

La Datazione Dei Reperti Organici con il Metodo del Carbonio 14

(Alessandro Lenzi)

A volte viene spontaneo domandarsi come possano gli scienziati riuscire a risalire al periodo di appartenenza di un resto umano mummificato, di resti organici o di reperti archeologici, semplicemente analizzando certe proprietà dei materiali a loro disposizione. La risposta a questa domanda consiste nel metodo di radiodatazione al Carbonio 14.

Che cosa è esattamente questo metodo? In questa rubrica cercheremo di dare a questa domanda, una risposta più semplice ed esauriente possibile.

partiremo da abbastanza lontano; dalla struttura degli atomi, per arrivare piano piano a capire come sia possibile risalire all'età di un pezzo di legno antico o di alcuni semi conservati in una tomba o addirittura di resti umani mummificati.

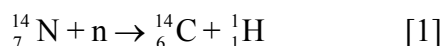
Il Carbonio è un elemento chimico molto diffuso in natura ed è uno dei costituenti fondamentali degli esseri viventi. Le proteine, gli zuccheri, il DNA di tutti gli animali sono sostanze che possiedono una “impalcatura” a base di Carbonio. In Natura esistono solo tre isotopi naturali del Carbonio : il Carbonio 12 indicato con $^{12}_6\text{C}$, il Carbonio 13 : $^{13}_6\text{C}$ ed i Carbonio 14 : $^{14}_6\text{C}$. Quest'ultimo possiede la particolarità di essere radioattivo e di formarsi soltanto in particolari condizioni. Queste proprietà, come vedremo più avanti lo rendono adatto ad essere utilizzato come “orologio”, come

misuratore degli anni e millenni trascorsi. Prima di proseguire accenneremo brevemente a cosa sono gli isotopi.

Un elemento chimico come il Carbonio è una sostanza pura che non può essere decomposta in sostanze più semplici. A livello microscopico, ogni elemento è costituito da Atomi che noi possiamo immaginare come piccole palline (piccole davvero perché misurano poco più di un decimillesimo di millimetro) che hanno tutte le stesse proprietà chimiche e fisiche. Ognuno di questi atomi è a sua volta costituito da un nucleo carico elettricamente con segno positivo. Nel nucleo si individuano due tipi di particelle, i protoni (carichi positivamente) ed i neutroni (senza carica elettrica). Attorno a questo nucleo che è ancora più piccolo dell'atomo stesso di circa 10000 volte, si trovano in perenne moto gli elettroni. In ogni atomo il numero di elettroni uguaglia il numero di protoni. Il numero di neutroni pur essendo variabile è generalmente uguale al numero di protoni. Nuclei con numero di protoni diverso individuano atomi di elementi chimici diversi. Così, ad esempio, un atomo con un protone appartiene all'Elemento Idrogeno, uno con due protoni appartiene all'Elio, tre protoni individuano il Litio e così via. Nel caso del Carbonio possiamo contare all'interno del nucleo sei protoni ed essendo valido il criterio dell'uguaglianza del

numero di protoni con il numero di neutroni, si potranno contare altri sei neutroni. Questo atomo viene indicato con il simbolo $^{12}_6\text{C}$ che si legge Carbonio (C) 12 (numero totale di protoni e neutroni) con 6 protoni (ovvio essendo Carbonio). Un isotopo è un atomo di un elemento che si distingue soltanto per un numero diverso di neutroni. Ad esempio il Carbonio 13 ($^{13}_6\text{C}$) contiene nel proprio nucleo sei protoni e sette neutroni, il Carbonio 14 ($^{14}_6\text{C}$) contiene un neutrone in più.

Il terzo isotopo del Carbonio è il $^{14}_6\text{C}$. Questo elemento ha la particolarità di essere radioattivo e di formarsi solamente nell'atmosfera ad opera dei raggi cosmici secondo la seguente reazione.



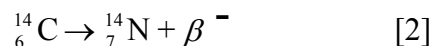
I simboli sopra riportati indicano la reazione che avviene tra un neutrone (n) ed un atomo di Azoto ($^{14}_7\text{N}$) atmosferico. Il nucleo di Azoto scambia un neutrone con un protone (^1_1H) per cui si forma un nuovo elemento chimico: il Carbonio 14 ($^{14}_6\text{C}$).

