

ВВЕДЕНИЕ

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Изучает соединения углерода, их строение, способы получения и практического использования.
- Из чего состоят органические соединения?

Углерод, водород, кислород, азот, фосфор,

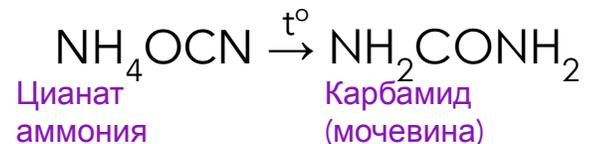
сера.

Иногда включаются металлические фрагменты: магний, калий, кальций

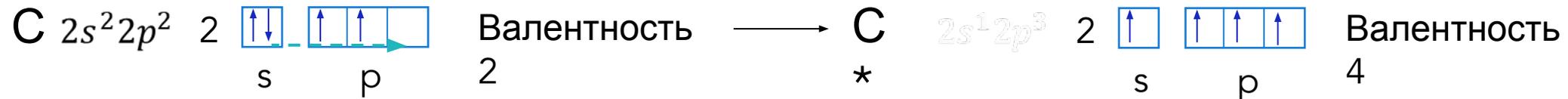
и др.

Первые органические соединения получены из веществ растительного и животного происхождения. Поэтому до середины XIX в. Химики думали, что органические вещества образуются из неорганических только в живых организмах под влиянием «жизненной силы».

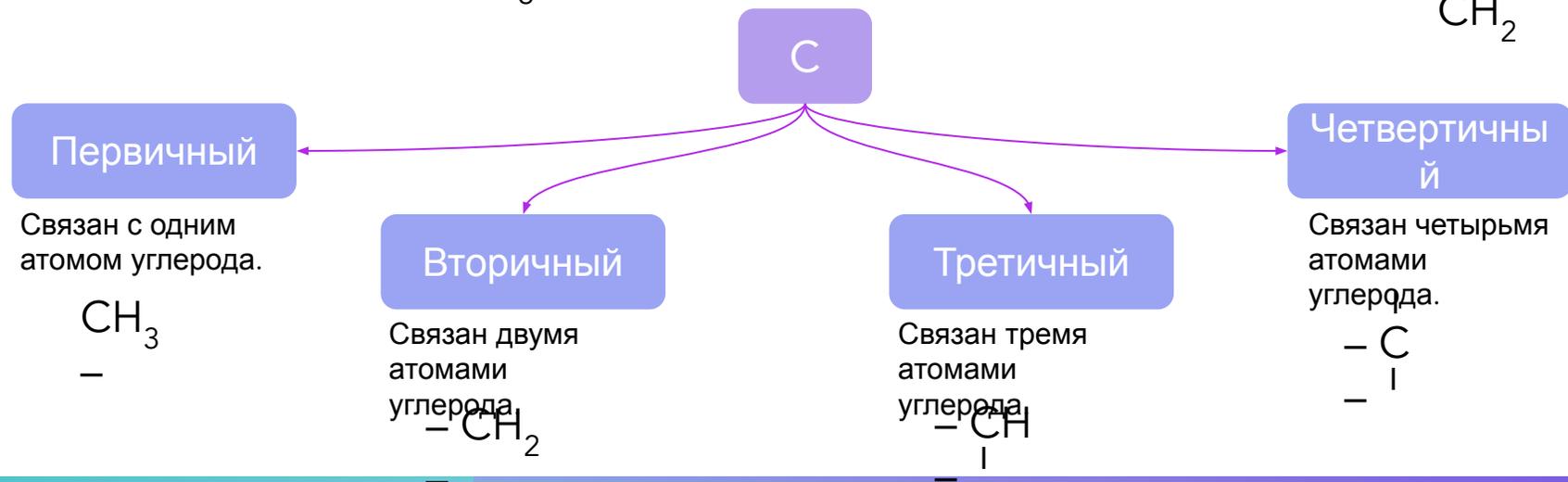
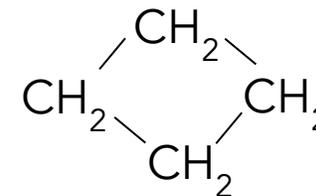
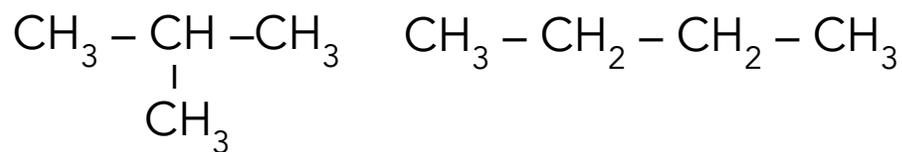
- В 1828 г. Ф. Велер впервые из неорганического вещества — циановокислоугоаммония — получил органическое вещество — мочеви́ну:



# СОСТОЯНИЕ УГЛЕРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ



- Углерод находится в возбуждённом состоянии, имеет валентность 4.
- Образует открытые разветвлённые и неразветвленные, а так же замкнутые цепи.



