



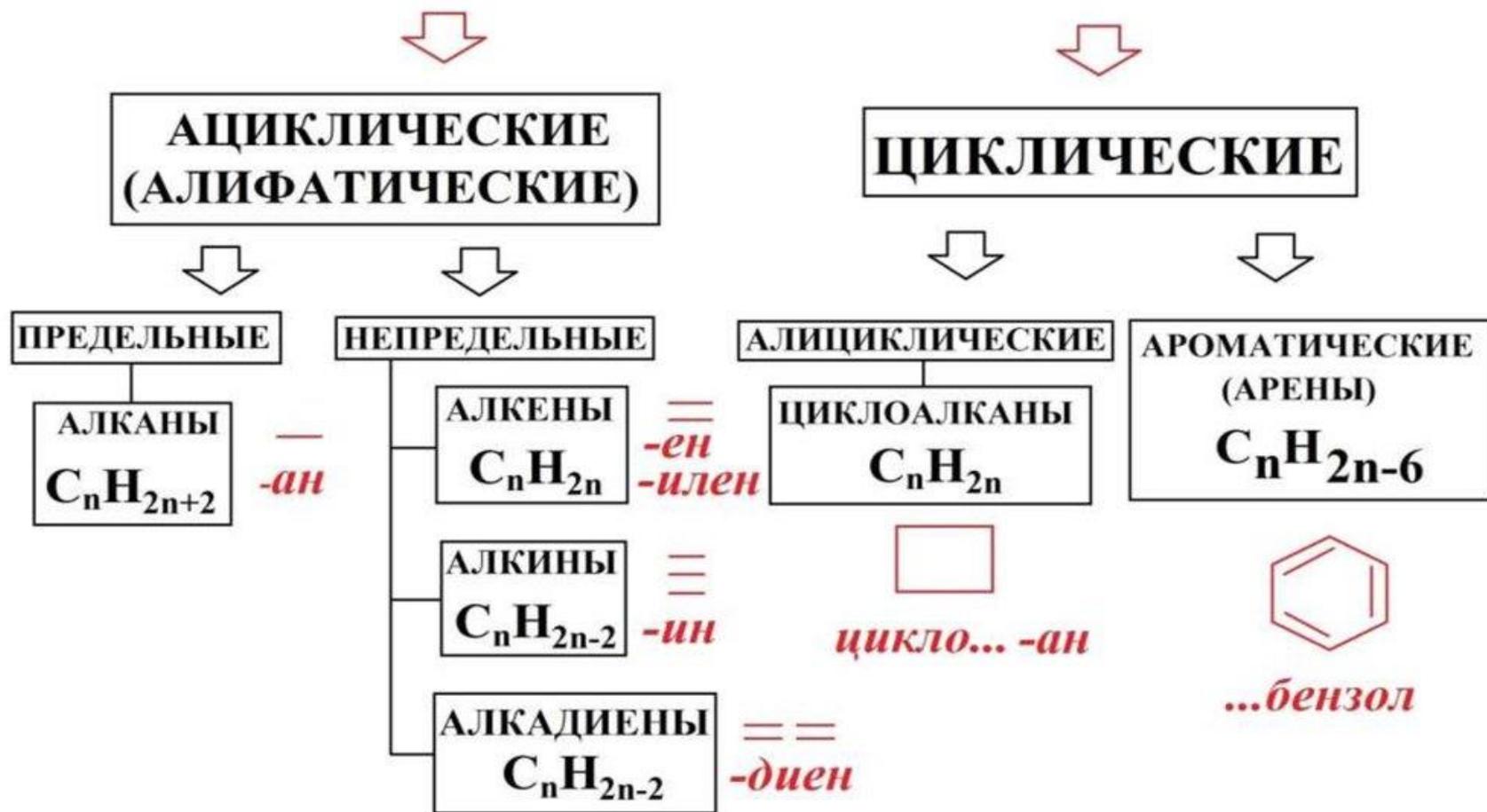
# ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

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

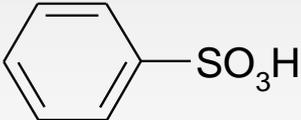
**Жданович Ирина Владимировна**



# УГЛЕВОДОРОДЫ



# Классификация органических соединений по функциональным группам

| Класс              | Функциональная группа  | Пример  |
|--------------------|--|---|
| карбоновые кислоты | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$<br>$-\text{COOH}$                 | карбоксильная группа,<br>карбоксигруппа<br>$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ |
| сульфокислоты      | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{S}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$<br>$-\text{SO}_3\text{H}$ | сульфогруппа<br>   |
| галогенангидриды   | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{Cl} \end{array}$<br>$-\text{COCl}$                 | галогенокарбонильная<br>$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \backslash \\ \text{Cl} \end{array}$                    |
| сложные эфиры      | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{R} \end{array}$<br>$-\text{COOR}$         | алкоксикарбонильная<br>$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \backslash \\ \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$ |

|                 |  |   |   |
|-----------------|--|---|---|
| амиды           | $\begin{array}{c} \text{—C=O} \\ \quad \diagdown \\ \quad \text{NH}_2 \\ \text{—CONH}_2 \end{array}$ | карбоксамидная<br>(амидная)                   | $\text{CH}_3\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| нитрилы         | $\begin{array}{c} \text{—C}\equiv\text{N} \\ \text{—CN} \end{array}$                                 | нитрильная                                    | $\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{N}$  |
| альдегиды       | $\begin{array}{c} \text{—C=O} \\ \quad \diagdown \\ \quad \text{H} \\ \text{—CHO} \end{array}$       | формильная,<br>альдегидная                    | $\text{CH}_3\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$    |
| кетоны          | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$                                   | оксогруппа кетогруппа,<br>карбонильная группа | $\text{H}_3\text{C—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \end{array} \text{—CH}_3$    |
| спирты и фенолы | $\text{—OH}$   | гидроксигруппа,<br>оксигруппа                 | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   |





