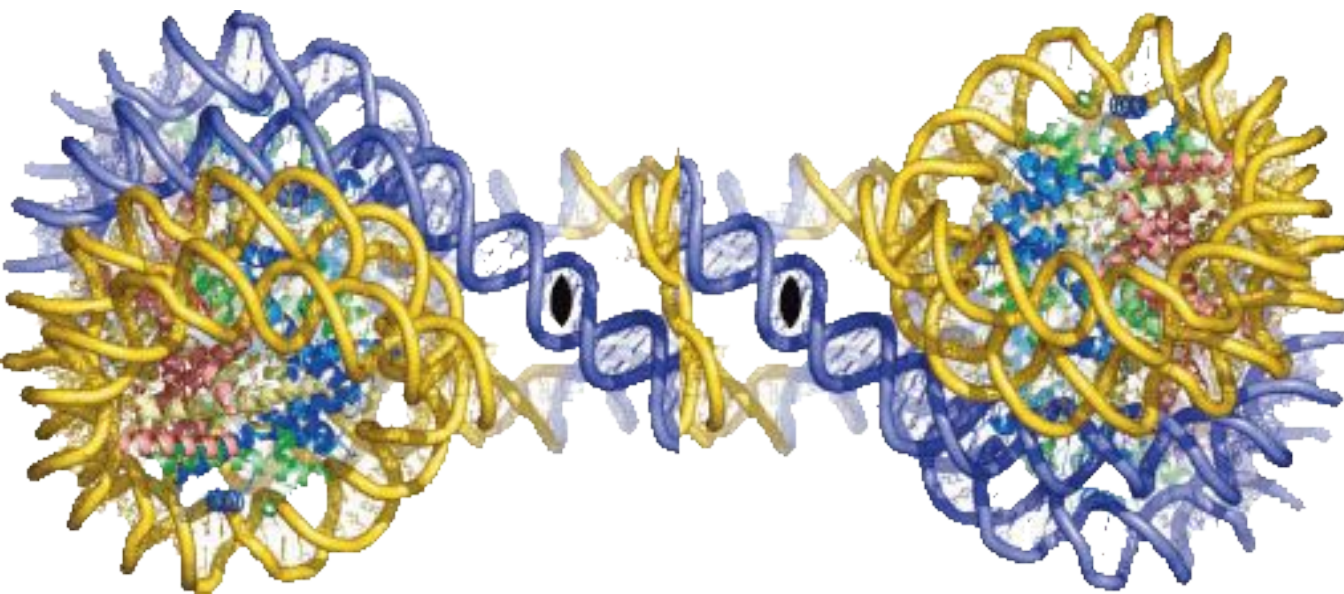


Введение в биоорганическую ХИМИЮ

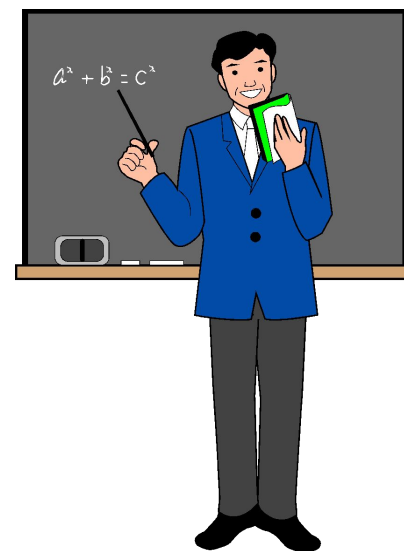
Лекция №1.

**Чуркина
Светлана Илларионовна,
доцент, к.х.н.**

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ изучает строение и свойства веществ, участвующих в процессах жизнедеятельности, в непосредственной связи с познанием их биологических функций.
(как самостоятельная дисциплина со 2-й половины XX века)



«Целью курса «Биоорганическая химия», как учебной дисциплины, является формирование знаний взаимосвязи строения и химических свойств биологически важных классов органических соединений, биополимеров и их структурных компонентов, т.е. платформы для восприятия биологических и медицинских знаний на молекулярном уровне.»



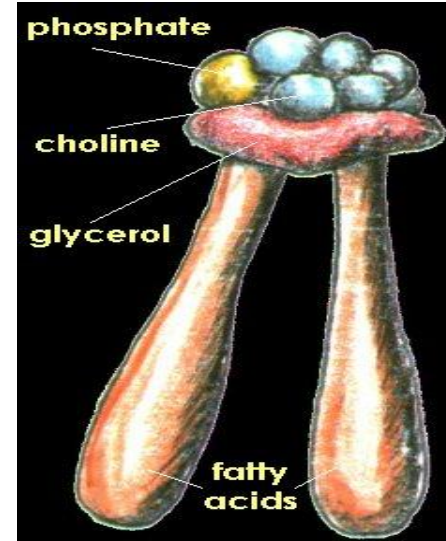
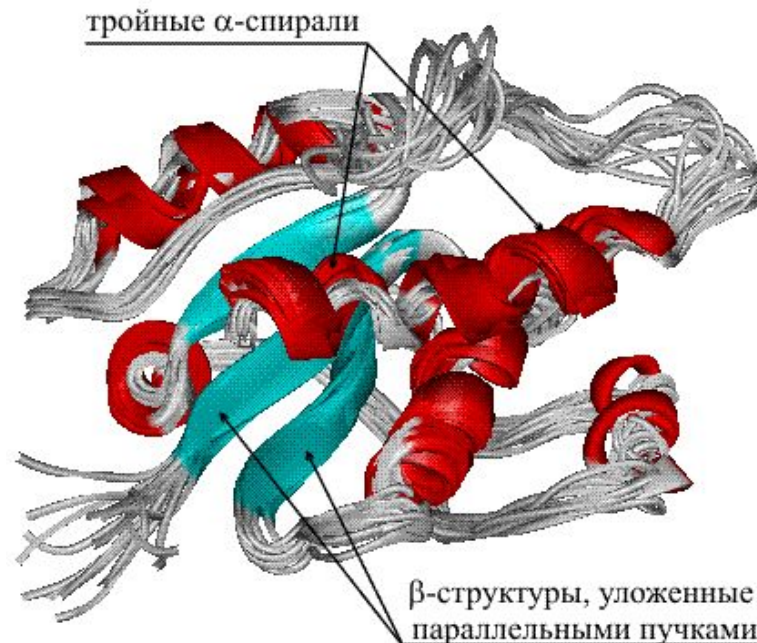
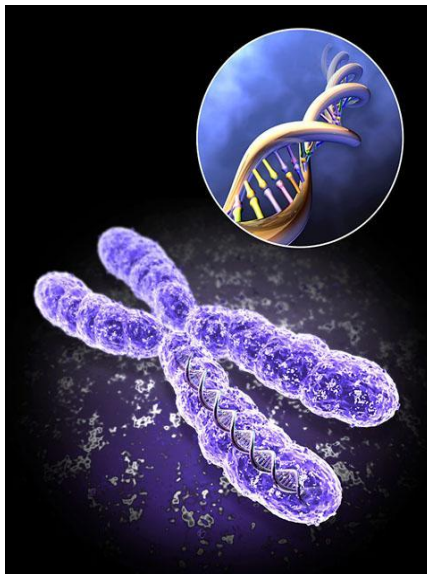
« Конечная цель изучения курса «Биоорганическая химия» в медицинских вузах состоит в формировании системных знаний о закономерностях в химическом поведении основных классов органических соединений во взаимосвязи с их строением для использования этих знаний в качестве основы при изучении на молекулярном уровне процессов, протекающих в живом организме.»




Объекты биоорганической химии

• *Биополимеры (и их структурные компоненты)*

- высокомолекулярные природные соединения - белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липиды, а также их производные. Являются структурной основой живых организмов и играют определяющую роль в процессах жизнедеятельности.





• **Биорегуляторы**—природные вещества, обладающие биорегулирующей векторностью (терпеноиды, стероиды, витамины, алкалоиды, простагландины, флавоноиды и др.).

• **Метаболиты**—промежуточные продукты обмена веществ в живых клетках. Многие из них оказывают регулирующее влияние на биохимические и физиологические процессы в организме.

«Жизнь – это особая форма существования биополимерных тел (систем), характеризующихся хиральной чистотой и способностью к самоорганизации и саморепликации в условиях постоянного обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией» (акад. В.

1986 г.),



Виталий Иосифович Гольданский

“Натура тем паче всего удивительна, что в простоте своей многохитростна и от малого числа причин производит неисчислимы образы свойств, перемен и явлений”



М.В. Ломоносов

1711-1765



Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Классификация

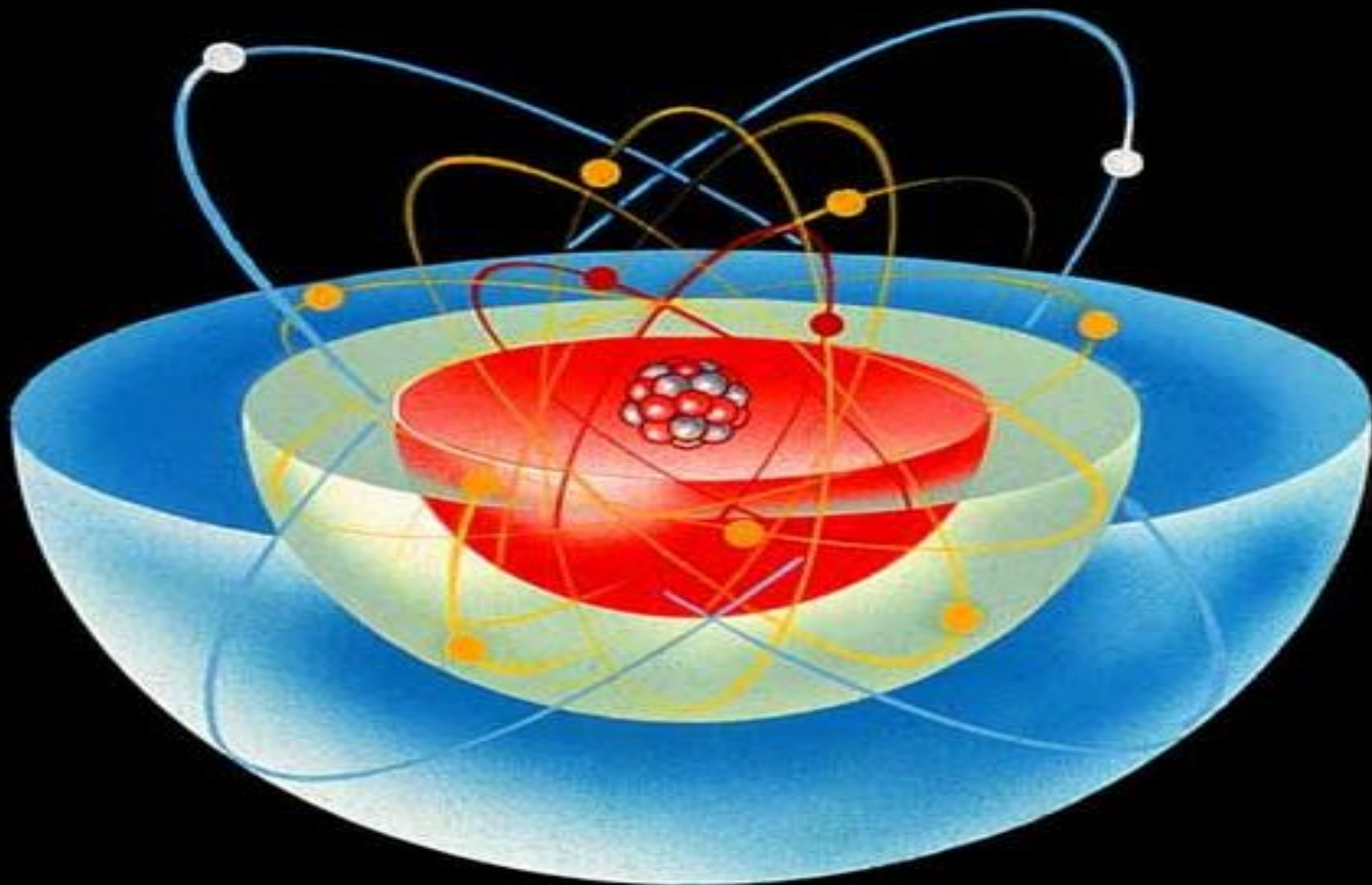
2. Систематическая номенклатура ИЮПАК



Глава 2

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ АТОМОВ В ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

СТРОЕНИЕ АТОМА



C

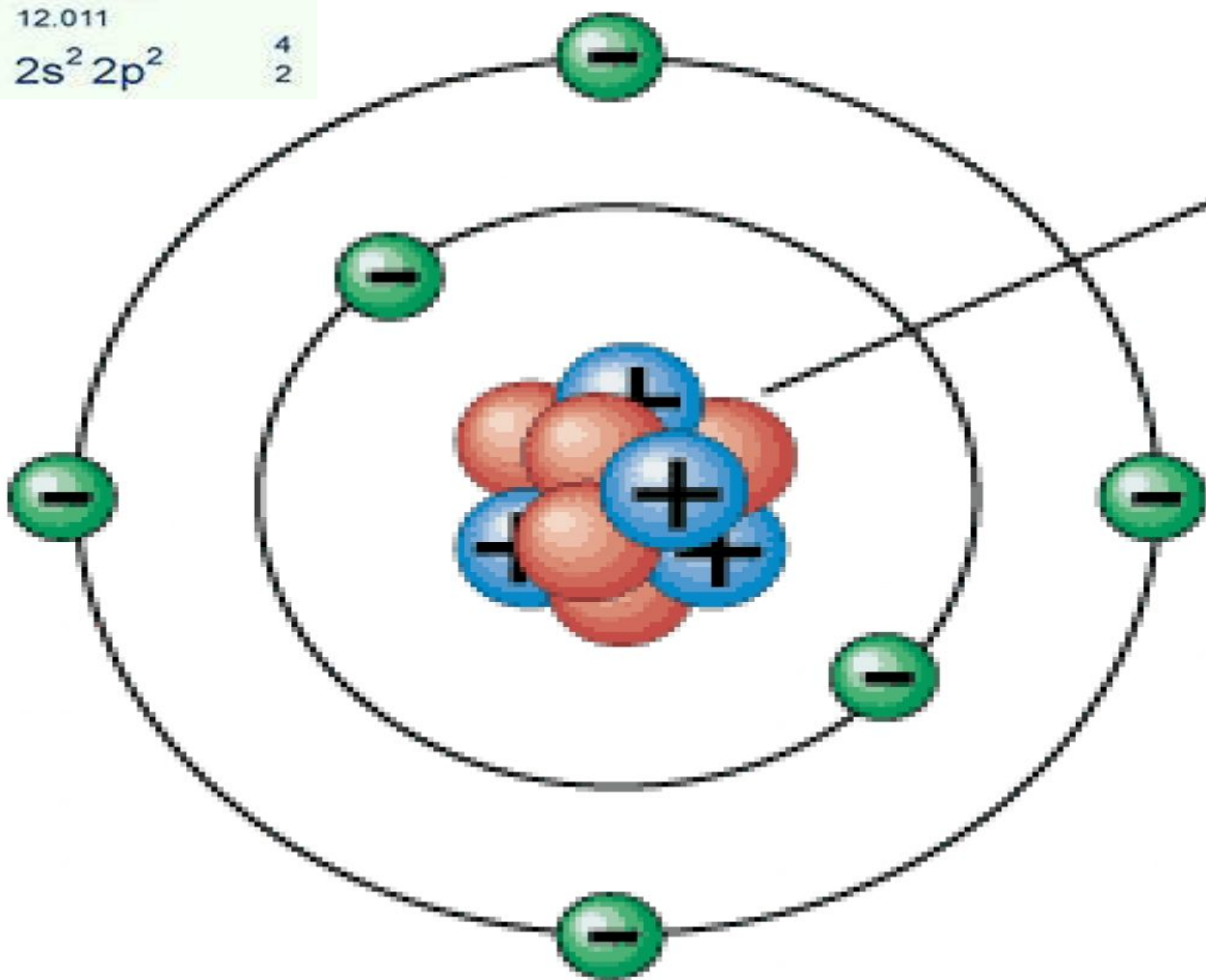
6

УГЛЕРОД

12.011




$2s^2 2p^2$

4
2



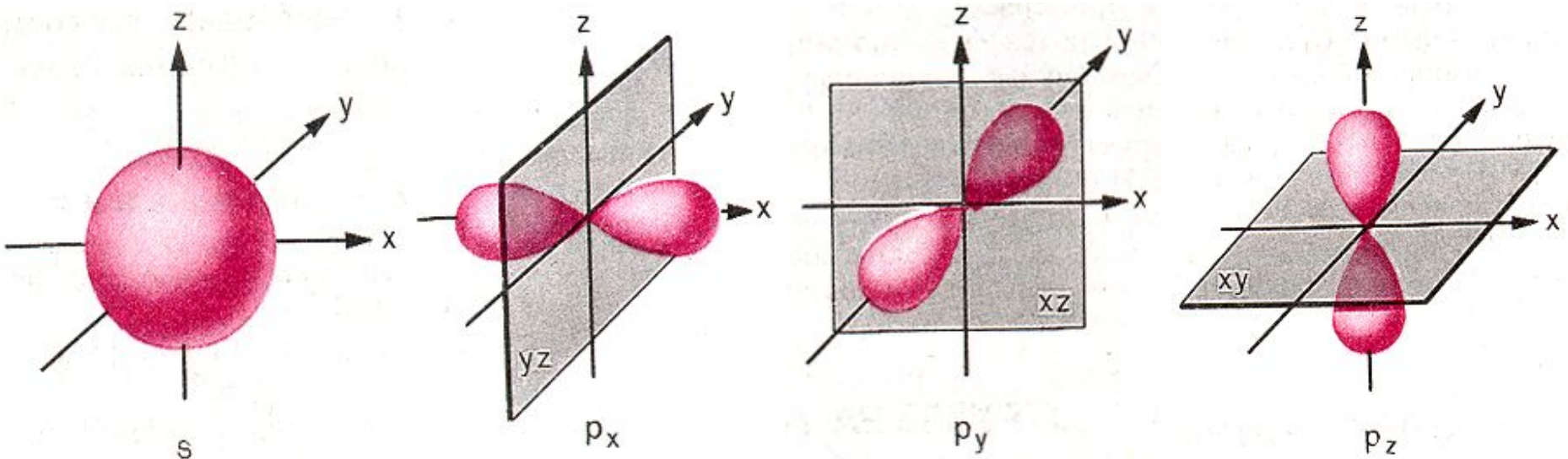
6 protons
+ 6 neutrons

6 electrons

-  electron
-  proton
-  neutron

Carbon atom

Атомная орбиталь (АО) — это часть атомного пространства, в котором вероятность нахождения электрона максимальна



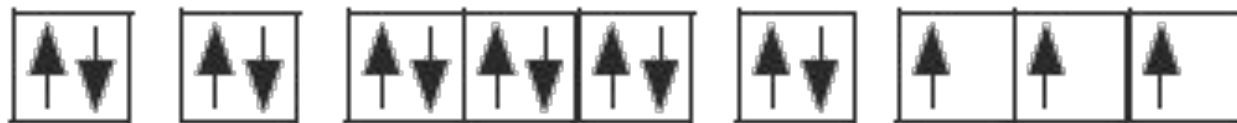
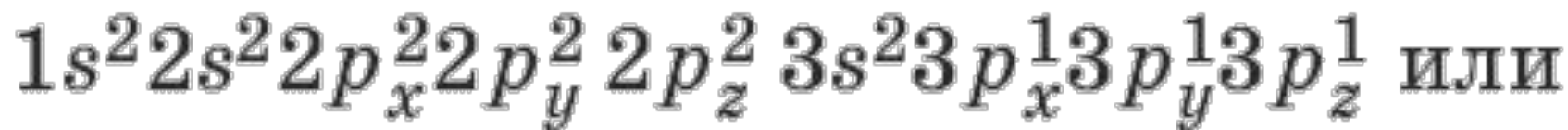
Заполнение АО

Принцип устойчивости: АО заполняются электронами в порядке повышения их энергетических уровней: $1s < 2s < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s$

Правило Паули: на орбитали могут располагаться не более двух электронов с противоположными спинами

Правило Хунда (Гунда): Орбитали данного подуровня заполняются сначала по одному электрону.

Электронный паспорт **P₁₅**



15

Фосфор

P

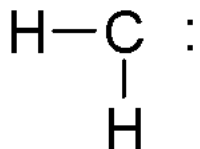
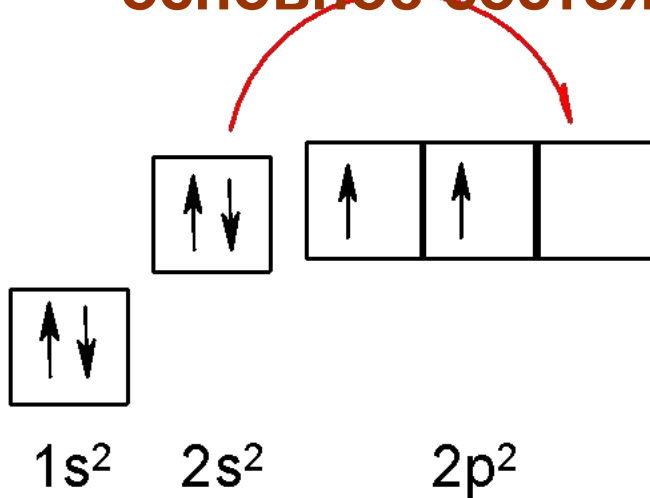
30,974

$3s^2 3p^3$

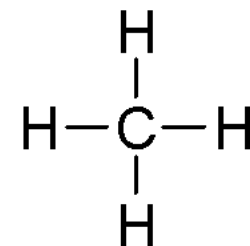
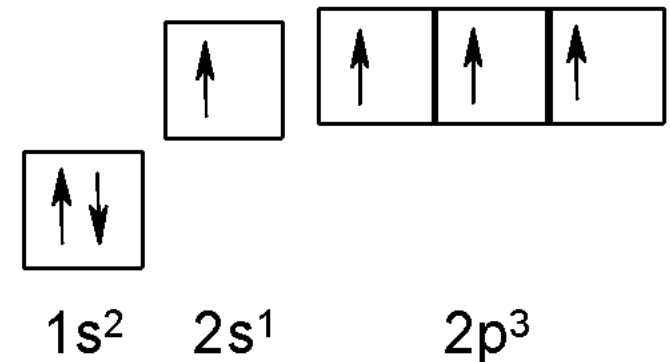
Гибридизация

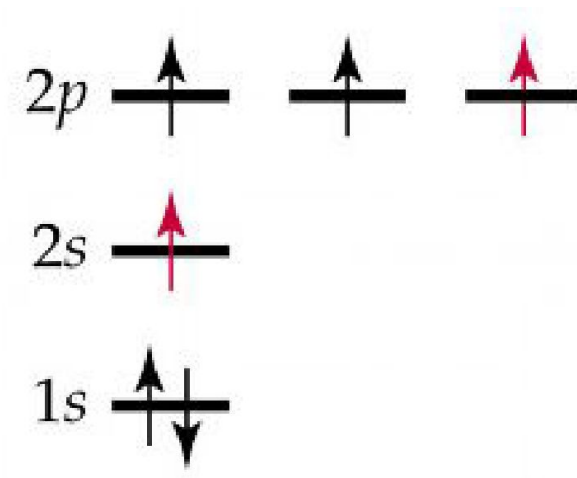
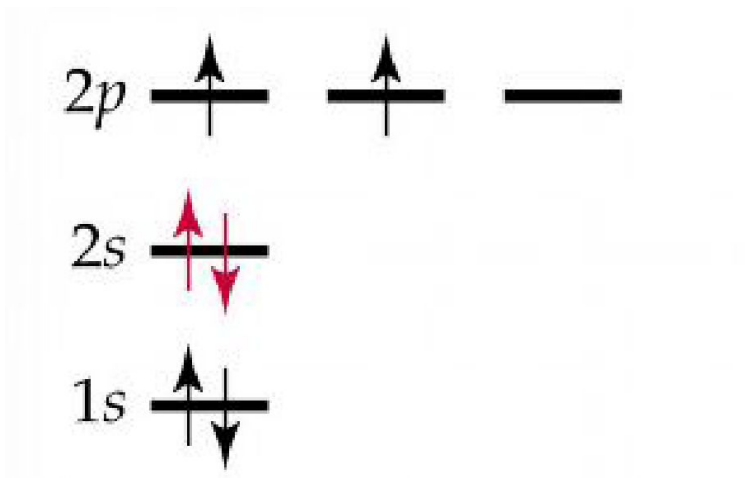
Электронное строение атома углерода, С:

ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ



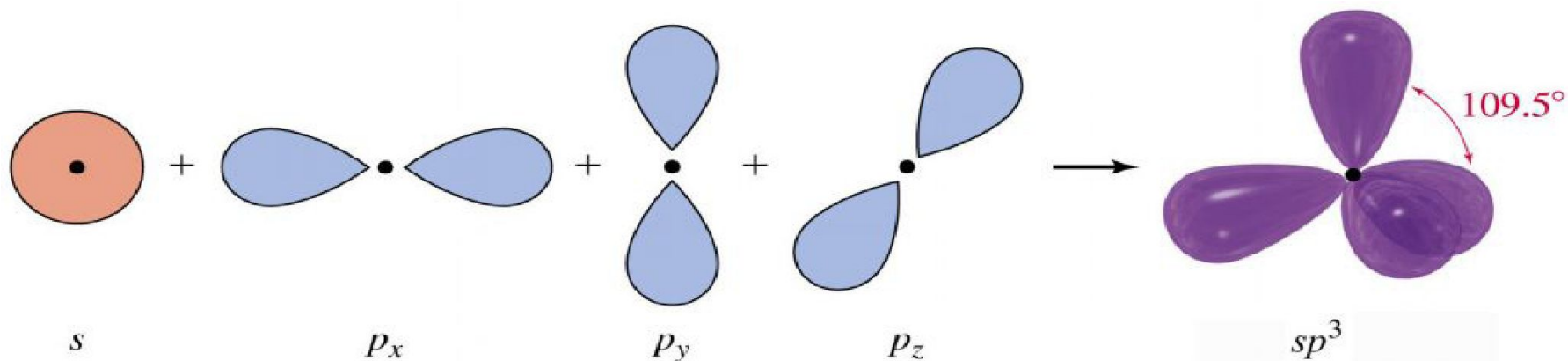
возбужденное состояние



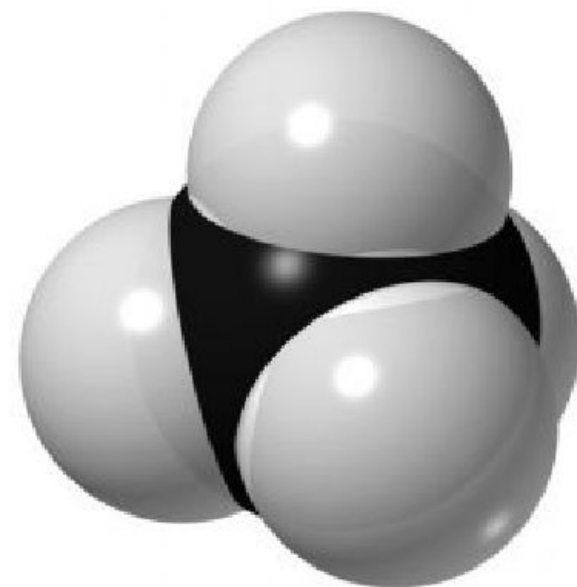
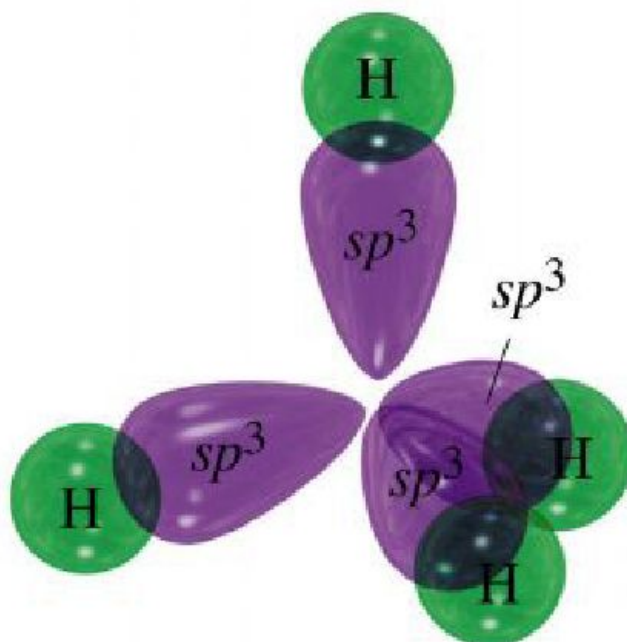
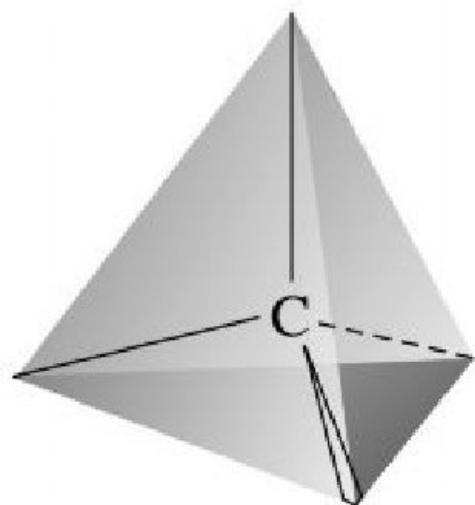
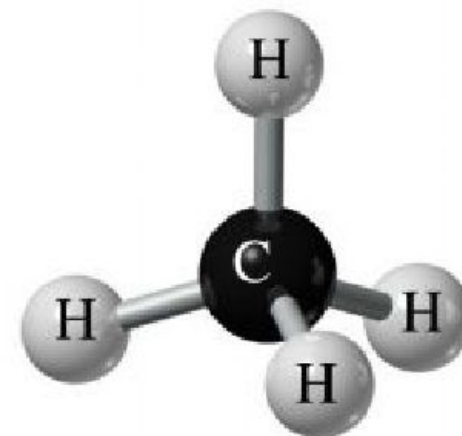
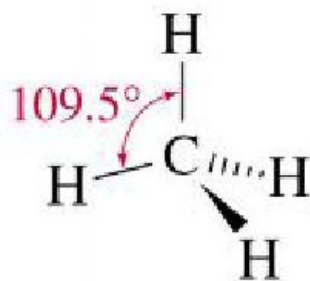
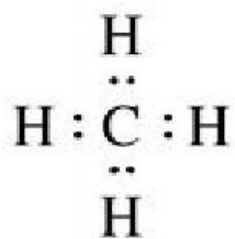


