

КАРБОН

Будова речовини. Відомо кілька алотропних модифікацій простої речовини вуглецю. До них належать *алмаз, графіт, карбін і букибол*. Це тверді речовини з атомною кристалічною ґраткою, які різняться будовою кристалів і фізичними властивостями. Внаслідок того, що у збудженому стані у карбоні відбувається перехід електрона з 2s енергетичного підрівня на 2p енергетичний підрівень, то валентних електронів стає 4. $1s^2 2s^2 2p^2 \rightarrow 1s^2 2s^1 2p^3$.

В умовах sp^3 -гібридизації стає можливим утворення карбоном чотирьох рівноцінних ковалентних зв'язків, тетраедрично напрямлених у просторі.

Поширення у природі. Карбон – типовий елемент IV групи періодичної системи. Атомна маса домінуючого стабільного ізотопу ${}^{12}_6\text{C}$ дорівнює 12 (близько 99% по масі в природній пляяді ізотопів). Другий стабільний ізотоп ${}^{13}_6\text{C}$ мало поширений – 1%. Поміж радіоактивних ізотопів найважливіший ${}^{14}_6\text{C}$, період піврозпаду якого рівний 5720 років.

У природі Карбон трапляється у зв'язаному та вільному станах (алмаз, графіт, карбін). Карбін нещодавно було знайдено в мінералі *чаоїті*.

Солі вугільної кислоти є в мінералах, наприклад *кальциті (вапняк)* CaCO_3 і *доломіті* $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$. У повітрі міститься карбон (IV) оксид CO_2 . Карбон – складова частина рослинних і тваринних організмів, а також вугілля, нафти, торфу.

Карбон атмосферного карбон (IV) оксиду у процесі фотосинтезу засвоюється рослинами. Внаслідок цього утворюються органічні речовини та виділяється кисень. Із рослин Карбон надходить в організми тварин. Кам'яне вугілля, нафта, природні гази утворені рештками рослин і тварин. Під час дихання рослин і тварин, згоряння кам'яного вугілля, нафти, горючих газів, виверження вулканів, а також із мінеральних джерел вуглець у вигляді карбон (IV) оксиду повертається в атмосферу. Під час вивітрювання гірських порід атмосферний карбон (IV) оксид зв'язується і потрапляє до складу мінералів. Атоми Карбону в природі постійно переходять з одних речовин в інші.

Характеристика карбону

Біологічна роль	Поширеність	Геологічні відомості
Входить до складу ДНК. Вміст в організмі людини: м'язи – 67%, кістки – 36%. Щоденно з їжею споживається 300 г вуглецю. Звичайно карбон не токсичний. Проте токсичний у формі CO і ціанідів (CN ⁻). Вміст в організмі середньої людини – 16кг	Земна кора – $4,8 \times 10^{-2}\%$, Морська вода: в поверхневих шарах 26×10^{-4} . Атмосфера (в % по об'єму): CO_2 – $3,35 \times 10^{-2}$, CO – $0,02 \times 10^{-4}$, CH_4 – $1,7 \times 10^{-4}$.	Основні мінерали і джерела: вапняк CaCO_3 , вугілля, нафта, природний газ, деякі природні модифікаційні форми карбону як графіт і алмаз. Світові запаси: природний газ – $1,10 \times 10^{14} \text{ м}^3$, вугілля – $1,1 \times 10^{12} \text{ т}$, нафта – $1,1 \times 10^{11}$.

Фізичні властивості. *Алмаз* – найтвердіша в природі речовина. Чистий алмаз утворює безбарвні, прозорі, блискучі кристали, які сильно заломлюють світло. Атоми вуглецю в них знаходяться на однаковій відстані один від одного. Кожний атом зв'язаний ковалентними зв'язками, які напрямлені до вершин тетраедра, з іншими чотирма атомами. Алмаз добре проводить тепло і практично не проводить електричний струм. Його великі прозорі відшліфовані кристали (діаманти) використовують для виготовлення ювелірних прикрас.

Алмаз у промисловості застосовується для різки скла, шліфовки металів та інших твердих матеріалів. Нещодавно вчені добули штучні алмази.

Графіт – м'яка кристалічна речовина чорного кольору з металічним блиском. У графіті атоми вуглецю розміщені шарами. Зв'язки між атомами двох шарів менш міцні, ніж між атомами одного шару. Тому під час тертя об тверду поверхню кристал графіту розщеплюється на лусочки. Графіт добре проводить електричний струм і тепло. Його використовують для виготовлення електродів, олівців і як мастило. Деревне вугілля, кокс, тваринне вугілля, сажа — це сукупність дуже дрібних кристаликів графіту.