# Бутлеров Александр Михайлович (1828-1886)

**Русский химик, академик Петербургской АН (с 1874 г.).**

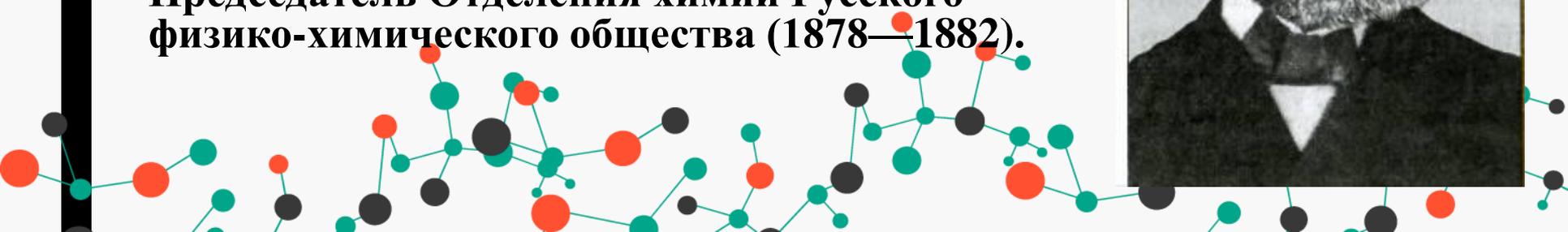
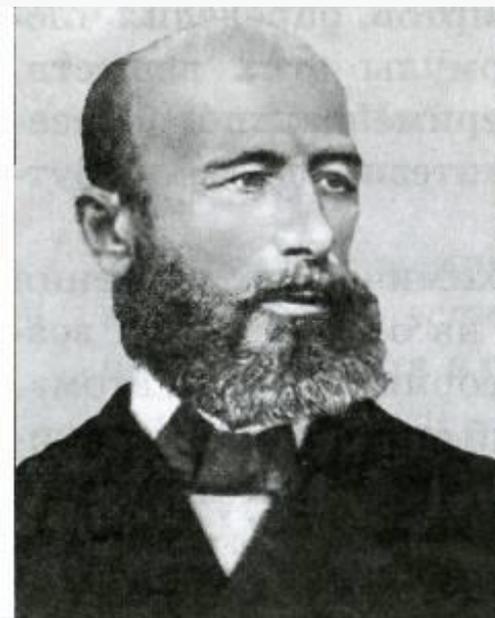
**Окончил Казанский университет (1849 г.).**

**Работал там же (с 1857 г. — профессор, в 1860 и 1863 гг. — ректор).**

**Создатель теории химического строения органических соединений, лежащей в основе современной химии. Обосновал идею о взаимном влиянии атомов в молекуле. Предсказал и объяснил изомерию многих органических соединений.**

**Написал «Введение к полному изучению органической химии» (1864 г.) — первое в истории науки руководство, основанное на теории химического строения.**

**Председатель Отделения химии Русского физико-химического общества (1878—1882).**



**Теория химического строения органических соединений, выдвинутая А. М. Бутлеровым во второй половине девятнадцатого века (1861 г.), была подтверждена работами многих ученых, в том числе учениками Бутлерова и им самим.**

**Оказалось возможным на ее основе объяснить многие явления, до той поры не имевшие объяснения: изомерию, гомологию, четырех валентное состояние атома углерода в органических веществах.**

**Теория выполнила и свою прогностическую функцию: на ее основе ученые предсказывали существование неизвестных еще соединений, описывали свойства и открывали их.**

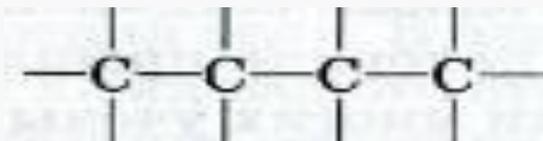




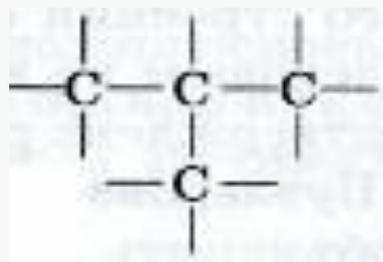
# Основные положения теории строения химических соединений

## 1. Атомы в молекулах соединяются в определенном порядке в соответствии с их валентностью

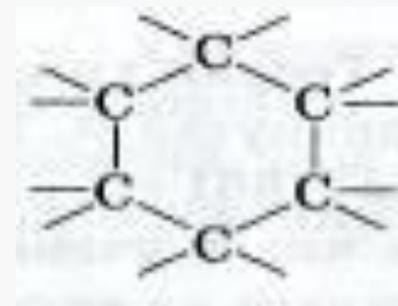
а) атомы четырехвалентного углерода могут соединяться друг с другом, образуя различные цепи:



открытые  
неразветвленные



открытые  
разветвленные



замкнутые

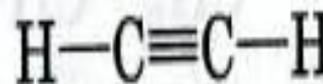
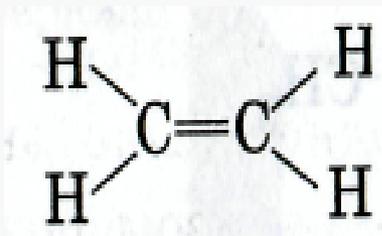
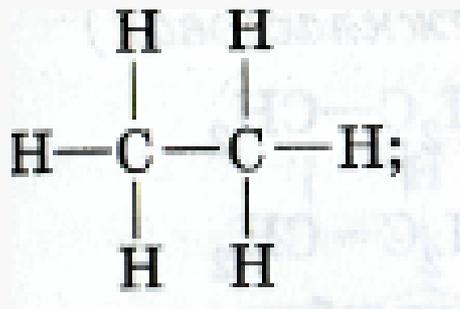




# Основные положения теории строения химических соединений

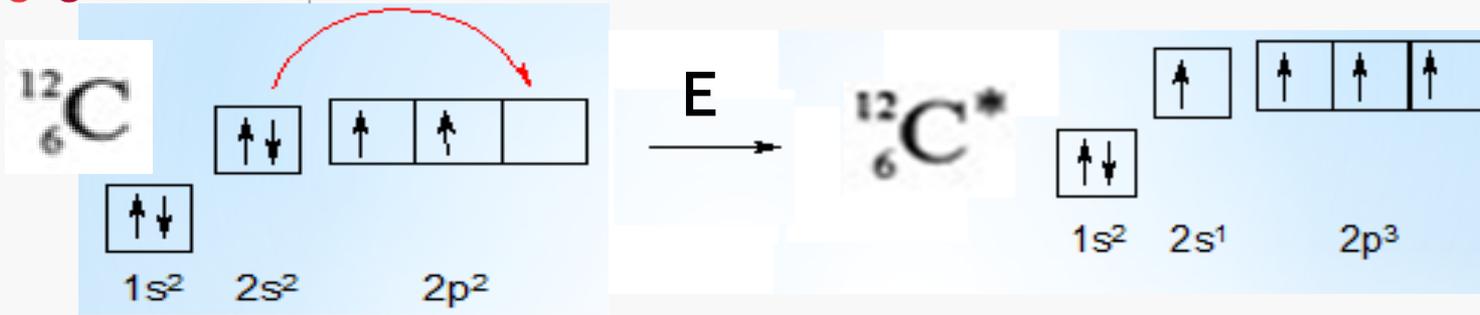
## 1. Атомы в молекулах соединяются в определенном порядке в соответствии с их валентностью

