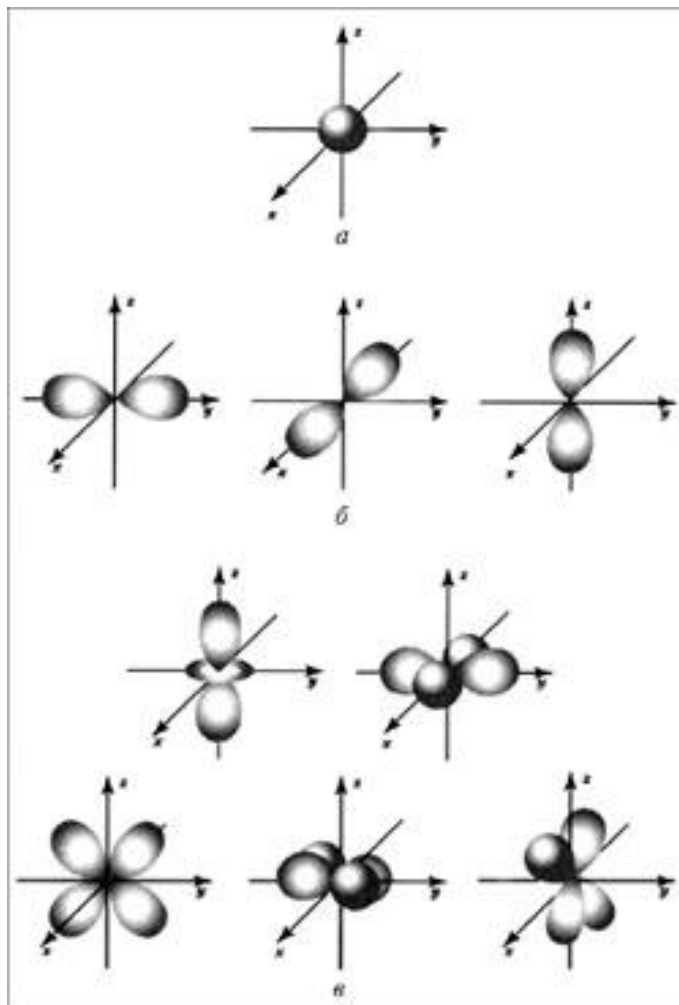


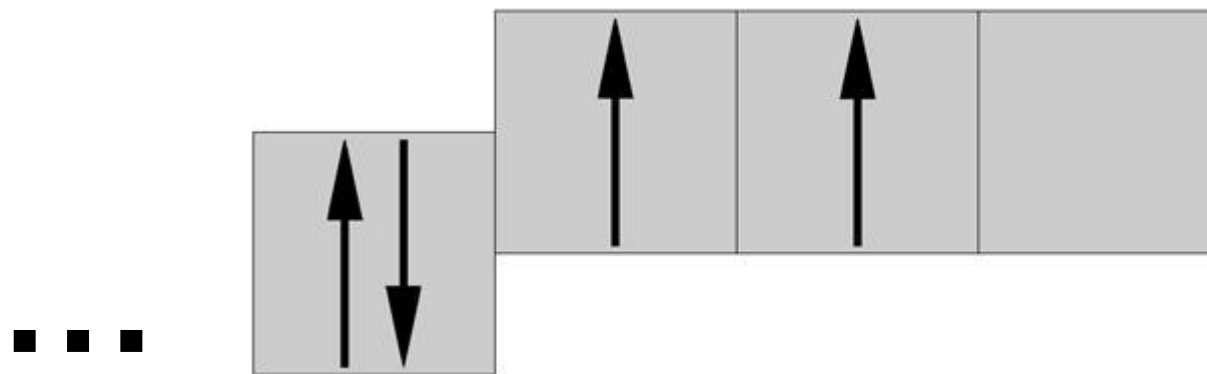
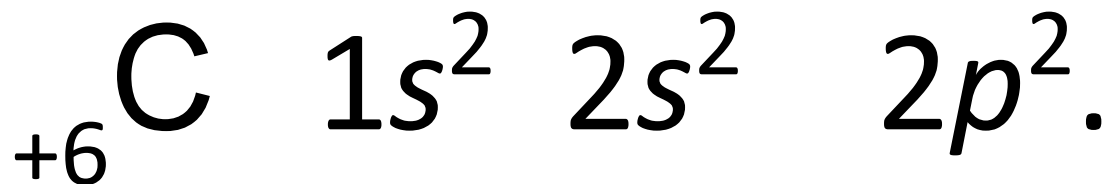
Гибридизаци я

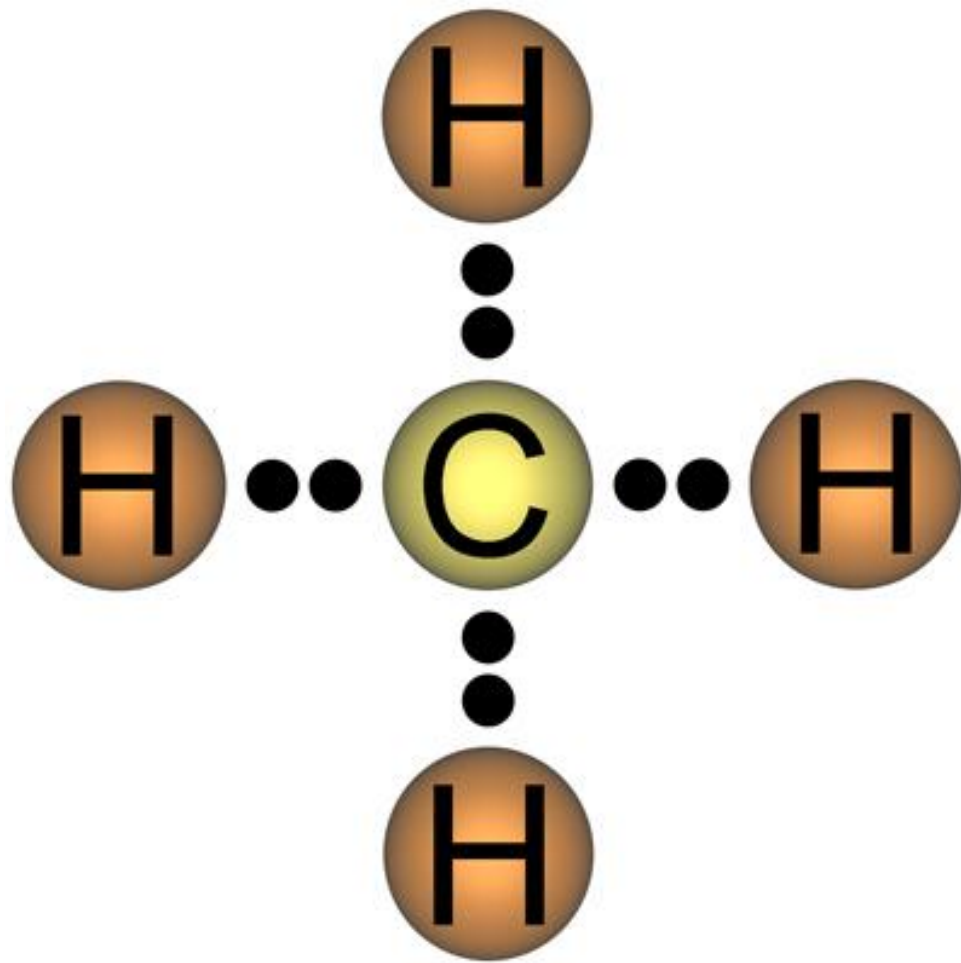
Формы электронных облаков:
а – s-электроны;
б – p-электроны;
в – d-электроны



Графическая электронная формула внешнего энергетического уровня атома углерода

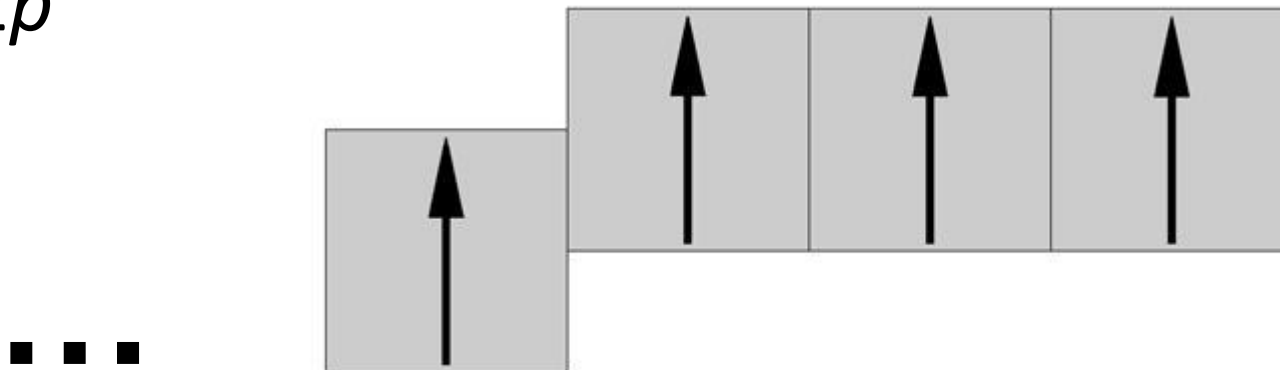
- Электронная формула атома углерода:



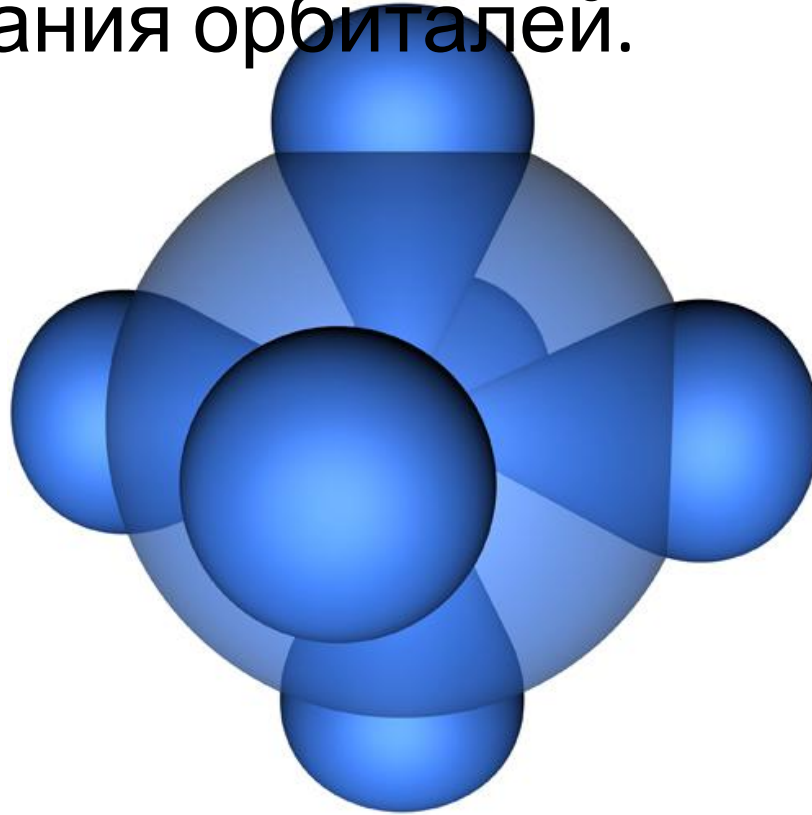


Графическая электронная формула внешнего энергетического уровня атома углерода в возбужденном состоянии

- Атом углерода переходит в возбужденное состояние: $C^* 1s^2 2s^1 2p^1 2p^1 2p^1$

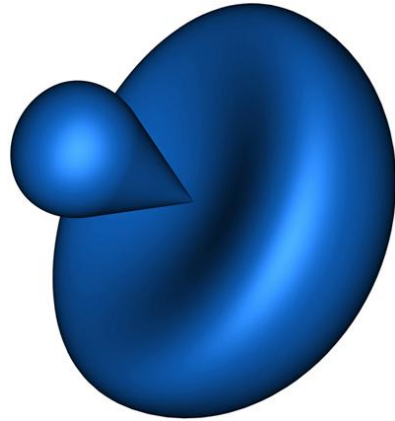


- ***Гибридизация атомных орбиталей*** – изменение формы и энергии орбиталей атома при образовании ковалентной связи для достижения более эффективного перекрывания орбиталей.



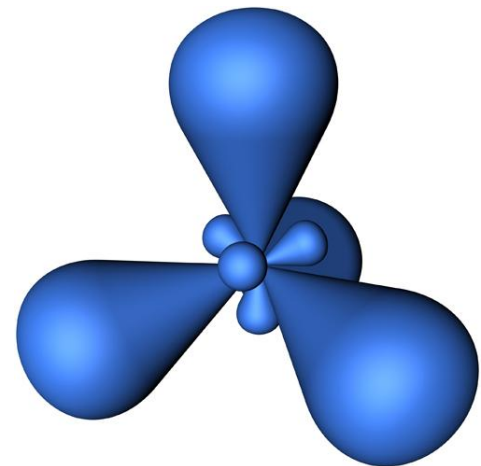
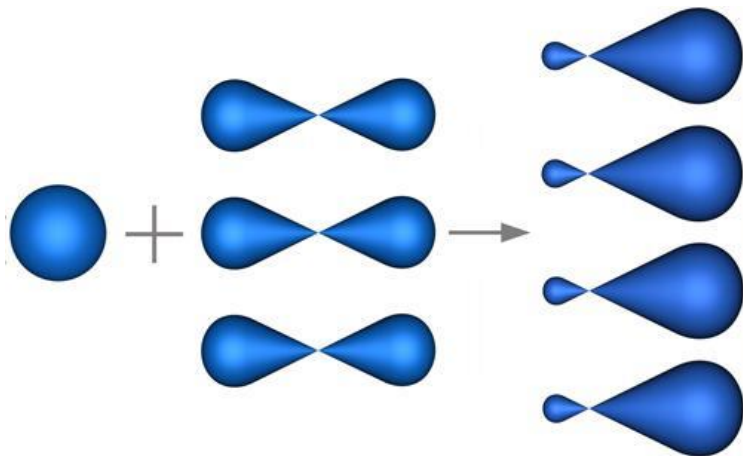
Понятие гибридизации является теоретическим и было введено ученым Лайнусом Полингом в 20-е годы XX века.

Форма гибридной орбитали за счет комбинации s - и p -атомных орбиталей



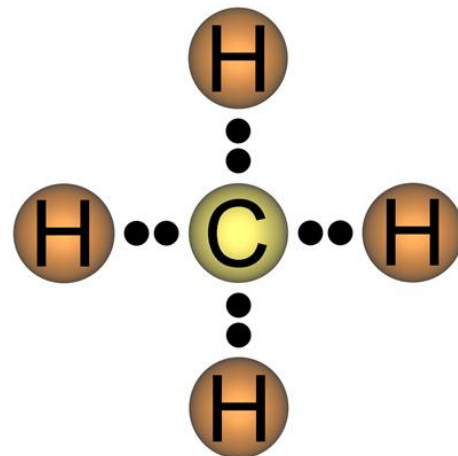
- гибридная орбиталь больше **вытянута** по одну сторону ядра, чем по другую
- **увеличивается её перекрывание** с электронными облаками взаимодействующего атома
- образуется **более прочная химическая связь**
- выделяется **дополнительная энергия**, которая **компенсирует затраты энергии** на

- Число гибридных орбиталей равно числу атомных орбиталей.
- Гибридные орбитали **одинаковы** по **форме** электронного облака и по **энергии**
- **Взаимодействие** между гибридными орбиталями должно быть **минимальным**,
т. е. как можно дальше друг от друга



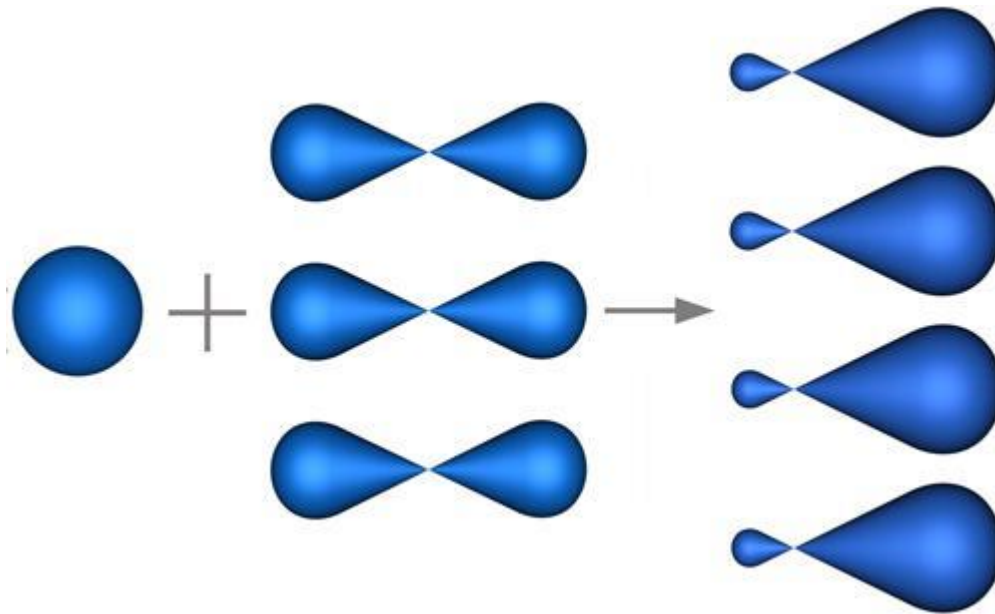
- 1 *s*-электрон и 3 *p*-электрона атома углерода образуют четыре одинаковых гибридных орбитали.

Этот тип гибридизации называется ***sp*³-гибридизацией**.

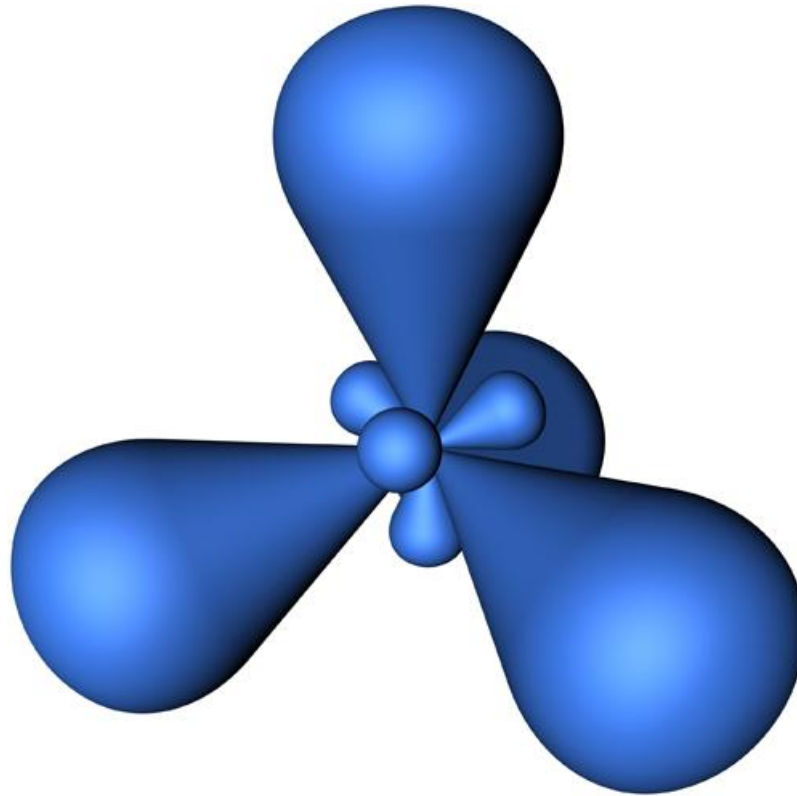


Образование sp^3 -гибридных орбиталей

- **sp^3 -Гибридизация** – гибридизация, в которой участвуют атомные орбитали одного s - и трех p -электронов (рис. 1).

