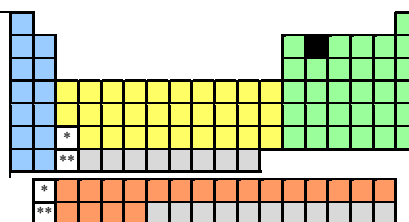


# CARBONIO (carbon)

dal latino *carbo* = carboneConsiderato "sostanza semplice" da Antoine L. Lavoisier *et al.* nel 1787 [15].

simbolo	numero atomico	peso atomico	raggio atomico/Å	configurazione elettronica	elettronegatività (Pauling)
C	6	12,011	1,70	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	2,55

CONTENUTI	
crosta terrestre/ppm	200
oceani/g m <sup>-3</sup>	28
corpo umano (70 kg)	16 kg

COMPOSIZIONE ISOTOPICA NATURALE		
<i>A</i>	12	13
%	98,93	1,07
<i>t</i> <sub>1/2</sub> /anni	stabile	stabile

<sup>12</sup>C è la base per l'unità di misura delle masse atomiche: 1 u = *m*<sub>a</sub>(<sup>12</sup>C)/12 (IUPAC, 1961).

## SPECIE ELEMENTARE

nome	formula	stato di aggregazione	struttura cristallina	temperatura di sublimazione/C°	legame
grafite	C	solido	α-grafite: <i>hP</i>	~4000	cov. inf.
Noto sin dall'antichità come carbone; i Cinesi conoscevano i diamanti già intorno al 2500 a.C.					
Solido nero, tenero e sfaldabile, buon conduttore elettrico. A alte temperature reagisce con molti elementi.					

Forme **allotropiche** principali: α-grafite (3 legami σ + 1 legame π, geometria trigonale con strati infiniti monoatomici sovrapposti, costituiti da anelli esagonali e legati tra loro da forze di London); grafene, C, nanostruttura cov. inf. (struttura bidimensionale corrispondente ad un unico strato della grafite); nanotubi arrotolati ("nanoscrolls"), C, nanostrutture cov. inf. (strutture quasi cilindriche costituite da uno strato di grafene arrotolato, con geometria trigonale distorta e forze di London tra gli atomi di carbonio che si sovrappongono nell'arrotolamento); nanotubi, C, nanostrutture cov. inf. (vedi note); fullereni, C<sub>60</sub> e altri contenenti fino a 100 atomi di C, nanostrutture cov. mol. (vedi note); diamante, C, cov. inf. (4 legami σ, geometria tetraedrica; solido trasparente e duro).

## PROPRIETÀ CHIMICHE GENERALI

♦ Il carbonio è un non-metallo che forma quasi sempre 4 legami covalenti, che possono essere 4 singoli (4 legami σ, geometria tetraedrica, *e.g.*, CH<sub>4</sub> metano), 2 singoli e 1 doppio (3 legami σ e 1 legame π, trigonale piana, *e.g.*, H<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub> etilene), 2 doppi (2 legami σ e 2 legami π, lineare, *e.g.*, O=C=O), 1 singolo e 1 triplo (2 legami σ e 2 legami π, lineare, *e.g.*, HC≡CH acetilene).

♦ In campo inorganico, i composti principali di C<sup>IV</sup> sono il diossido O=C=O (anidride carbonica), il suo acido (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ed i sali da esso derivati; altri sono i composti contenenti il gruppo "ciano" -C≡N (N≡C-C≡N, H-C≡N, H-O-C≡N, H-S-C≡N, H-Se-C≡N). Il monossido C≡O (ossido neutro) è formalmente un composto di C<sup>II</sup>; forma complessi importanti con elementi di transizione.