б) порядок соединения атомов углерода в молекулах может быть различным и зависит от вида ковалентной химической связи между атомами углерода — одинарной или кратной (двойной и тройной):





# Валентные состояния ${}^6\text{C}$

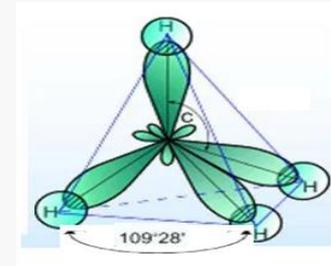
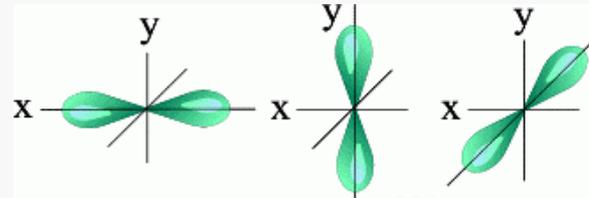


$sp^3$



+

3

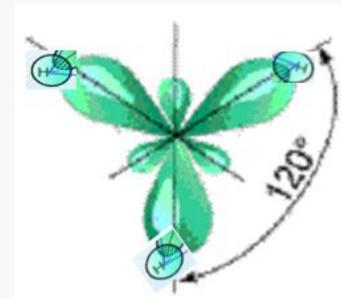
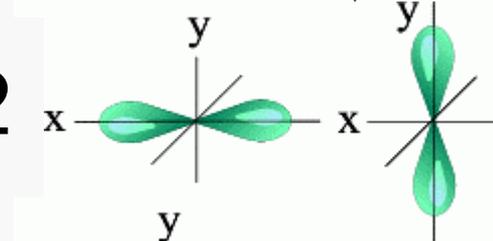


$sp^2$



+

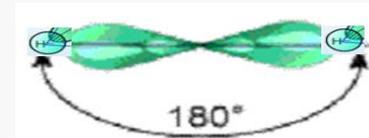
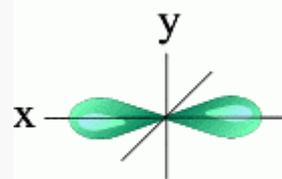
2



$sp$



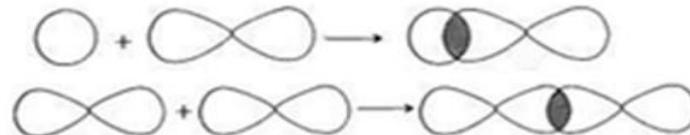
+



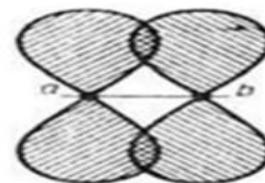
$0,30 \text{ (c)}_{sp} > 0,30 \text{ (c)}_{sp^2} > 0,30 \text{ (c)}_{sp^3}$   
2,75                      2,69                      2,5



### $\sigma$ - СВЯЗИ

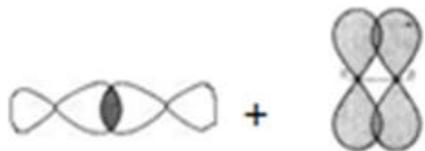


### $\pi$ - СВЯЗИ



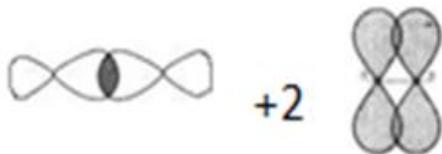
$$E_{C-C} = 347 \text{ кДж/моль}$$

$$l = 0,154 \text{ нм}$$



$$E_{C=C} = 606 \text{ кДж/моль}$$

$$l = 0,133 \text{ нм}$$

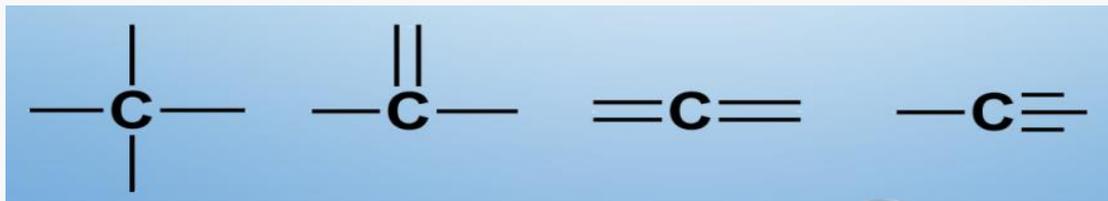


$$E_{C\equiv C} = 828 \text{ кДж/моль}$$

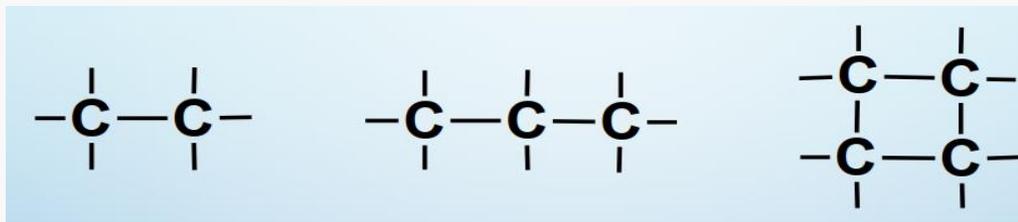
$$l = 0,12 \text{ нм}$$



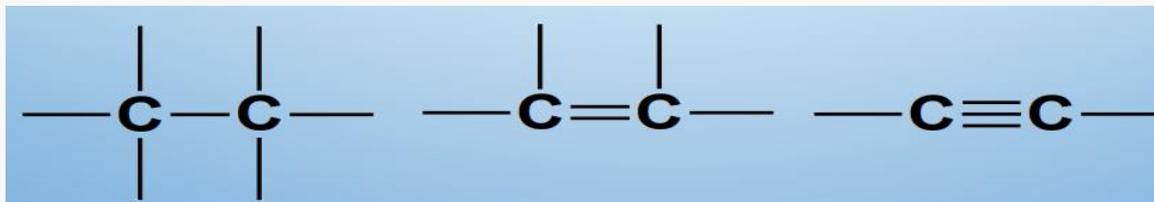
2) Все валентности атома углерода равнозначны и размещены симметрично



3) Атомы углерода способны образовывать связи друг с другом



4) Атомы углерода способны образовывать кратные связи



одинарные

двойные

тройные





# Основные положения теории строения химических соединений

*2. Свойства органических соединений зависят не только от числа и природы входящих в их состав атомов, но и от химического строения молекул.*

Это положение объясняет явление **изомерии**.

