

## Основные положения теории химического строения А.М. Бутлерова

1) Атомы в молекулах соединены друг с другом в определенной последовательности согласно их **валентностям**.

Последовательность межатомных связей в молекуле называется ее химическим строением и отражается одной **структурной формулой** (формулой строения).

2) Химическое строение можно устанавливать химическими методами. В настоящее время используются также современные физические методы.

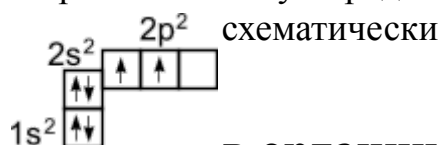
3) Свойства веществ зависят от их химического строения.

4) По свойствам данного вещества можно определить строение его молекулы, а по строению молекулы - предвидеть свойства.

5) Атомы и группы атомов в молекуле оказывают **взаимное влияние** друг на друга.

### 1) Строение атома углерода.

Электронное строение атома углерода изображается следующим образом:  $1s^2 2s^2 2p^2$  или

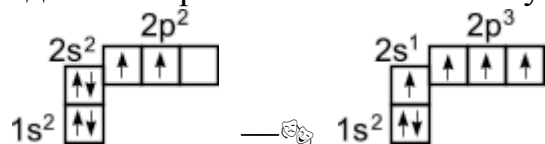


**Углерод**

**в органических соединениях**

**четыревалентен.**

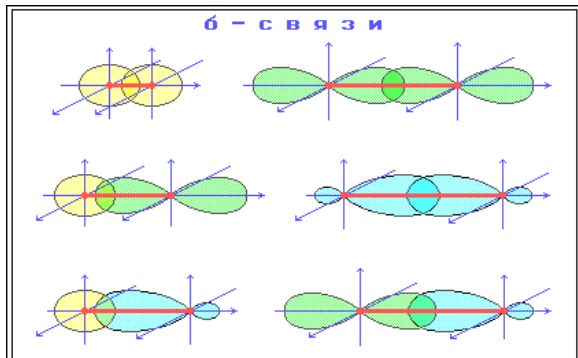
Это связано с тем, что при образовании ковалентной связи атом углерода переходит в возбужденное состояние, при котором электронная пара на 2s- орбитали разобщается и один электрон занимает вакантную p-орбиталь. Схематически:



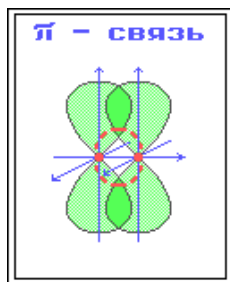
В результате имеется уже не два, а четыре неспаренных электрона.

### 2) Сигма и пи-связи.

Перекрытие атомных орбиталей **вдоль линии, связывающей ядра атомов**, приводит к образованию **σ-связей**.



Между двумя атомами в химической частице возможна **только одна σ-связь**. Все σ-связи обладают осевой симметрией относительно межъядерной оси.



При **дополнительном** перекрывании **атомных орбиталей, перпендикулярных линии связи и параллельных друг другу**, образуются **π-связи**.

В результате этого между атомами возникают **кратные связи**:

| Одинарная (σ) | Двойная (σ+π) | Тройная (σ + π + π) |
|---------------|---------------|---------------------|
| C-C, C-H, C-O | C=O и C=C     | C≡C и C≡N           |

### 3) Гибридизация.

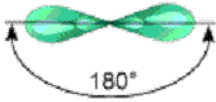
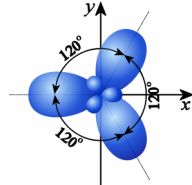
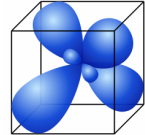
Поскольку четыре электрона у атома углерода различны (2s- и 2p-электроны), то должны бы быть различны и связи, однако известно, что связи в молекуле метана равнозначны. Поэтому для объяснения пространственного строения органических молекул используют метод **гибридизации**.

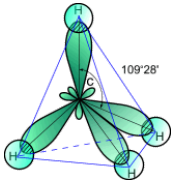
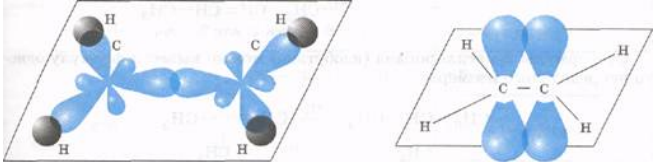
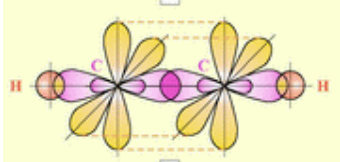
1. При **обобществлении четырех орбиталей возбужденного атома углерода (одной 2s- и трех 2p- орбиталей)** образуются **четыре новых равноценных  $sp^3$ - гибридных орбитали**, имеющие форму вытянутой гантели. Вследствие взаимного отталкивания  $sp^3$ - гибридные орбитали направлены в пространстве к вершинам **тетраэдра** и углы между ними равны **109°28'** (наиболее выгодное расположение). Такое состояние атома углерода называют первым валентным состоянием.