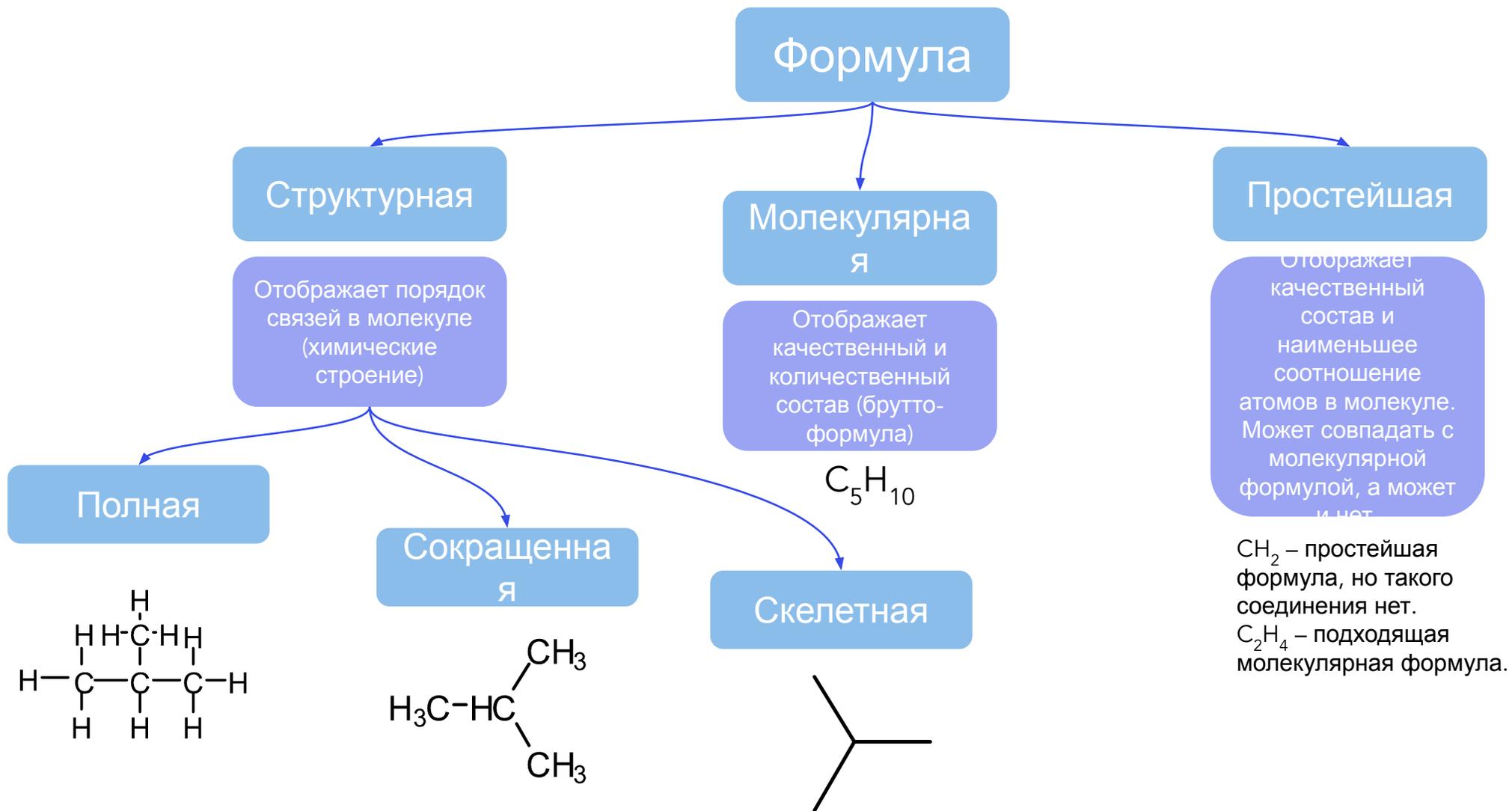
# ТЕОРИЯ БУТЛЕРОВА (1869 Г.)

1. Атомы в молекуле соединены друг с другом в определённой последовательности, согласно их валентности.
2. Свойства веществ зависят от химического состава и химического строения вещества.
3. По свойствам вещества можно определить строение его молекулы, а по строению предвидеть свойства.
4. Химическое строение можно определить химическими методами.
5. Атомы и группы атомов взаимно влияют друг на друга.



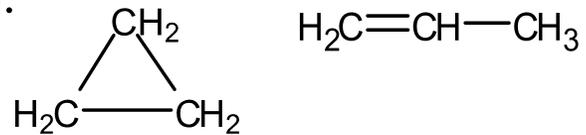
Александр Михайлович Бутлеров  
1828—1886

# ТИПЫ ФОРМУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ



# ИЗОМЕРЫ И ГОМОЛОГИ

- **Изомеры** – соединения с одинаковой молекулярной формулой, но разной структурной:



- **Гомологи** – вещества одного класса, схожие по строению, отличающиеся на одну или несколько гомологических разниц (CH<sub>2</sub> – групп): CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

	Изомеры	Гомологи
Молекулярная формула	Совпадает	Отличается на 1 или несколько CH <sub>2</sub> – групп.
Структурная формула	Разная	Похожая, но не одинаковая
Химические свойства	Разные	Схожи