Вещества, имеющие одинаковый состав, но разное химическое или пространственное строение, а следовательно, и разные свойства, называют **изомерами**.





# Виды изомерии

## Структурная

Углеродного  
скелета

Межклассовая

Положения:

1. кратных связей
2. функциональных групп

## Пространственная

Геометрическая  
(цис-, транс-)

Оптическая

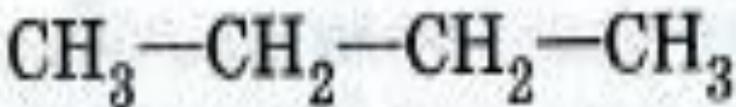




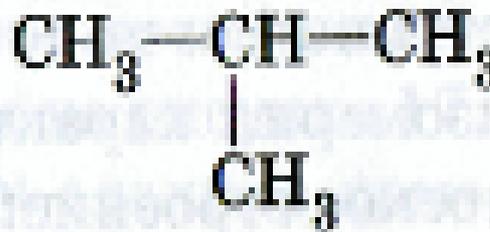
# Структурная изомерия

- Структурная изомерия, при которой вещества различаются порядком связи атомов в молекулах:

## 1) изомерия углеродного скелета



бутан



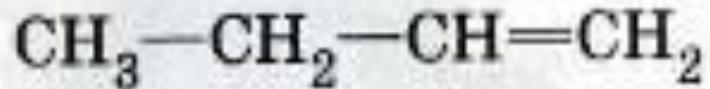
изобутан  
(метилпропан)



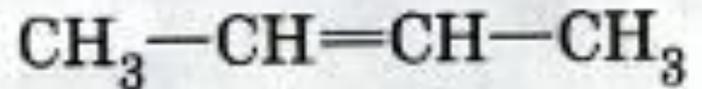
# Структурная изомерия

## 2) изомерия положения

### а) кратных связей:



бутен-1

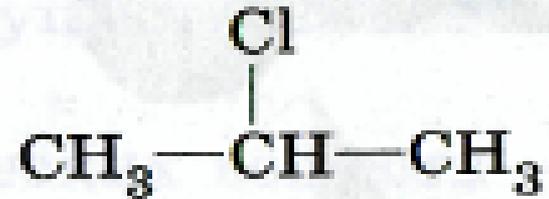


бутен-2

### б) заместителей



1-хлорпропан



2-хлорпропан

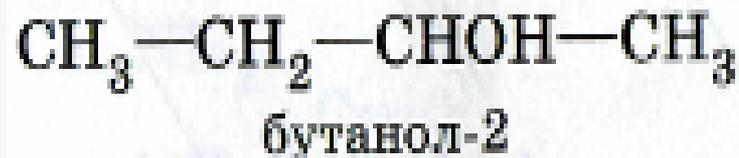
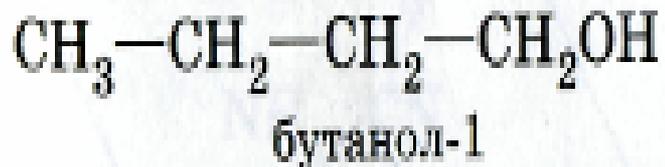


# Структурная изомерия

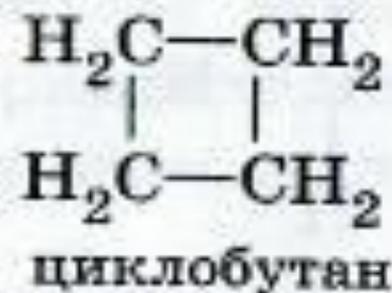
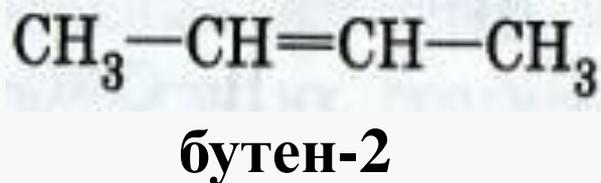


