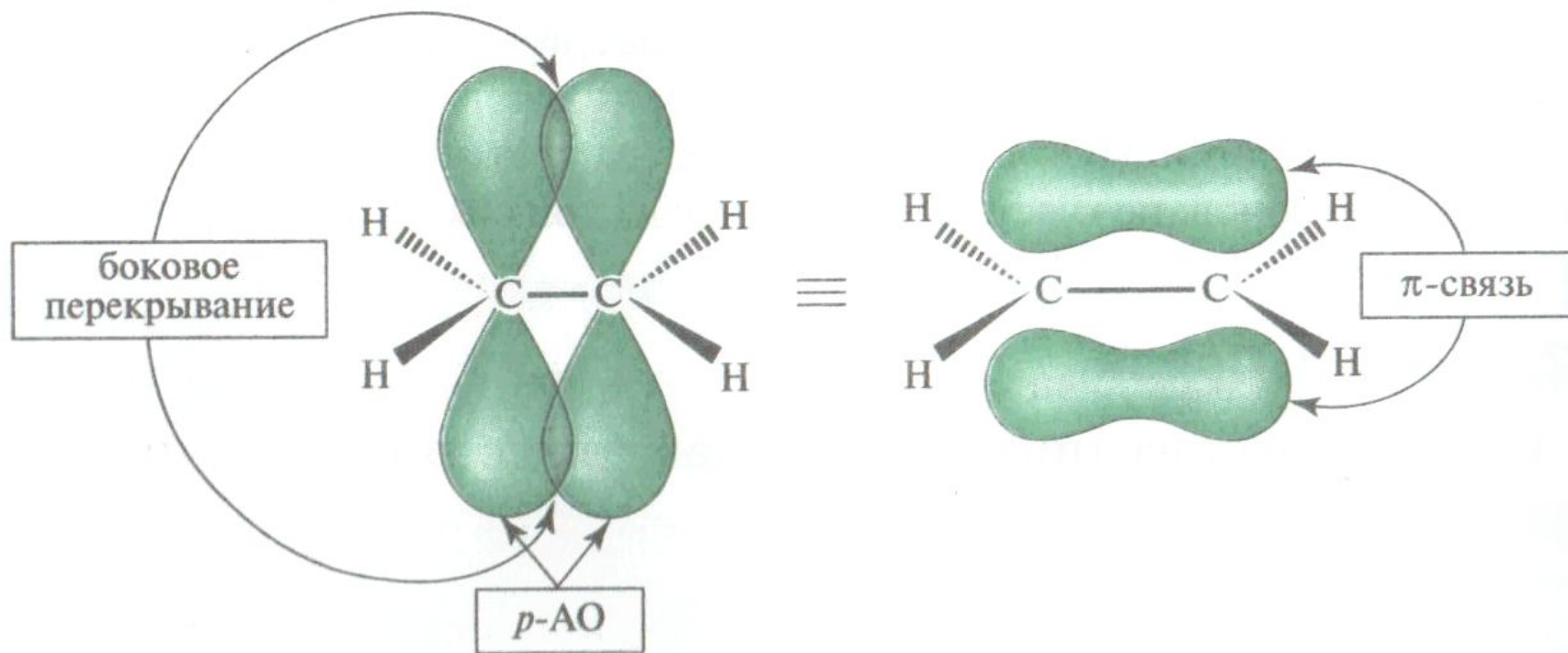
Для образования радикалов нужны жёсткие условия (облучение УФ светом, нагревание выше 300⁰С).

- **Радикал** – частица, имеющая неспаренный электрон. Образуется при гомолитическом разрыве ковалентной связи:

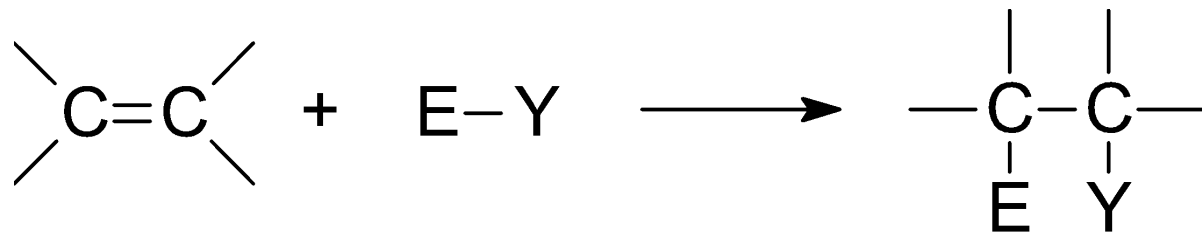




алкены



Типичные реакции алкенов –
реакции электрофильного присоединения (A_E2)

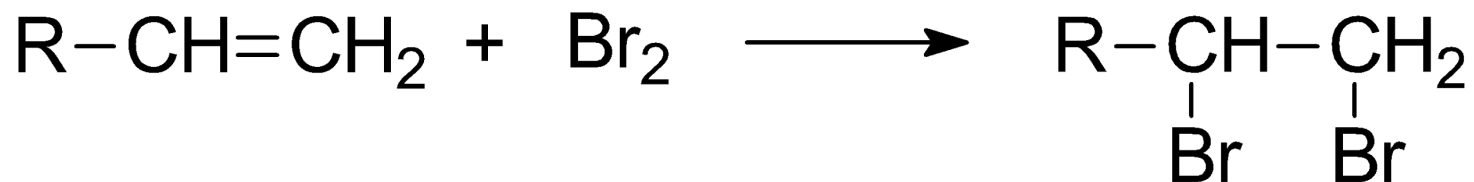




гетеролитический
разрыв связи

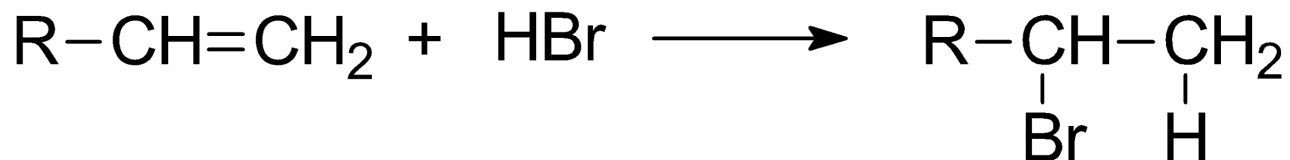
нуклеофил

✦ присоединение галогенов (Cl_2 , Br_2)
при комнатной температуре в растворах

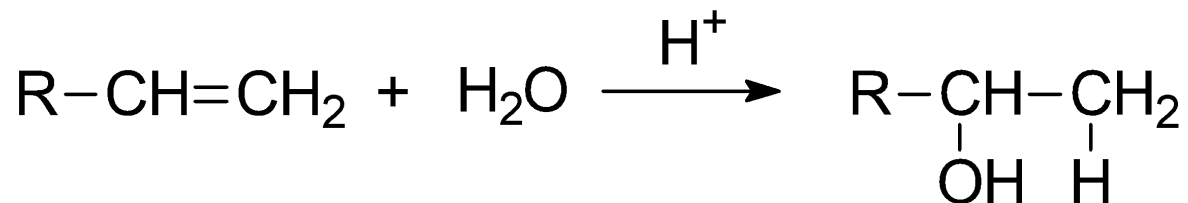


Обесцвечивание брома – качественная
реакция на кратные связи.

✦ Присоединение галогеноводородов
в растворе и в газовой фазе



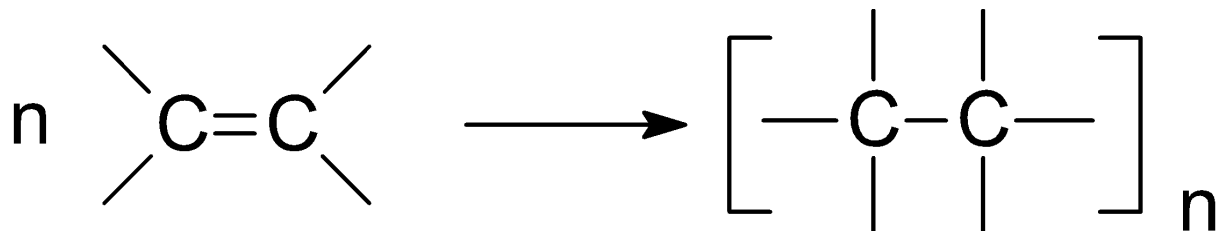
✦ Присоединение воды (гидратация)
Катализатор – сильная кислота – H_2SO_4 , H_3PO_4



NB! Правило Марковникова: водород присоединяется к наиболее “гидрогенизированному” атому углерода двойной связи.

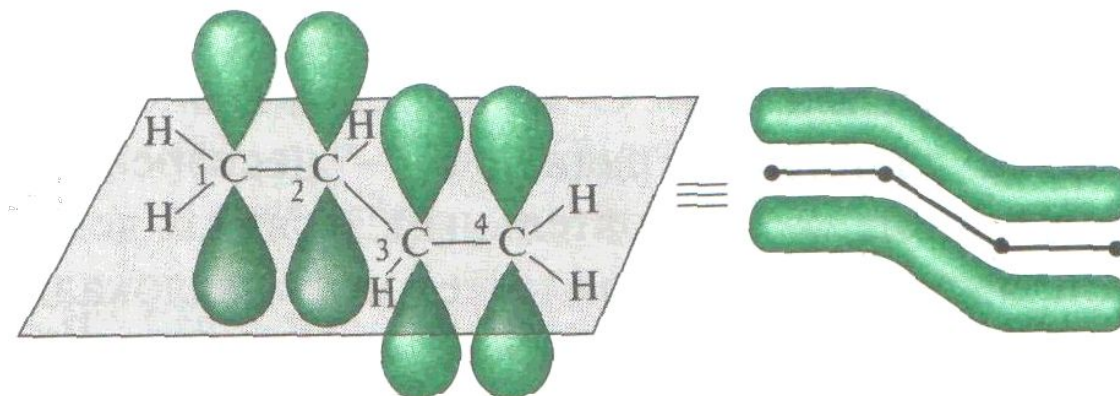
- Реакции полимеризации – взаимодействие двух или более молекул ненасыщенных соединений или легко размыкаемых циклов, называемых мономерами, с образованием димеров, тримеров вплоть до высокополимеров.

Никогда не сопровождаются отщеплением каких-либо атомов или молекул.



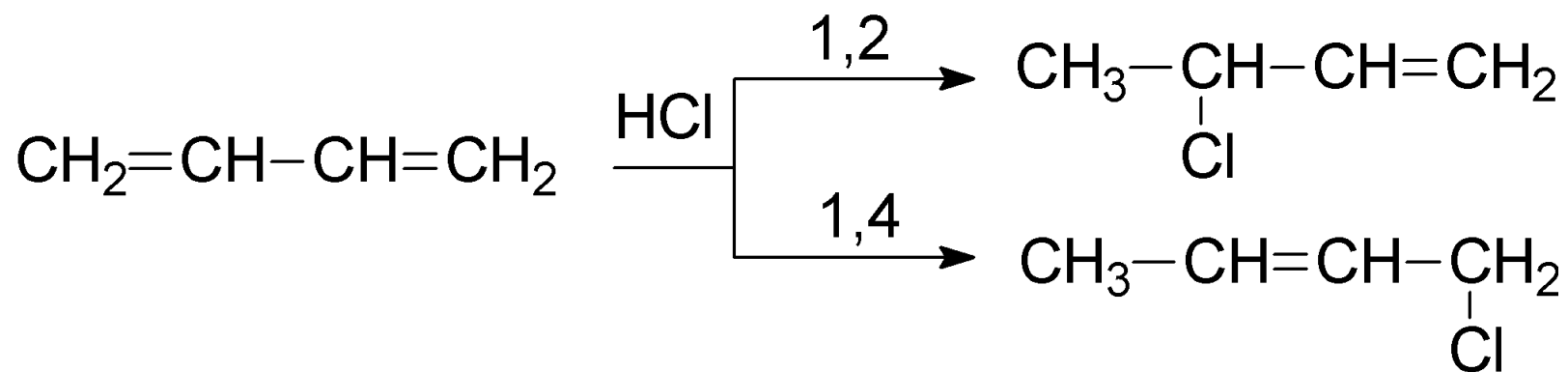
Диеновые углеводороды

- Кумулированные $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$ аллен
- Изолированные $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
- Сопряженные $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
бутадиен-1,3



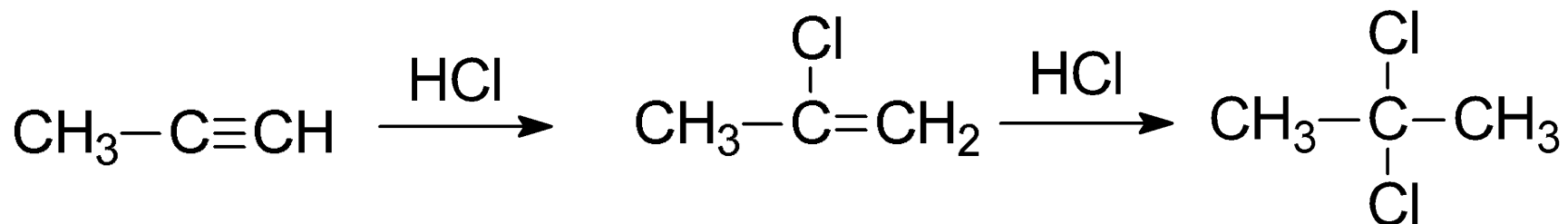
Единая π -система охватывает 4 атома углерода.

- Делокализованная связь – ковалентная связь, молекулярная орбиталь которой охватывает более двух атомов.
- Наряду с реакциями 1,2-присоединения идут реакции 1,4 присоединения (с переносом двойной связи в центр)

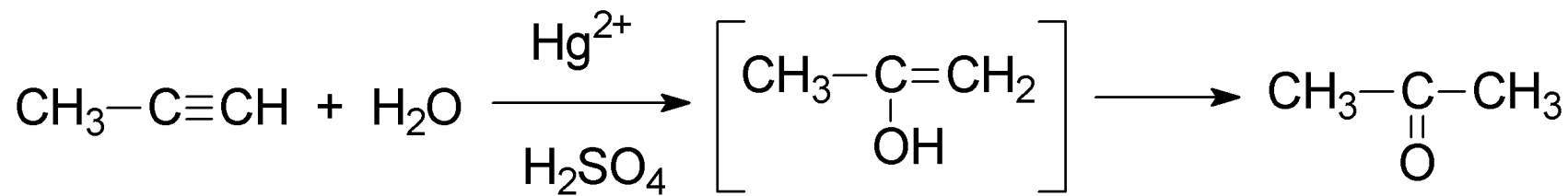
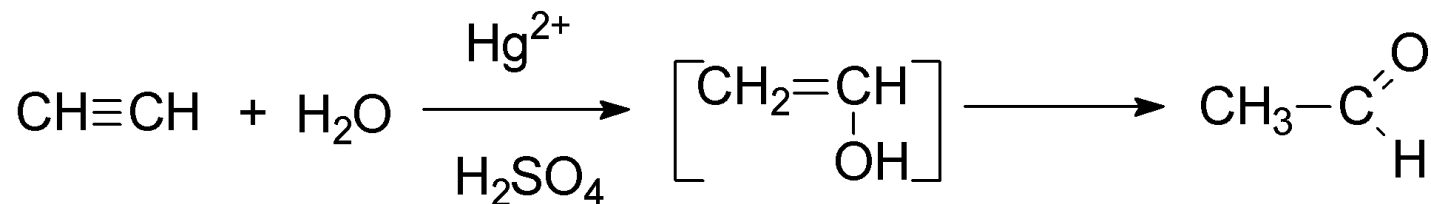


Особенности реакций присоединения к алкинам

Алкины менее реакционно способны в A_E2 реакциях несмотря на две π -связи.

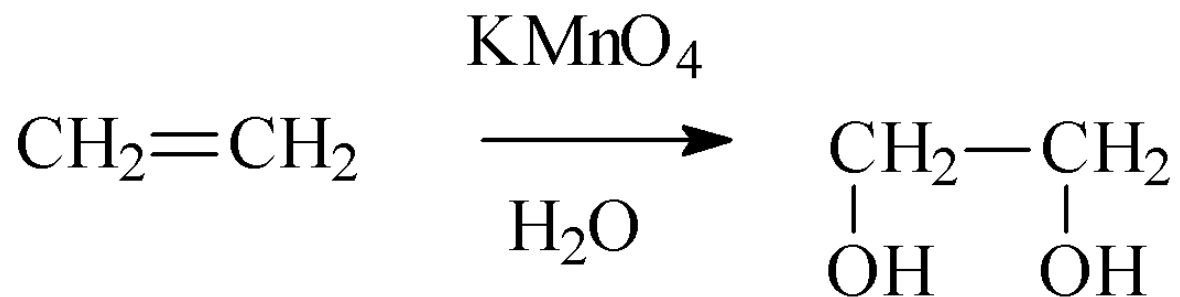


Гидратация алкинов

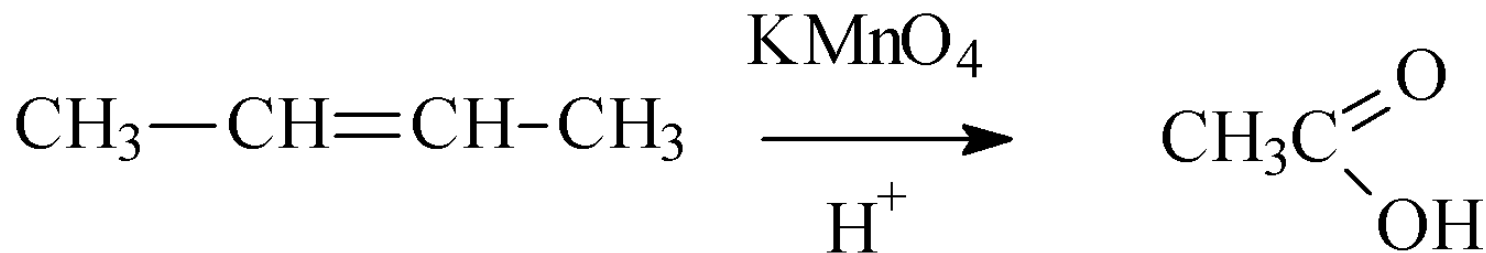


- Более важной *in vivo* является двойная связь. Возникновение двойной связи и её превращения характерны для многих биохимических процессов.