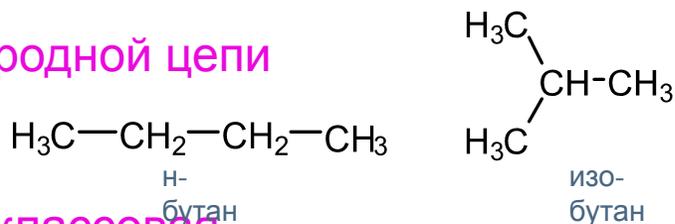
# ТИПЫ ИЗОМЕРИИ

## Изомерия

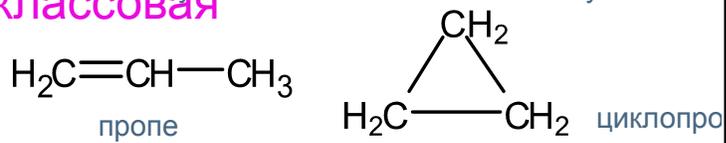
### Структурная

### Пространственная

- Углеродной цепи



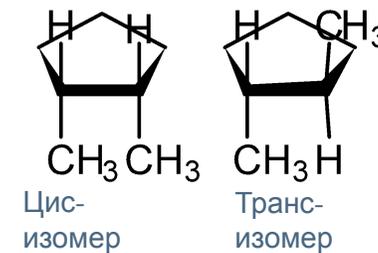
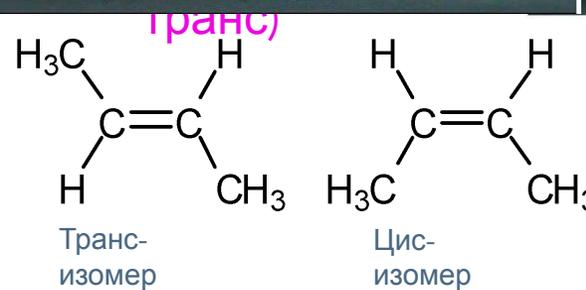
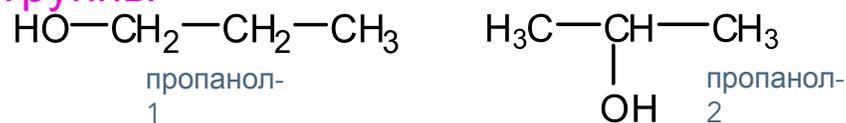
- Межклассовая



- Положения кратной связи (= и ≡)



- Положения функциональной группы



# ГОМОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ

$C_n$	Алканы ( $C_n H_{2n+2}$ ) – одинарная связь	Алкены ( $C_n H_{2n}$ ) – двойная связь		Циклоалканы ( $C_n H_{2n}$ ) – циклическое строение	Алкины ( $C_n H_{2n-2}$ ) – тройная связь		Алкадиены ( $C_n H_{2n-2}$ ) – 2 двойные связи
$C_1$	$CH_4$ –	-	-	-	-	-	-
$C_2$	<u>метан</u> $C_2 H_6$	$C_2 H_4$ – этен	-	-	$C_2 H_2$ – этин	-	-
$C_3$	<u>этан</u> $C_3 H_8$	пропен	$C_3 H_6$	-	пропин	$C_3 H_4$	-
$C_4$	<u>пропан</u> $C_4 H_{10}$	бутен	$C_4 H_8$	<u>циклопропан</u>	бутин	$C_4 H_6$	<u>пропадиен</u>
$C_5$	<u>бутан</u> $C_5 H_{12}$	пентен	$C_5 H_{10}$	<u>циклобутан</u>	пентин	$C_5 H_8$	<u>бутадиен</u>
$C_6$	<u>пентан</u> $C_6 H_{14}$	гексен	$C_6 H_{12}$	<u>циклопентан</u>	гексин	$C_6 H_{10}$	<u>пентадиен</u>
$C_7$	<u>гексан</u> $C_7 H_{16}$	гептен	$C_7 H_{14}$	<u>циклогексан</u>	гептин	$C_7 H_{12}$	<u>гексадиен</u>
$C_8$	<u>гептан</u> $C_8 H_{18}$	октен	$C_8 H_{16}$	<u>циклогептан</u>	октин	$C_8 H_{14}$	<u>гептадиен</u>
$C_9$	<u>октан</u> $C_9 H_{20}$	нонен	$C_9 H_{18}$	<u>циклооктан</u>	нонин	$C_9 H_{16}$	<u>октадиен</u>
$C_{10}$	<u>нонан</u> $C_{10} H_{22}$	децен	$C_{10} H_{20}$	<u>циклононан</u>	децин	$C_{10} H_{18}$	<u>нонадиен</u>
	декан	-		циклодекан	-		декадиен

# НАЗВАНИЯ РАДИКАЛОВ И ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ

## Алкильные радикалы:

-CH<sub>3</sub> метил

-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> этил

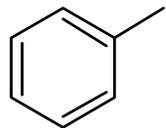
-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> пропил:  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  н-пропил  
 $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$  изо-пропил

-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> бутил:

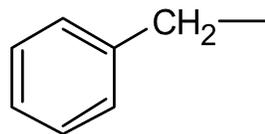
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  н-бутил  
 $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$  изо-бутил  
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$  втор-бутил  
 $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3$  трет-бутил

## Непредельные радикалы:

$\text{CH}_2=\text{CH}-$  винил

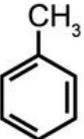
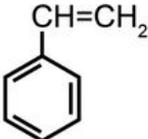
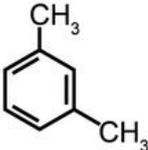
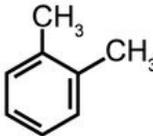