## 2) изомерия положения

### в) функциональных групп:

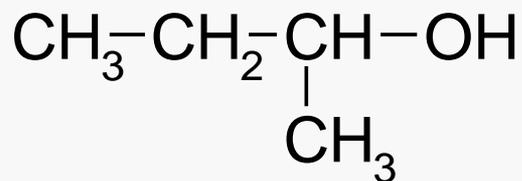


## 3) изомерия гомологических рядов (межклассовая)

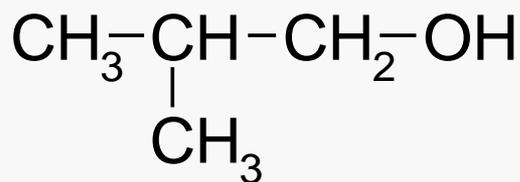




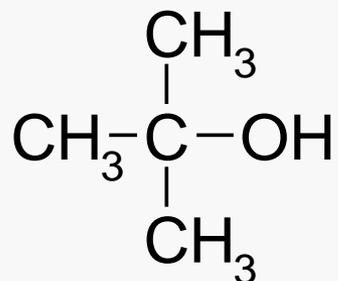
*n*-бутиловый спирт



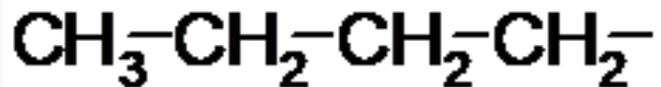
*втор*-бутиловый спирт



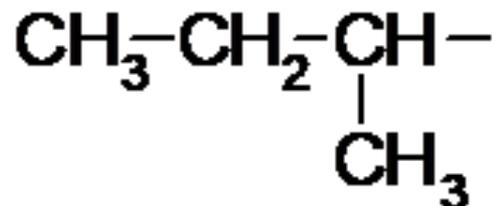
изобутиловый спирт



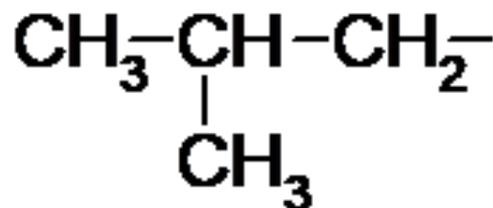
*трет*-бутиловый спирт



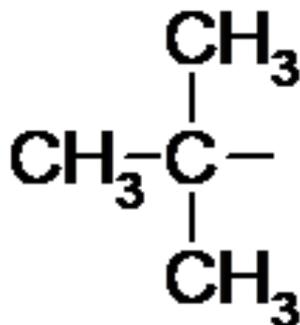
*n*-бутил



*втор*-бутил



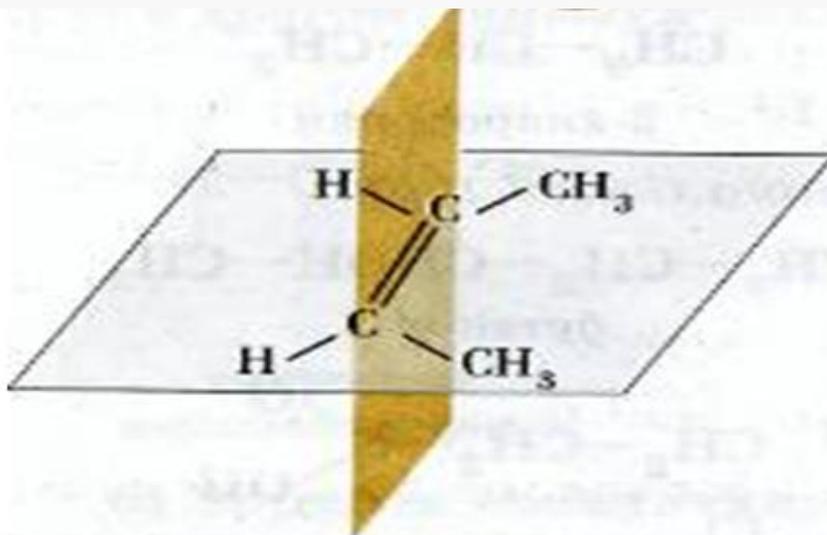
*изобу*тил



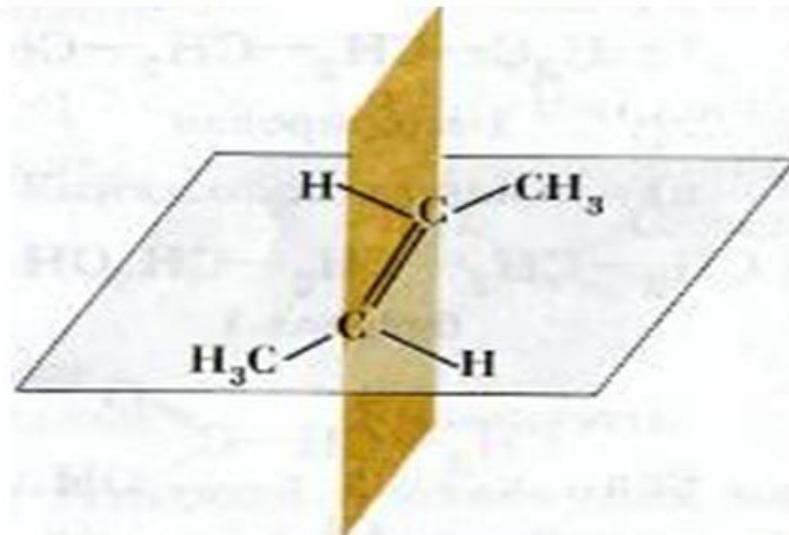
*трет*-бутил



**Пространственная изомерия** — это изомерия, при которой молекулы веществ отличаются не порядком связей между атомами, а расположением в пространстве: **цис-, транс-изомерия (геометрическая)**.



цис-бутен-2



транс-бутен-2

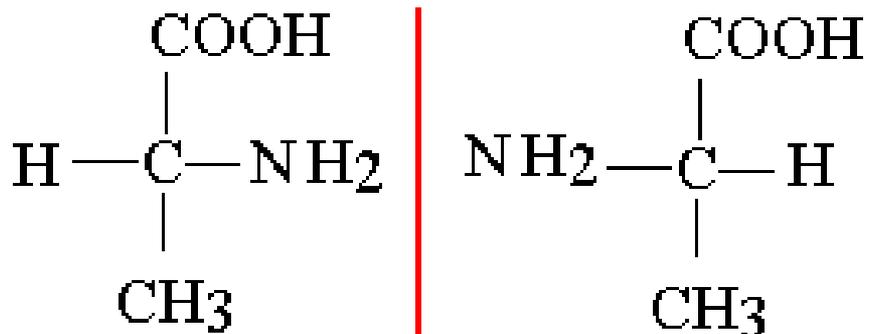




# Оптическая изомерия

это вид пространственной изомерии, при котором молекулы веществ соотносятся между собой как предмет и несовместимое с ним на плоскости зеркальное изображение.