Окисление алкенов



Обесцвечивание KMnO_4 – качественная реакция на кратные связи.



Способы получения алканов,
алкенов, алкинов, алкадиенов

самостоятельно

Циклические углеводороды

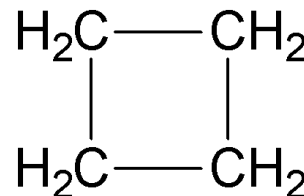
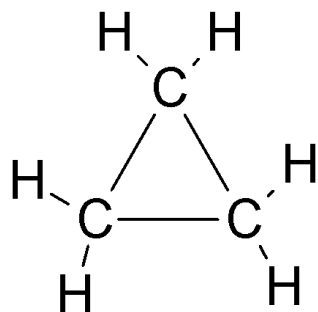
- I. Алициклические углеводороды:
- полиметиленовые углеводороды
 - производные ментана

По числу циклов: - моноциклические
- бициклические
- полициклические

Полиметиленовые углеводороды

По величине цикла

- малые циклы

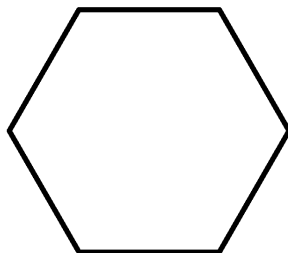
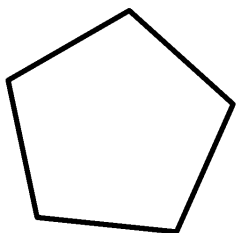


Структура плоская

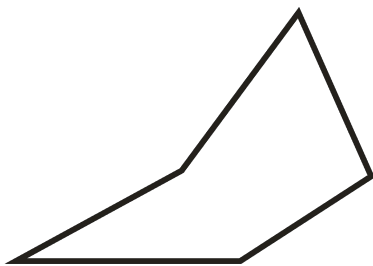
Валентные углы сильно отличаются от 109° ,
связи напряжены

Характерны реакции присоединения (как для алкенов)

- нормальные циклы
(5, 6, 7 атомов С в цикле)

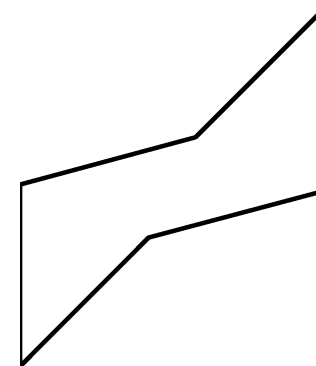
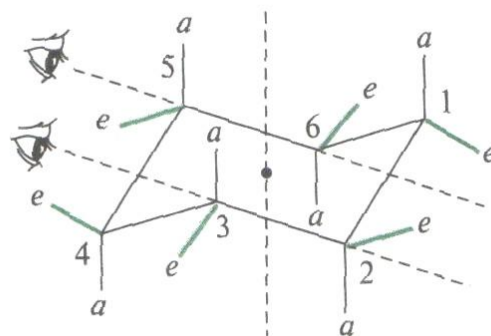
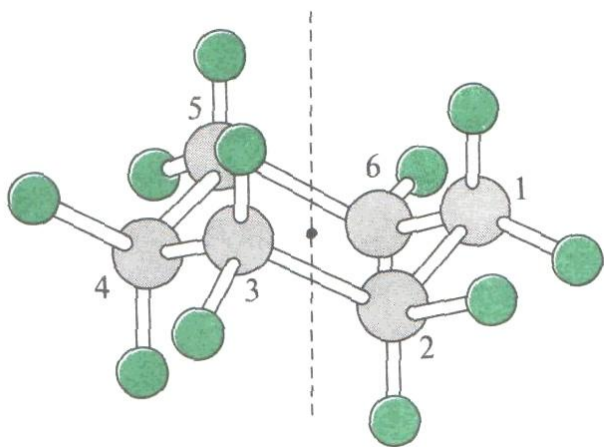


Характерны реакции радикального замещения
(как для алканов)

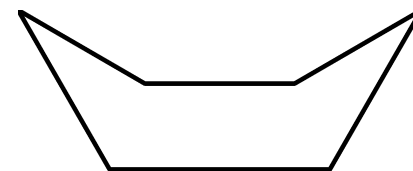
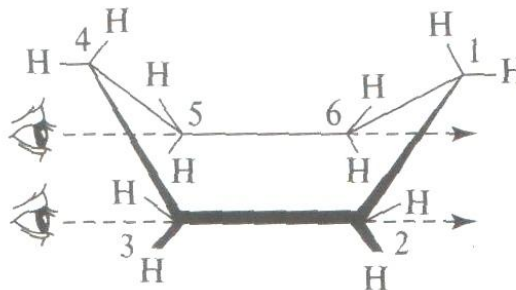
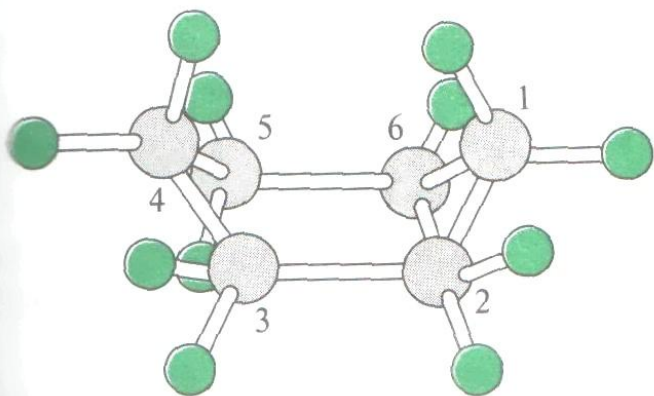


Конформация «конверта»,
искажение «бежит по кругу»

Конформации циклогексана



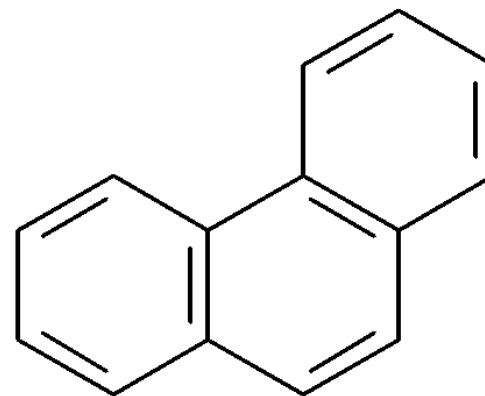
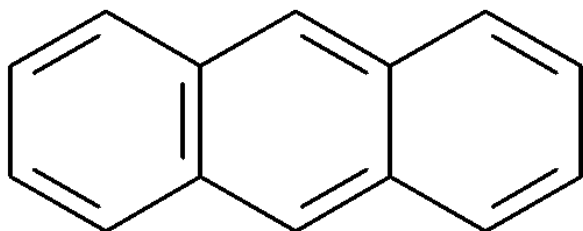
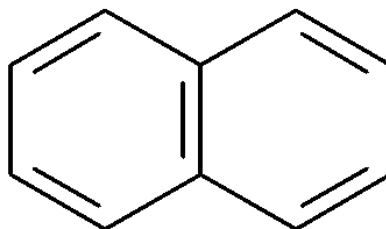
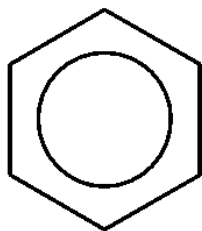
«кресло»



«ванна»

- средние циклы (8 – 11 атомов С)
- макроциклы (12 и больше атомов С)

II. Ароматические углеводороды



Критерии ароматичности

- Геометрический: все ароматические системы имеют плоскую замкнутую в цикл сопряжённую систему π -электронов
- Электронный: число π -электронов $N=4n+2$ ($n=0, 1, 2$ и т.д.) – правило Хюккеля
- Химический: ароматические молекулы в обычных условиях несмотря на свою ненасыщенность не вступают в реакции присоединения, а склонны к реакциям замещения по связям C-H

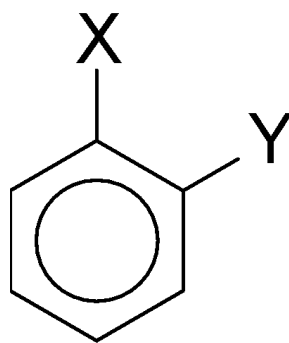
Механизм электрофильного замещения в ароматическом ядре S_E2



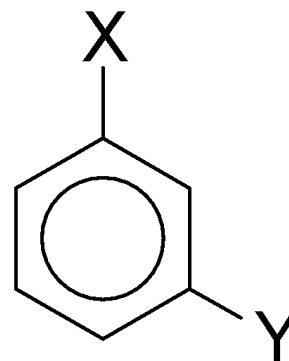
**Название
реакции****реагент****условия****E⁺****продукт**

галогени- рование	Cl ₂ , Br ₂	AlCl ₃ , AlBr ₃ , (Fe)	Cl ⁺ , Br ⁺	хлорбензол, бромбензол
нитрование	HNO ₃	H ₂ SO ₄	NO ₂ ⁺	нитробензол
сульфиро- вание	H ₂ SO ₄	обратимая реакция	HSO ₃ ⁺	бензолсуль- фо кислота
алкилиро- вание	RCI	AlCl ₃	R ⁺	арен
ацилиро- вание	RCOCl	AlCl ₃	RCO ⁺	ароматичес- кий кетон

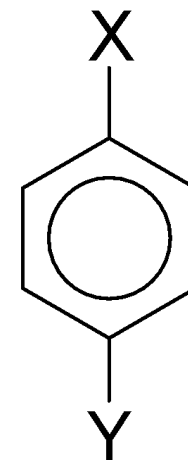
Ориентирующее действие заместителей в бензольном ядре



орто-



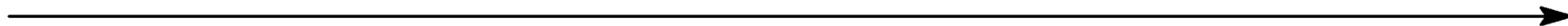
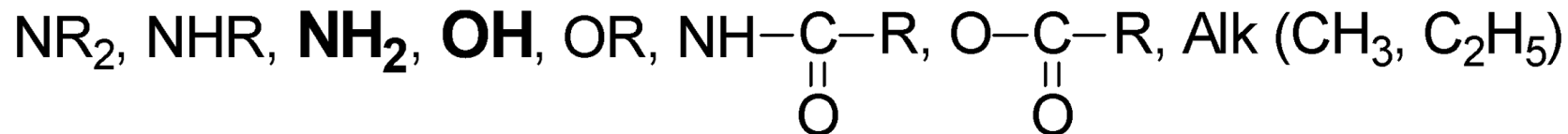
мета-

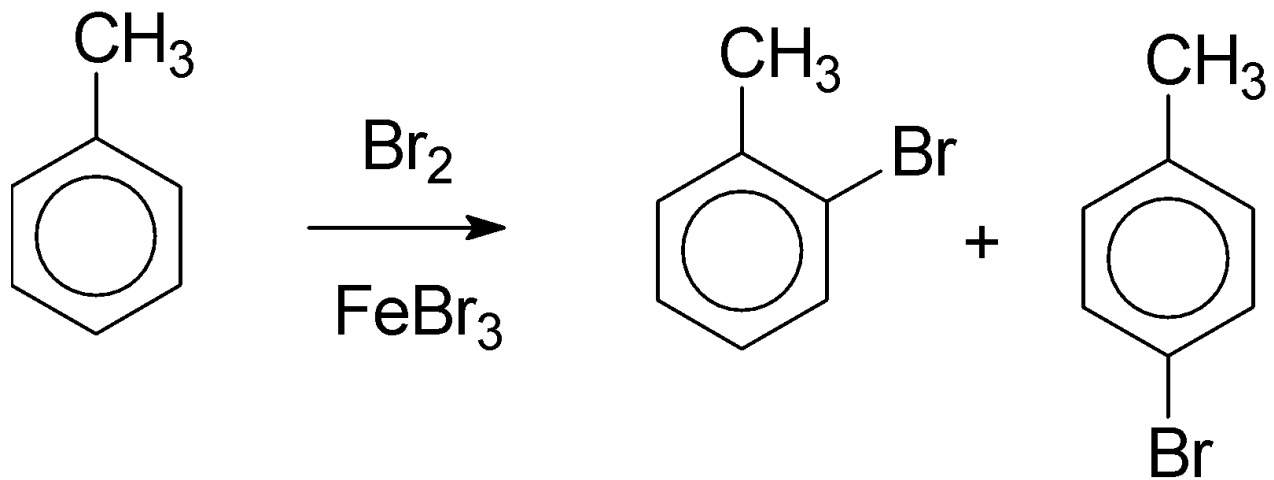


пара-

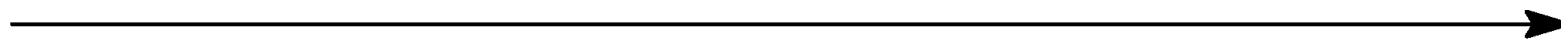
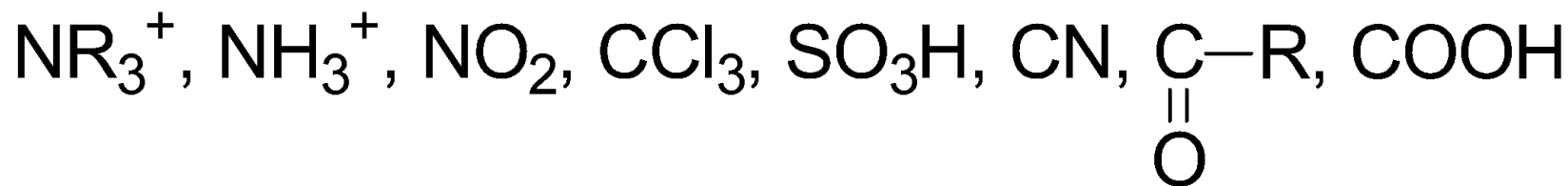
Заместители

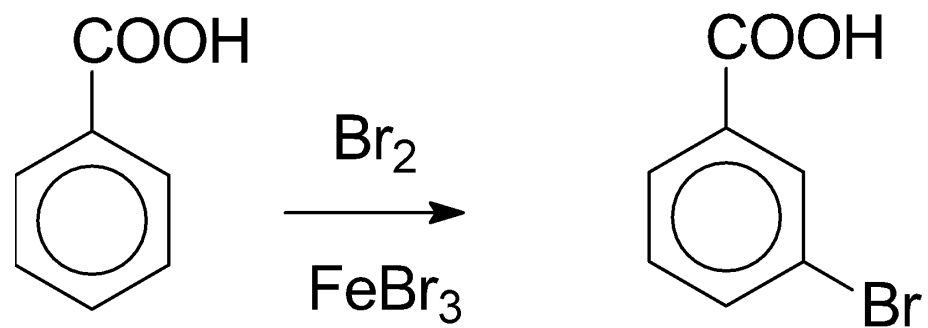
- I. Активирующие ЭД-заместители. Облегчают ЭФ-замещение по сравнению с незамещённым бензолом, и направляют входящую группу в **орто-** и **пара-**положения.



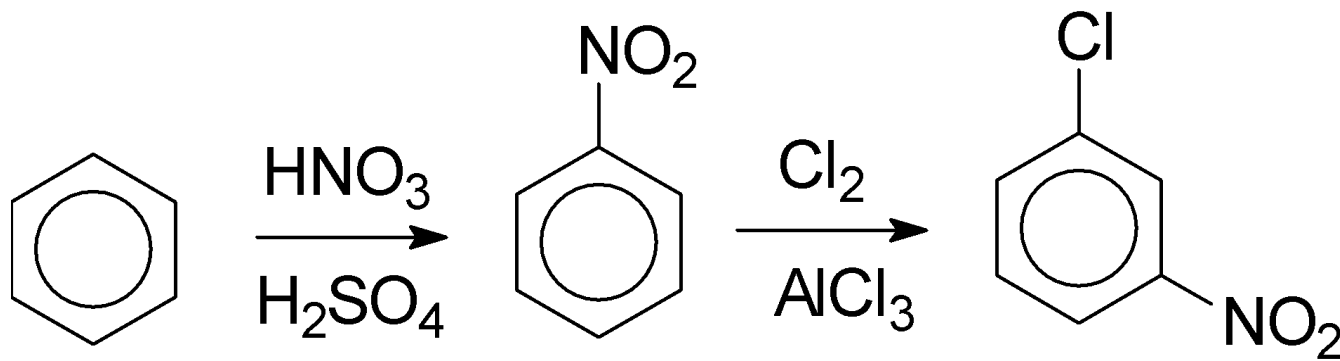
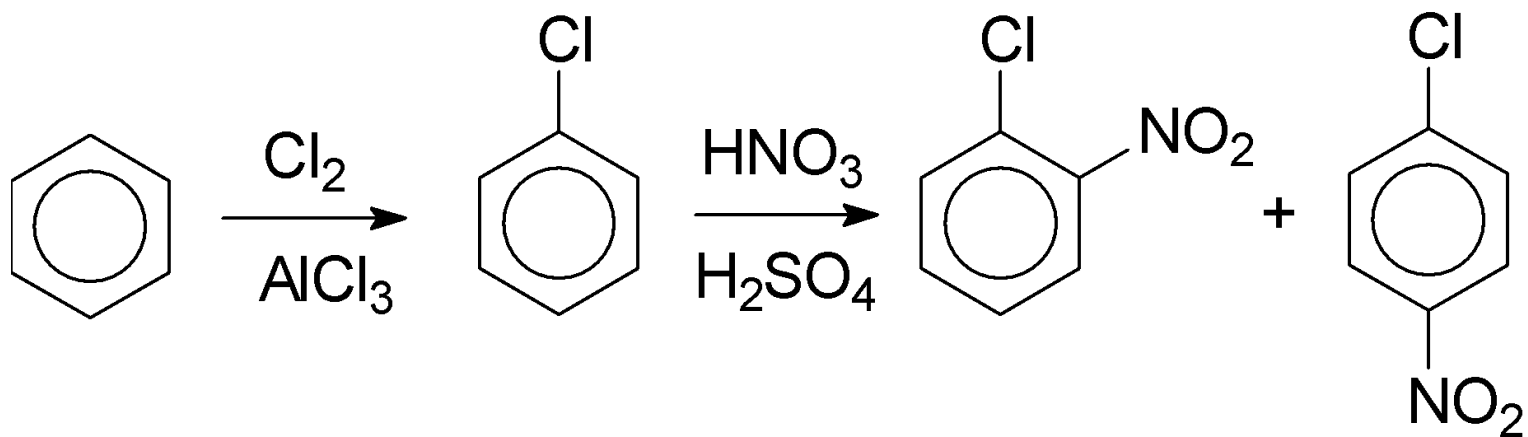


- II. Дезактивирующие ЭА-заместители.
Затрудняют ЭФ-замещение по сравнению с незамещённым бензолом, и направляют входящую группу в **meta**-положение.