фенил



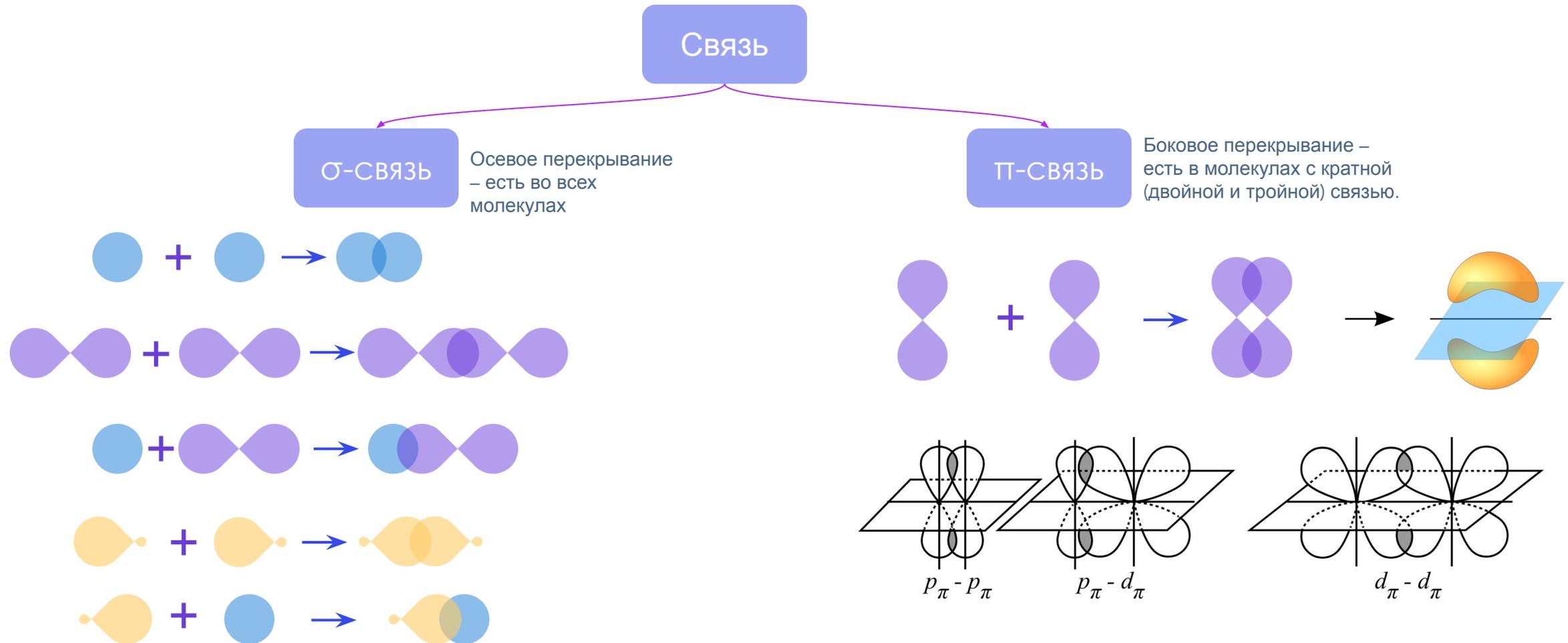
бензил

## Углеводороды и галогенпроизводные углеводородов

$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	этилен	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	пропилен
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	ацетилен	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	дивинил
$\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$	изопрен	$\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$	хлоропрен
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$	винилацетилен	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	винилхлорид
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{Cl}$	аллилхлорид		бензол
	толуол		стирол
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ 	кумол		мета-ксилол (м-ксилол)
	пара-ксилол (п-ксилол)		орто-ксилол (о-ксилол)

# ТИПЫ ПЕРЕКРЫВАНИЯ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

Молекулярная орбиталь – результат перекрывания атомных орбиталей, область наиболее вероятного нахождения электрона в электрическом поле двух и более ядер атомов.

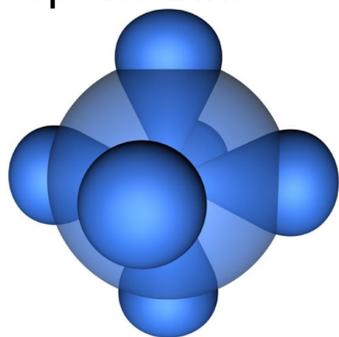


# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

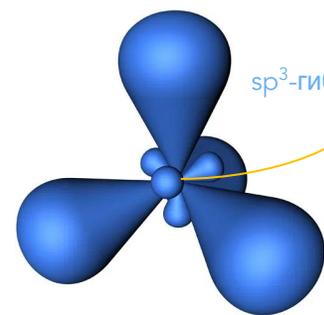
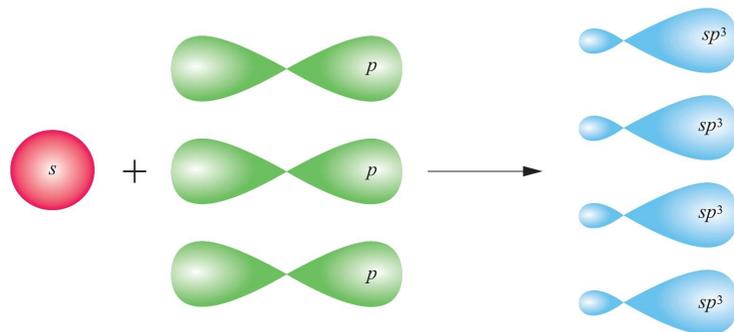
**Молекулярная орбиталь** – результат перекрывания атомных орбиталей разных атомов, область наиболее вероятного нахождения электрона в электрическом поле двух и более атомов.

**Гибридизация атомных орбиталей** – взаимодействие орбиталей разных оболочек одного атома (разных по типу, форме), но близких по энергии, с образованием одинаковых орбиталей по форме и энергии.