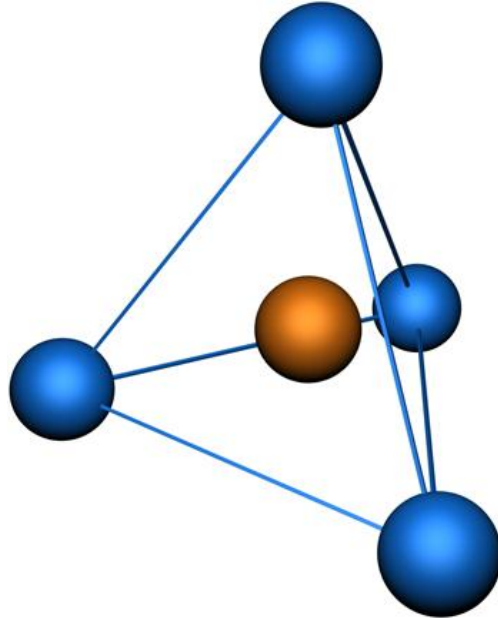


- Четыре sp^3 -гибридные орбитали симметрично ориентированны в пространстве под углом $109^\circ 28'$



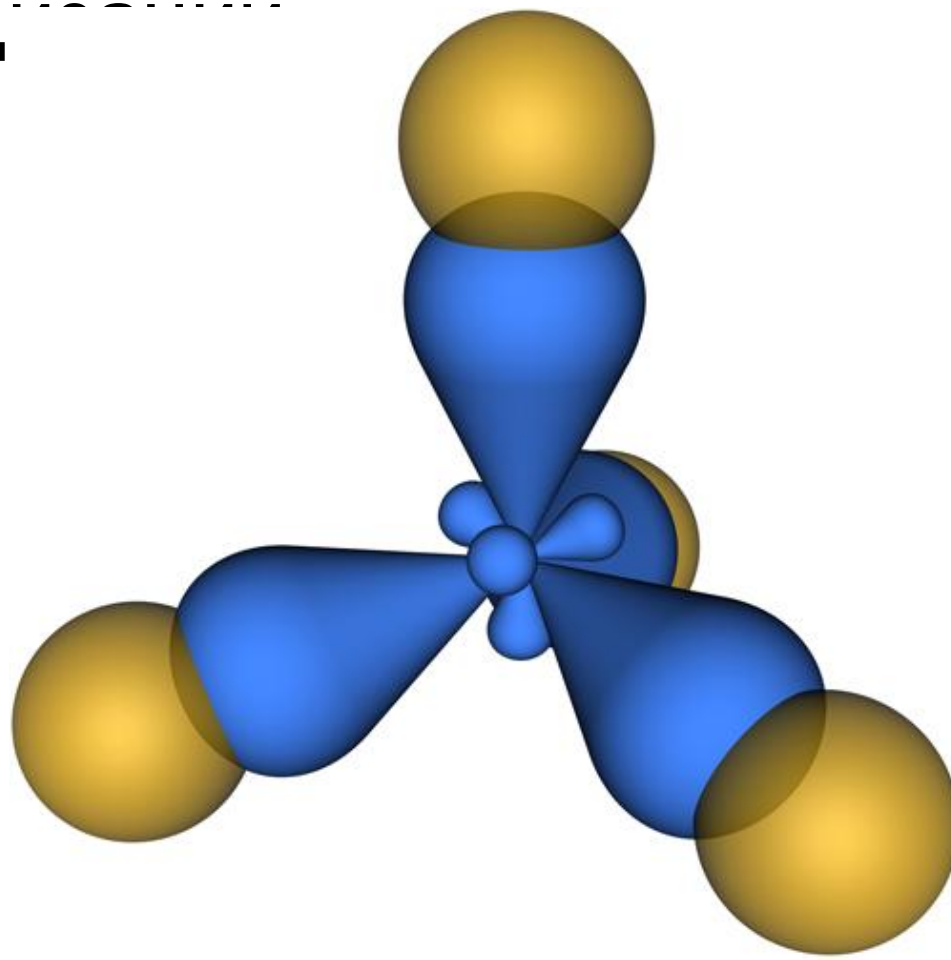
Тетраэдрическая пространственная конфигурация молекулы

- центральный атом образован sp^3 -гибридными орбиталями
- пространственная конфигурация – тетраэдр



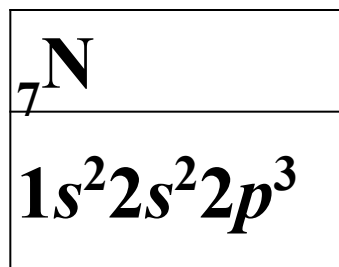
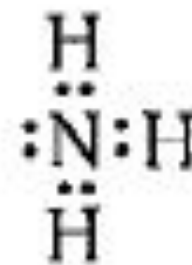
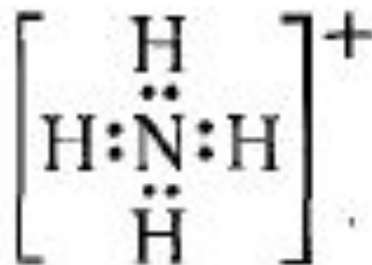
Модель молекулы метана (CH₄)

- углерода подвергается sp^3 -гибридизации



- Однако не всегда пространственная конфигурация молекулы соответствует тетраэдру, это зависит от числа атомов в молекуле.

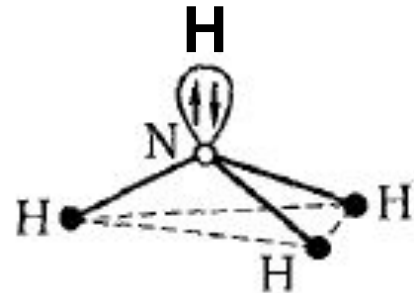
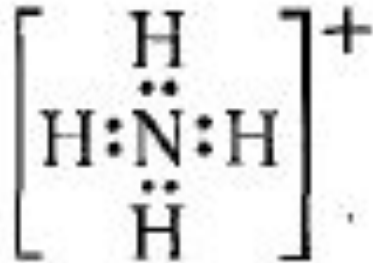
ион NH_4^+ и молекула NH_3



Валентность атома азота
– III

Пять электронов внешнего уровня занимают четыре орбитали - тип гибридизации – sp^3

ИОН NH_4^+



в ионе NH_4^+ все вершины тетраэдра заняты атомами водорода, так что этот ион имеет тетраэдрическую конфигурацию с атомом азота в центре тетраэдра

Только три орбитали принимают участие в образовании химической связи

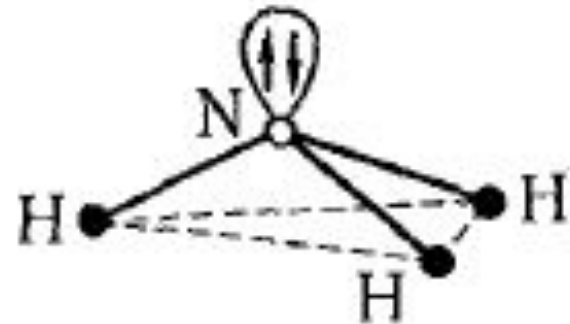
Тетраэдр без одной вершины превращается в пирамиду

Молекула NH_3

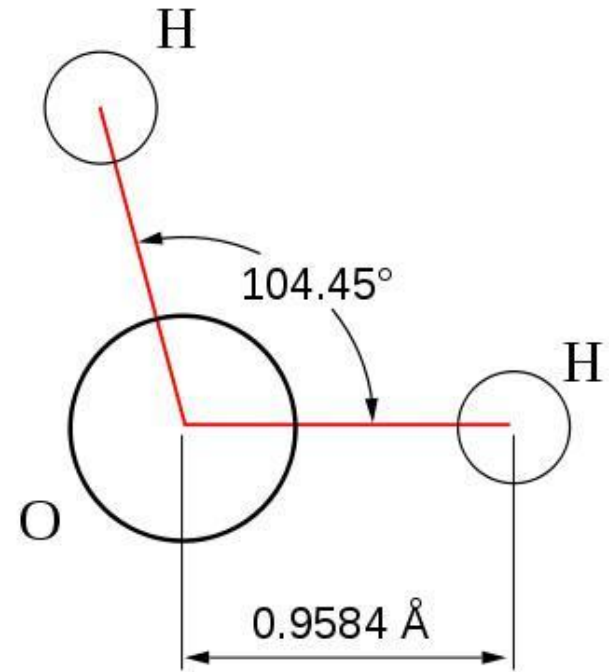
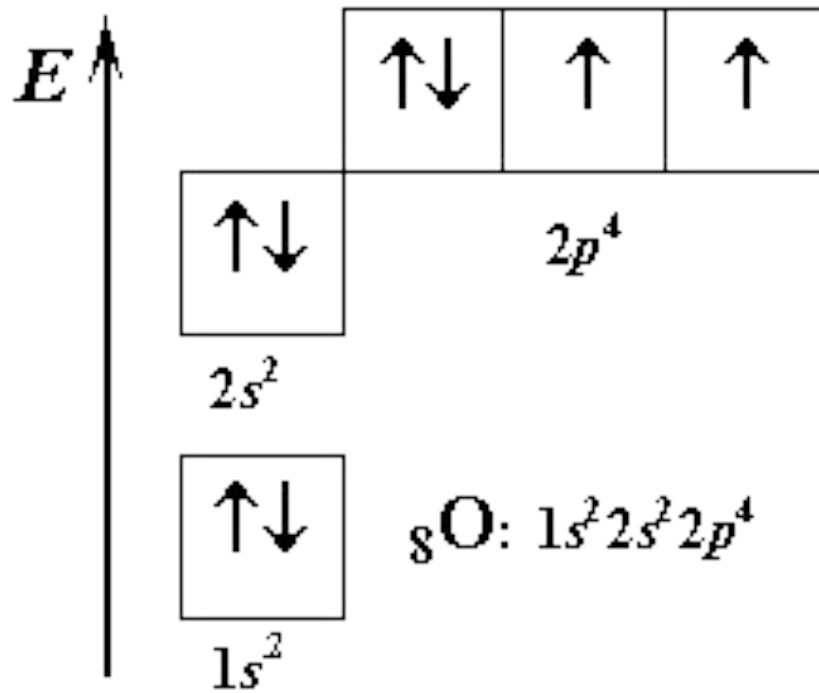
тригональная пирамида с атомом азота в ее вершине и атомами водорода в вершинах основания

- При образовании молекулы аммиака атомы водорода занимают только три вершины тетраэдра, а к четвертой вершине направлено электронное облако неподеленной электронной пары атома азота.