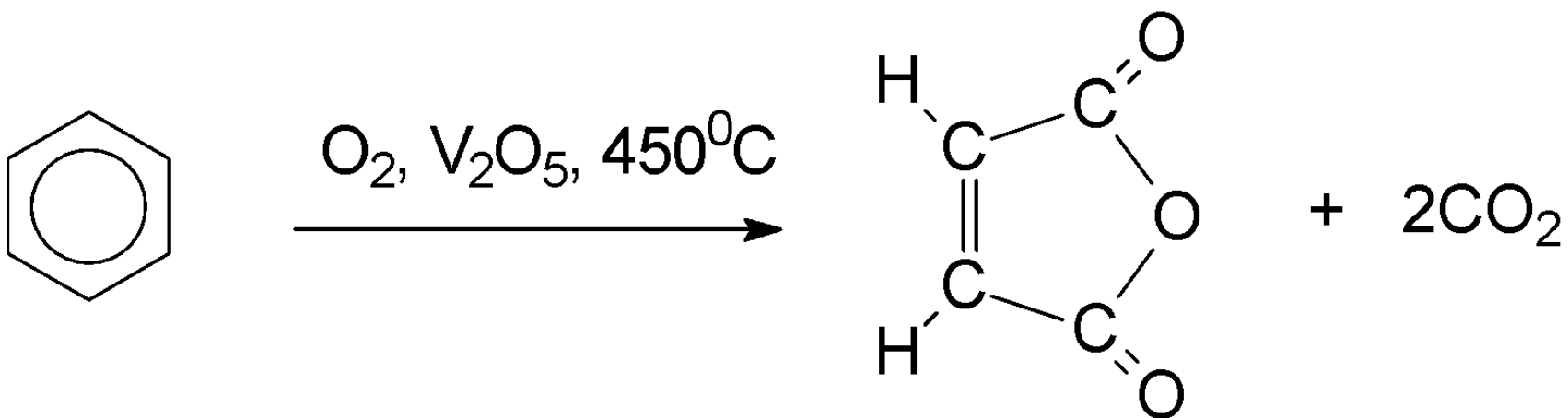




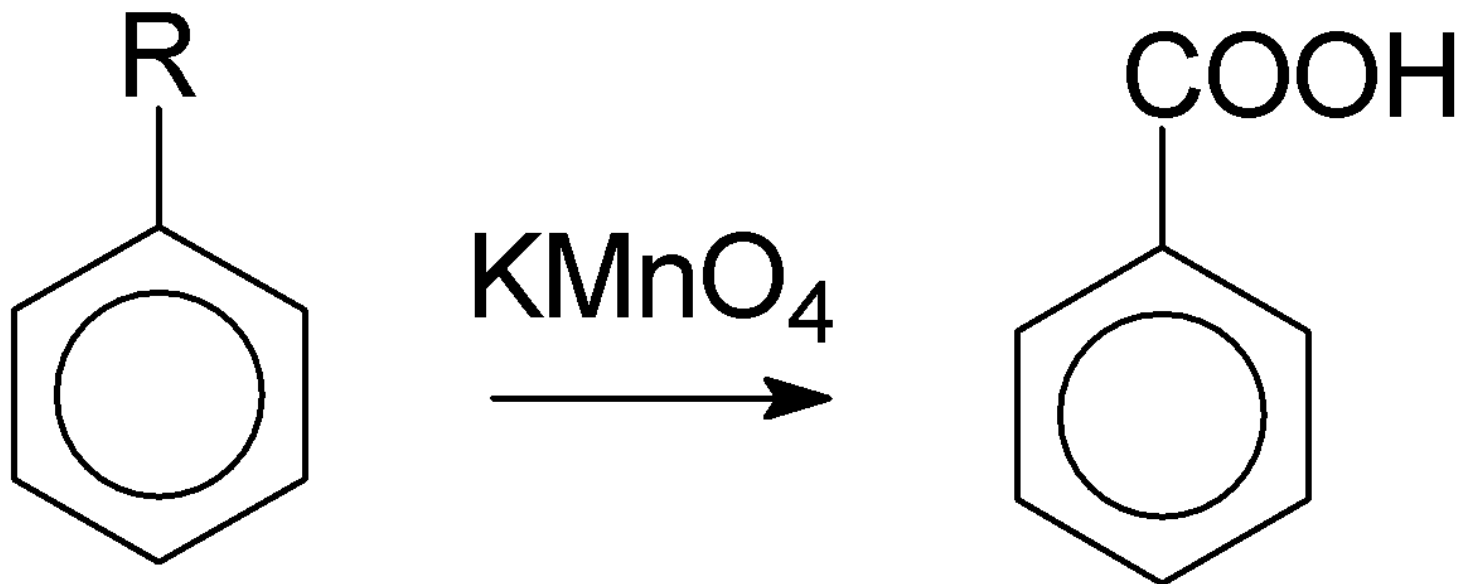
- III. Дезактивирующие *орто-* и *пара-* ориентанты: **F, Cl, Br, I**
(-I), (+C)



Окисление ароматических соединений

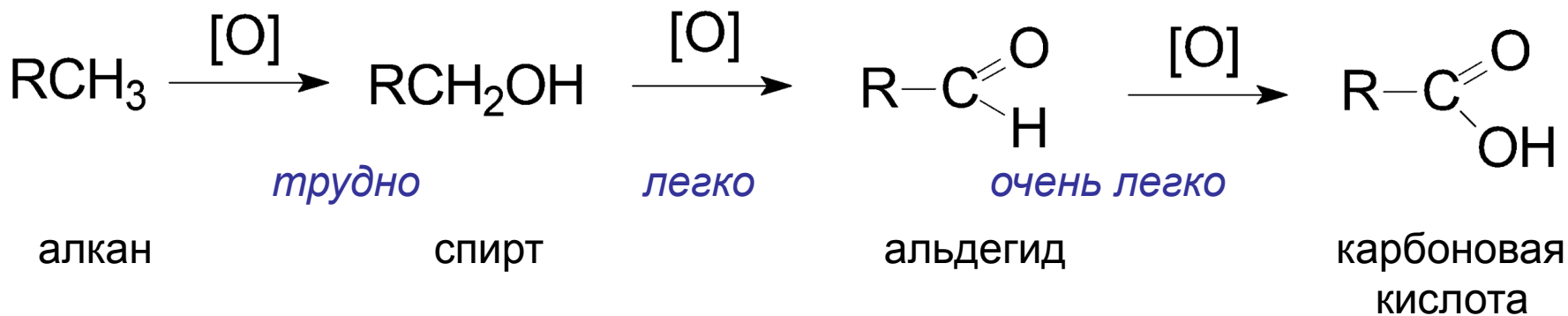


Окисление аренов



R = Алк (CH₃, C₂H₅)

Генетическая связь между классами химических соединений:



Гидроксилпроизводные углеводородов

Спирты. Фенолы.

Гидроксилпроизводные углеводородов

СПИРТЫ (RON)

Классификация

<p>В зависимости от числа гидроксильных групп (-ОН)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - одноатомные - многоатомные
<p>В зависимости от строения углеводородного радикала R</p>	<ul style="list-style-type: none"> - насыщенные (предельные) - ненасыщенные (непредельные)
<p>Предельные одноатомные спирты $C_n H_{2n+1} OH$ в зависимости от того, к какому атому углерода присоединена группа OH</p>	<ul style="list-style-type: none"> - первичные  - вторичные  - третичные 

Номенклатура

	<i>научная</i>	<i>тривиальная (спиртовая)</i>
CH_3OH	метанол	метил овый спирт (древесный спирт)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)	этанол	этил овый спирт (винный спирт)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	1-пропанол 2-пропанол <i>и так далее</i>	пропил овый спирт изопропил овый спирт

Химические свойства спиртов

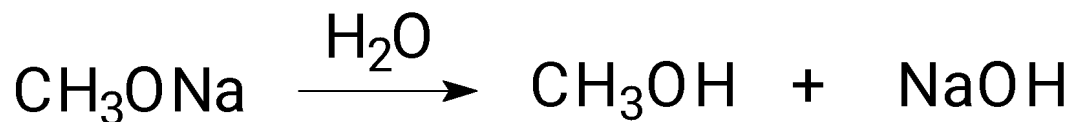
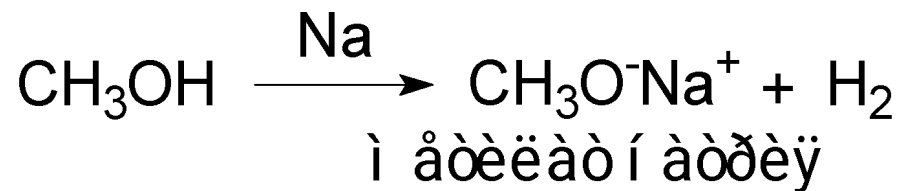
- **I. Реакции с сохранением атома кислорода в молекуле спирта**

- 1) кислотно-основные свойства спиртов.**

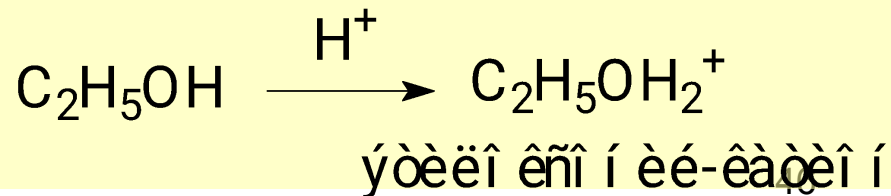
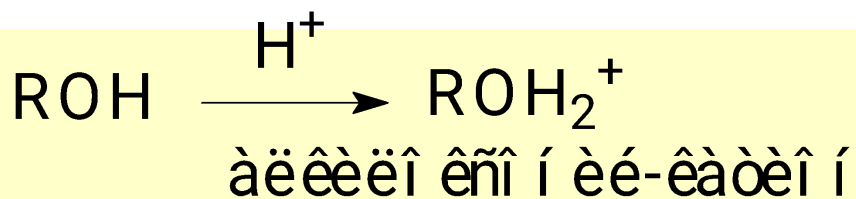
Спирты – производные воды, обладают слабо выраженными кислотными и основными свойствами.



àëêàí î ëÿò-èî í
(àëêî êñèä-èî í)

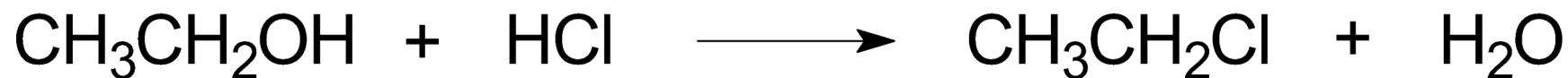


Как основания спирты сильнее, чем вода:

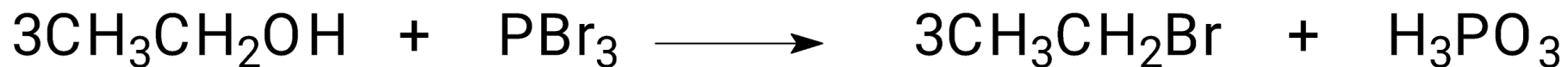


- II. Реакции с разрывом связи C-O

1) взаимодействие с галогеноводородами HCl, HBr, HI

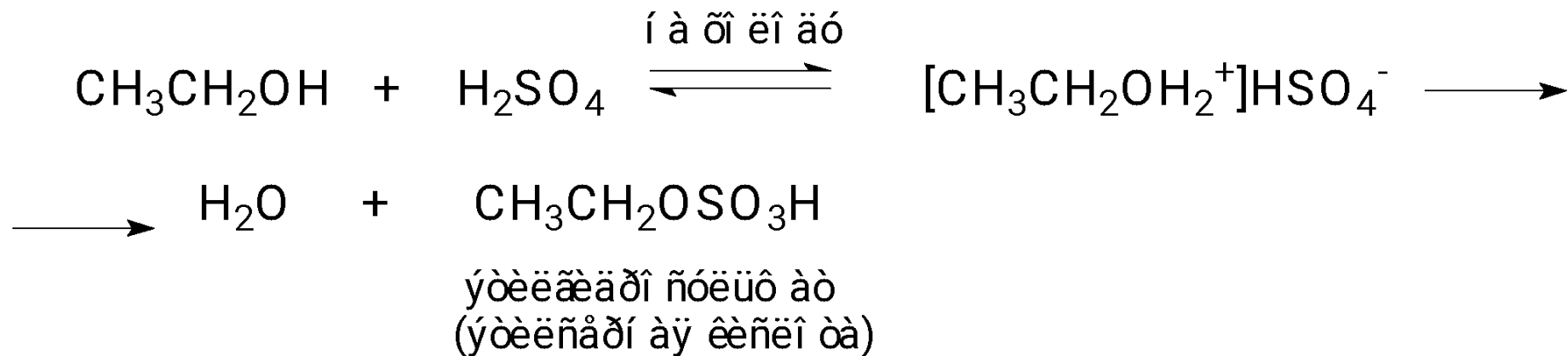


2) Взаимодействие с галогенидами фосфора



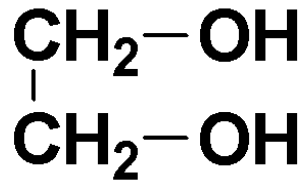
+I₂ + P_{красный}

3) С кислородсодержащими неорганическими кислотами

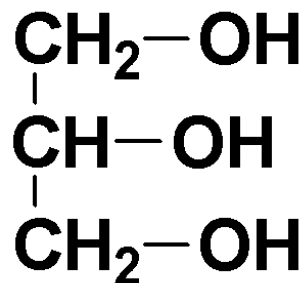


Лаурилсульфат (15 атомов С) – основа шампуней

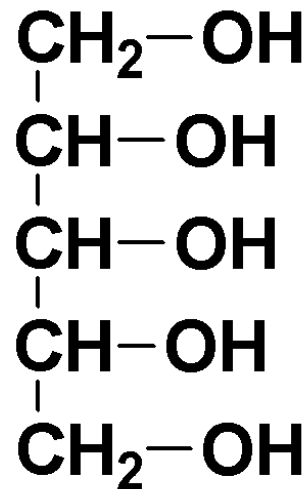
Пределные многоатомные спирты



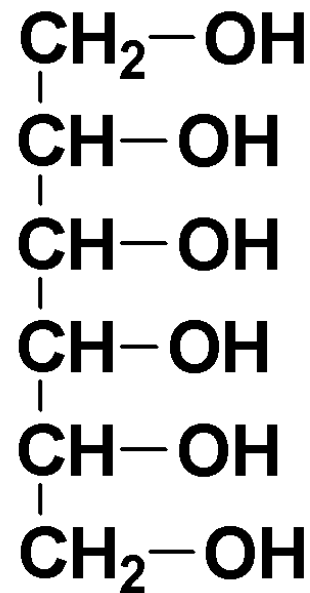
этиленгликоль



глицерин



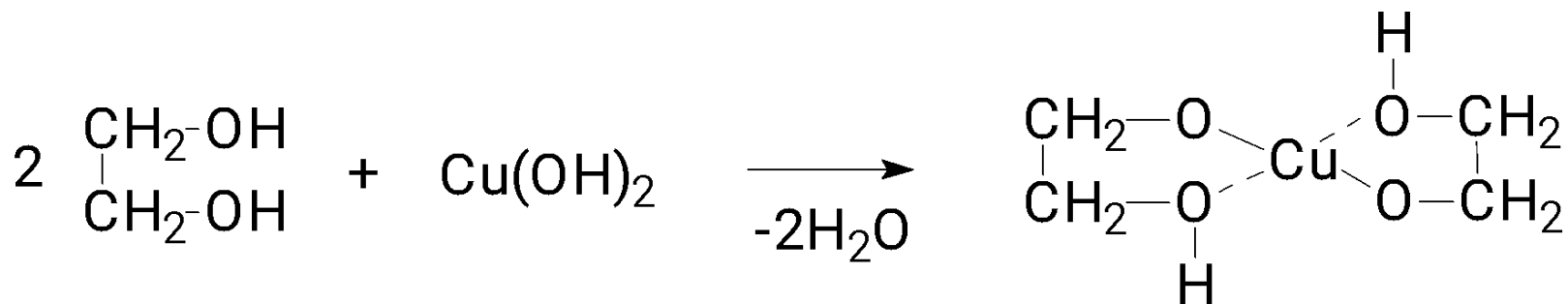
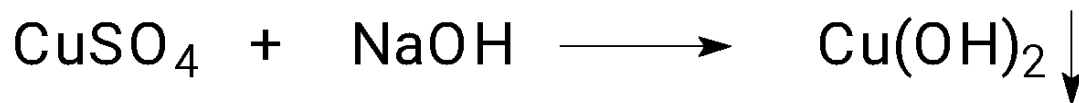
ксилит