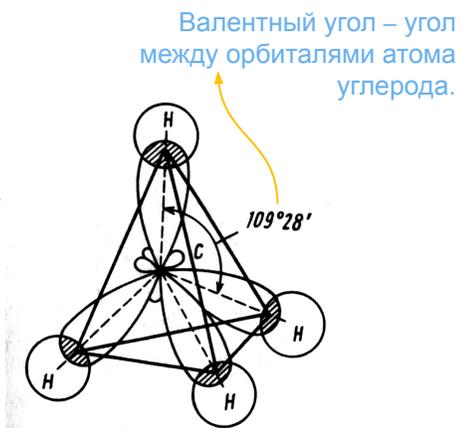
**$sp^3$  – гибридизация** – преобразуются 1  $s$  и 3  $p$ -орбитали в 4 гибридные орбитали.



Форма электронных облаков атома углерода



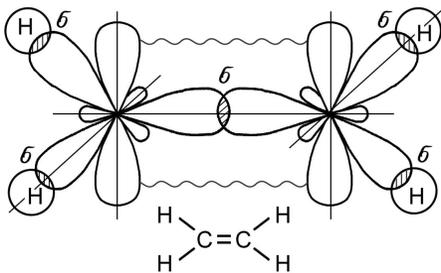
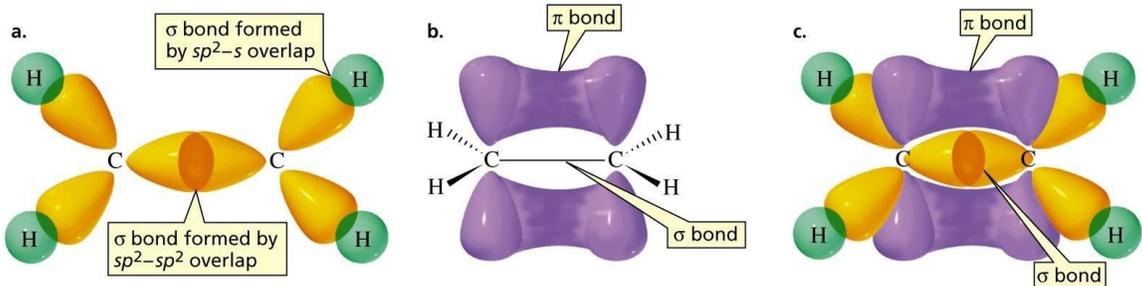
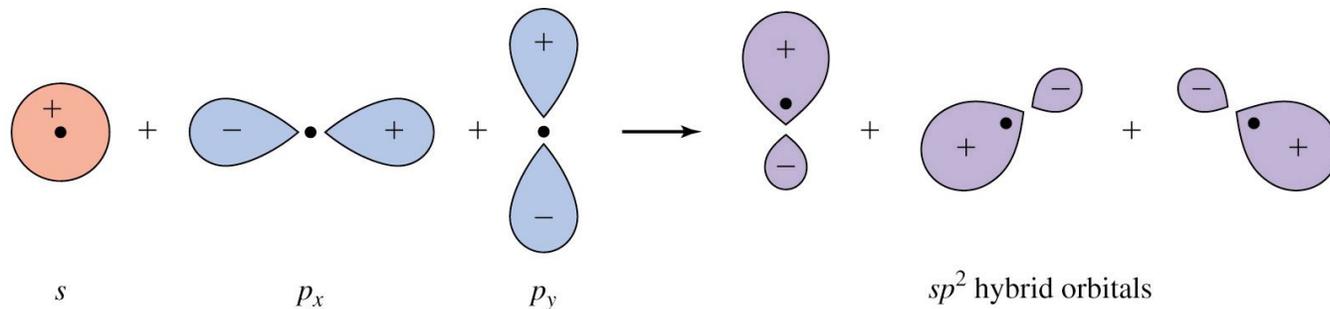
Форма расположения орбиталей – тетраэдр. Характерна для насыщенных углеводородов (алканы, циклоалканы).



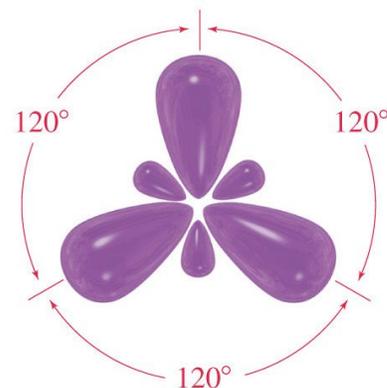
Молекула метана.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

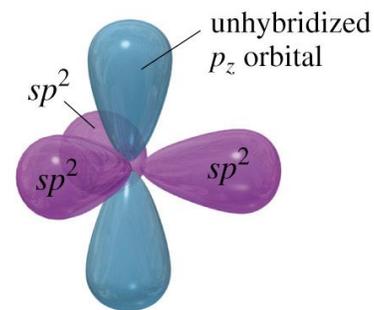
$sp^2$  – гибридизация – преобразуются 1 s- и 2 p-орбитали в 3 гибридные орбитали, а четвертая остаётся негибридной. При  $sp^2$  – гибридизации происходит  $\pi$ -перекрывания электронных облаков.  $\pi$ -связь возникает только если  $\sigma$ -связь уже



Молекула этена.



three  $sp^2$  hybrid orbitals superimposed

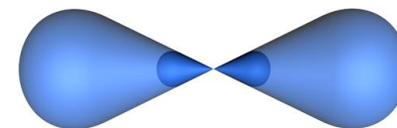
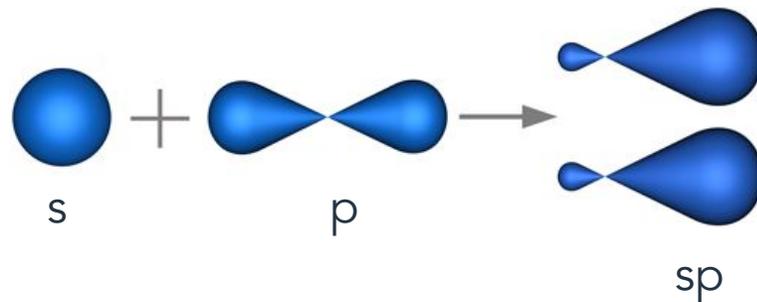