Гибридизация - смешивание волновых функций различных валентных электронов атома, в результате которого волновые функции всех этих электронов приобретают одинаковый вид

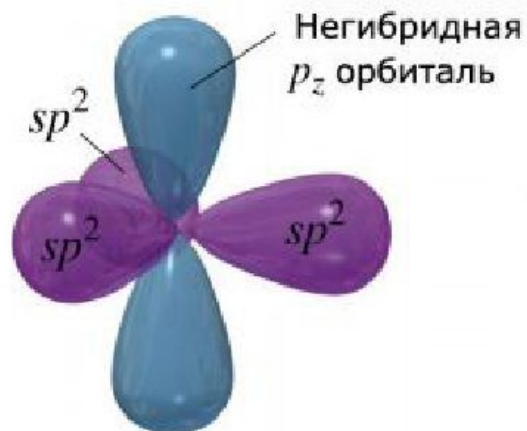
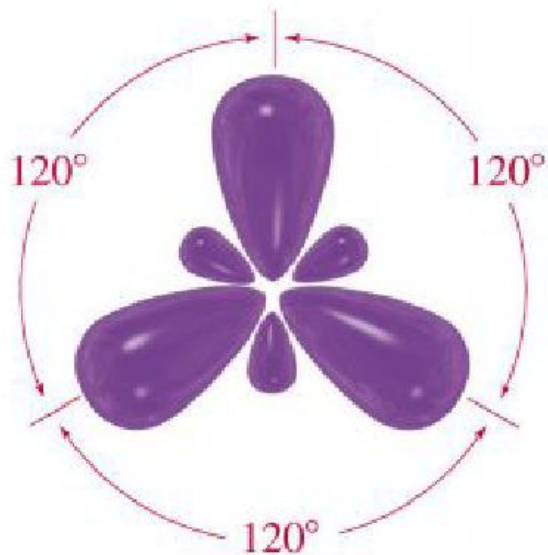
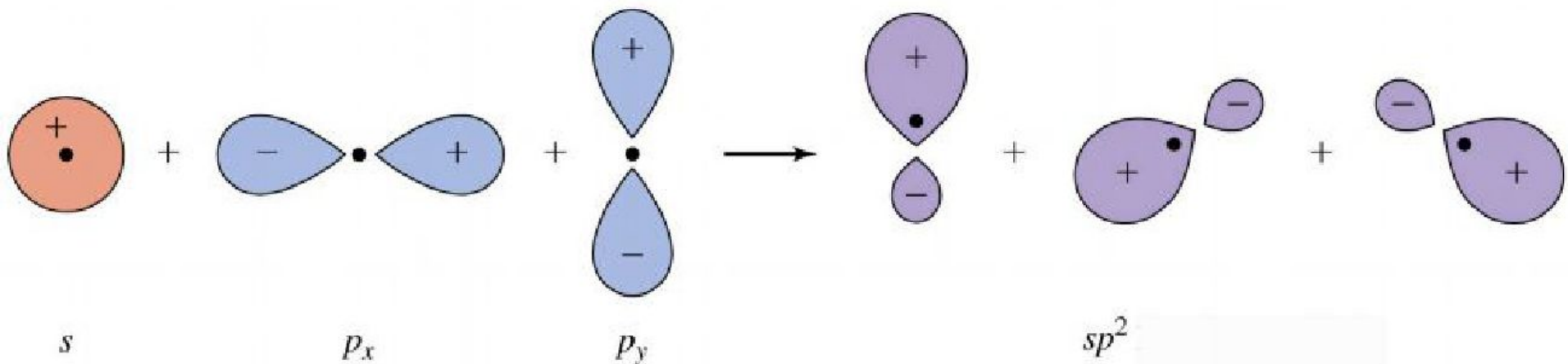
sp^3 -гибридизация атома углерода

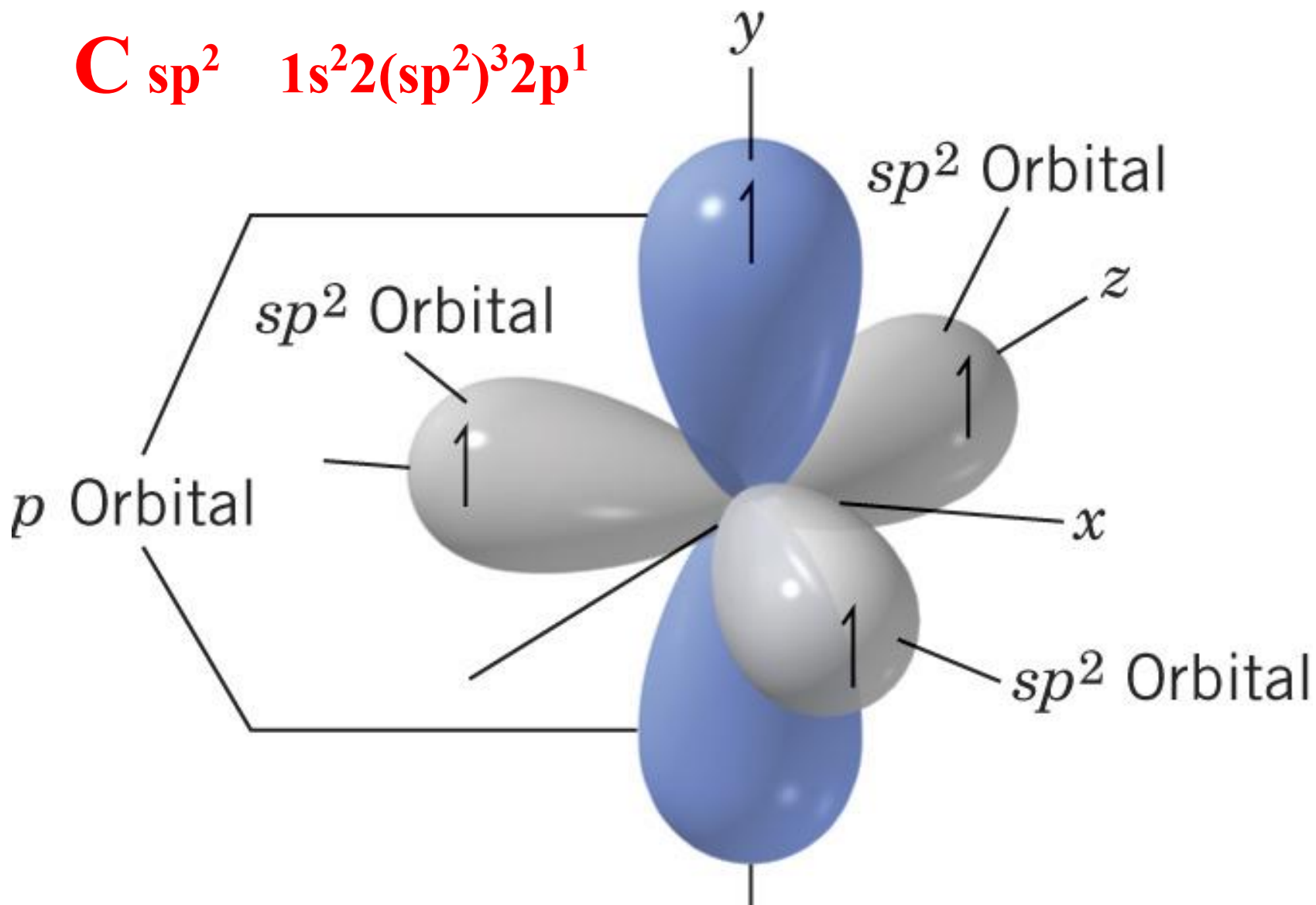


Молекула метана



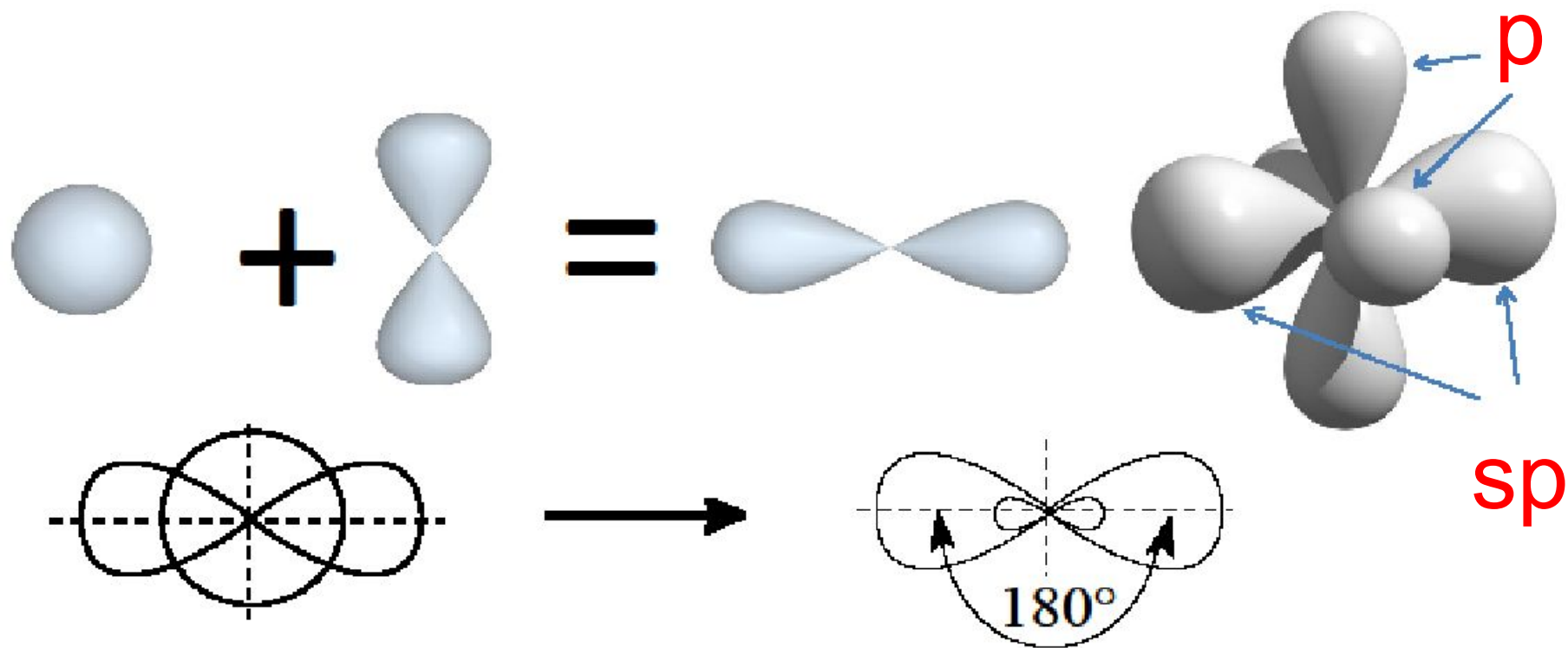
sp^2 -гибридизация атома углерода

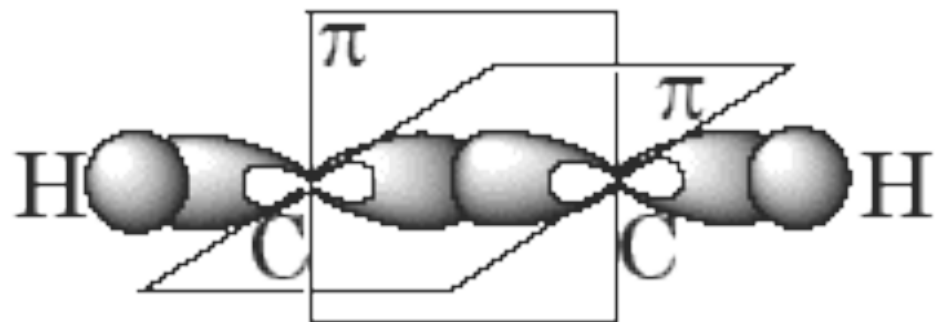
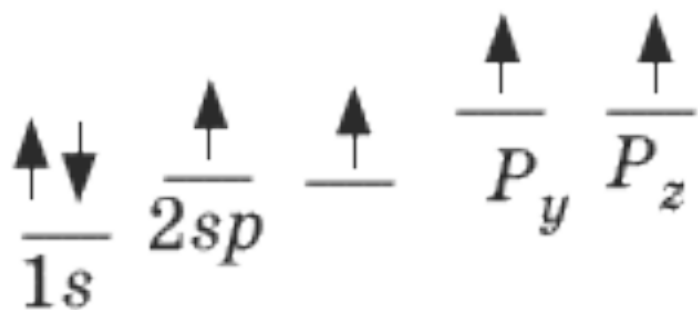


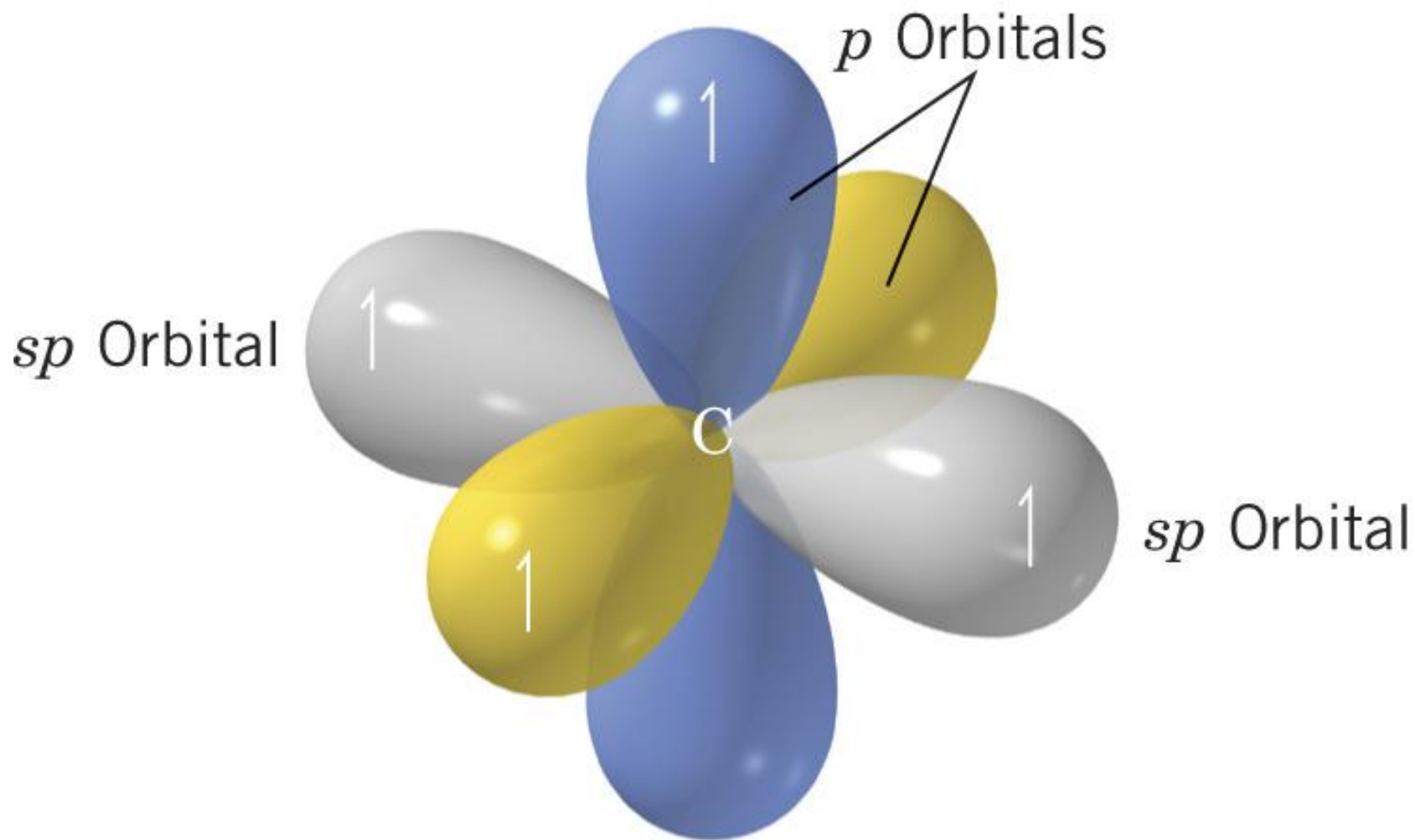


Гибридизация орбиталей —

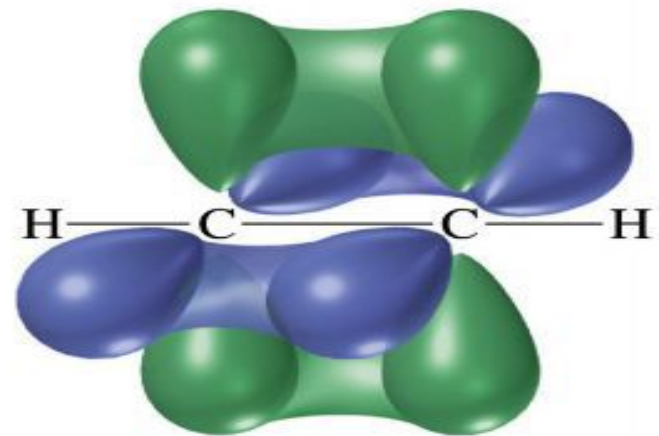
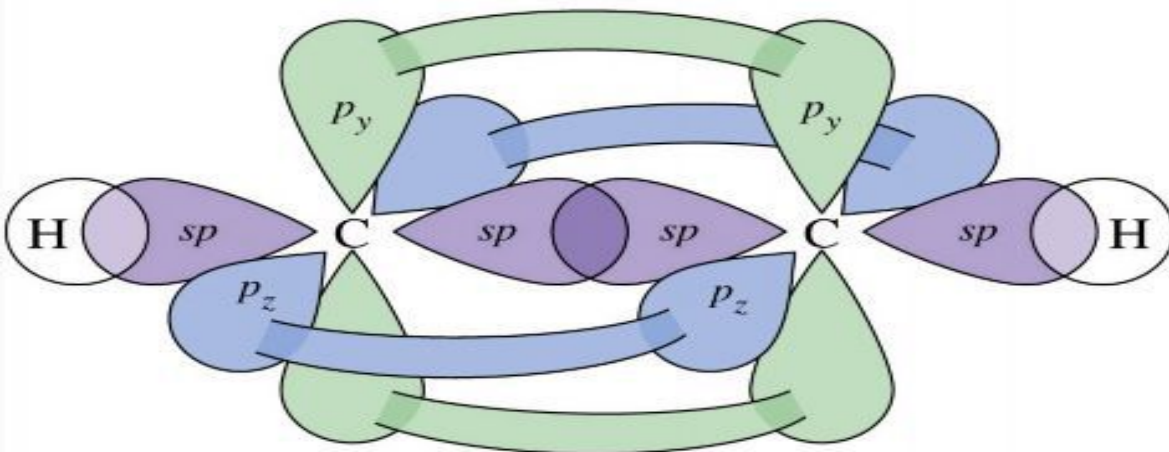
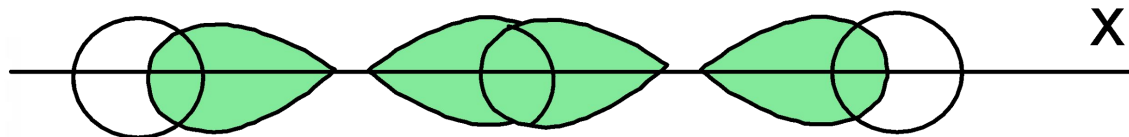
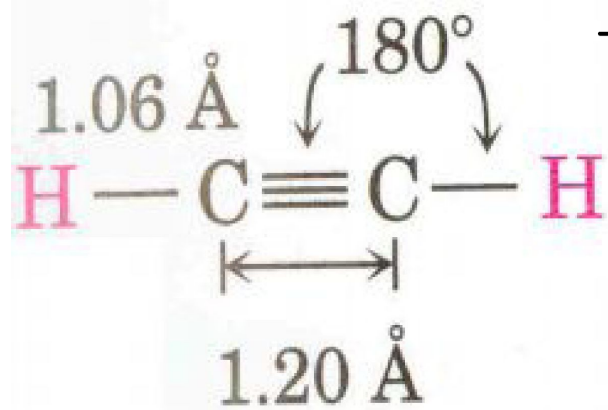
sp

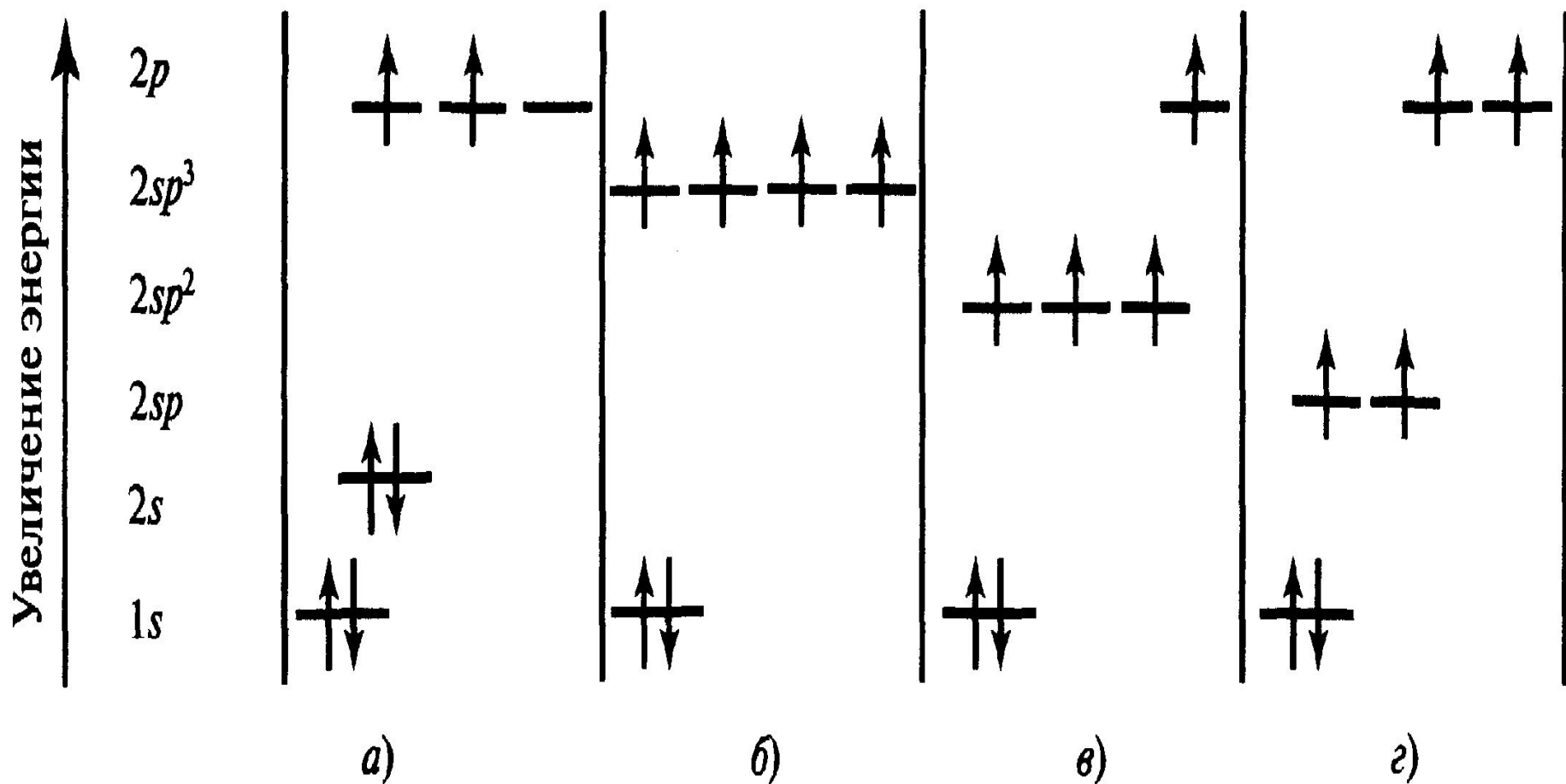






Молекула ацетилена



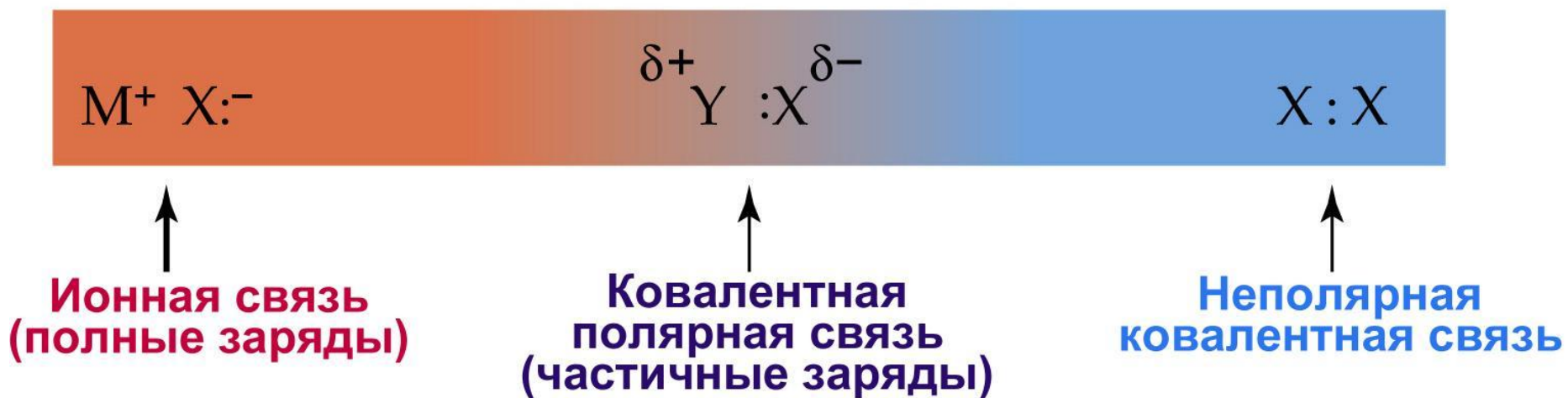


Распределение электронов по орбиталям у атома углерода
 в основном и гибризованных состояниях

Химическая связь в органических соединениях

Химическая связь – взаимодействие между 2 атомами, осуществляемое путем обмена электронами и приводящее к образованию молекул.