сорбит

Качественная реакция на многоатомные спирты

Двух- и трёхатомные спирты образуют гликоляты или глицераты с гидроокисями тяжелых металлов, например, меди:

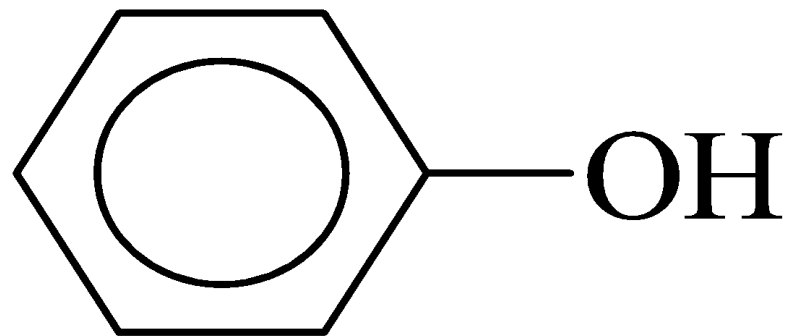


Хелатная структура, внутрикомплексная соль

Раствор ярко-синего цвета

ФЕНОЛЫ

Одноатомные фенолы

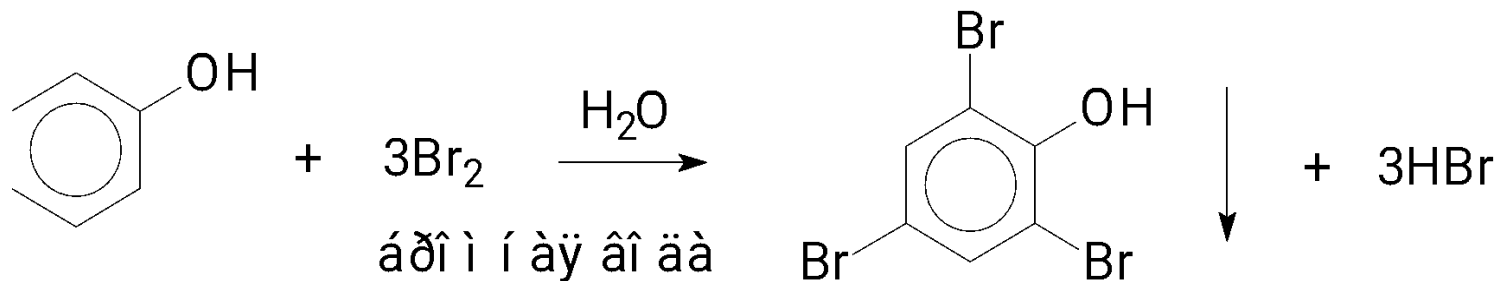


(оксибензол)

Химические свойства фенолов

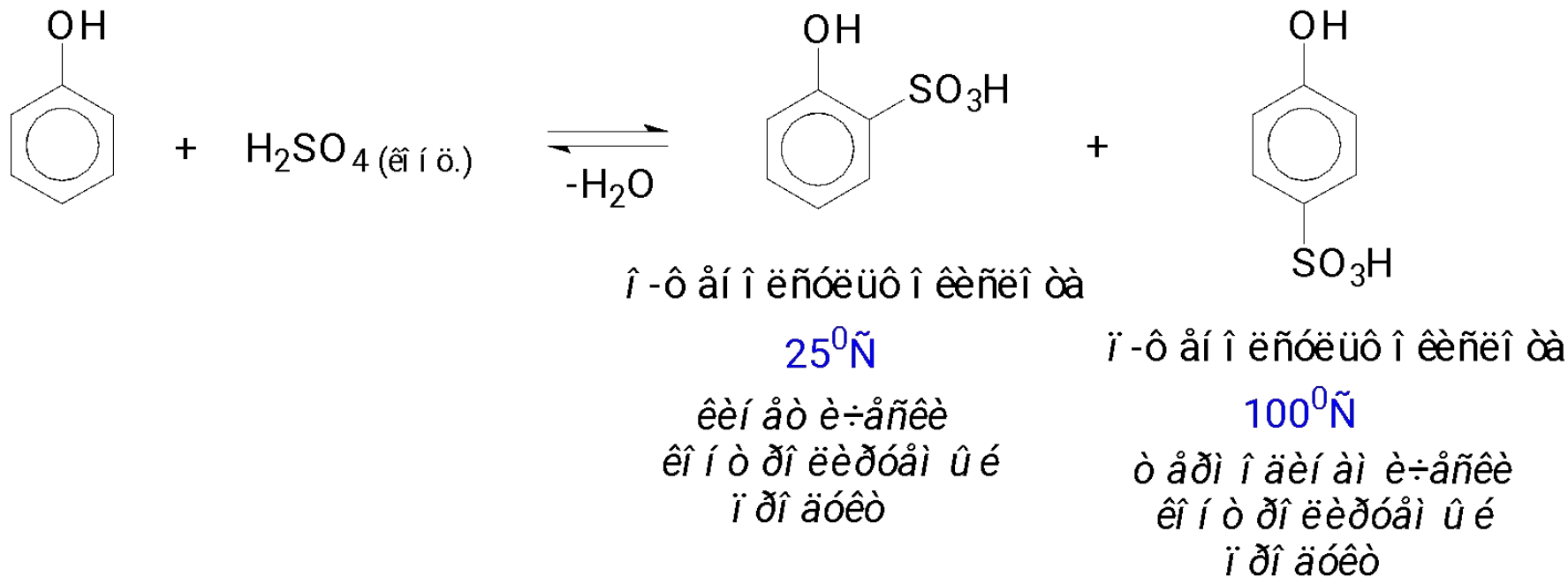
I. Реакции электрофильного замещения (S_E) (характерны для ароматического ядра) *ОН – электронодонор*

1. Галогенирование



2,4,6-òðèáđî ò áí î ë
áâëü é î ñàãî ê

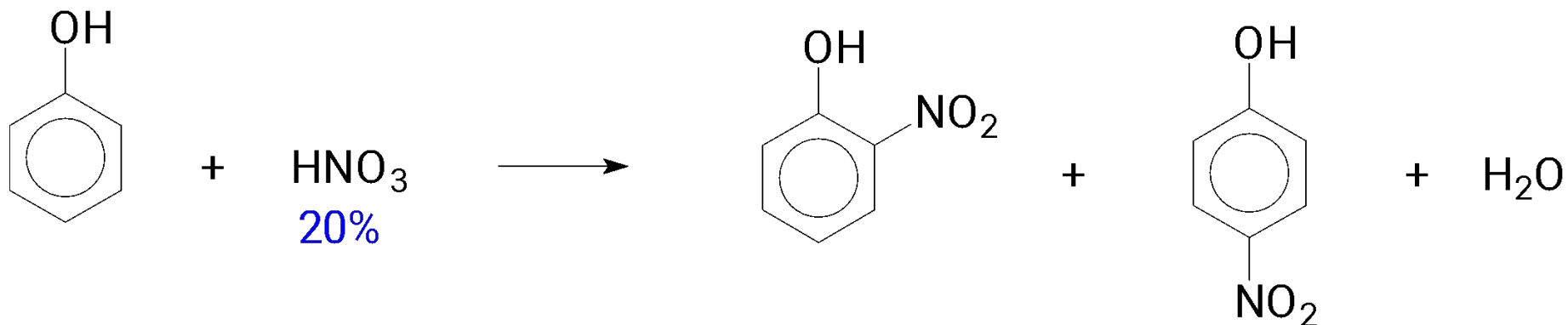
2. Сульфирование



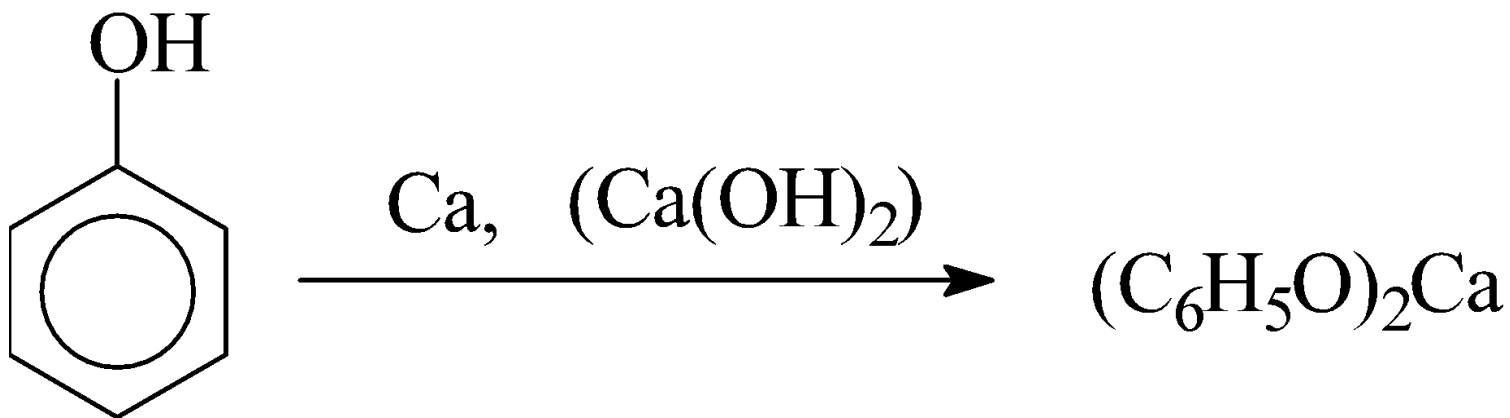
3. Нитрование

Концентрированная азотная кислота и нитрующая смесь

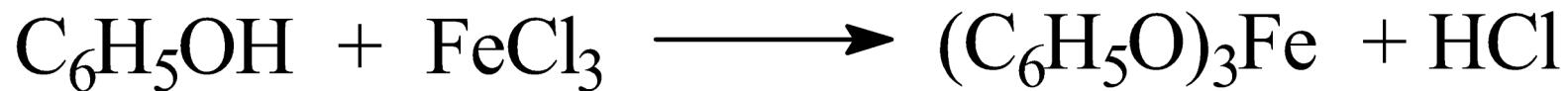
окисляют фенол, поэтому его нитруют разбавленной HNO_3



II. Кислотные свойства гидроксильной группы

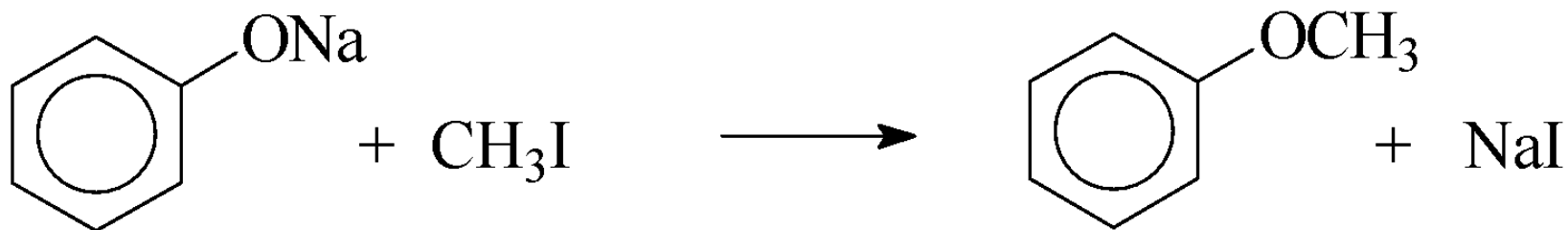
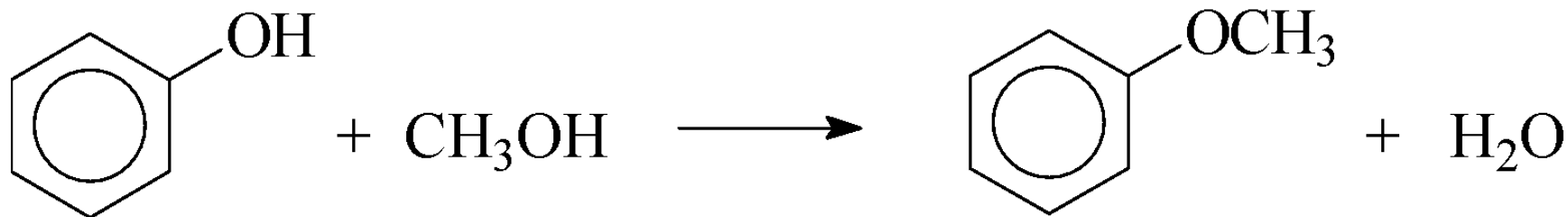


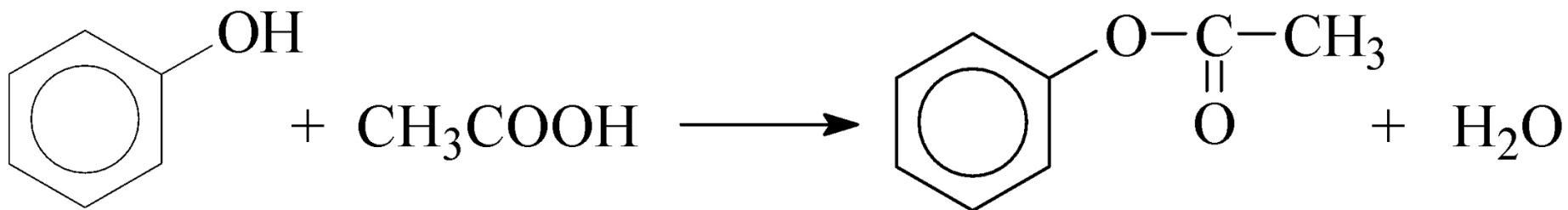
Качественная реакция на все фенолы



Фенолят железа(III)
Фиолетовое окрашивание

III. Образование эфиров (реакции OH-группы)

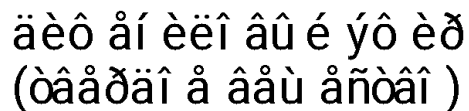
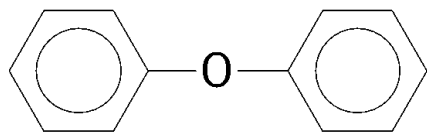
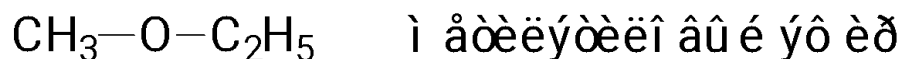
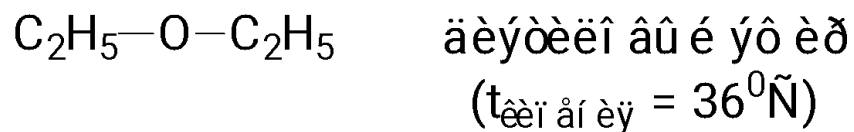




ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

R-O-R, Ar-O-R, Ar-O-Ar

(Ar – ароматический радикал)

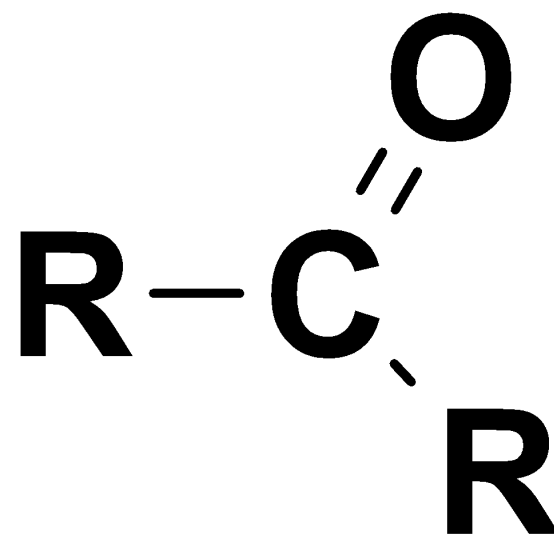
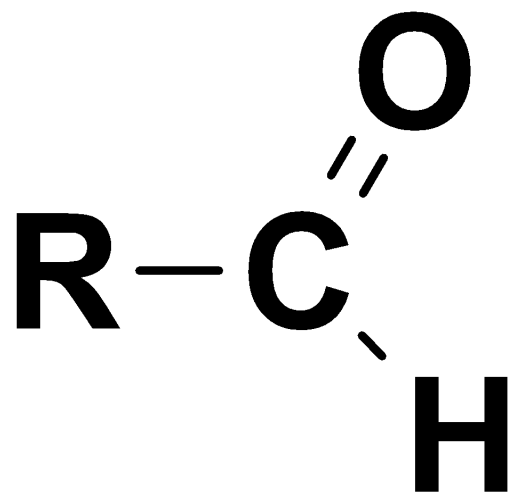


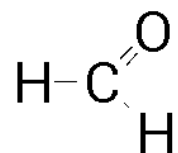
Изомерны соответствующим спиртам

Малореакционноспособные соединения.

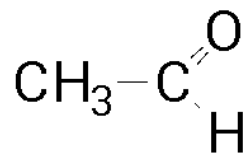
Устойчивы к гидролизу, действию разбавленных кислот, сильных оснований.

