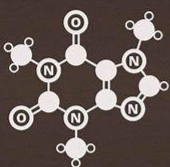
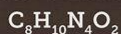
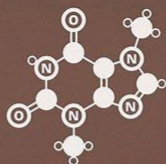


# Теоретические основы органической химии

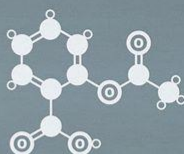
КОФЕИН



ТЕОБРОМИН



АСПИРИН



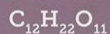
ЕСЛИ ЖИЗНЬ ДАЛА ТЕБЕ



СДЕЛАЙ



САХАРОЗА

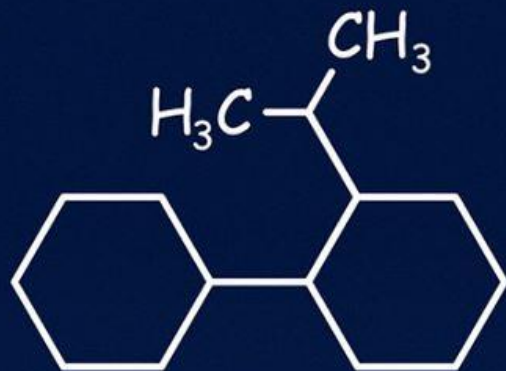


ЛИМОННАЯ КИСЛОТА



МЕНТОЛ

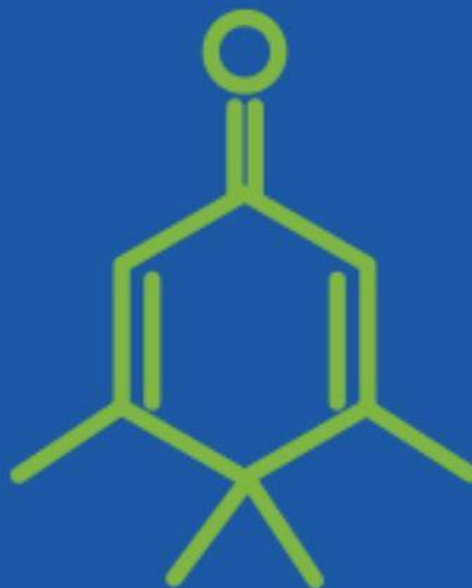


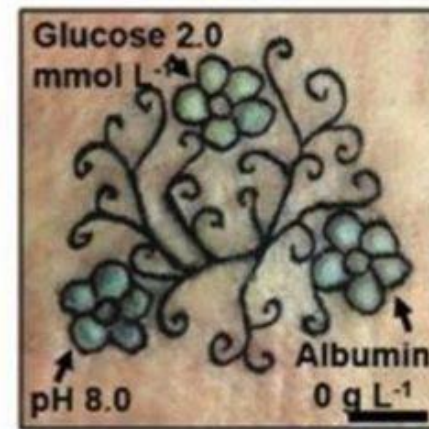
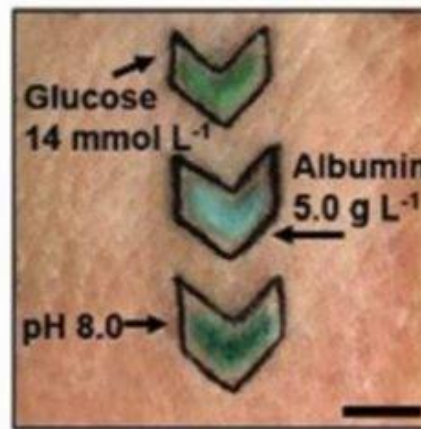
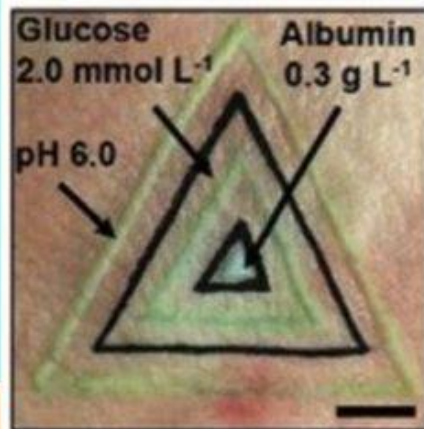
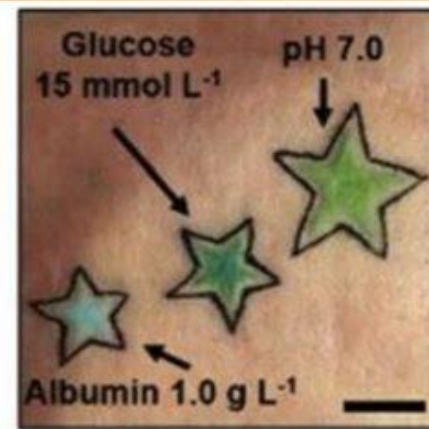
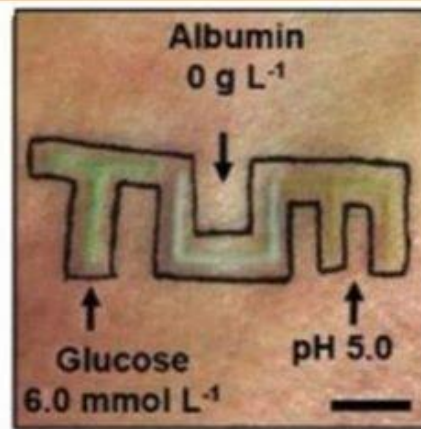
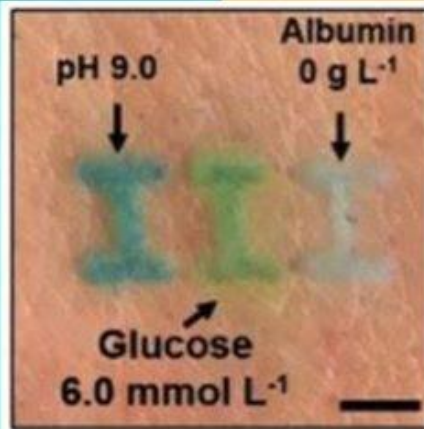


Жизнь, как езда на велосипеде.  
Чтобы сохранить равновесие,  
необходимо продолжать двигаться.

- Альберт Эйнштейн -

Пингвинон — органическое соединение с молекулярной формулой **C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O**. Оно получило своё название в связи с тем, что его 2-мерная молекулярная структура напоминает пингвина.

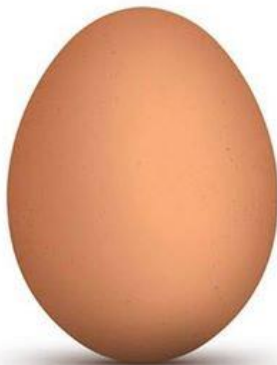




**Разработаны пигменты** для татуировок, меняющие цвет при взаимодействии с различными уровнями содержащейся в крови глюкозы.

# Куриное яйцо.

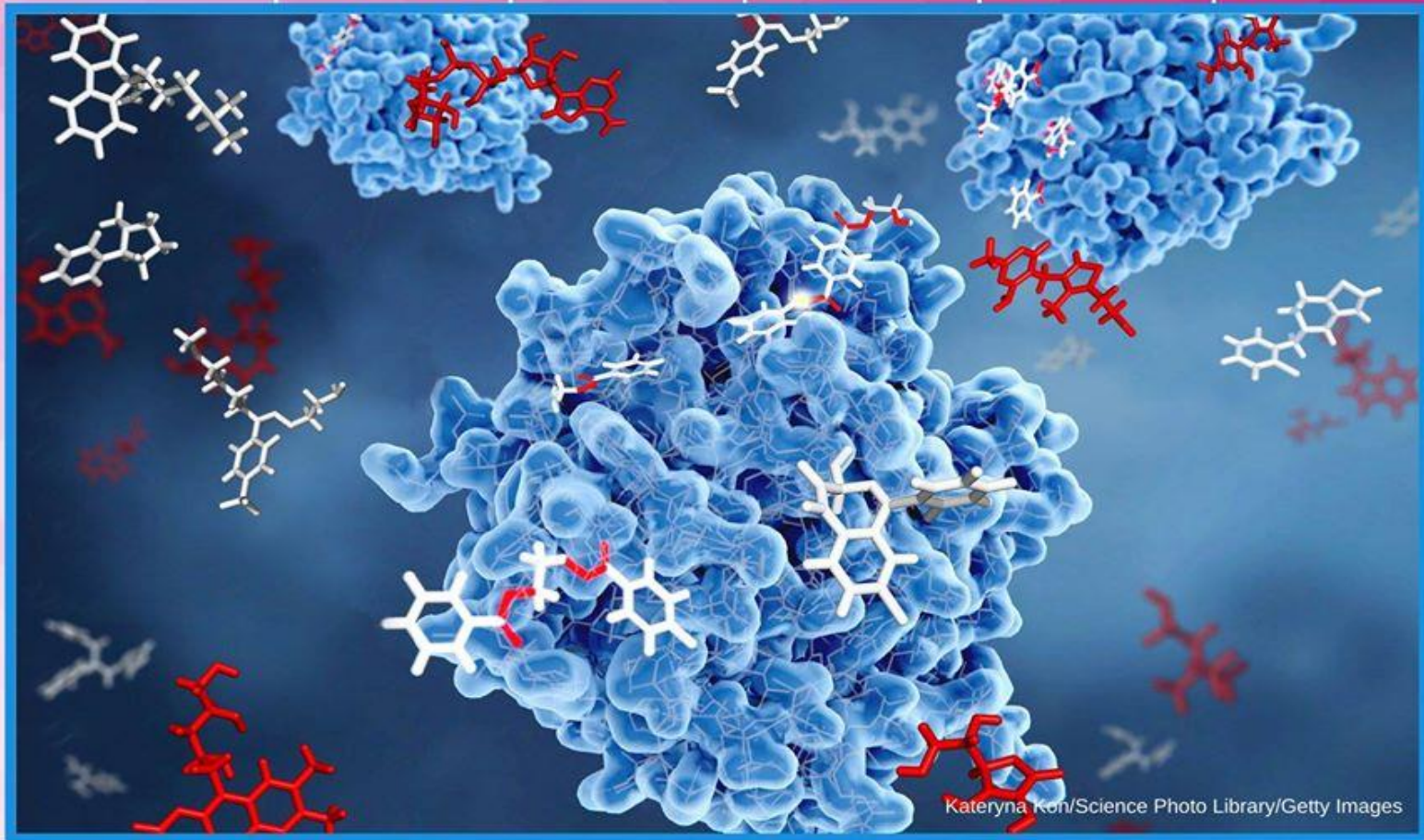
Сделано в природе



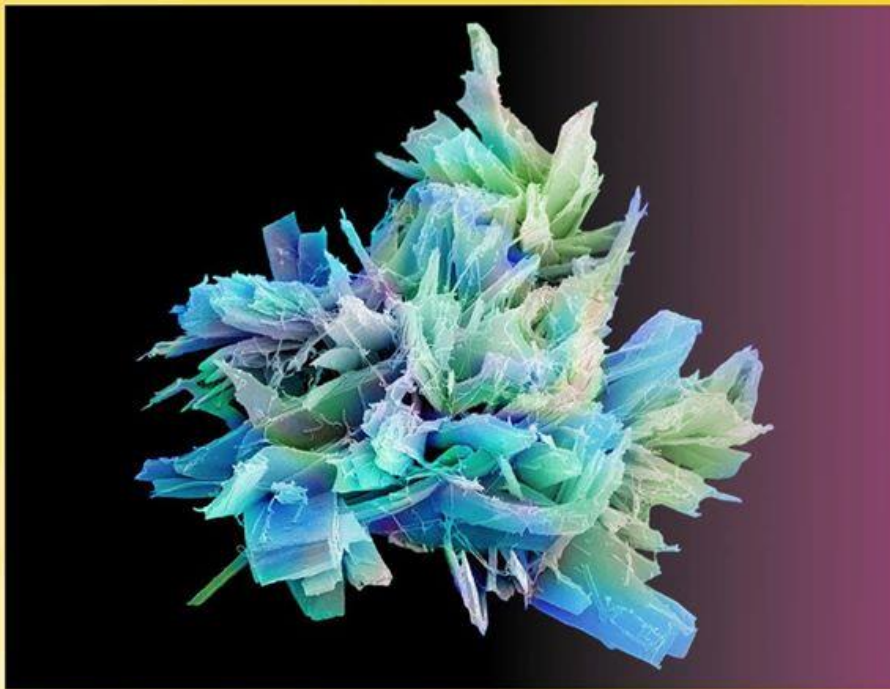
**СОСТАВ:** ВОДА (75,8%), **АМИНОКИСЛОТЫ (12,6%)** (ГЛУТАМИНОВАЯ КИСЛОТА (14%), АСПАРАГИНОВАЯ КИСЛОТА (11%), ВАЛИН (9%), АРГИНИН (8%), ЛЕЙЦИН (8%), ЛИЗИН (7%), СЕРИН (7%), ФЕНИЛАЛАНИН (6%), АЛАНИН (5%), ИЗОЛЕЙЦИН (5%), ПРОЛИН (4%), ТИРОЗИН (3%), ТРЕОНИН (3%), ГЛИЦИН (3%), ГИСТИДИН (2%), МЕТИОНИН (3%), ЦИСТИН (2%), ТРИПТОФАН (1%)); **ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ (9,9%)** (ОКТАДЕЦЕНОВАЯ КИСЛОТА (45%), ГЕКСАДЕКАНОВАЯ КИСЛОТА (32%), ОКТАДЕКАНОВАЯ КИСЛОТА (12%), ЭЙКОЗАТЕТРАЕНОВАЯ КИСЛОТА (3%), ЭЙКОЗАНОВА КИСЛОТА (2%), ДОКОЗАНОВА КИСЛОТА (1%), ЛИГНОЦЕРИНОВАЯ КИСЛОТА (1%), ОКТАНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ДЕКАНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ДОДЕКАНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ТЕТРАДЕКАНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ПЕНТАДЕКАНОВА КИСЛОТА (<1%), ГЕПТАДЕКАНОВА КИСЛОТА (<1%), ТЕТРАДЕЦЕНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ГЕКСАДЕЦЕНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ЭЙКОЗЕНОВА КИСЛОТА (<1%), ДОКОЗЕНОВОЙ КИСЛОТЫ (<1%), **ОМЕГА-6 ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ:** ОКТАДЕКАДИЕНОВАЯ КИСЛОТА (12%), **ОМЕГА-3 ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ:** ОКТАДЕКАТРИЕНОВАЯ КИСЛОТА (<1%), ЭЙКОЗАПЕНТАЕНОВАЯ КИСЛОТА (ЕРА) (<1%), **ОМЕГА-3 ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ:** ДОКОЗАГЕКСАЕНОВАЯ КИСЛОТА (ДНА) (<1%)); **САХАРА (0,8%)** (ГЛЮКОЗА (30%), САХАРОЗА (15%), ФРУКТОЗА (15%), ЛАКТОЗА (15%), МАЛЬТОЗА (15%), ГАЛАКТОЗА (15%)); **КРАСИТЕЛИ** (Е160С, Е160А), Е306, Е101; **АРОМАТИЗАТОРЫ** (ФЕНИЛАЦЕТАЛЬДЕГИД, ДОДЕКА-2-ЕНАЛ, ГЕПТА-2-ЕНАЛ, ГЕКСАДЕКАНАЛЬ, ОКТАДЕКАНАЛЬ, ПЕНТАН-2-ОН, БУТАН-2-ОН, АЦЕТАЛЬДЕГИД, ФОРМАЛЬДЕГИД, АЦЕТОН); **ОБОЛОЧКА - КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ (Е170)**, ТАКЖЕ СОДЕРЖИТ БЕНЗОЛ И ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗОЛА, СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ, ФУРАНЫ, СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ И ТЕРПЕНЫ.

Мед – единственная еда, которая не портится. При раскопках египетских пирамид были найдены несколько сосудов с остатками меда, который оказался пригодным в пищу.





Впервые создан фермент с двумя  
небиологическими группами



Это электронная микрофотография кристаллов аспирина, который в 1950-м был занесен в Книгу рекордов Гиннеса как самый популярный анальгетик. Жители планеты ежегодно проглатывают 40 тыс. тонн аспирина – 120 млрд таблеток по 300 мг.

Природный источник аспирина – точнее, родственного ему салицина – ивовая кора, которую использовал еще Гиппократ. Но салицин раздражал желудок, и вещество обрело мировую славу, лишь когда химики придумали модификации, превращающие салицин в аспирин.



PARAPRISCANTHUS RANSONNETI

# ПОЧЕМУ РЫБЫ СВЕТАТСЯ?

# *План:*

---

- 1. Предмет органической химии.**
- 2. Классификация органических соединений.**
- 3. Типы изомерии. Виды пространственной и структурной изомерии. Оптическая изомерия.**
- 4. Типы химических связей и геометрия молекул.**
- 5. Взаимное влияние атомов в молекуле. Индуктивный и мезомерный эффекты**

- Билюминесценция – это свечение живых организмов, и хотя термин тут один, светиться они могут очень по-разному. Например, медузы испускают свет с помощью люминесцентных белков, к которым прикреплены особые химические группы – физико-химические превращения этих групп и дают свет той или иной волны (такой способ люминесценции называют флуоресценцией).

Другой очень распространённый механизм люминесценции опирается на ферментативную реакцию с участием фермента люциферазы и молекул люциферина: люцифераза окисляет люциферин, который немедленно высвобождает квант света. Люциферазная система есть у жуков-светляков, но вообще у неё есть много разновидностей, и ею пользуются множество живых организмов, в том числе и морские членистоногие.

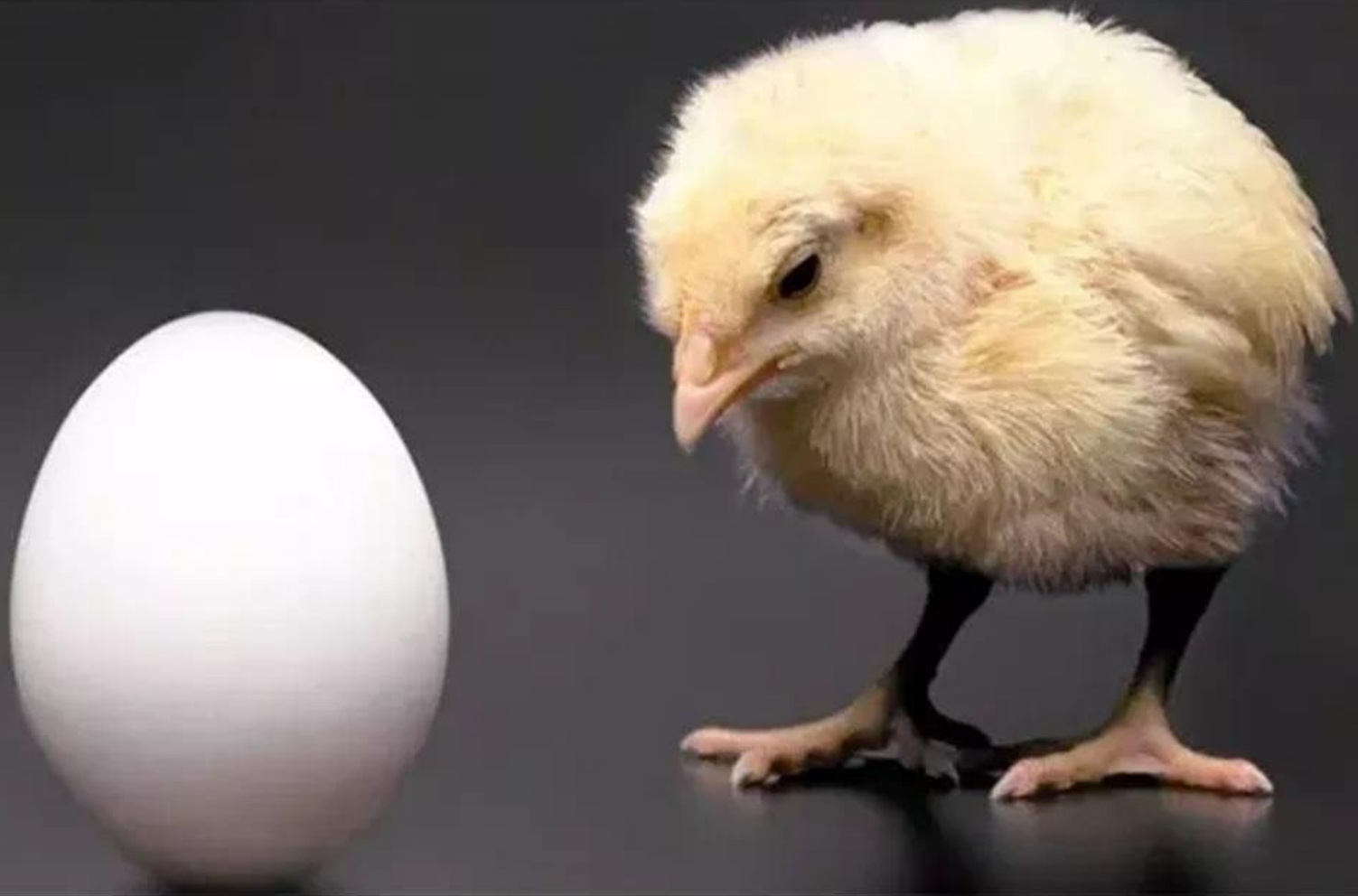
При этом обычно считалось, что если люциферин живые организмы могут, в крайнем случае, получить с едой, то люциферазу они обязательно синтезируют сами. Однако исследователи из Нагойского университета и Исследовательского института океанариума Монтерей Бэй нашли рыб, которые, образно говоря, весь свой свет получают с едой. В морях и океанах живёт более двухсот родов рыб, умеющих светиться, и если взглянуть на них с эволюционной точки зрения, то окажется, что билюминесценция среди рыб возникла независимо по меньшей мере 27 раз. При этом до сих пор ничего не было известно о рыбьем гене люциферазы.

Исследователи решили взяться за род *Parapriacanthus* – светящихся рыб-чистильщиков из Индийского океана и западной части Тихого. Про них уже было известно, что люциферин они получают с едой (а питаются они мелкими ракообразными класса Остракод).

Когда анализировали геном одного из видов рода, *Parapriacanthus ransonneti*, то рассчитывали, что ген люциферазы у них точно будет – но его не было. Зато оказалось, что тот фермент, с помощью которого чистильщики светятся – это тот же самый белок, которые есть у поедаемых ими остракод. Тогда с рыбами поставили эксперимент – их год кормили такой едой, в которой не было фермента люциферазы, и рыбы перестали светиться. Затем их снова стали кормить светящимися рачками, но только другого вида, не того, который *P. ransonneti* едят обычно – и у рыб в их светящихся органах появилась новая люцифераза.