Типы химической связи



$$\Delta\chi = \chi_A - \chi_B$$

χ_A и χ_B - электроотрицательности атомов А и В

Основные типы химических связей

Ионная связь

$$\Delta\chi > 2$$

Ковалентные связи

$$\Delta\chi < 2$$

**Полярная
ковалентная
связь**

$$2 > \Delta\chi > 0.5$$

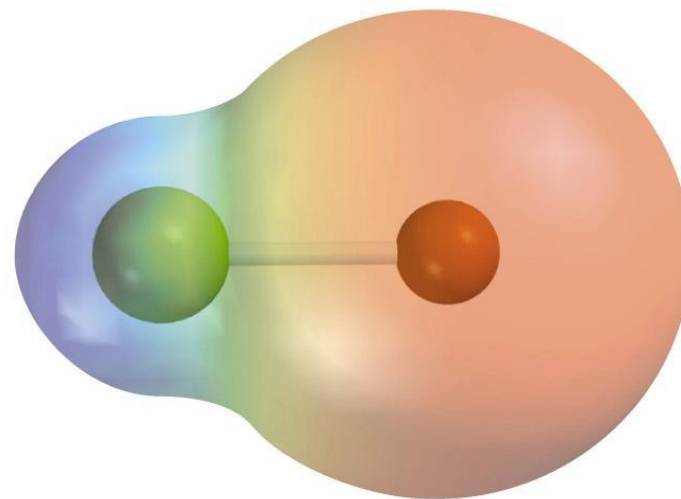
**Неполярная
ковалентная
связь**

$$0.4 > \Delta\chi = 0$$

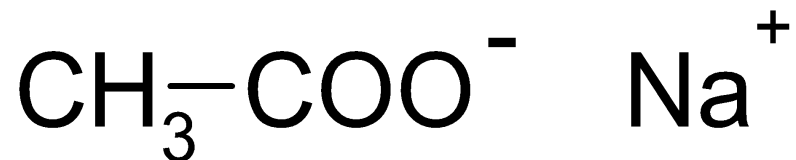
← Увеличение различий в электроотрицательности ($\Delta\chi$)
связанных атомов



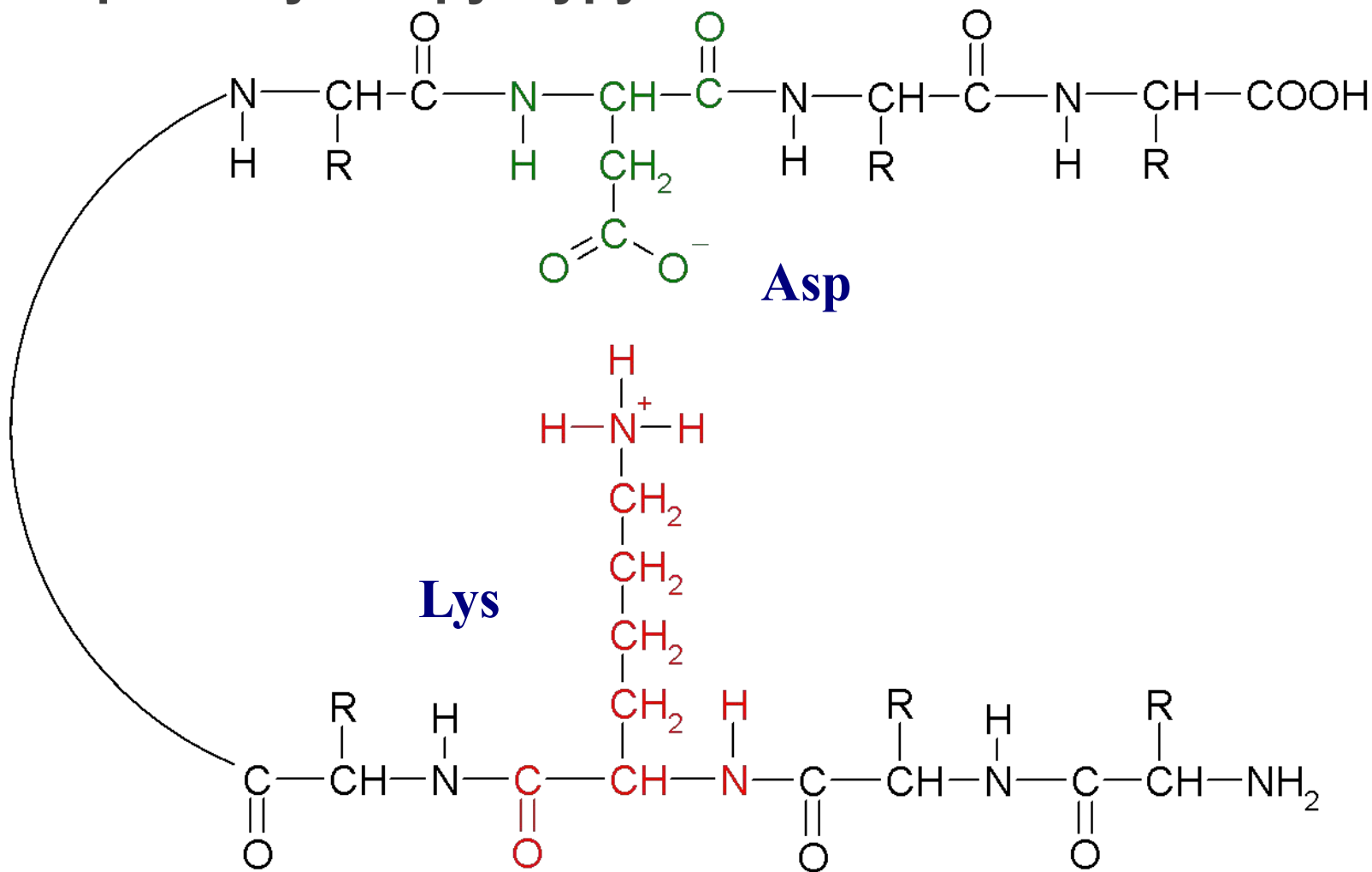
Ионная связь



молекулярная орбиталь полностью смещена от одного атома (превращающегося в катион) к другому (превращающемуся в анион).

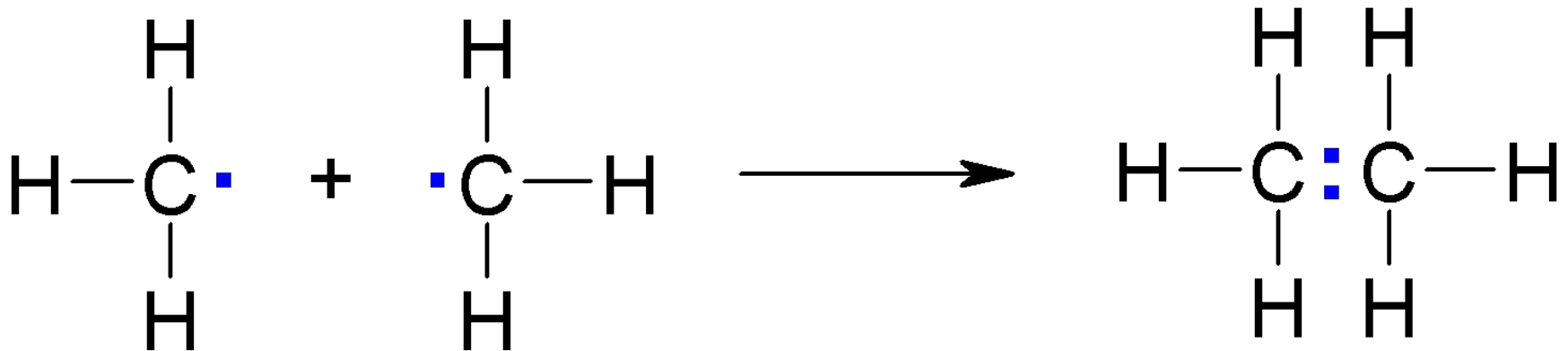
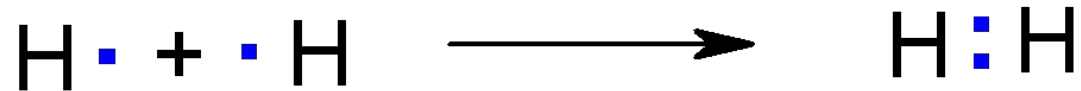


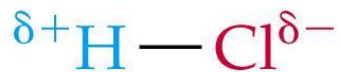
* В белках ионные связи могут завязываться между остатками моноаминодикарбоновых и диаминомонокрбоновых кислот, стабилизируя третичную структуру белка:



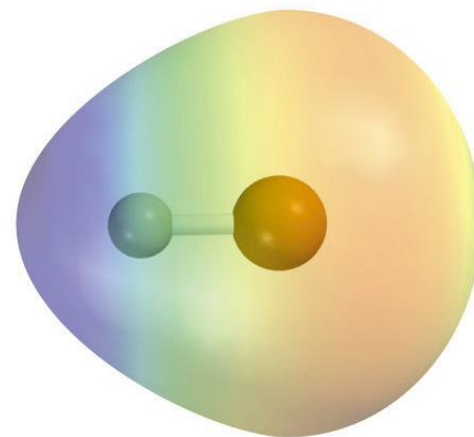
Ковалентная связь

образуется путём *обобществления* пары электронов двух связываемых атомов.

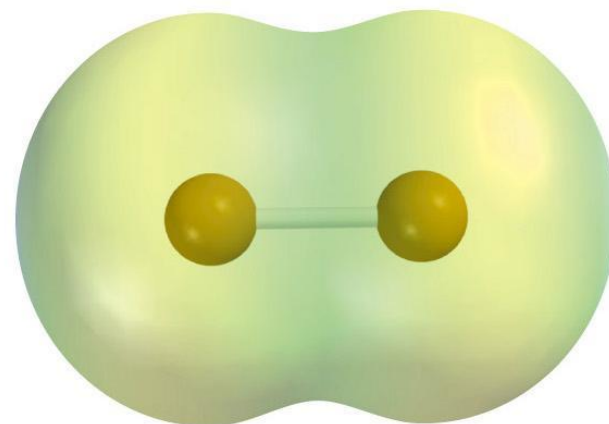


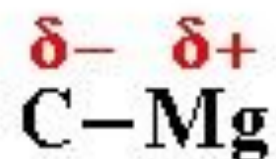
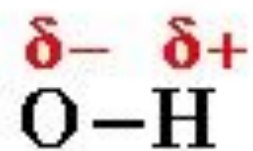
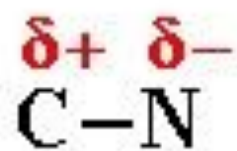
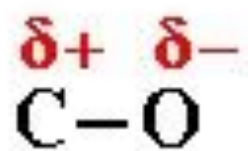
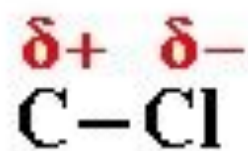


Ковалентная полярная связь
Пара электронов смещена
в сторону атома хлора



Ковалентная неполярная связь





Химические связи атома углерода

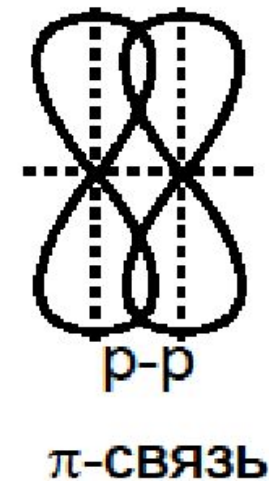
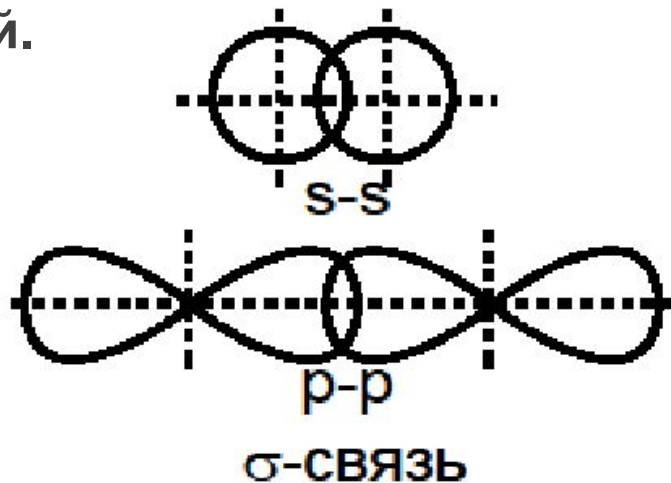
σ - и π -СВЯЗИ

□ σ -СВЯЗЬ —

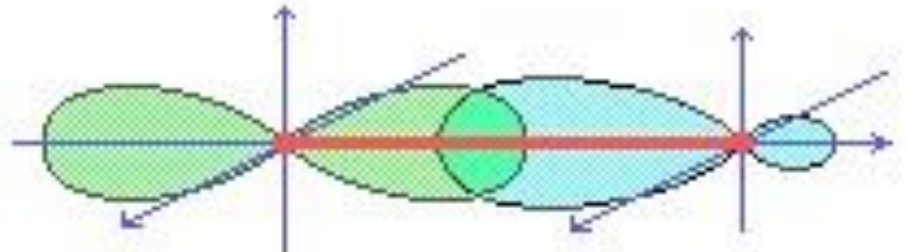
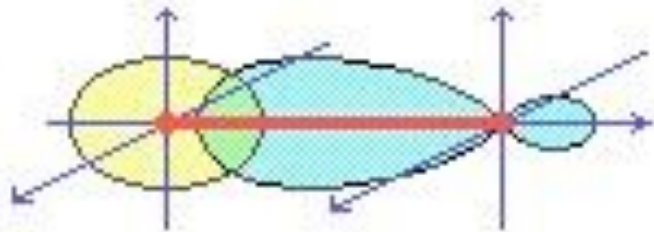
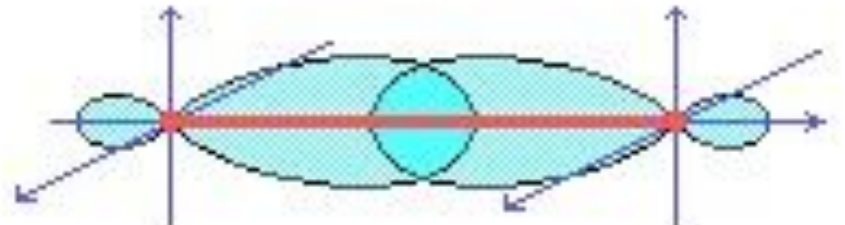
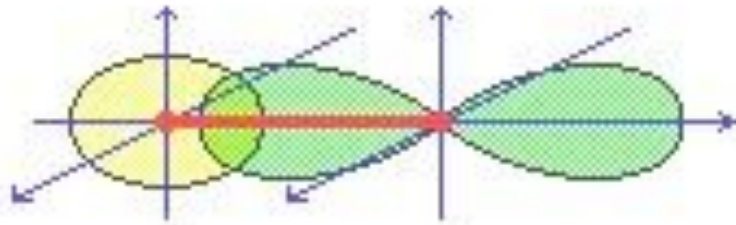
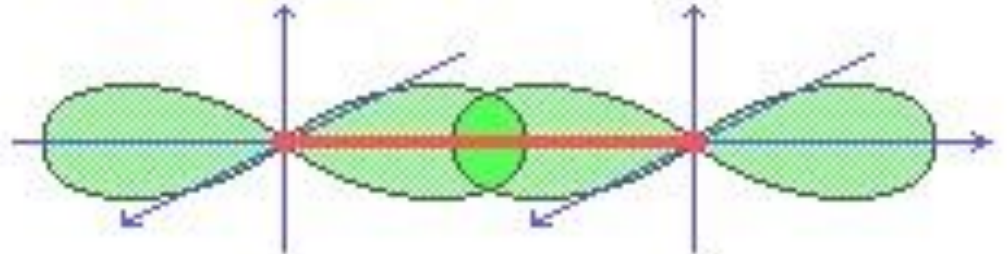
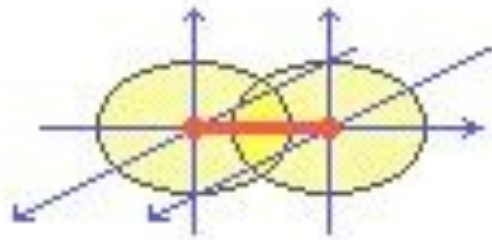
ковалентная связь, образованная при «лобовом» или «осевом» перекрывании АО вдоль оси, соединяющей ядра атомов

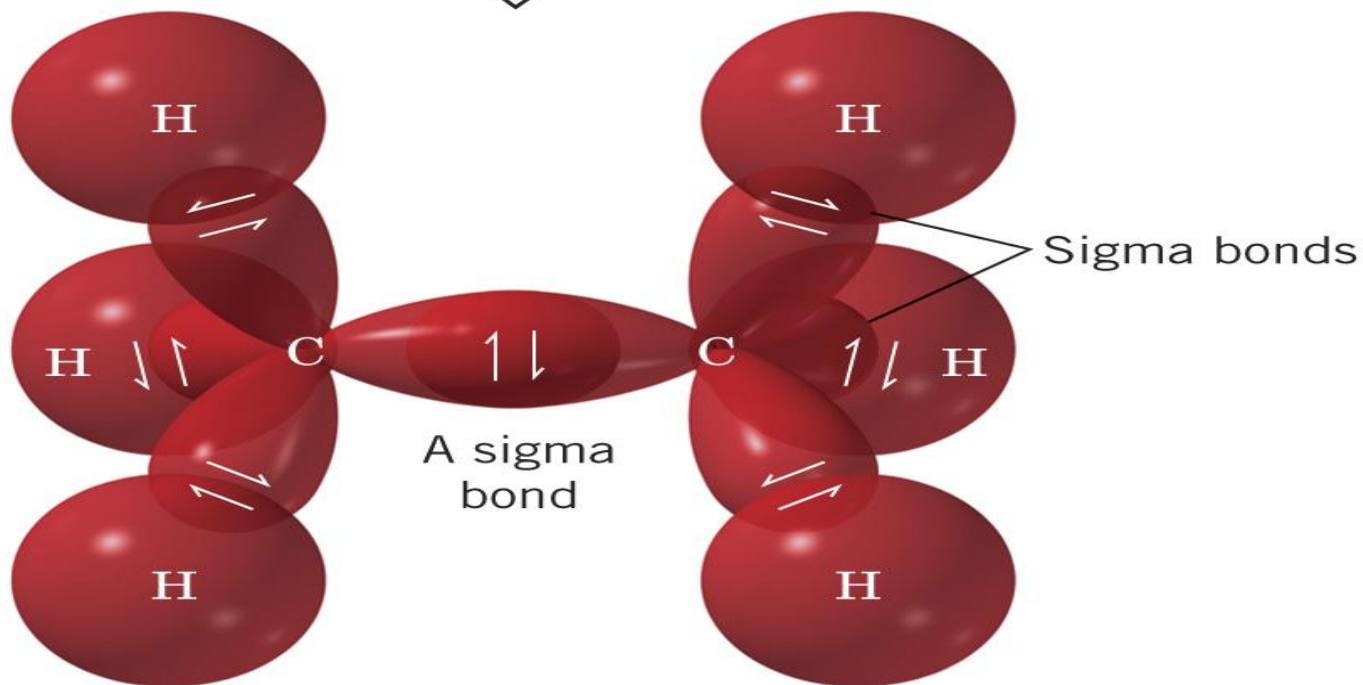
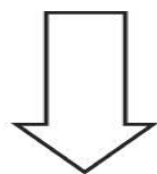
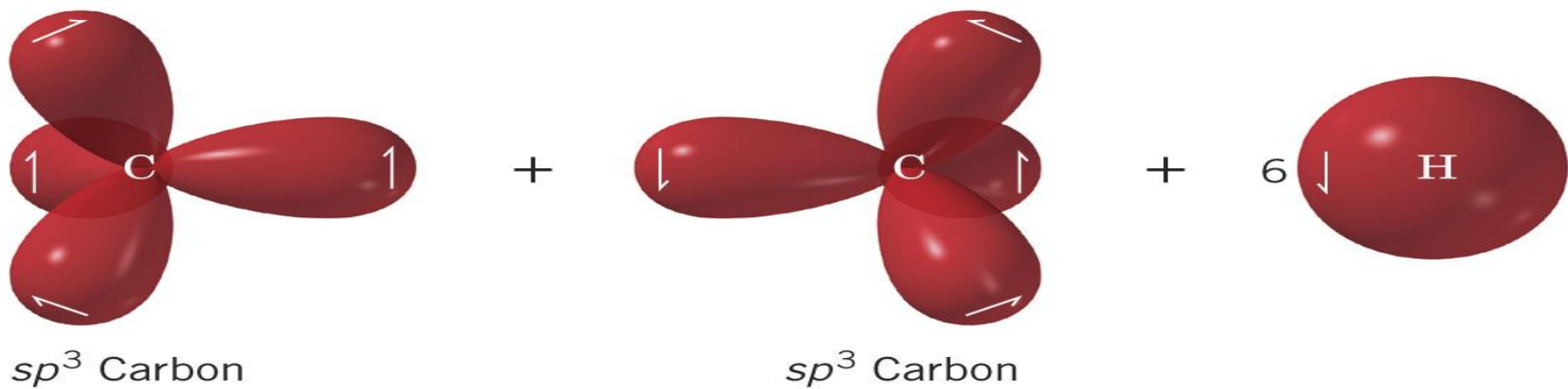
□ π -СВЯЗЬ —

ковалентная связь, возникающая при «боковом» перекрывании негибридных p -орбиталей.



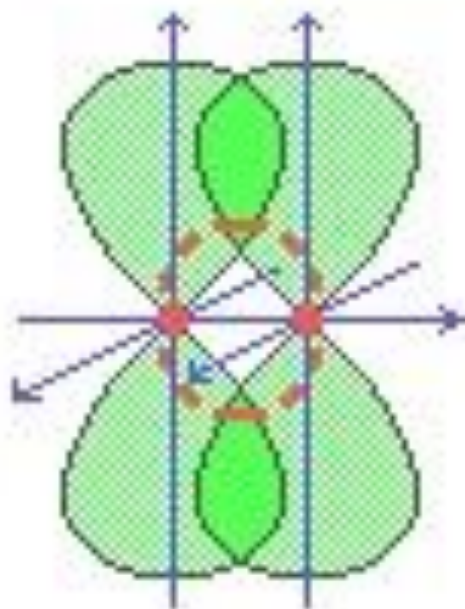
б - с в я з и



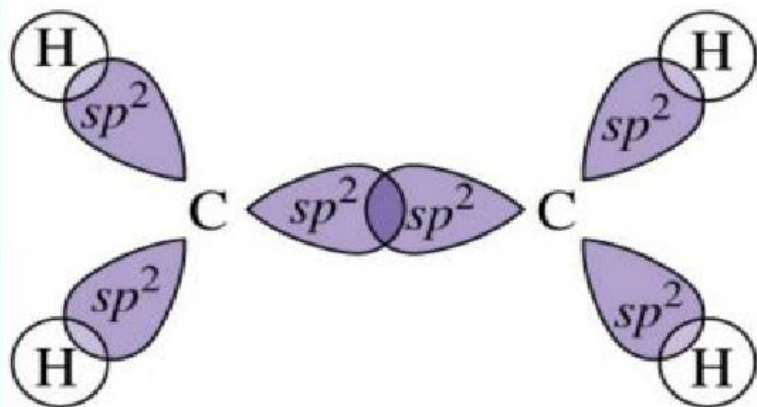


Молекула этана

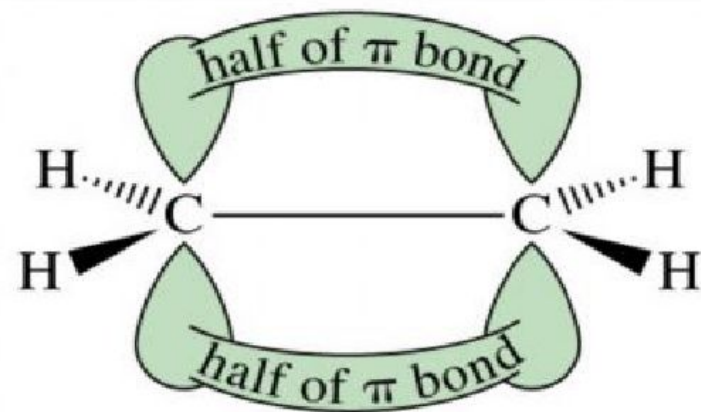
π - СВЯЗЬ



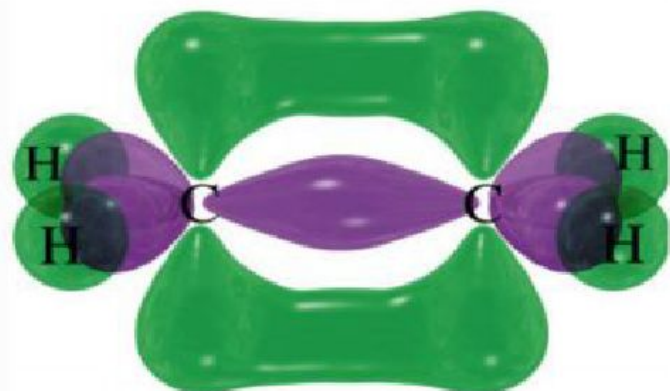
Молекула этилена



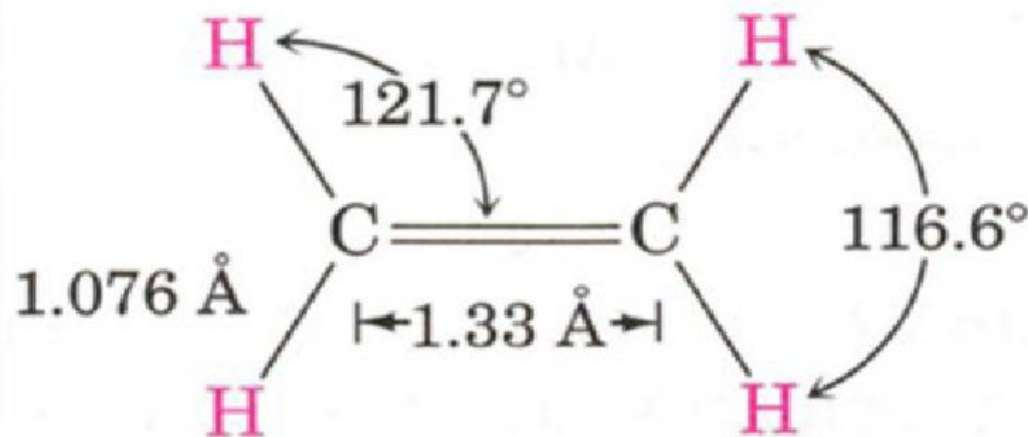
σ -скелет

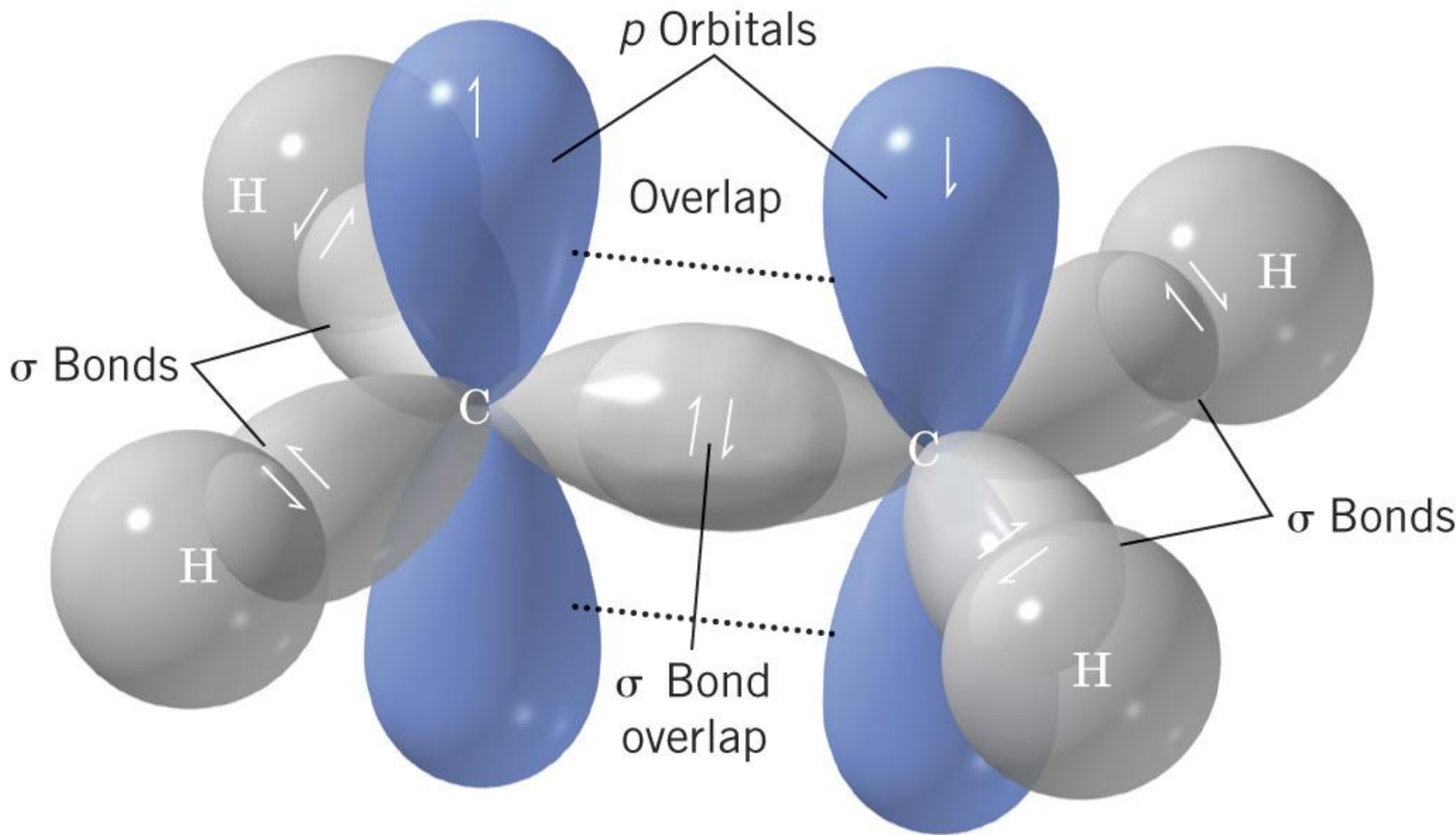


π -связь



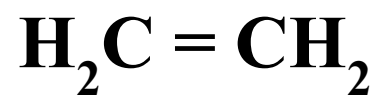
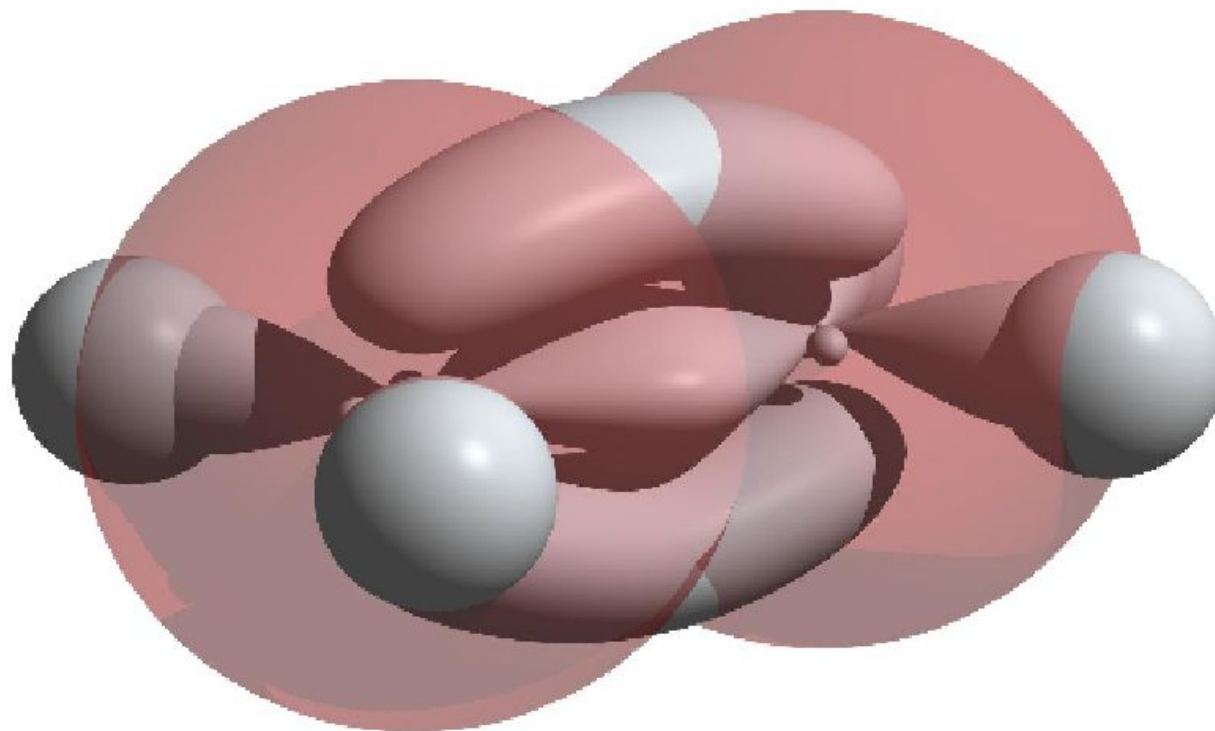
Этилен C₂H₄