Карбонильные производные

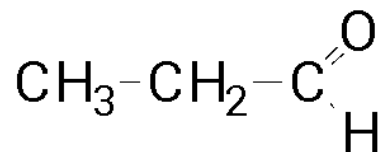




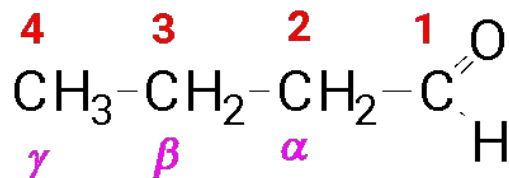
ì áòàí àëü; ô î ðì àëüääãëä; ì óðàâüèí û é àëüääãëä (ãàç)



ýòàí àëü; àöåòàëüääãëä; óêñóñí û é àëüääãëä ($t_{\text{ëëí}} = 20^0\text{Ñ}$)

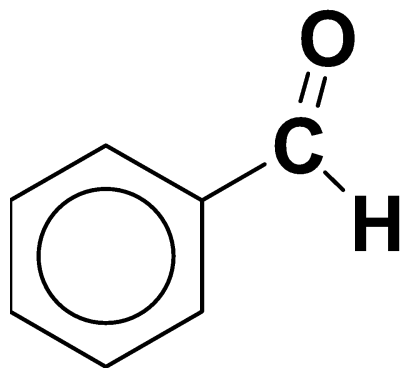


ï ðí ì áí àëü; ì ðí ì èí í î âú é àëüääãëä



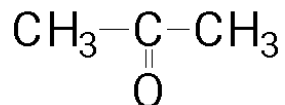
áóòàí àëü; ì àñëýí û é àëüääãëä

- ароматические альдегиды

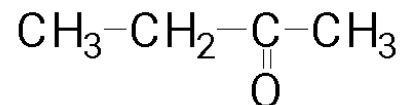


бензальдегид

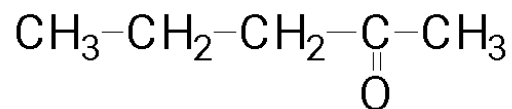
- алифатические кетоны $C_n H_{2n} O$



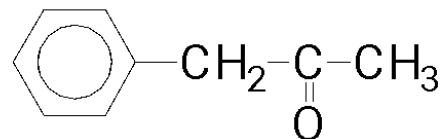
2-пропанон; ацетон



2-бутанон; метилэтилкетон

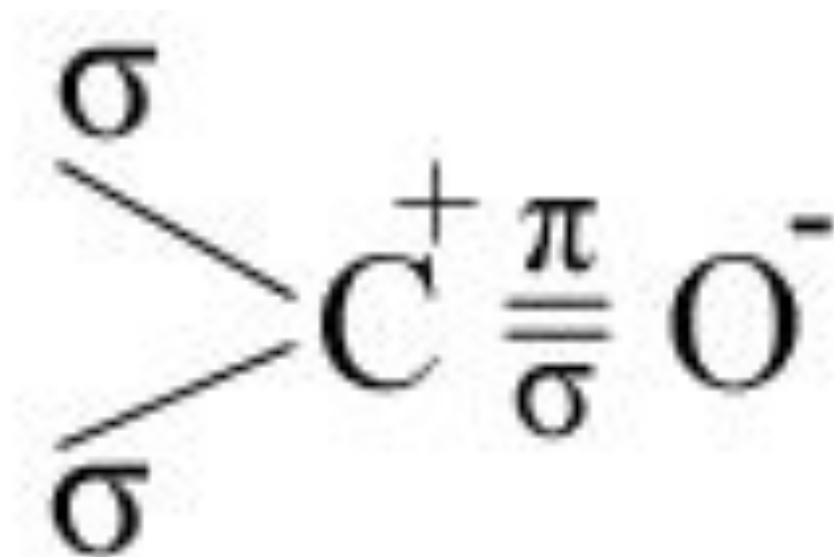


2-пентанон; метилпропилкетон



1-фенилпропан-2-он; ацетилфенилкетон

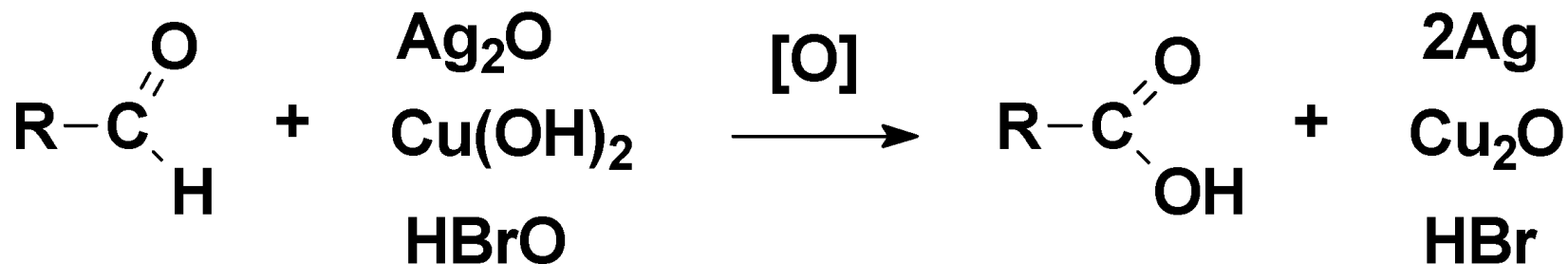
Строение и свойства карбонильной группы



Химические свойства альдегидов и кетонов

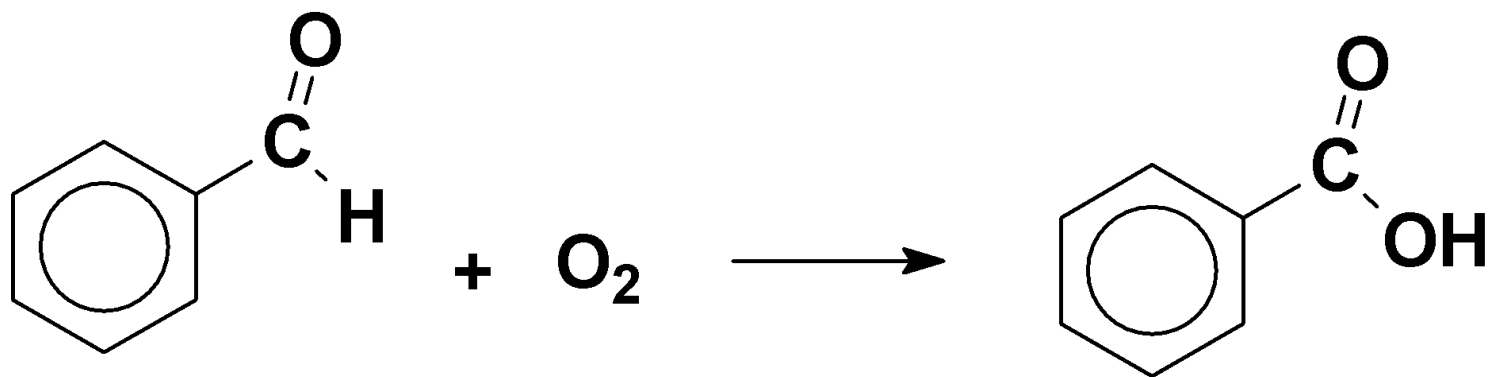
Реакции окисления

a)



реакции с Ag_2O и $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – качественные на альдегидную группу

б) ароматический бензальдегид окисляется прямо на воздухе:

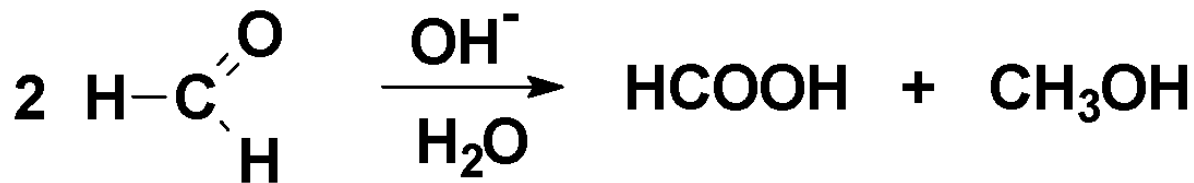
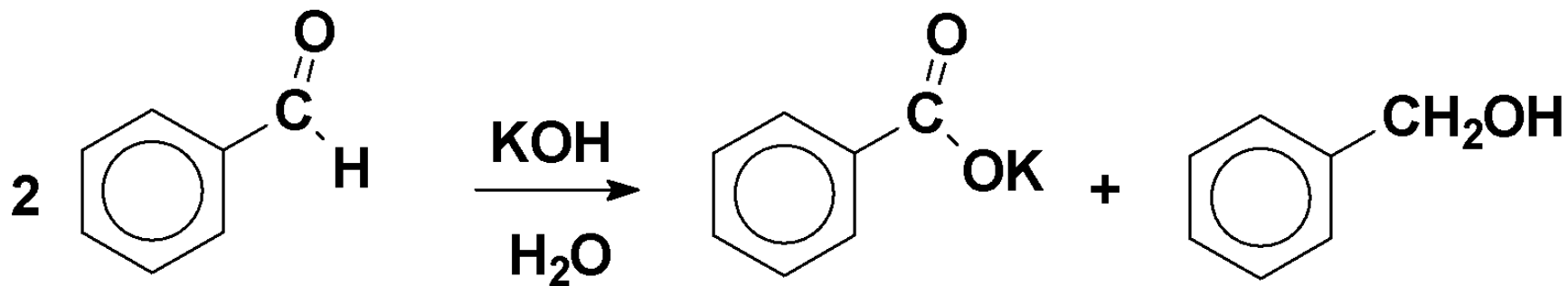


жидк.

тв. кристаллы

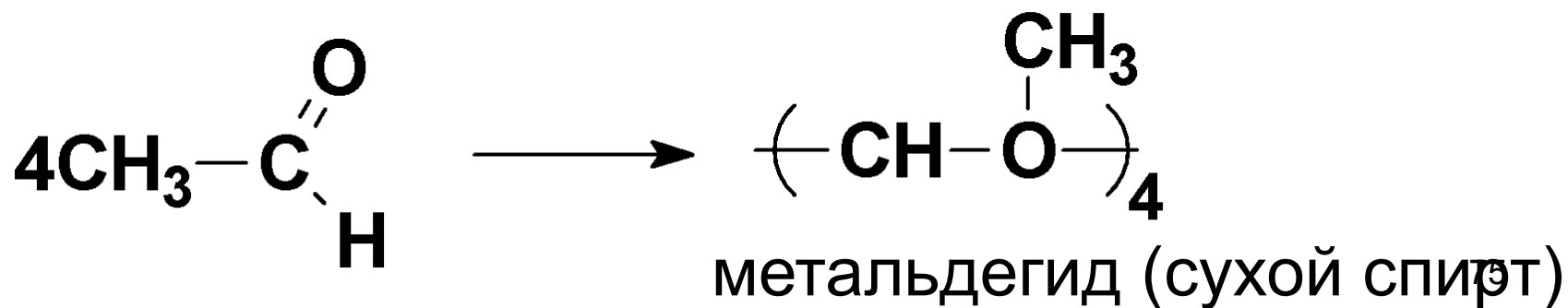
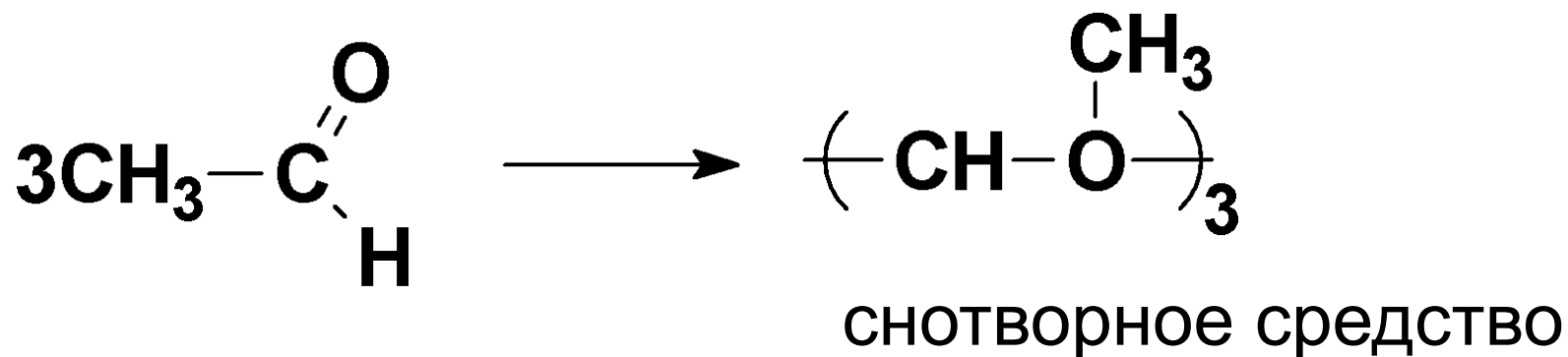
в) кетоны не окисляются, а в жестких условиях разрушаются.

г) реакция дисмутации
(реакция Канниццаро):

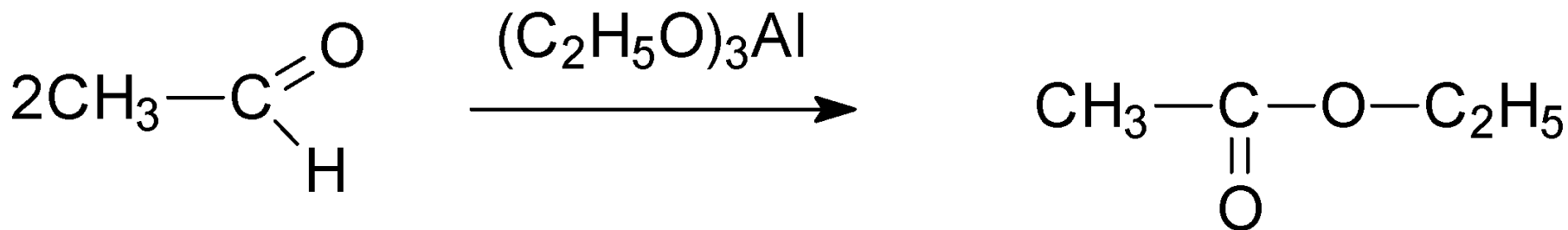


Реакции полимеризации и конденсации

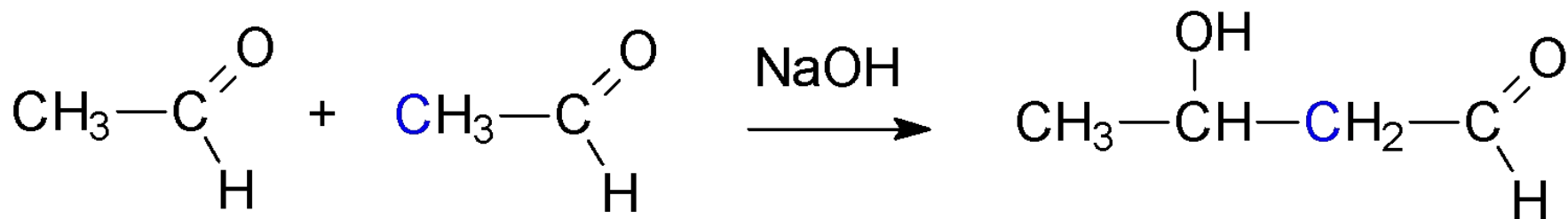
а) полимеризация характерна для низших альдегидов:



б) сложно-эфирная конденсация (реакция Тищенко):

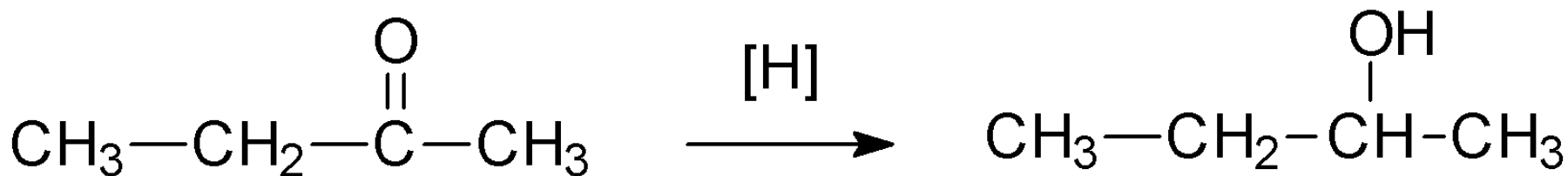
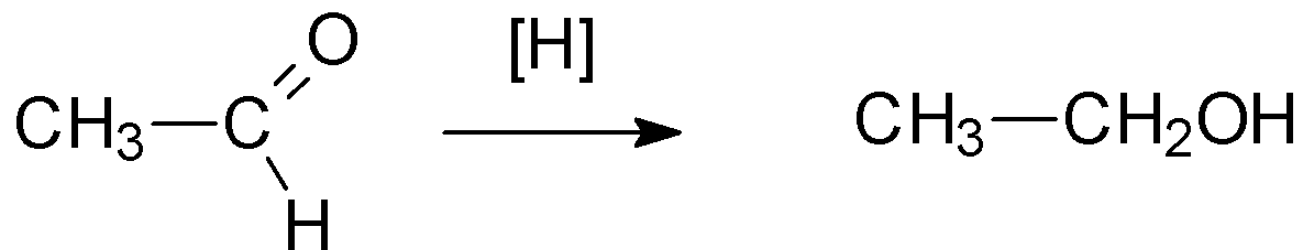


в) альдольная конденсация (реакция Бутлерова):