Необычно здесь то, что люцифераза – довольно крупный белок, и в пищеварительной системе рыб он, казалось бы, неизбежно должен был бы расщепиться, пусть и не полностью, но хотя бы до такого состояния, чтобы утратить способность катализировать «светящуюся» реакцию. Но вот не расщепляется. И теперь исследователи хотят выяснить, как рыбам удаётся заполучить рачковый фермент для свечения целым и невредимым.

Ученые пришли к выводу, что первым была курица, а не яйцо, потому что белок, который делает яичную скорлупу производится только курами.

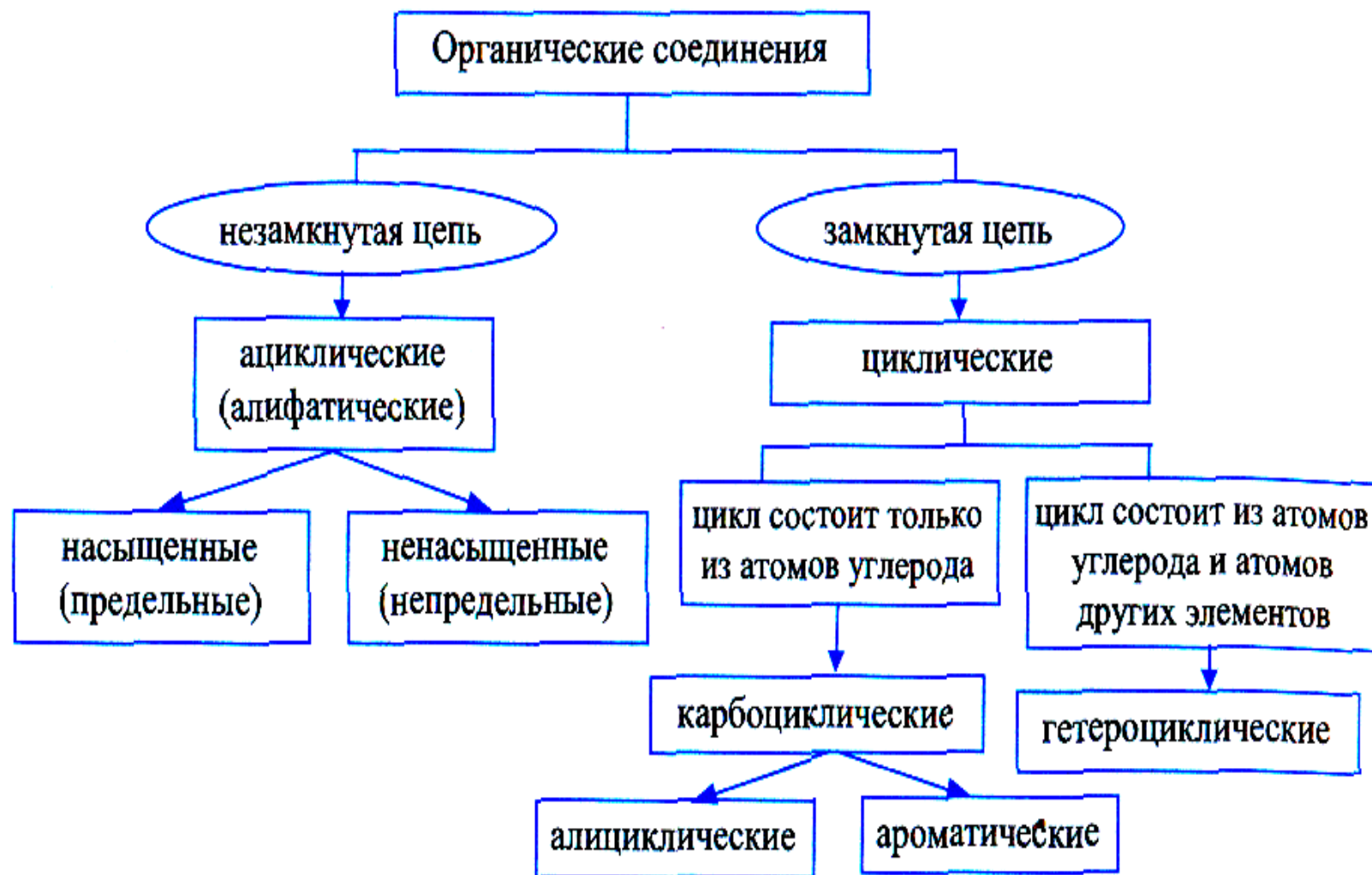




## Почему белый медведь не мерзнет?

Свирепый хищник белый медведь обитает в суровых климатических условиях. Вес взрослого самца может достигать 1 тонны, а вот еда в количестве достаточном, чтобы обеспечить зверя энергией, есть не всегда. Тем более что значительная часть энергии уходит на поддержание температуры тела. Должна быть какая-то хитрость, позволяющая белым медведям адаптироваться к холоду и сохранять температуру тела, которая колеблется в районе  $+37$  градусов Цельсия, а во время сна доходит до  $+40$  градусов. Чтобы пережить зиму, бурые и черные медведи впадают в спячку.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



# Классификация органических соединений

в зависимости от строения углеродного скелета

Органические соединения

ациклические

циклические

предельные  
(насыщенные)

непредельные  
(ненасыщенные)

карбо-  
циклические

гетеро-  
циклические

алициклические

ароматические

# УГЛЕВОДОРОДЫ

$C_xH_y$

Незамкнутая цепь

Ациклические  
(алифатические)

Насыщенные  
(предельные)

Алканы  
 $C_nH_{2n+2}$

Ненасыщенные  
(непредельные)

Алкены  
 $C_nH_{2n}$   
Алкадиены  
 $C_nH_{2n-2}$   
Алкины  
 $C_nH_{2n-2}$

Замкнутая цепь

Циклические

Алициклические

Циклоалканы  
 $C_nH_{2n}$   
Циклоалкены  
 $C_nH_{2n-2}$   
Циклоалкины  
 $C_nH_{2n-4}$

Ароматические

Арены  
 $C_nH_{2n-6}$   
( $n \geq 6$ )

# ВАЖНЕЙШИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

Функциональная группа		Класс соединения
Обозначение	Название	
$-\text{F}, -\text{Cl}, -\text{Br}, -\text{I}$	Галоген	Галогенопроизводные углеводородов
$-\text{OH}$	Гидроксил	Спирты, фенолы
$>\text{C}=\text{O}$	Карбонил	Альдегиды, кетоны
$-\text{COOH}$	Карбоксил	Карбоновые кислоты
$-\text{NH}_2, >\text{NH}, >\text{N}-$	Аминогруппа	Амины
$-\text{NO}_2$	Нитрогруппа	Нитросоединения
$-\text{SO}_3\text{H}$	Сульфогруппа	Сульфокислоты

Характеристическая группа	Префикс	Суффикс	
↓	— (C)OON <sup>1</sup>	—	<b>-овая кислота</b>
	—COOH	<b>карбокси-</b>	<b>-карбоновая кислота</b>
	—SO <sub>3</sub> H	<b>сульфо-</b>	<b>-сульфо кислота</b>
	— (C)H=O	<b>оксо-</b>	<b>-аль</b>
	—CH=O	<b>формил-</b>	<b>-карбальдегид</b>
	>C=O	<b>оксо-</b>	<b>-он</b>
	—OH	<b>гидрокси-</b>	<b>-ол</b>
	—SH	<b>меркапто-</b>	<b>-тиол</b>
<b>Убывание старшинства</b>	—NH <sub>2</sub> (>NH, >N—)	<b>амино-</b>	<b>-амин</b>
	—NO <sub>2</sub>	<b>нитро-</b>	
	—OR	<b>алкокси-</b>	
	—F, —Cl, —Br, —I	<b>фтор-, хлор-, бром-, иод-</b>	
	<b>(—Hal)</b>	<b>(галоген-)</b>	

**Изомеры** — соединения, имеющие общую брутто формулу, но различное пространственное строение

*Типы изомерии:*

*1. Структурная.*

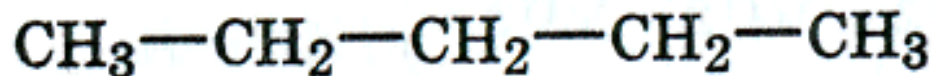
*2. Пространственная:*

*а) геометрическая.*

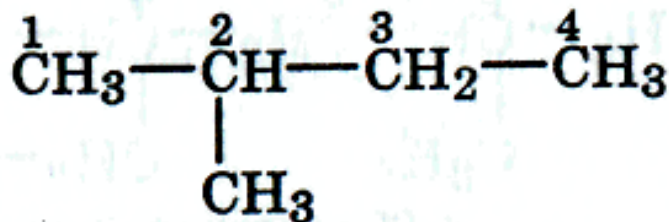
*б) оптическая.*

# СТРУКТУРНАЯ ИЗОМЕРИЯ

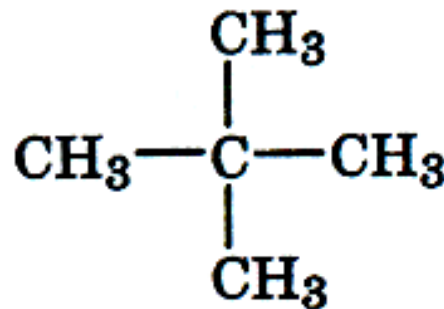
## А) Изомерия углеродного скелета



н-пентан



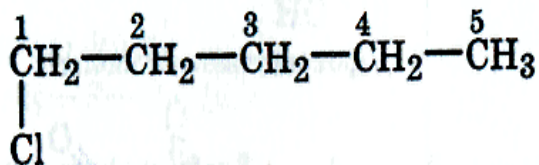
2-метилбутан



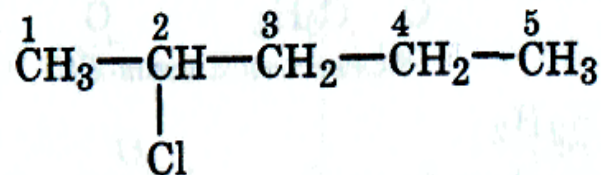
2,2-диметилпропан

## Б) Изомерия положения заместителей

перемещение заместителя по цепи:

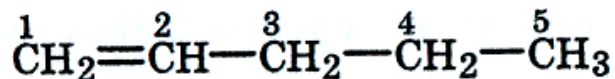


1—хлорпентан

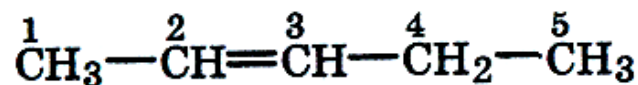


2 -хлорпентан

перемещение кратной связи по цепи:

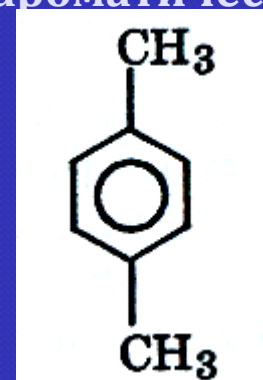
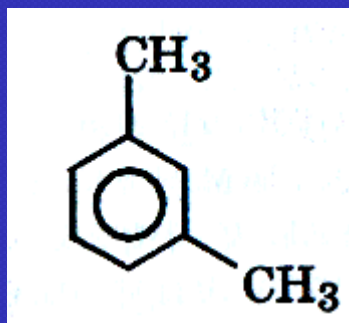
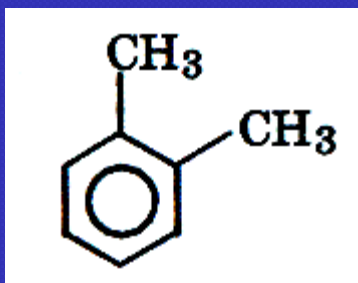


пентен-1

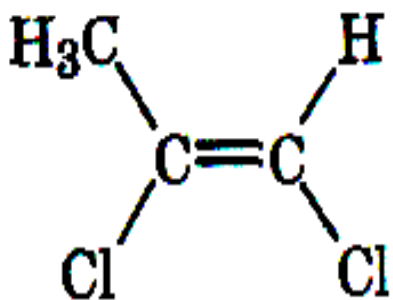


пентен-2

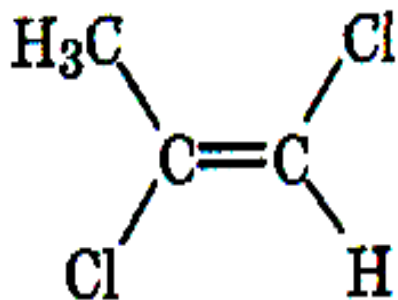
взаимное расположение заместителей в соединениях ароматического ряда:



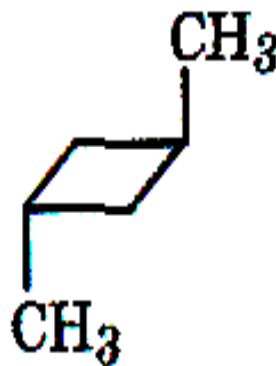
# ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ



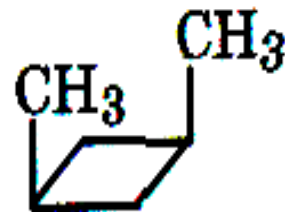
*цис*-1,2-дихлор-  
пропен



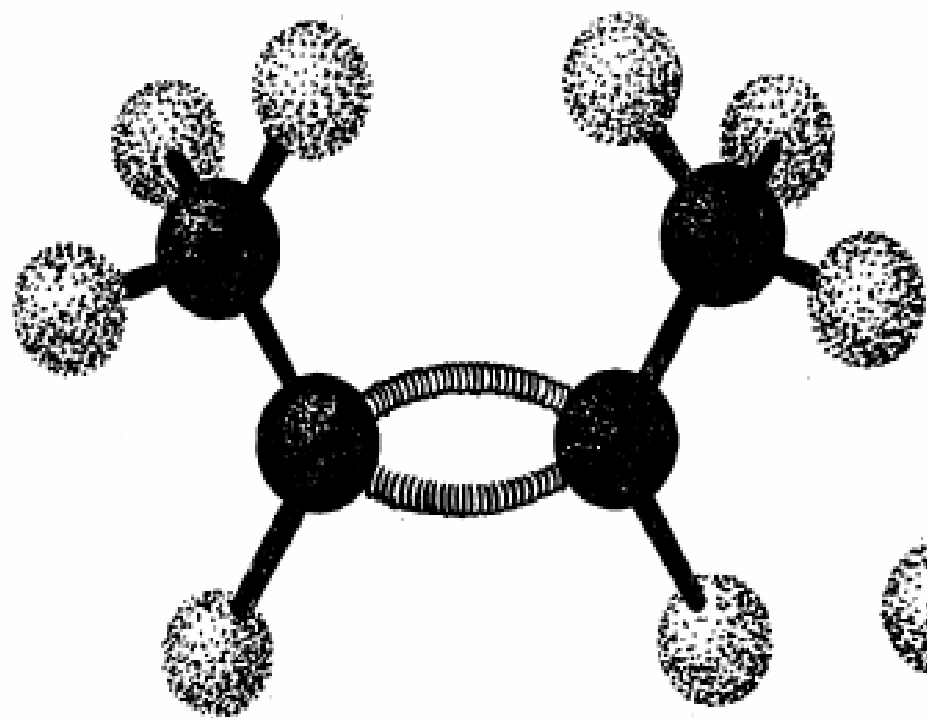
*транс*-1,2-дихлор-  
пропен



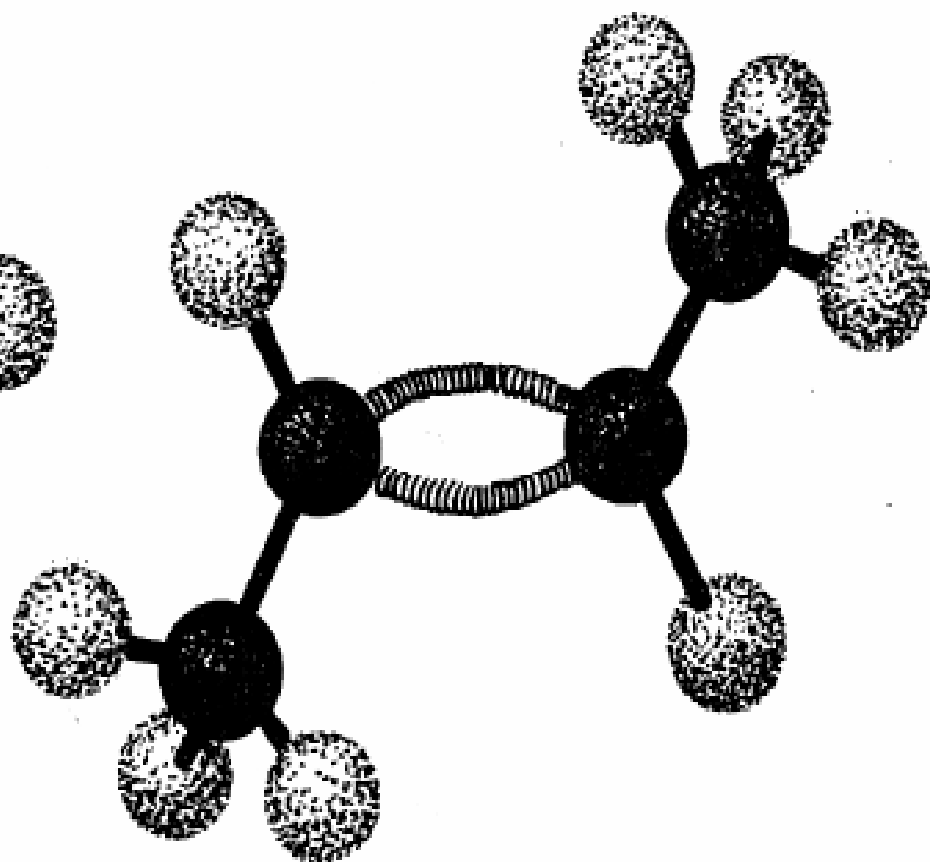
*транс*-1,3-диметил-  
циклобутан



*цис*-1,3-диметил-  
циклобутан

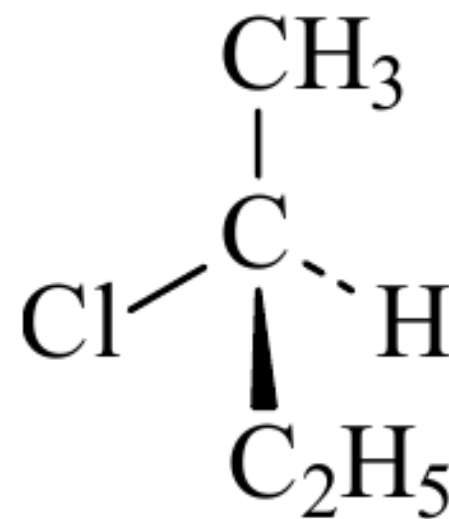
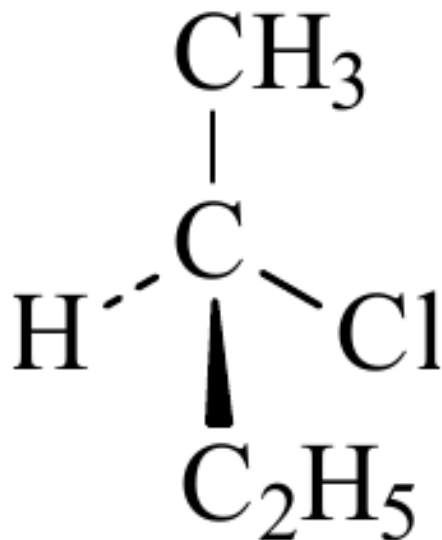
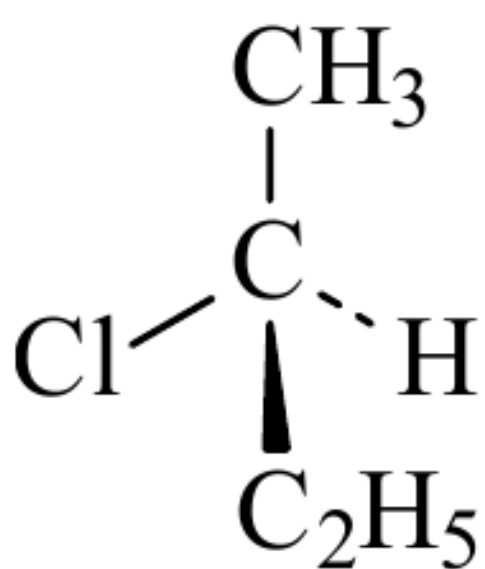


*цис*



*транс*

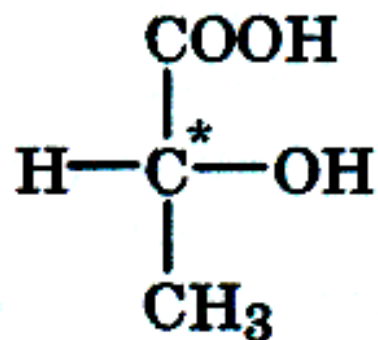
# Ассиметричный атом углерода. Понятие хиральности. Энантиомеры