$sp^2$  hybrid carbon atom (viewed from the side)

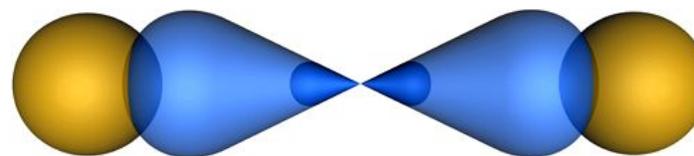
Форма расположения орбиталей – треугольник. Характерна для углеводородов с двойной связью (алкены, циклоалкены, диены, карбоновые кислоты, альдегиды и др.).

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

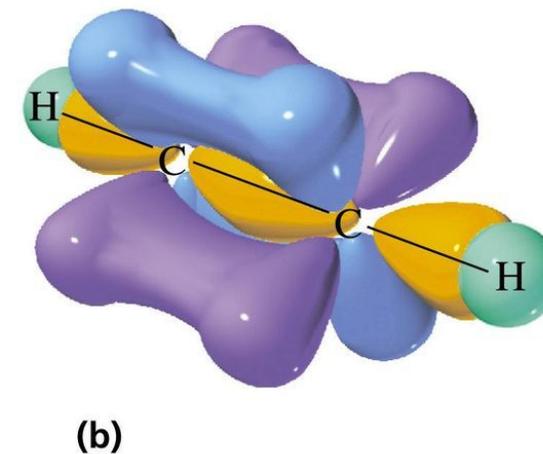
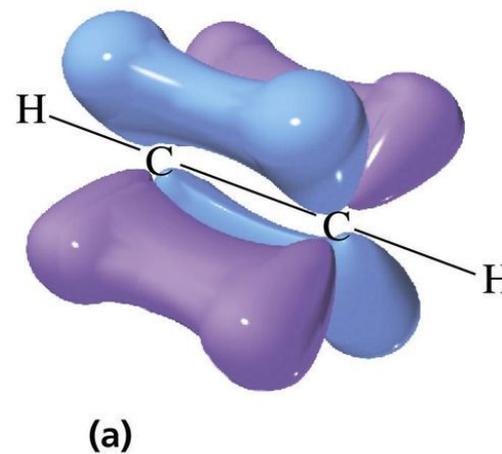
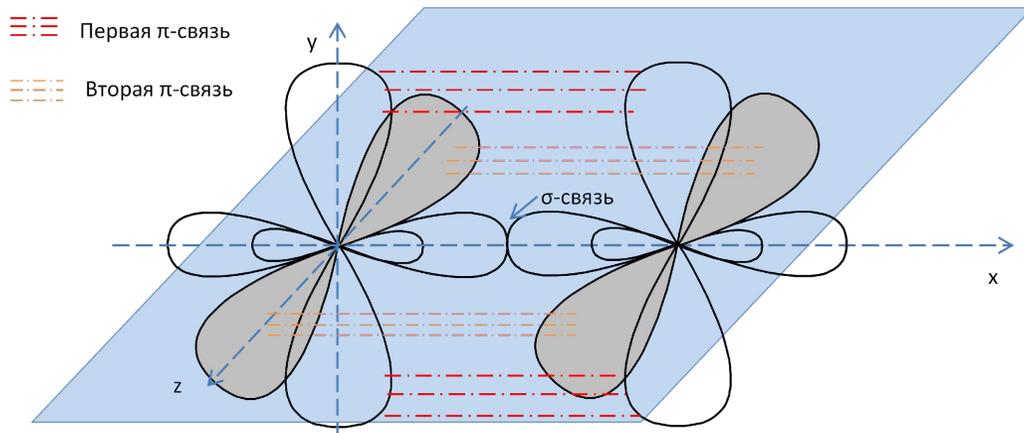
**sp – гибридизация** – преобразуются 1 s- и 1 p-орбитали в 2 гибридные орбитали, а две остаются негибридными. При sp – гибридизации происходит π-перекрывания электронных облаков перпендикулярно друг другу. Валентный угол –  $180^\circ$



Форма расположения орбиталей – линейная. Характерна для углеводородов с тройной связью (алкины).

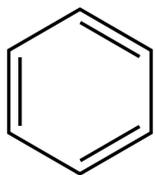
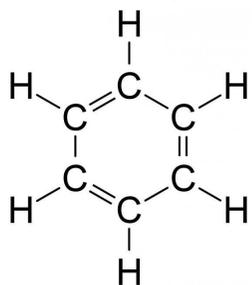


Молекула этина (ацетилена).