I raggi cosmici sono radiazioni provenienti dallo spazio e dal sole che colpiscono continuamente la Terra. La quantità di neutroni che intercettano la Terra è costante. Una porzione relativamente piccola di questi reagisce con l'Azoto atmosferico producendo continuamente Carbonio 14. Se non intervenisse nessun meccanismo particolare, la concentrazione atmosferica di $^{14}_6\text{C}$ aumenterebbe continuamente. Ma questo elemento, ossidandosi ad anidride carbonica CO_2 ,

viene continuamente captato dalle piante, tramite la fotosintesi clorofilliana e di qui passa in tutti gli organismi viventi tramite la catena alimentare (esistono altre vie di scambio del Carbonio che qui trascuriamo per semplicità). Il fatto importante è che in questo modo, nell'atmosfera, e quindi in tutti gli organismi viventi, si mantiene un tenore costante di $^{14}_6\text{C}$ pari a circa un atomo dell'isotopo radioattivo ogni 10^{12} atomi di Carbonio (scritto per intero il numero è 1000000000000).

quando un organismo muore cessa il suo contatto con la catena alimentare e quindi il suo apporto di nuovo $^{14}_6\text{C}$. Da quel momento comincia inesorabile la scomparsa continua dell'isotopo radioattivo dai resti dell'organismo.

Quando il $^{14}_6\text{C}$ decade si trasforma di nuovo in Azoto emettendo un elettrone (radiazione β^-)



per cui in un campione di Carbonio di origine animale la quantità di questo isotopo diminuisce progressivamente. Conoscendo la legge con cui questo elemento diminuisce nel tempo, sarebbe possibile ricavare quanto tempo è passato dalla sua morte.

Cercheremo di ricavare questa legge senza ricorrere troppo alla matematica. Immaginiamo di avere un numero elevato di atomi radioattivi di un elemento X, per esempio 1 milione, ed immaginiamo di sapere che ogni secondo si hanno 50 decadimenti, cioè 50 reazioni nucleari e quindi 50 radiazioni emesse. Se la quantità

dell'Elemento raddoppia (2 milioni), si avrà naturalmente, un raddoppio della quantità particelle emesse. Quindi potremo dire che la legge di decadimento è del tipo

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1}{\tau} N \quad [3]$$

dove $-\Delta N$ è il numero di atomi che decadono in un intervallo di tempo Δt (è presente un segno - perché nel tempo si ha diminuzione di atomi radioattivi e per convenzione il termine τ del membro di destra dell'equazione è positivo). Il fattore τ prende il nome di tempo di decadimento dell'isotopo considerato. Il reciproco di questo numero ci dà una idea della quantità di decadimenti che avvengono per ogni secondo. Nel nostro caso si avrà

$$\frac{1}{\tau} = -\frac{\Delta N}{N \Delta t} = \frac{50}{1000000} = 0.00005 \quad [4]$$

Carbonio 14 si hanno $3.8 \cdot 10^{-12}$ decadimenti al secondo per atomo oppure 3.8 decadimenti al secondo ogni milione di milione di atomi di carbonio. Questo numero sembrerebbe piccolo, apparentemente, ma se il normale Carbonio, sia esso Diamante, grafite od il meno nobile Carbone, fosse costituito interamente dell'Isotopo radioattivo si avrebbero ben 191 milioni di milioni di decadimenti al secondo per ogni grammo di carbonio (un atomo di Carbonio pesa circa $1.99 \cdot 10^{-23}$ grammi, quindi in un grammo di Carbonio ci sono più o meno $5 \cdot 10^{22}$ cioè 50000 miliardi di miliardi di atomi ed il conto è presto fatto!!!). Per fortuna, la Natura ha riservato al Carbonio 14 il ruolo di “mosca bianca” fra gli atomi dello stesso elemento che non sono radioattivi evitandoci il pericoloso arrostitimento deducibile dagli spaventosi numeri appena menzionati. Infatti, essendo presente 1 atomo di isotopo radioattivo ogni