угол связи искажается до $107^\circ 30'$



Строение молекулы воды (H_2O)



- кислород находится в sp^3 гибридном состоянии,
- форма молекулы - угловая,
- угол связи составляет $104^\circ 45'$.

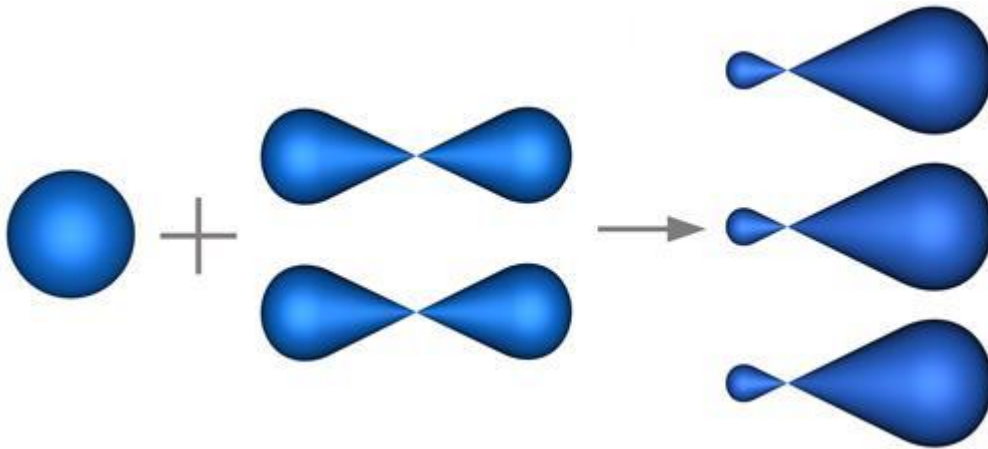
Примеры соединений, для которых характерна sp^3 -

гибридизация:

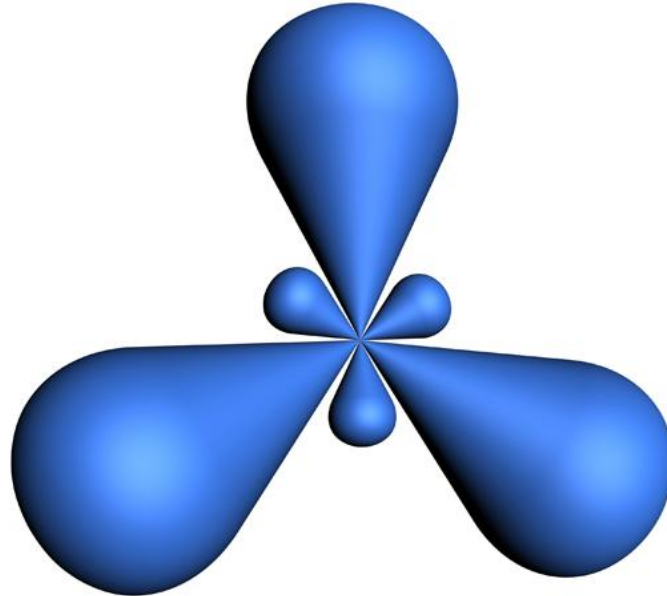
- H_2O , NH_3 , POCl_3 , SO_2F_2 , SOBr_2 , NH_4^+ , H_3O^+ .
- предельные углеводороды (алканы, циклоалканы) и др. органические соединения: CH_4 , C_5H_{12} , C_6H_{14} , C_8H_{18} и др.

sp^2 -Гибридизация

- **sp^2 -Гибридизация** – гибридизация, в которой участвуют атомные орбитали одного s - и двух p -электронов

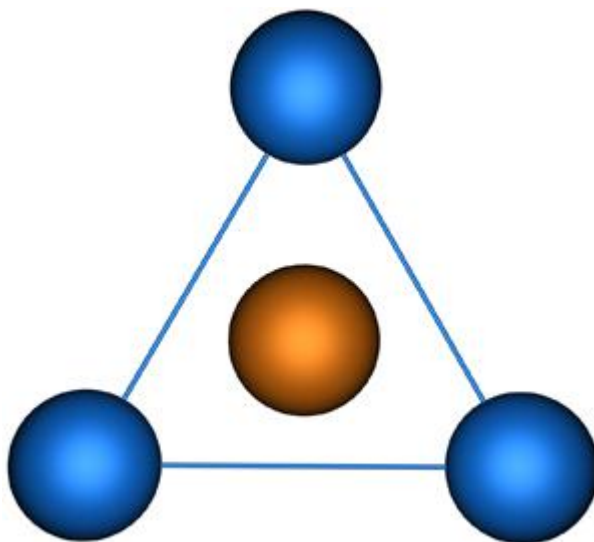


- образуются три гибридные sp^2 орбитали, расположенные в одной плоскости под углом 120° друг к другу



Пространственная конфигурация молекулы

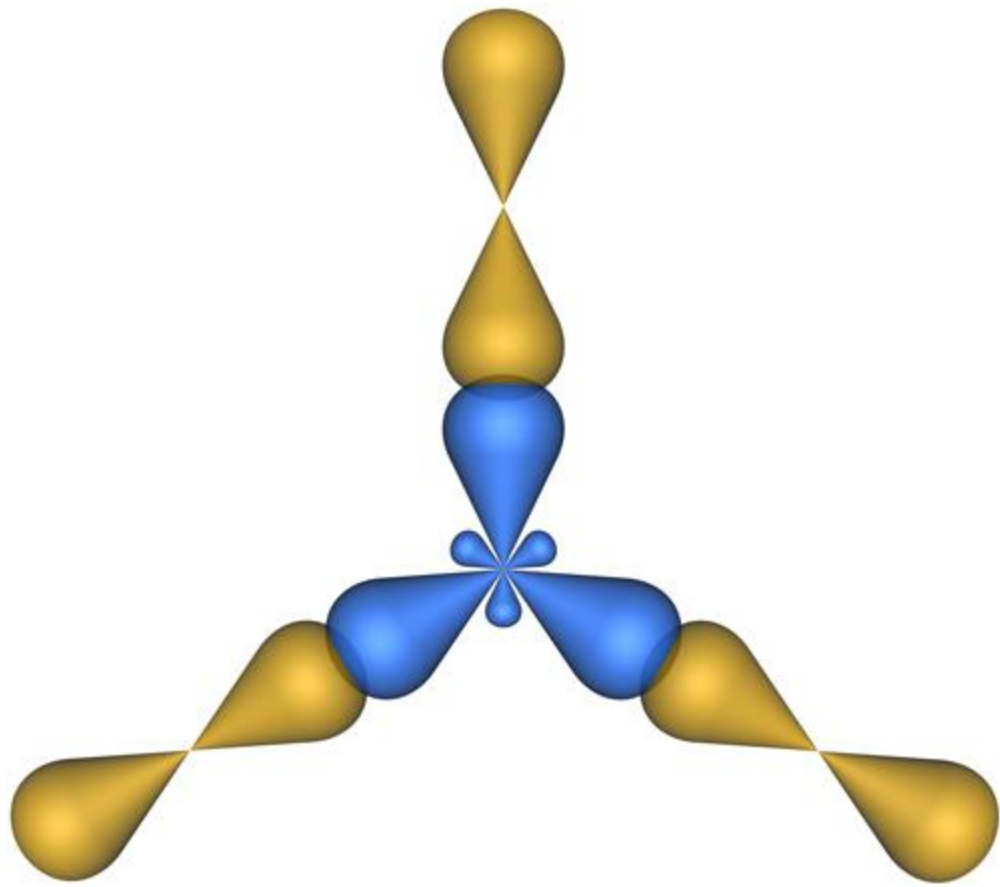
- центральный атом включает в себя sp^2 -гибридные орбитали