У 1968 р. в лабораторії російського вченого А.Спадкова синтезували третю алотропну видозміну вуглецю — *карбін*, який має лінійну структуру. Відомі два різновиди карбіну: полинова структура, яка побудована з ланцюгів вуглецевих атомів, зв'язаних між собою одинарними та потрійними зв'язками, що чергуються ($-C\equiv C-C\equiv C-$) і *полікумулен*, який має лише подвійні зв'язки: ($=C=C=C=$).

Густина та твердість карбіну більші, ніж графіту, але менші, ніж алмазу. Карбін — речовина білого кольору, хімічно інертна, виявляє властивості напівпровідника.

У 1985 р. у США одержали четверту алотропну модифікацію вуглецю C_{60} сферичної структури (форма футбольного м'яча), яку назвали *букіболом*. Це – кристалічна речовина чорного кольору з густиною 1,65 г/см³, яка плавиться за температури 360°C, стійка на повітрі, розчиняється в органічних розчинниках. Перспективне його використання – для виробництва надпровідникових плівок.

Карбон у будь-якій алотропній видозміні не має ні запаху, ні смаку, тугоплавкий і не розчиняється, крім букиболу, в звичайних розчинниках. Графіт у вигляді вугілля (особливо деревного) має високу адсорбційну здатність.

Адсорбція — це поглинання однієї речовини поверхнею іншої. Речовини, на поверхні яких відбувається поглинання, називаються адсорбентами. Адсорбційна здатність адсорбента залежить від площі його поверхні. Для збільшення адсорбційної здатності вугілля його активують – діють перегрітою водяною парою. Внаслідок цього з пор вугілля видаляються речовини, що їх заповнюють, і поверхня поглинання збільшується.

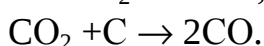
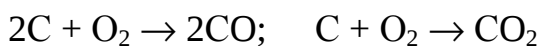
Активоване вугілля використовують для поглинання пари летких речовин з повітря та газових сумішей (наприклад у протигазах), видалення з організму людини (з крові, органів травлення) шкідливих речовин, очищення води, продуктів харчування (масел, жирів), а також як каталізатор у деяких хімічних виробництвах.

Хімічні властивості. Розглянемо хімічні властивості Карбону на прикладі графіту. За звичайної температури графіт хімічно малоактивний. Під час нагрівання він взаємодіє з багатьма речовинами – киснем, сіркою, азотом, металами, оксидами металів.

Відновні властивості. Графіт безпосередньо сполучається з фтором (з іншими галогенами не взаємодіє):



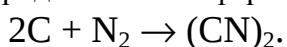
Під час взаємодії з киснем він утворює два оксиди – карбон (II) оксид CO та карбон (IV) оксид CO₂:



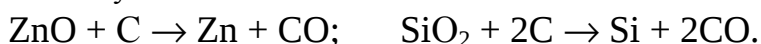
За температури 900–1000°C графіт сполучається з сіркою:



У результаті пропускання електричного дугового розряду між двома графітовими електродами в атмосфері азоту утворюється ціан (CN)₂:



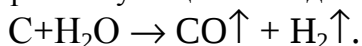
Під час взаємодії (за високої температури) з оксидами карбон відновлює елементи до вільного стану:



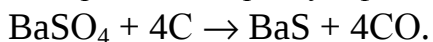
Внаслідок взаємодії карбону з оксидами також утворюються карбіди:



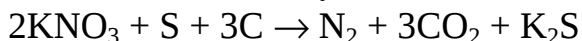
Розжарений вуглець взаємодіє з водою:



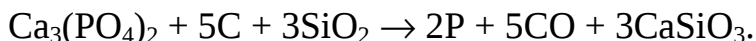
Під час нагрівання з барій сульфатом вуглець відновлює Сульфур від +6 до –2:



У реакції горіння чорного порошку вуглець відновлює Сульфур до ступеня окиснення –2, нітрат-іон – до вільного азоту.



У реакції одержання фосфору з фосфату кальцію він теж є відновником:



Вуглець стійкий до дії лугів та кислот. Лише концентрована нітратна та сульфурна кислоти за температури 100°C окиснюють його до CO₂:

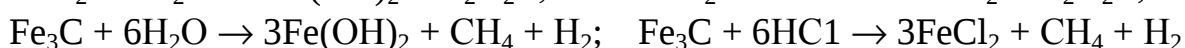
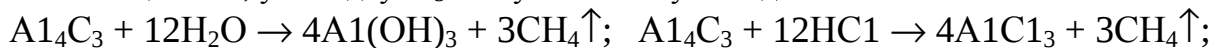


Окисні властивості. Під час взаємодії графіту з металами утворюються карбіди:



Карбіди утворюються також внаслідок взаємодії графіту з оксидами (див. вище).