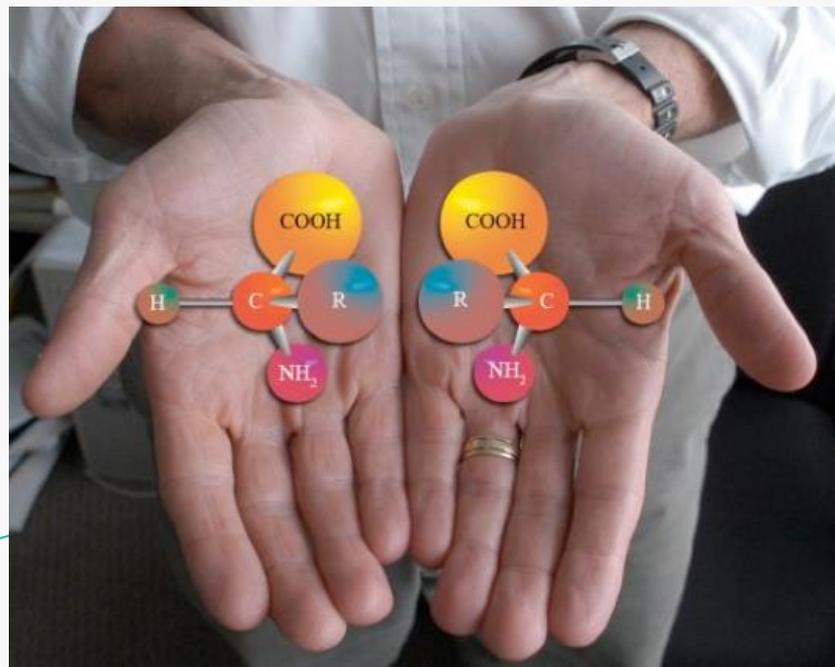
## Энантиомерия



D-Аланин

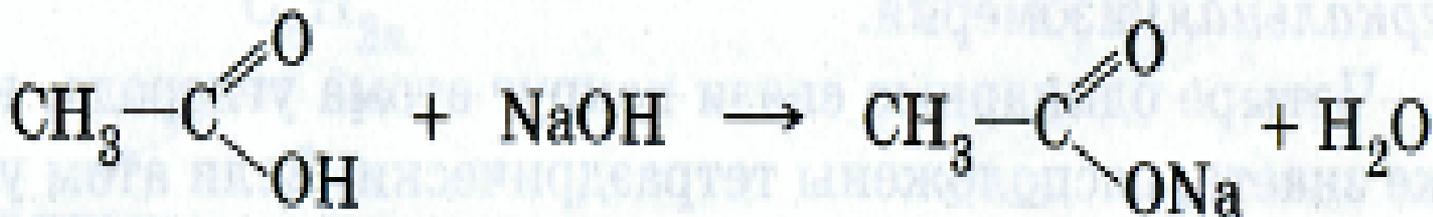
L-Аланин

Обязательно наличие в молекуле асимметрического атома углерода.



### 3. Атомы и группы атомов в молекулах органических соединений взаимно влияют друг на друга. Это влияние проявляется в химических свойствах веществ.

Например, в уксусной кислоте в реакцию со щелочью вступает только один из четырех атомов водорода. На основании этого можно предположить, что только один атом водорода связан с кислородом:



С другой стороны, из структурной формулы уксусной кислоты можно сделать вывод о наличии в ней одного подвижного атома водорода, то есть о ее одноосновности.

 **БУДУЩИЙ ВРАЧ**



ПИМУ  
Приволжский  
исследовательский  
медицинский университет





# Поляризация связей

Атомы в молекуле влияют друг на друга, поляризуя связи. При этом на атомах появляется частичный заряд:  $\delta^-$  или  $\delta^+$  (дельта минус или дельта плюс).

Взаимное влияние может осуществляться:

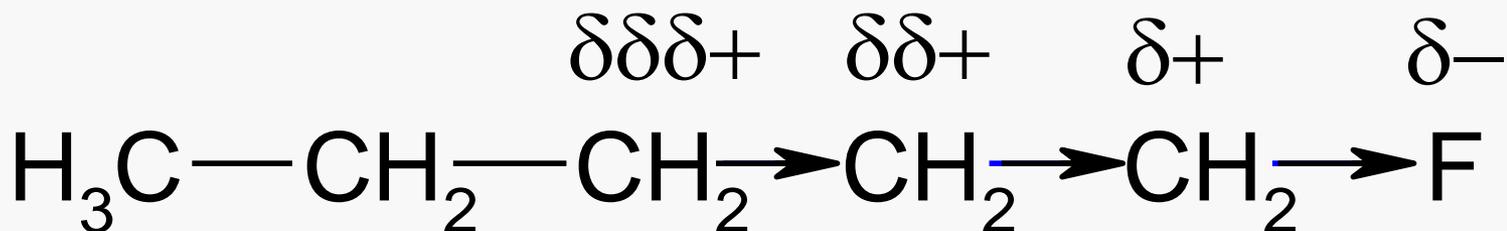
- по системе  $\sigma$ -связей (**индуктивный эффект - I**);
- по системе  $\pi$ -связей (**мезомерный эффект - M**);
- и через пространство (эффект поля).





## Индуктивный эффект (*I*-эффект)

– смещение электронной плотности по цепи  $\sigma$ -связей, которое обусловлено различиями в электроотрицательностях атомов:





**–I эффект** проявляют заместители, которые содержат более атомы с большей ЭО, чем у углерода:

**-F, -Cl, -Br, -OH, -NH<sub>2</sub>, -NO<sub>2</sub>, >C=O, -COOH** и др.

**+I эффект** проявляют заместители, содержащие атомы с низкой электроотрицательностью:

металлы (**-Mg-, -Li**); насыщенные углеводородные радикалы (**-CH<sub>3</sub>, -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>**) и т.п.





# Мезомерный эффект (М-эффект)

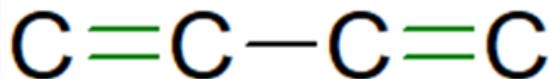
— смещение электронной плотности по цепи сопряженных  $\pi$  -связей. Возникает только при наличии сопряжения связей.

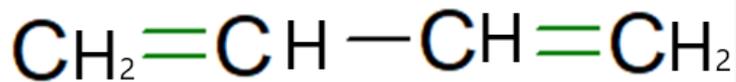
Сопряжение связей – взаимодействие между орбиталями отдельных фрагментов молекулы.