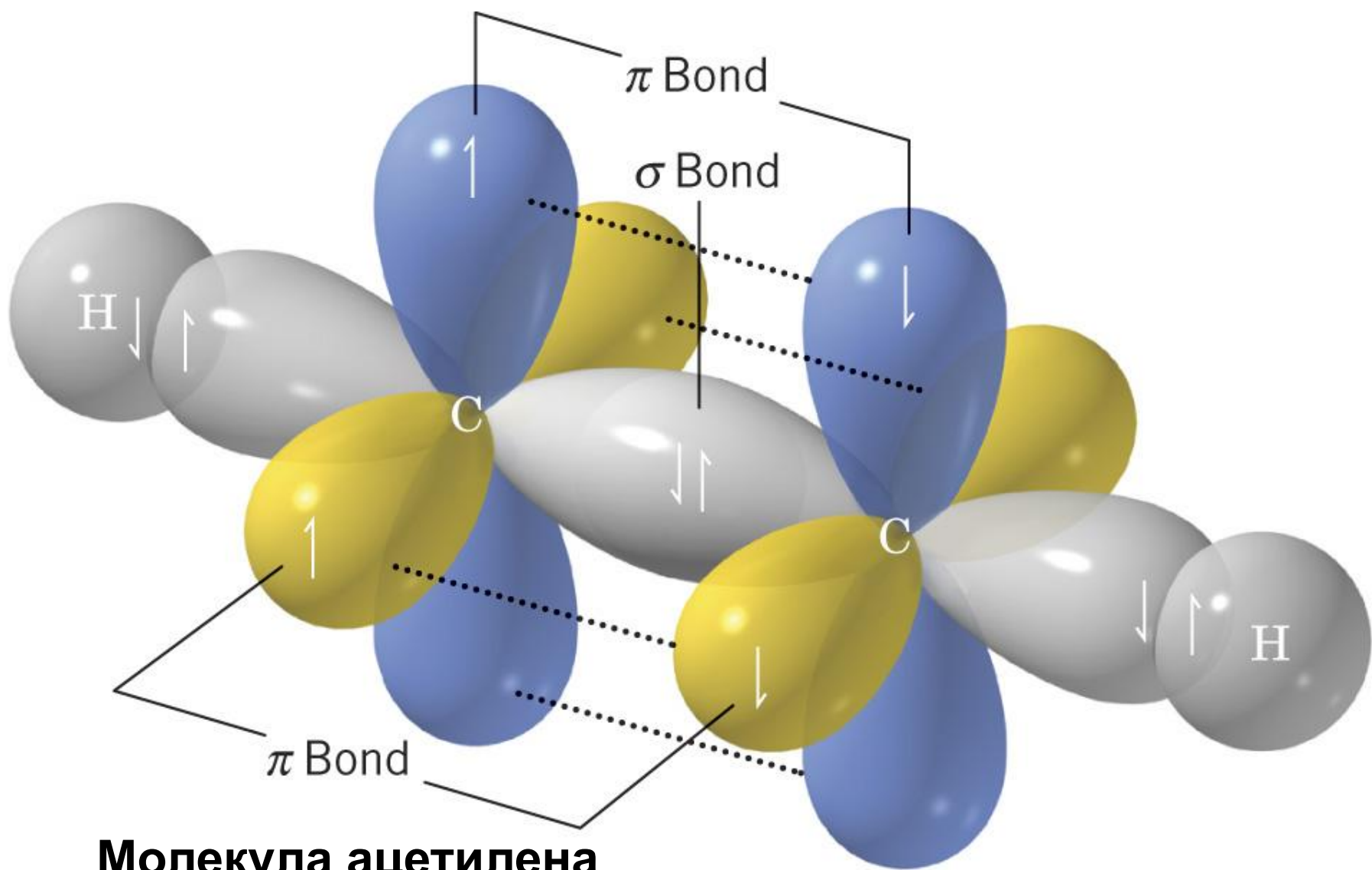


Молекула этилена

Двойная связь —

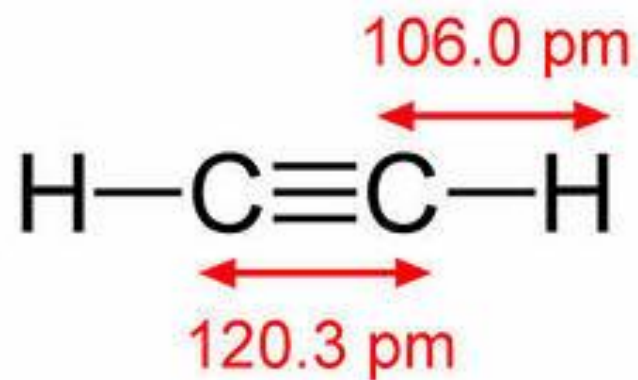
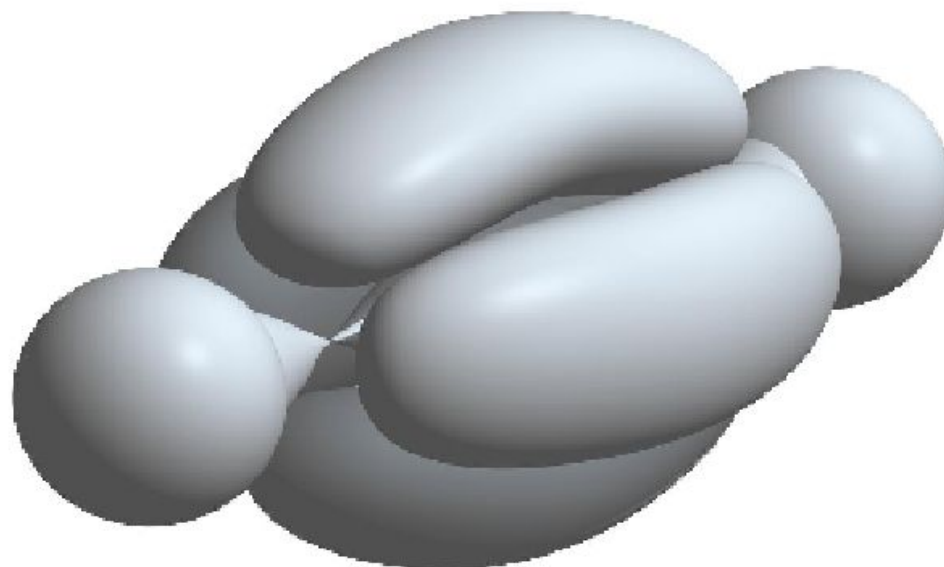


Кратные связи



Молекула ацетилена

Тройная связь —



Характеристики ковалентных связей

I. Энергия связи

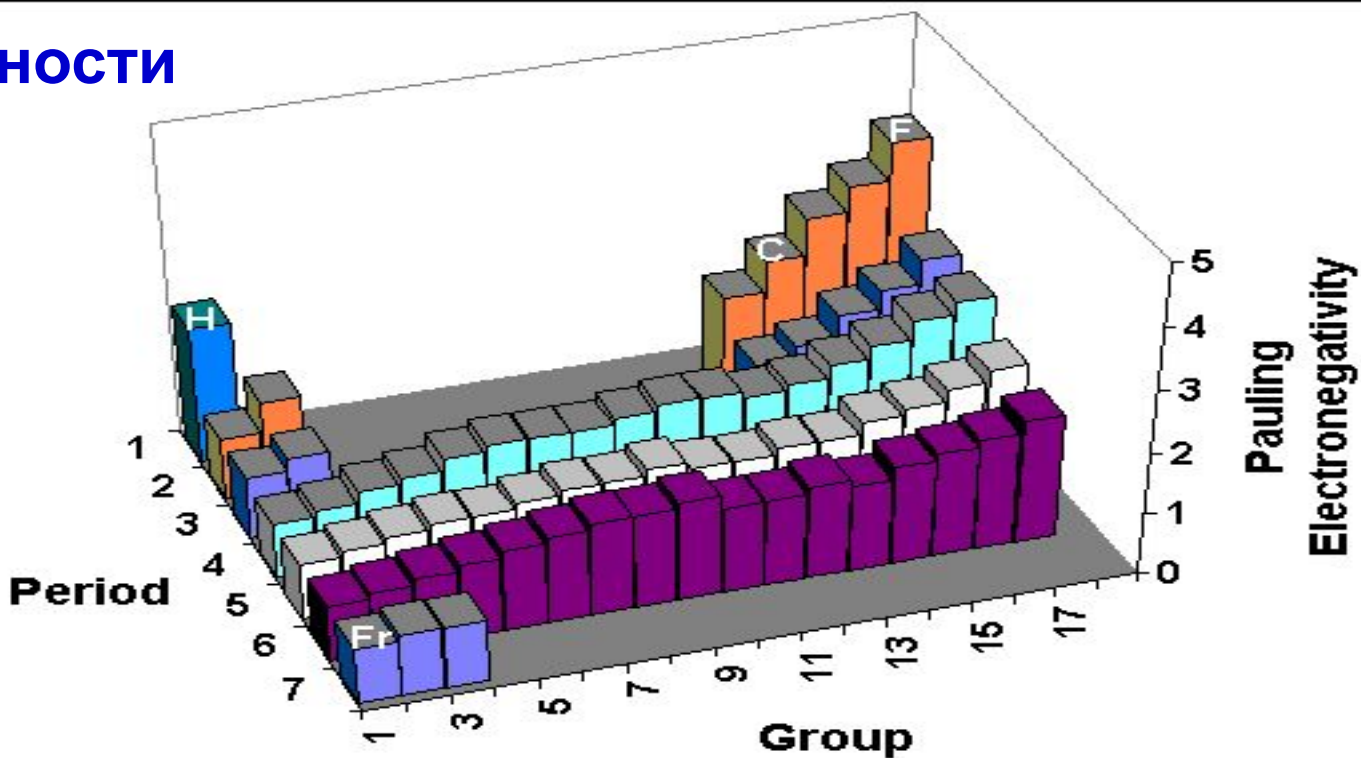
II. Длина связи

III. Полярность

IV. Поляризуемость

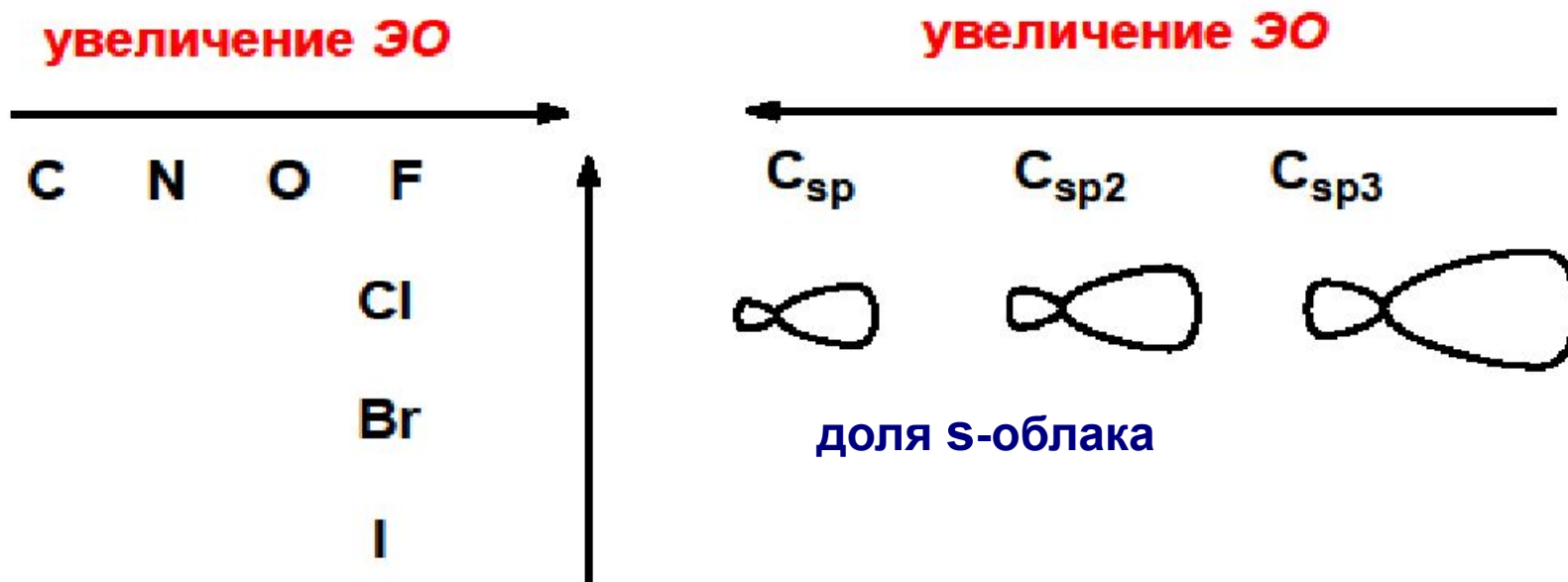
	<i>I.</i>	<i>II.</i>
связь	Энергия кДж/моль*	связи, Длина связи, нм**
C—C	346	0,154
C=C	606	0,134
C≡C	828	0,120

III. Полярность связи - неравномерное распределение (поляризация) электронной плотности



Сила притягивания и удерживания электронного облака ядром атома характеризуется как **электроотрицательность**

Электроотрицательность

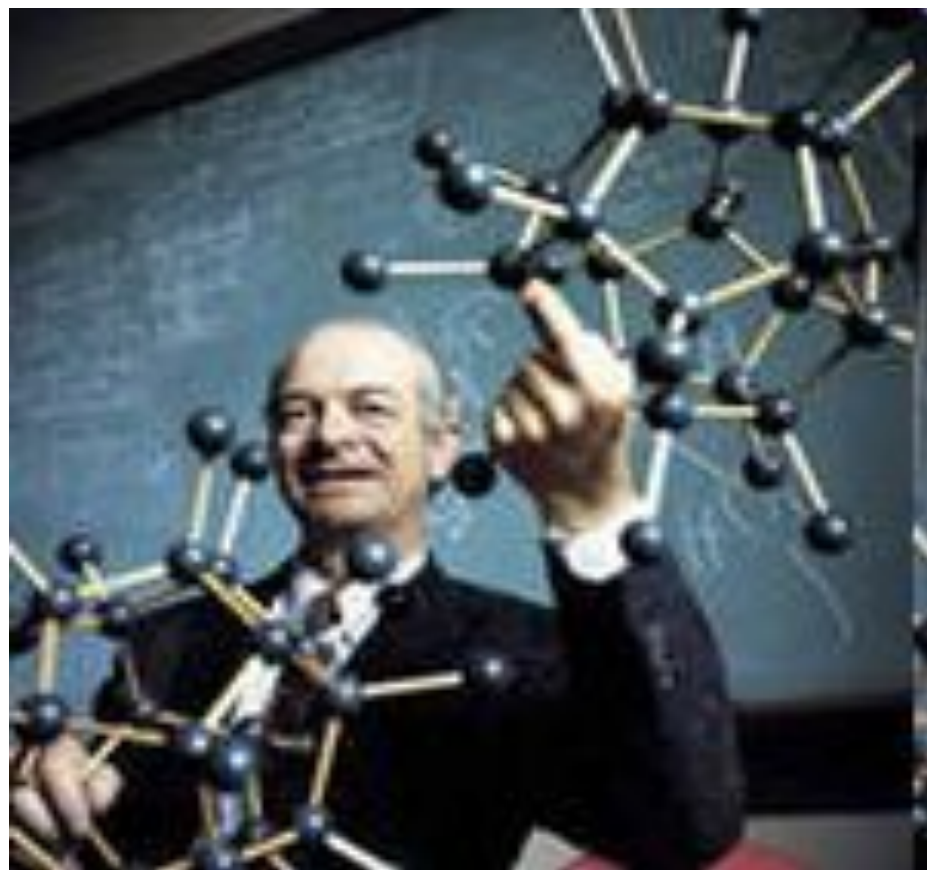
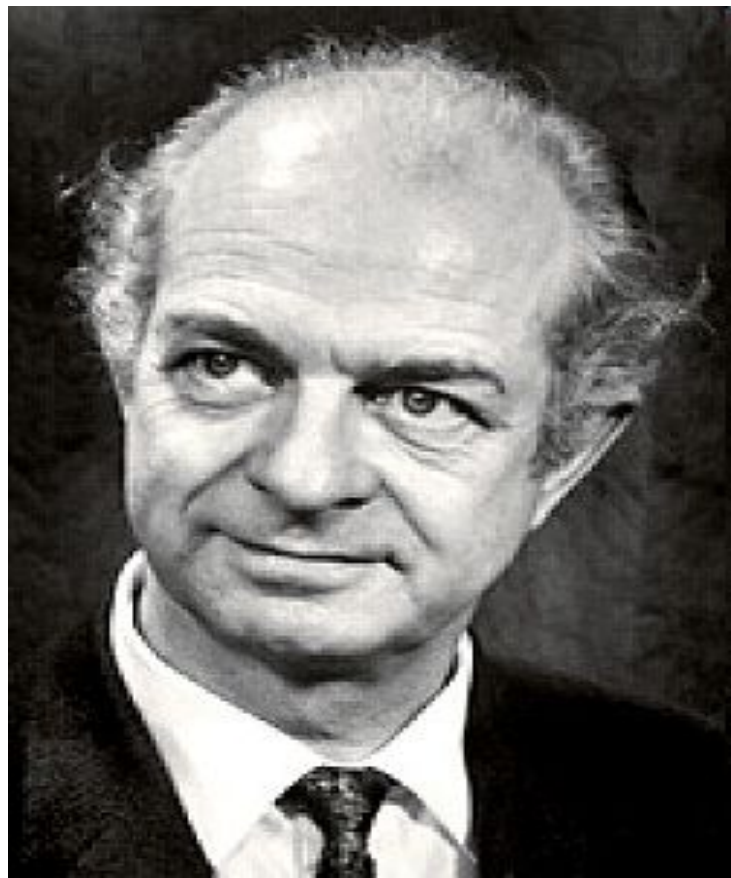


- ЭО уменьшается по мере удаления внешнего электронного слоя от ядра (F, Cl, Br, J; O, S), а также по мере уменьшения числа электронов на внешнем уровне при неизменности размеров атома (F, O, N, C; Cl, S).

Шкала электроотрицательности по Полингу:

F > O > Cl, N > Br > J > C, S > H
4,0 3,5 3,0 2,8 2,6 2,5 2,2

Лайнус Карл Полинг (1901—1992) — профессор Станфордского университета, один из крупнейших специалистов в области теории химического строения. Ряд его работ посвящен изучению причин болезней на молекулярном уровне. Лауреат Нобелевской премии в области химии (1954) и Нобелевской премии мира (1962).

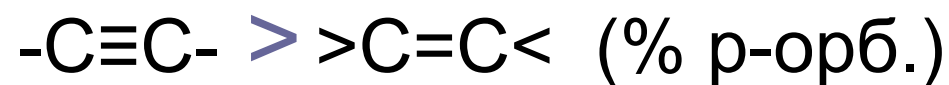
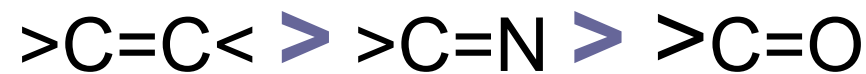


IV. Поляризуемость

Ковалентная связь обладает **поляризуемостью** — способностью смещать электроны связи под влиянием внешнего электрического поля.

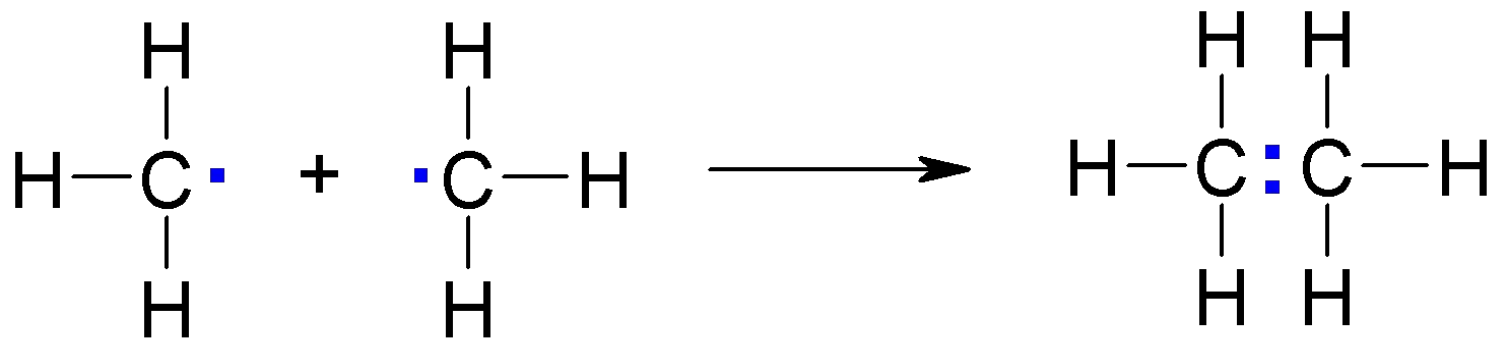
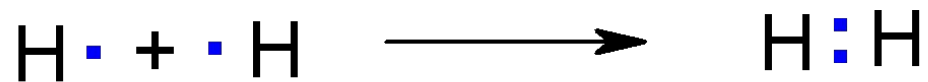
(Определяется подвижностью электронов. Электроны тем подвижнее, чем дальше находятся от ядер).

π -связи поляризуются гораздо легче, чем σ -связи



Классификация ковалентных связей по способу образования

Обменный механизм. В образовании связи участвуют одноэлектронные атомные орбитали. Каждый атом предоставляет 1 электрон для образования общей пары:



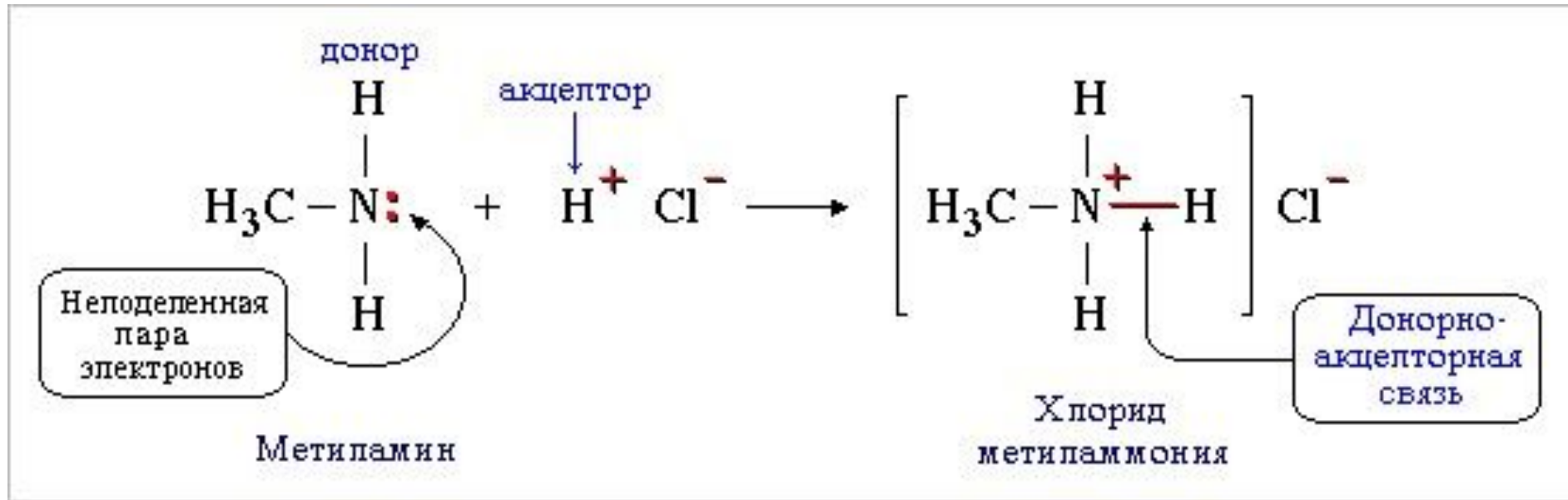
Связь между атомами А и В образуется с помощью общей пары электронов.