Модель молекулы BCl_3

${}_5\text{B}$

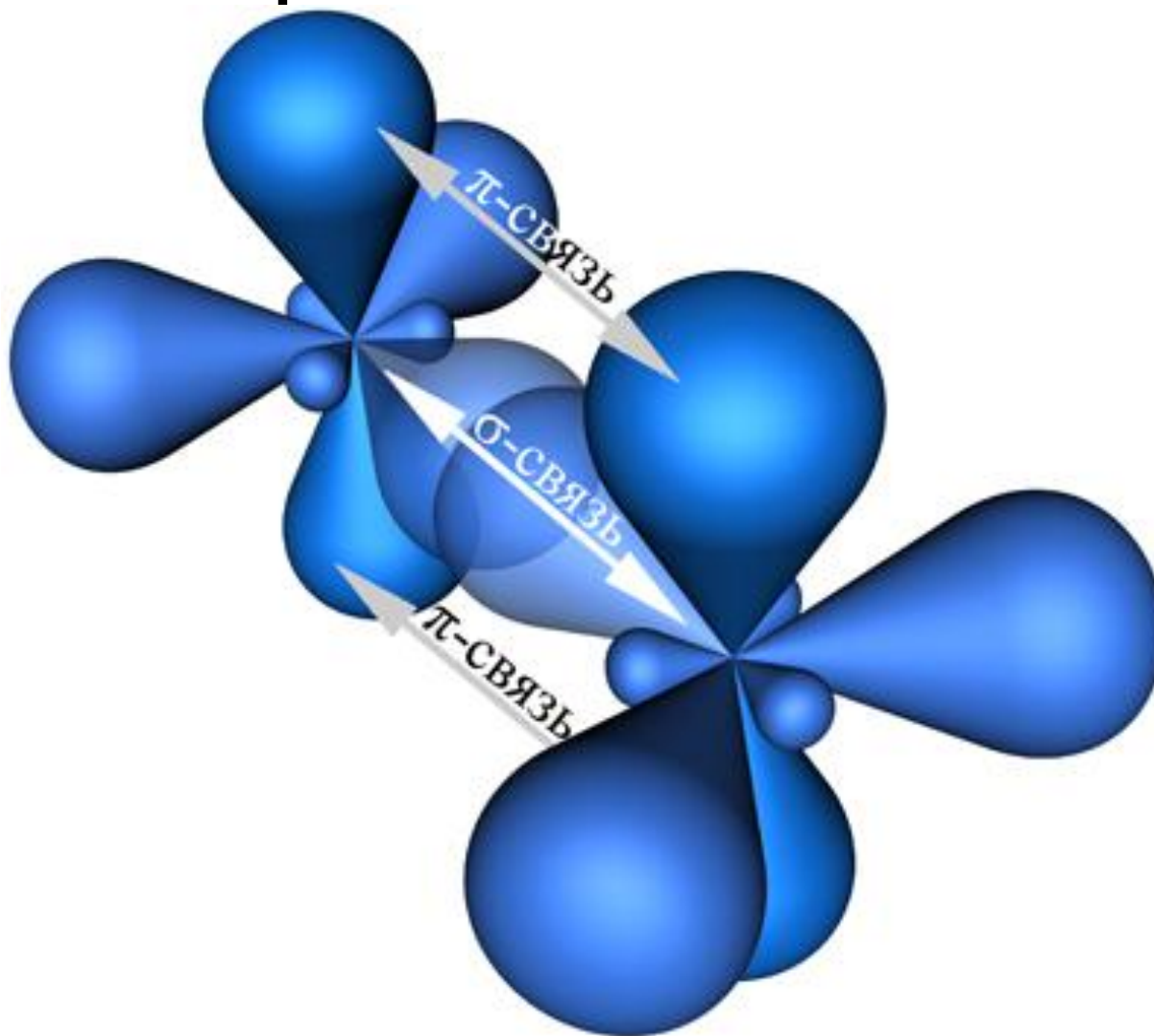
$1s^2 2s^2 2p^1$



- Атомы углерода, находящиеся во втором валентном состоянии (sp^2 -гибридизация) связаны друг с другом двойными химическими связями. При sp^2 -гибридизации атом углерода образует три σ -связи и одну π -связь с соседними атомами углерода



σ - и π -перекрывание орбиталей между атомами с sp^2 -гибридными орбиталями

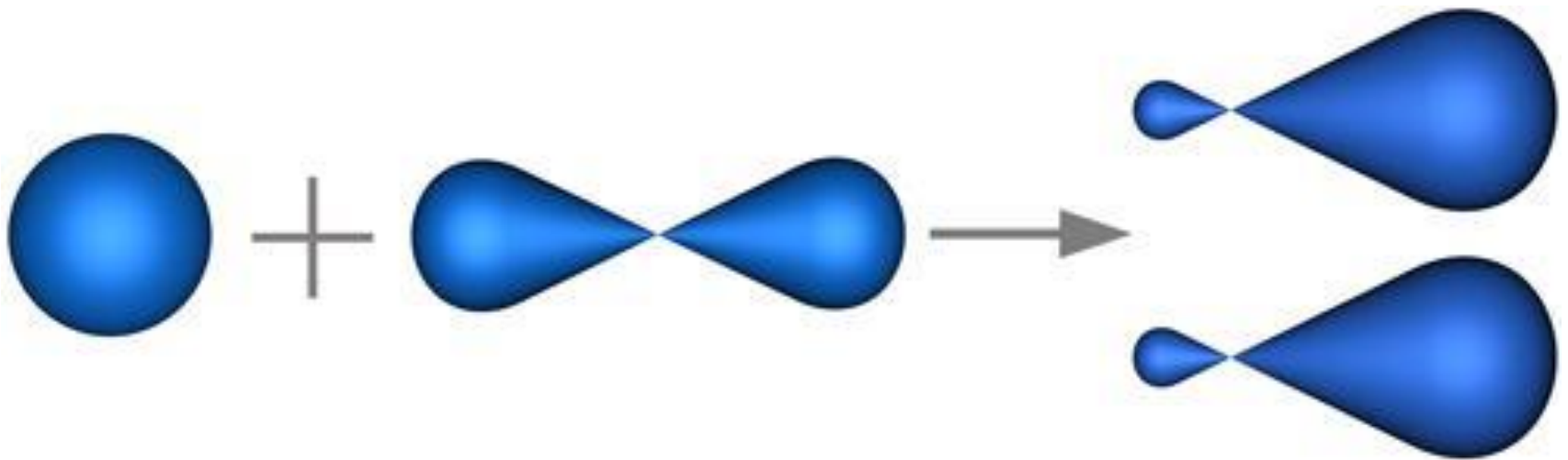


Примеры соединений, в которых наблюдается sp^2 -гибридизация:

- SO_3 , BCl_3 , BF_3 , $AlCl_3$, CO_3^{2-} , NO_3^- .
- все этиленовые углеводороды (алкены) (общая формула C_nH_{2n}), карбоновые кислоты и ароматические углеводороды (аренов) и др. органические соединения:
 C_2H_4 (этилен), C_4H_8 , C_6H_{12} , C_6H_6 (бензол),
 C_8H_{10} , C_9H_{12} , CH_3COOH , C_6H_5OH (фенол),
 CH_2O (формальдегид), $C_5H_9NO_4$
(глутаминовая кислота) и др.

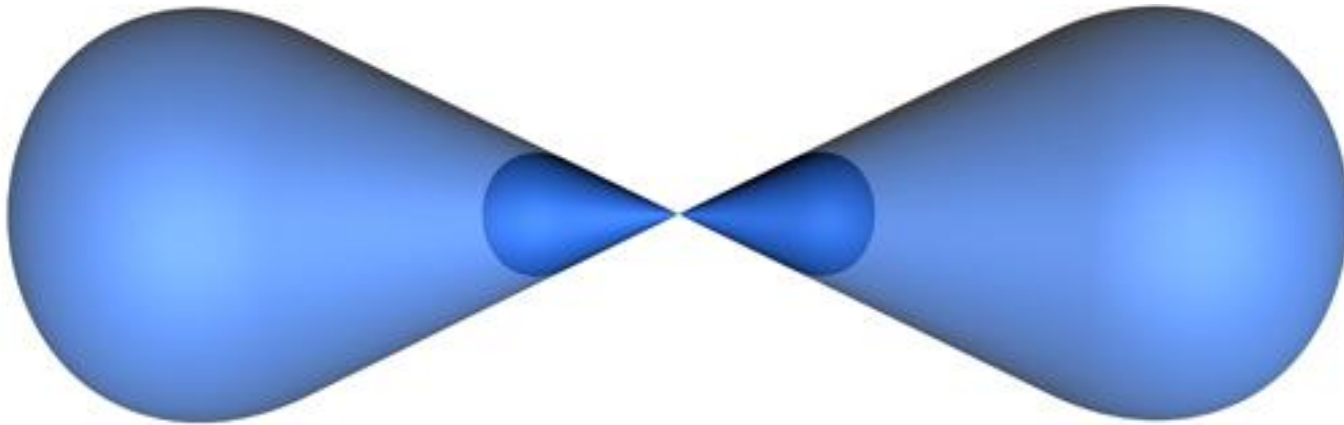
Образование sp -гибридных орбиталей

- ***sp-Гибридизация*** - это гибридизация, в которой участвуют атомные орбитали одного s - и одного p -электронов

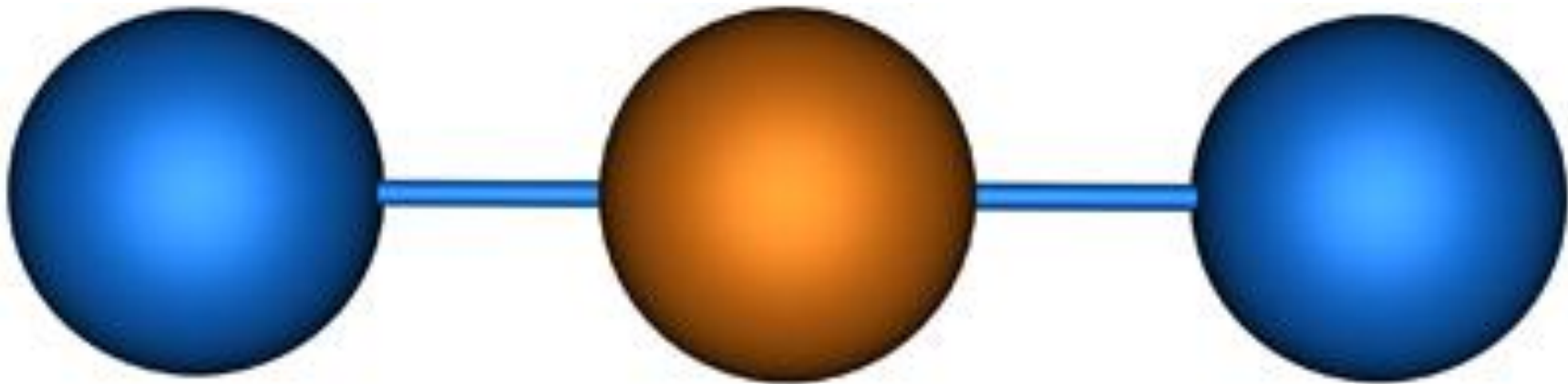


Модель атома с sp -гибридными орбиталями

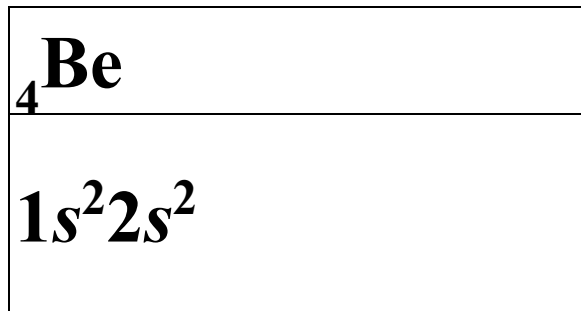
- образуются 2 гибридные орбитали, которые ориентируются друг к другу под углом 180°



