

Кубанский государственный аграрный
университет

Кафедра неорганической и аналитической химии

Углерод

Костенко Е.С.,
Пестунова С.А.,
Кайгородова Е.А.

Краснодар 2012



C	6
УГЛЕРОД	
12,011	
$2s^2 2p^2$	$\begin{smallmatrix} 4 \\ 2 \end{smallmatrix}$

Углерод (лат. Carboneum) – химический элемент IV группы главной подгруппы 2 периода периодической системы элементов. Неметалл

Символ	C	Валентный уровень	$2s^2 2p^2$
Атомная номер	6	Радиус атома	91 пм
Атомная масса	12,011 а.е.м.	Электроотрицательность	2,55

Изотопы

Природный углерод состоит из двух стабильных изотопов ^{12}C (98,93%) , ^{13}C (1,07%) и одного радиоактивного изотопа ^{14}C (β-излучатель, $T_{1/2} = 5730$ лет)

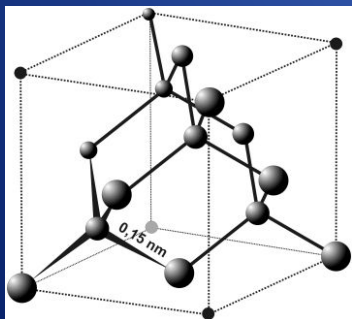
Физические свойства

Углерод существует во множестве аллотропных модификаций с очень разнообразными физическими свойствами. Разнообразие модификаций обусловлено способностью углерода образовывать химические связи разного типа.

Аллотропные модификации углерода

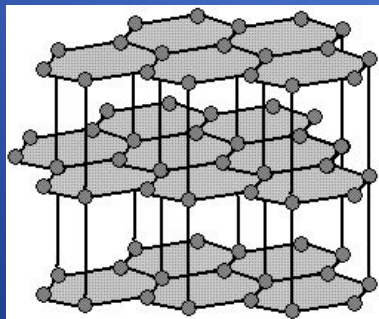
Алмаз

sp^3 -гибридизация, прочные ковалентные тетраэдрические σ -связи
изолятор
плотность 3,47-3,55 г/см³
твердость 10



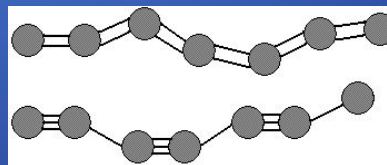
Графит

sp^2 -гибридизация, слоистая структура, большое расстояние и непрочные связи между слоями
хорошая электропроводность
плотность 2,09-2,23 г/см³
твердость 1-2



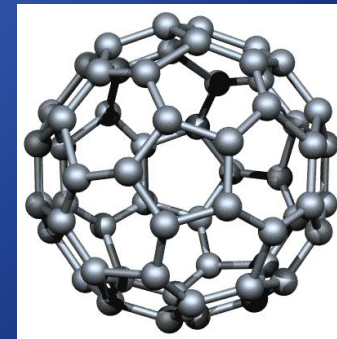
Карбин

sp -гибридизация, линейный полимер, твердое вещество
Состоит из углеродных фрагментов
 $-C\equiv C-C\equiv C-$ или $=C=C=C=C=$
плотность 1,9-2 г/см³, полупроводник



Фуллерит

Состоит из фуллеренов C₆₀, C₇₀, имеющих форму сферы, между молекулами фуллерена в кристалле фуллерита присутствует ван-дер-ваальсовская связь
плотность 1,7 г/см³



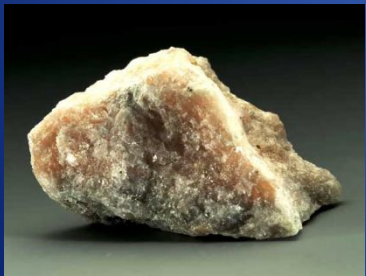
Распространенность

Содержание углерода в земной коре 0,48% по массе. Свободный углерод находится в природе в виде алмаза и графита.

Основная масса углерода встречается в виде природных карбонатов (известняки и доломиты), горючих ископаемых - антрацит (94-97% C), бурые угли (64-80% C), каменные угли (76-95% C), горючие сланцы (56-78% C), нефть (82-87% C), природные горючие газы (до 99% CH_4), торф (53-62% C).

В атмосфере и гидросфере углерод находится в виде CO_2 , в воздухе содержится 0,046% CO_2 по массе, в водах рек, морей и океанов примерно в 60 раз больше.

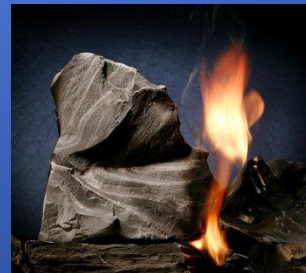
Углерод входит в состав растений и животных (около 18%)



известняк



антрацит



горючие
сланцы



торф

Получение

Элементарная природа углерода установлена Антуаном Лавуазье в конце 1780-х гг.

Самый чистый углерод (сажа) образуется при крекинге метана:



Антуан Лоран
Лавуазье

Технический углерод получают при нагревании древесины или каменного угля без доступа воздуха. Из древесины получают древесный уголь и активированный уголь, а из каменного угля – кокс.



Химические свойства

Углерод – химически малоактивен

На холоду реагирует только со фтором: $\text{C} + 2 \text{F}_2 = \text{CF}_4$

Углерод проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства

Восстановительные свойства	Окислительные свойства
1. $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ – ниже 500°C	1. $2\text{C} + \text{Ca} = \text{CaC}_2$
2. $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ – выше 1200°C	2. $3\text{C} + \text{CaO} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$
$\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ – около 1000°C	3. $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$
3. $\text{C} + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{CO}$ – при нагревании	
4. $3\text{C} + 4\text{HNO}_{3(\text{конц})} = 3\text{CO}_2 + 4\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	

Соединения углерода в ст. ок. - 4

Углеводороды (CH_4 , C_2H_2 , C_6H_6) – самый обширный класс соединений углерода в степени окисления -4.