Обменный механизм

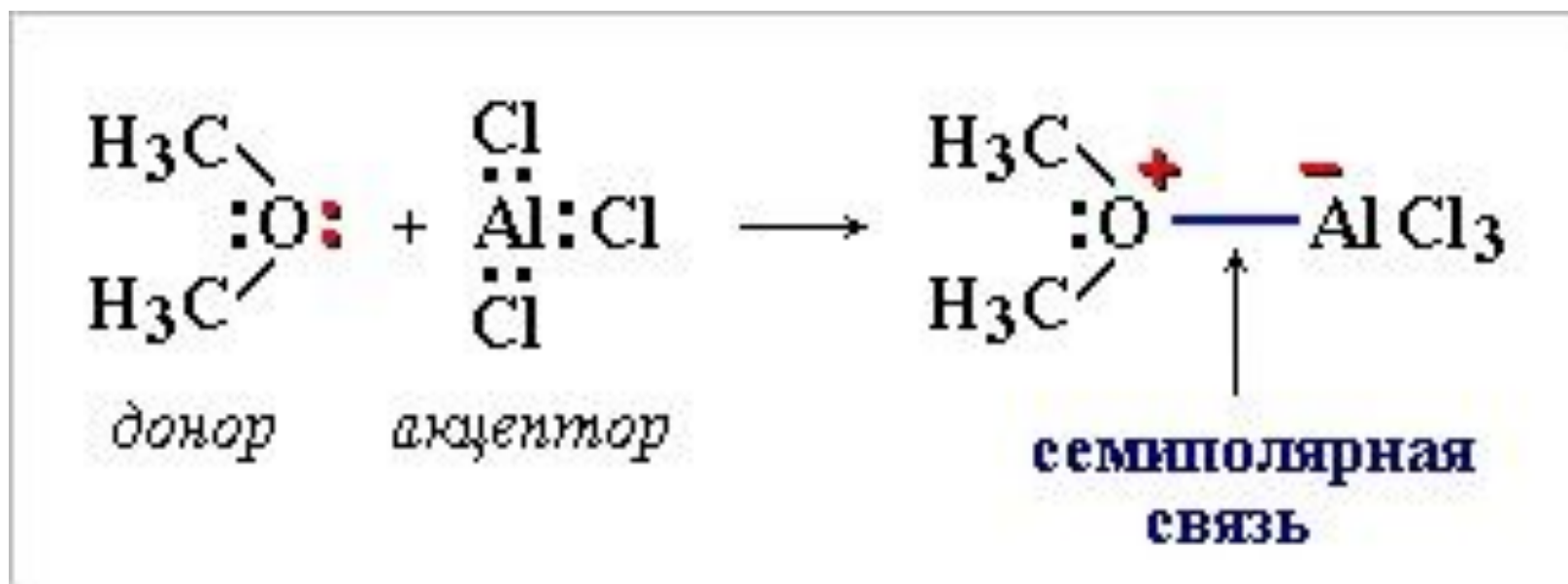
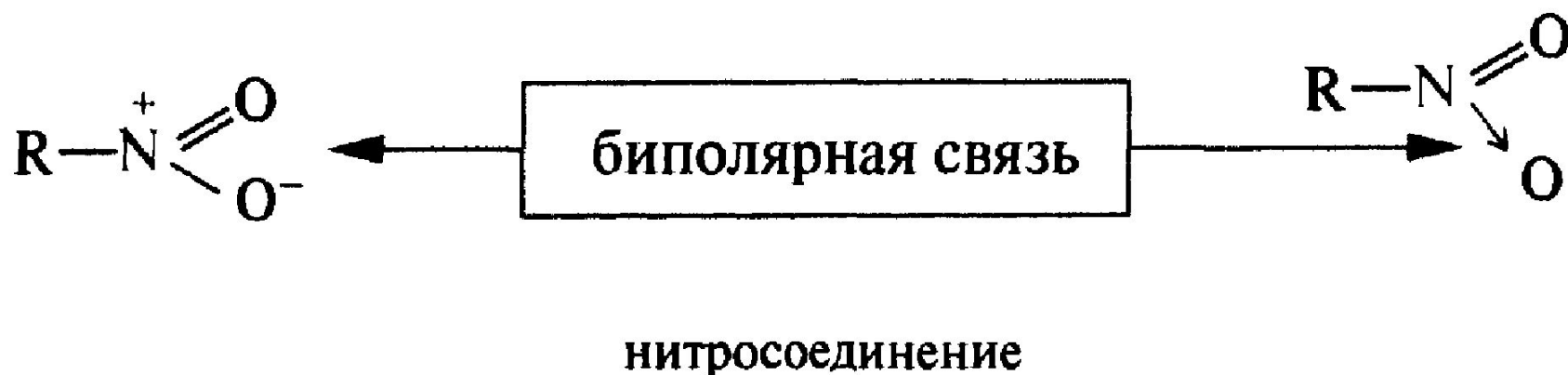


Донорно-акцепторная связь



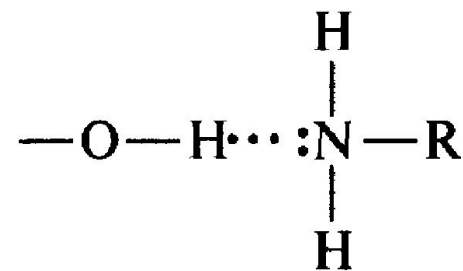
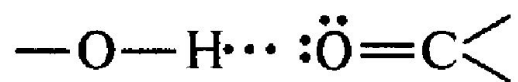
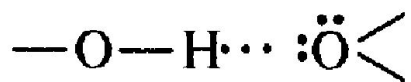
Донорно-акцепторная связь-ковалентная связь, образующаяся за счет пары электронов одного из партнеров по связи.

Семиполярная ковалентная связь



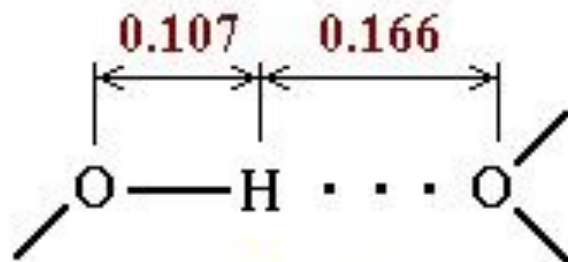
Водородная связь – притяжение

протонизированного атома водорода, присоединённого к атому электроотрицательного элемента, к любому другому атому, несущему отрицательный заряд или неподелённую электронную пару:



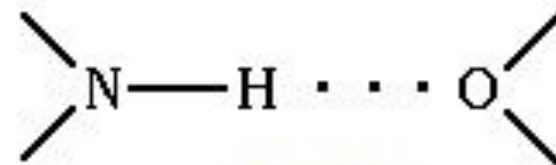
Водородная связь

Длина связи, нм:



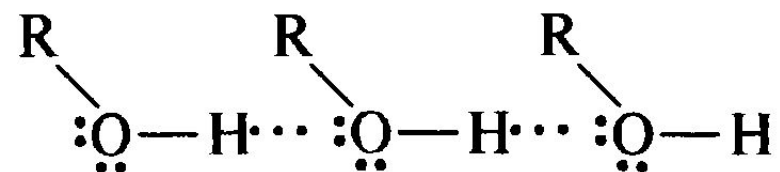
Энергия связи:

25 кДж/моль

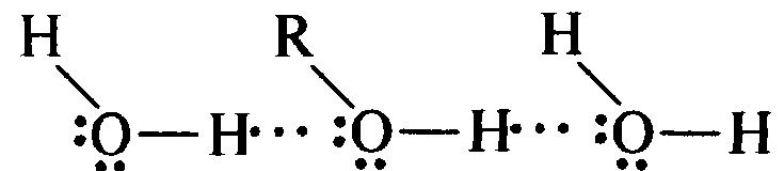


10 кДж/моль

Межмолекулярная водородная связь

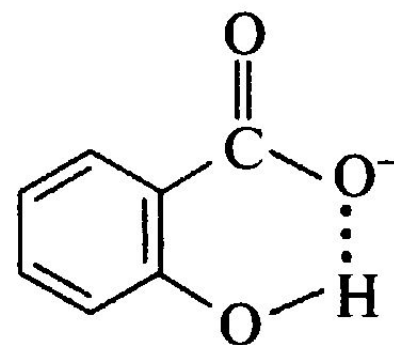


ассоциация молекул спирта



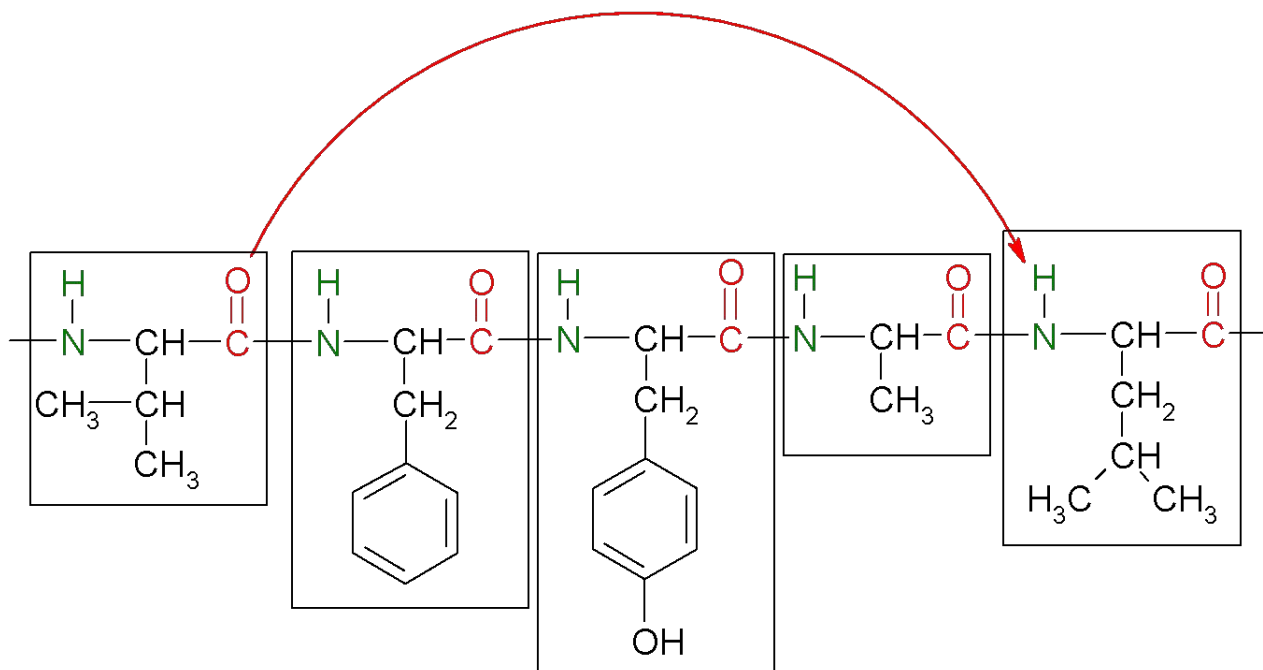
гидратация молекул спирта

Внутримолекулярная водородная связь

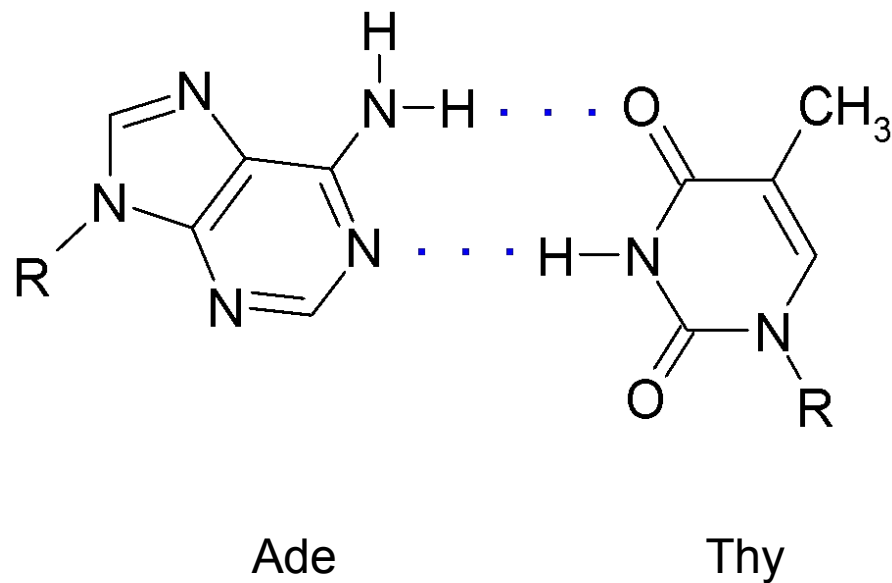
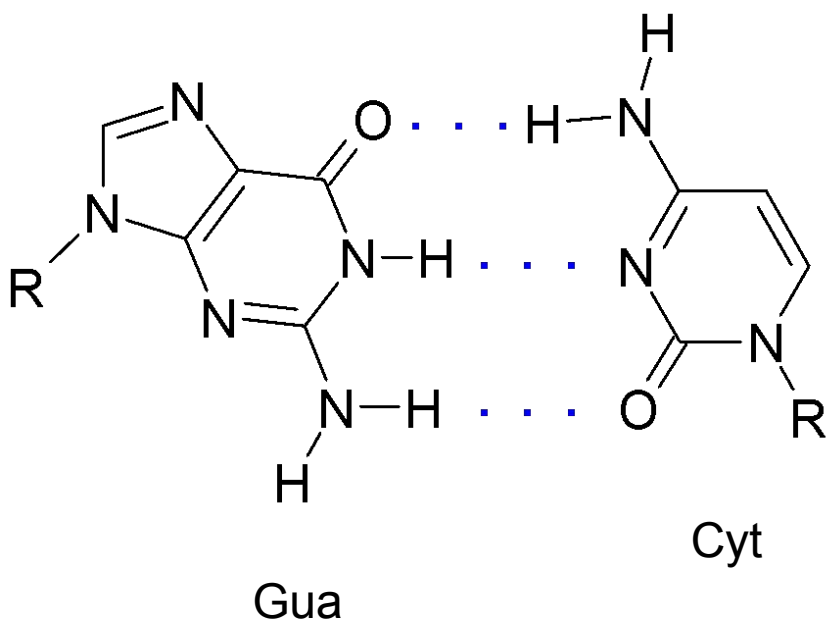


салицилат-ион

* В –**α- форме** белков каждый первый и пятый остатки аминокислот образуют между собой водородные связи, формируя спираль:



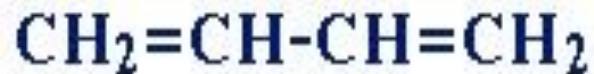
Водородные связи между комплементарными основаниями в двойной спирали ДНК: между **аденином и тиминном** образуются две водородные связи, а между **гуанином и цитозином** завязываются три связи:



Ковалентная связь

- Локализованной, двухцентровой, называется двойная связь, в которой электронная плотность π -связи охватывает только два ядра связываемых атомов.
- **Делокализованная** π -связь охватывает более двух атомов.

Сопряженная система



делокализованные π -связи

Несопряженная система



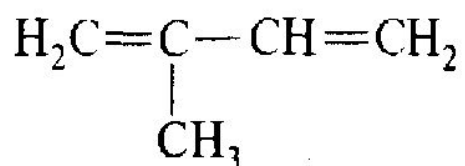
локализованные π -связи

Делокализованная связь — это ковалентная связь, молекулярная орбиталь которой охватывает более двух атомов.

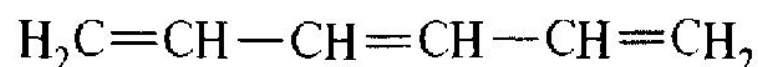
π,π-Сопряженные системы



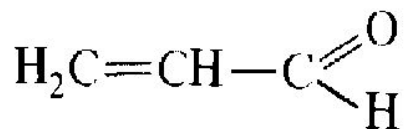
бутадиен-1,3



изопрен



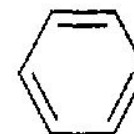
гексатриен-1,3,5



акролеин



акрилонитрил



бензол

СИСТЕМЫ С
ОТКРЫТОЙ ЦЕПЬЮ
СОПРЯЖЕНИЯ



СИСТЕМЫ С
ЗАМКНУТОЙ ЦЕПЬЮ
СОПРЯЖЕНИЯ

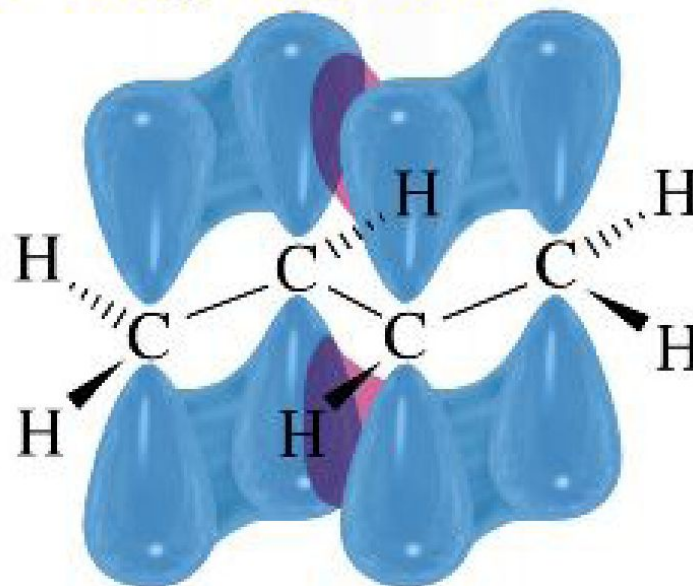
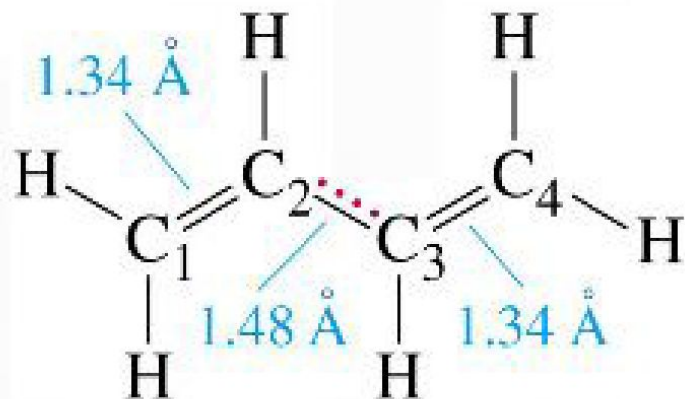


СОПРЯЖЁННЫЕ СИСТЕМЫ С ОТКРЫТОЙ ЦЕПЬЮ

π-π-

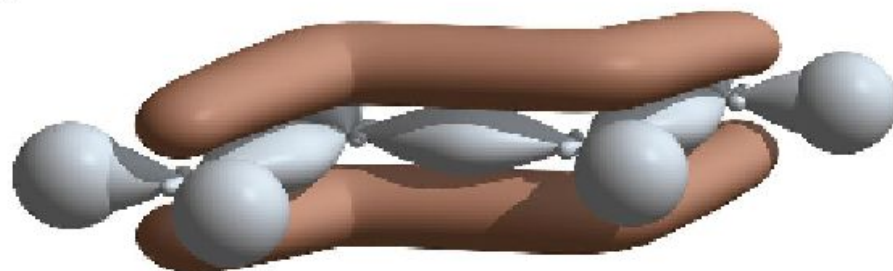
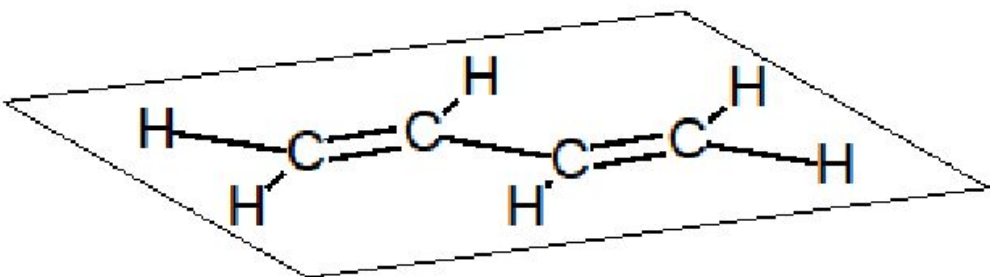
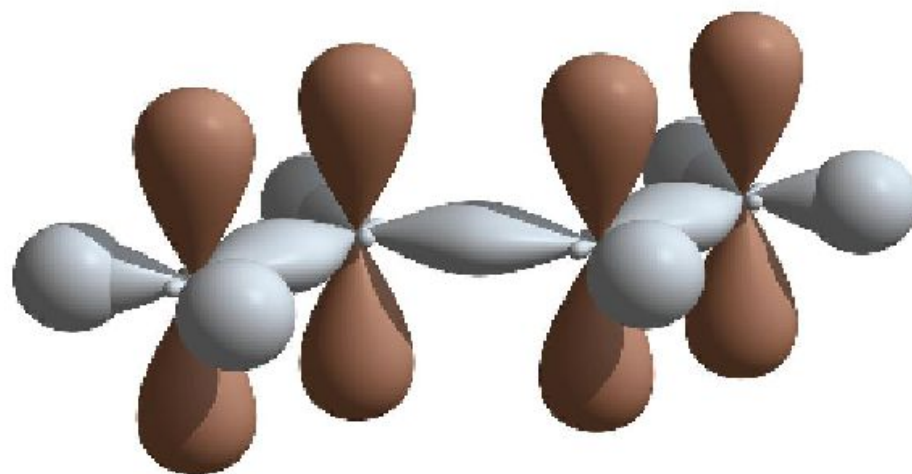
сопряжение
в системах с углеродной цепью

Сопряженные связи в бутадиене



Сопряжение –

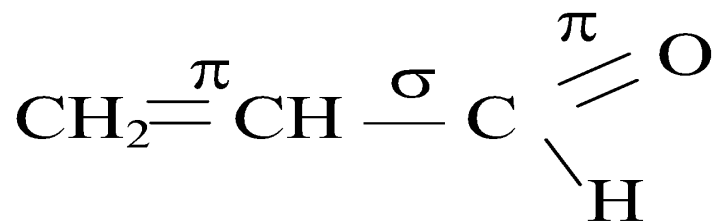
π-π- сопряжение



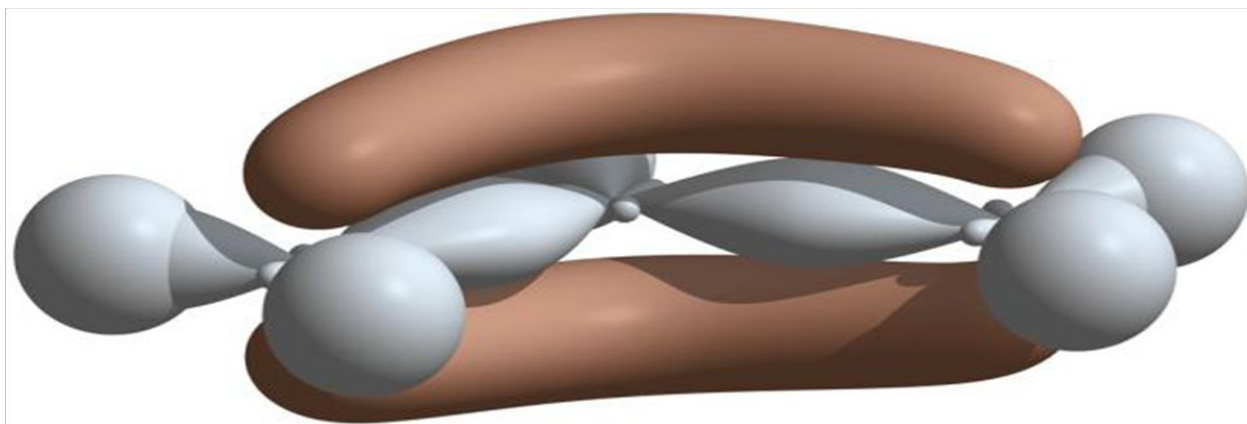
π-π-

сопряжение

с гетероатомом в цепи I



пропеналь



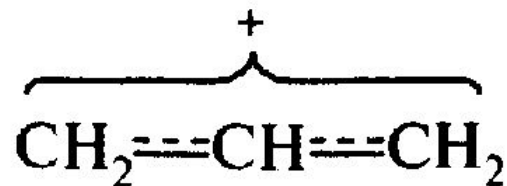
р-π

В *р,π*-сопряженных системах с углеродной цепью

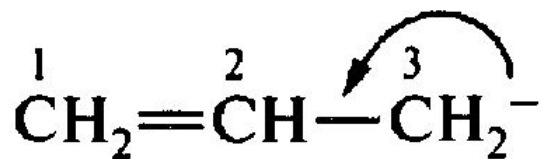


a)

аллил-катион

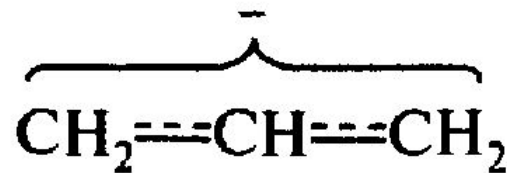


б)

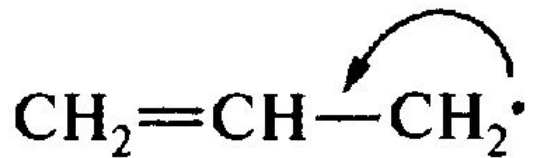


a)

аллил-анион

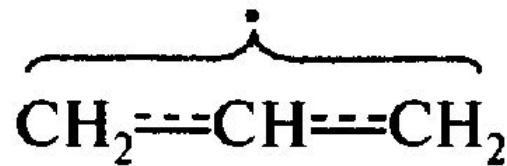


б)



a)

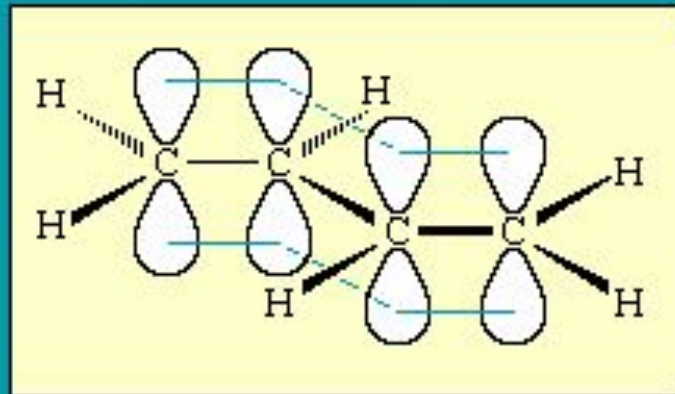
аллильный свободный радикал



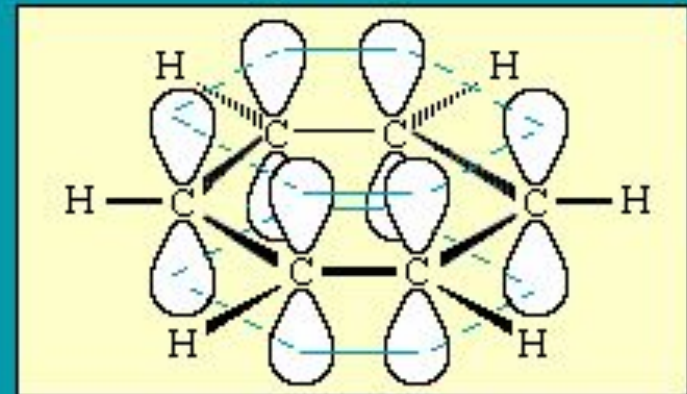
б)

Атомно-орбитальные модели

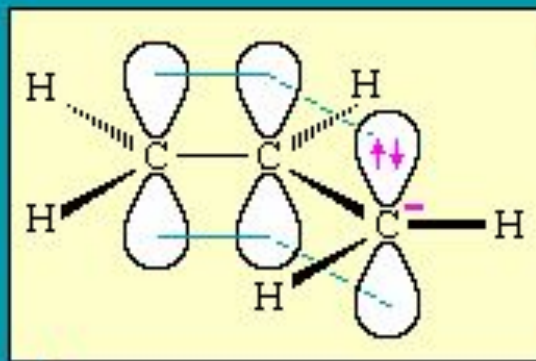
молекул, ионов, радикалов с делокализованными связями



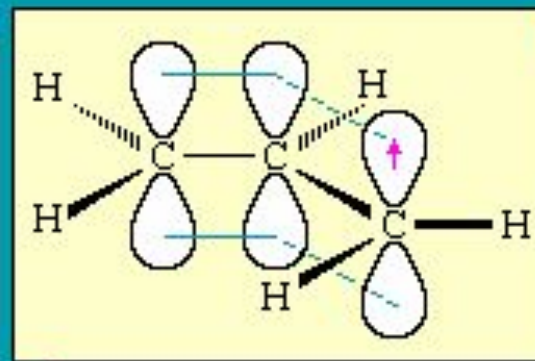
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
бутадиен-1,3



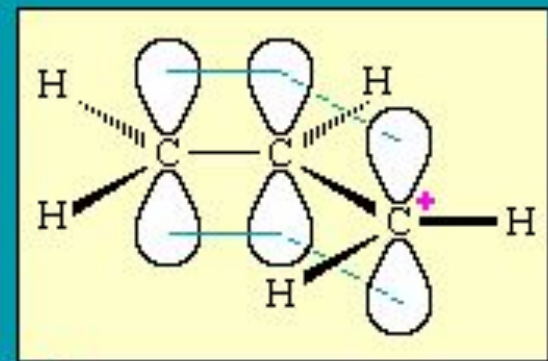
C_6H_6
бензол



$\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\ominus}{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-анион

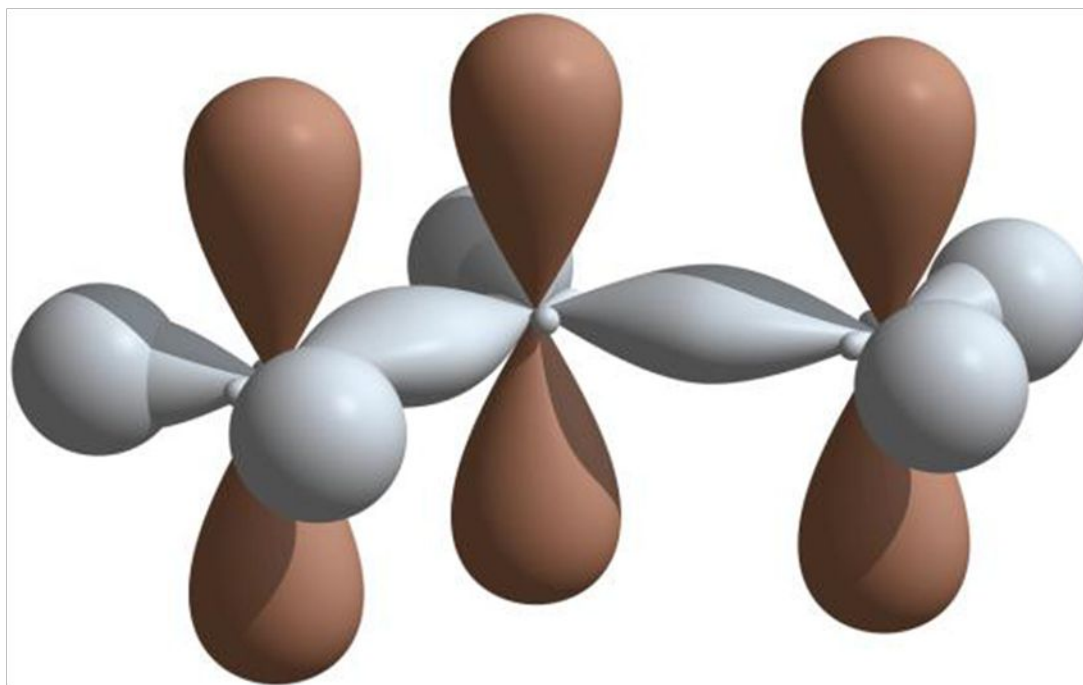


$\text{CH}_2=\text{CH}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-радикал