Пространственная конфигурация
молекулы, центральный атом
которой включает *sp*-гибридные
орбитали



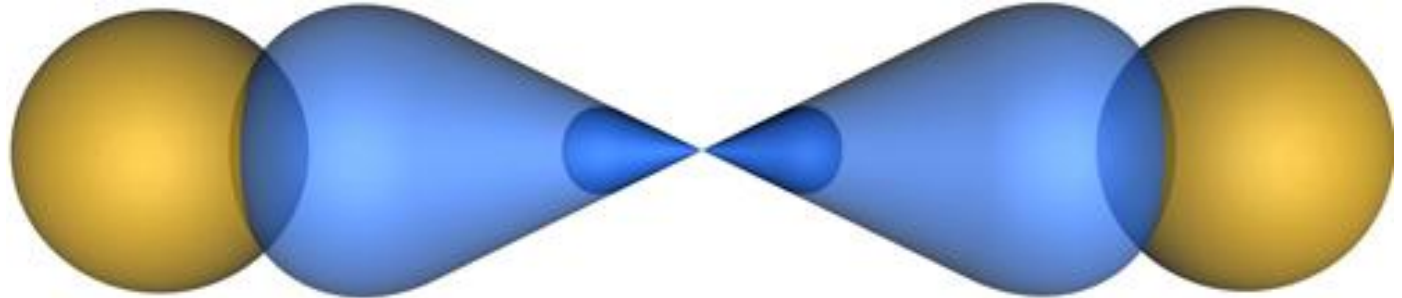
Переход атома берилия в возбужденное и гибридное состояния



Линейная форма молекулы



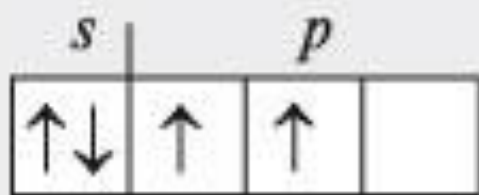
- атом бериллия образован гибридными *sp*-орбиталями



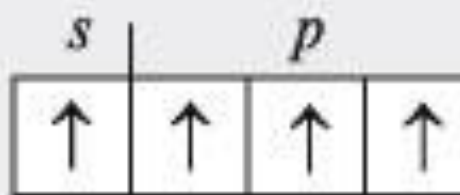
Примеры химических соединений, для которых характерна *sp*-гибридизация:

- BeCl_2 , BeH_2 , CO , CO_2 , HCN
- во всех ацетиленовых углеводородах (алкинах): C_2H_2 (ацетилен), C_4H_6 , C_6H_{10} и т. д. (общая формула алкинов $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$) и др. органических соединениях.

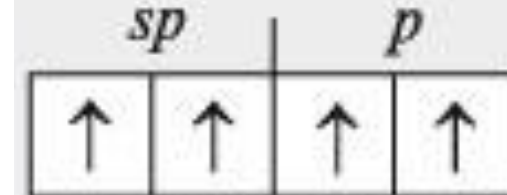
- В алкинах ***sp***-гибридизации подвергаются атомы углерода, соединяющиеся между собой **тройными связями**. При этом гибридные орбитали атомов углерода образуют две σ -связи с соседними атомами, а негибридные орбитали атомов углерода образуют две π -связи.



основное
состояние



возбужденное
состояние

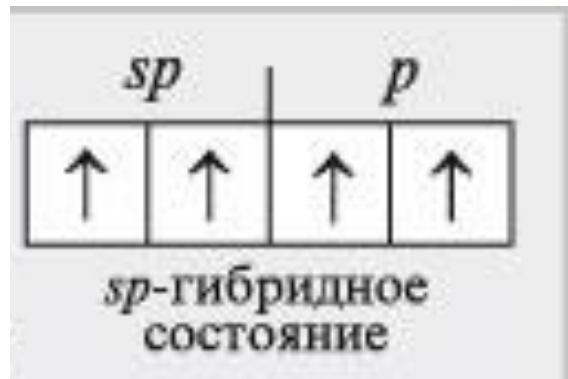
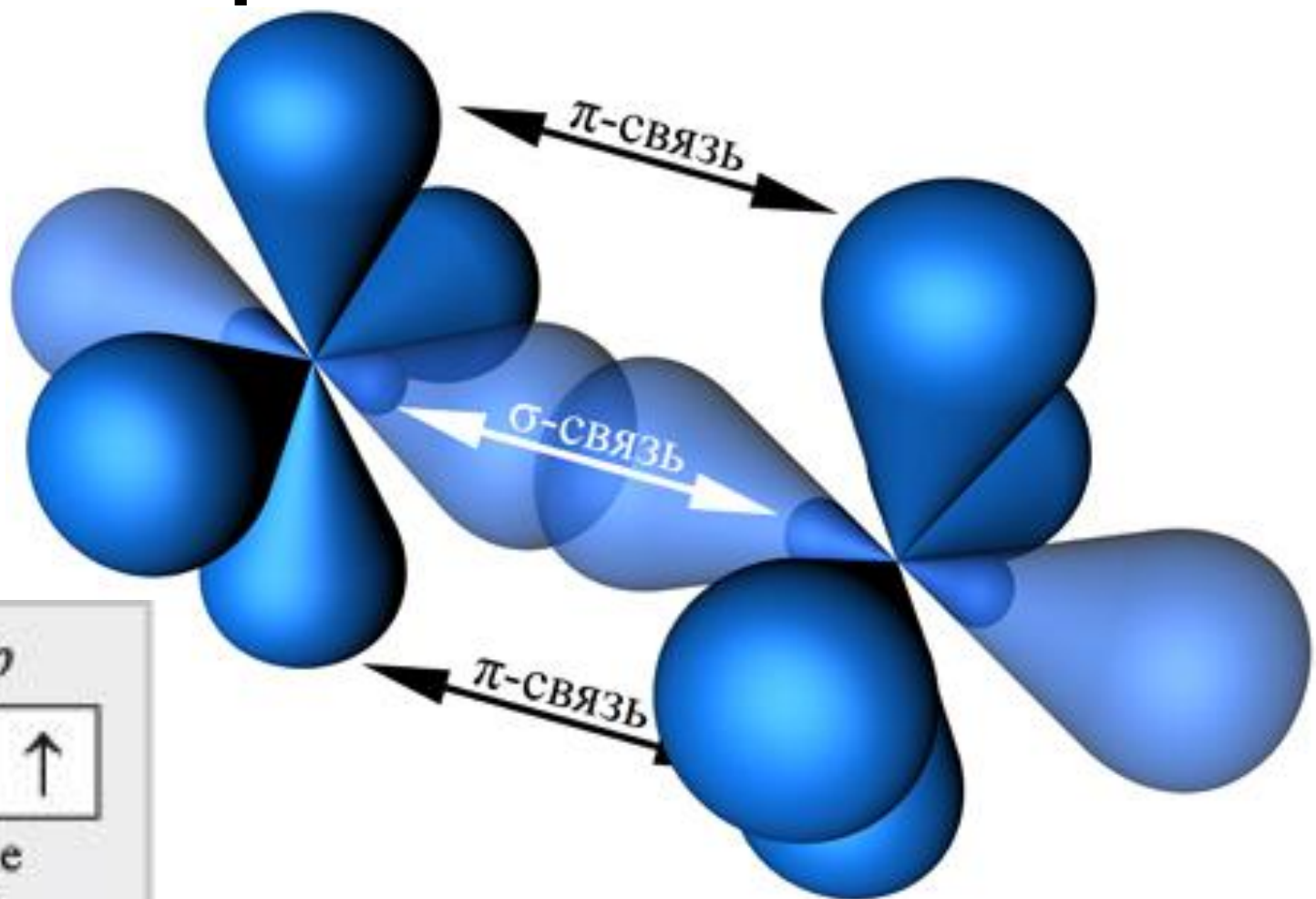


sp-гибридное
состояние

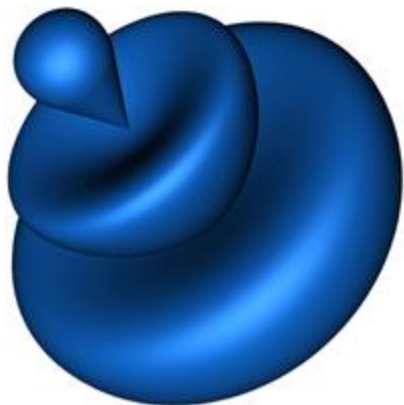
гибридные
орбитали

негибридные
орбитали

σ - и π -перекрывание орбиталей между атомами с sp -гибридными орбиталями







Возможные формы гибридной орбитали за счет комбинации s -, p - и d -атомных орбиталей



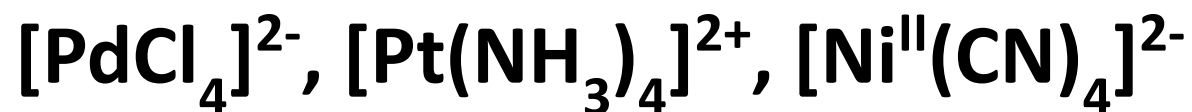
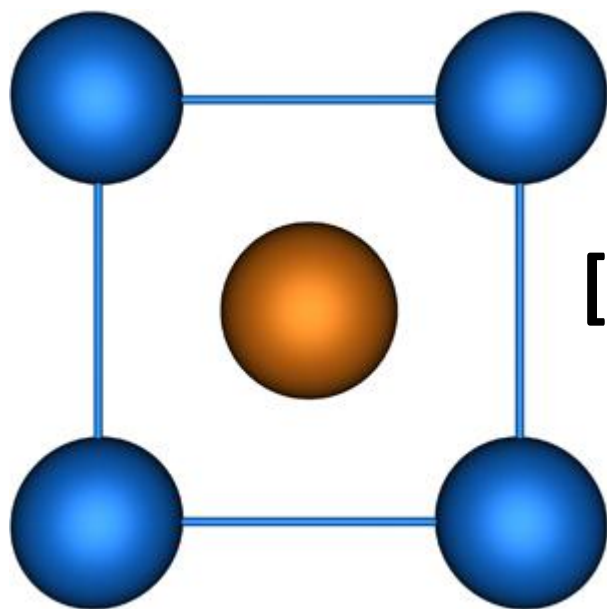
Форма этой орбитали зависит от магнитного квантового числа, характеризующего орбиталь.

