

# II CARBONIO

Il carbonio è l'elemento chimico della tavola periodica degli elementi che ha come simbolo C e come numero atomico 6, proprio perché il suo atomo è costituito da 6 elettroni e 6 protoni. È un elemento non metallico e tetravalente (ovvero può accettare o cedere quattro elettroni).

## STORIA:

Poiché tutti noi sappiamo di come le rocce si siano evolute nel corso della storia allora preferirei citare Levi e citare qui di seguito quello che egli scrisse sul carbonio.

*"E' lecito parlare di "un certo" atomo di carbonio? Per il chimico esiste qualche dubbio, perché non si conoscono fino ad oggi (1970) tecniche che consentano di vedere, o comunque isolare, un singolo atomo; nessun dubbio esiste per il narratore, il quale pertanto si dispone a narrare. Il nostro personaggio giace dunque da centinaia di milioni di anni, legato a tre atomi d'ossigeno e a uno di calcio, sotto forma di roccia calcarea: ha già una lunghissima storia cosmica alle spalle ma la ignoreremo. Per lui il tempo non esiste, o esiste solo sotto forma di pigre variazioni di temperatura, giornaliere e stagionali, se, per la fortuna di questo racconto, la sua giacitura non è troppo lontana dalla superficie del suolo. La sua esistenza, alla cui monotonia non si può pensare senza orrore, è un'alternanza spietata di caldi e di freddi, e cioè di oscillazioni (sempre di ugual frequenza) un po' più strette o un po' più ampie: una prigionia, per lui potenzialmente vivo, degna dell'inferno cattolico. A lui, fino a questo momento, si addice il tempo presente, che è quello della descrizione, anziché uno dei passati, che sono i tempi di chi racconta: è congelato in un eterno presente, appena scalfito dai fremiti moderati dell'agitazione termica. Ma appunto per la fortuna di chi racconta, che in caso diverso avrebbe finito di raccontare, il banco calcareo di cui l'atomo fa parte giace in superficie. Giace alla portata dell'uomo e del suo piccone (onore al piccone e ai suoi più moderni equivalenti: essi sono tutt'ora i più importanti intermediari nel millenario dialogo fra gli elementi e l'uomo): in un qualsiasi momento, che io narratore decido per puro arbitrio essere nell'anno 1840, un colpo di piccone lo staccò e gli diede l'avvio verso il forno a calce, precipitandolo nel mondo delle cose che mutano. Venne arrostito affinché si separasse dal calcio, il quale rimase per così dire con i piedi per terra e andò incontro a un destino meno brillante che non narreremo; lui, tuttora fermamente abbarbicato a due dei tre suoi compagni ossigeni di prima, uscì per il camino e prese la via dell'aria. La sua storia, da immobile, si fece tumultuosa. Fu colto dal vento,*

*abbattuto al suolo, sollevato a dieci chilometri. Fu respirato da un falco, discese nei suoi polmoni precipitosi, ma non penetrò nel suo sangue ricco, e fu espulso. Si sciolse per tre volte nell'acqua del mare, una volta nell'acqua di un torrente in cascata, e ancora fu espulso. Viaggiò col vento per otto anni, ora alto, ora basso, sul mare e fra le nubi, sopra foreste, deserti e smisurate distese di ghiaccio; poi incappò nella cattura e nell'avventura organica.*

*Il carbonio, infatti, è un elemento singolare: è il solo che sappia legarsi con se stesso in lunghe catene stabili senza grande spesa di energia, ed alla vita sulla terra (la sola che finora conosciamo) occorrono appunto lunghe catene. Perciò il carbonio è l'elemento chiave della sostanza vivente: ma la sua promozione, il suo ingresso nel mondo vivo, non è agevole, e deve seguire un cammino obbligato, intricato, chiarito (e non ancora definitivamente) solo in questi ultimi anni"*

(Da Il Sistema Periodico (1975), di Primo Levi )

## **CARATTERISTICHE FONDAMENTALI**

Il carbonio è un elemento notevole per vari motivi.