$\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2$
аллил-катион

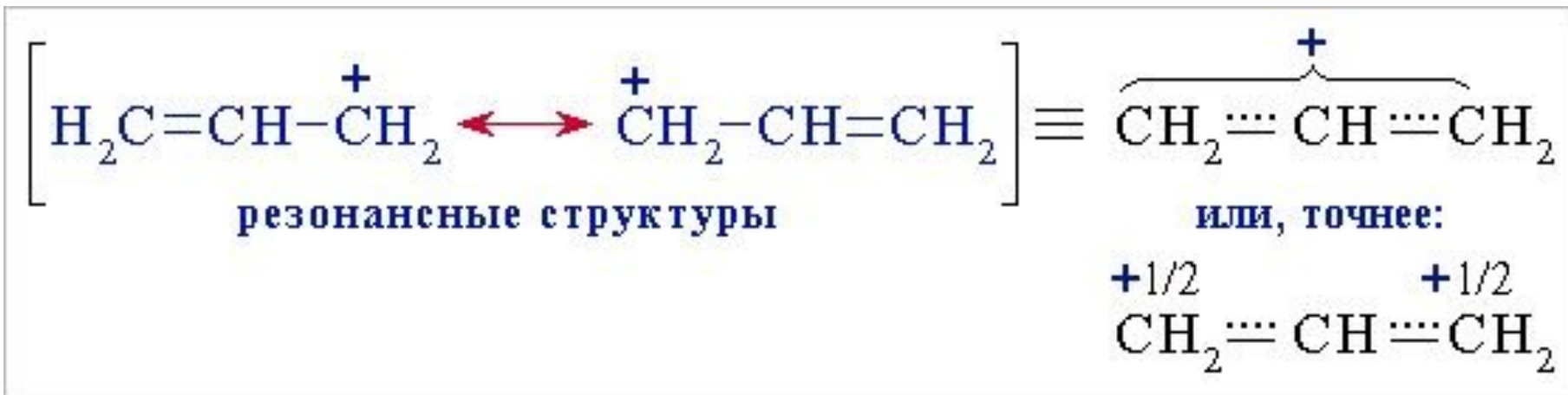
Сопряжение в аллильном радикале



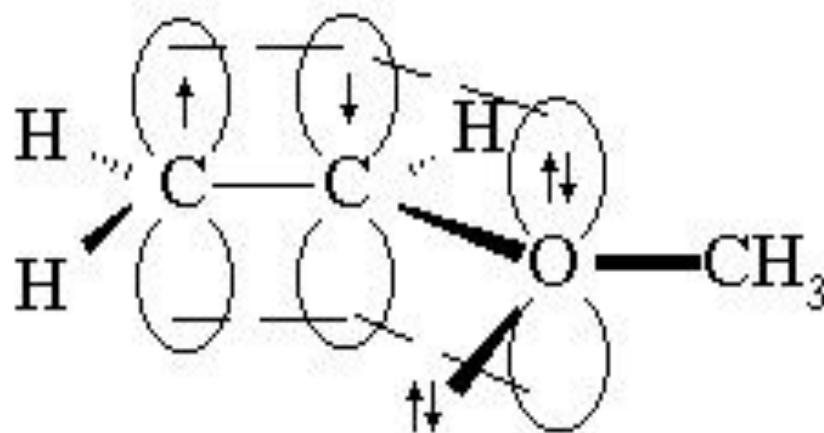
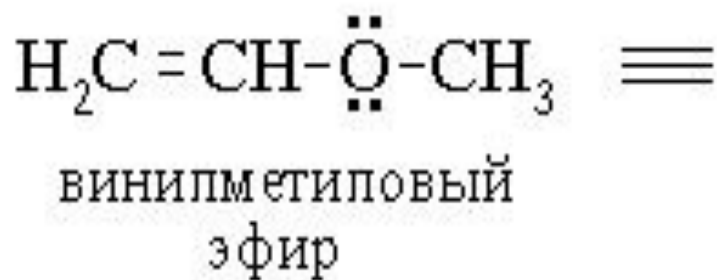
Сопряжение (мезомерия, от греч. *mesos* — средний) — это выравнивание связей и зарядов в реальной молекуле (частице) по сравнению с идеальной, но несуществующей (резонансной) структурой.

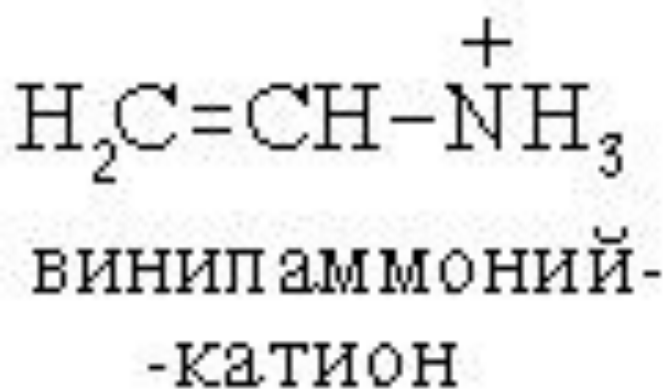
Теория

резонанса.
Распределение электронов в молекулах (в том числе сложных ионах или радикалах), является комбинацией (резонансом) канонических структур

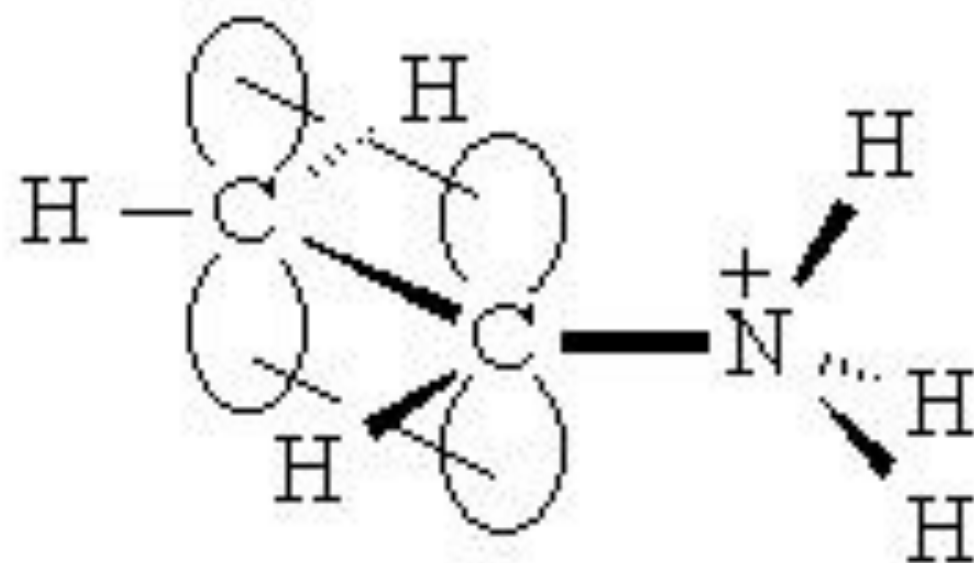


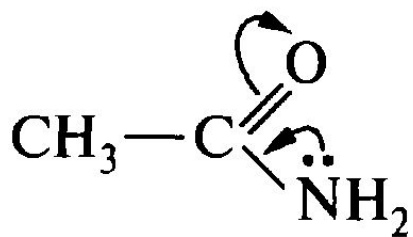
Представителями *p,π*-сопряженных систем с гетероатомом в цепи могут служить соединения, содержащие структурный фрагмент $-\text{CH}=\text{CH}-\text{X}$, где X — гетероатом, имеющий неподеленную пару



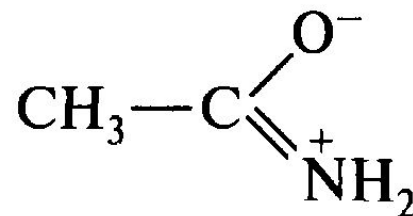
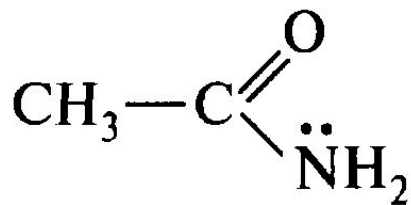


\equiv

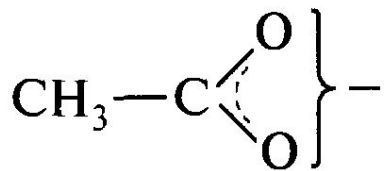
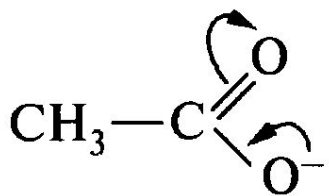




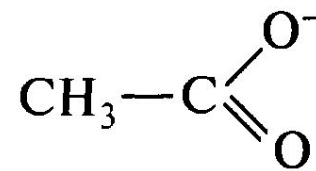
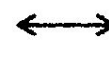
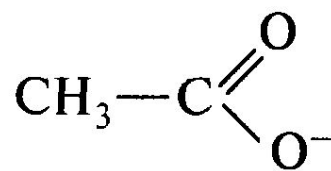
ацетамид



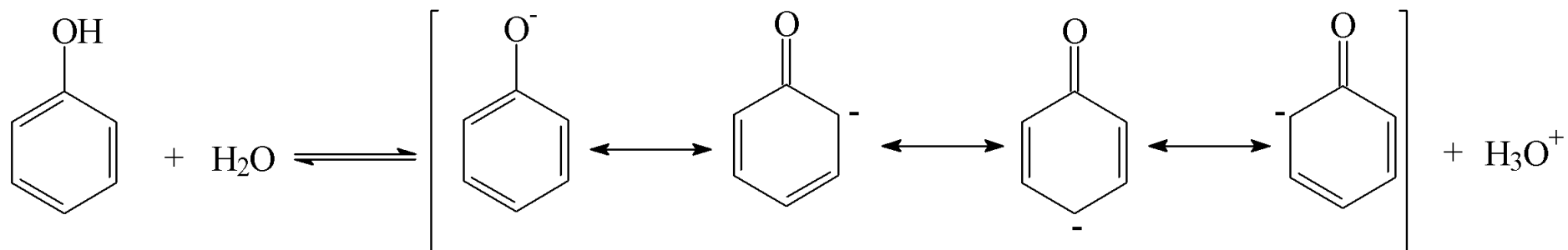
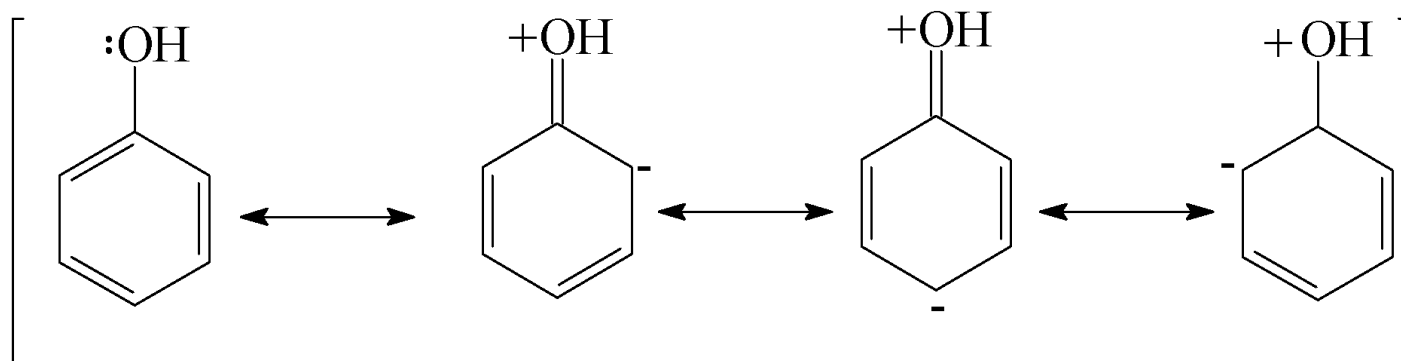
резонансные структуры ацетамида



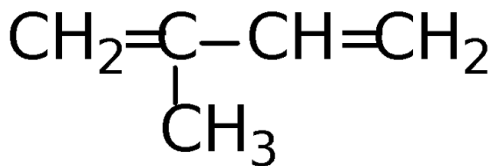
ацетат-ион



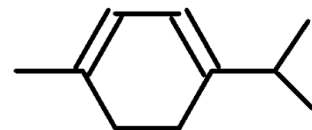
Мезомерный эффект (эффект сопряжения)



Биологически важные открытые сопряжённые системы.

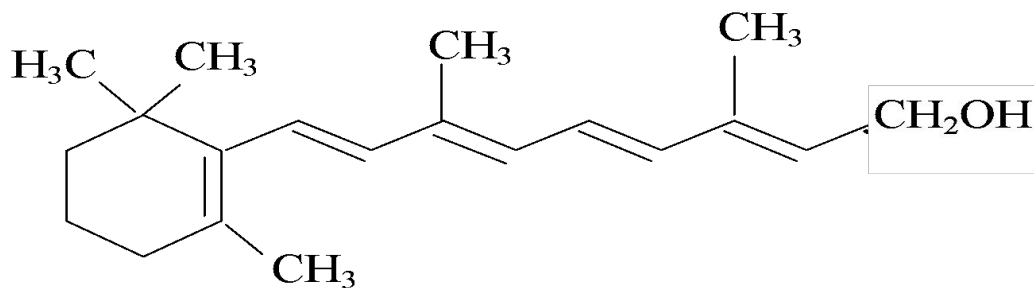


Изопрен, мономер натурального каучука

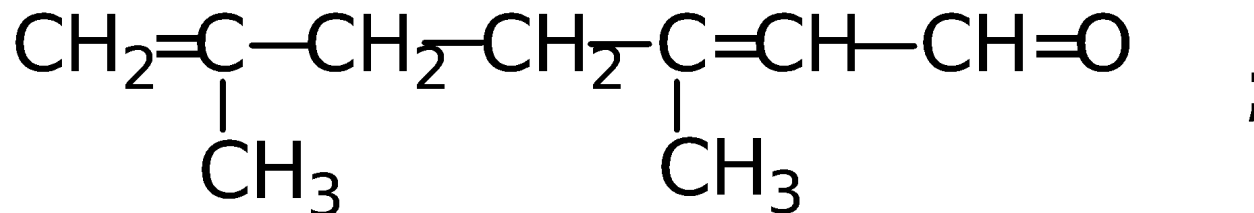


Терпинен, компонент скипидара

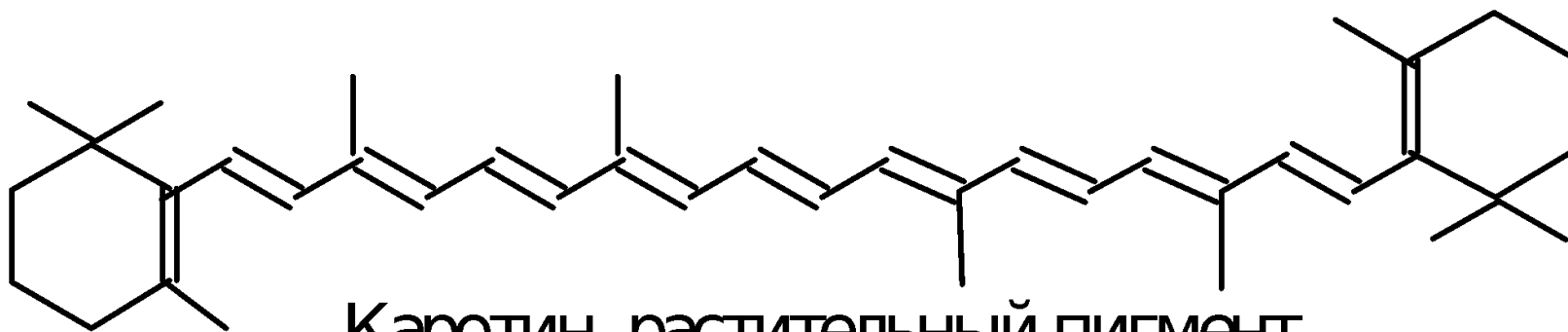
- Чем длиннее цепь сопряжения, тем больше выигрыш в энергии при ее образовании



Ретинол (витаминА)



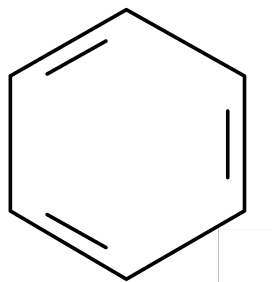
Цитраль, компонент эфирного масла цитрусовых



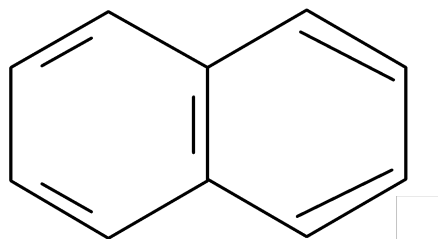
Каротин, растительный пигмент

СОПРЯЖЁННЫЕ СИСТЕМЫ С ЗАМКНУТОЙ ЦЕПЬЮ.

круговая делокализация p-электронов



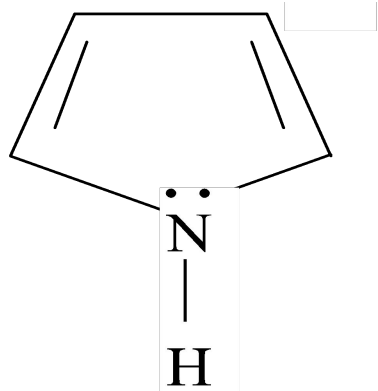
бензол



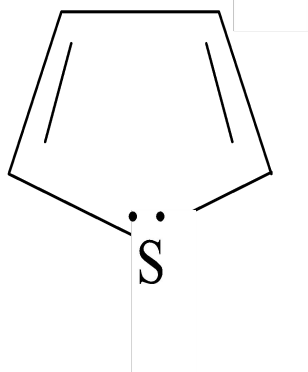
нафталин

Арены и их производные.

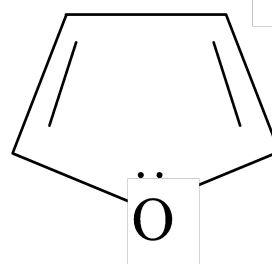
Гетероциклические ароматические соединения.



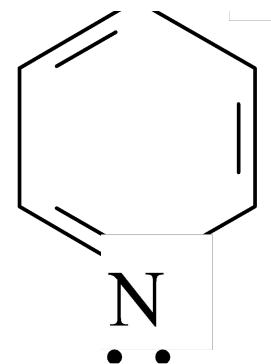
пиррол



тиофен



фуран



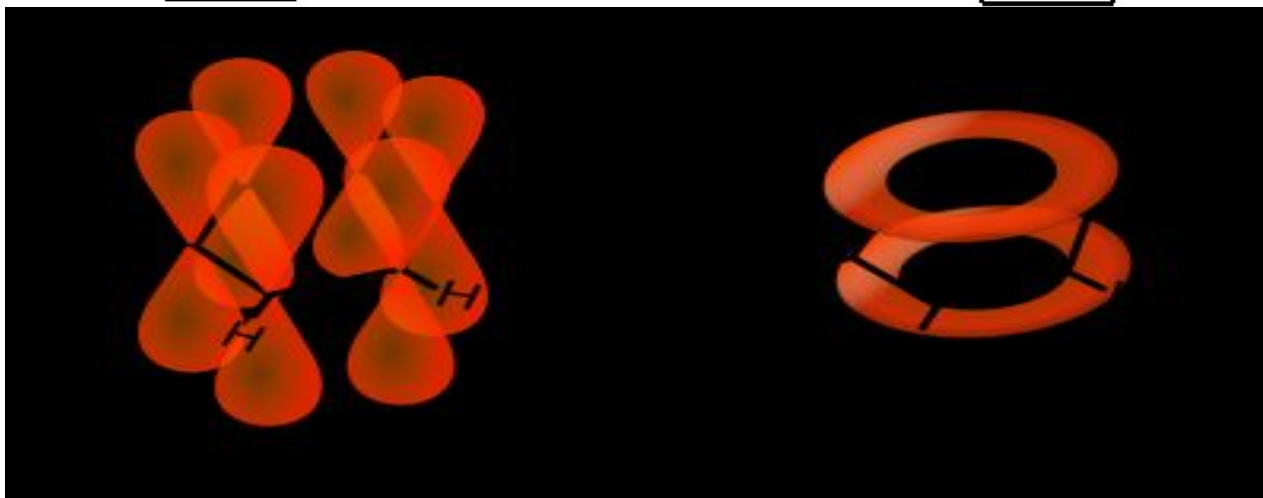
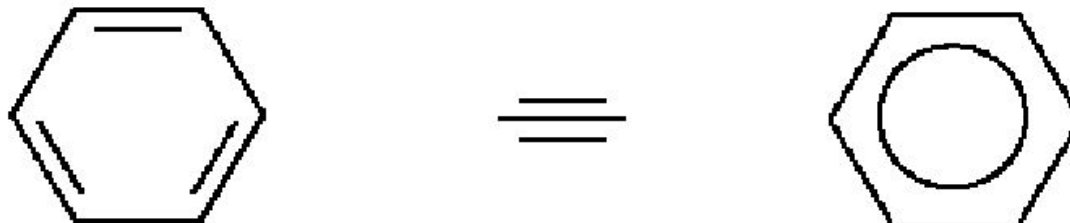
пиридин

Ароматичность

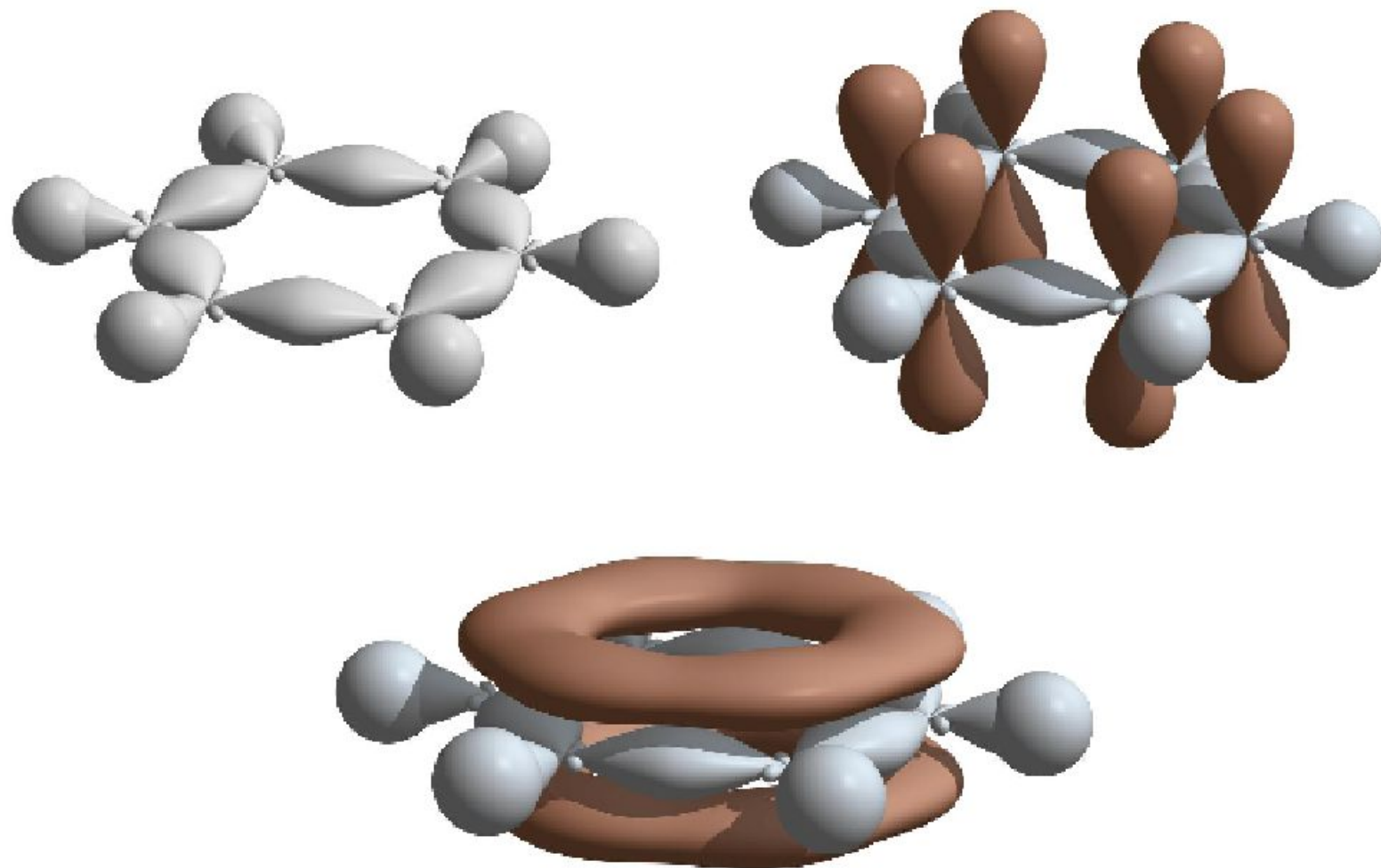
Ароматичность — особое свойство некоторых химических соединений, благодаря которому сопряженное кольцо ненасыщенных связей проявляет аномально высокую стабильность; большую чем та, которую можно было бы ожидать только при одном сопряжении.

$$4n + 2 = 6 \quad (n = 1)$$

бензол



Строение молекулы бензола (6 p -электронов, $n = 1$)



Ароматичность



Эрих Арманд Артур Йозеф
Хюккель (*Erich Armand
Arthur Joseph **Hückel***)

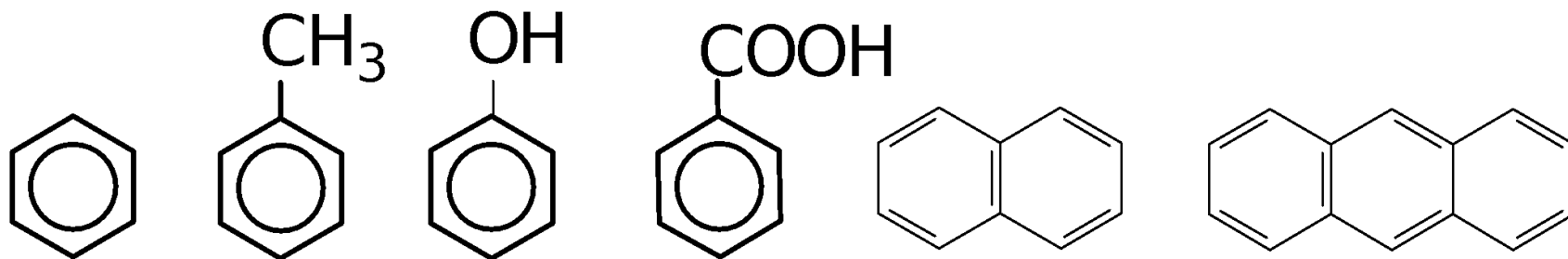
(9 августа 1896, Берлин —
16 февраля 1980, Марбург)

немецкий физик и химик, один из
основоположников квантовой химии

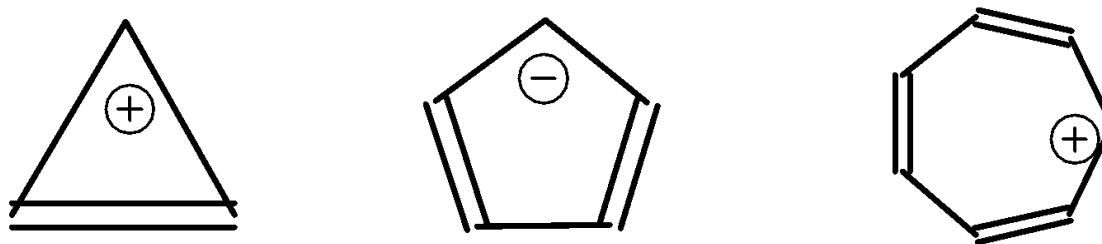
Правило Хюккеля.

Система ароматична, если она обладает совокупностью следующих признаков:

- а) все атомы в цикле находятся в sp^2 -гибридизации (следовательно, σ -скелет плоскостной);
- б) молекула имеет циклическую систему сопряжения;
- в) в сопряжении участвует $(4n+2)$ - π - электронов, где n — целое число ($n=0,1,2,3,4\dots$).