Расположение гибридных орбиталей в атоме

sp	sp^2	sp^3	sp^3d^2	Вид гибридизации
2	3	4	6	Число гибридных облаков
				Направление ориентации гибридных облаков

- sp -гибридизация - электронные облака ориентируются в противоположных направлениях
- sp^2 -гибридизация — в направлениях, лежащих в одной плоскости и составляющих друг с другом углы в 120° (т. е. в направлениях к вершинам правильного треугольника),
- sp^3 -гибридизация — к вершинам тетраэдра (угол между этими направлениями составляет $109^\circ 28'$)
- sp^3d^2 — гибридизация — к вершинам октаэдра (т. е. по взаимно перпендикулярным направлениям).

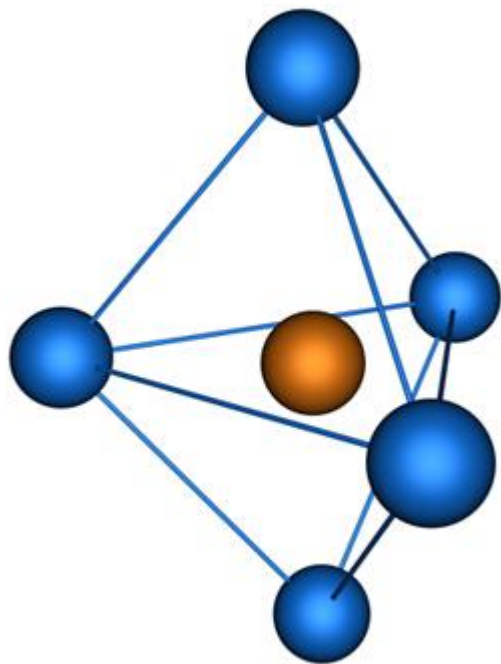
Тетрагональная пространственная конфигурация молекулы, центральный атом которой включает sp^2d -гибридные орбитали



- sp^2d -Гибридизация – тип гибридизации, в которой участвуют атомные орбитали одного s -, двух p - и одного d -электронов.

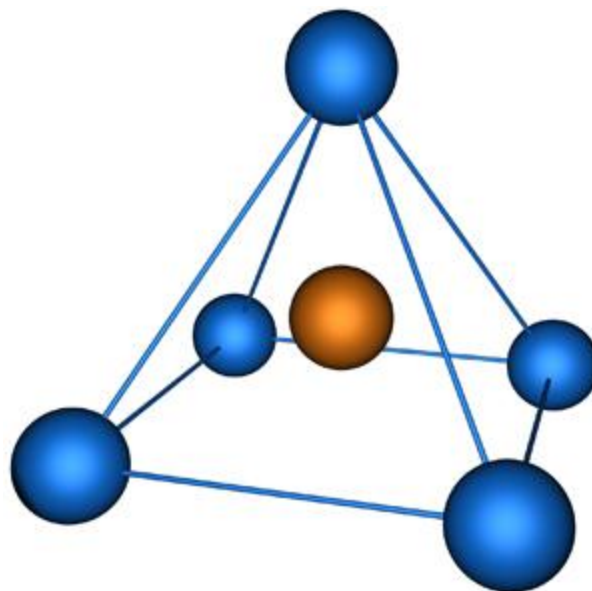
sp^3d -Гибридизация – тип гибридизации, в которой участвуют атомные орбитали одного s -, трех p - и одного d -электронов.

тригонально-
бипирамидальная



PF_5 , PCl_5 , SbCl_5 , $[\text{Fe}^0(\text{CO})_5]^0$

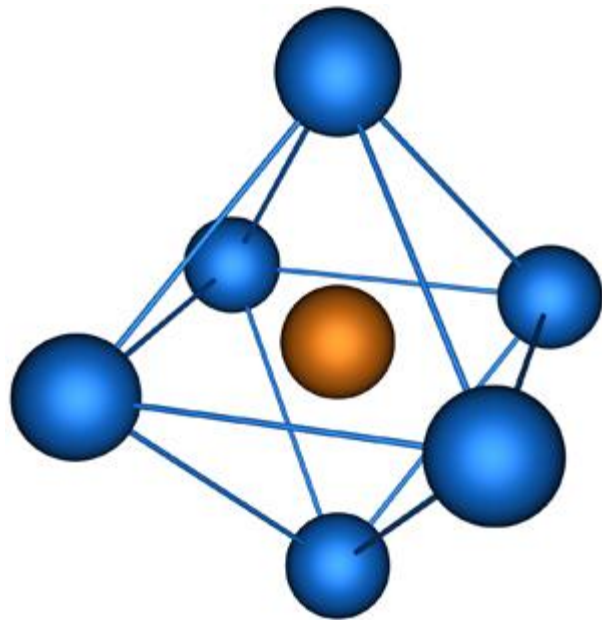
пирамидальная форму



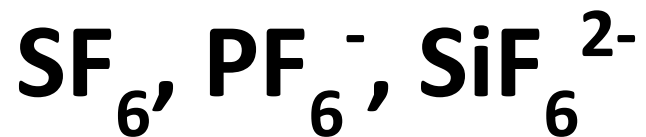
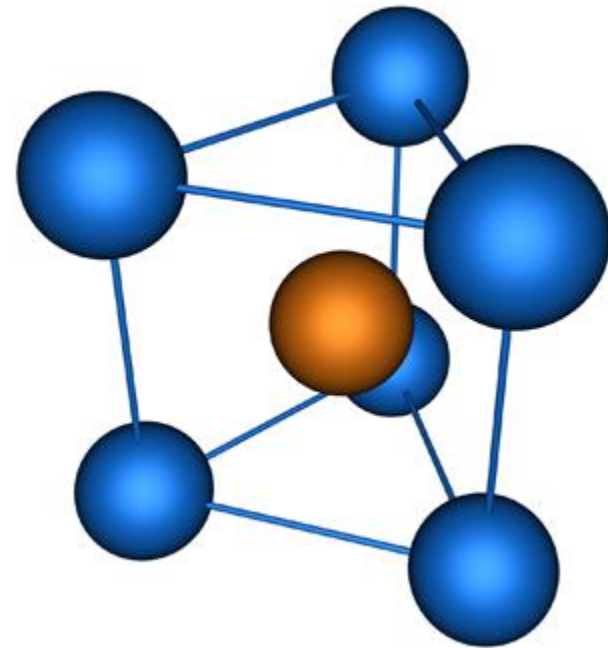
$\text{Sb}(\text{C}_6\text{H}_5)_5$

sp^3d^2 -Гибридизация - тип гибридизации, в которой участвуют атомные орбитали одного s -, трех p - и двух d -электронов

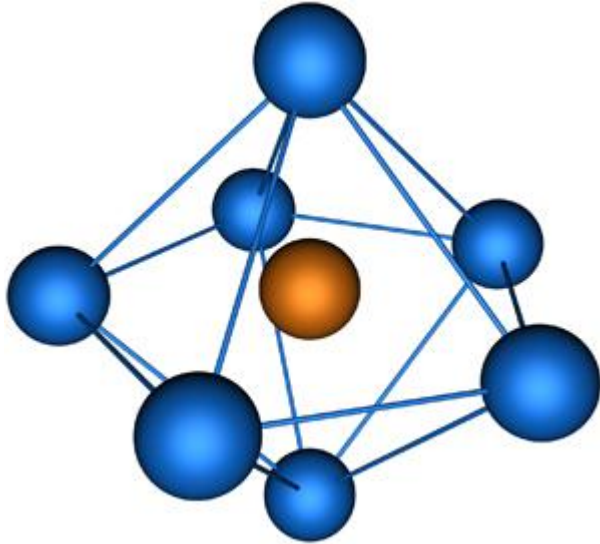
Октаэдрическая



Тригонально-призматическая



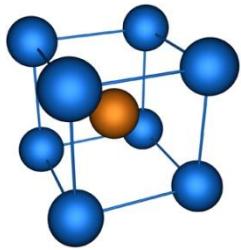
sp^3d^3 -Гибридизация - тип гибридизации, в которой участвуют атомные орбитали одного s -, трех p - и трех d -электронов.



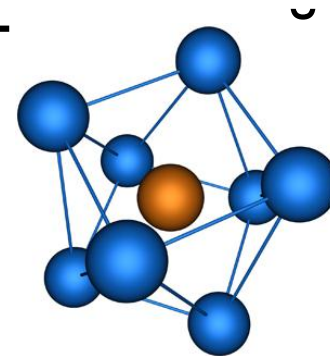
Пентагонально-бипирамидальная пространственная конфигурация молекулы XeF_6 , IF_7 , ZrF_7^{3-} , UF_7^{3-}

sp^3d^4 -Гибридизация - тип гибридизации, в которой участвуют атомные орбитали одного s -, трех p - и четырех d -электронов.