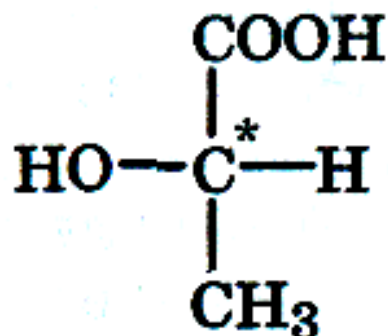
зеркало

# ОПТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ

Зеркало



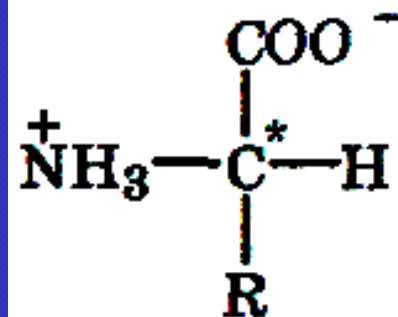
D-(-)-энантиомер



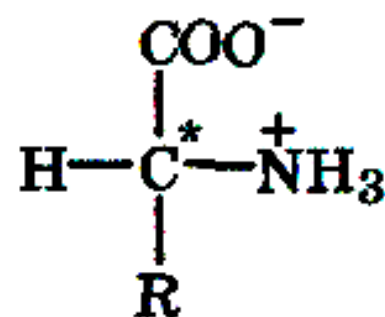
L-(+)-энантиомер

МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Зеркало



L-(-)-энантиомер

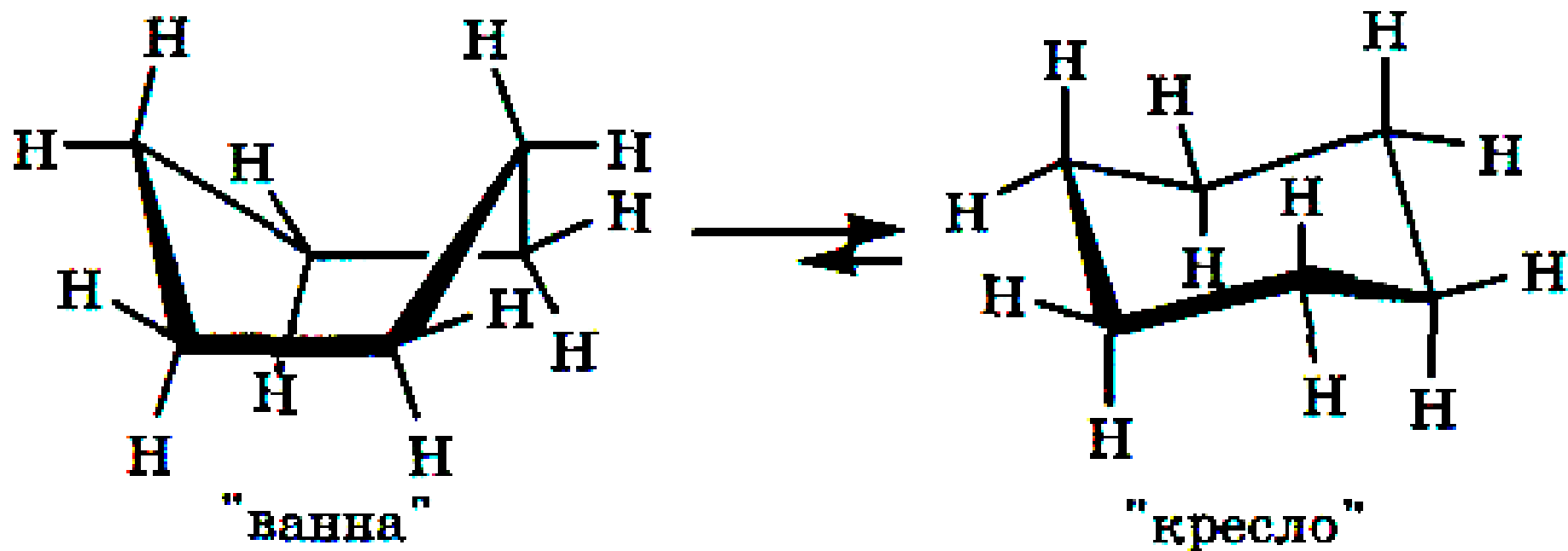


D-(+)-энантиомер

α-АМИНОКИСЛОТЫ

# ЦИКЛОГЕКСАН

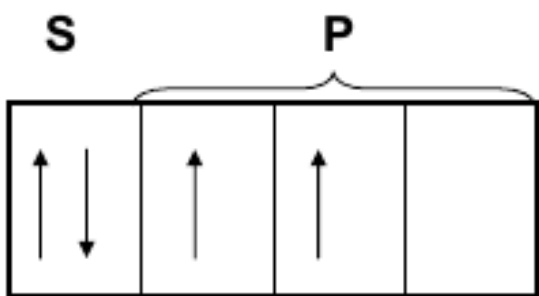
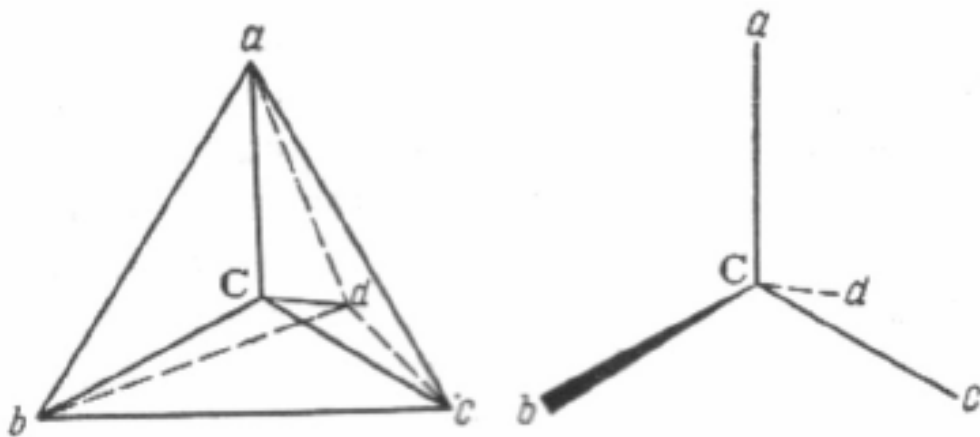
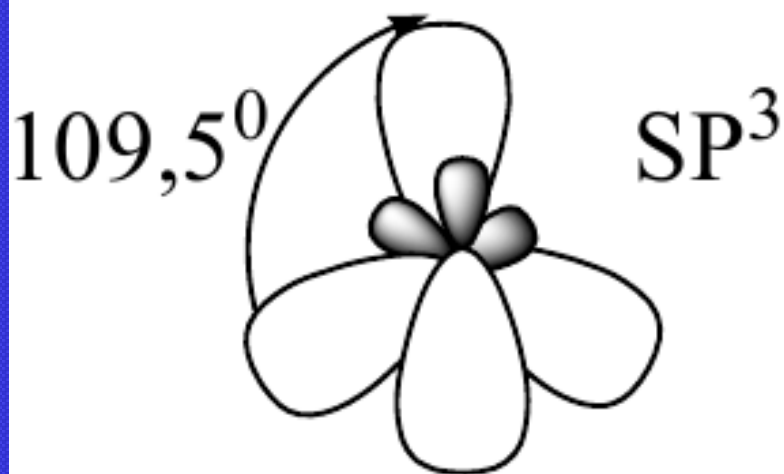
## В КОНФОРМАЦИЯХ ВАННЫ И КРЕСЛА



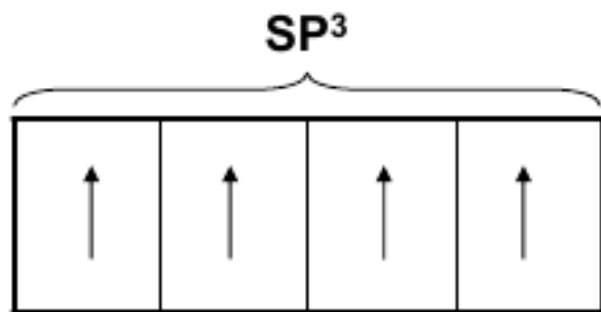
---

*Типы химических связей и  
геометрия молекул.*

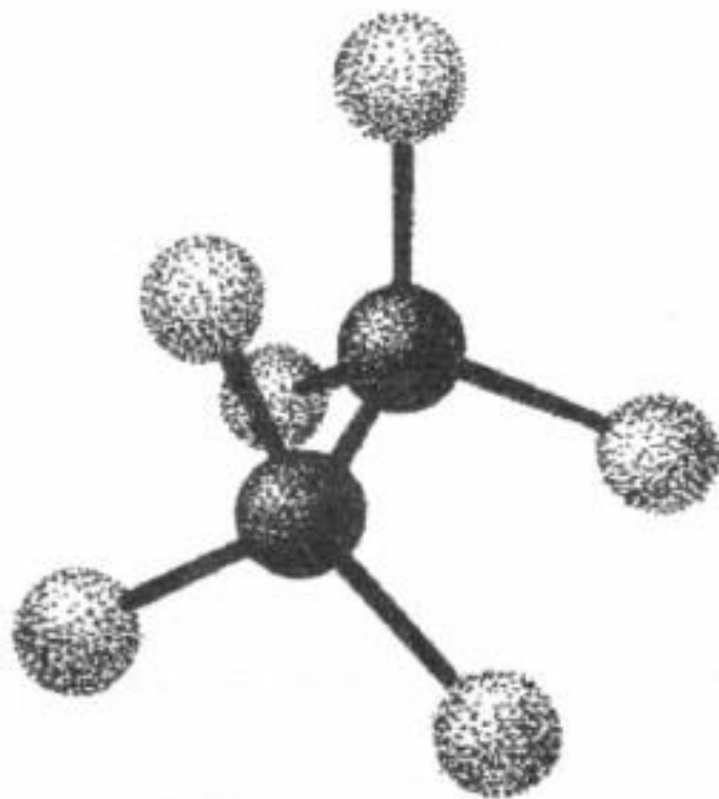
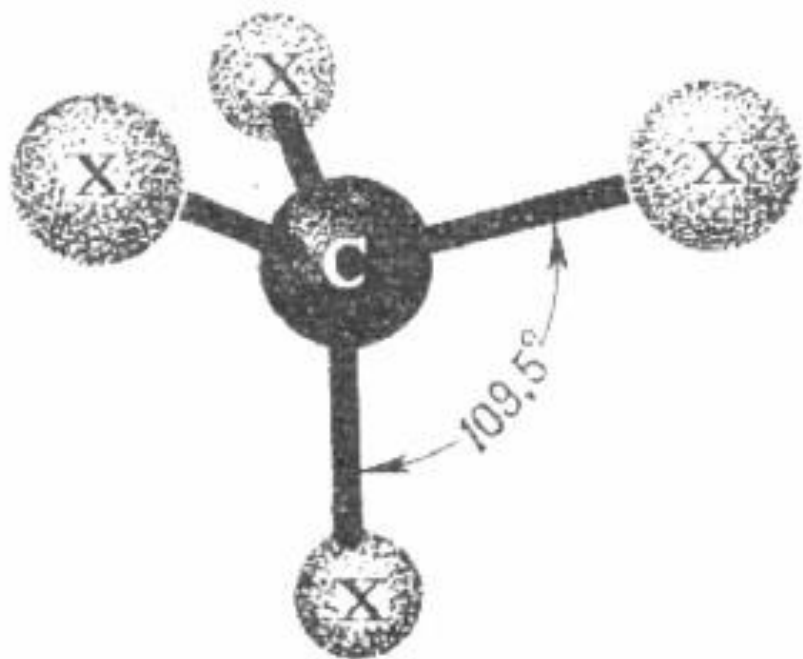
# Пространственная структура



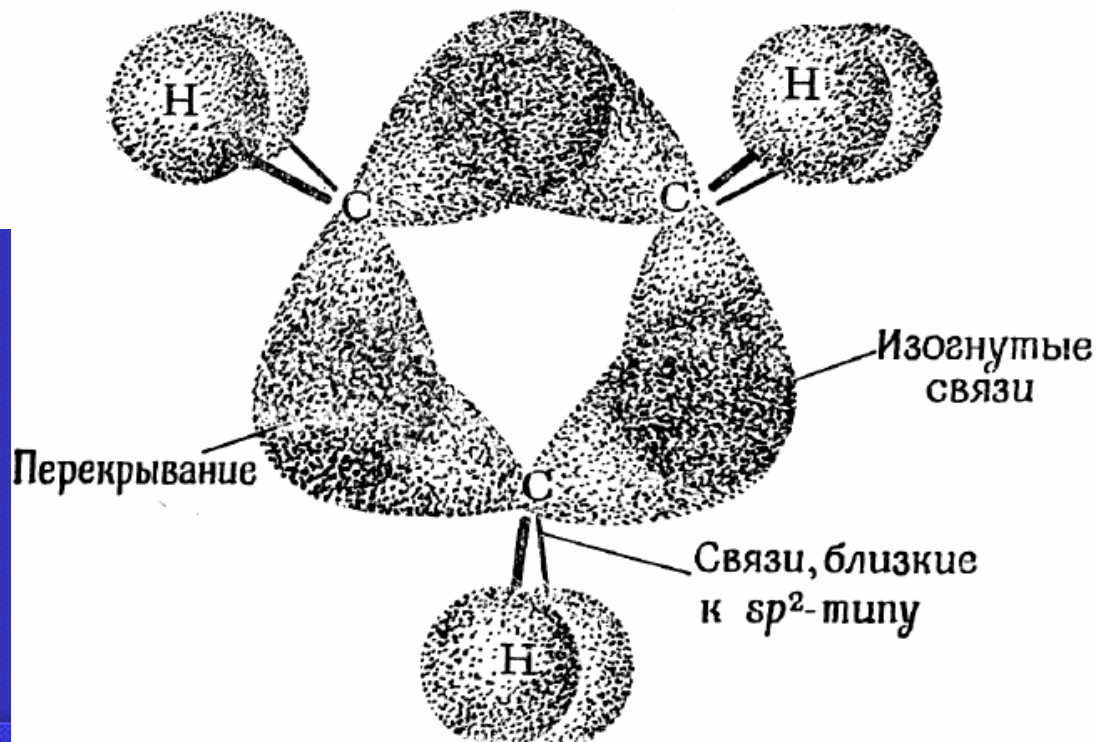
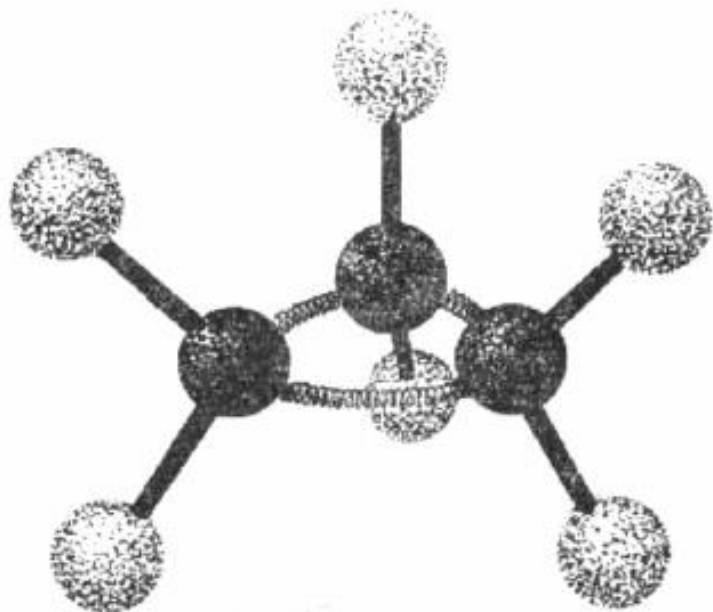
гибридизация



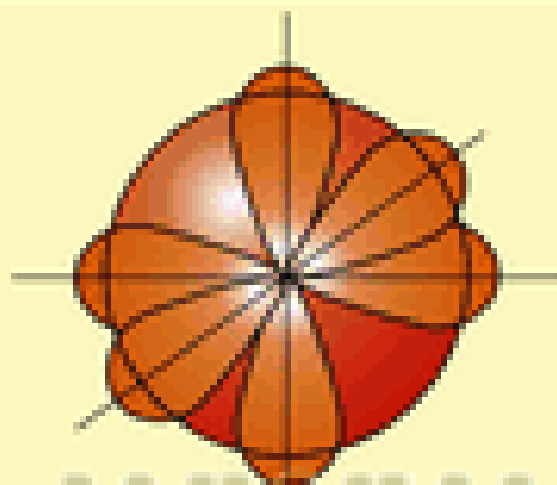
# МЕТАН и ЭТАН



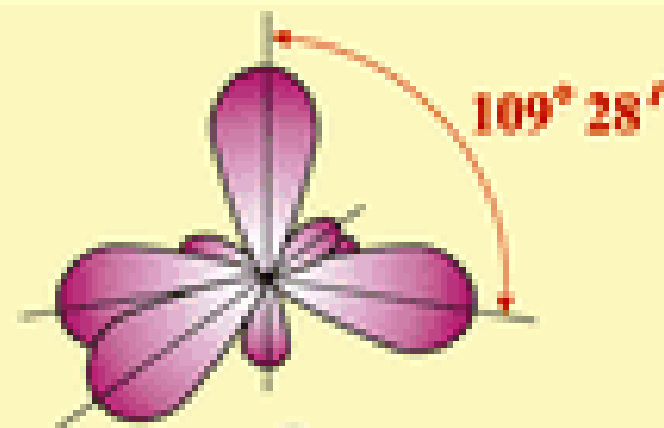
# циклопропан



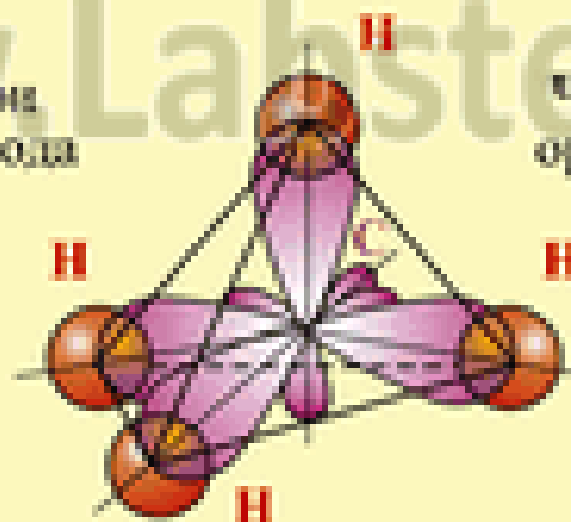
## ОБРАЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ОРБИТАЛЕЙ В МОЛЕКУЛЕ $\text{CH}_4$



Одна  $s$ -орбиталь и три  $p$ -орбитали атома углерода

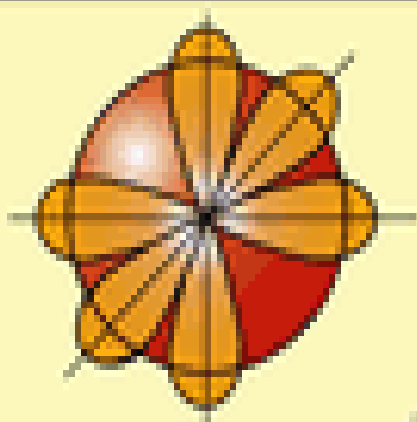


Четыре  $sp^3$ -гибридные орбитали атома углерода

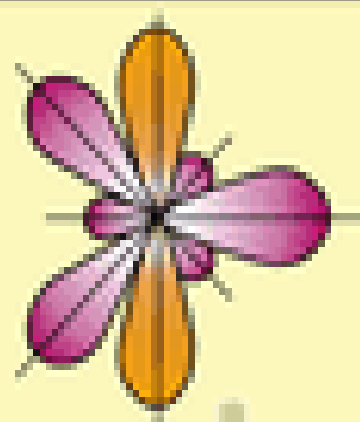


Объемная тетраэдрическая молекула  $\text{CH}_4$

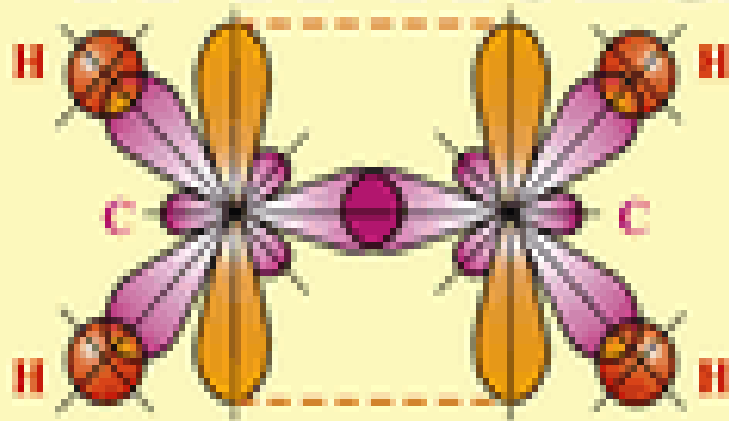
ОБРАЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ ЭТИЛЕНА  
 $H_2C = CH_2$