Існують карбіди металів трьох типів – похідні метану (алюміній карбід Al₄C₃), похідні ацетилену (кальцій карбід CaC₂) та типу Fe₃C. Перші два типи – солеподібні сполуки. Внаслідок взаємодії карбідів з водою або кислотою утворюється відповідний вуглеводень – метан або ацетилен, у випадку Fe₃C – суміш метану та водню:



Карбіди перехідних металів (титану, вольфраму, заліза, нікелю та ін.) – металоподібні сполуки, які мають цінні властивості: електричну провідність, високу твердість, тугоплавкість, жаро- та хімічну стійкість.

Внаслідок відновлення SiO₂ графітом в електричній печі утворюється силіцій карбід (*карборунд*) SiC – дуже тверда, тугоплавка та хімічно стійка речовина.

Взаємодія графіту з воднем відбувається тільки за високих температур і наявності каталізаторів (Ni або Pt):



За інших умов можна одержати й інші вуглеводні.

Вуглеводні, як і похідні від них речовини різних класів (галогеновуглеводні, спирти, карбонові кислоти тощо), є предметом органічної хімії. До неорганічних сполук належать карбон оксиди, солі карбонової, ціановодневої HCN і тіоціановодневої HCNS кислот, карбіди та деякі інші речовини.

ОКСИГЕНОВІ СПОЛУКИ ВУГЛЕЦЮ

Карбон утворює два оксиди: карбон (II) оксид CO та карбон (IV) оксид CO₂. Їх структурні формули: C=O та O=C=O.

Карбон (II) оксид. Це – безбарвний отруйний газ, без запаху, не набагато легший за повітря, дуже мало розчинений у воді.

Він утворюється внаслідок взаємодії карбон (IV) оксиду з розжареним вугіллям за температури понад 450°C, в умовах нестачі повітря:

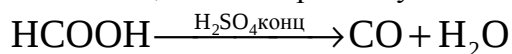


У промисловості його одержують також дією водяної пари на вугілля або метан (конверсія):

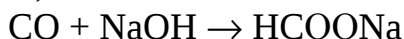


Суміш карбон (II) оксиду і водню, що утворюється, називається *водяним газом*, має високу теплотвірну здатність (під час горіння виділяє велику кількість теплоти), використовується як штучне газоподібне паливо.

У лабораторії карбон (II) оксид одержують з мурашиної кислоти— під дією концентрованої сірчаної кислоти, яка відбирає воду:



Цей оксид є несполетвірним і за звичайних умов не взаємодіє з водою, кислотами, лугами. Під час нагрівання з твердим натрій гідроксидом утворюється сіль – натрій форміат (або метанат):



Найбільш характерні властивості карбон (II) оксиду – відновні.

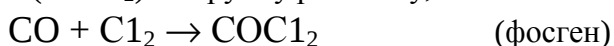
У повітрі та кисні карбон (II) оксид горить блакитним полум'ям:



За температури 300—1500°C він відновлює метали з їх оксидів:



За наявності каталізатора (активованого вугілля) цей оксид взаємодіє з хлором, утворюючи фосген (COCl_2) – отруйну речовину, яка належить до хімічної зброї:

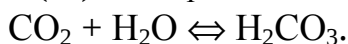


Карбон (II) оксид називають чадним газом. Він сполучається з гемоглобіном крові, що порушує постачання кисню тканинам організму. Тривале вдихання цього оксиду призводить до смерті.

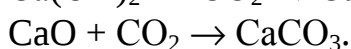
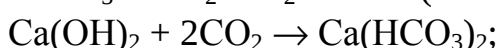
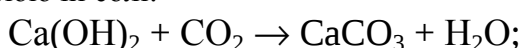
Карбон (II) оксид використовують для відновлення металів з їх оксидів, а також в органічному синтезі. Він є складовою частиною штучного газоподібного палива.

Карбон (IV) оксид. Цей оксид називають вуглекислим газом, або вугільним ангідридом. Він безбарвний, не має запаху, важчий за повітря, за тиску $5,76 \times 10^6$ Па і температури 20°C перетворюється на безбарвну рідину, під час випаровування якої поглинається велика кількість теплоти, а карбон (IV) оксид перетворюється на білу тверду масу (сухий лід).