C in stati di ossidazione negativi è presente in C<sup>-IV</sup>H<sub>4</sub> (metano, capostipite degli idrocarburi) e nei composti con metalli; con metalli molto elettropositivi forma composti binari ionici o semiionici: CaC<sup>-II</sup><sub>2</sub> contiene lo ione <sup>-</sup>C≡C<sup>-</sup> che idrolizza a H-C≡C-H; Be<sub>2</sub>C<sup>-IV</sup> e Al<sub>4</sub>C<sup>-IV</sup><sub>3</sub> idrolizzano a CH<sub>4</sub> ma non contengono lo ione C<sup>4-</sup>; con i metalli meno elettropositivi forma composti interstiziali (*e.g.*, la cementite, Fe<sub>3</sub>C, costituente degli acciai), generalmente più duri del metallo.

♦ Nei composti organici (che sono alcuni milioni) prevalgono i legami C-H e legami semplici o multipli tra due C, che possono formare lunghe catene ed anelli. I composti binari tra C e H sono gli "idrocarburi"; anche i composti binari con S (S=C=S), Se (Se=C=Se) o alogeni (analoghi agli idrocarburi) sono considerati composti organici.

s.o.	specie fondamentali	proprietà acido-base	prop. redox pH = 0	prop. redox pH = 14	alogenuri
+4	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	acido debole	oss debole	inattivo	CX <sub>4</sub>
+2	CO		oss medio rid debole	oss medio	---
0	C		oss debole	rid medio	---
-4	CH <sub>4</sub>		inattivo	rid medio	---

**minerali usuali e gemme:** calcite {CaCO<sub>3</sub>}; dolomite {CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>}; diamante {C}, gemma incolore; malachite {Cu<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>}, gemma verde.

**produzione:** grafite: 1×10<sup>9</sup> kg/anno; diamante naturale: 2×10<sup>4</sup> kg/anno; diamante sintetico: 1×10<sup>4</sup> kg/anno. Per i combustibili fossili, vedi la tabella seguente.

**usi:** carboni fossili e idrocarburi come combustibili; grafite nelle mine delle matite, come lubrificante e come conduttore elettrico (elettrodi); nerofumo (C amorfo) come pigmento, come toner per fotocopiatrici e stampanti laser e nella fabbricazione di pneumatici; C in acciai (0,1-1%) e ghise (3,5-4,5%); C (+ S + nitrato di Na o K) nella polvere nera; CO<sub>2</sub>(s), “ghiaccio secco”; CO<sub>2</sub>(l) negli estintori a gas; CO<sub>2</sub>(g) nelle bevande gassate; SiC (carborundo) come abrasivo e refrattario; WC (carburo di tungsteno) in strumenti da taglio, come abrasivo e nelle punte delle penne a sfera; CaCO<sub>3</sub>, marmo di Carrara e altri marmi; NaHCO<sub>3</sub>, bicarbonato (antiacido e nei lieviti artificiali con NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); freon (CF<sub>3</sub>Cl, CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CFC<sub>13</sub>) come fluidi refrigeranti e propellenti per aerosol (proibiti nel 1990); Pb<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>, biacca, come pigmento bianco; C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> per la maturazione di pomodori e frutta.

<sup>14</sup>C (prodotto dai raggi cosmici nell’alta atmosfera, <sup>14</sup>N + n → p + <sup>14</sup>C; t<sub>1/2</sub> = 5715 anni; dec: β) per la datazione di reperti archeologici più giovani di 50000 anni; <sup>11</sup>C (t<sub>1/2</sub> = 20 min; dec: ε) in diagnostica medica (PET).

**importanza biologica:** elemento componente fondamentale della materia vivente; CO<sub>2</sub> reagente della fotosintesi; CO<sub>2</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> è un sistema tampone del sangue.

**pericolosità:** CO (ossido di carbonio, prodotto da combustioni incomplete per carenza di O<sub>2</sub>), HCN (acido cianidrico), CS<sub>2</sub>, COCl<sub>2</sub> (fosgene) sono fortemente tossici; CO<sub>2</sub>(g) è il principale responsabile dell’effetto serra; i freon contribuiscono all’effetto serra ed al consumo dell’ozono atmosferico.