$\pi, \pi$  – сопряжение

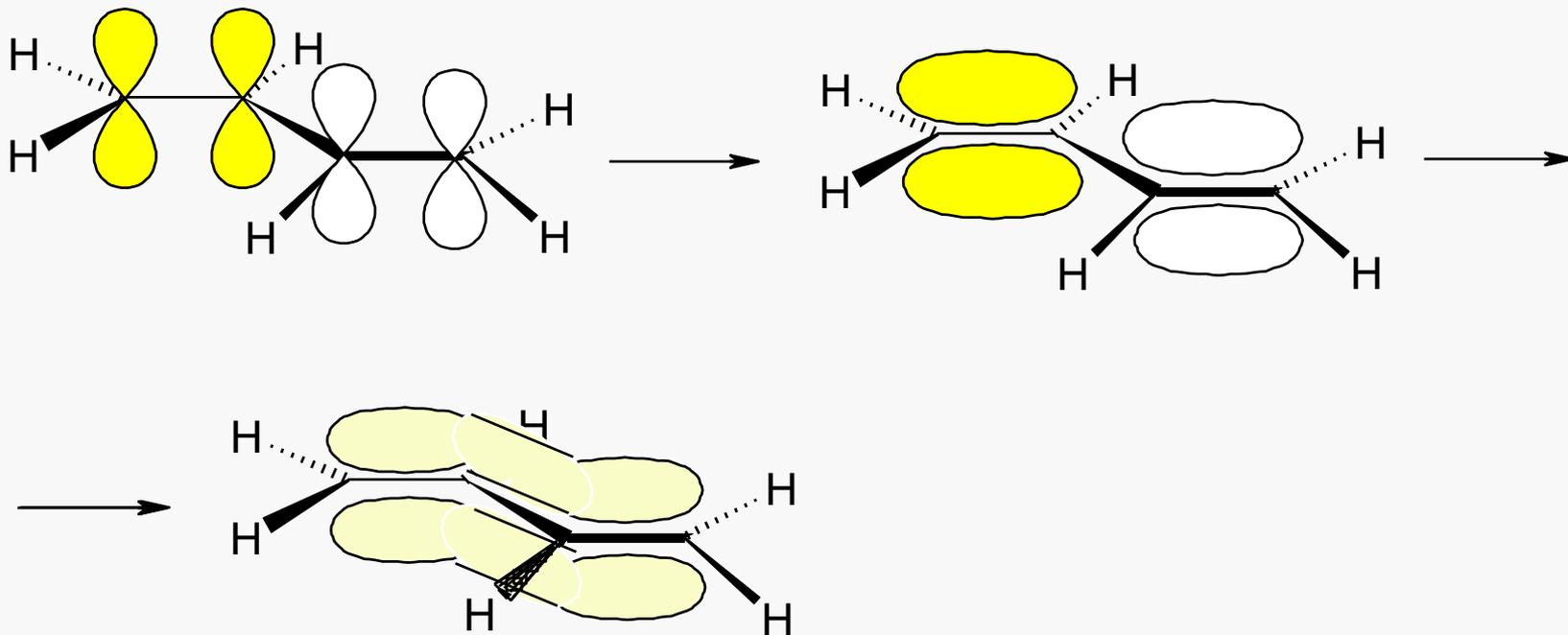
$p, \pi$  -сопряжение

$\pi, \pi$  -сопряжение возникает тогда, когда в молекуле есть чередование одинарных и кратных (двойных или тройных) связей.



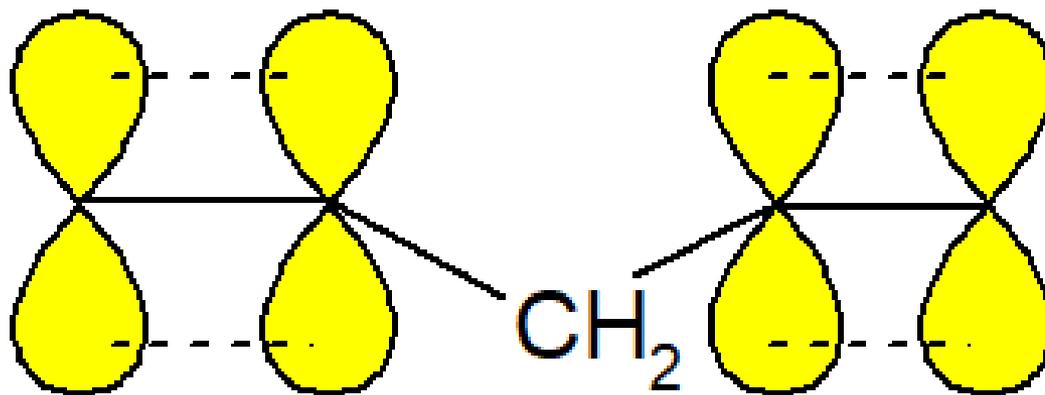
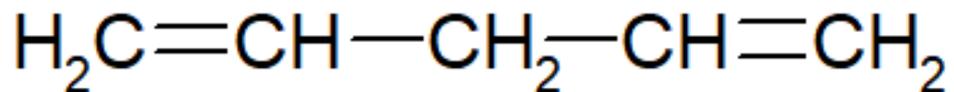


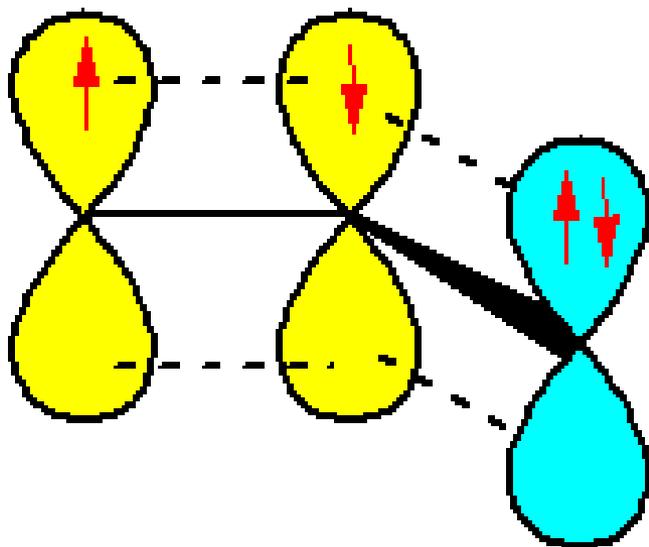
## Бутадиен-1,3



Если  $\pi$ -связи находятся далеко друг от друга, поэтому их  $p$ -орбитали не перекрываются.