А



Б

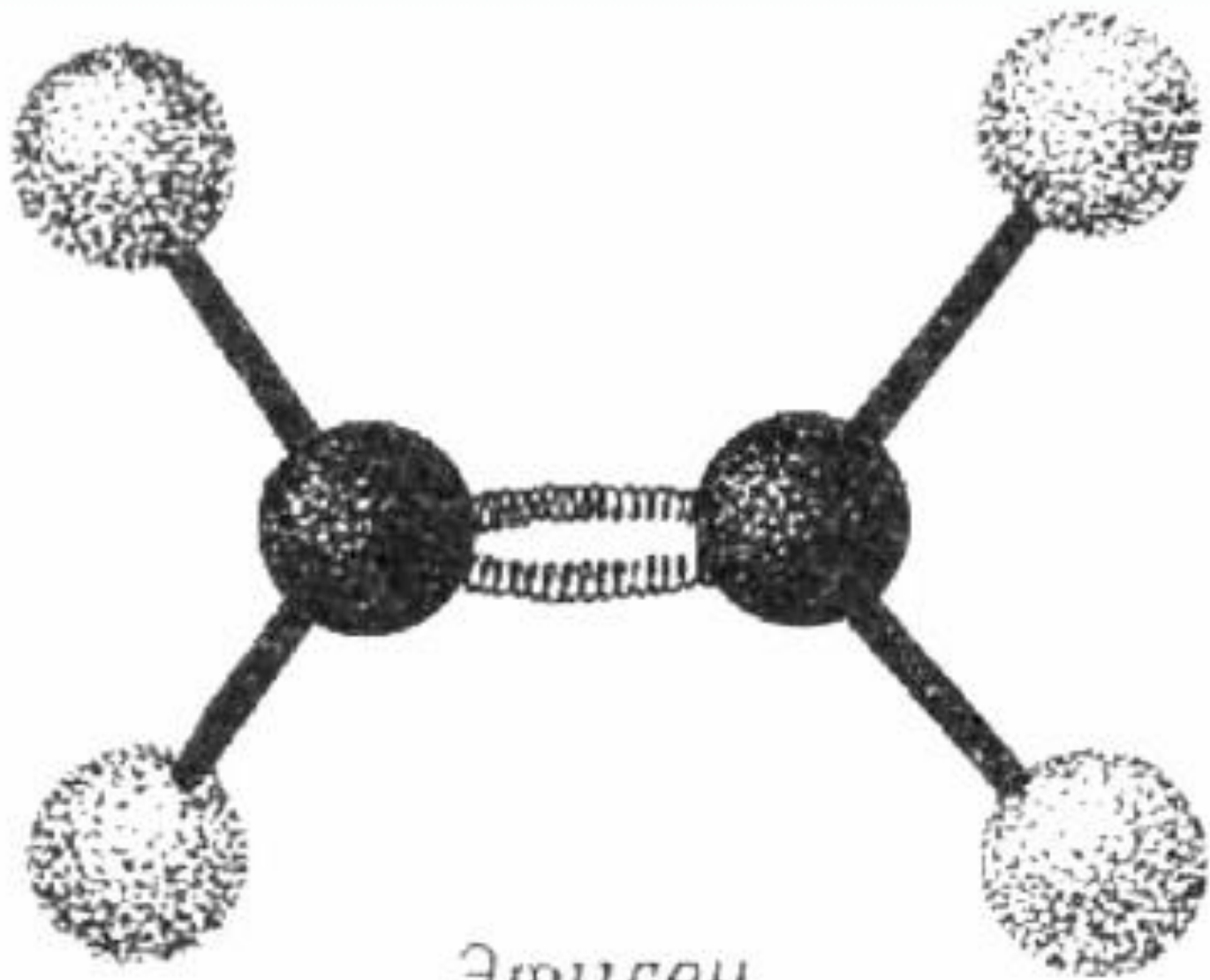


В



Г

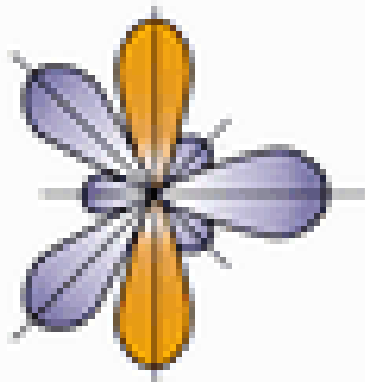
www.Labstend.ru



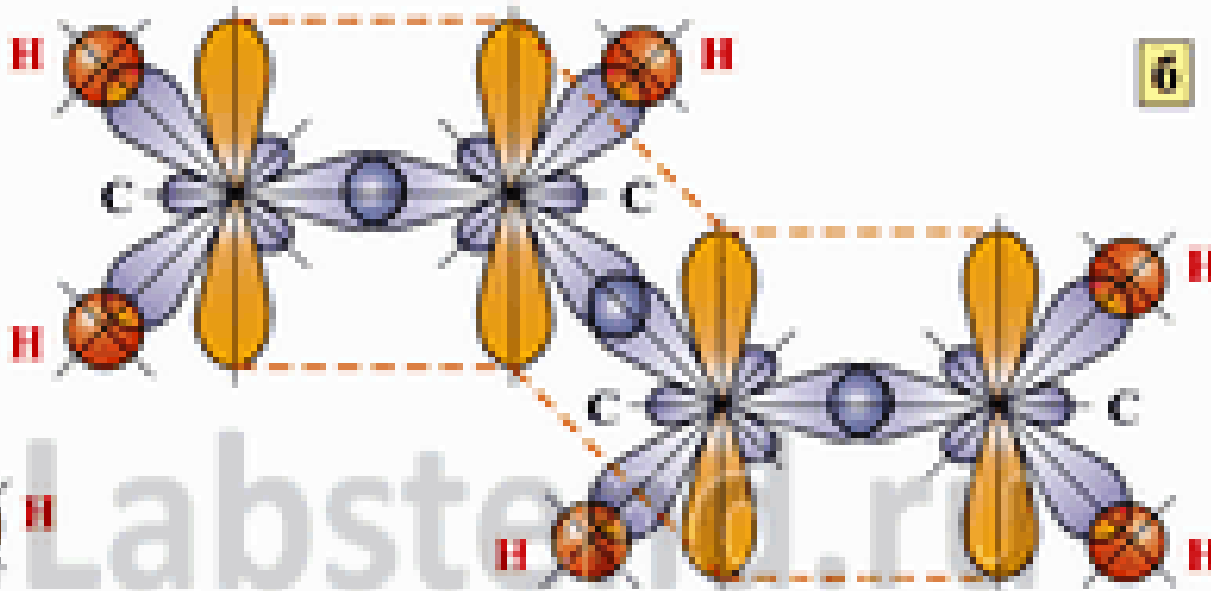
Этилен

# ОБРАЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ БУТАДИЕНА - 1, 3

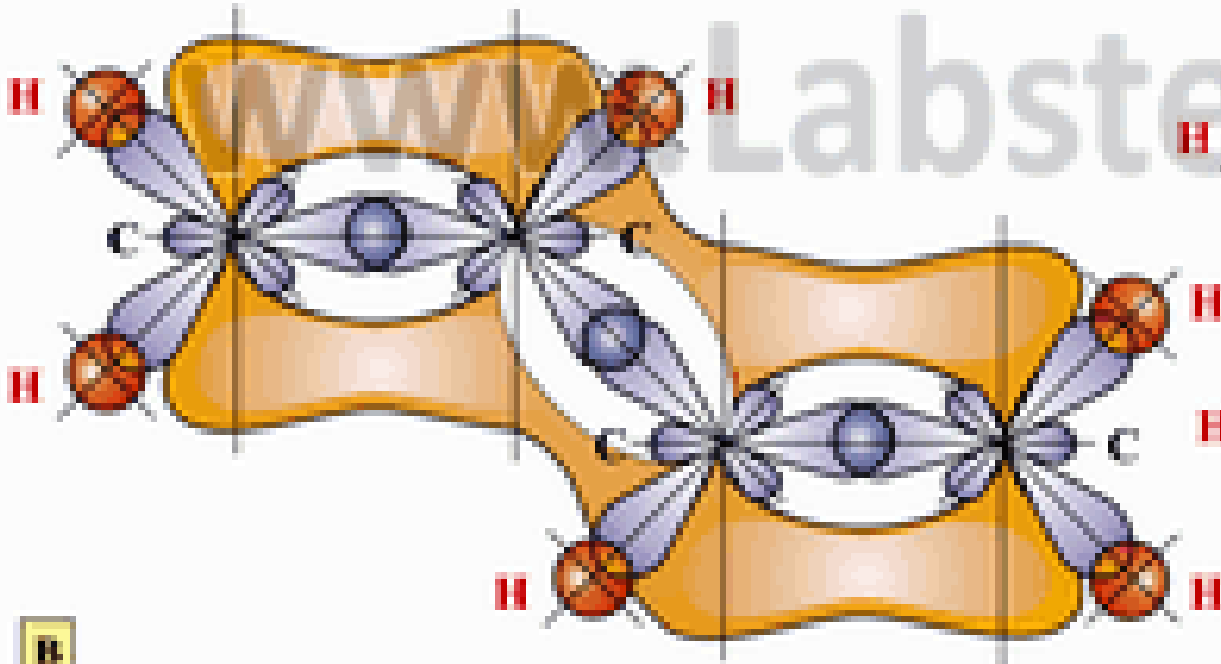
а



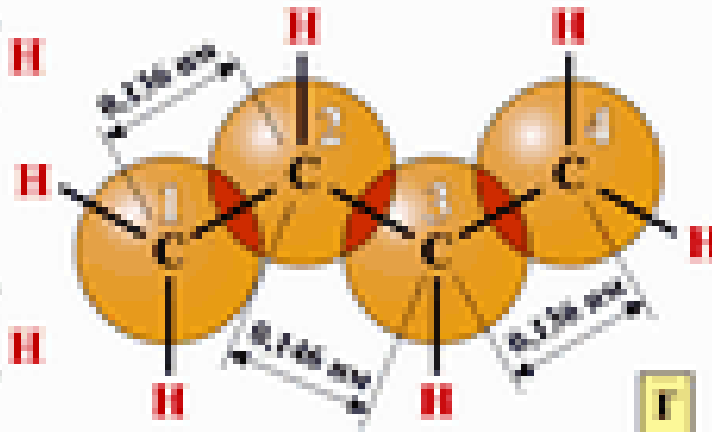
б



в



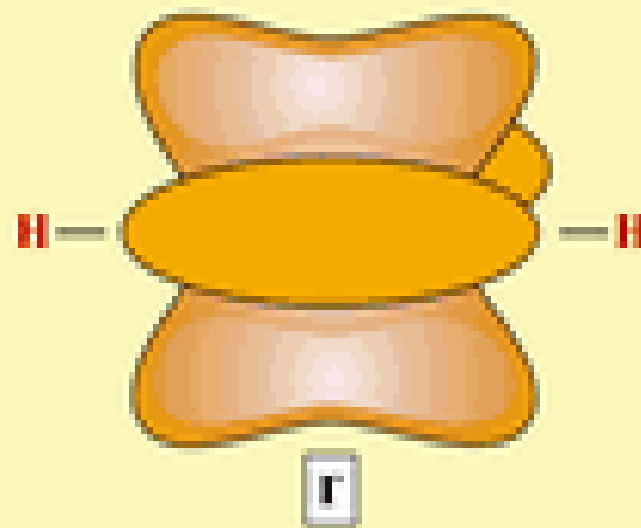
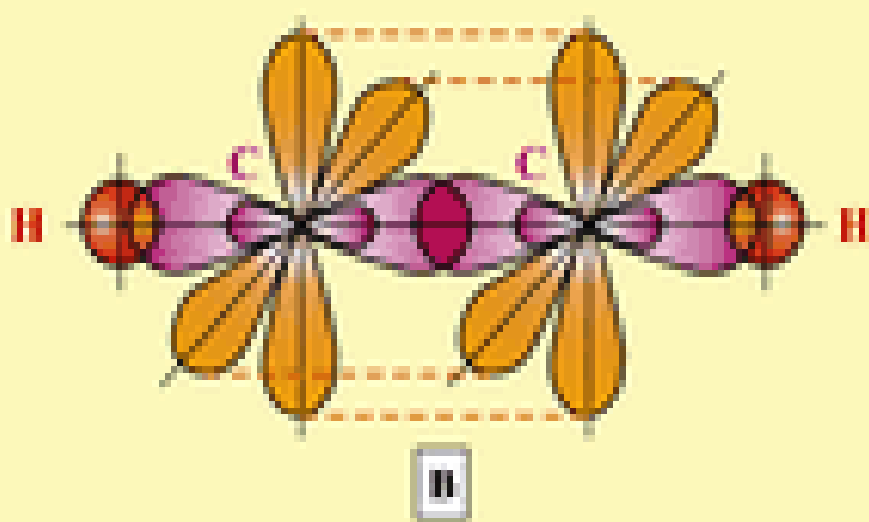
г



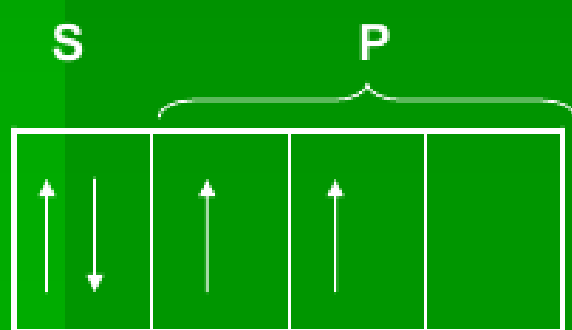
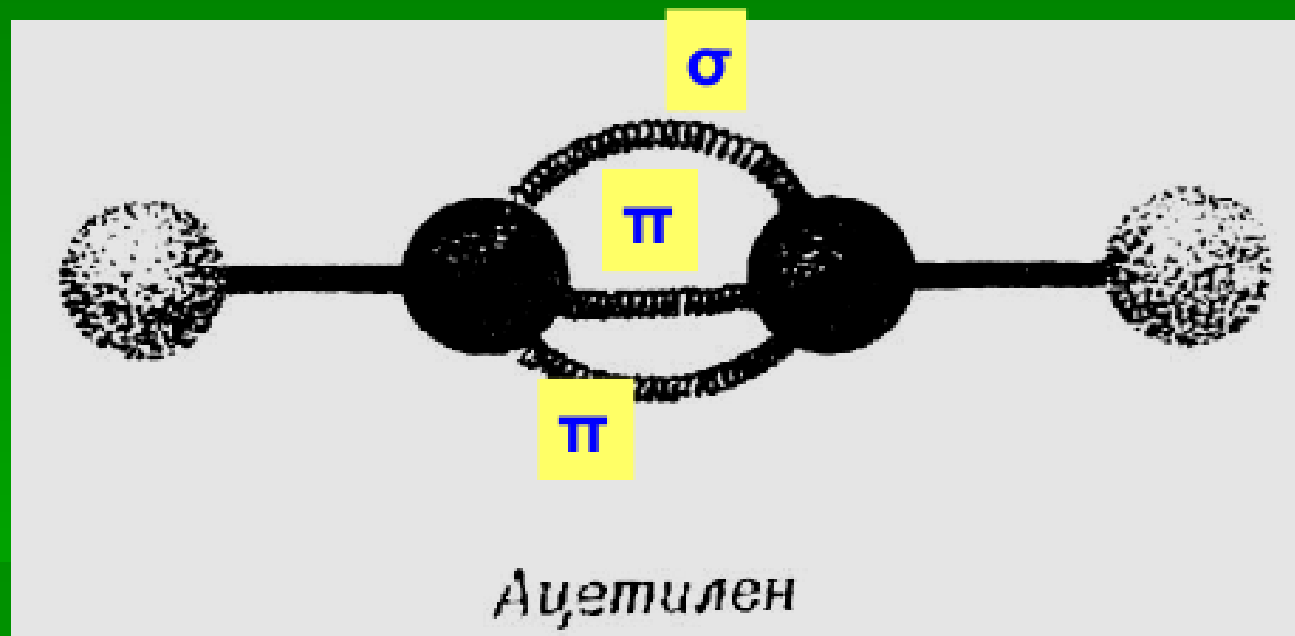
ОБРАЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ АЦЕТИЛЕНА  
 $\text{HC} \equiv \text{CH}$



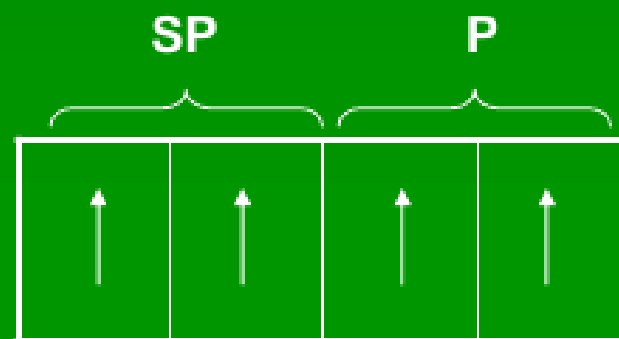
[www.Labstenc.ru](http://www.Labstenc.ru)



# АЛКИНЫ



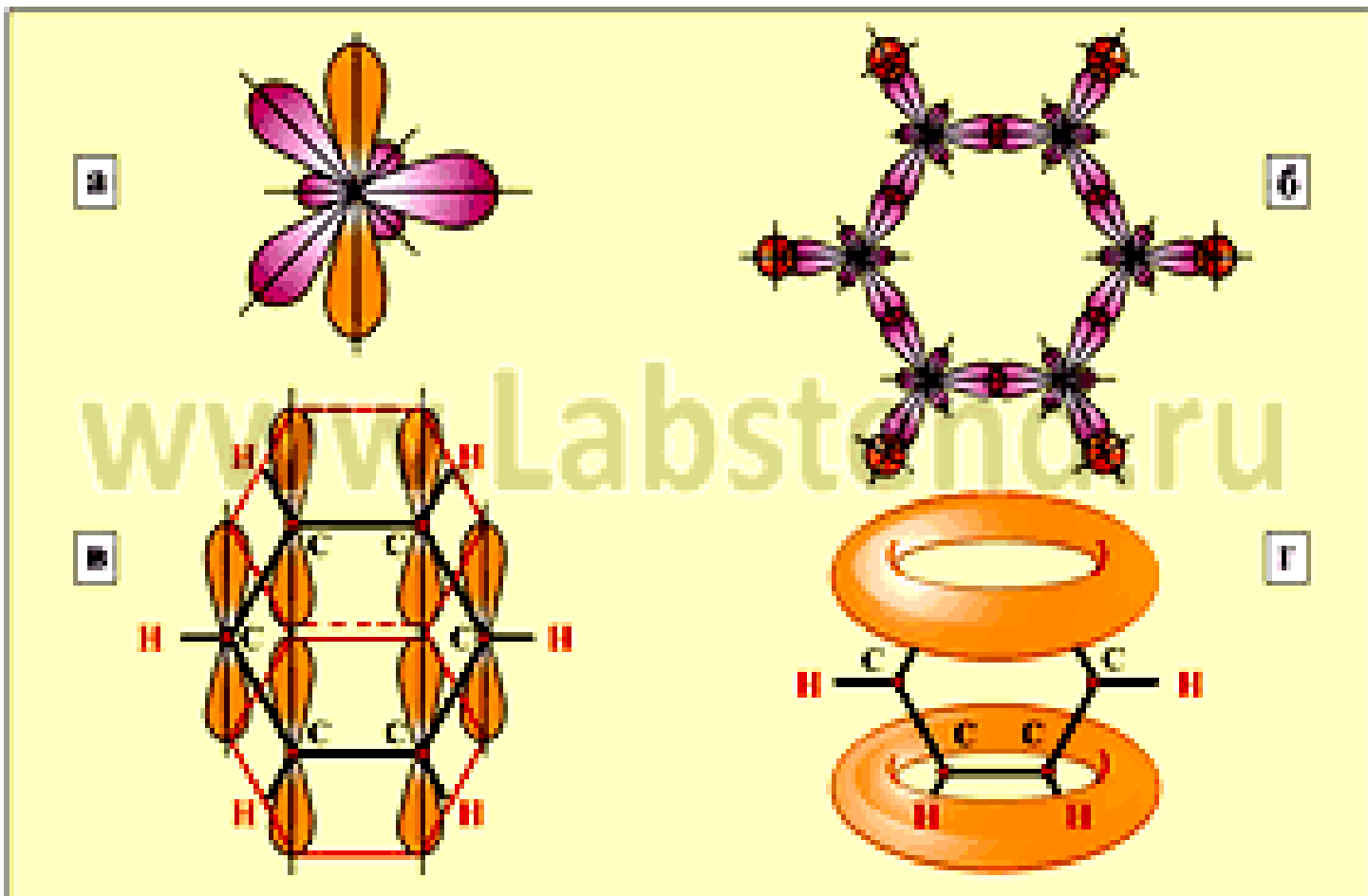
гибридизация



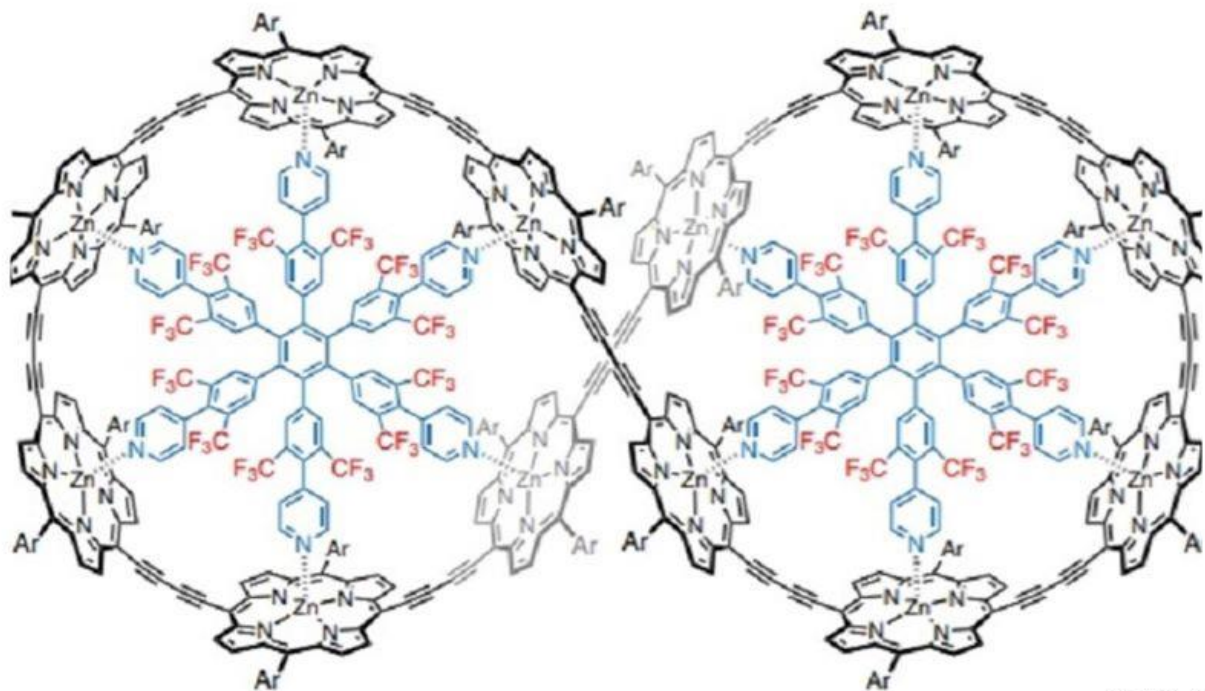
Ароматичность - это свойство молекул,  
которое заключается в образовании  
прочной системы, электронная плотность  
которой равномерно распределена по всем  
атомам.

Такая атомная система характерная только для молекул с кратными - двойными и тройными - связями. Но самое главное, что число  $\pi$ -электронов в ней должно быть равно  $4n+2$ , где  $n$  - целое число больше нуля (правило Хюккеля).

## ОБРАЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ БЕНЗОЛА



Самым простым и самым первым ароматическим соединением был бензол, имеющий шесть  $\pi$ -электронов на своих шести атомах углерода, соединенных с таким же числом водородов. После первого получения бензола в 1825 году и следующего за ним введения термина «ароматичность» в 1865-м, были открыты сотни таких соединений и веществ на их основе.

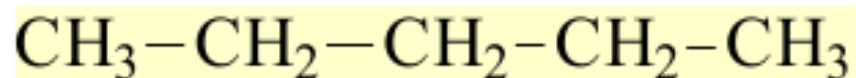


nature.com

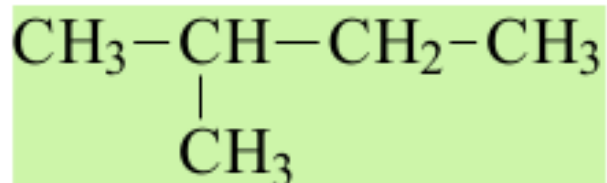
Синтезирована молекула с самым большим ароматическим кольцом

Команда исследователей из Оксфордского университета смогла создать молекулу с рекордной по размеру ароматической системой. Она содержит **162 π-электрона.**

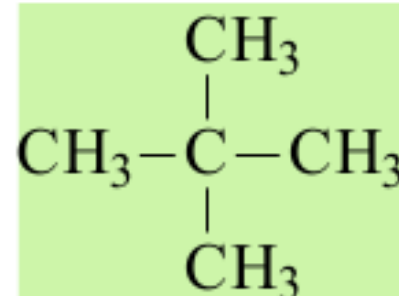
# Разветвленные алканы и их радикалы



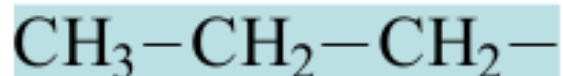
**н-пентан**



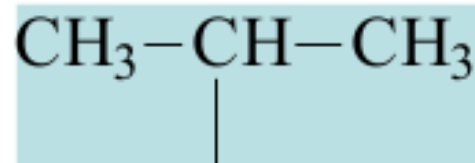
**2-метилбутан**



**2,2-диметилпропан**



**н-пропил**



**изопропил**



## **Взаимное влияние атомов**

обуславливает полярность и поляризуемость связей в органических молекулах.

Электрическая асимметрия ковалентной связи в органических молекулах, построенных из атомов с различной ЭО, изменяет состояние связей и заряды всех атомов молекулы.