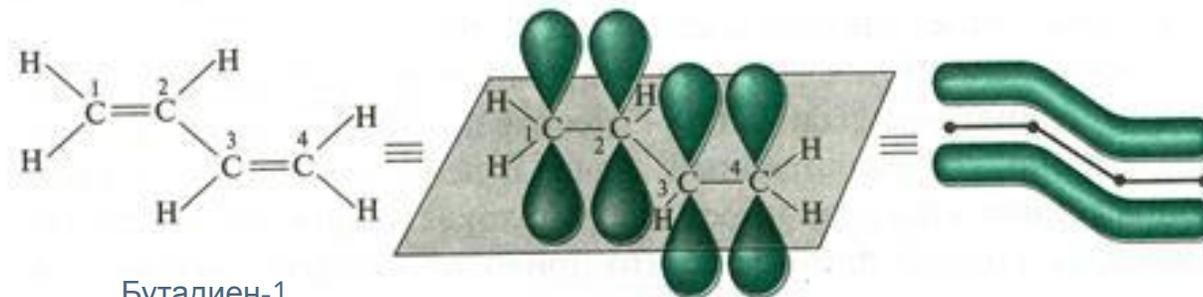


# СОПРЯЖЕННАЯ П-СИСТЕМА

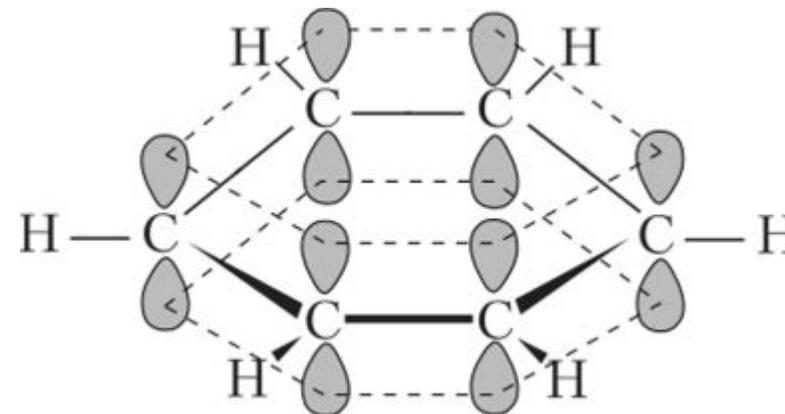
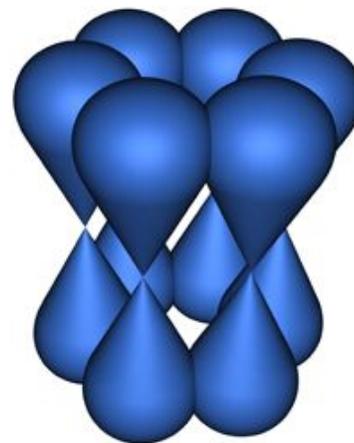
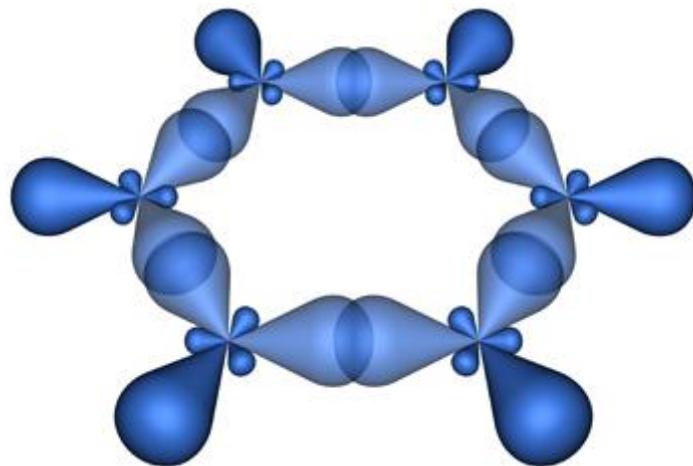
Сопряженные системы –  
возникают у  $sp^2$ -гибридных  
атомов, расположенных друг за  
другом (двойные связи через 1  
атом C)



Бензол



Бутадиен-1,  
3



# КЛАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

## Органические вещества

### углеводороды

ы

насыщенные

е

алкан



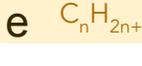
циклоалкан



алкин



одноатомны



двухатомны



(диолы)

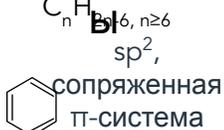
ненасыщенные

е

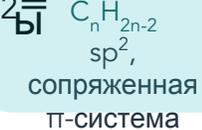
алкен



арен



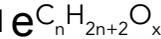
алкадиен



алифатическ

ие

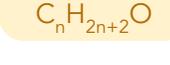
многоатомны



### кислородсодержащие

ие

простые эфиры



спирты

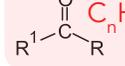
ы

ароматически

е



кетоны



карбонильны

е

соединения

ы

альдегид

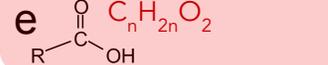


сложные

эфиры



монокарбоны



амин

ы



углеводы

(сахара)

Есть  $sp^2$

моносахарид

ы

карбоксильны

е

соединения

ы

карбоны

е

кислоты

дикарбоны



поликарбоны

е

### азотсодержащие

ие

нитросоединения



углеводы

(сахара)

Есть  $sp^2$

моносахарид

ы

карбоксильны

е

соединения

ы

карбоны

е

кислоты

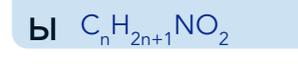
дикарбоны



поликарбоны

е

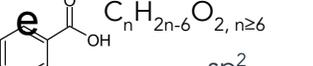
аминокислоты



белки

и

ароматически



# ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В МОЛЕКУЛАХ

## Органические ионы

### нуклеофилы

Способны предоставить пару электронов на образование связи C-C.

- Отрицательно заряженные ионы:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{OR}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$
- Нейтральные частица с НЭП:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NOH}$ ,  $\text{R-OH}$ ,  $\text{RN}_3$
- Молекулы с π-электронами: алкены, алкины, арены и др.