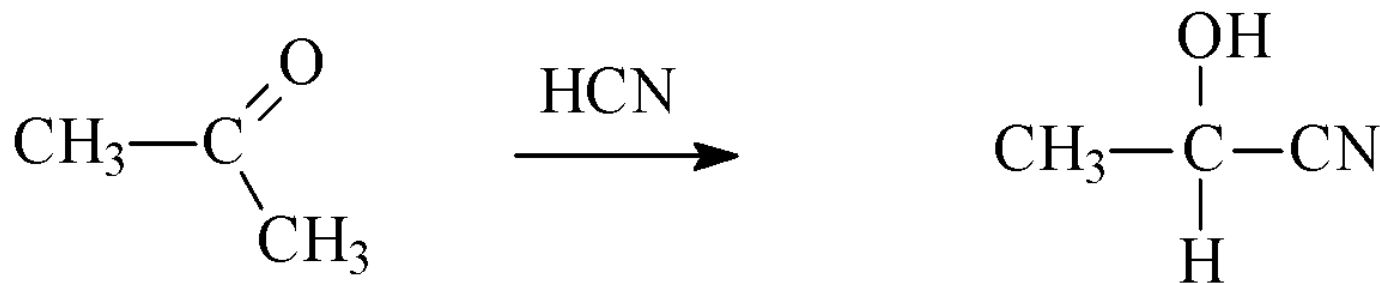
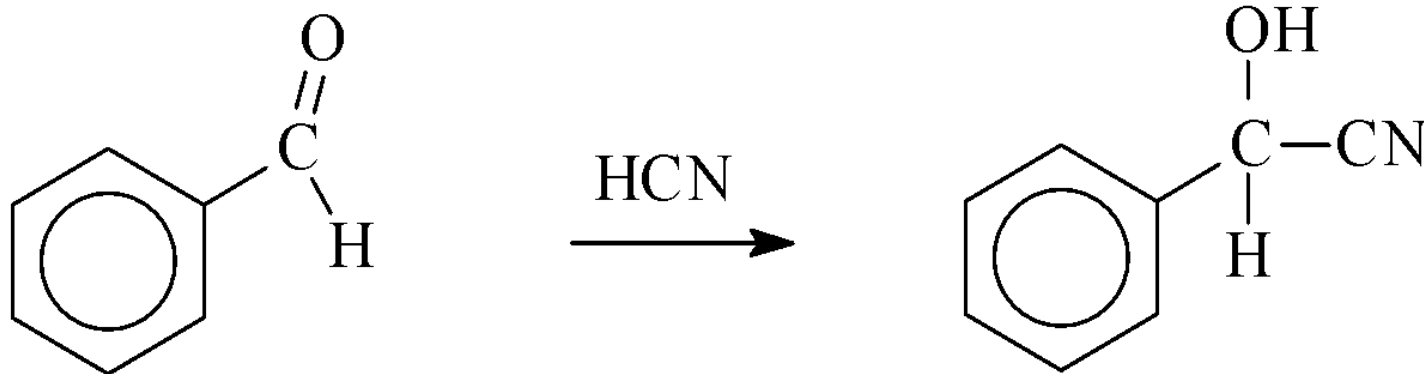
Реакции присоединения к карбонильной группе

а) присоединение водорода (H_2/Ni)
(восстановление)

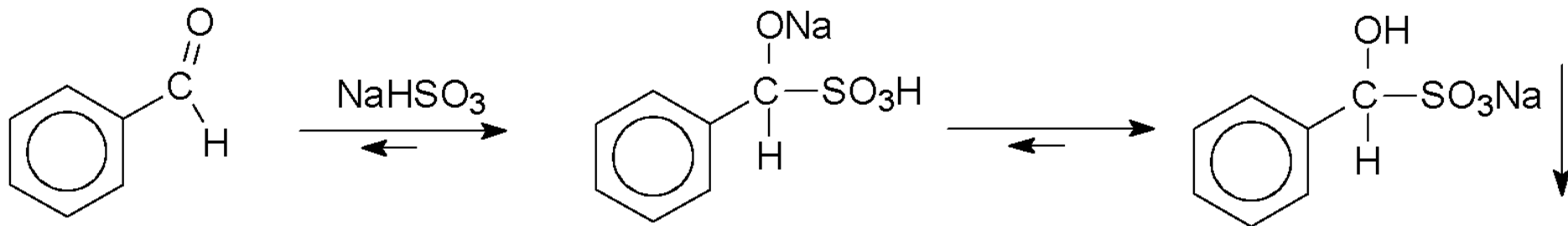


б) +HCN

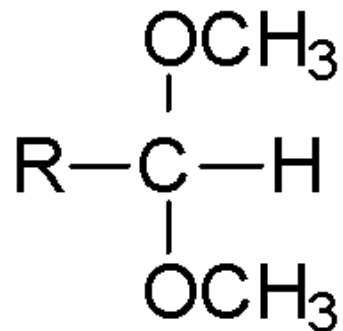
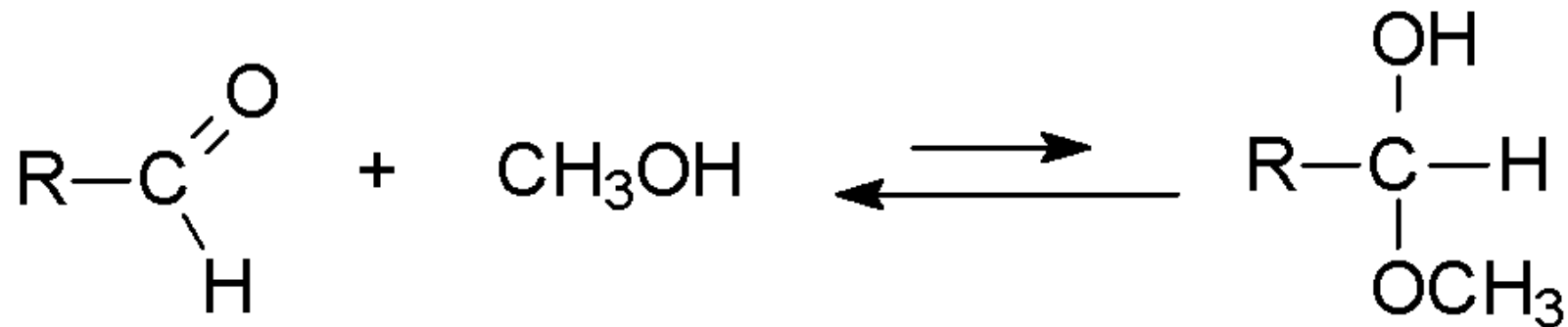
HCN – очень слабая кислота. Анион любой слабой кислоты является сильным нуклеофилом.



в) присоединение бисульфита натрия **NaHSO₃**

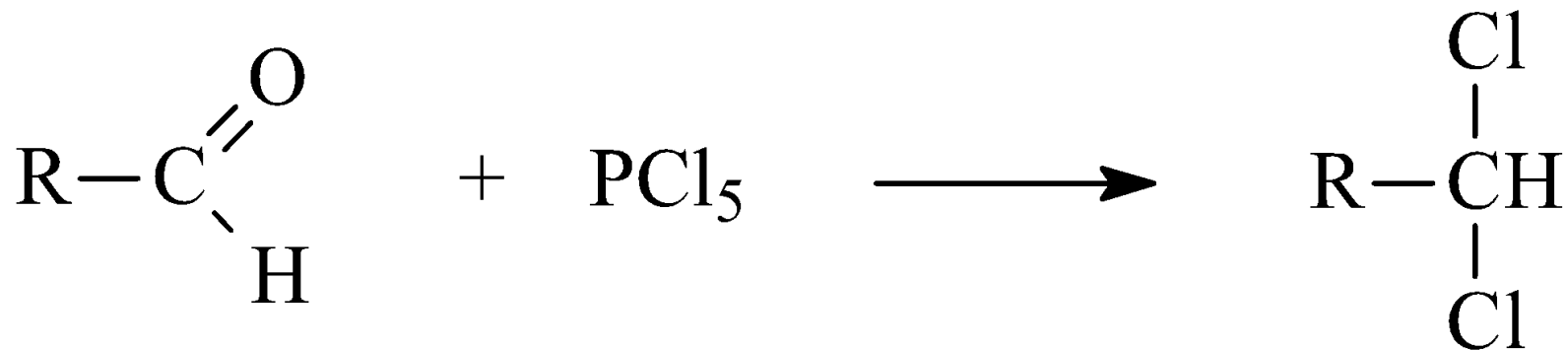


г) образование полуацеталей и ацеталей:



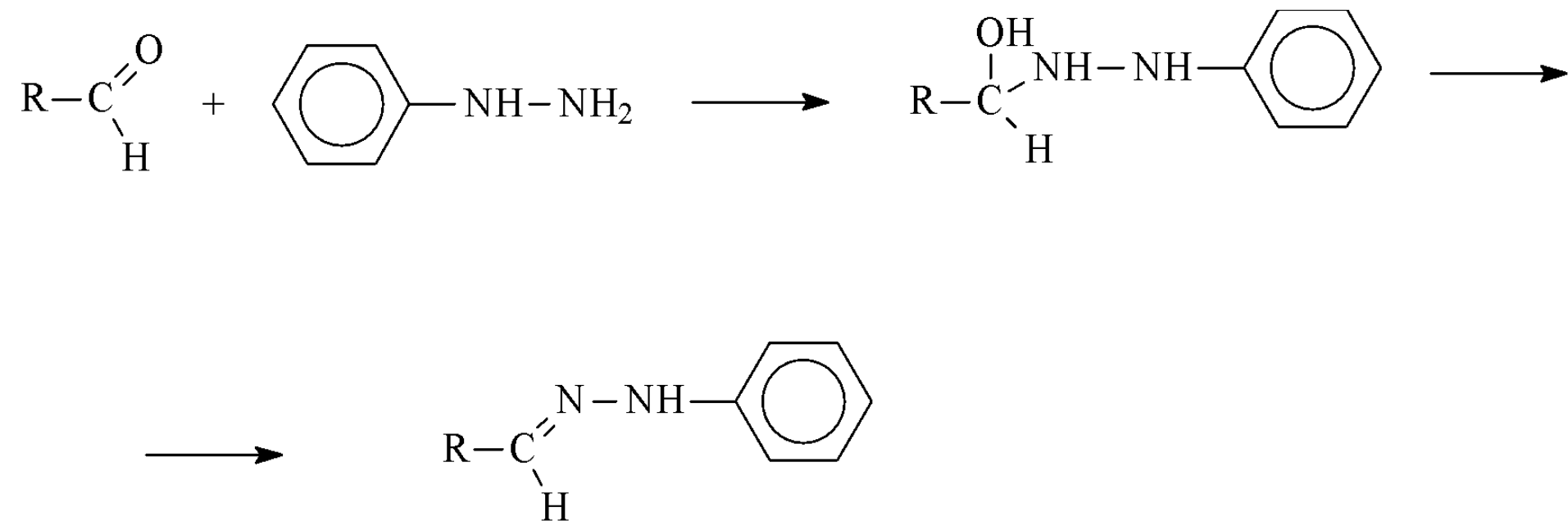
д) аналогично для кетонов идет образование полукеталей и кеталей

е) Взаимодействие с PCl_5 , PBr_5 , PI_5



ж) Взаимодействие с производными аммиака

с фенилгидразином $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$:

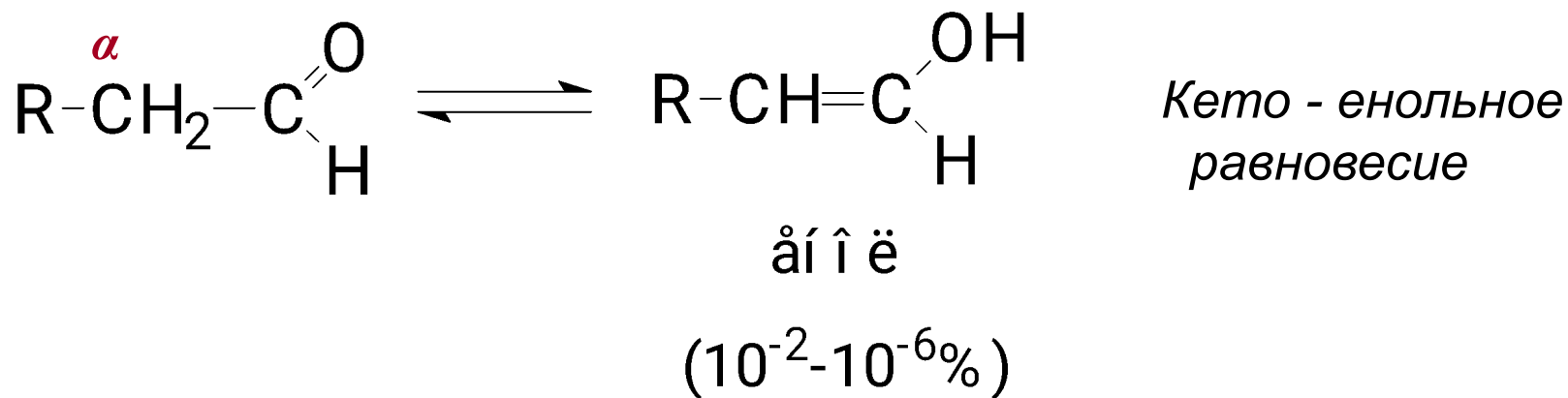


аналогично идут реакции с гидроксиламином (NH_2OH),
с первичными аминами, аминокислотами

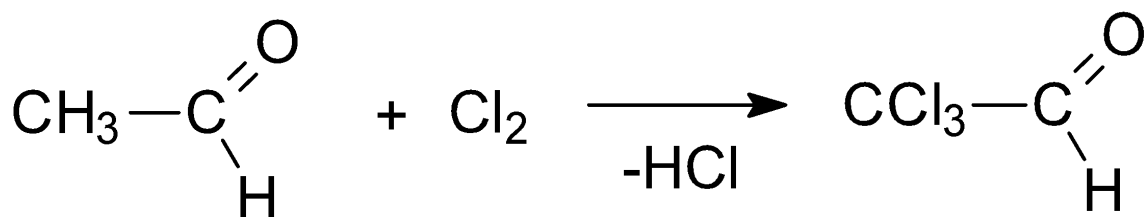
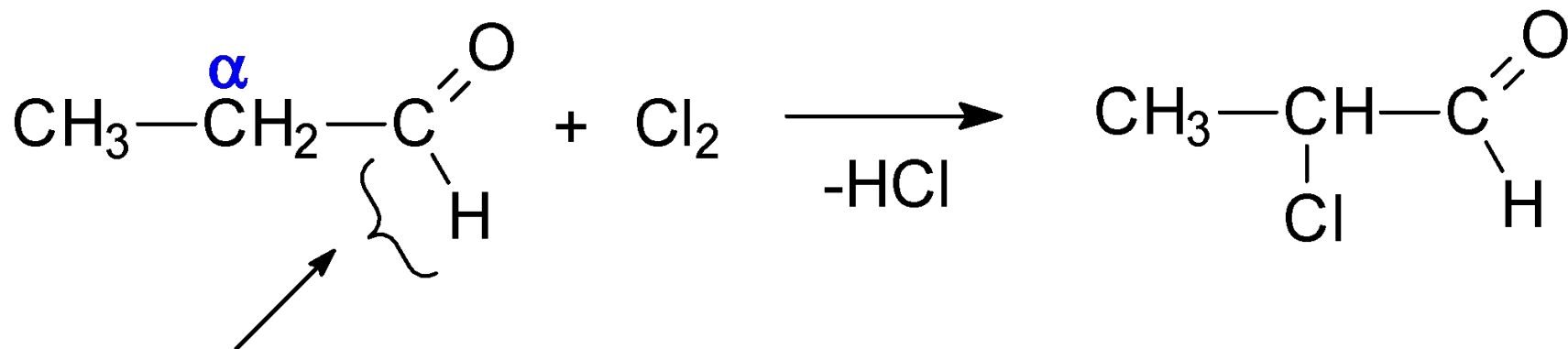
Реакции по связям С-Н в алкильном радикале R

а) кислотность и енолизация

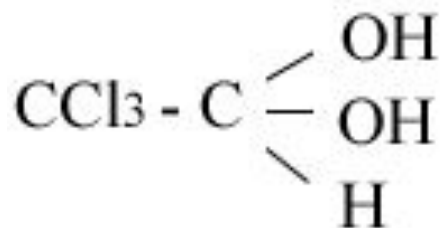
Альдегиды и кетоны с водородным атомом в α -положении к $>C=O$ группе – слабые С-Н- кислоты



б) галогенирование альдегидов и кетонов



хлораль



хлоральгидрат

Получение альдегидов и кетонов

- Окислением первичных спиртов (CuO) получают альдегиды, а при окислении вторичных спиртов – кетоны
- Из дигалогенпроизводных

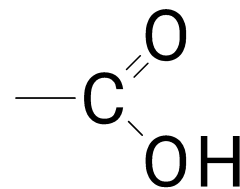
КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

(карбоксильные производные)

- Классификация:
 - алифатические КК (предельные и непредельные)
 - ароматические КК
 - гетероциклические КК

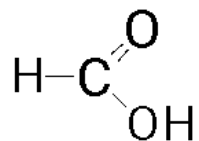
- монокарбоновые кислоты (одноосновные)
- дикарбоновые (двухосновные)
- поликарбоновые

Содержат карбоксильную группу,
связанную с алкильной или арильной группой



Предельные монокарбоновые кислоты $C_n H_{2n+1} COOH$

Номенклатура



ì áòáí î âàÿ

ì óðàâüèí àÿ èèñëî àà

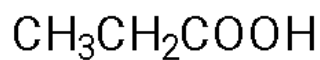
HCOO^- ô î ðî èàò



ýòáí î âàÿ

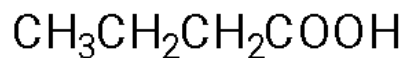
óéñóñí àÿ èèñëî àà

CH_3COO^- àöâòàò



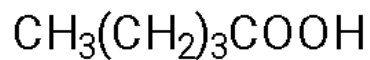
ï ðî ï èí í î âàÿ èèñëî àà

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$ ï ðî ï èí í àò



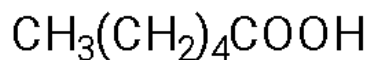
ì àñëÿí àÿ èèñëî àà

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$ áóèèðàò



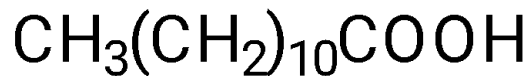
âèèâðèàí î âàÿ

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COO}^-$ âàèâðàò

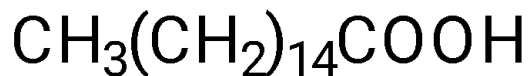


èàí ðî í î âàÿ

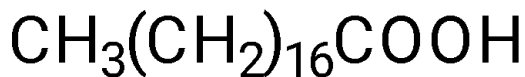
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COO}^-$ èàí ðî àò



èàóðèí î âàÿ èèñëî àà

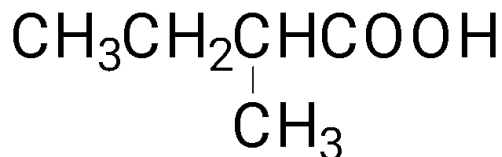


î àëüì èèèí î âàÿ èèñëî àà



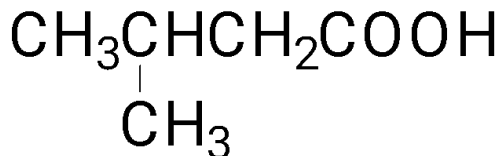
ñòààðèí î âàÿ èèñëî àà

Изомерия:



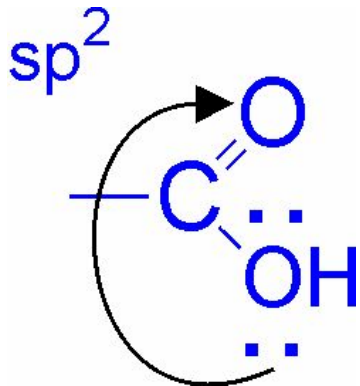
α-î àòèèì àñëÿí àÿ èèñëî àà

2-метилбутановая кислота



β-î àòèèì àñëÿí àÿ èèñëî àà
(èçî âàëàðèí î âàÿ)

Строение карбоксильной группы



Группа плоская

$$l_{\text{C=O}} = 0,124 \text{ нм}$$

$$l_{\text{C-O}} = 0,131 \text{ нм}$$

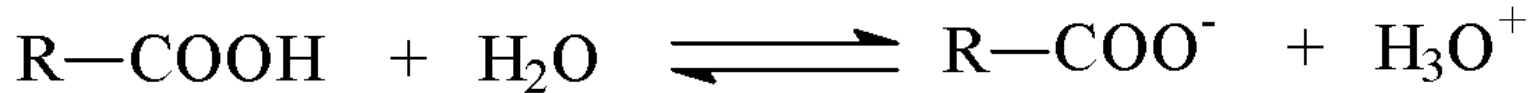
$$l_{\text{O-H}} = 0,095 \text{ нм}$$

Сдвиг электронов к карбонильному атому кислорода приводит к некоторому гашению положительного заряда на атоме углерода, поэтому группа C=O в кислотах не склонна к реакциям присоединения.