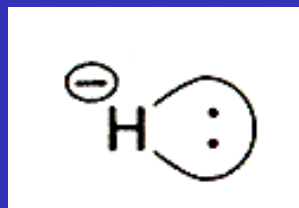
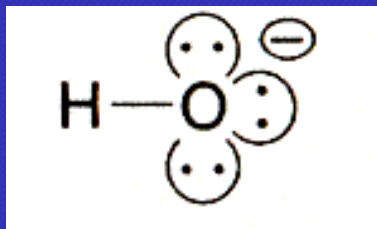
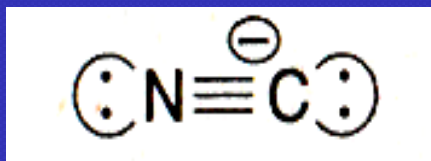
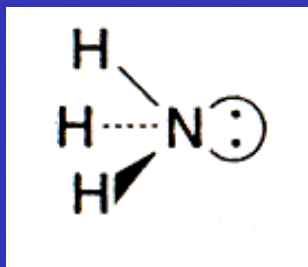
Полярные реагенты разделяются на нуклеофильные и электрофильные.

*Нуклеофильные, или электронодонорные,* реагенты отдают свои электроны углеродному атому в органической молекуле, образуя с ним химическую связь.

*Электрофильные, или электроноакцепторные,* реагенты приобретают электроны от углерода органической молекулы, образуя с ним химическую связь.

# РЕАГЕНТЫ

**Нуклеофилы** - это  
частицы с  
**неподделенными**  
парами электронов



**Электрофилы**  
являются  
акцепторами пар  
электронов



(индуцируется  
соседней частицей)

# ИНДУКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ

Если в органической молекуле атом водорода заменить на атом, обладающим более высоким сродством к электрону, то этот атом не только оттягивает пару общих электронов с непосредственно связанных углеродных атомов, но и вызывает смещение электронных пар у более удаленных атомов:



Этот тип взаимного влияния атомов называется индуктивным эффектом.

Индуктивный эффект атомов и атомных групп может быть отрицательным ( $-I$ ) и положительным ( $+I$ ).

Эталоном сравнения является водород, индуктивный эффект которого принят за нуль.  $-I$ - эффект проявляют заместители, обладающие большим сродством к электрону, чем водород.  $+I$  - эффект проявляют заместители с меньшим

электронным сродством:



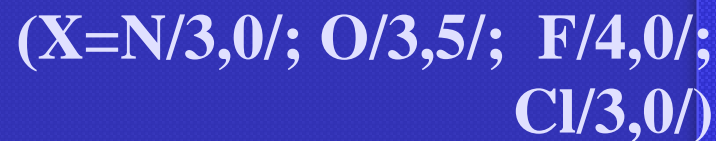
$+I$  - эффект



стандарт



$-I$  - эффект



**Сопоставление констант диссоциации органических кислот позволяет раскрыть индуктивное влияние заместителей на силу кислот.**

Уксусная кислота	$\text{CH}_3\text{—COOH}$	$1,82 \cdot 10^{-5}$ ;
Монохлоруксусная кислота	$\text{CH}_2\text{Cl—COOH}$	$155 \cdot 10^{-5}$ ;
Дихлоруксусная кислота	$\text{CHCl}_2\text{—COOH}$	$5000 \cdot 10^{-5}$ ;
Трихлоруксусная кислота	$\text{CCl}_3\text{—COOH}$	$30000 \cdot 10^{-5}$ .

*Замещение атомов водорода в углеводородном радикале уксусной кислоты атомами хлора с (—I) - эффектом вызывает резкое повышение кислотных свойств*

**Константы диссоциации  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -хлормасляных кислот показывают постепенное затухание индукционного эффекта по цепи атомов**

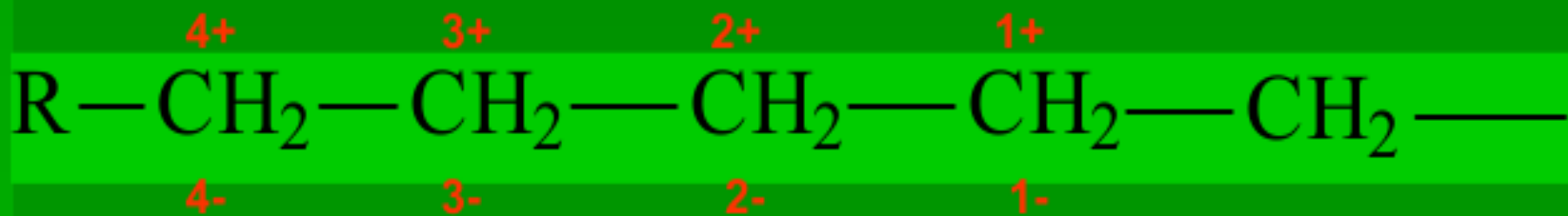
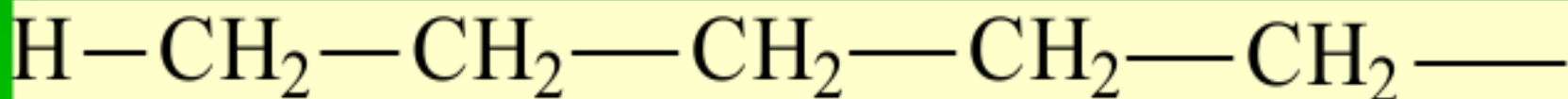
$\alpha$ -хлормасляная кислота	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHCl—COOH}$	$139 \cdot 10^{-5}$ ;
$\beta$ -хлормасляная кислота	$\text{CH}_3\text{—CHCl—CH}_2\text{—COOH}$	$8.9 \cdot 10^{-5}$ ;
$\gamma$ -хлормасляная кислота	$\text{CH}_2\text{Cl—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$	$3 \cdot 10^{-5}$ .

Величина ( $-I$ )-эффекта возрастает с увеличением номера группы периодической системы и уменьшается для элементов одной и той же группы с повышением порядкового номера элемента. При этом атомы, обладающие кратными связями, сильнее притягивают электроны, чем соответствующие атомы с ординарными связями.

Величина ( $+I$ )-эффекта возрастает с повышением порядкового номера элемента.

# Индуктивный и мезомерный эффекты

- Индуктивный эффект (I) передается по системе  $\sigma$ -связей и затухает от атома к атому (через 4 связи он уже практически не проявляется)



# Мезомерный эффект

---



## Типичные электронодоноры

- $\text{CH}_3^-$  (+I)
- $\text{CH}_3\text{CH}_2^-$  (+I)
- $\text{CH}_3\text{O}^-$  (+M)
- $\text{NH}_2^-$  (+M)

## Типичные электроноакцепторы

- Hal- (-I)
- $\text{NO}_2^-$  (-M)
- $-\text{COOH}$  (-M)

# ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ

Электронные эффекты	Заместители
$+I$ ( $M = 0$ )	Алкильные заместители ( $-R$ )
$+I, +M$	$-O^{\ominus}, -S^{\ominus}$
$+I, -M$	$-C_6H_5$
$-I, +M$	$-OH^*, -OR^*, -SH, -SR, -F, -Cl, -Br, -NH_2^*, -NHR^*, -NR_2^*$
$-I, -M$	$-NR_3^+, -NO_2, -SO_3H, -C(=O)H, -C(=O)R, -C\equiv N, -COOH$

\* У заместителя мезомерный эффект преобладает над индуктивным эффектом.

# Реакции органических веществ

Тип разрыва ковалентной связи, приводящий к возникновению свободных ионов, называется гетеролитическим расщеплением.



Образование ковалентных связей в ходе гетеролитических реакций происходит путем передачи электронных пар свободным органическим анионам:



---

Реакционная способность молекул, участвующих в гетеролитических реакциях, обусловлена полярностью, поляризуемостью и сопряжением их связей.

Направление и скорость реакций зависят от природы атакующего органическую молекулу реагента, природы растворителя, действия катализаторов и других факторов.

Нуклеофильными реагентами являются отрицательно заряженные ионы, молекулы с неподеленными парами электронов, молекулы с сильно поляризованными или легко поляризуемыми связями:

**$I^-$ ,  $Br^-$ ,  $Cl^-$ ,  $OH^-$ ,  $OR^-$ ,  $CN^-$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $ROH$ .**

К электрофильным реагентам относятся положительно заряженные ионы, молекулы с незаполненными электронными оболочками, молекулы галогенов, карбонильные соединения, ацетиленовые углеводороды:

**$H^+$  или  $H_3O^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^+$ ,  $NO^+$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$ ,  
 $AlCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $RHal$ ,  $R_2C=O$ ,  $-C\equiv C-$ .**

**Гомолитическое расщепление ковалентной  
связи происходит вследствие разрыва  
электронной пары:**



*Гомолитическая диссоциация молекул обычно  
вызывается термическим и фотохимическим  
разложением органических веществ.*

Фотоны с достаточной энергией превращают молекулы в свободные радикалы. Поэтому действие света, равно как и облучение УФ-лучами, инициирует процесс гомолитической диссоциации молекул.

В результате гомолитических реакций образуются свободные радикалы.

В настоящее время установлено, что многие органические реакции (окисления, галогенирования, нитрования и другие) протекают с образованием свободных радикалов.

Примером цепных радикальных реакций является реакция взаимодействия галогенов с углеводородами при освещении:



Обрыв цепи происходит вследствие исчезновения из газовой фазы свободных радикалов в результате их рекомбинации:



# Классификация органических реакций

*По конечному результату:*

А) реакции присоединения ( $R-CH=CH_2 + Br_2 \rightarrow R-CHBr-CH_2Br$ );

Б) реакции отщепления (элиминирования)  
( $R-CHBr-CH_2-R' + KOH \rightarrow R-CH=CH-R' + KBr + H_2O$ )

В) реакции замещения ( $RH + Cl_2 \rightarrow RCl + HCl$ )

Г) реакции изомеризации ( $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_3-\underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH}-CH_3$ )

*По механизму протекания:*

А) Гетеролитические (полярные и ионные) реакции

Нуклеофильные реакции ( $R : Cl + : OH^- \rightarrow R : OH + : Cl^-$ )

Электрофильные реакции ( $R-NH_2 + H^+ \rightarrow R-NH_3^+$ )

Б) Гомолитические (радикальные) реакции



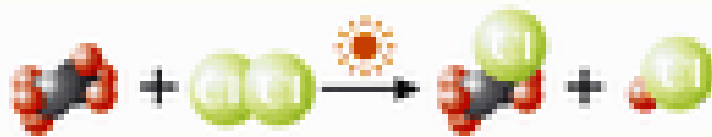
*3) По количеству молекул, участвующих в элементарной стадии, протекающей с наименьшей скоростью:*

Мономолекулярные,  
Бимолекулярные и т.д.

Эти классы реакций неразрывно связаны между собой, ибо реакции присоединения могут протекать по электрофильному, нуклеофильному или радикальному механизму, а реакции нуклеофильного замещения при насыщенном атоме углерода могут осуществляться посредством мономолекулярного, либо бимолекулярного механизма.

## РЕАКЦИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ В АЛКАНАХ ( $S_N$ )

### Схема реакции

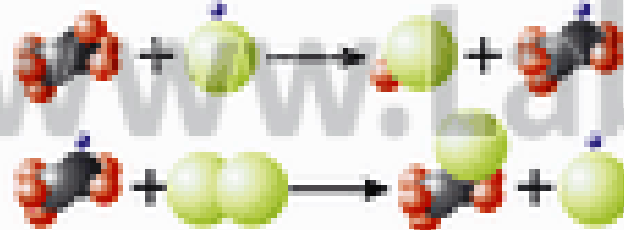


### Механизм цепной радикальной ( $S_R$ )

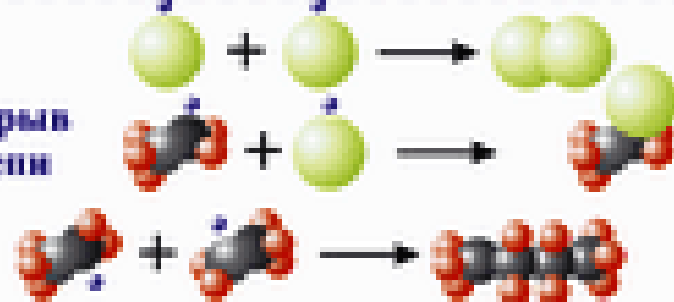
Иницирование  
(зарождение цепи)



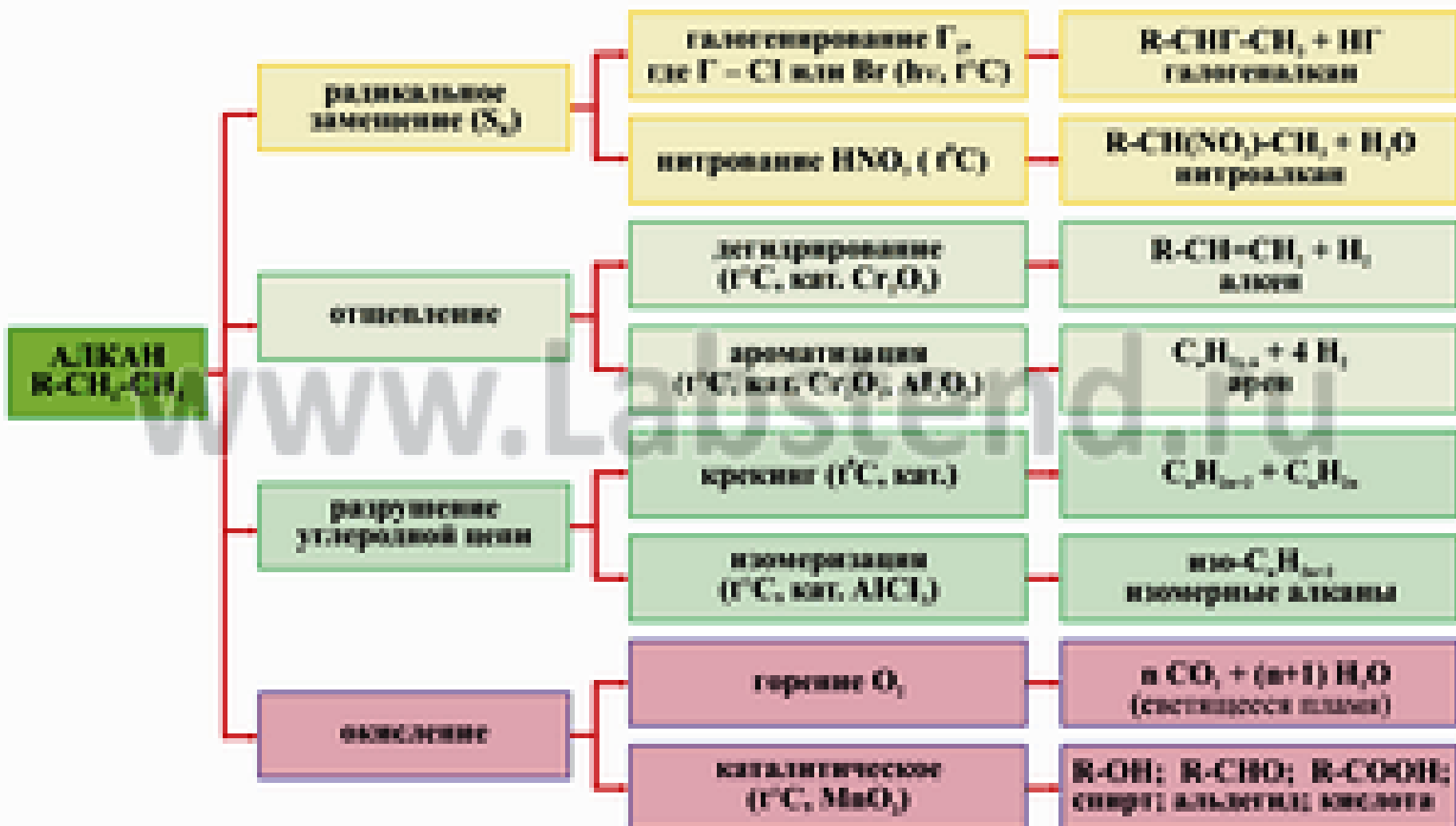
Рост  
цепи



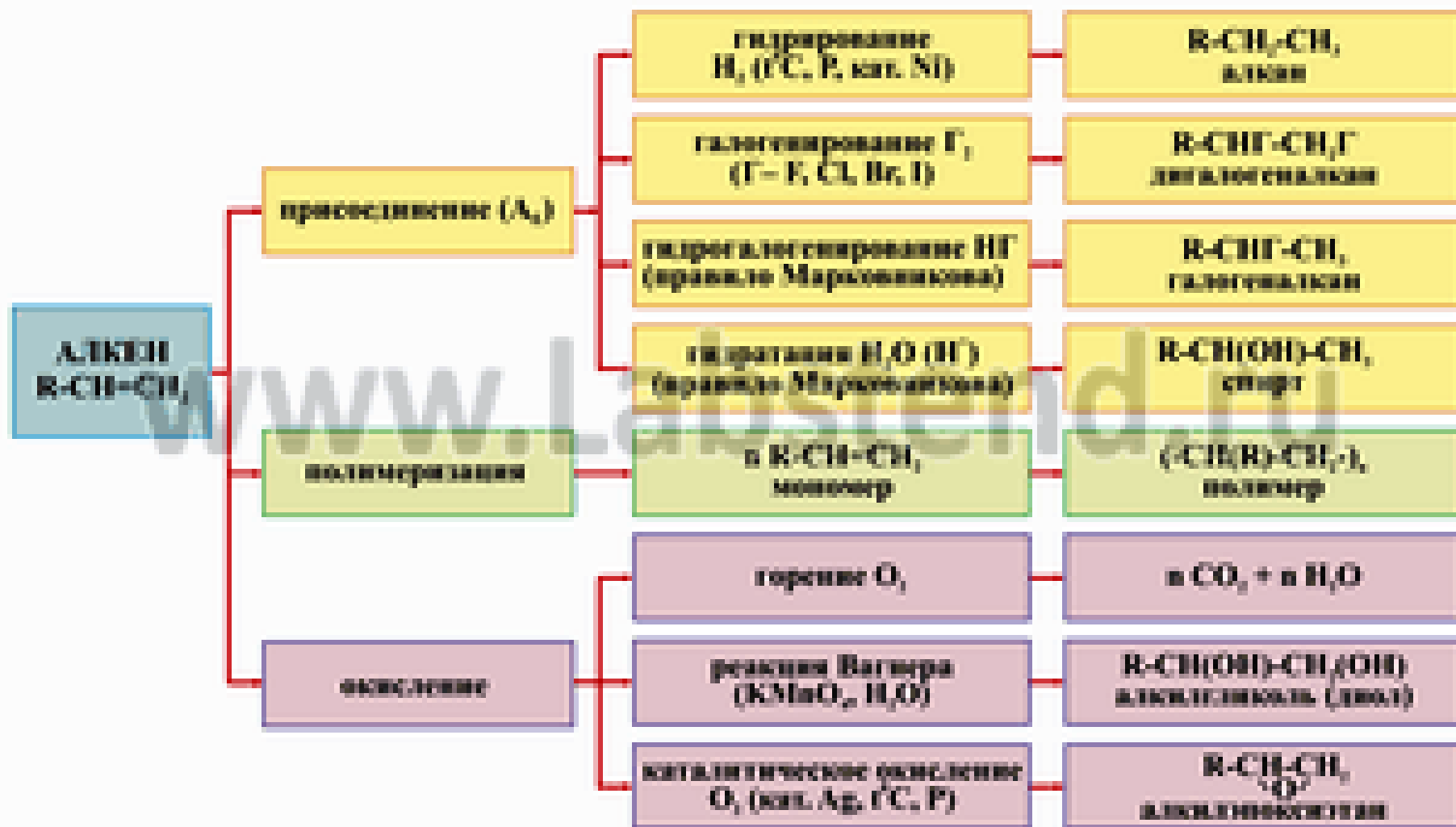
Обрыв  
цепи



# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКАНОВ (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>)

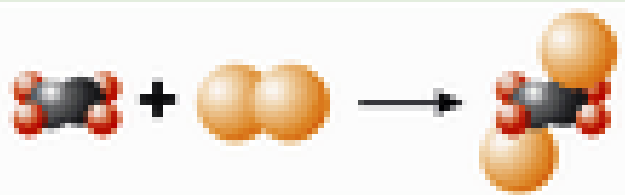


# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>)

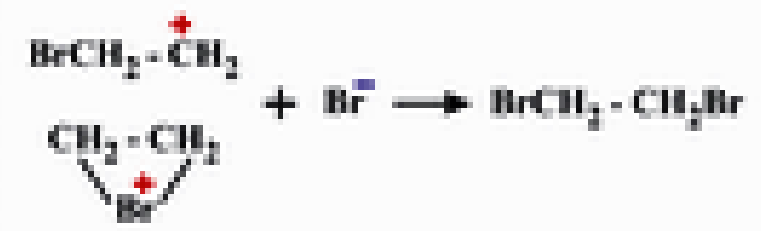
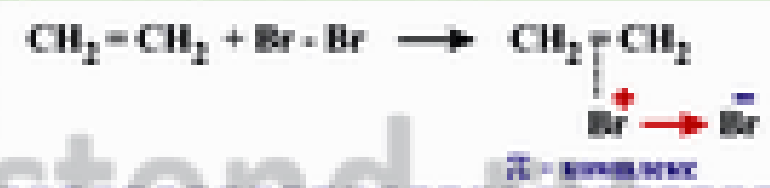
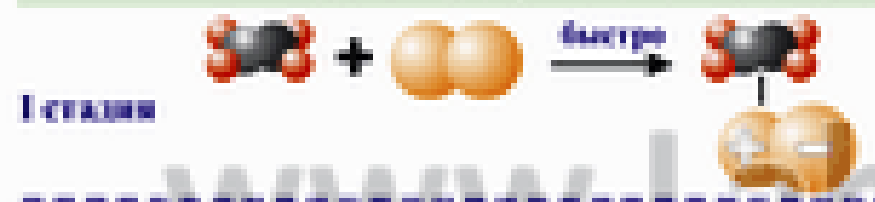


# ЦЕПНОЙ ИОННЫЙ МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ К АЛКЕНАМ

## Схема реакции

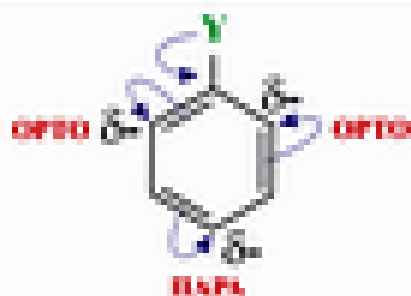


## Механизм цепной ионный - электрофильное присоединение (A<sub>2</sub>)





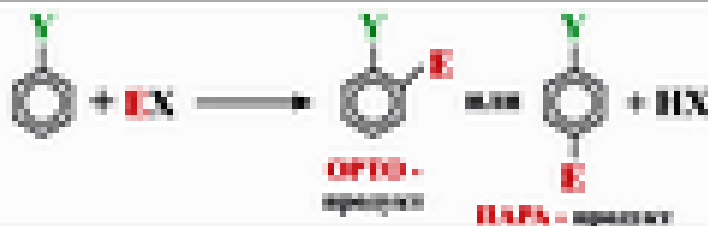
# ЗАМЕСТИТЕЛИ I РОДА И ИХ ОРИЕНТИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ В РЕАКЦИЯХ $S_E$