Например, в пентадиене-1,4:





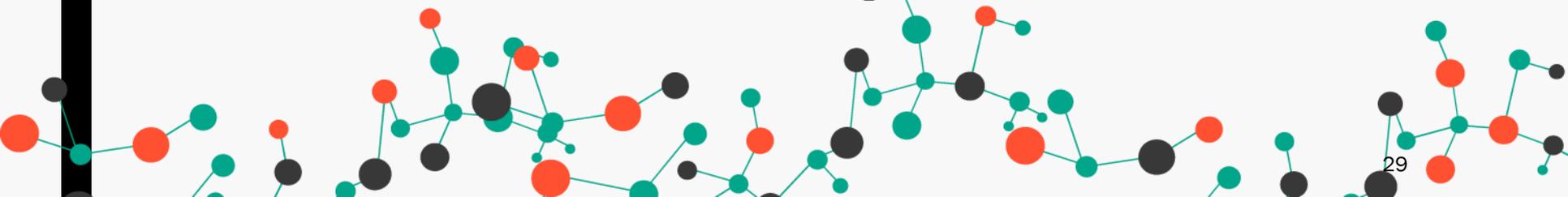
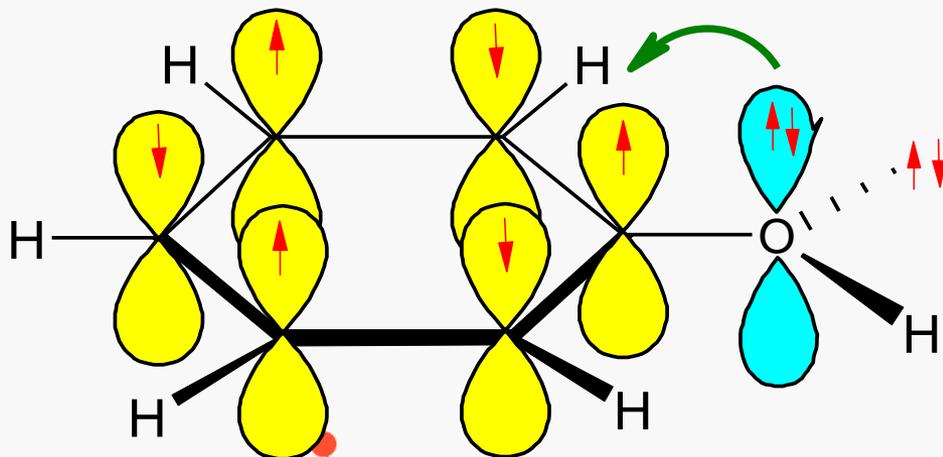
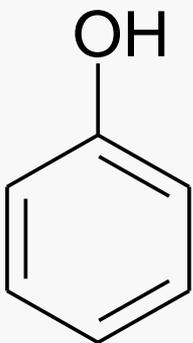
## $p, \pi$ – сопряжение

На  $p$ -орбитали может находиться неподелённая электронная пара:



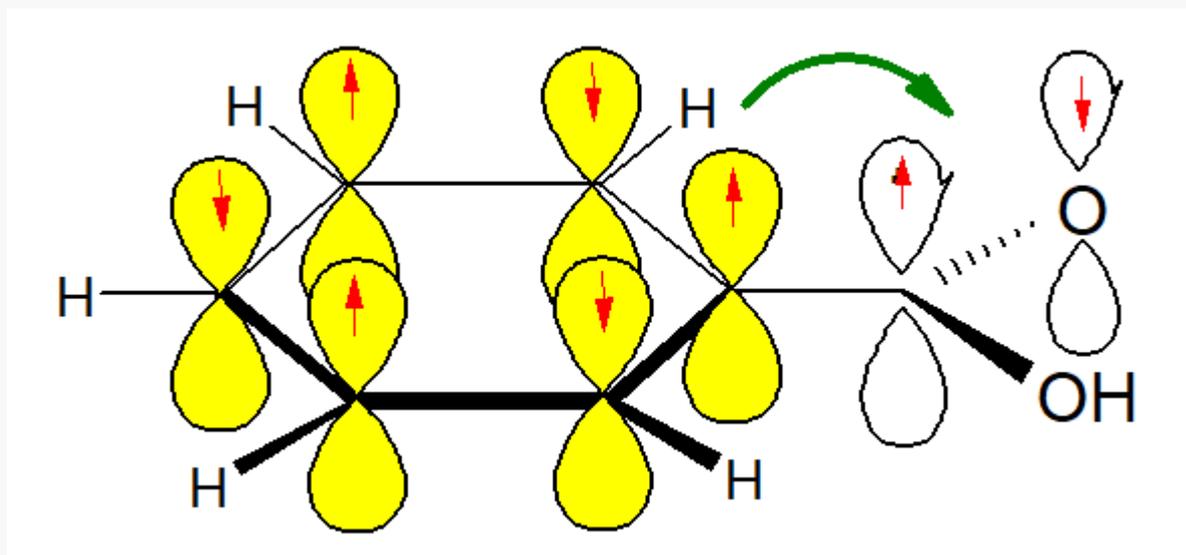
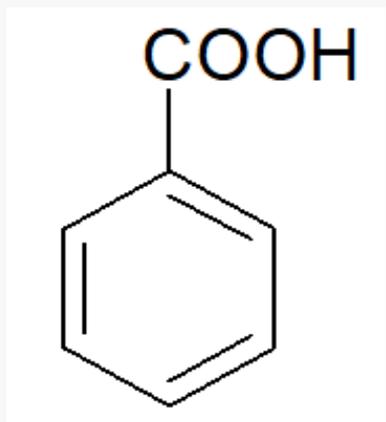
**+M-эффектом** обладают заместители, повышающие электронную плотность в сопряженной системе.

К ним относятся группы, которые, как правило, связаны с сопряжённой системой через атом, обладающий негибридной орбиталью с неподелённой парой электронов (-OH, -NH<sub>2</sub>, -OCH<sub>3</sub>, -O<sup>-</sup>, -F, -Cl, -Br, -I и др.) или с одним электроном (-CH<sub>2</sub>·).



—*M*-эффект проявляют заместители, которые понижают электронную плотность в сопряженной системе.

Как правило, у таких групп на атоме, связанном с сопряжённой системой, нет ни неподелённых электронных пар, ни свободных электронов (**-CHO, -COOH, -NO<sub>2</sub>, -SO<sub>3</sub>H, -CN**).



# Создание теории строения веществ сыграло важнейшую роль в развитии органической химии:

1. Из науки преимущественно описательной она превращается в науку созидательную, синтезирующую, появилась возможность судить о взаимном влиянии атомов в молекулах различных веществ.
2. Теория строения создала предпосылки для объяснения и прогнозирования различных видов изомерии органических молекул, а также направлений и механизмов протекания химических реакций.
3. На основе этой теории химии-органики создают вещества, которые не только заменяют природные, но по своим свойствам значительно их превосходят. Так, синтетические красители гораздо лучше и дешевле многих природных, например известных в древности ализарина и индиго. В больших количествах производят синтетические каучуки с самыми разнообразными свойствами. Широкое применение находят пластмассы и волокна, изделия из которых используют в технике, быту, медицине, сельском хозяйстве.

**Значение теории химического строения А. М. Бутлерова для органической химии можно сравнить со значением Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева для неорганической химии.**



**Спасибо за внимание!**