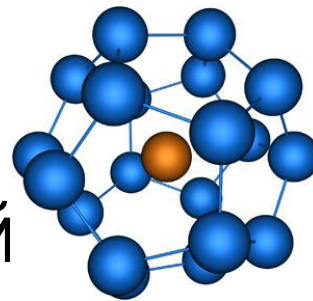
- Пространственная конфигурация молекулы может быть кубической (PbF_8^{4-}),

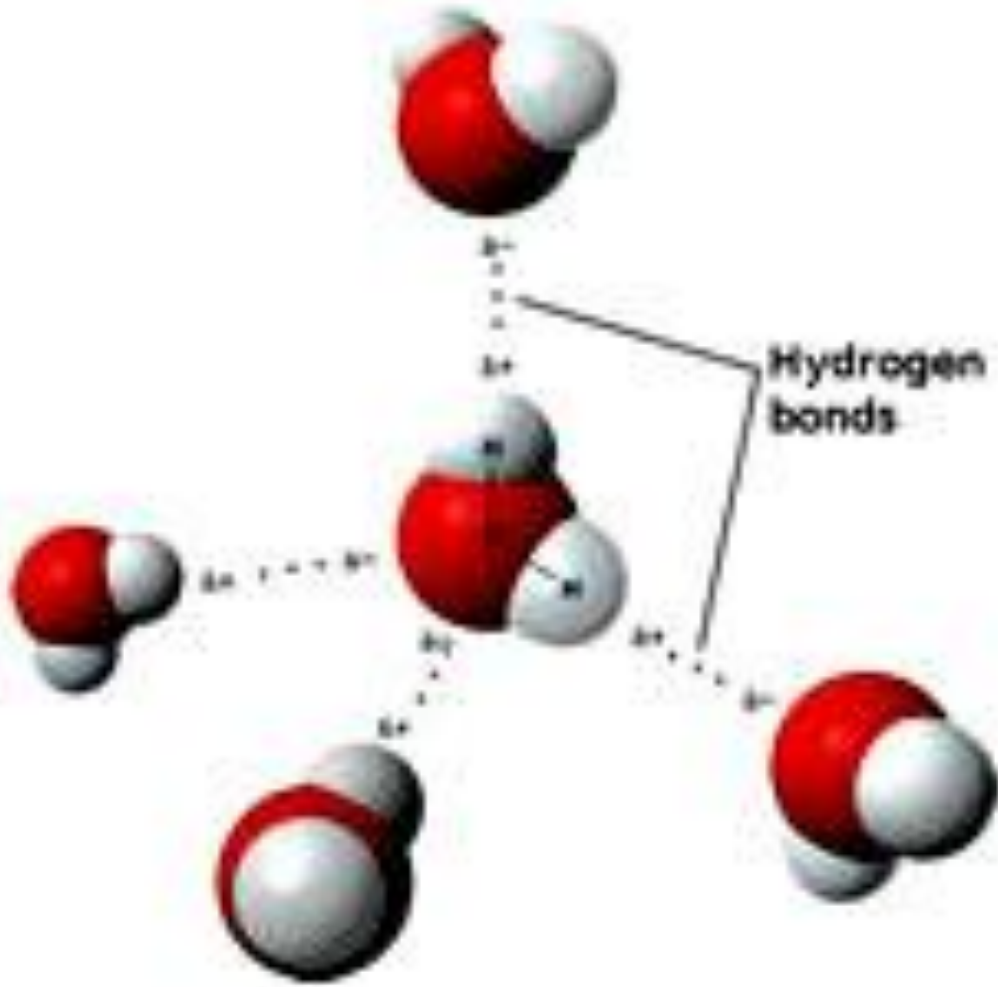


- тетрагонально-антипризмат (TaF_8^{3-})

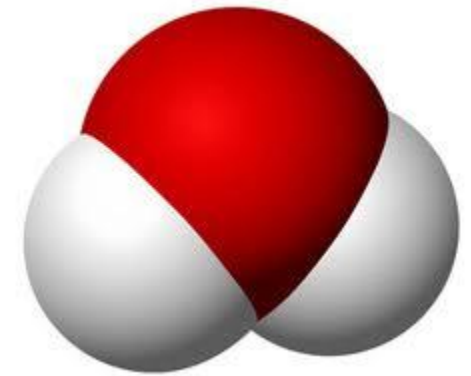
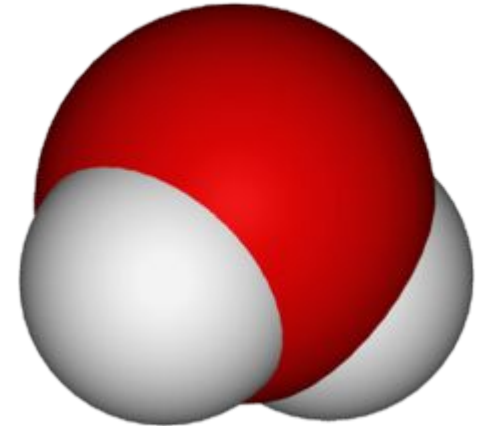
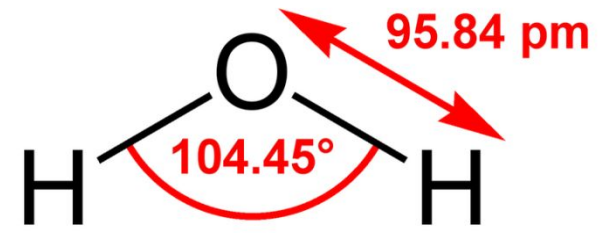


- додекаэдрической



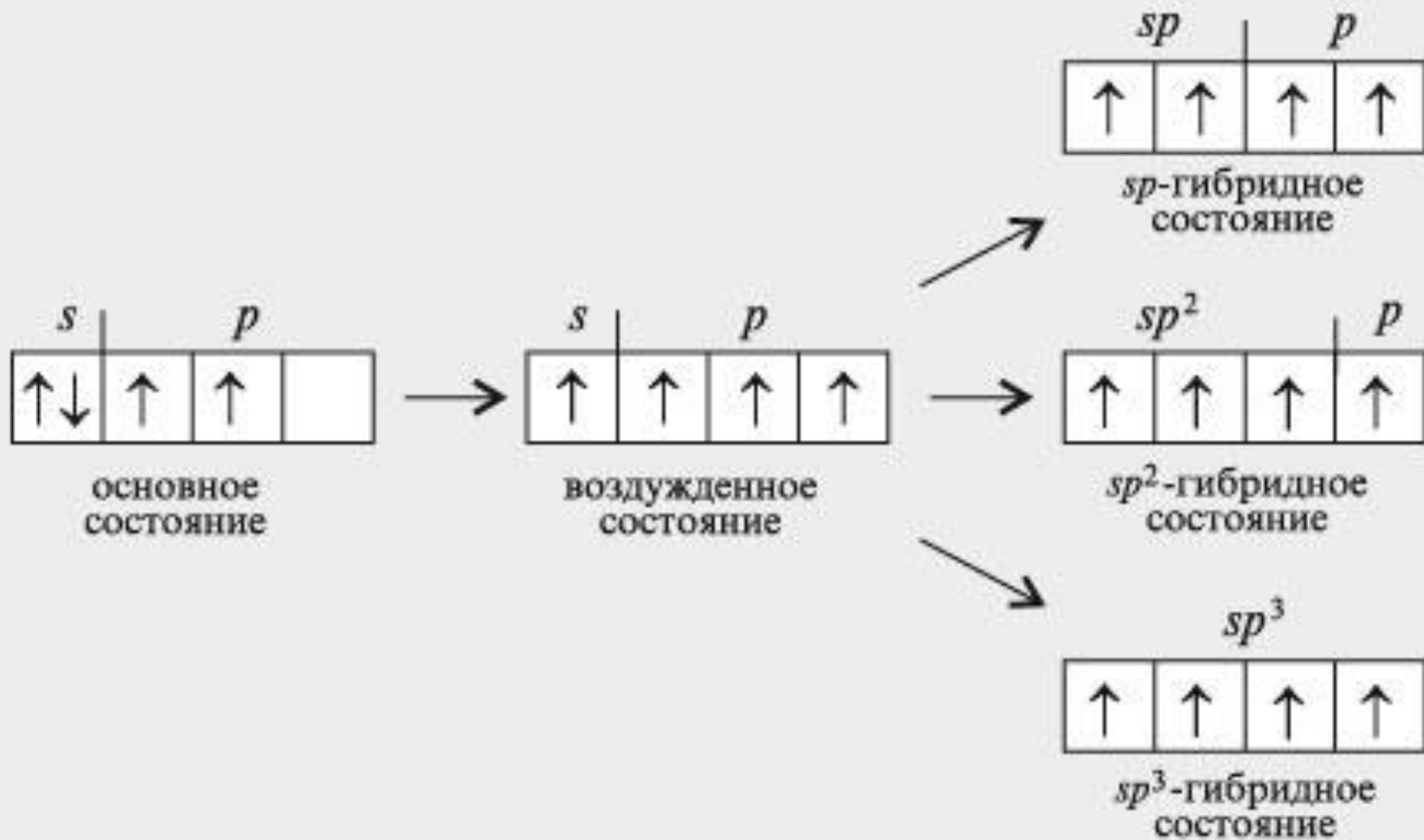


Hydrogen bonds in water

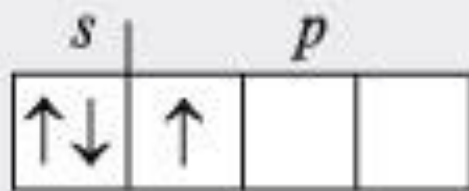


₃Li	₄Be	₅B	₆C	₇N	₈O	₉F	₁₀Ne
1s²	1s²2s	1s²2s²	1s²2s²	1s²2s²	1s²2s²	1s²2s²	1s²2s²
2s¹	2	2p¹	2p²	2p³	2p⁴	2p⁵	2p⁶

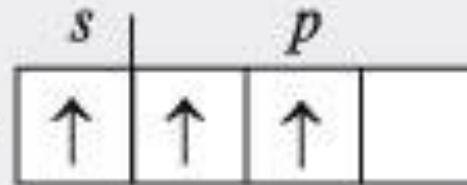
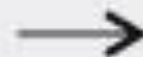
Переход атома углерода в возбужденное и гибридное



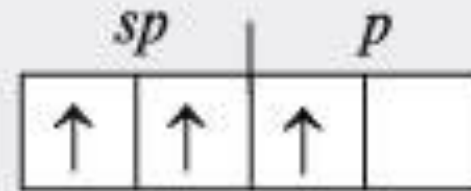
Переход атома бора в возбужденное и гибридное состояние



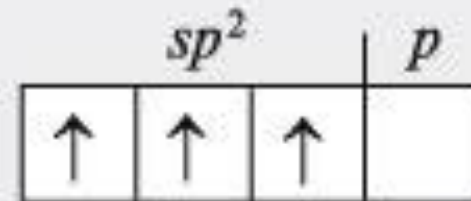
ОСНОВНОЕ
СОСТОЯНИЕ



ВОЗБУЖДЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ



sp -гибридное
состояние



sp^2 -гибридное
состояние