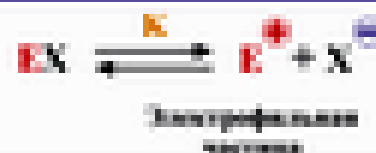
Y - электродонорный заместитель I рода -  
орто - и пара - ориентант



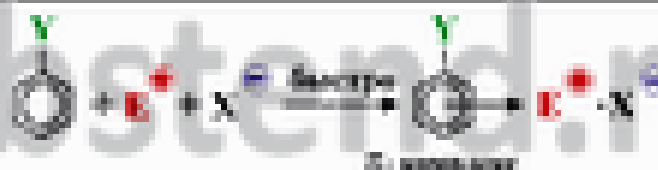
Схема реакции



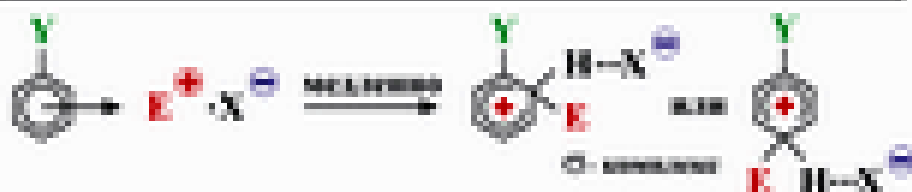
Механизм реакции  $S_E$



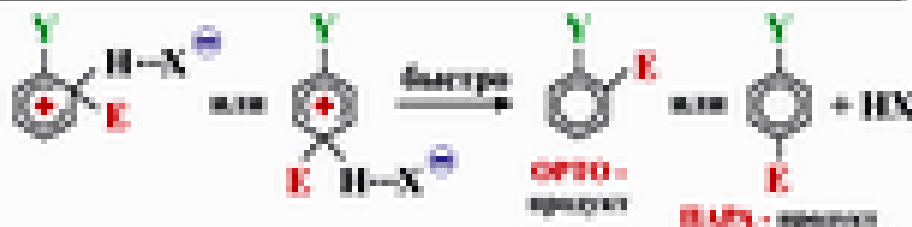
Образование  $\pi$ -комплекса



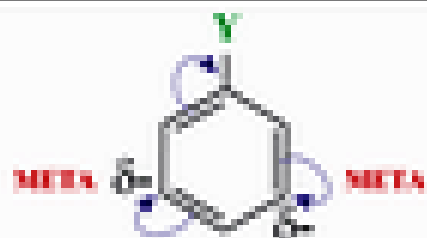
Образование  $\sigma$ -комплекса



Образование продукта реакции



# ЗАМЕСТИТЕЛИ II РОДА И ИХ ОРИЕНТИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ В РЕАКЦИЯХ $S_E$



**Y** - электроноакцепторный заместитель II рода -  
**META** - ориентант

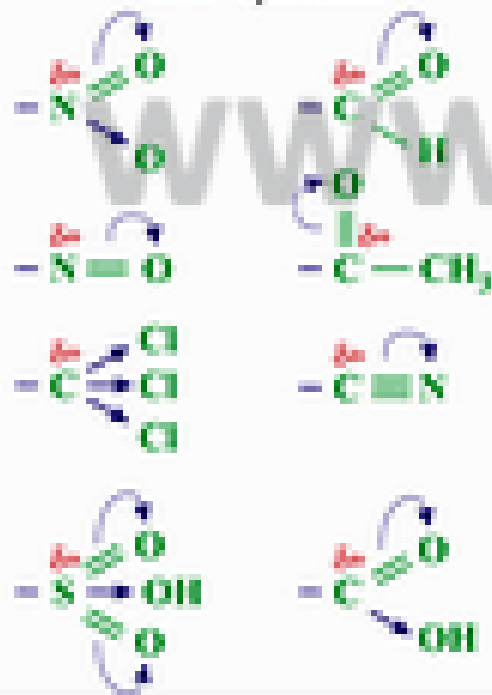
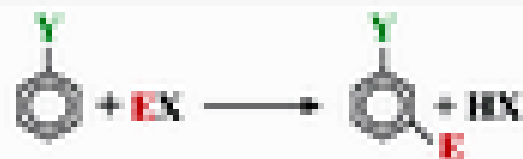


Схема реакции



**META** - продукт

Механизм реакции  $S_E$



Образование  $\pi$ -комплекса



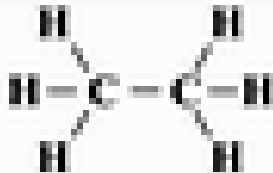
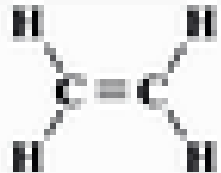

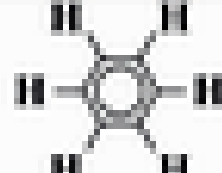







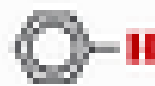
Образование  $\sigma$ -комплекса



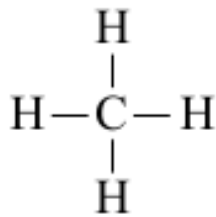
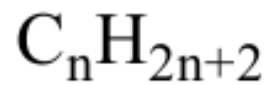
Образование продукта реакции



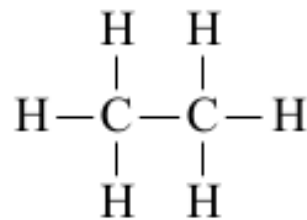
# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Общая формула	Алканы $C_nH_{2n+2}$ ( $n \geq 1$ )	Алкены $C_nH_{2n}$ ( $n \geq 2$ )	Алкины $C_nH_{2n-2}$ ( $n \geq 2$ )	Арены $C_nH_{2n-6}$ ( $n \geq 6$ )
Пример строения	 этан	 этен	 этин	 бензол
Тип гибридизации атомов углерода	$sp^3$	$sp^2$	$sp$	$sp^2$
Валентный угол	$109^\circ 28'$	$120^\circ$	$180^\circ$	$120^\circ$
Кратность связей	$1 - \sigma$	$2 - \sigma + \pi$	$3 - \sigma + 2\pi$	$1,67 - \sigma + 0,67\pi$
ОКД атом углерода	2,50	2,69	2,75	2,69
Характеристика связей				
Длина, нм	0,110    0,154	0,108    0,134	0,106    0,120	0,109    0,139
Энергия, кДж / моль	415        348	435,5      612	463,5      836	490
Типы реакций	Замещение $S_N, S_E$	Присоединение $A_N, A_E$	Присоединение $A_E, A_N, A_S$	Замещение $S_E$
Реакционный центр молекулы			 Замещение $-C \equiv C - H$	

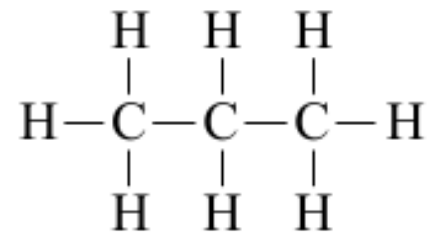
# АЛКАНЫ



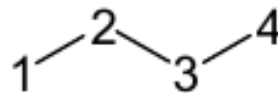
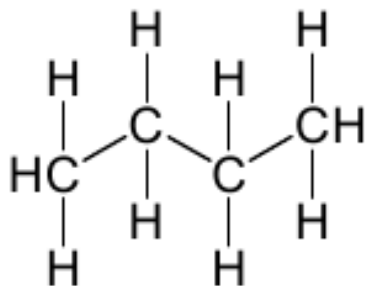
метан



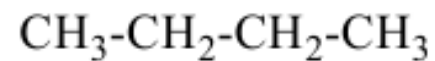
этан



пропан



н-бутан



# Нормальные алканы и соответствующие им радикалы

**Нормальные** алканы – это алканы, имеющие линейную структуру

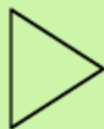
- метан
- этан
- пропан
- н-бутан
- н-пентан
- н-гексан
- н-гептан
- н-октан
- н-нонан

- метил
- этил
- н-пропил
- н-бутил
- н-пентил
- н-гексил
- н-гептил
- н-октил
- н-нонил

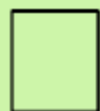
# Циклоалканы



3,4 (малые)



циклопропан



циклобутан

5-7 (обычные)



циклопентан

8-11 (средние)



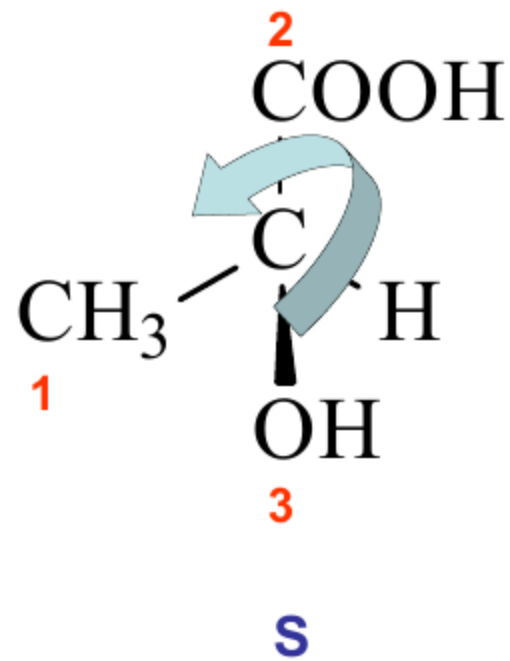
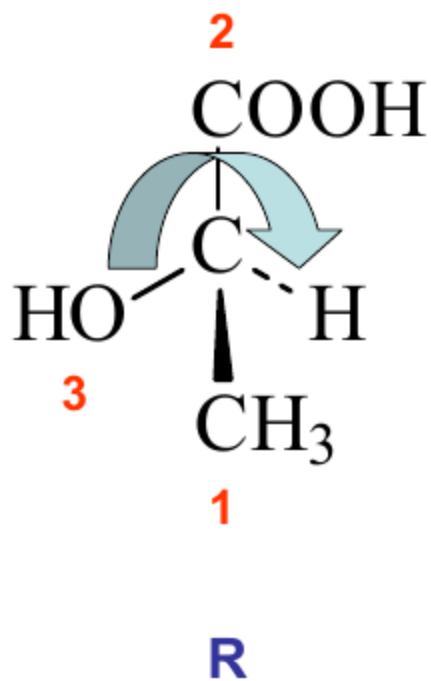
циклооктан

>12 (большие)



норборнан

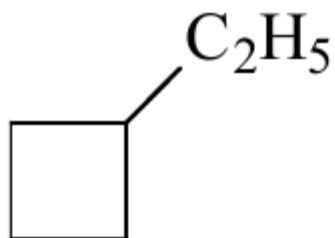
## R/S номенклатура энантиомеров



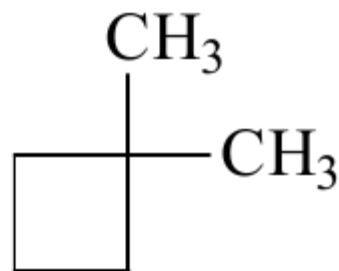
**Изомеры** — соединения, имеющие общую  
брутто формулу, но различное  
пространственное строение

на примере ( $C_6H_{12}$ )

1. Структурные изомеры— имеющие различное  
название

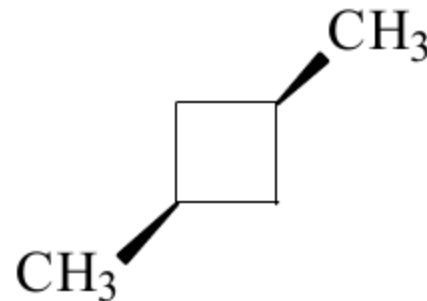
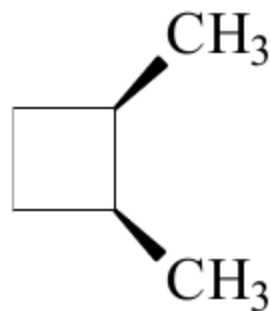
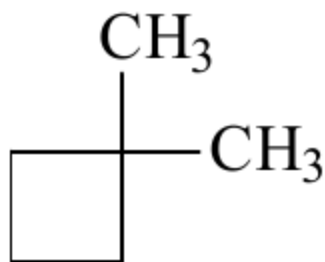


этилциклобутан



1,1-диметилциклобутан

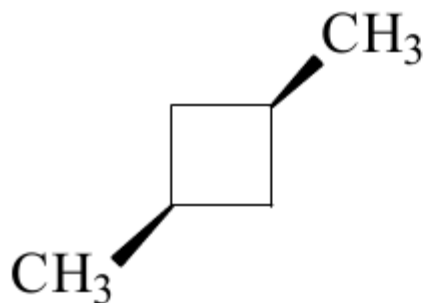
## 2. Позиционные изомеры – отличающиеся положением заместителей



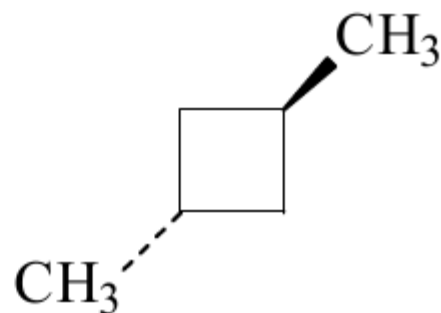
1,1-диметилциклобутан    1,2-диметилциклобутан    1,3-диметилциклобутан

3. **Стереизомеры** – изомеры с одинаковым названием, но различными буквенными локантами

- Геометрические изомеры – это стереоизомеры, отличающиеся положением заместителей при двойной связи или плоскости кольца

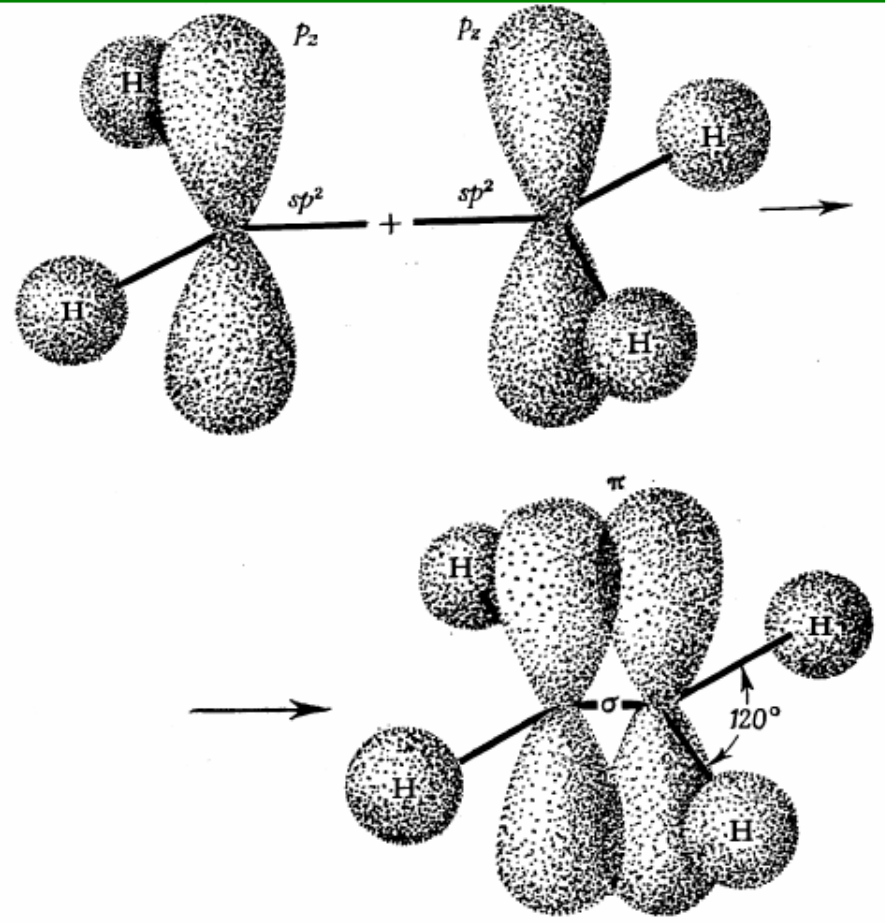
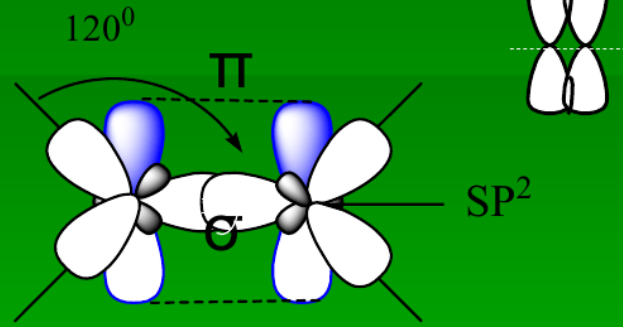


цис-1,3-диметилциклобутан



транс-1,3-диметилциклобутан

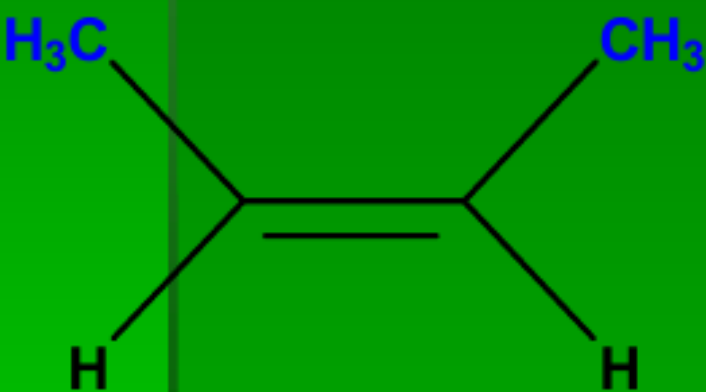
# Структура



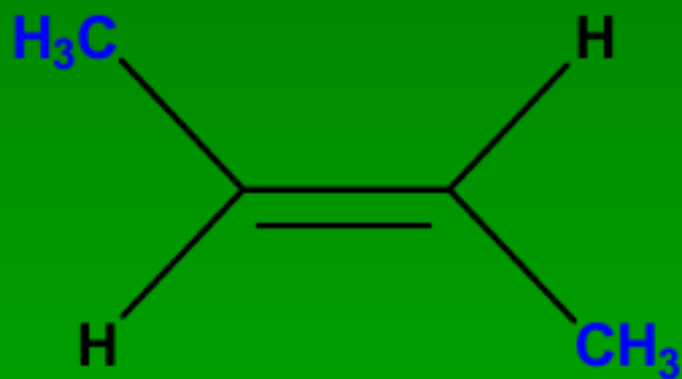
---

# ***Алкены***

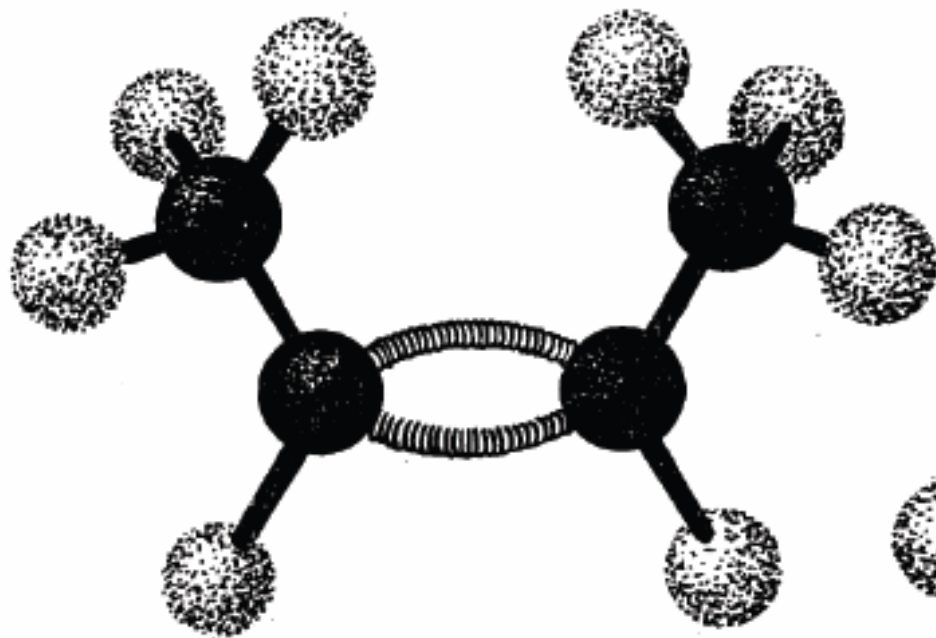
# Изомерия алкенов



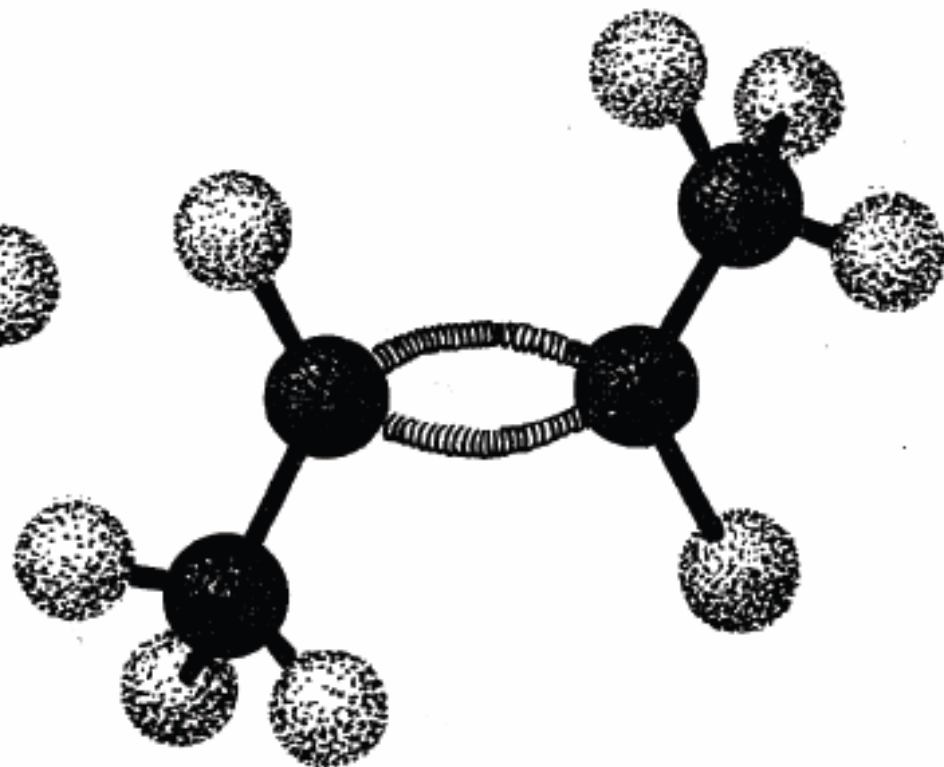
**цис**-бутен-2



**транс**-бутен-2



*цис*

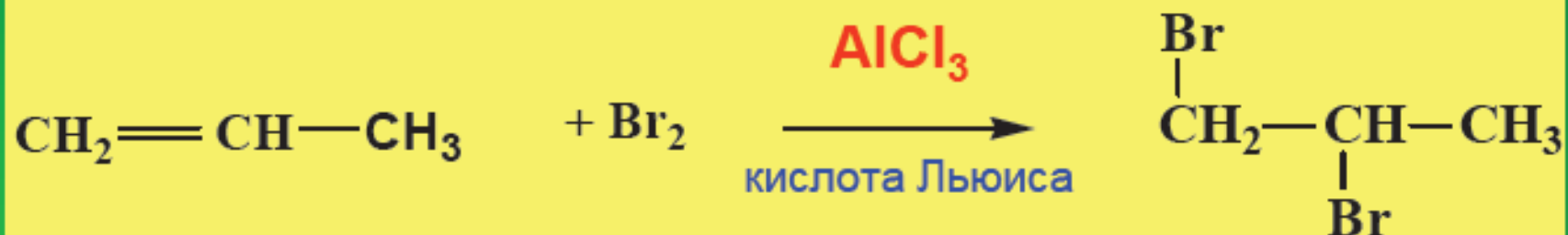


*транс*

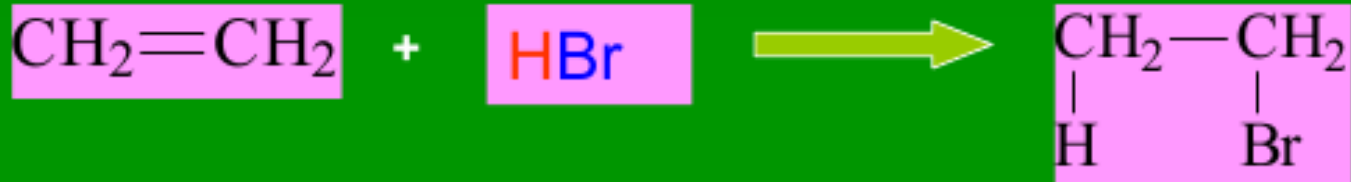
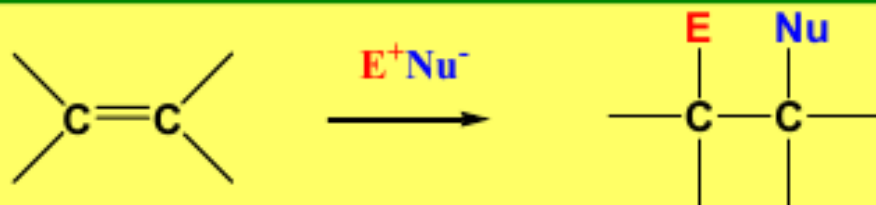
# Гидрирование алкенов