Бензоидные ароматические соединения

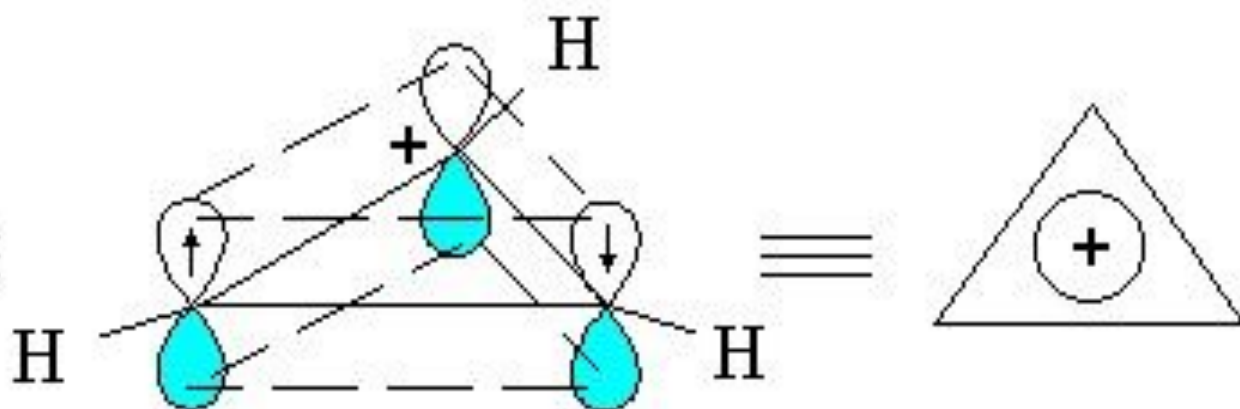


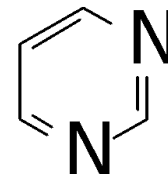
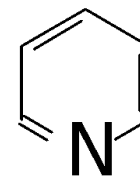
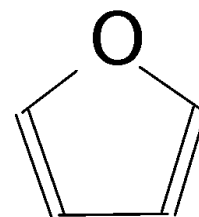
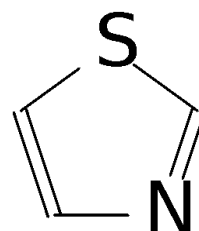
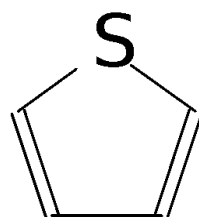
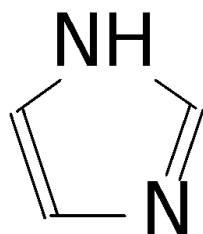
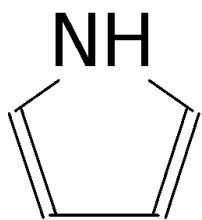
Небензоидные карбоциклические ароматические соединения

Таблица 9-1. Условия ароматичности

Условие	Каким образом условие выполняется
1. Соединение должно быть циклическим	Атомы углерода (или кислорода, азота, серы) должны образовывать цикл
2. Молекула соединения должна быть плоской	Все циклы от трех- до семичленных, удовлетворяющие остальным условиям, являются плоскими
3. На каждом атоме цикла должна быть <i>p</i> -орбиталь	Каждый атом цикла должен быть либо связанным двойной связью, либо иметь неподеленную пару электронов, либо иметь неспаренный электрон, либо нести положительный или отрицательный заряд
4. В молекуле должно быть $4n + 2\pi$ -электронов. Если $n = 0$, то $4n + 2 = 2$	Число π -электронов можно сосчитать исходя из следующего:
1 6	Двойная связь C=C содержит 2π -электрона
2 10	Атом Z: * 2
3 14	C· 1
	C ⁺ 0
	C ⁻ 2

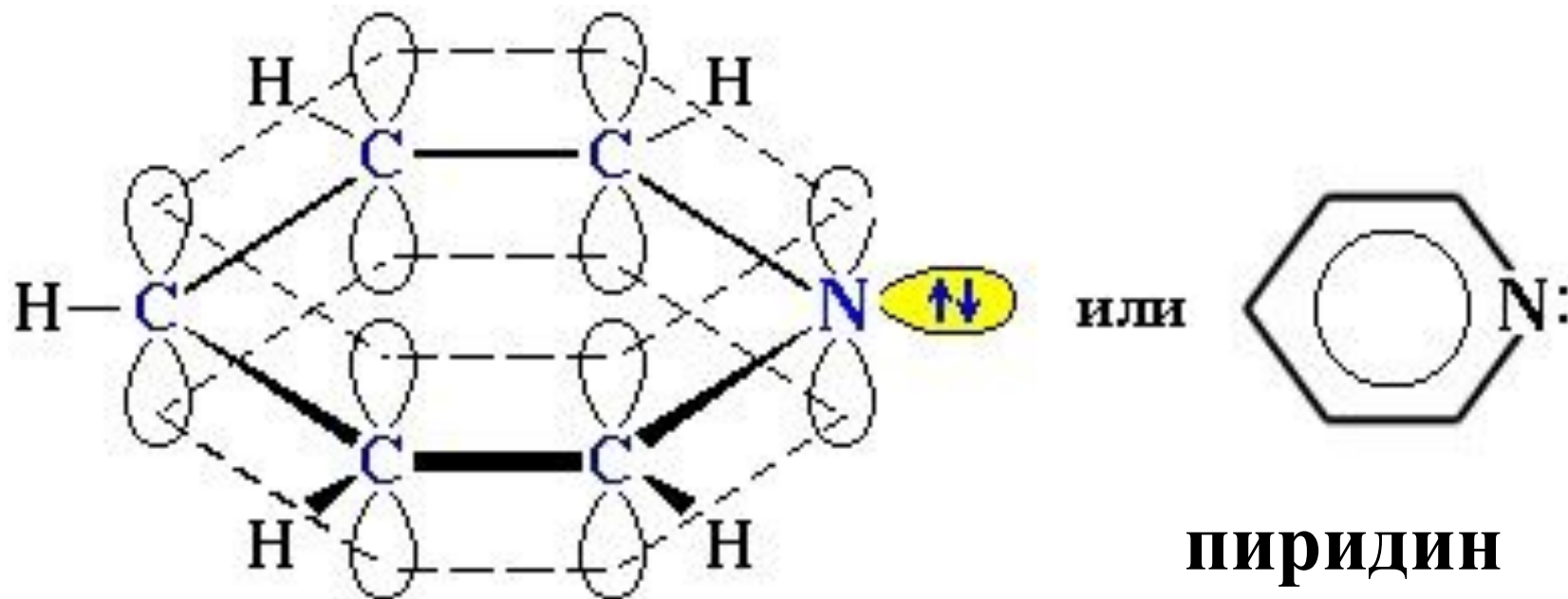
* Символом Z обозначен гетероатом, такой, как N или O, имеющий неподеленную электронную пару. — Прим. авт.





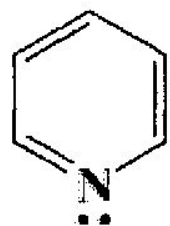
Небензольные гетероциклические ароматические соединения

Шестичленные гетероциклы

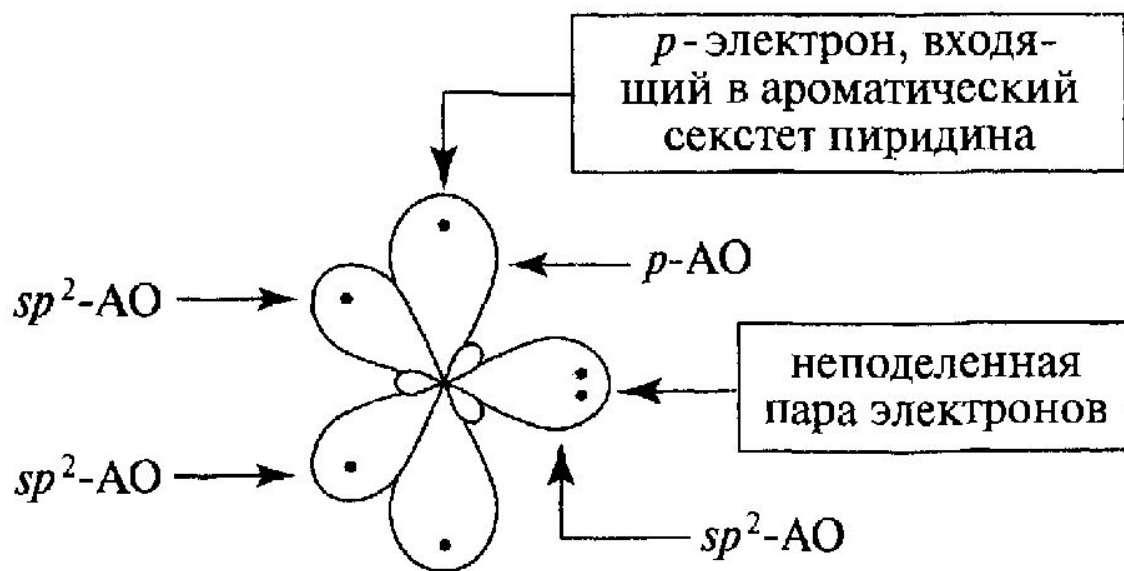


π-недостаточный цикл

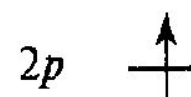
Распределение электронов пиридинового атома азота по орбиталям



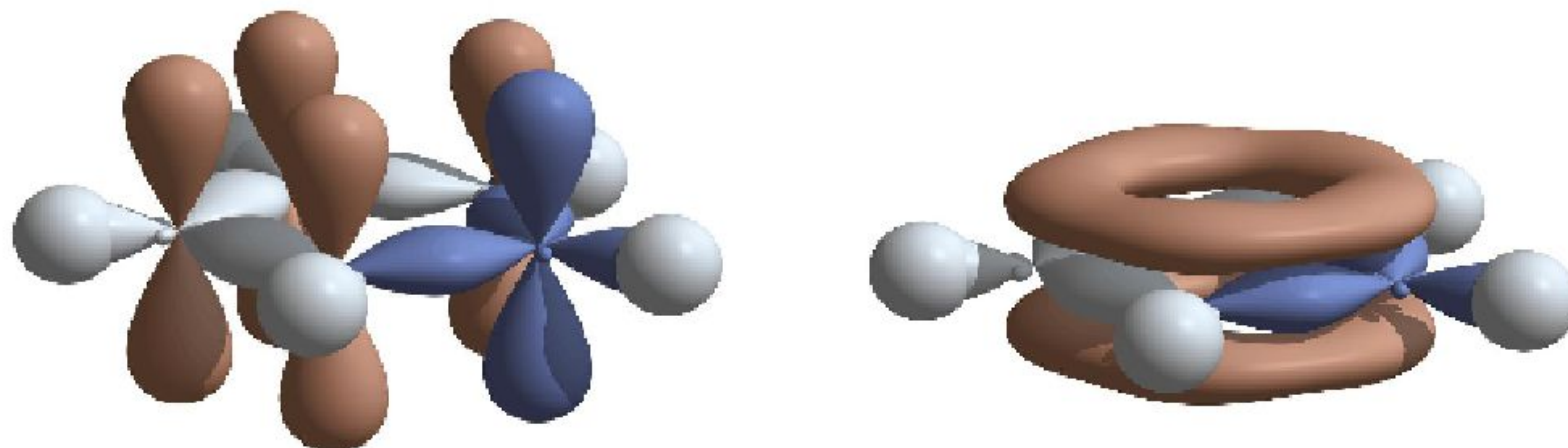
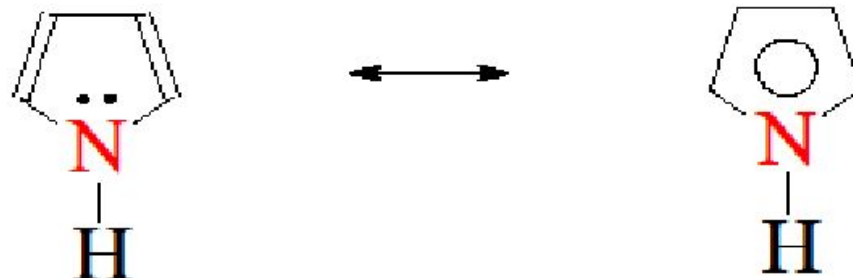
пиридин



пиридиновый атом азота



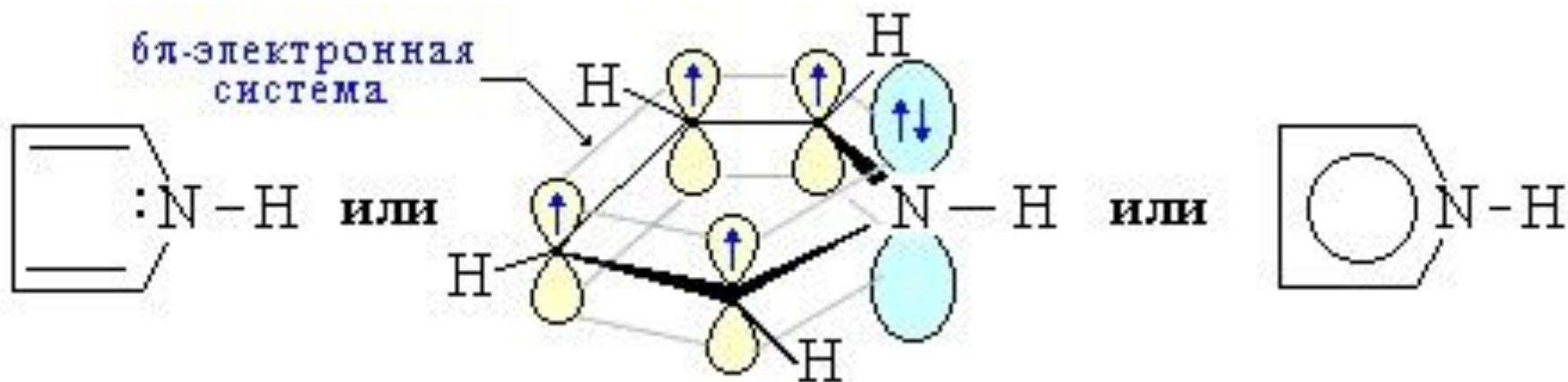
Пиррол



Пятичленные гетероциклы

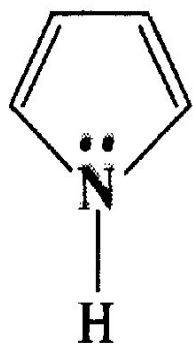
π - избыточные циклы

Пиррольный атом азота

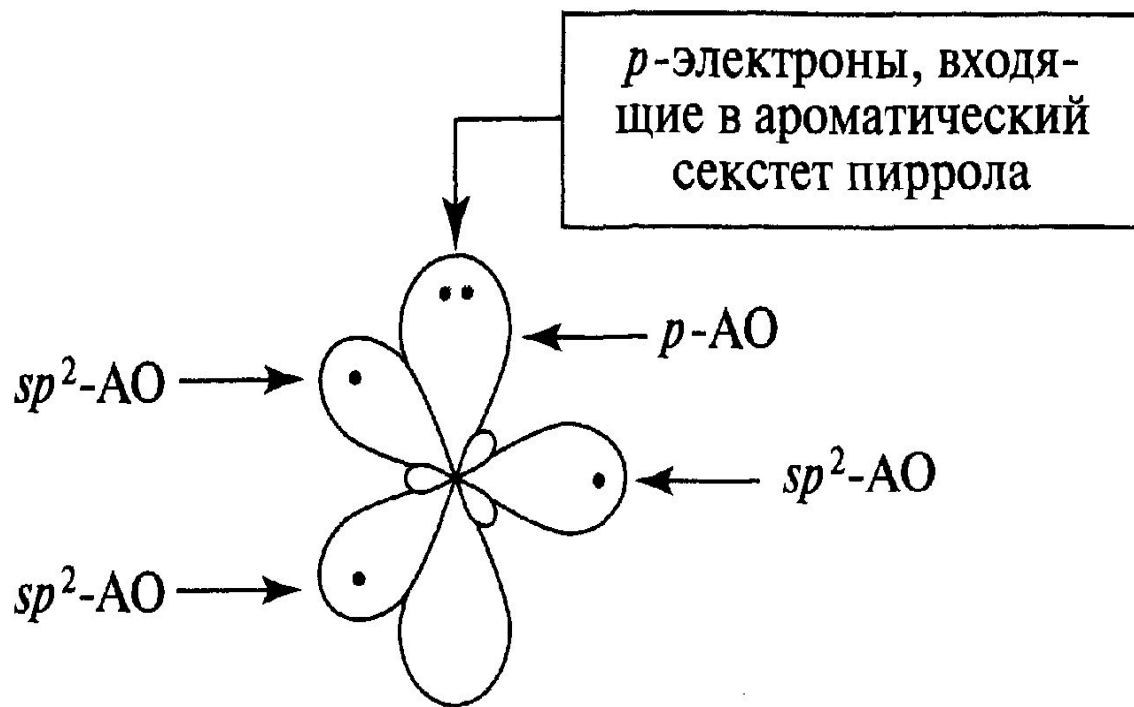


Пиррольный атом азота

Распределение электронов пиррольного атома азота по орбиталям



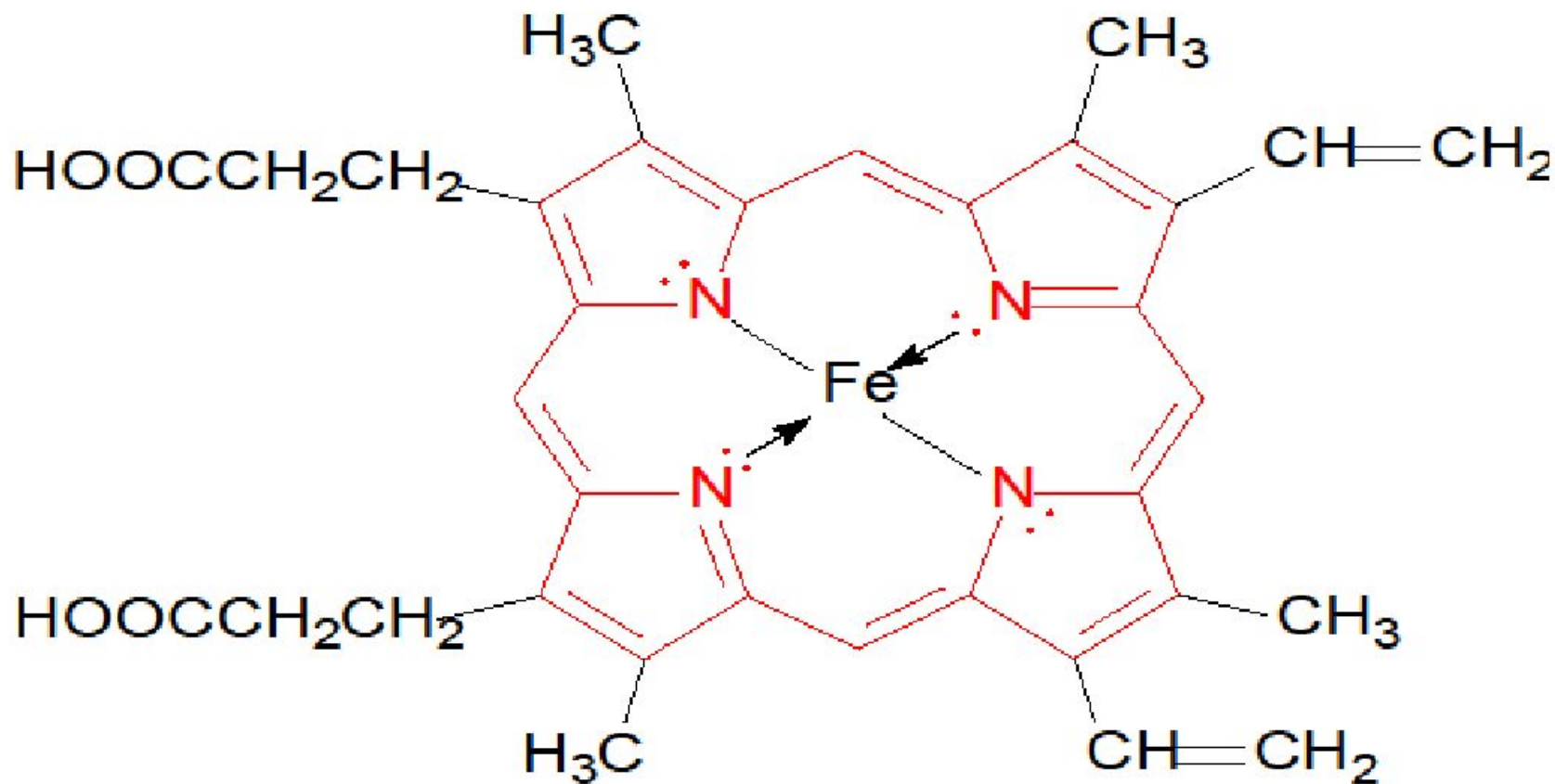
пиррол



пиррольный атом азота



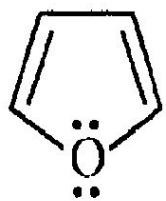
Гем



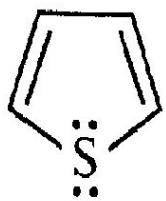
гем

$E_{\text{сопр.}} = 840$ кДж/моль

Порфин — плоскостная ароматическая система, в которой в сопряжении участвуют 26 - π- электронов (n=6)



фуран



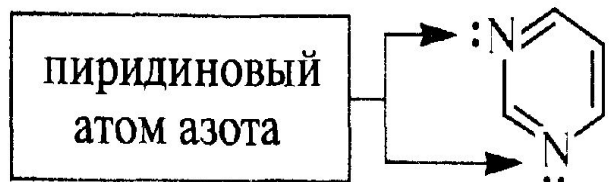
тиофен



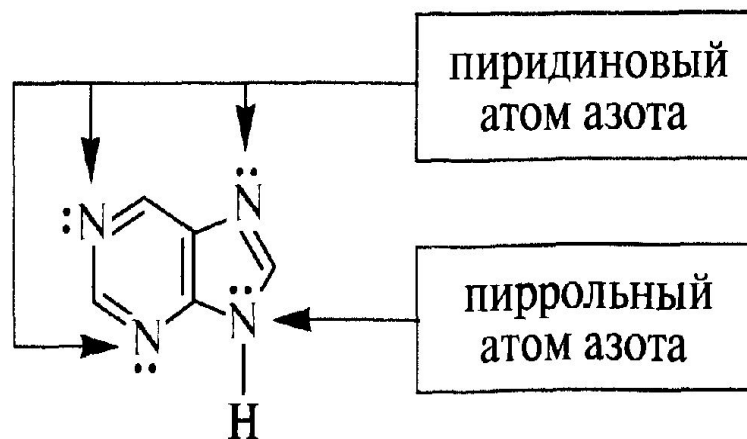
имидазол

← пиридиновый атом азота

← пиррольный атом азота



пиримидин

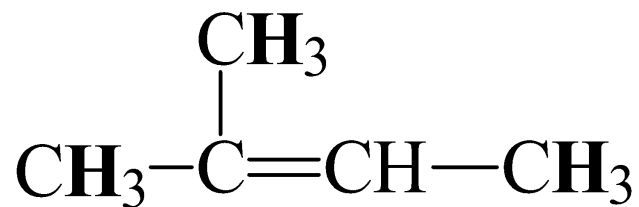


пурин

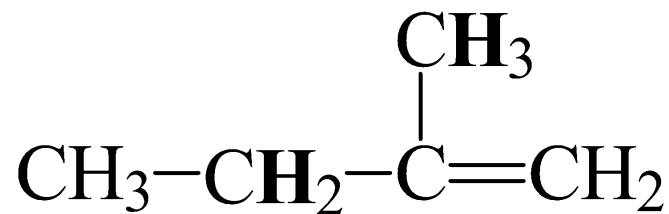
Взаимное влияние атомов в молекуле

Сверхсопряжение (гиперконъюгация)

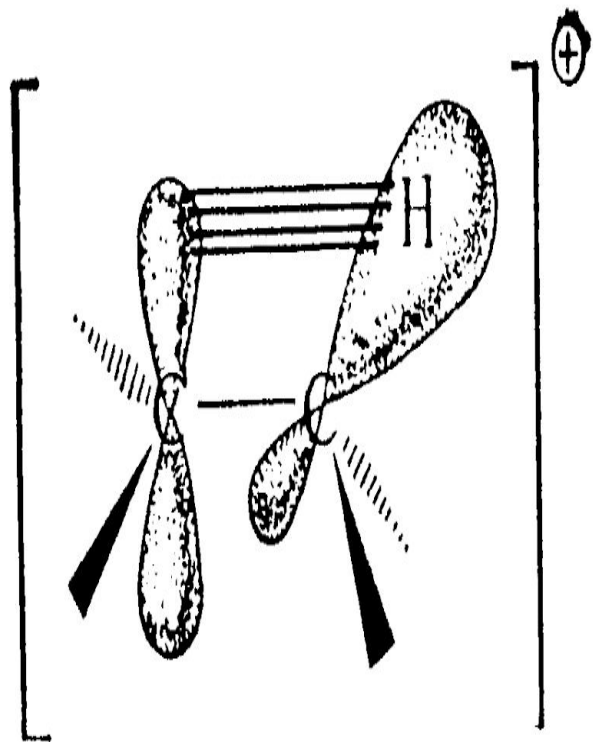
– стабилизация частично заполненной или свободной орбитали путём перекрывания с заполненной связывающей σ -орбиталью.



2-метилбутен-2

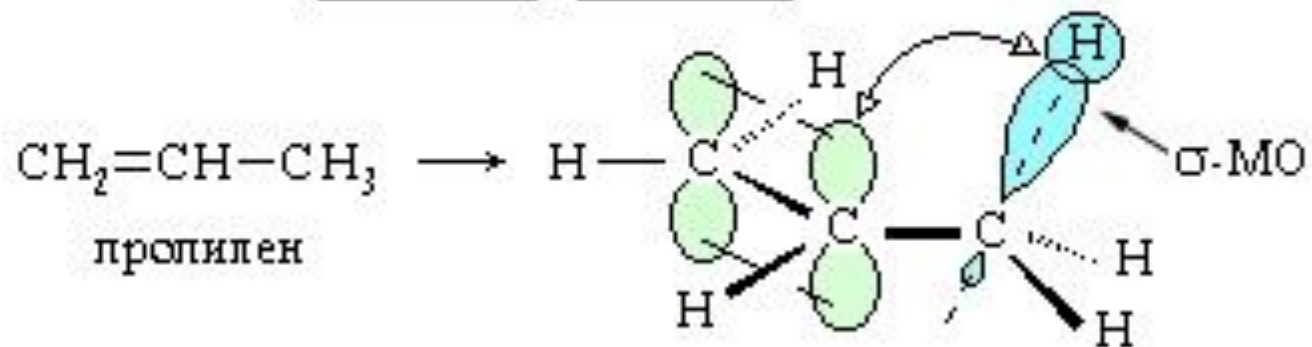


2-метилбутен-1

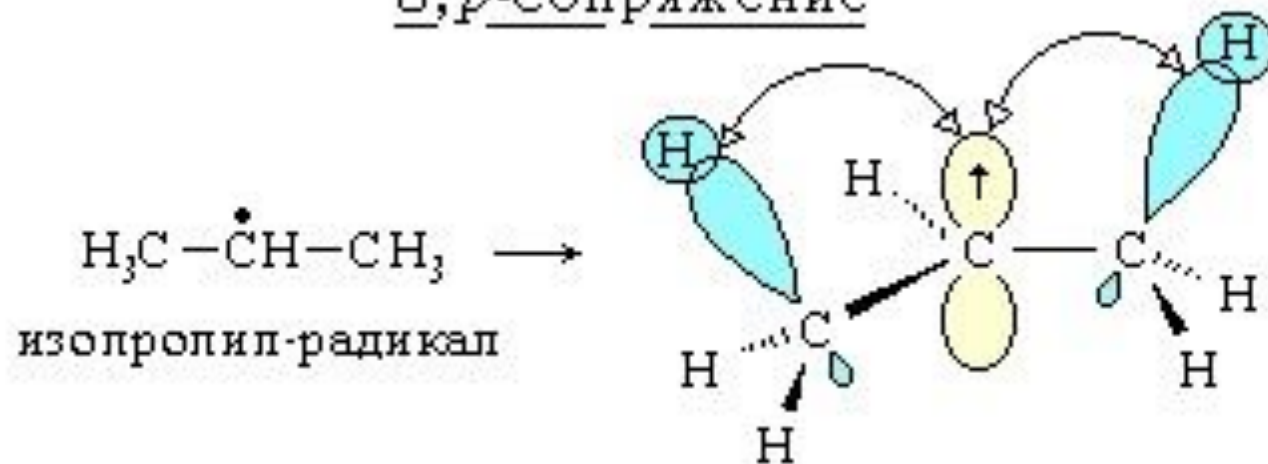


орбитальная картина гиперконъюгации

σ, π-Сопряжение



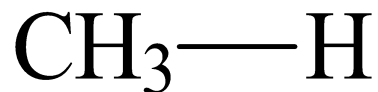
σ, p-Сопряжение



Взаимное влияние атомов в молекуле

Индуктивный эффект

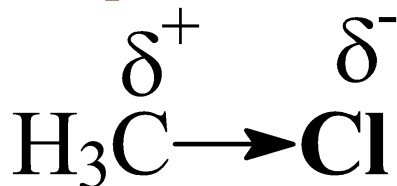
метан



Связь С—Н

малополярна

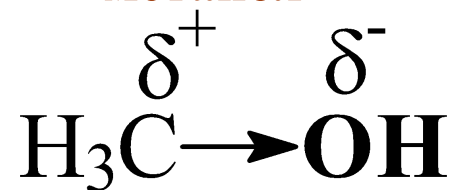
хлорметан



Связь С—Cl

полярна

метанол



Связь С—O

полярна

Смещение электронной плотности по цепи σ -связей называется **индуктивным эффектом** и обозначается буквой **I**.