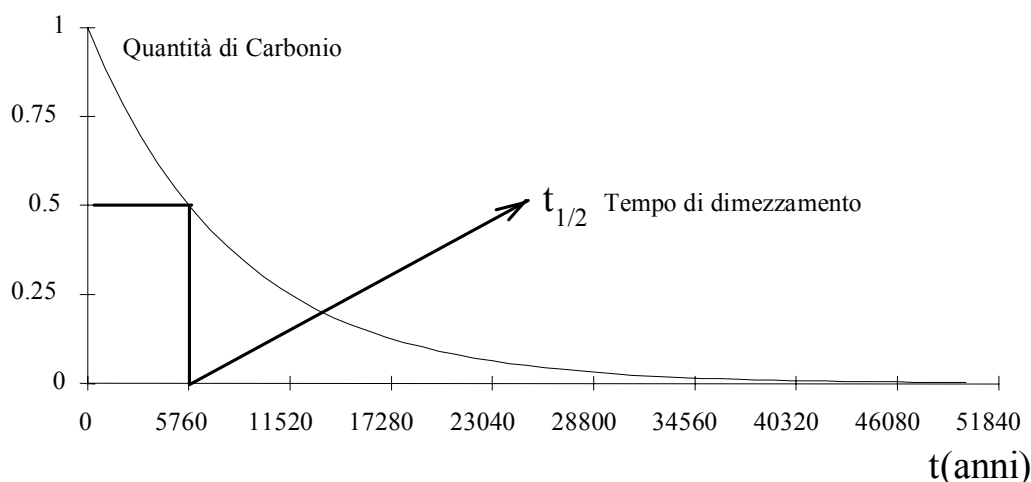


Fig. 1: andamento della quantità di radiocarbonio nel tempo. Si assume di avere una quantità iniziale di un grammo dell'isotopo radioattivo

cioè si hanno $5 \cdot 10^{-5}$ decadimenti al secondo per atomo di isotopo X. Nel caso del

10^{12} atomi di Carbonio “fresco”, si hanno circa 15 decadimenti al minuto per ogni grammo di Carbonio.

Per dovere di completezza dovremo fornire la soluzione della eq. [3]

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau} \quad [5]$$

La funzione matematica descritta dalla eq. [5] prende il nome di esponenziale ed assume un andamento temporale descritto dal grafico di Fig. 1. Come possiamo vedere graficamente esiste un tempo caratteristico, nel decadimento, in cui la quantità di atomi che sono decaduti si è ridotta della metà. Questo tempo prende il nome di tempo di dimezzamento dell'Isotopo ed è pari a 5760 anni per il Carbonio 14. Il tempo di dimezzamento $t_{1/2}$ dipende in maniera semplice dal tempo di decadimento della sostanza

$$t_{1/2} = \tau \ln(2) \quad [6]$$

Noi utilizzeremo questo tempo per capire qualitativamente cosa succede durante il decadimento.

Al momento della morte di un organismo il Carbonio 14 comincia a decadere fino a quando, dopo 5760 anni la quantità di $^{14}_6\text{C}$ si sarà ridotta della metà. Dopo 11520 anni sarà rimasto 1/4 del Carbonio originale, dopo 17289 anni si avrà 1/8 del Carbonio e così via fino a quando uno studioso naturalista non ne misurerà la radioattività per determinarne il $^{14}_6\text{C}$ residuo e quindi la data della morte dell'organismo. Infatti il metodo di datazione Carbonio 14 consiste nel prelevare un frammento del materiale da esaminare, trasformare tutto il Carbonio presente in Carbone ("nero fumo"

per l'esattezza), pesarlo molto accuratamente e misurarne la radioattività con strumenti particolari che prendono il nome di rivelatori a scintillazione.

Quindici volte la minuto pulsa il "cuore" giovane di un grammo di Carbonio che ancora è presente alla vita. Sette o poco più sono i suoi battiti infantili, alla tenera età di 5760 anni. Passano a tre o quattro dopo 11520, fin quando, ormai vecchio stanco, dopo circa 50000 anni, il suo battito ancora presente e destinato a durare in eterno, non è divenuto così flebile da non poter essere più rilevato dalle nostre strumentazioni.

Con il metodo di datazione al $^{14}_6\text{C}$ sono state determinate le età di numerosi reperti organici. E' così che si è determinata che l'età degli insediamenti delle grotte di Lascaux in Francia (15516 anni), dai resti di carbone lasciati dai nostri antenati che li vivevano. Con lo stesso metodo, la Sacra Sindone, più volte contaminata da Carbonio "recente", durante le molte vicissitudini storiche, è risultata antica di circa 1300 anni. Altri esempi si hanno nella datazione di frammenti di legno carbonizzato del Wisconsin che sono risultati risalire a circa 11400 anni fa.

In conclusione, vorremmo ricordare che il metodo di datazione con $^{14}_6\text{C}$ si è dimostrato uno dei più efficaci sistemi utilizzati dagli studiosi per risalire all'età di oggetti contenenti Carbonio la cui età non superi i 50000 anni (in quanto risulta troppo bassa la radioattività dei campioni). Per oggetti più antichi o comunque non contenenti Carbonio esistono differenti metodi molti dei quali ancora basati sulla

determinazione della quantità di un isotopo di un certo elemento nel campione esaminato.

Bibliografia

“**General Chemistry**”, L. Pauling, Dover Publications Inc., New York (1988)

“**Chimica Fisica**”, W. J. Moore, Piccin Editore Padova (1979)