# Галогенирование алкенов

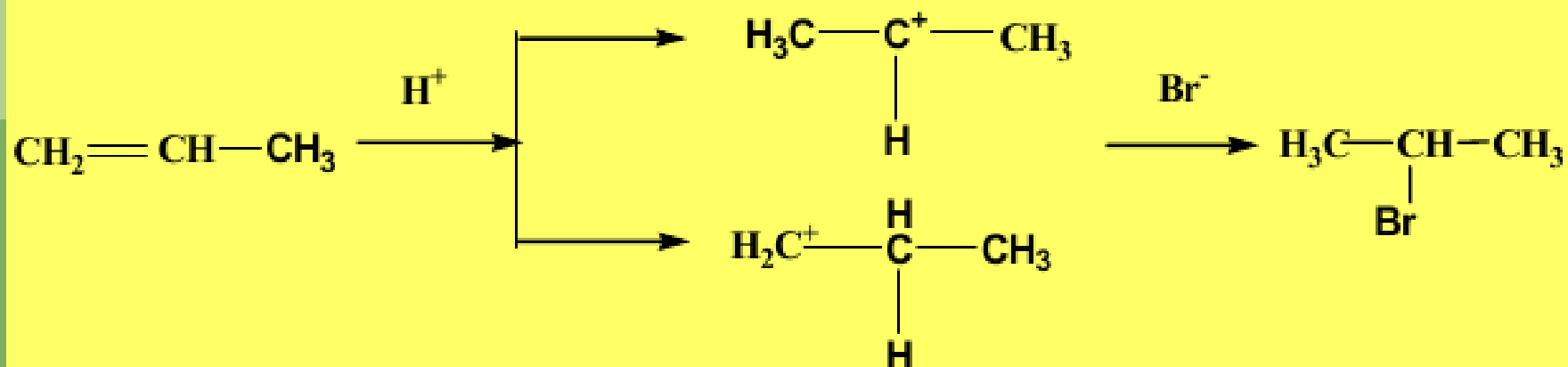
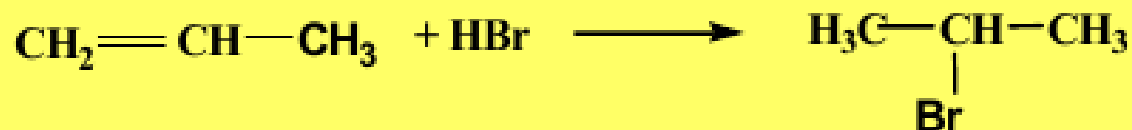


# Электрофильное присоединение



бромэтильный спирт

# Гидрогалогенирование



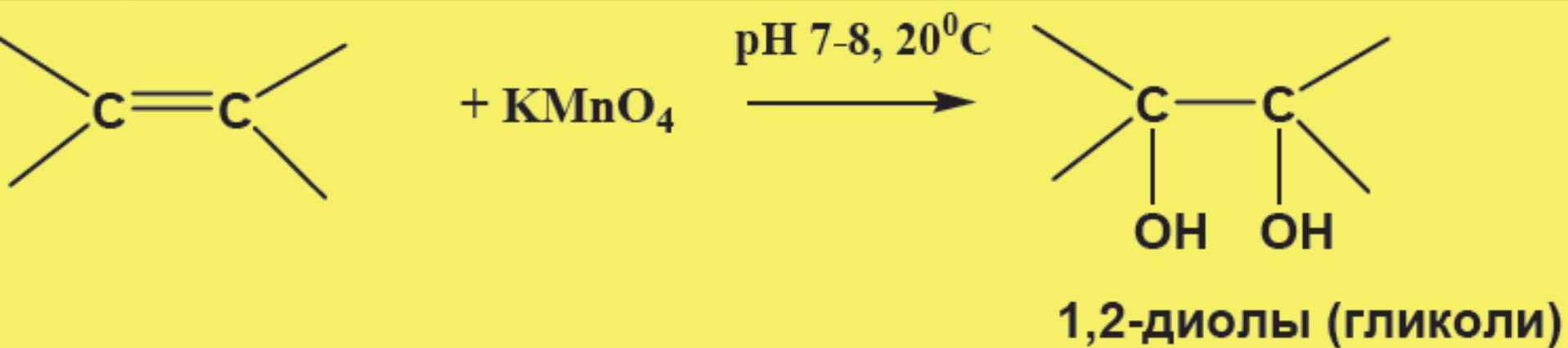
# Галогенирование несимметричных алкенов



## Правило Марковникова

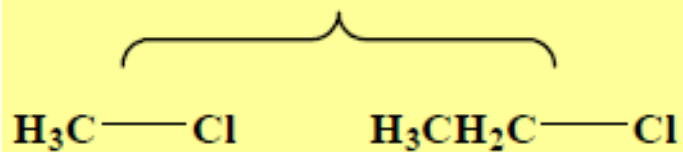
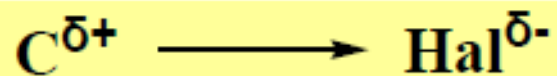
При присоединении реагентов типа  $\text{HNaI}$  к несимметричным алкенам, атом водорода (H) присоединяется к более гидрогенизируемому атому углерода (C) двойной связи

# Окисление (гидроксилирование)



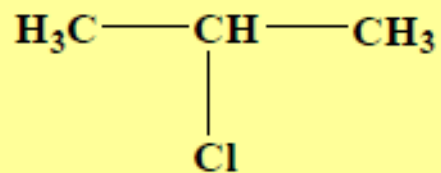
---

# ***Галогенуглеводороды***

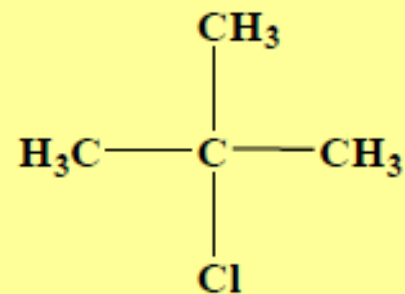


**хлорметан**

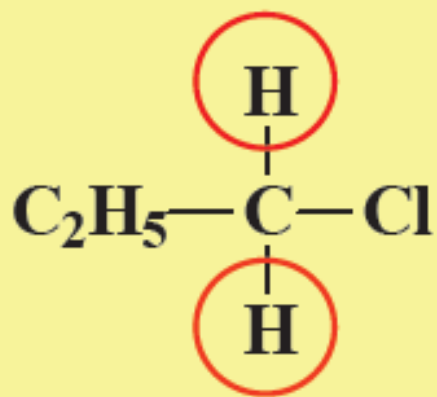
**хлорэтан**



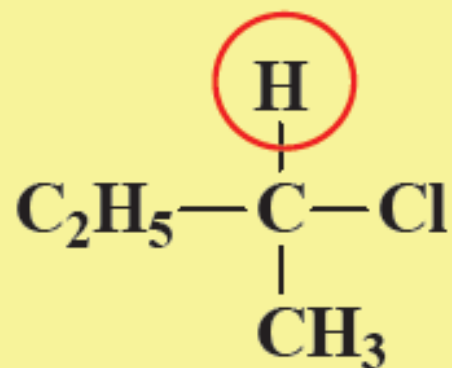
**2-хлорпропан**



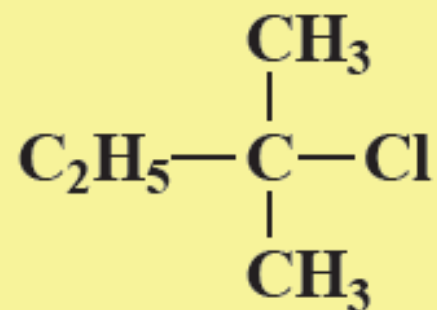
**2-метил, 2-хлорпропан**



первичный

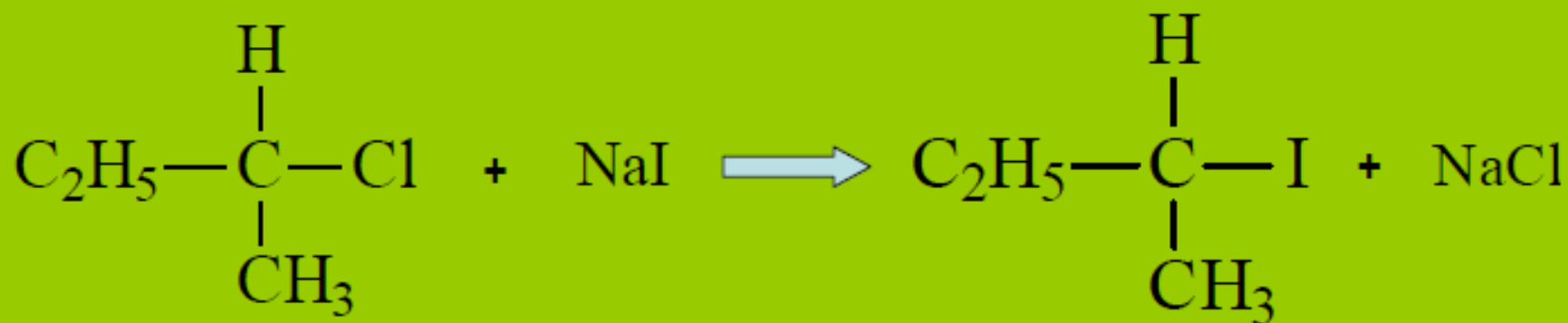


вторичный

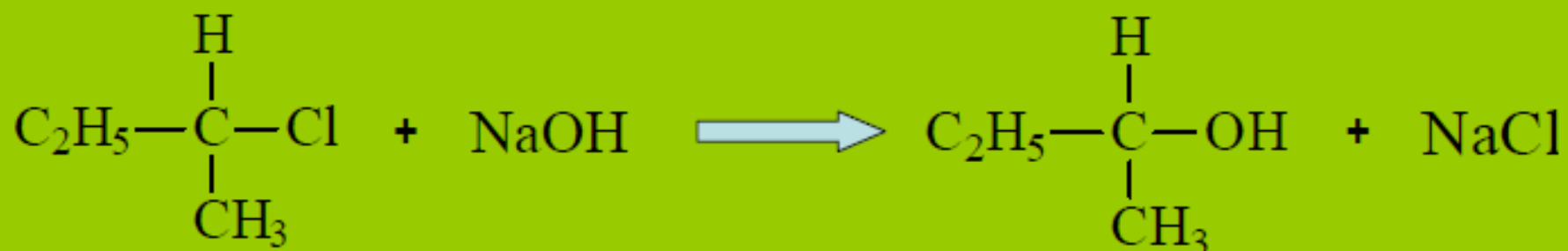


третичный

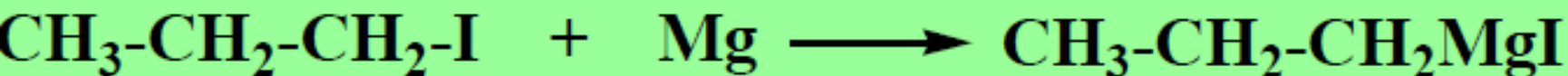
# Замещение одного галогена на другой



# Щелочной гидролиз алкилгалогенидов



# Получение реактива Гриньяра



н-пропилмагниййодид  
(реактив Гриньяра)

# Синтез Вьюрца-Фиттига

Реактивы Гриньяра обладают сильными нуклеофильными свойствами и реагируют с галогеноалканами:

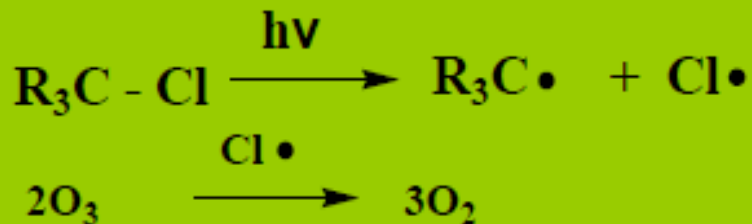


# Применение галогенуглеводородов

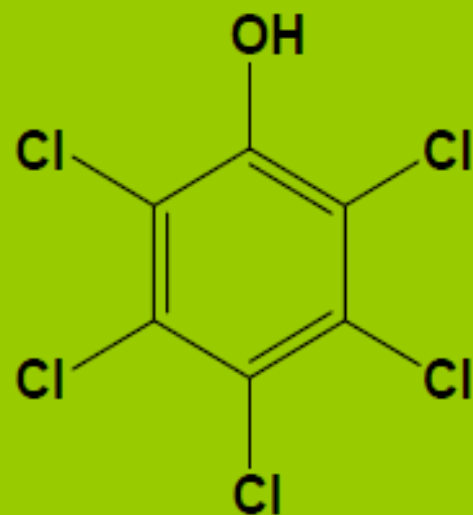
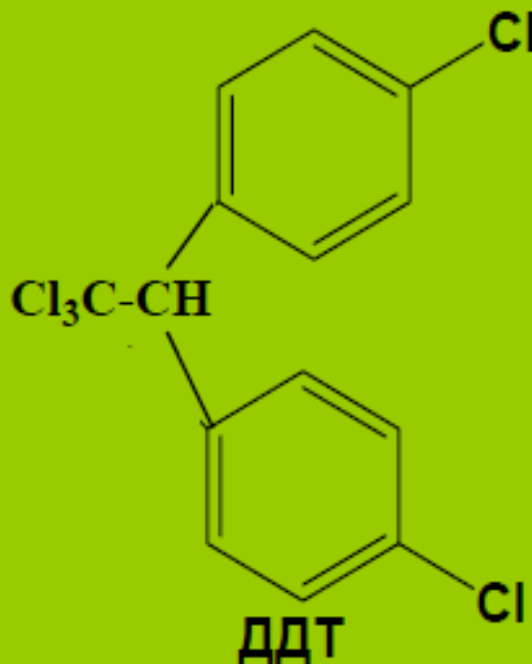
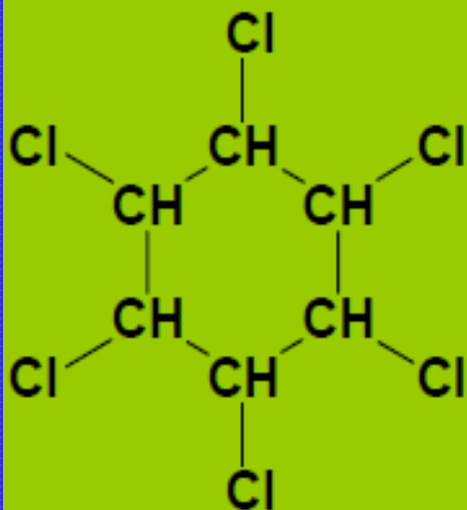
## 1. Фреоны или хладоны



дифтордихлорметан  
(фреон-12)



## 2. Инсектициды

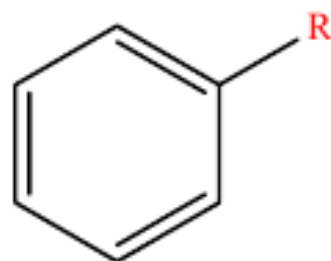
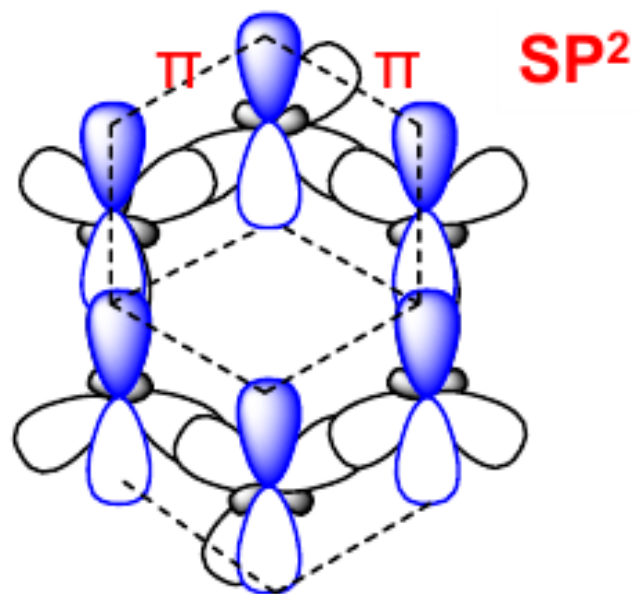


---

***Арены***

# АРОМАТИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ (АРЕНАМИ)

называются **плоские циклические  
сопряженные системы с числом  
 $\pi$  электронов  $4n + 2$ .**