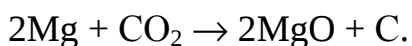
Карбон (IV) оксид розчиняється у воді з утворенням вугільної кислоти:



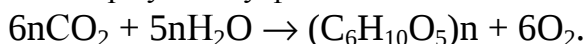
Він виявляє властивості кислотного оксиду – взаємодіє з лугами, основними оксидами, утворюючи солі:



Карбон (IV) оксид не підтримує горіння. Лише деякі речовини можуть горіти в CO_2 , наприклад магній:



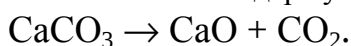
Цей оксид бере участь у фотосинтезі:



У лабораторії карбон (IV) оксид добувають в апараті Кіппа взаємодією хлороводневої кислоти з кальцій карбонатом:



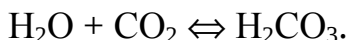
У промисловості його одержують випалюванням вапняку:



У природі карбон (IV) оксид утворюється під час дихання тварин і рослин, гниття органічних решток, горіння.

Цей оксид використовують для одержання соди, синтезу органічних кислот, гасіння пожеж, приготування газованих напоїв, охолодження продуктів харчування (сухий лід).

Карбонатна кислота та її солі. Карбонатна (вуглецева, вугільна) кислота H_2CO_3 – нестійка сполука, яка може існувати лише в розведеному водному розчині:



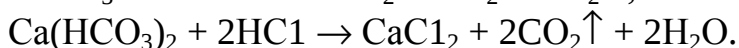
Це – слабка двоосновна кислота. У водному розчині вона дисоціює ступінчасто:



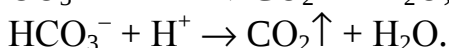
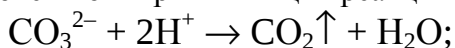
Карбонатна кислота взаємодіє з оксидами та гідроксидами лужних та лужноземельних металів. Середні солі карбонатної кислоти називають карбонатами (Na_2CO_3 – натрій карбонат, CaCO_3 – карбонат), кислі солі карбонатної кислоти – гідрогенкарбонатами (NaHCO_3 – натрій гідрогенкарбонат, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – кальцій гідрогенкарбонат).

Карбонати лужних металів і амонію, всі гідрогенкарбонати розчиняються у воді та гідролізуються у розчинах. Карбонати інших металів у воді не розчиняються. Карбонати амонію, хрому (III), феруму (III), купруму (II) не існують.

Під дією сильних кислот на солі карбонатної кислоти виділяється карбон (IV) оксид:



Скорочені іонні рівняння цих реакцій мають такий вигляд:



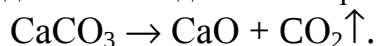
Взаємодію солей карбонатної кислоти з сильними кислотами використовують для того, щоб відрізнити карбонати та гідрогенкарбонати від інших солей.

Внаслідок взаємодії карбонатів з кислотами зв'язуються іони гідрогену (як і під час взаємодії основ з кислотами), тому для нейтралізації кислот можна використовувати карбонати.

У сільському господарстві для зниження кислотності ґрунтів і покращання їх структури застосовують розмелений вапняк:

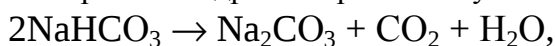


У результаті нагрівання всі солі карбонатної кислоти, крім солей лужних металів, розкладаються з виділенням карбон (IV) оксиду:



Ця реакція відбувається до кінця, якщо карбон (IV) оксид видалити із середовища реакції.

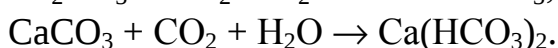
Під час нагрівання гідрогенкарбонати лужних металів перетворюються на карбонати:



інші — на оксиди:

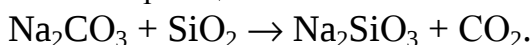


Якщо через водний розчин натрій або кальцій карбонату пропустити карбон (IV) оксид, карбонати перетворюються на гідрогенкарбонати:



У неживій природі кальцій карбонат CaCO_3 – найпоширеніша сполука карбону. Його різновидами є крейда, мармур і вапняк.

Натрій карбонат Na_2CO_3 – це сода, її одержують штучно і використовують у виробництві скла, мила, паперу, тканин, у нафтовій промисловості, побуті. В основі виробництва скла лежить хімічна реакція:



Натрій гідрогенкарбонат нарію NaHCO_3 – питна сода, застосовується в медицині, хлібопекарстві, а також для зарядки вогнегасників.