Индуктивный эффект

Электроноакцепторные заместители X, т.е. атом или группа атомов, смещающие электронную плотность σ -связи от атома углерода, проявляют **отрицательный индуктивный эффект (-I-эффект)**. C \rightarrow X

Электронодонорные заместители X, т. е. атом или группа атомов, смещающие электронную плотность к атому углерода, проявляют **положительный индуктивный эффект (+I-эффект)**. C \leftarrow X

—/ эффект проявляют

1. заместители, которые содержат атомы с большей ЭО, чем у углерода:

-F, -Cl, -Br, -OH, -NH₂, -NO₂, >C=O, -COOH и др.;

2. катионы.

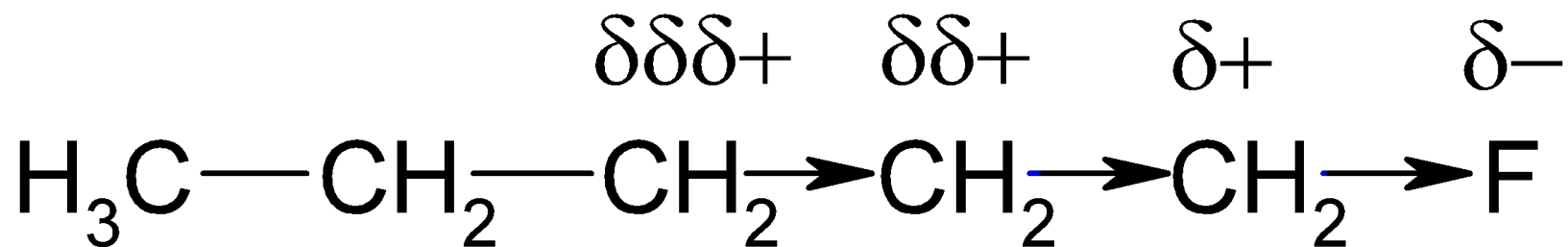
+ / эффект проявляют заместители, содержащие атомы с низкой электроотрицательностью:

1. - насыщенные углеводородные радикалы
(-CH₃, -C₂H₅) и т.п.,

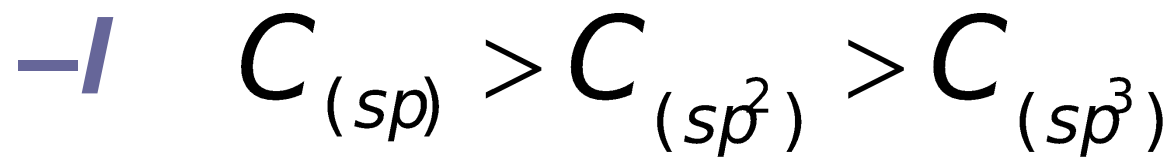
(CH₃)₃C- > (CH₃)₂CH- > CH₃ — CH₂ - > CH₃-
трет.бутил изопропил этил метил

2. -металлы (-Mg-, -Li);

3. - анионы

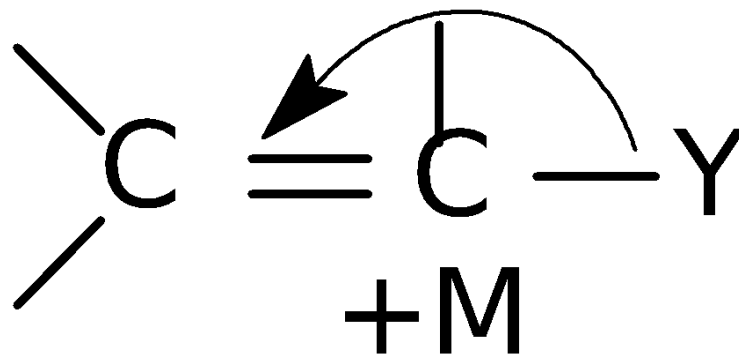
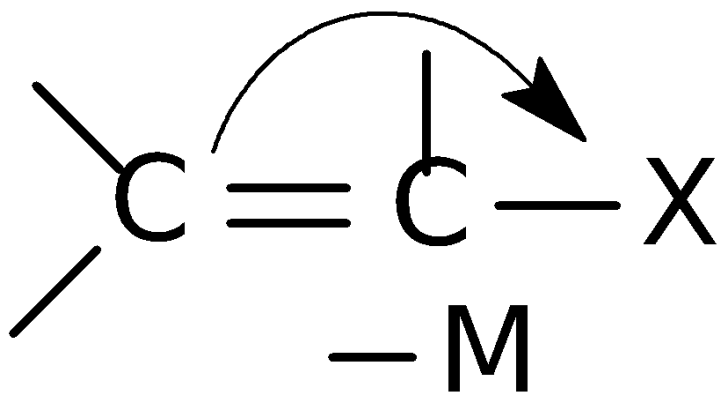


I – эффект затухает по цепи,
распространяется на 3-4 σ -связи

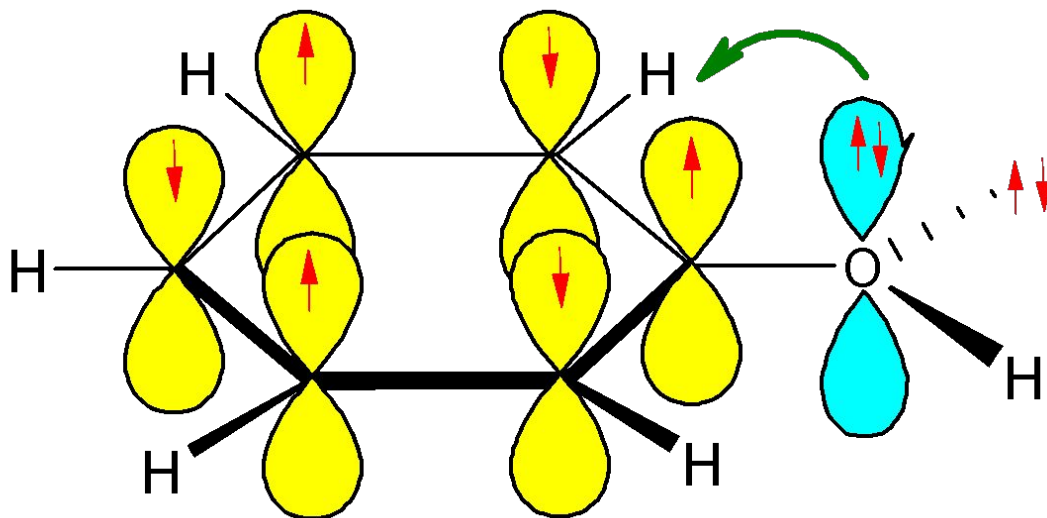
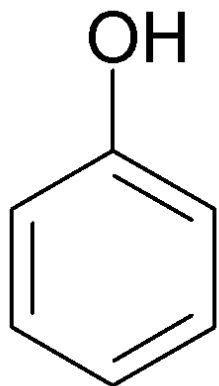


Мезомерный эффект

- Мезомерный эффект – передача электронного влияния заместителей по сопряжённой системе

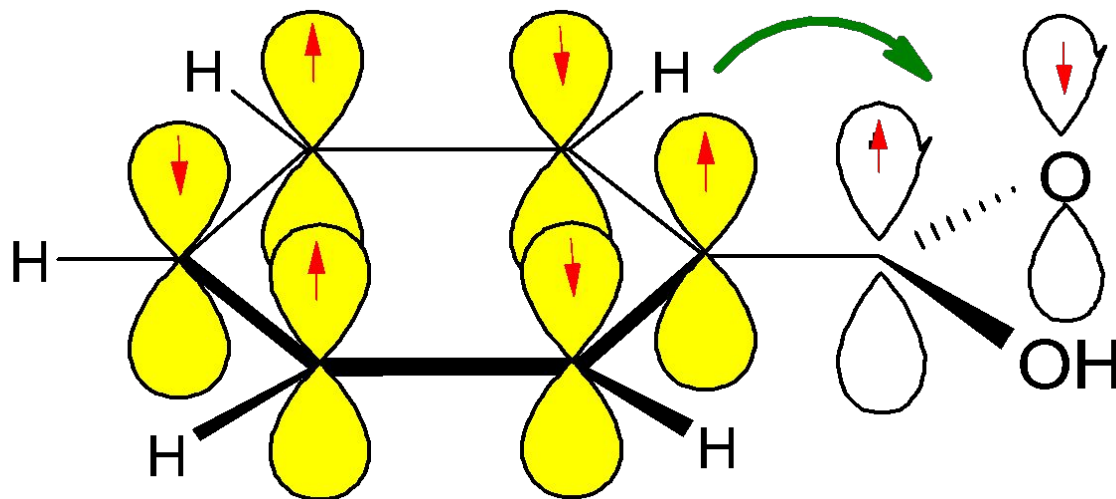
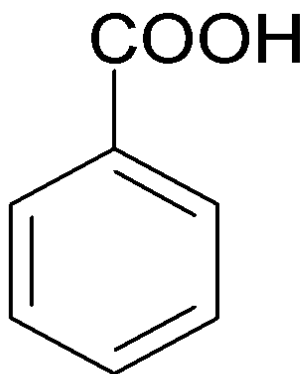


+M-эффектом обладают заместители, повышающие электронную плотность в сопряжённой системе.



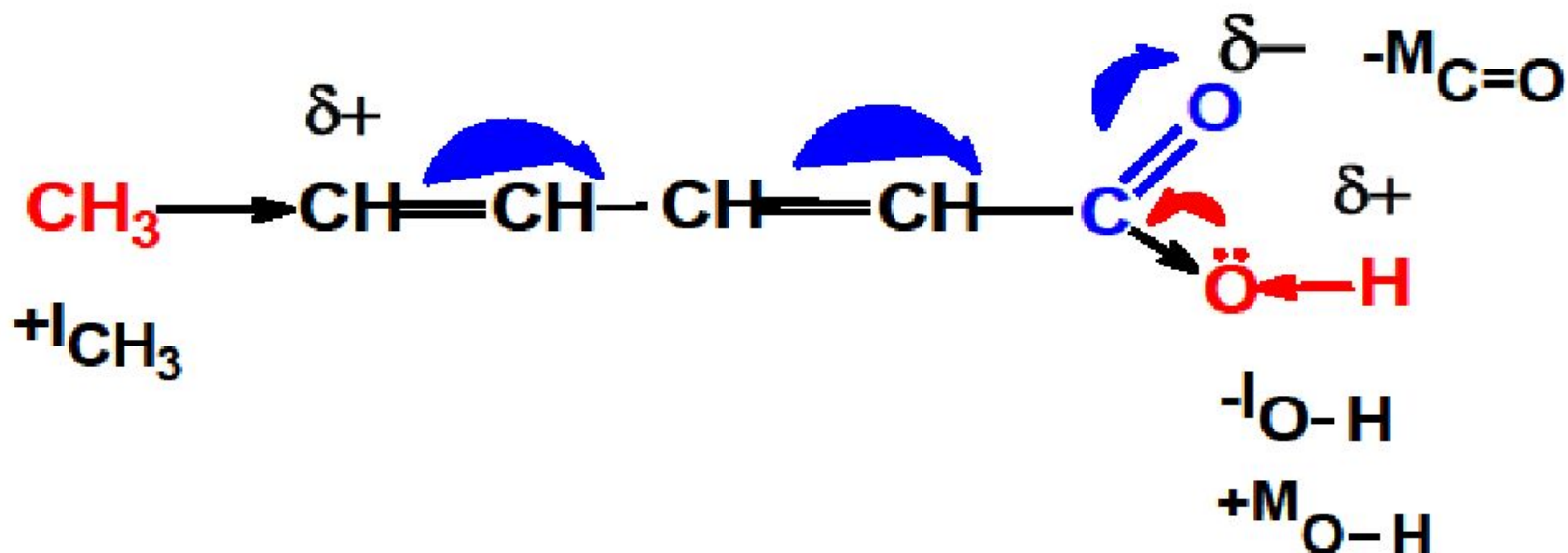
+ M: $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{OR}$, $-\text{SH}$, $-\text{SR}$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$, $-\text{C}\equiv\text{CH}$.

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



- **M**: $>C=O$, $-COOH$, $-NO_2$, $-C\equiv N$, $-CH=NH$, $-N=O$, $-SO_3H$,
- $-SO_2H$.

Распределение электронной плотности в молекуле

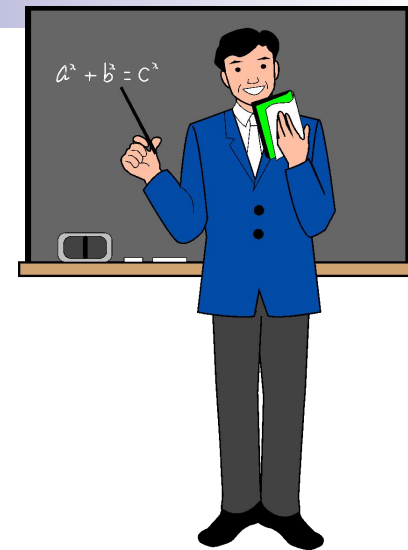


Характер совместного действия заместителей

Электронные эффекты заместителей

Заместитель	Электронные эффекты		Характер совместного действия
	индуктивный	мезомерный	
Алкильные группы (R)	+I	-	Электродонорный
-O ⁻	+I	+M	
-NH ₂ , -NHR, -NR ₂	-I	+M	
-OH, -OR	-I	+M	
-NH ₃ ⁺ , -NR ₃ ⁺	-I	-	Электроноакцепторный
Галогены (F, Cl, Br, I)	-I	+M	
C=O	-I	-M	
-COOH, -COOR	-I	-M	
-NO ₂	-I	-M	
-C≡N	-I	-M	
-SO ₃ H	-I	-M	

Спасибо за внимание!



ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Ациклические

Предельные
(насыщенные)

Непредельные
(ненасыщенные)

неразветвленные

разветвленные

Циклические

Карбо-
циклические

Гетеро-
циклические

Алициклические

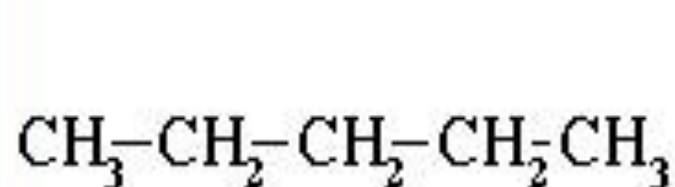
Ароматические

Классификация по строению углеродной цепи

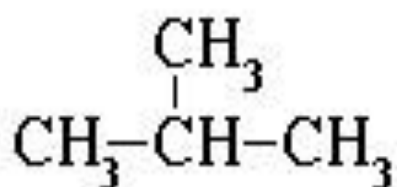


Ациклические соединения

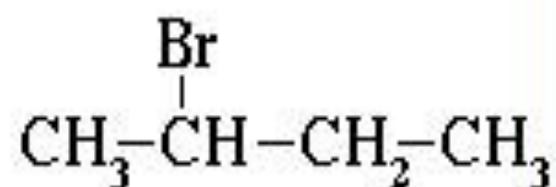
предельные



н-Пентан

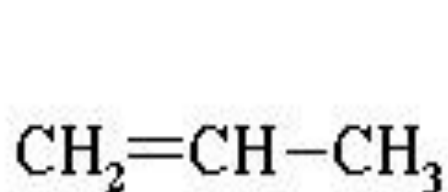


Изобутан

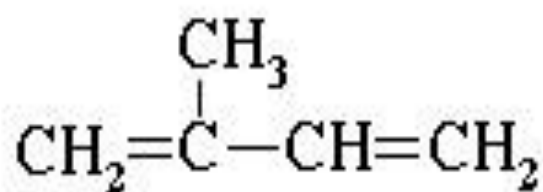


2-Бромбутан

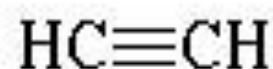
непредельные



Пропилен



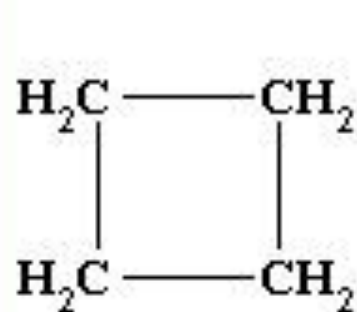
Изопрен



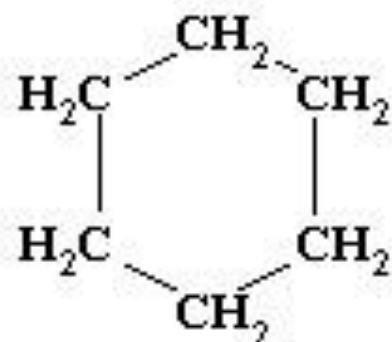
Ацетилен

Карбоциклические соединения

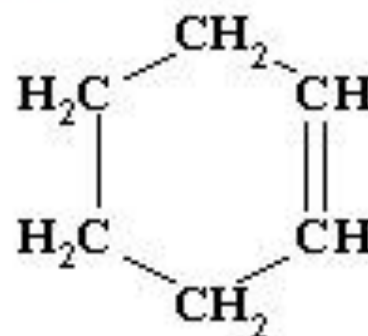
алициклические



Циклобутан

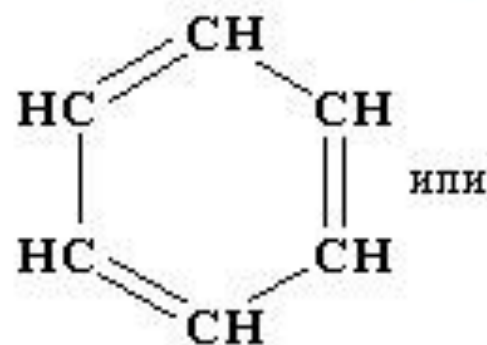


Циклогексан



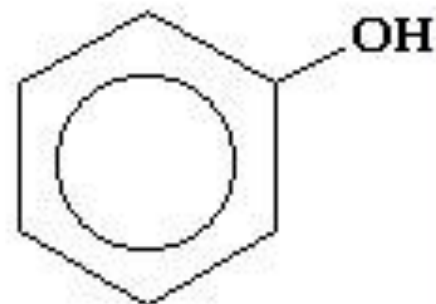
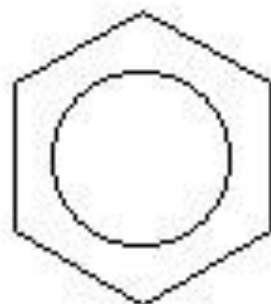
Циклогексен

ароматические



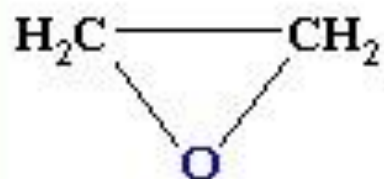
Бензол

или

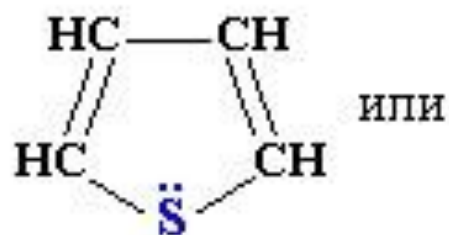


Фенол

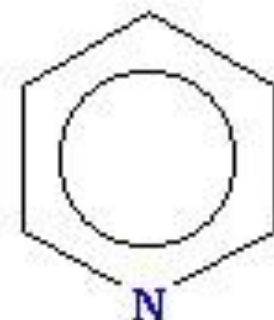
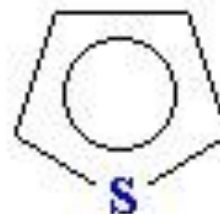
Гетероциклические соединения



Этиленоксид
(эпоксид)



Тиофен



Пиридин

Монофункциональные соединения

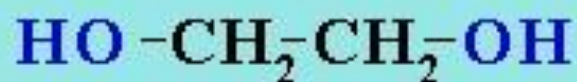


этанол
(этиловый спирт)

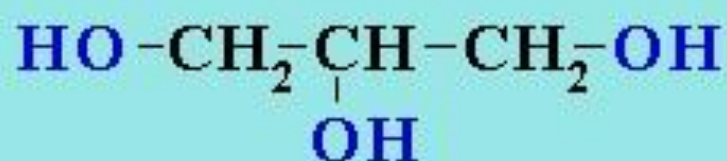


уксусная кислота

Полифункциональные соединения

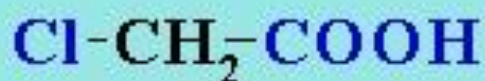


этиленгликоль

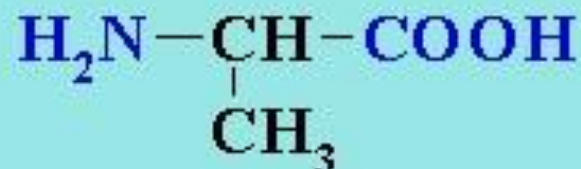


глицерин

Гетерофункциональные соединения

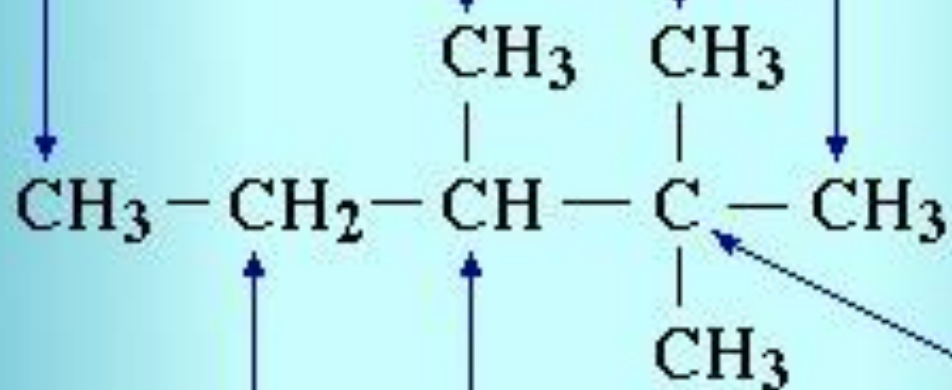


*хлоруксусная
кислота*



аминокислота
АЛАНИН

Первичные атомы углерода



Вторичный атом углерода

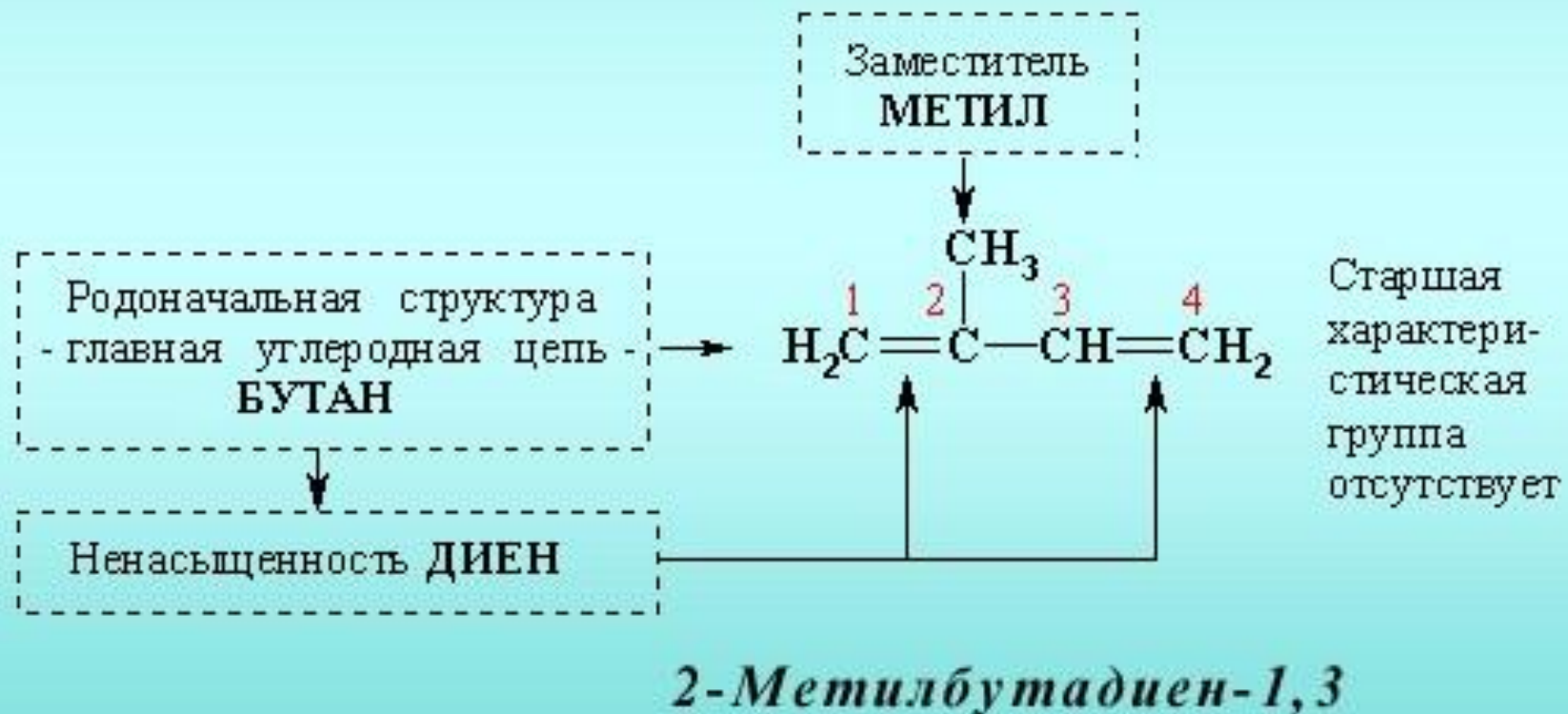
Третичный атом углерода

Четвертичный атом углерода

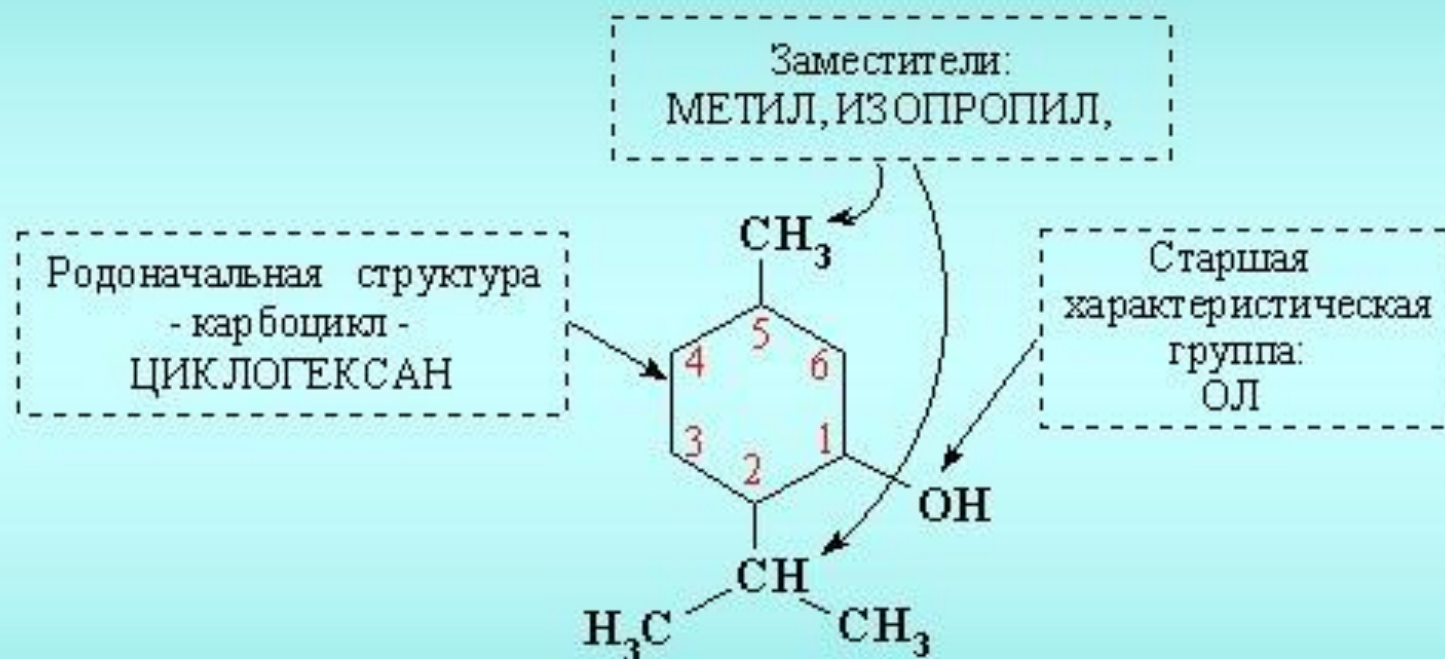
2. Систематическая номенклатура ИЮПАК

Префиксы	Название родоначальной структуры		Суффикс
	корень	суффикс	
Все заместители в едином алфавитном порядке (кроме старшей характеристической группы)	Главная цепь, основная циклическая или гетероциклическая структура	Степень насыщенности: -ан, -ен, -ин	Только старшая характеристическая группа

Пример 1. Изопрен $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$
- структурная единица изопреноидов (*терпенов*),
в частности, натурального каучука:



Пример 2. **Ментол** - компонент препарата *валидол*



2-Изопропил-5-метилциклогексанол-1