**R**

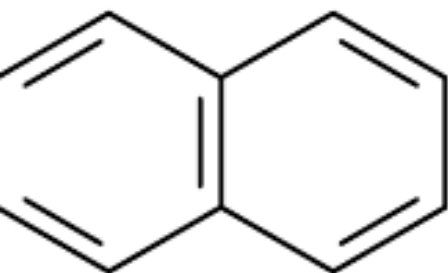
$NH_2$  – анилин

$COOH$  – бензойная к-та

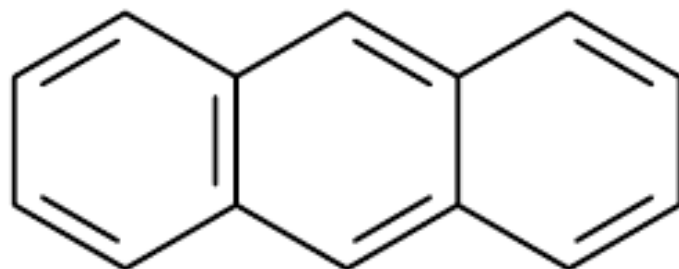
$OH$  – фенол

$CHO$  – бензальдегид

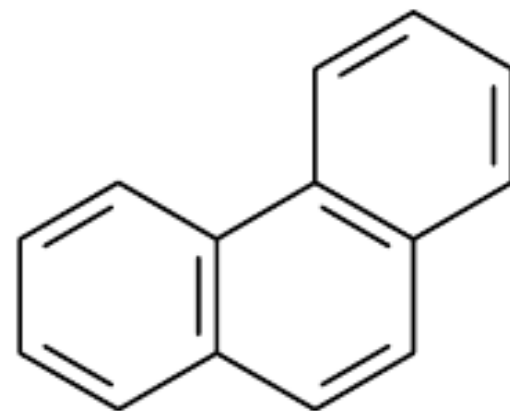
## Полиядерные арены



нафталин

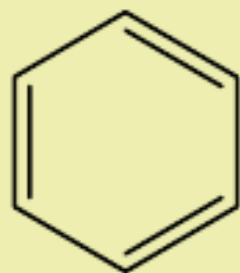


антрацен

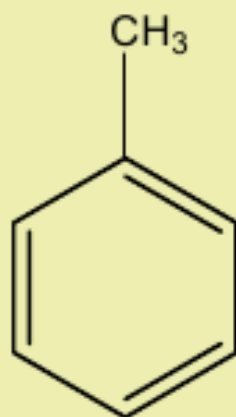


фенантрен

$$\pi e = 4n + 2$$

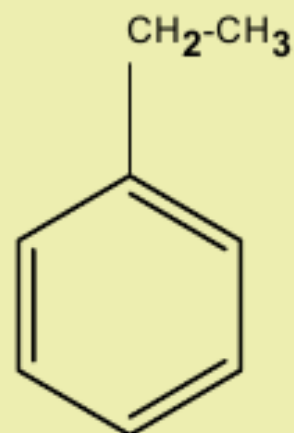


бензол

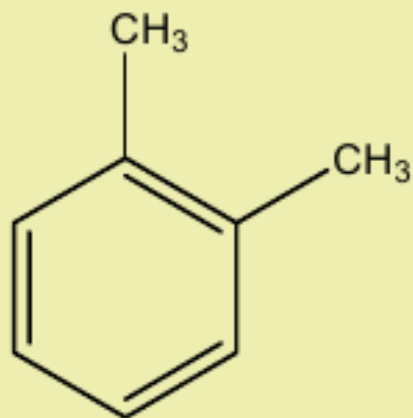


метилбензол

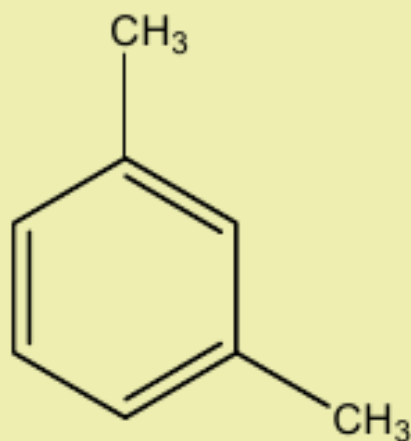
толуол



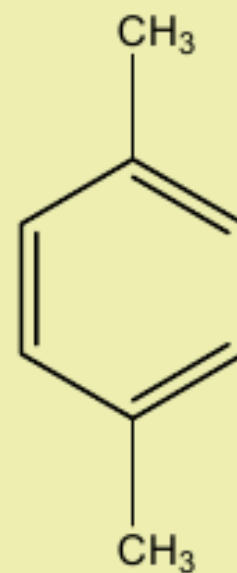
этилбензол



1,2-диметилбензол  
орто-ксилол

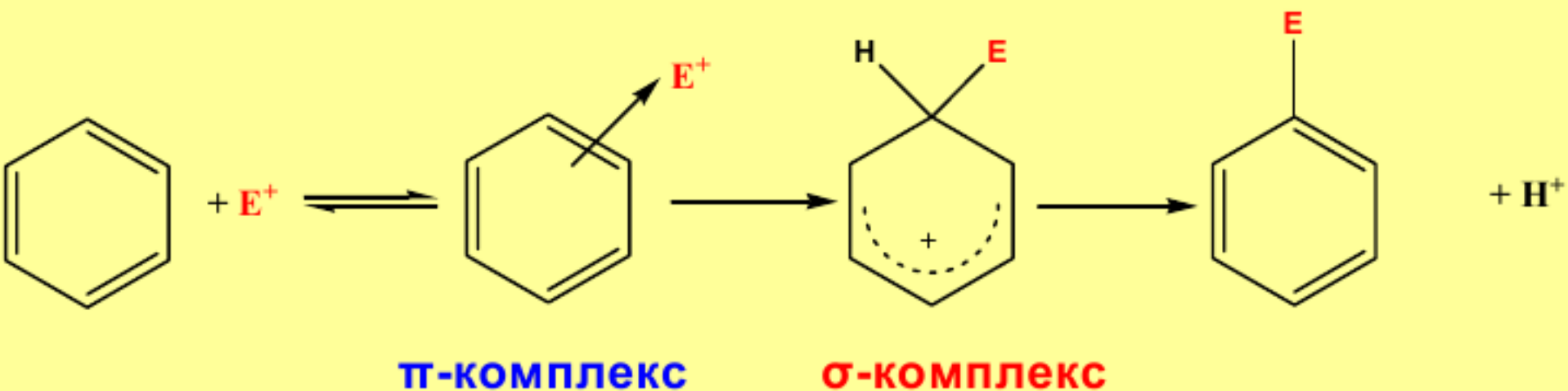
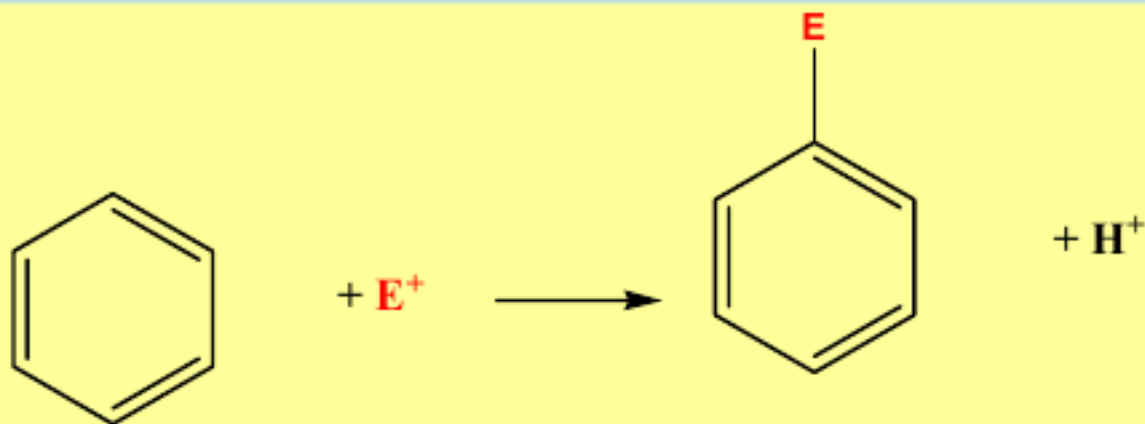


1,3-диметилбензол  
мета-ксилол

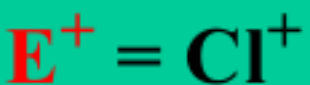
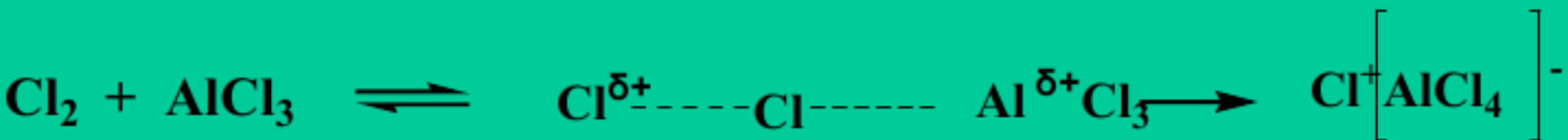
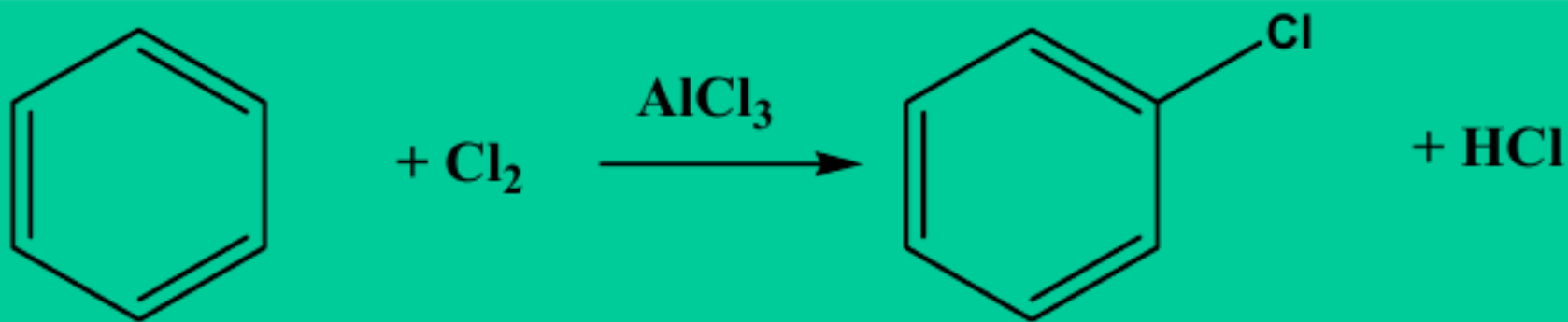


1,4-диметилбензол  
пара-ксилол

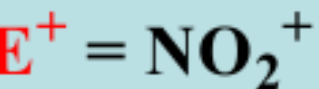
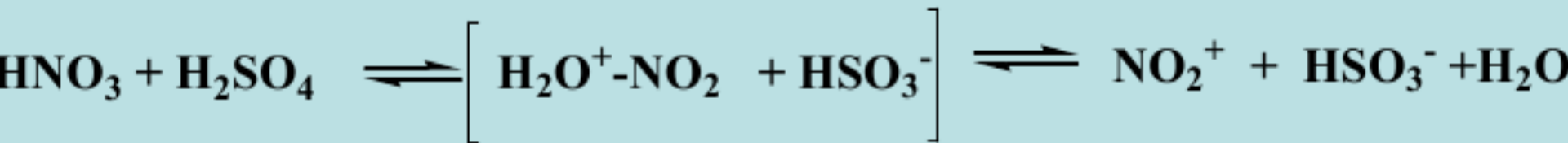
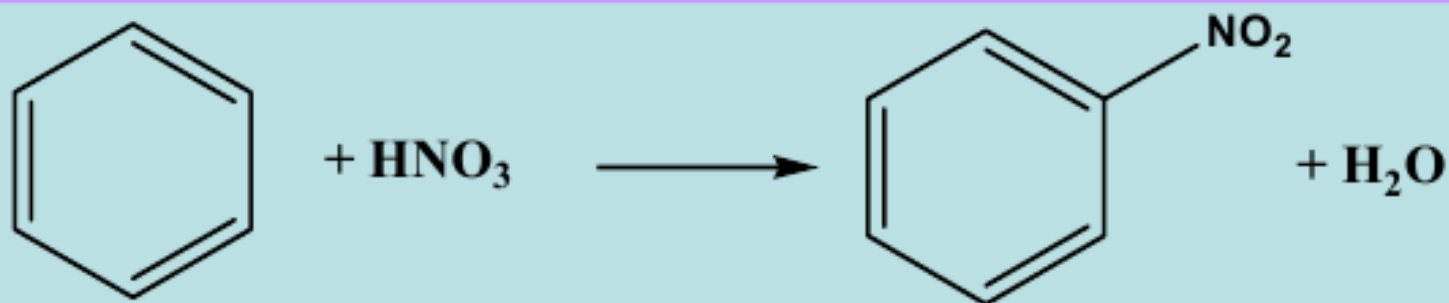
# Электрофильное замещение



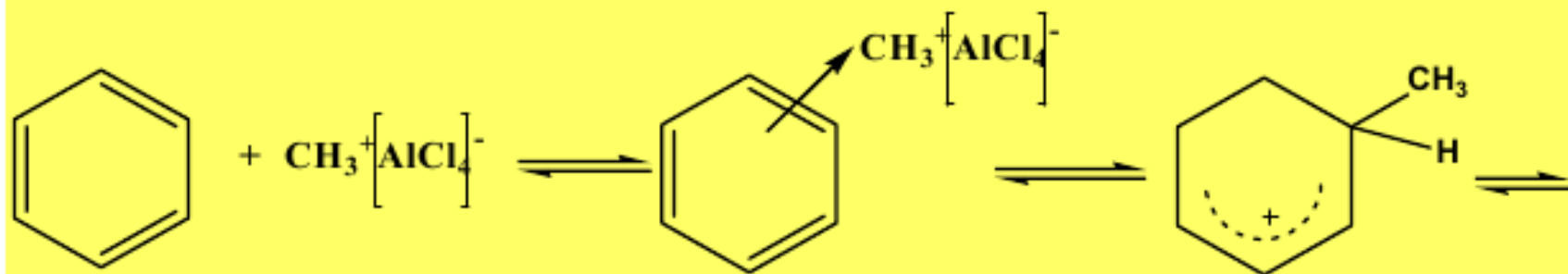
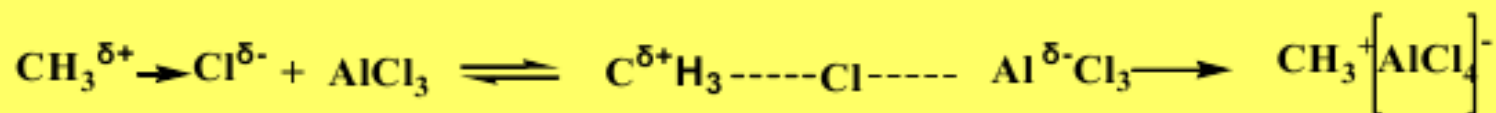
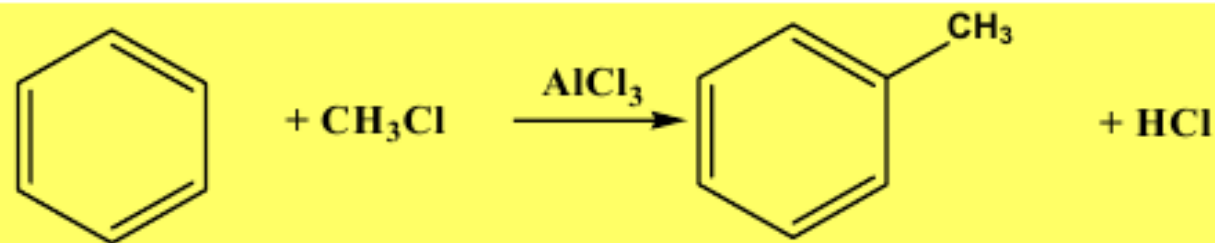
# Галогенирование



# Нитрование

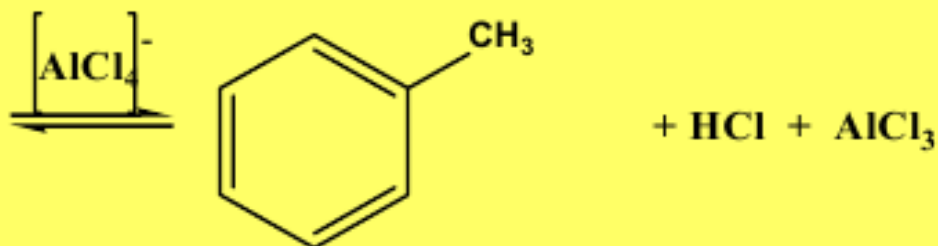


# Алкилирование по Фриделю-Крафтсу

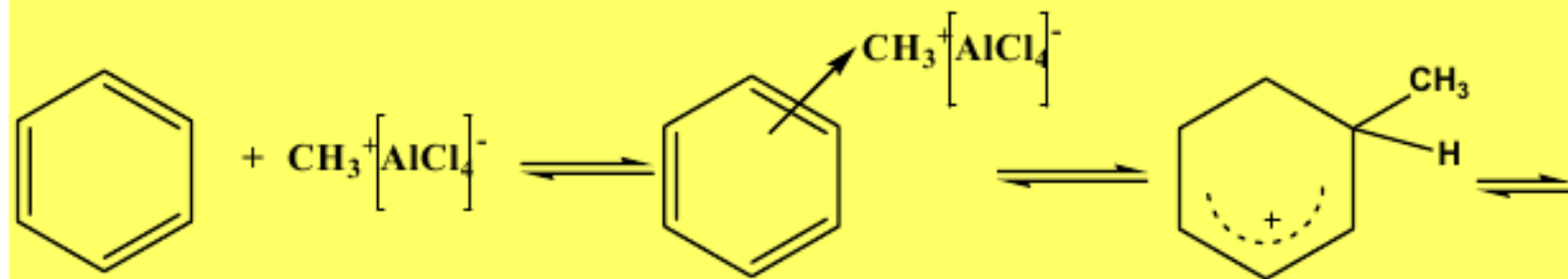
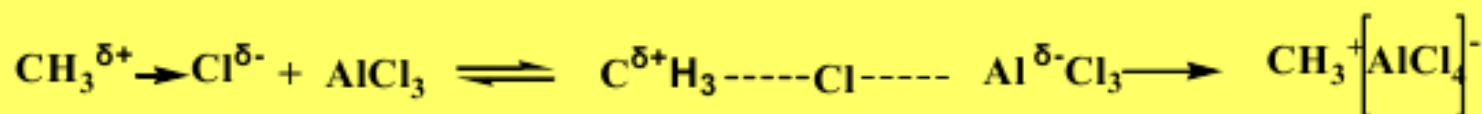
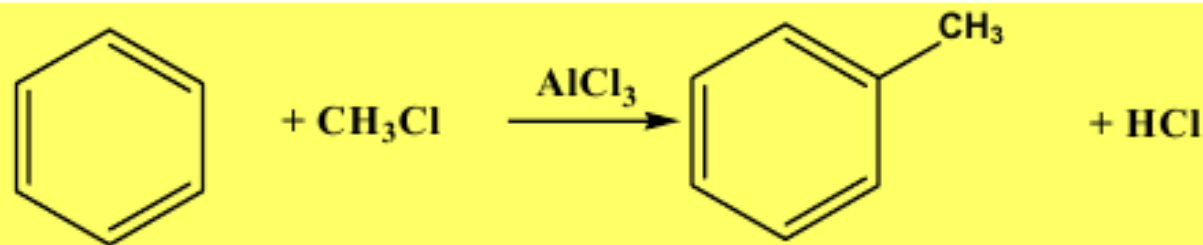


$\pi$ -КОМПЛЕКС

$\sigma$ -КОМПЛЕКС

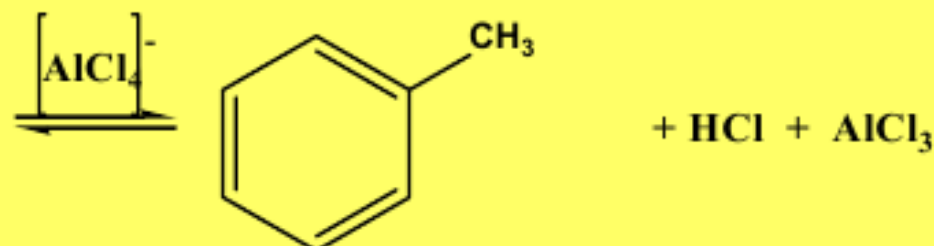


# Алкилирование по Фриделю-Крафтсу



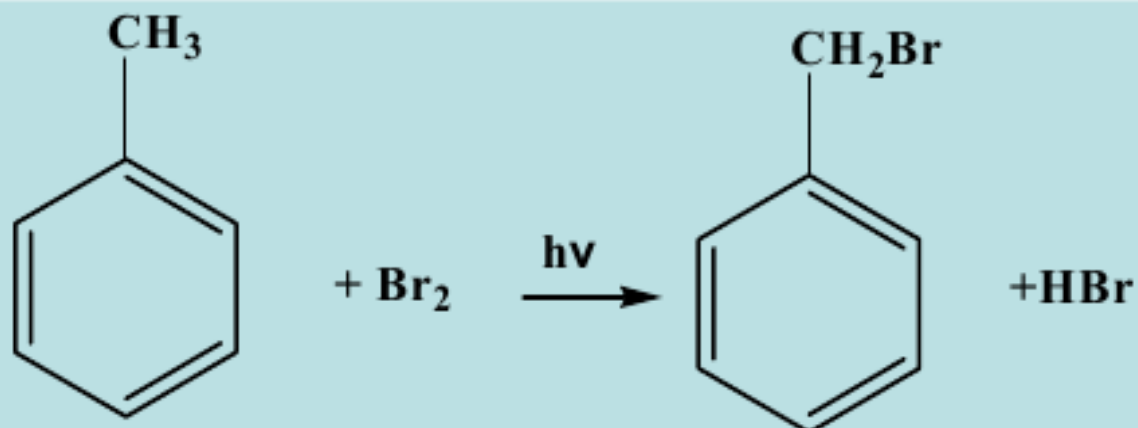
**π-комплекс**

**σ-комплекс**

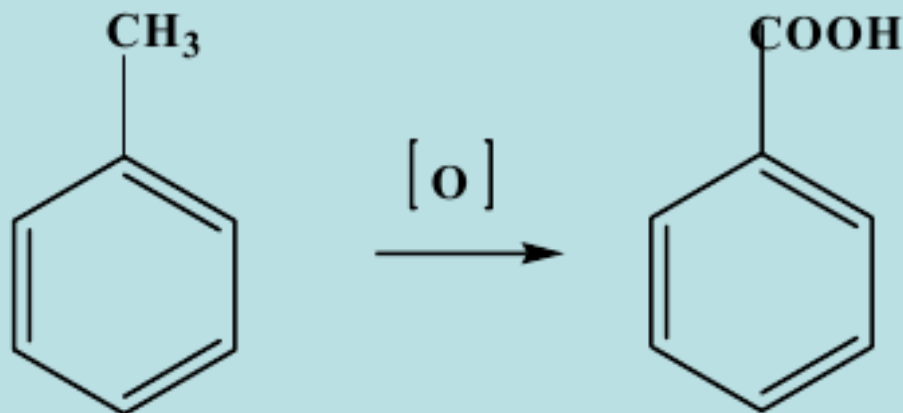


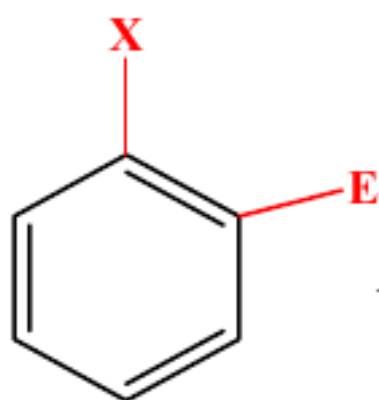
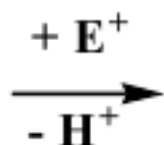
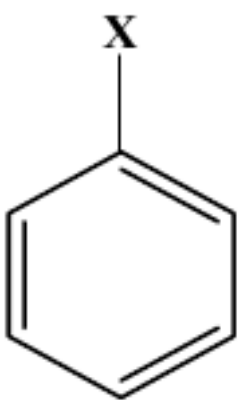
# Реакции боковых цепей

1. Свободнорадикальное галогенирование



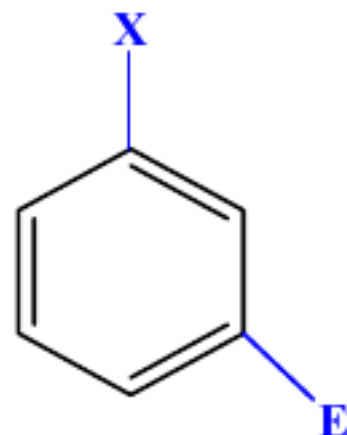
2. Окисление





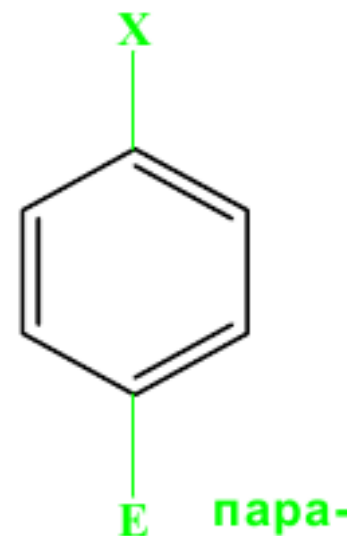
**орто-**

+



**мета-**

+



**пара-**

**X**  
заместители 1-го рода  
(орто-, пара-ориентанты)

- OH
- Hal
- NH<sub>2</sub>, NHR, NR<sub>2</sub>
- OR
- алкил
- арил

**X**  
заместители 2-го рода  
(мета-ориентанты)

- CN
- COOH
- COOR
- CHO
- COR
- NO<sub>2</sub>
- NR<sub>3</sub><sup>+</sup>

---

***Спасибо за внимание!***