Поскольку электронная плотность на атоме кислорода OH-группы уменьшается, связь O-H ослабевает, И атом водорода легко отщепляется.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

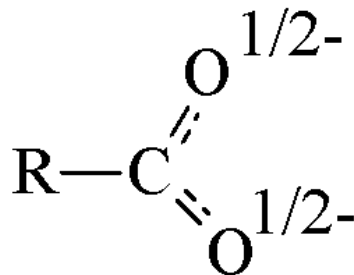
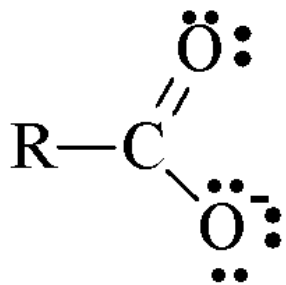
1. Кислотность



$$K_a = \frac{[\text{RCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{RCOOH}]}$$

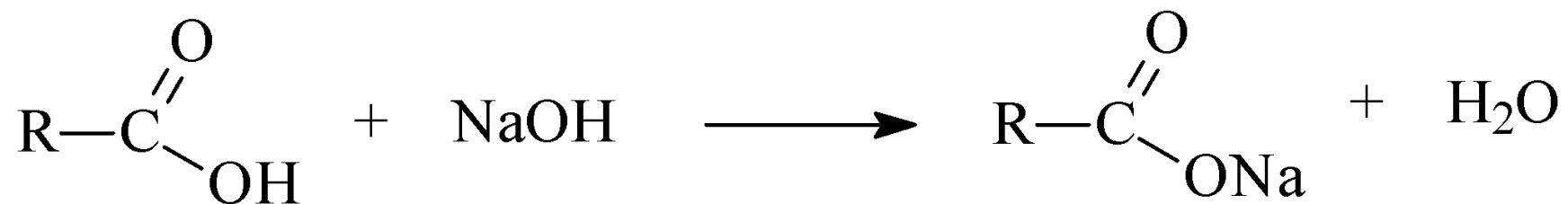
$$K_a_{\text{HCOOH}} = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$K_a_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$$



Солеобразование

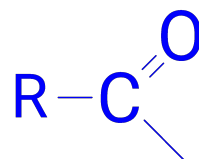
Кислоты образуют соли с однозарядными, двухзарядными и трёхзарядными ионами металлов:



2. Реакции нуклеофильного замещения в карбоксильной группе -

-получение функциональных производных карбоновых кислот (ОН-группа замещена на группы NH_2 , OR , OC(O)R , Cl).

Все они содержат ацильную группу

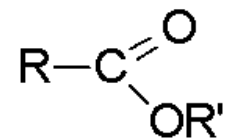


ацильная группа

ФПКК можно превращать друг в друга, а гидролизом снова превратить в кислоту.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ (ФПКК)

I. Сложные эфиры



ýô èďû - æèäëî ñòè

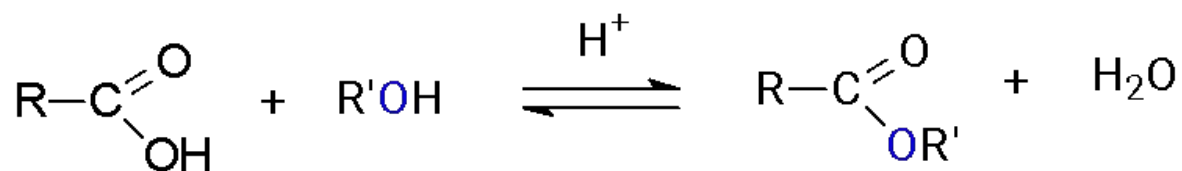
í /ď â âî ää

d<1

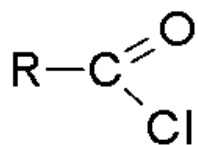
ô ďóèòî âû é çàï àõ

ĭ î ěó×áí èå:

Đâàèöèÿ ýòãðèò èèàöèè

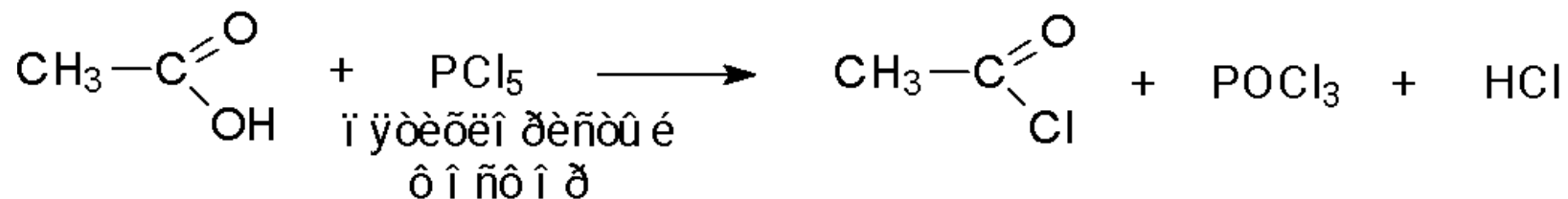


II. Хлорангидриды

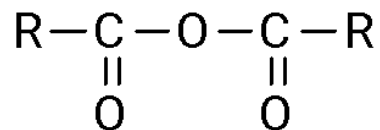


ï î ËÓ×ÅÍ ÈÅ:

Èç èèñëî ò:

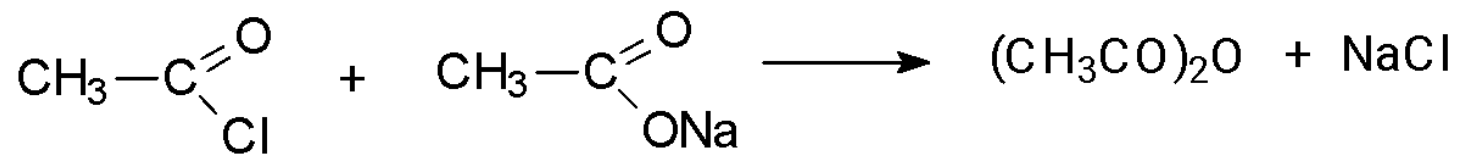


III. Ангидриды

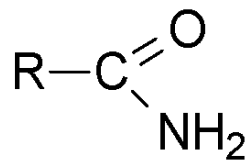


æäëî ñè ñ ðåçèè çàì àõì ì ,
ï áðãã í ýþ òñý áåç ðàçèì æáí èý

ï î ËÓ×ÅÍ ÈÅ:

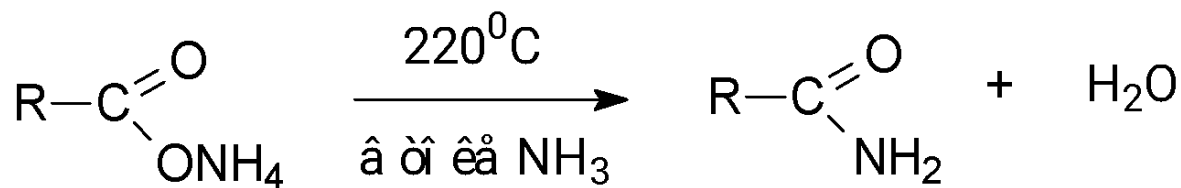


IV. Амиды



ï î ëó×åí èå:

Èç àì ì î í èéí û õ ñî äåé èàđáí í î âû ã èèñëî ò:



Липиды

содержатся в животных и растительных тканях

Большая группа соединений, содержащих в своем составе сложно-эфирную связь, нерастворимых в воде и выполняющих в организме ряд важных функций

Структурные компоненты ЛИПИДОВ

- СПИРТЫ
- ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ
- другие вещества

Липиды

```
graph TD; A[Липиды] --> B[простые]; A --> C[сложные]; B --- D[СПИРТЫ]; B --- E[ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КК]; C --- F[СПИРТЫ]; C --- G[ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КК]; C --- H[другие вещества];
```

простые

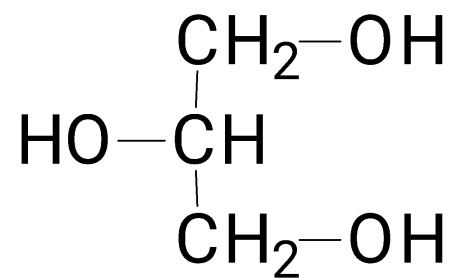
СПИРТЫ
ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КК

сложные

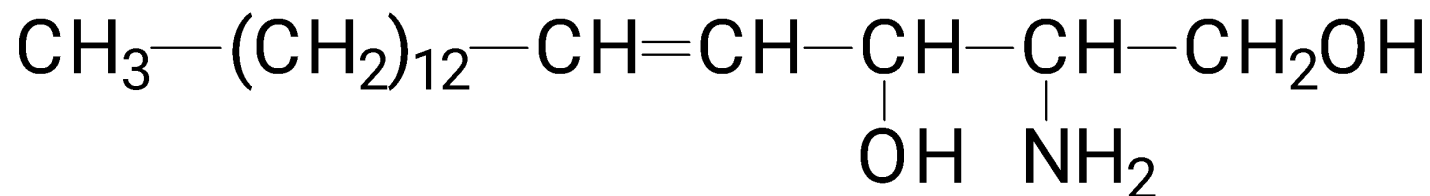
СПИРТЫ
ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КК
другие вещества

СПИРТЫ

- высшие одноатомные (C_{16} и более)
- трёхатомный спирт глицерин



- двухатомный спирт сфингозин



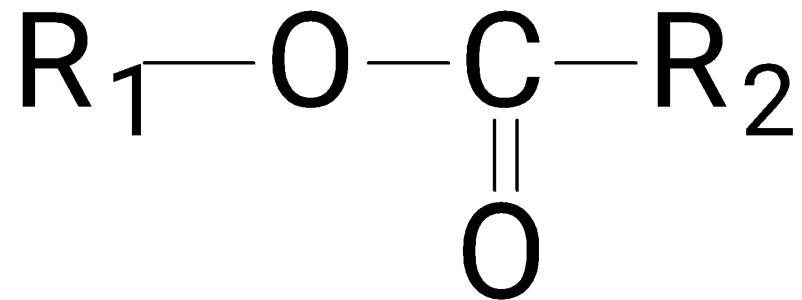
транс-

Простые липиды

- ВОСКИ
- **жиры и масла**
- **церамиды**
- **стериды**

ВОСКИ

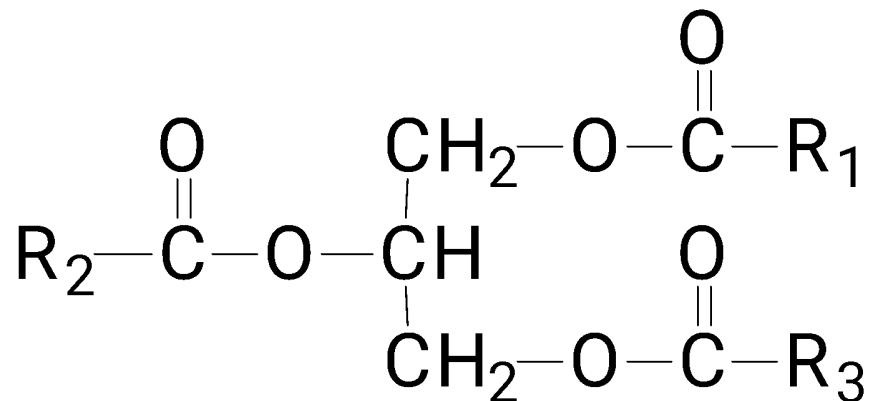
- сложные эфиры высших жирных кислот и высших одноатомных спиртов:



жиры и масла

(триацилглицерины)

- сложные эфиры глицерина и высших жирных КК



- простые ($\text{R}_1=\text{R}_2=\text{R}_3$)
- смешанные

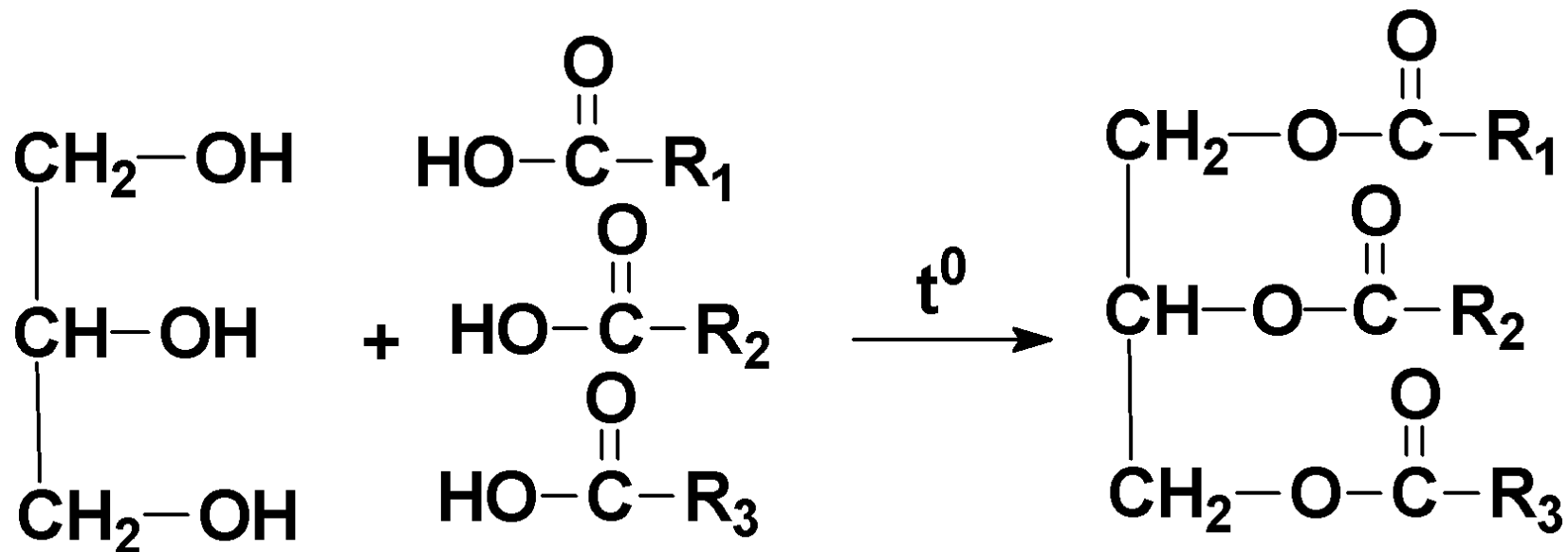
церамиды

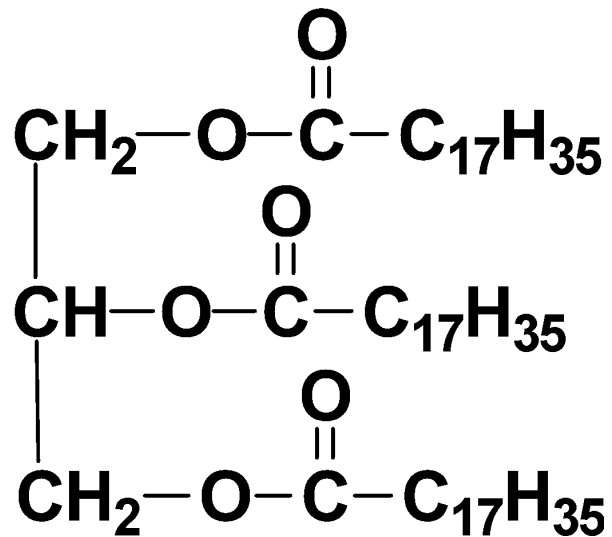
- N-ацилированные производные спирта сфингозина