### электрофилы

Имеют вакантную орбиталь и образуют связь за счет электронов углерода.

- Положительные ионы:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Br}^+$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{Na}^+$
- Положительно заряженные части молекул:  $\text{Br}^{\delta+} \rightarrow \text{Br}^{\delta-}$ ,  $\text{C}^{\delta+}=\text{O}$ ,
- Нейтральные молекулы с вакантной орбиталью:  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{BF}_3$

## Электронные эффекты в молекулах

### Индуктивный (I)

Смещение электронной плотности по цепи σ-связи из-за разности электроотрицательности атомов. Быстро затухает через 1-2

#### +I - эффект

Смещают ЭП к атому C. Растёт с длиной цепи.

#### -I - эффект

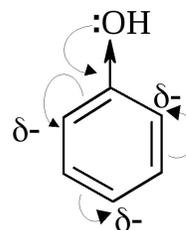
Смещают ЭП к себе. Растёт с увеличением ЭО.

### Мезомерный (μ)

Эффект сопряжения (делокализация) – смещение электронной плотности по π-связи. Распространяется на всю π-систему. В сопряжение могут входить p-орбитали, НЭП, «+», неспаренные электроны радикалов.

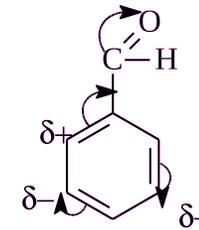
#### +μ - эффект

Повышает электронную плотность в сопряженной системе.



#### -μ - эффект

Понижает электронную плотность в сопряженной системе.



# ЭЛЕКТРОНОДОНОРНЫЕ И ЭЛЕКТРОНОАКЦЕПТОРНЫЕ ЗАМЕСТИТЕЛИ

Знаки  $M$  и  $I$ - эффектов у одного заместителя могут не совпадать. Донор или акцептор определяется по самому сильному эффекту.

**Электронодонорные заместители (ЭД)** стабилизируют карбокатионы, и радикальные частицы.

**Электроноакцепторные заместители (ЭА)** дестабилизируют карбокатионы и радикальные частицы.

**Свободнорадикальные частицы** имеют неспаренный электрон:  $\text{Cl}\bullet$ ,  $\text{Br}\bullet$ ,  $\text{CH}_3\bullet$

Т а б л и ц а      Электронные эффекты некоторых заместителей

Заместитель	Электронные эффекты		Характер совместного действия
	индуктивный	мезомерный	
Алкильные группы (R)	+I	—	Электронодонорный
$-\text{O}^-$	+I	+M	
$-\text{NH}_2$ , $-\text{NHR}$ , $-\text{NR}_2$	-I	+M	
$-\text{OH}$ , $-\text{OR}$	-I	+M	
$-\text{NH}_3^+$ , $-\text{NR}_3^+$	-I	—	Электроноакцепторный
Галогены (F, Cl, Br, I)	-I	+M	
$>\text{C}=\text{O}$	-I	-M	
$-\text{COOH}$ , $-\text{COOR}$	-I	-M	
$-\text{NO}_2$	-I	-M	
$-\text{C}\equiv\text{N}$	-I	-M	
$-\text{SO}_3\text{H}$	-I	-M	

# МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

		Механизмы		
		Радикальные	Ионные	
			Нуклеофильные (N)	Электрофильные (E)
Тип реакции	Присоединение (Addition)	A <sub>R</sub>	A <sub>N</sub>	A <sub>E</sub>
	Замещение (Substitution)	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>E</sub>
	Отщипление (элементирование – elimination)	E <sub>R</sub>	E <sub>N</sub>	E <sub>E</sub>

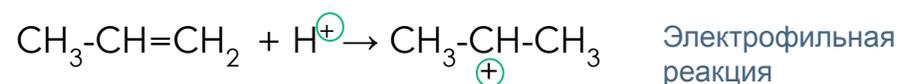
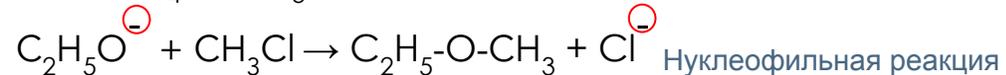
**Радикальные реакции** идут с участием свободных радикалов.

Нуклеофильные реакции – новая ковалентная связь образуется за счёт пары электронов реагента.

**Электрофильные реакции** – новая связь образуется за счёт электронной пары субстрата, а реагент – электрофил.

**Гомолитический разрыв** – образуются радикалы.  $A\bullet\bullet B \rightarrow A\bullet + B\bullet$

**Гетеролитический разрыв** – образуются ионы.  $A\bullet\bullet B \rightarrow A^{\oplus} + B^{\ominus}$



# ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Присоединение	Отщепление (элиминирование)	Замещение
+ H <sub>2</sub> - гидрирование	- H <sub>2</sub> – дегидрирование	Как в неорганике – замещение H <sub>2</sub>
+ H <sub>2</sub> O - гидратация	- H <sub>2</sub> O - дегидратация	Как в неорганике обмен, нейтрализация
+ Г <sub>2</sub> - галогенирование	- Г <sub>2</sub> - дегалогенирование	+ Г <sub>2</sub> - галогенирование
+ НГ - гидрогалогенирование	- НГ - дегидрогалогенирование	Реакции, похожие на обмен в неорганике: + НГ – гидрогалогенирование
Полимеризация, сополимеризация	Крекинг	Замещение жесткими галогенирующими агентами
		Этерификация
		Ацелирование ангидридами и галогенангидридами
		Алкилирование
		Перегруппировка
		Нирование
		Сульфирование