---

- Esiste in differenti forme (grafite, diamanti) sostanze;
  - Ha una grande affinità per i legami chimici con altri atomi leggeri, tra cui il carbonio stesso,
  - È in grado di formare legami multipli.
- 

Queste proprietà permettono l'esistenza di 10 milioni di composti del carbonio. I composti di carbonio formano le basi di tutta la vita sulla Terra e il ciclo carbonio-azoto fornisce parte dell'energia prodotta dal sole e da altre stelle.

## **ISOTOPI**

Nel 1961 l'IUPAC adottò l'isotopo carbonio-12 come base per la misura del peso atomico. Il carbonio-14 è un radioisotopo con tempo di decadimento di 5730 anni ed è stato usato intensivamente per la datazione del legno nei siti archeologici. Questi sono gli isotopi più importanti e sono anche i più stabili.

## **ALLOTROPI**

---

Con "Allotropia" (dal greco *allos*, altro, e *tropos*, modo), si intende la proprietà di un elemento di esistere in diverse forme. Le diverse forme sono note come allotropi.

Il termine allotropi può anche essere usato in riferimento alle forme molecolari in un elemento (come nel caso di un gas biatomico), anche nel caso che vi sia una sola ulteriore forma.

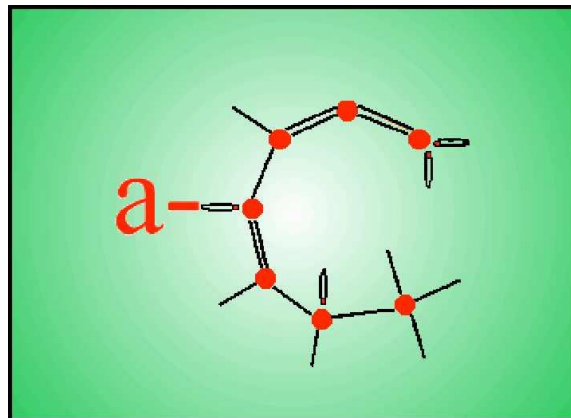
L'allotropia in generale si riferisce specificamente alla struttura del legame chimico esistente fra atomi dello stesso tipo e non deve essere confusa con l'esistenza di differenti stati fisici, come per l'acqua che può esistere come gas (vapore), un liquido (acqua), oppure solido (ghiaccio).

Queste fasi dell'acqua non sono forme allotropiche poiché sono prodotte da cambiamenti dei legami fisici esistenti fra le diverse molecole dell'acqua piuttosto che da modificazioni del legame chimico delle molecole stesse.

Ciascun allotropo di un elemento può esistere nelle diverse fasi solida, liquida o gassosa.

I quattro allotropi più conosciuti del carbonio sono: carbonio amorfo, grafite, diamanti e fullereni.

### **CARBONIO AMORFO:**



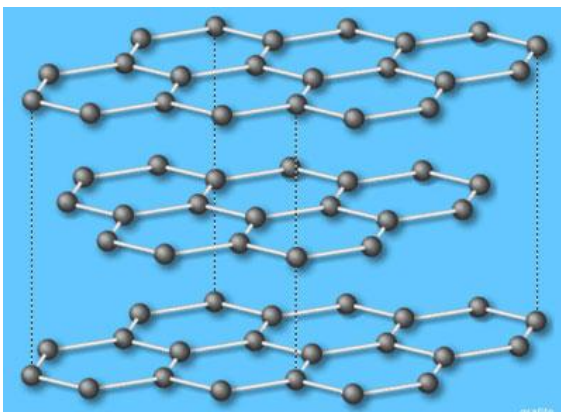
Del gruppo, guidato da Wendy L. Mao di Stanford e dalla sua collaboratrice Yu Lin, fa parte anche una ricercatrice italiana, Maria Baldini, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Stanford. L'esperimento è partito da una forma di carbonio – detto carbonio vetroso – sintetizzata per la prima volta negli anni Cinquanta, e di cui si era nota la capacità di combinare alcune utili proprietà dei vetri e delle ceramiche con le caratteristiche della grafite. Il gruppo ha