стериды

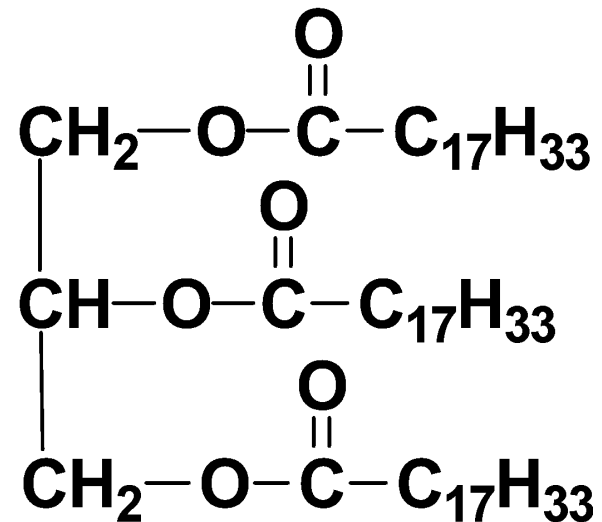
- сложные эфиры высокосмолекулярного циклического спирта **стерола** и высокомолекулярной КК

жиры и масла

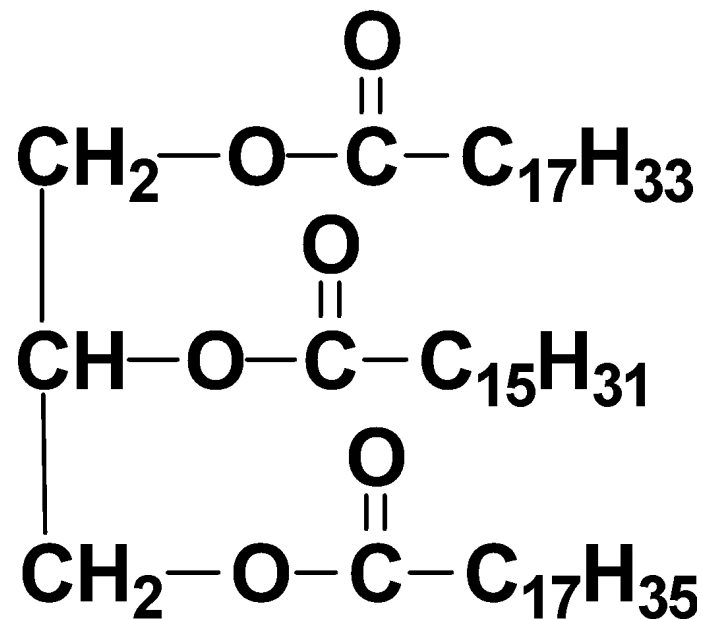




тристеарин
(тристеароилглицерин)



триолеин
(триолеилглицерин)



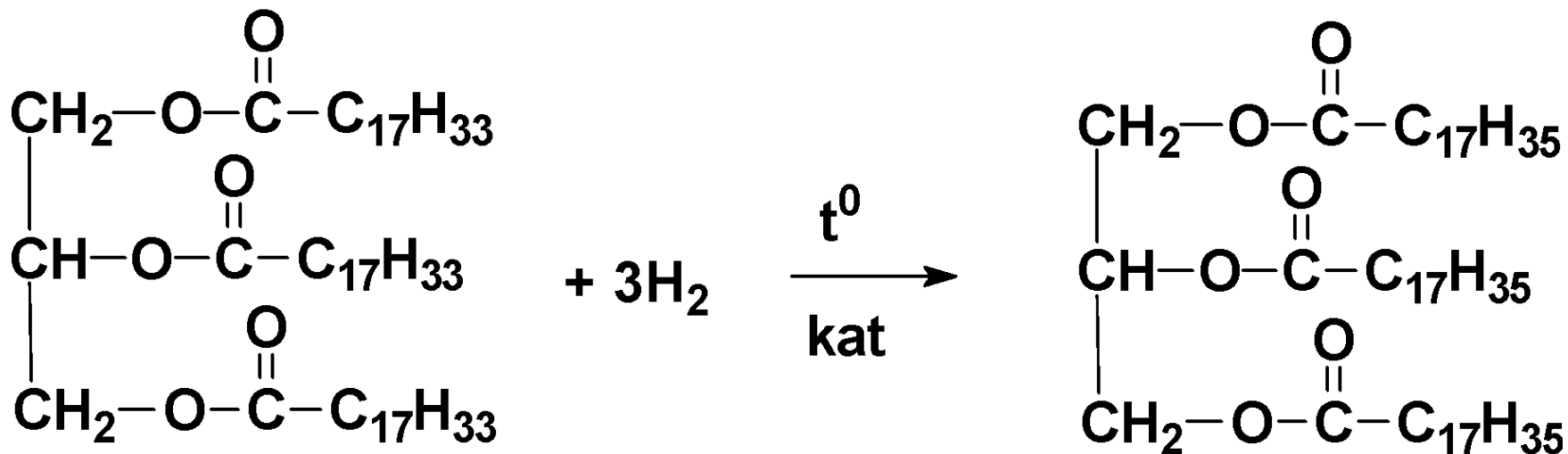
**1-олео-2-пальмитостеарин
(1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерин)**

Высшие непредельные кислоты

	Т.н.	Название кислотного остатка
$C_{17}H_{33}COOH$	Олеиновая	Олеат
$C_{17}H_{31}COOH$	Линолевая	Линолят
$C_{17}H_{29}COOH$	Линоленовая	Линоленат

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- гидрогенизация

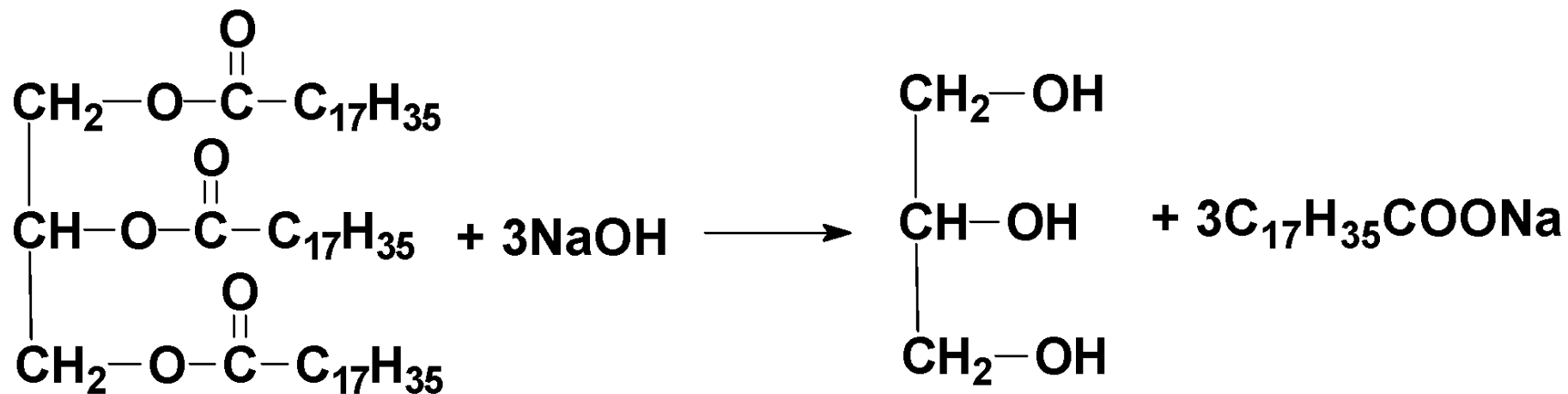


- непредельные кислоты в составе жира обесцвечивают раствор KMnO_4 , вступают в реакции присоединения, например, галогенов

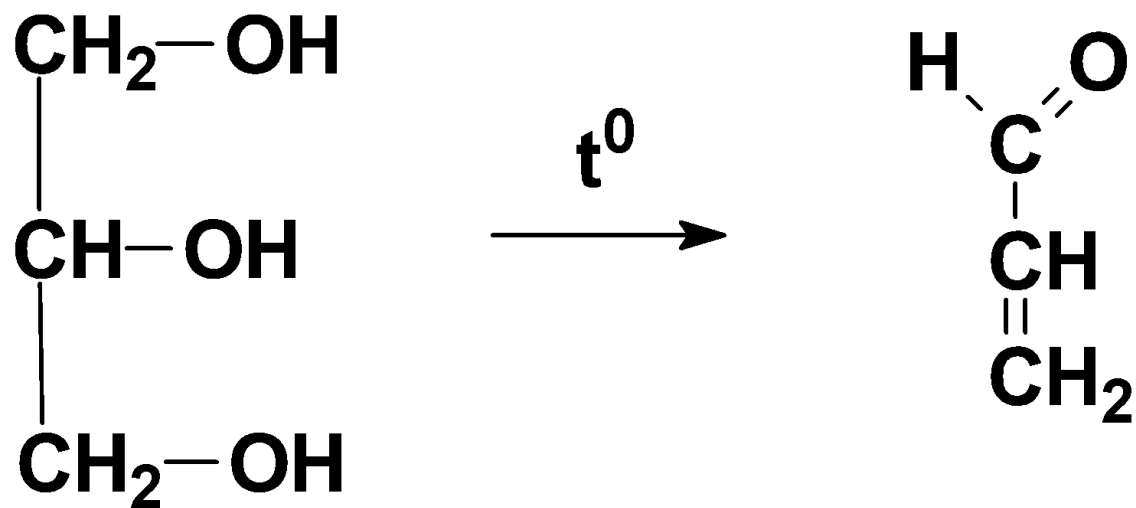
- Иодное число – мера ненасыщенности триацилглицеринов. Оно соответствует массе (г) иода, которое может присоединиться к 100 г вещества.

жир	иодное число
сливочное масло	30
жир человека	64
подсолнечное масло	130

- гидролиз жира



- акролеиновая проба



Биологическая роль жиров

- Энергетическая
- Структурная
- Резервная
- Механическая защита внутренних органов от повреждений
- Термоизоляционная
- Источник эндогенной воды
- Растворяют жирорастворимые витамины (А, D, E, K)

Сложные липиды

- **Фосфолипиды**
- Сфинголипиды
- Гликолипиды

Фосфолипиды

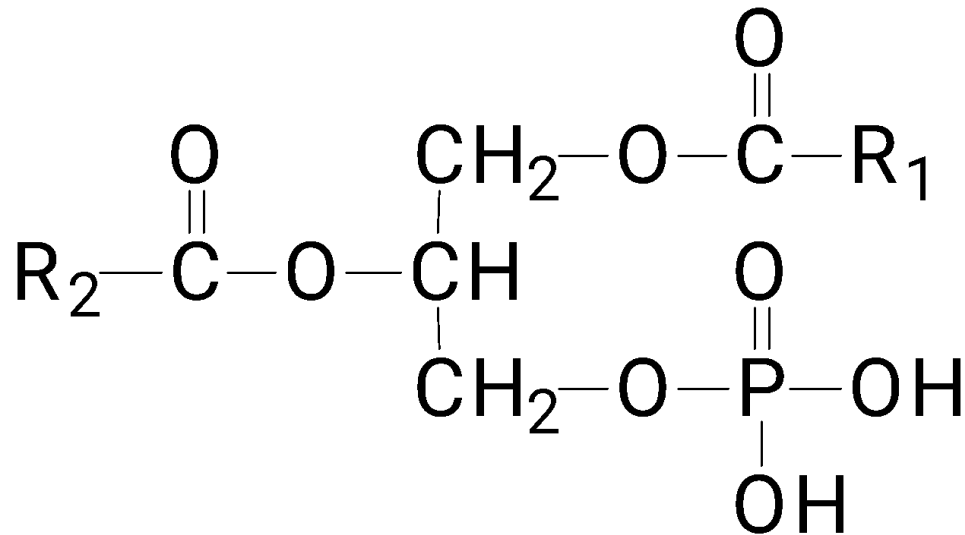
- липиды, при гидролизе отщепляющие фосфорную кислоту

Глицерофосфолипиды - сложные эфиры глицерина с высшими жирными кислотами и фосфорной кислотой.

В состав фосфолипидов входят также азотсодержащие соединения, такие как холин, этаноламин или серин.

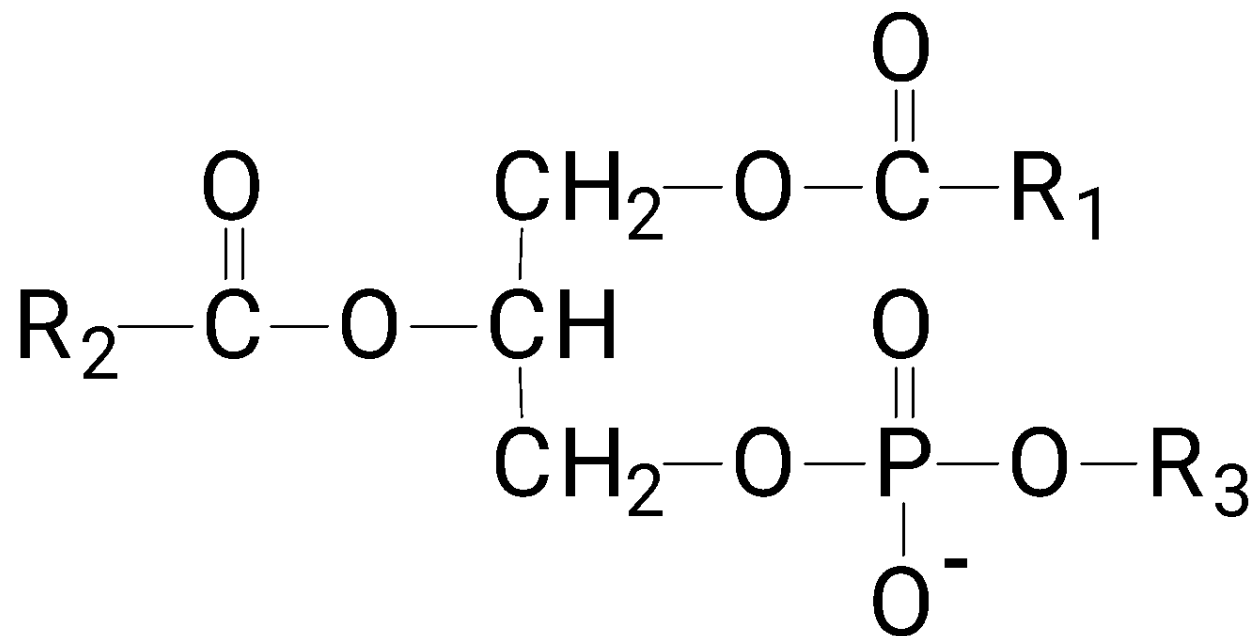
- **Глицерофосфолипиды – главные липидные компоненты клеточных мембран. Они сопутствуют жирам в пище и служат источником фосфорной кислоты, необходимой для жизни человека.**

- *Глицерофосфолипиды* являются производными фосфатидной кислоты. В их состав входят глицерин, жирные кислоты, фосфорная кислота и обычно азотсодержащие соединения.



фосфатидная кислота

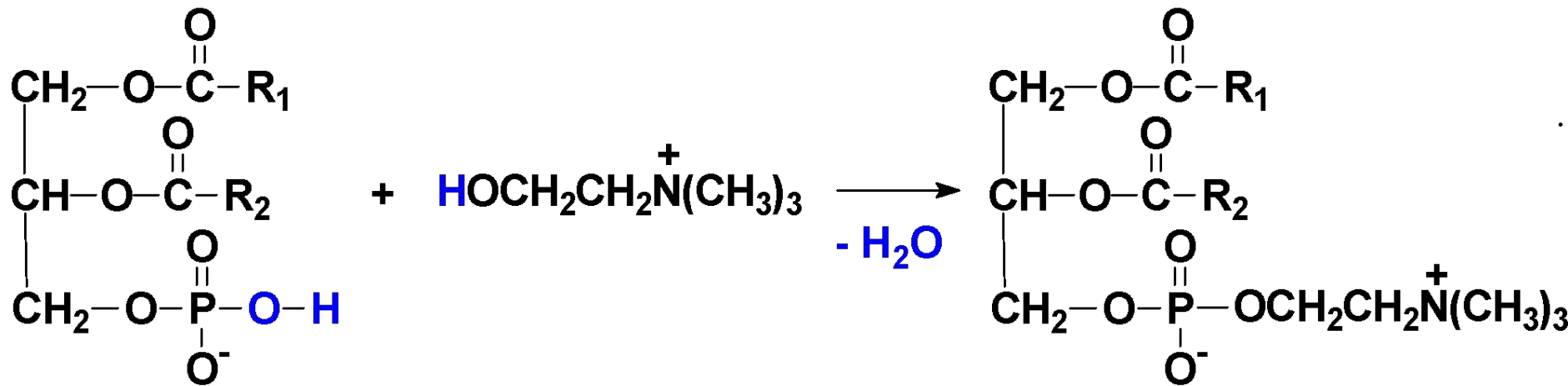
глицерофосфолипид



Как правило, в положении 1 – остаток насыщенной, а в положении 2 – остаток ненасыщенной кислоты

R₃

$\text{HOCH}_2-\overset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{COOH}$	серин	фосфатидилсерин
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	этаноламин	фосфатидилэтаноламин (кефалин)
$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$	ХОЛИН	фосфатидилхолин (лецитин)
	ИНОЗИТ	фосфатидилинозитол



лецитин

Из всех липидов глицерофосфолипиды обладают полярными свойствами. При помещении глицерофосфолипидов в воду в истинный раствор переходит лишь небольшая их часть, основная же масса липидов находится в виде мицелл.

Биологическая роль фосфолипидов

- Структурная - входят в состав клеточных мембран
- Повышают растворимость холестерина и способствуют его выведению из организма
- Препятствуют синтезу жира в печени