2. При  **$sp^2$ -гибридизации** смешиваются одна s- и две p-орбитали и образуются **три гибридные орбитали**, оси которых расположены в одной плоскости и направлены относительно друг друга под углом **120°**. Такое состояние атома углерода называют вторым валентным состоянием.

3. При  **$sp$ -гибридизации** сливаются одна s- и одна p-орбитали и образуются **две гибридные орбитали**, оси которых расположены на одной прямой и направлены в разные стороны от ядра рассматриваемого атома углерода **под углом 180°**. Такое состояние атома углерода называют третьим валентным состоянием.

# ТИПЫ ГИБРИДИЗАЦИИ в органических веществах.

| Тип гибридизации      | Геометрическая форма | Угол между связями | Примеры                                                                                 |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>sp</b>             | линейная             | <b>180°</b>        | Алкины.                                                                                 |  |
| <b>sp<sup>2</sup></b> | треугольная          | <b>120°</b>        | Алкены, диены, ароматические соединения, карбонильные соединения, карбоксильная группа. |  |
| <b>sp<sup>3</sup></b> | тетраэдрическая      | <b>109,5°</b>      | Алканы, спирты.                                                                         |  |

|                                                                                                                         |                                                                                                                                                     |                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Строение молекулы метана:</b><br> | <b>Строение сигма (1) и пи (2) связей молекулы этилена.</b><br> | <b>Строение ацетилена</b><br> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 4) Изомерия.

**Изомеры – вещества, имеющие одинаковый состав (число атомов каждого типа), но разное взаимное расположение атомов – разное строение.**

Например, веществ с молекулярной формулой  $C_4H_{10}$  существует два: **н-бутан** (с линейным скелетом):  $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$  и **изо-бутан**, или **2-метилпропан**:  $CH_3 - CH - CH_3$



**Изомерия бывает структурная и пространственная.**



# Структурная изомерия.

**1. Изомерия углеродного скелета** - обусловлена различным порядком связи между атомами углерода, образующими скелет молекулы (см. бутан и изобутан).

**2. Изомерия положения кратной связи или функциональной группы** - обусловлена различным положением какой-либо реакционноспособной группы при одинаковом углеродном скелете молекул. Так, пропану соответствуют два изомерных спирта:  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$  - пропанол-1 или н-пропиловый спирт  
и  $\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$  - пропанол-2 или изопропиловый спирт.

**Изомерия** положения кратной связи, например, в бутене-1 и бутене-2  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH}_2$  - бутен-1  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_3$  - бутен-2.

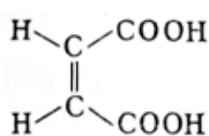
**3. Межклассовая изомерия** — изомерия веществ, относящихся к разным классам органических соединений:

- алкены и циклоалканы (с  $\text{C}_3$ )
- алкины и диены (с  $\text{C}_3$ )
- спирты и простые эфиры (с  $\text{C}_2$ )
- альдегиды и кетоны (с  $\text{C}_3$ )
- одноосновные предельные карбоновые кислоты и сложные эфиры (с  $\text{C}_2$ )

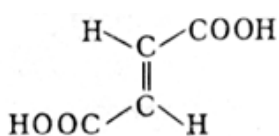
**Пространственная изомерия** - подразделяется на два вида: геометрическую (или цис-транс-изомерию) и оптическую.

**Геометрическая изомерия** свойственна соединениям, содержащим двойные связи или циклопропановое кольцо; она обусловлена невозможностью свободного вращения атомов вокруг двойной связи или в цикле. В этих случаях заместители могут быть расположены либо по одну сторону плоскости двойной связи или цикла (цис-положение), либо по разные стороны (транс-положение).

Понятия «цис» и «транс» обычно относят к **паре одинаковых** заместителей, а если все заместители разные, то условно к одной из пар.



(I)



(II)

- две формы этилен-1,2-дикарбоновой кислоты — **цис-форма**, или малеиновая кислота (I), и **транс-форма**, или фумаровая кислота (II)



**Оптическая изомерия** свойственна молекулам органических веществ, не совмещающимся со своим зеркальным отображением (т.е. с молекулой, соответствующей этому зеркальному отображению). Чаще всего оптическая активность обусловлена наличием в молекуле **асимметрического атома углерода**, т.е. атома углерода, связанного с четырьмя различными заместителями. Примером может служить молочная кислота:



OH (асимметрический атом углерода отмечен звёздочкой).