#### note e curiosità:

- Il carbonio (in forma di carbone) è probabilmente la prima specie elementare col quale l’umanità è venuta in contatto.
- Il nerofumo era forse uno dei primi pigmenti usati per tatuaggi, come quelli della mummia Oetzi.
- Il più forte legame tra due atomi di elementi diversi è quello di CO (1070,3 kJ/mol).
- Il 50% dei diamanti naturali è usato come gemme; la loro massa è misurata in carati: 1 carato = 0,2 g.
- Contrariamente a quanto è talvolta scritto sui giornali, diossido di carbonio (nuova nomenclatura sistematica chimica IUPAC) e anidride carbonica (vecchia nomenclatura) sono la stessa sostanza, CO<sub>2</sub>.
- I composti di C sono più numerosi del numero totale dei composti di tutti gli altri elementi.
- La percentuale di <sup>13</sup>C nel petrolio è circa il 95% di quella delle rocce calcaree; la causa è che la fotosintesi riduce più facilmente <sup>12</sup>CO<sub>2</sub> che <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>.
- Negli esseri viventi <sup>14</sup>C costituisce solo il 10<sup>-10</sup> % del contenuto di carbonio.
- I nanotubi sono sostanze cilindriche tubolari, aperte o chiuse alle estremità, costituite da uno o più cilindri concentrici di grafene. Hanno diametri dell’ordine di nanometri e lunghezze che possono raggiungere i millimetri. Sono caratterizzati da un’alta resistenza meccanica, per cui trovano già applicazione come fibre di rinforzo di polimeri; hanno anche sorprendenti proprietà di conducibilità elettrica (si comportano da metalli o da semiconduttori, a seconda della geometria) che ne fanno prevedere un uso futuro nella nanoelettronica. Sono prodotti in natura nella combustione di idrocarburi.
- I fullereni sono sostanze molecolari vuote, sferiche o ellissoidali. Il primo fullerene, C<sub>60</sub>, fu sintetizzato nel 1985 ed è costituito da anelli esagonali e pentagonali di atomi di C combinati in una forma quasi sferica analoga ad un pallone da calcio; è stato chiamato buckminsterfullerene in onore dell’architetto Buckminster Fuller, divulgatore di cupole geodetiche che hanno una struttura simile. Minime quantità di fullereni sono presenti in natura nella fuliggine e vengono prodotte nell’atmosfera da scariche elettriche; nel 1992 fullereni sono stati trovati in minerali della Karelia (Russia). Sono allo studio applicazioni dei fullereni in campo medico ed in quello delle nanotecnologie.
- Nanotubi di carbonio sono stati trovati recentemente nell’acciaio di una spada di Damascodel secolo XVII; potrebbero aver contribuito a determinare le particolari proprietà di quell’acciaio.
- CO<sub>2</sub> in condizioni “supercritiche”, cioè a temperature e pressioni superiori ai valori critici (31 °C, 74 bar), viene usata per l’estrazione delicata e innocua di prodotti naturali, come l’estrazione della caffeina dai chicchi di caffè.
- Joseph Priestley suggerì agli amici (circa nel 1766) di aggiungere “aria fissa” (CO<sub>2</sub>) all’acqua per fare una bibita rinfrescante.

## COMBUSTIBILI FOSSILI

	produzione 2008		riserve	
carbone	6,7×10 <sup>9</sup> tonn	3,3×10 <sup>9</sup> tep	8,3×10 <sup>11</sup> tonn	6,7×10 <sup>12</sup> tep
petrolio	3,9×10 <sup>9</sup> tonn	3,9×10 <sup>9</sup> tep	1,7×10 <sup>11</sup> tonn	1,7×10 <sup>11</sup> tep
gas naturali	3,1×10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup>	2,8×10 <sup>9</sup> tep	1,9×10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup>	1,7×10 <sup>11</sup> tep

$$\text{tep (tonnellata equivalente di petrolio} \equiv 4,2 \times 10^{10} \text{ J)} = \begin{cases} 1,5 \text{ tonn di carbone} \\ 1,0 \text{ tonn di petrolio} \\ 1,1 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ di gas naturali} \end{cases}$$