**creato il nuovo allotropo del carbonio comprimendo il carbone vetroso a più di 400.000 volte la normale pressione atmosferica.**

**Questa nuova forma di carbonio è capace di sopportare una pressione, applicata in una sola direzione, di 1,3 milioni di volte quella atmosferica, mentre viene mantenuta costante la pressione nelle altre direzioni (600.000 volte i livelli atmosferici). Non è stata osservata nessuna sostanza, al di fuori del diamante, capace di sopportare questo forze così intense, il che indica la sorprendente resistenza posseduta dal nuovo materiale.**

**Tuttavia, al contrario del diamante e di altre forme cristalline del carbonio, la struttura di questo nuovo materiale non è organizzata in unità atomiche ripetute. È invece un materiale amorfo: questo significa che la sua struttura manca dell'ordine dei cristalli. L'allotropo amorfo e superduro del carbonio avrebbe quindi un vantaggio sul diamante, se si dovesse scoprire che la sua durezza è isotropa, cioè uguale in tutte le direzioni. Nel diamante, invece, la durezza è fortemente dipendente dalla direzione in cui il cristallo è orientato, e quindi dal punto in cui si applica una pressione.**

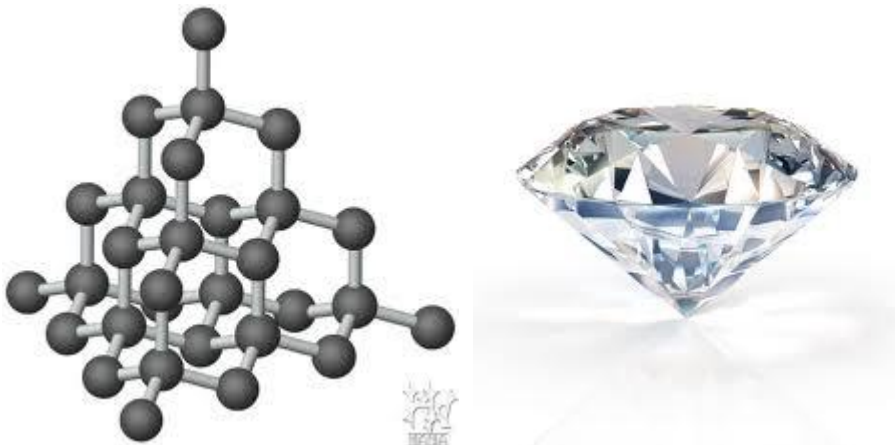
## **GRAFITE:**



**A pressione normale il carbonio prende forma di grafite (La grafite è un minerale; conduttore elettrico, ha la più alta temperatura di fusione. Rappresenta uno degli stati allotropici del carbonio. Ogni atomo è legato ad altri tre in un piano composto di anelli esagonali fusi assieme, come quelli degli idrocarburi aromatici. Le due forme conosciute di grafite, alfa (esagonale) e beta (romboidale), hanno identiche proprietà fisiche, ad eccezione della struttura cristallina. La grafite che si trova in natura contiene fino al 30% della forma beta, mentre la grafite prodotta sinteticamente contiene solo la forma alfa.**

La grafite viene utilizzata per produrre refrattari, lubrificanti, matite, coloranti ed elettrodi. Veniva usata anche nei reattori nucleari RBMK 1000 come moderatore di neutroni, sotto forma di barre per assorbire le radiazioni emesse dalle barre sovrastanti (generalmente di plutonio). Fogli bidimensionali di grafite chiamati grafene sono stati utilizzati per realizzare i più piccoli transistor prodotti al mondo. Alcuni ricercatori ritengono addirittura che in un prossimo futuro potrebbero sostituire il silicio. A causa della delocalizzazione della nuvola- $\pi$ , la grafite conduce l'elettricità. Il materiale è soffice e i fogli, frequentemente separati da altri atomi, sono tenuti insieme dalla sola Forza di van der Waals (ovvero interazioni intermolecolari molto deboli che hanno un'energia che è mediamente cento volte inferiore a quella di un legame covalente o ionico. Tali forze hanno un breve raggio d'azione e la loro intensità diminuisce rapidamente all'aumentare della distanza), e scivolano facilmente l'uno sull'altro.

## DIAMANTE:



A pressioni molto alte il carbonio forma un allotropo chiamato diamante, nel quale ogni atomo è legato ad altri quattro. I diamanti hanno la stessa struttura cubica del silicio e del germanio e, grazie alla forza del legame chimico carbonio-carbonio, è assieme al nitruro di boro la sostanza più dura in termini di resistenza allo sfregamento. La transizione alla grafite, a temperatura ambiente, è così lenta da risultare inosservabile.

Analizziamo le caratteristiche principali:

---

- **Durezza:**
- 

Il diamante è il minerale di origine naturale più duro che si conosca. Tale estrema durezza è dovuta alla presenza di legami covalenti estesi

a tutta la struttura e in tutte le direzioni, che collegano qualunque coppia di atomi adiacenti. Ciò spiega l'eccezionale coesione e stabilità di questa struttura e di altre con simili caratteristiche, come ad esempio il nitruro di boro.

Non tutti i diamanti hanno la stessa durezza. I diamanti più duri provengono dall'area del New England nel Nuovo Galles del Sud (Australia). Questi diamanti sono in genere piccoli, di forma ottaedrica perfetta o semiperfetta, e sono utilizzati per lucidare altri diamanti. La loro durezza è considerata il risultato della modalità di accrescimento del cristallo, che è avvenuta in un'unica fase. La maggior parte degli altri diamanti evidenzia invece un accrescimento del cristallo in fasi successive, con inclusione di impurità e la formazione di difetti nel reticolo cristallino e conseguente diminuzione delle caratteristiche di durezza.

- **Conducibilità:**

Alcuni diamanti blu sono semiconduttori naturali, a differenza degli altri diamanti che invece sono eccellenti isolanti elettrici. Il diamante esposto all'aria mostra in alcune condizioni un comportamento da conduttore sulla sua superficie. Nel dicembre 2007 un laboratorio del Case Western Reserve University di Cleveland ha dimostrato che la conducibilità avviene per mezzo di un film acquoso sottile deposto sulla superficie del diamante. Il film d'acqua scambia coppie di elettroni con la superficie rendendola conduttrice. Il diamante si dimostra un ottimo conduttore termico ma ad alta temperatura tende a decomporsi in semplice carbonio.

- **Tenacità:**

La tenacità rappresenta la capacità di un materiale di assorbire energia in campo plastico, cioè di subire degli urti senza fratturarsi. La tenacità media del diamante naturale è stata misurata in  $3,4 \text{ MN m}^{-3/2}$ , ma varia notevolmente in funzione della caratura (cioè del peso e quindi della grandezza) e della presenza di imperfezioni interne. Questo valore è buono e maggiore di tutte le altre gemme, ma inferiore a molti altri materiali.

Inoltre come per ogni cristallo, la capacità di resistere agli urti varia grandemente a seconda del piano in cui è diretta la forza incidente. Un forte colpo di martello può comunque rompere facilmente un diamante, e anche urti accidentali possono danneggiarlo.

- **Resistenza al calore:**

La resistenza al calore e al fuoco è molto elevata, ma dipende dalle dimensioni. Un comune diamante commerciale resiste alla fiamma viva in atmosfera fino a circa  $1.520 \text{ }^\circ\text{C}$ ; negli incendi la temperatura può raggiungere i  $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ , ma non supera generalmente i  $1.200 \text{ }^\circ\text{C}$ , per cui un diamante rimane inalterato. Viceversa una polvere fine di

**diamante è facilmente infiammabile a contatto di fiamma, bruciando senza lasciare residui e trasformandosi completamente in CO<sub>2</sub>.**

**In assenza di fiamma il diamante brucia in atmosfera, con una debole fiamma azzurra, alla elevatissima temperatura di circa 3.550 °C. In atmosfera di ossigeno brucia a circa 800 °C. Nel vuoto o in atmosfera inerte il diamante si trasforma in grafite alla temperatura di circa 1.000 °C. Ci sono quindi varie temperature di fusione, tutto dipende dall'ambiente circostante.**

## **LE QUATTRO C:**

**I quattro fattori che determinano il valore del diamante sono le quattro "C", dalle iniziali dei quattro termini in inglese ossia: colour (colore), clarity (purezza), cut (taglio) e carat (caratura, cioè peso).**

- **COLORE:**

**Le gemme del tutto incolori e trasparenti, che sono le più pure, vengono definite "Colorless", seguono le quasi incolori o "Near Colorless" e le colorate o "Slightly Tinted". Alcuni stati o regioni europee o città o enti (Anversa, New York, Svizzera, Scandinavia e Francia) hanno adottato varie sotto-nomenclature per le tre classi di colori su descritte. I diamanti possono assumere quasi tutte le colorazioni, che sono dovute ad impurità o difetti strutturali: il giallo ambrato e il marrone sono le più comuni, il rosso, il rosa e il blu sono le più rare. È da rilevare che i diamanti incolori non appaiono tali alla vista, in quanto le sfaccettature riflettono i colori dell'ambiente circostante; come per altre gemme incolori, muovendole i colori cambiano rapidamente (questo effetto, molto intenso nei diamanti, è detto "brio" o "fuoco").**

**I diamanti "neri" non sono veramente tali, ma piuttosto contengono numerose inclusioni che gli danno il loro aspetto scuro.**

**La colorazione più rara è quella dei diamanti rossi o rosa (che non raggiungono mai dimensioni notevoli), seguiti da quelli blu. I diamanti verdi sono estremamente rari.**



- **PUREZZA:**

Le inclusioni vengono generalmente chiamate "carboni", tuttavia sono considerati difetti le fessure naturali, le tracce di incipiente sfaldatura e le "linee di accrescimento" della gemma originaria.

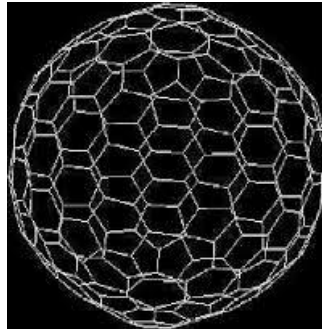
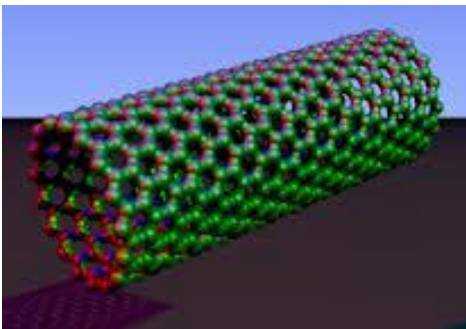
- **TAGLIO:**

Prima del taglio, il gemmologo dovrà tenere conto della forma di taglio, le proporzioni del taglio, la simmetria ed i difetti di lucidatura. I brillanti inferiori ad un carato sono stati suddivisi in tre categorie: "very good" (brillantezza eccezionale o con irrilevanti difetti); "good" (brillantezza leggermente inferiore con alcuni elementi più visibili); "poor" (scadente, con difetti più grandi e/o numerosi).

- **PESO:**

I diamanti si pesano in carati. Un carato equivale esattamente a 0,2 grammi. Il carato può essere suddiviso in grani che equivalgono a 1/20 di grammo, ed in punti che equivalgono ad 1/100 di carato.

## **FULLERENI:**



I fullereni hanno una struttura simile alla grafite, ma invece della configurazione esagonale, contengono anche formazioni pentagonali (o eptagonali) di atomi di carbonio, che piegano i fogli in sfere, ellissi o cilindri. Le proprietà dei fullereni non sono ancora state analizzate completamente.

A partire dal 2000, sono state indagate le proprietà chimico-fisiche dei fullereni, sia nei laboratori di ricerca puri sia applicati.

Il fullerene non è molto reattivo data la stabilità dei legami simili a quelli della grafite ed è inoltre ragionevolmente insolubile nella maggioranza dei solventi. I ricercatori hanno potuto aumentare la reattività fissando dei gruppi attivi alla superficie del fullerene.



**La fullerite non esibisce il fenomeno della "superaromatizzazione": cioè gli elettroni negli anelli esagonali non si delocalizzano all'interno dell'intera molecola.**

## **DOVE VIENE UTILIZZATO IL CARBONIO?**

**Il carbonio è una componente vitale di tutti i sistemi viventi conosciuti e senza di esso la vita come la conosciamo non esisterebbe.**

**Riassumiamoli in breve:**

- **Il principale uso commerciale del carbonio è in forma di idrocarburi, principalmente combustibili fossili, gas metano e petrolio;**
- **Il nerofumo (carbonio amorfo puro), viene utilizzato per produrre pneumatici, vernici ed inchiostri;**
- **La grafite è utilizzata nelle mine di matite, elettrodi industriali (processi vari di elettrolisi, galvanoplastica...), elettrodi per pile, elettrodi per forni ad arco (generalmente forni metallurgici), lubrificanti solidi (ad esempio un anello di grafite in cui scorre, all'interno di un foro, un asse di metallo, da poca resistenza meccanica, poco attrito), crogioli e pezzi refrattari (resistenti alle alte temperature). In oltre è un moderatore (cioè rallenta) di neutroni nei reattori nucleari;**
- **I diamanti sono usati per scopi ornamentali, e anche come punte perforanti e in altre applicazioni che sfruttano la loro durezza. Inoltre il diamante puro incolore è un isolante mentre il diamante blu (impuro di azoto), è un semiconduttore;**
- **Il carbonio viene aggiunto in basse percentuali al ferro per produrre l'acciaio oppure, in percentuali superiori al 2%, si ottiene la ghisa;**
- **In forma di carbone è usato per il riscaldamento e per altri scopi;**
- **È utilizzato anche come materiale primario, o come fibra di rinforzo, unito al kevlar, nella produzione di mazze da hockey su prato, e nei rivestimenti, interni o esterni, delle auto sportive o di quelle da corsa, sia per la sua resistenza che per la sua leggerezza.**
- **Il fullerene viene utilizzato per lo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche nuove;**
- **I nano tubi sono ottimi conduttori elettrici, ma possono essere anche semiconduttori; sono resistentissimi agli sforzi meccanici. Si potrebbero applicare in computer (classici, non quantistici), come semiconduttori al posto del silicio (o di altri semiconduttori), posti fra sottilissimi strati d'oro e di isolante (silice ad esempio), in cui questi nano tubi formerebbero dei "ponti" di semiconduttore, svolgendo la funzione del silicio nei transistor. Oppure, per produrre fibre di resistenza eccezionale (di fatto, delle teoriche fibre in nano tubi, sarebbero molto più**

resistenti alla trazione di fibre in kevlar o acciaio). Infine possono essere usati per costruire sistemi fotovoltaici;

- Il carbonio viene anche utilizzato per la fabbricazioni di biciclette da corsa. Infatti confrontandolo con l'alluminio si ha che le bici in carboni pesano 6,8 kg mentre quelle in alluminio partono da 8,5-9 kg, che non è una differenza nettissima ma su una salita anche mezzo chilo può cambiare di molto le cose. Il carbonio inoltre offre una flessibilità maggiore mentre l'alluminio è più rigido. Di conseguenza il carbonio essendo flessibile è migliore per lunghi tragitti poiché assorbe bene le vibrazioni e offre più comodità;
- A livello microscopico forma quasi tutti i composti organici (definiti così proprio perché formati da carbonio) e alcuni composti inorganici come il monossido di carbonio, il diossido di carbonio, l'acido carbonico e i suoi sali, il tetracloruro di carbonio, il solfuro di carbonio e i carburi.

**In conclusione il carbonio è il quarto elemento più presente in natura, è uno dei più antichi e sarà anche uno degli elementi più usati nel futuro.**

**Giampaoli Noemi**

**Fonti usate: "Fondamenti di chimica organica" di John McMurry - Zanichelli**

**"Le idee della chimica" Giuseppe Valitutti, Alfredo Tifi, Antonino Gentile**