Молекула молочной кислоты ни при каком перемещении в пространстве не может совпасть со своим зеркальным отображением. Эти две формы кислоты относятся друг к другу, как правая рука к левой, и называются оптическими антиподами (**энантиомерами**).

Физические и химические свойства оптических изомеров часто очень похожи, но они могут сильно отличаться по биологической активности, вкусу и запаху.

## Классификация органических веществ.

|                               | Класс веществ                      | Характеристика                                  | Общая формула                | Суффикс ли префикс |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Углеводороды                  | Алканы                             | Все связи одинарные                             | $C_nH_{2n+2}$                | -«АН»              |
|                               | Алкены                             | 1 двойная C=C связь                             | $C_nH_{2n}$                  | -«ЕН»              |
|                               | Диены                              | 2 двойные C=C связи                             | $C_nH_{2n-2}$                | -«ДИЕН»            |
|                               | Алкины                             | 1 тройная связь C≡C                             | $C_nH_{2n-2}$                | -«ИН»              |
|                               | Циклоалканы                        | Замкнутая в кольцо углеродная цепь              | $C_nH_{2n}$                  | ЦИКЛО-             |
|                               | Арены (ароматические углеводороды) | Содержат бензольное кольцо                      | $C_nH_{2n-6}$                | ...-бензол         |
| Кислородсодержащие соединения | Спирты                             | -ОН                                             | $C_nH_{2n+2}O$<br>$CH_3OH$   | -«ОЛ»              |
|                               | Фенолы                             | Бензольное кольцо и в нём -ОН                   | $C_nH_{2n-6}O$<br>$C_6H_5OH$ | ...-фенол          |
|                               | Альдегиды                          | $\begin{array}{c} -C=O \\   \\ H \end{array}$   | $C_nH_{2n}O$<br>$HCHO$       | -«АЛЬ»             |
|                               | Кетоны                             | $\begin{array}{c} -C- \\    \\ O \end{array}$   | $C_nH_{2n}O$<br>$C_3H_6O$    | -«ОН»              |
|                               | Карбоновые кислоты                 | $\begin{array}{c} -C=O \\   \\ OH \end{array}$  | $C_nH_{2n}O_2$<br>$HCOOH$    | ...-овая кислота   |
|                               | Сложные эфиры                      | $\begin{array}{c} R-C=O \\   \\ OR \end{array}$ | $C_nH_{2n}O_2$               | ... -эфир          |
| Азотсодержащие соеди          | Нитросоединения                    | R-NO <sub>2</sub>                               | $C_nH_{2n+1}NO_2$            | нитро-...          |

|       |                     |                                                                 |                                                                     |                       |
|-------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| нения |                     |                                                                 |                                                                     |                       |
|       | <b>Амины</b>        | $\text{— NH}_2$<br>или $\text{— NH—}$<br>или $\text{— N —}$<br> | $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$<br><br>$\text{CH}_3\text{NH}_2$ | ...-амин              |
|       | <b>Аминокислоты</b> | Содержит $\text{—NH}_2$ и $\text{—COOH}$                        | $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$                              | амино-...<br>-кислота |

## Номенклатура органических веществ

### Корни

$\text{C}_1$  – мет

$\text{C}_2$  – эт

$\text{C}_3$  – проп

$\text{C}_4$  – бут

$\text{C}_5$  – пент

$\text{C}_6$  – гекс

$\text{C}_7$  – гепт

$\text{C}_8$  – окт

$\text{C}_9$  – нон

$\text{C}_{10}$  – дек

### Окончания

-ан – есть только одинарные связи  $\text{C—C}$  в молекуле

-ен – есть одна двойная связь  $\text{C=C}$  в молекуле

-ин – есть одна тройная связь  $\text{C}\equiv\text{C}$  в молекуле

-диен – есть две двойные связи  $\text{C=C}$  в молекуле

## Старшинство функциональных групп в молекуле

| Группа                           | Префикс             | Суффикс (или окончание) |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| $\text{—COOH}$                   | Карбокси-           | -овая кислота           |
| $\text{—C=O}$<br> <br>$\text{H}$ | Формил-             | -аль                    |
| $\text{—C—}$<br>  <br>$\text{O}$ | Оксо-               | -он                     |
| $\text{—OH}$                     | Гидрокси-           | -ол (-овый спирт)       |
| $\text{—NH}_2$                   | Амино-              | -амин                   |
| $\text{—NO}_2$                   | Нитро-              | -                       |
| $\text{C=C}$                     | -                   | -ен                     |
| $\text{C}\equiv\text{C}$         | -                   | -ин                     |
| Галогены                         | Фтор-, хлор- и т.д. | -                       |
| Углеродородный радикал           | Алkil-              | -                       |

