

Особая роль атома углерода в химии

Атом углерода обладает неповторимыми и уникальными свойствами. В периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева углерод располагается в четвёртой группе второго периода. В возбужденном состоянии, в котором атом углерода вступает в химические взаимодействия, он не имеет на валентной (внешней) оболочке ни электронных пар, ни вакантных орбиталей (рис.1). По этой причине углерод не способен к образованию дополнительных связей по донорно-акцепторному механизму и не в состоянии расширить свои валентные возможности. Валентность углерода остается равной четырем.

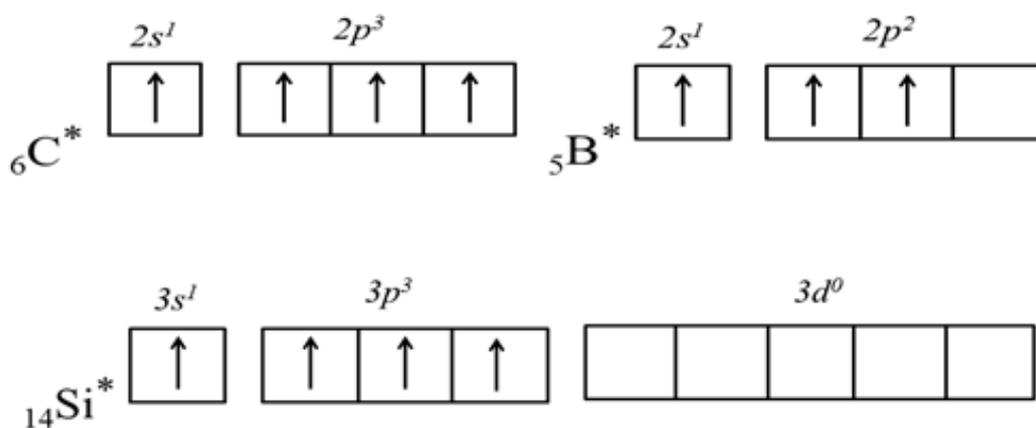


Рисунок 1. Электронное строение внешних оболочек атомов углерода, бора и кремния в возбужденном состоянии

В отличие от атома углерода его ближайшие «соседи» по периодической системе, атомы бора и кремния, в возбужденном состоянии имеют вакантные $2p$ - и $3d$ -орбитали соответственно (рис.1), а атом азота – неподеленную электронную пару (рис.2), что способствует образованию дополнительных химических связей.

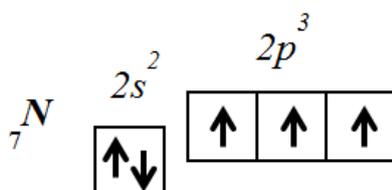


Рисунок 2. Электронное строение внешней оболочки атома азота

Особое состояние электронной оболочки атома углерода приводит к высокой прочности насыщенных соединений углерода с

водородом, т. н. *углеводородов*, состава CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 и т. д. В то время как гидриды бора и кремния (BH_3 и SiH_4), напротив, очень неустойчивы и реакционноспособны. Нитрид водорода NH_3 (аммиак), имеющий свободную электронную пару, также проявляет высокую химическую активность. Поэтому только в соединениях углерода, использовавшего все четыре валентных электрона для образования σ -связей, возникают стабильные состояния без свободного химического средства.

Уникальное строение электронной оболочки атома углерода обуславливает также высокую прочность ковалентно связанных углерод-углеродных цепей как линейных ... $-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$..., так и

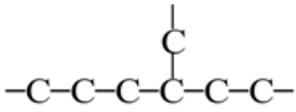
разветвленных ...  ... Углеродные цепи, называемые также *углеродными скелетами*, могут достигать длины порядка сотен тысяч атомов, что обеспечивает бесчисленное количество каркасов молекул. Из сопоставления значений энергий гомоядерных связей (таблица 1) очевидно, что атомы углерода образуют между собой наиболее прочные связи по сравнению с другими элементами. Именно поэтому углеродные цепочки значительно устойчивее, чем цепочки, составленные из других видов атомов. Благодаря особой прочности связей $\text{C}-\text{C}$ углеродные скелеты молекул остаются неизменными в большинстве химических реакций.

Таблица 1

Энергии гомоядерных связей

Химическая связь	C-C	N-N	O-O	Si-Si	P-P	S-S
Энергия связи, кДж/моль	348	163	146	226	201	264

Кроме того, атомы углерода образуют между собой разные виды связей: одинарные (простые, или ординарные), двойные и тройные. Энергия связи между атомами заметно растет при увеличении кратности (таблица 2).

Энергии связей углерод-углерод

Химическая связь	C–C	C=C	C≡C
Энергия связи, кДж/моль	348	612	838

Именно разнообразием углеродных скелетов и типов химических связей между атомами углерода объясняется огромное число известных к настоящему времени соединений углерода, а также большое количество его аллотропных форм. Из них две формы – алмаз и графит – известны человечеству с незапамятных времен, а молекулярная форма (фуллерены) и наноформы (наноалмаз и нанотрубки) открыты всего несколько десятилетий назад.

И, наконец, еще одна важная особенность углерода, которая делает его незаменимым в живой материи. Все важнейшие жизненные функции невозможны без наличия сопряженных, или резонансных молекулярных систем с характерным для них явлением делокализации электронов. Только углерод обладает этим уникальным свойством, которое особенно ярко проявляется в биологических катализаторах – ферментах и лежит в основе механизма их действия в живом организме. В связи с отсутствием этой особенности кремний, столь близкий к углероду по способности образовывать ковалентные связи и давать бесчисленные множества каркасов молекул, не может служить основой для структурных элементов живой материи.

Таким образом, все перечисленные особенности атома углерода определяют, прежде всего, сущность органической материи, поэтому, говорят, что на планете Земля жизнь углеродная.