Взаимодействие углерода с металлами, или оксидами металлов приводит к образованию **карбидов**.

Различают 2 группы карбидов:

1. **Карбиды металлического характера** - карбиды переходных металлов, например Fe_3C . Им присуща электронная проводимость, металлический блеск, химическая инертность, термостойкость.
2. **Ионные карбиды** – образованы более электроположительными металлами. Бесцветны, прозрачны, не проводят электрический ток. Ионные карбиды подвергаются полному гидролизу:



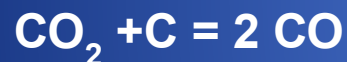
Оксид углерода (II), CO

Оксид углерода (II), CO (угарный газ) – бесцветный газ, без запаха, плохо растворим в воде. CO – ядовит, так как соединяется с гемоглобином крови.



Наличие тройной связи в молекуле CO обуславливает высокую прочность молекулы ($E = 1080$ кДж/моль). Длина связи составляет 112,8 пм.

Получение



Нагревание без
доступа воздуха

В лаборатории CO получают действуя конц. H_2SO_4 на HCOOH или $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

CO – несолеобразующий оксид.

В промышленности используется как восстановитель



Оксид углерода (IV), CO₂

Оксид углерода (IV), CO₂ (углекислый газ) – бесцветный негорючий газ, значительно тяжелее воздуха, со слабым кисловатым запахом и вкусом



Атом С связан полярными ковалентными связями с двумя атомами углерода. Молекула имеет симметричное линейное строение, поэтому в целом неполярна

Получение

1. Разложение карбонатов и гидрокарбонатов: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2$

2. Сжигание угля и других видов топлива: $\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3. Действие сильных кислот на карбонаты и гидрокарбонаты:



4. Спиртовое брожение глюкозы:



Химические свойства CO₂

CO₂ — кислотный оксид, химически довольно инертен

1. Взаимодействие с водой: при растворении в воде около 1 % молекул CO₂ взаимодействует с водой, образуя очень слабую угольную кислоту:



2. Взаимодействие со щелочами и основными оксидами:



3. Взаимодействие с водными растворами солей, образованных кислотами более слабыми, чем H₂CO₃: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$

4. При высокой температуре CO₂ реагирует с очень активными металлами, а также другими сильными восстановителями:



5. Синтезы с участием CO₂:

а) синтез мочевины (карбамида): $\text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3 = \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$

б) получение пищевой соды по методу Сольвэ:



Угольная кислота и карбонаты

H_2CO_3 – слабая 2-х основная кислота. Диссоциирует ступенчато с образованием гидрокарбонат- и карбонат-анионов:



Растворимые в воде карбонаты щелочных металлов и аммония подвергаются гидролизу ($\text{pH} > 7$): $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{NaHCO}_3$

Химические свойства карбонатов

1. Карбонаты при нагревании разлагаются: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$
2. Кислоты разлагают карбонаты, вытесняя из них угольную кислоту в виде H_2O и CO_2 : $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
3. При пропускании CO_2 в растворы карбонатов происходит образование кислых солей: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$

В природе происходит медленное растворение известняков под действием атмосферных осадков и CO_2 : $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Гидрокарбонаты

Катионы NH_4^+ , щелочных и щелочноземельных металлов, а также некоторые 2-х-зарядные катионы образуют соли с анионом HCO_3^- . Все они хорошо растворимы в воде (кроме NaHCO_3).

При кипячении растворов гидрокарбонатов происходит их превращение в карбонаты или гидроксиды металлов с отщеплением CO_2 :



Качественная реакция на карбонат анионы

1. Распознавание карбонатов в виде твердых веществ производят с помощью разбавленных растворов HCl и H_2SO_4 . Выделяющийся при этом CO_2 определяют по помутнению известковой воды:



2. Распознавание карбонат-анионов в растворе можно осуществить введением катионов Ca^{2+} , что приводит к выпадению в осадок нерастворимого CaCO_3 .

Применение

Графит:

- используется в карандашной промышленности
- используют в качестве смазки при особо высоких или низких температурах

Алмаз:

- благодаря своей твердости используется как абразивный материал
- ограненные алмазы – бриллианты используются в качестве драгоценных камней и ювелирных украшений

В фармакологии и медицине широко используются различные соединения углерода – производные угольной кислоты и карбоновых кислот: карболен (активированный уголь), применяется для абсорбции и выведения из организма различных токсинов; графит(в виде мазей) используют для лечения кожных заболеваний

Углерод является составляющей частью стали (до 2,14 % масс.) и чугуна (более 2,14 % масс.)

Углерод в виде ископаемого топлива: угля, нефти, природного газа - важнейший источник энергии

Биологическая роль

Углерод является основой всех органических веществ. Любой живой организм состоит в значительной степени из углерода. Углерод — основа жизни. Источником углерода для живых организмов обычно является CO_2 из атмосферы или воды.

В результате фотосинтеза он попадает в биологические пищевые цепи, в которых живые существа поедают друг друга или останки друг друга и тем самым добывают углерод для строительства собственного тела. Биологический цикл углерода заканчивается либо окислением и возвращением в атмосферу, либо захоронением в виде угля или нефти.

Фотосинтез

CO_2 — биохимически активное вещество: в листьях растений на свету из CO_2 и H_2O образуются углеводы и кислород:

