



Anisn

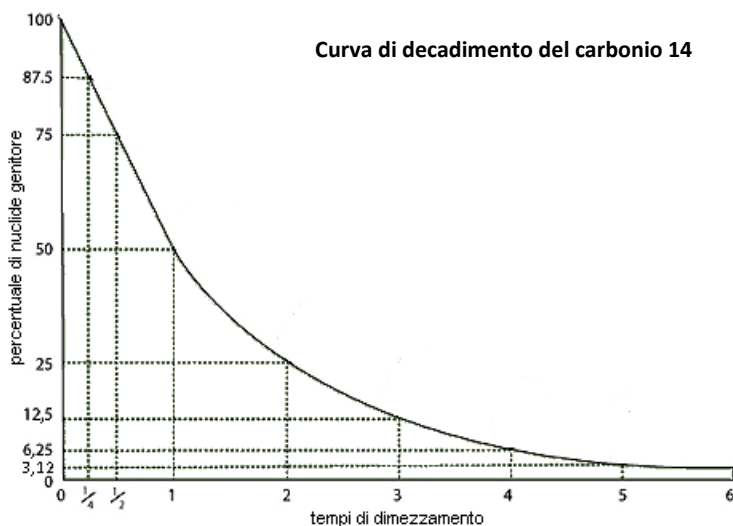
HUMANITAS UNIVERSITY

ZANICHELLI

Una datazione radiometrica con il carbonio 14

DALLA PROVA DELLE OLIMPIADI DELLE SCIENZE NATURALI 2015 - XIII EDIZIONE
FASE REGIONALE (TRIENNIO SCIENZE DELLA TERRA)

Le 6 domande che seguono riguardano il metodo radiometrico del carbonio 14, un metodo utilizzato sia in geologia sia in archeologia per i datare reperti. Le domande sono introdotte da un testo e da un grafico ai quali dovrai fare riferimento per fornire le risposte. Scrivi la risposta a ciascuna domanda nel foglio risposte allegato.



Sull'asse delle ascisse una unità corrisponde a 5730 anni

Alcuni reperti archeologici e fossili possono essere datati con il metodo del radiocarbonio, che sfrutta la presenza nei composti di origine biologica di un isotopo radioattivo del carbonio, il $^{14}_6\text{C}^*$ (carbonio 14 o anche C-14). Il carbonio 14 si origina nell'atmosfera per azione dei raggi cosmici, che possono avviare la trasformazione di un atomo di azoto in un atomo di carbonio 14 secondo la reazione:



L'isotopo $^{14}_6\text{C}^*$ decade spontaneamente con l'emissione di radiazioni β^- per trasformarsi in $^{14}_7\text{N}$ (azoto 14), con un tempo di dimezzamento di circa 5730 anni. Ciò significa che ogni 5730 anni il numero di atomi di carbonio 14 presenti in un dato campione si dimezza, come indicato nel grafico a lato. Gli atomi che prendono parte a una reazione

nucleare sono spesso indicati con il termine nuclide, perché se ne specifica la composizione del nucleo in termini di numero di massa (indicato in alto davanti al simbolo dell'elemento) e numero atomico (indicato in basso davanti al simbolo dell'elemento). Il nuclide presente all'inizio della reazione nucleare è chiamato nuclide genitore, quello che si forma al termine della reazione è chiamato nuclide figlio. L'equilibrio dinamico che si stabilisce tra la formazione del $^{14}_6\text{C}^*$ e il suo decadimento fa sì che l'abbondanza dell'isotopo radioattivo sia 10^{-12} (un atomo di carbonio ogni mille miliardi è $^{14}_6\text{C}^*$). Questa abbondanza si riscontra identica nell'atmosfera, negli oceani, nei sistemi viventi.

1. Come si spiega il fatto che la concentrazione di carbonio 14 nei sistemi viventi è uguale a quella nell'atmosfera?
 - a) Il carbonio dell'atmosfera diffonde all'interno dei sistemi viventi e porta al raggiungimento di una condizione di equilibrio tra le concentrazioni dei diversi isotopi.
 - b) Il decadimento degli isotopi radioattivi di carbonio 14 all'interno dei sistemi viventi determina la trasformazione di un numero equivalente di isotopi non radioattivi in isotopi radioattivi.
 - c) Gli isotopi non radioattivi nei sistemi viventi si trasformano spontaneamente in isotopi radioattivi con velocità analoga a quella nell'atmosfera.
 - d) Gli organismi fotoautotrofi organicano il carbonio presente nell'atmosfera e lo immettono nella catena alimentare con le stesse abbondanze isotopiche che si trovano nell'atmosfera.
 - e) La respirazione dei sistemi viventi permette di equilibrare il carbonio dell'organismo con quello presente nell'atmosfera.

2. Se si osserva la curva del decadimento del carbonio 14, si nota che la quantità di nuclide genitore che decade nel corso di un tempo di dimezzamento, la cui durata rimane sempre costante, diminuisce al passare del tempo. Qual è la spiegazione di questo fatto?

- a) La quantità di nuclide genitore che decade è proporzionale al numero di isotopi presenti e il decadimento provoca una diminuzione continua del numero di questi isotopi.
- b) I nuclidi che si sono conservati sono quelli più resistenti al processo di decadimento, pertanto il loro decadimento diventa via via meno probabile.
- c) La probabilità di decadere per ogni singolo isotopo radioattivo di carbonio-14 diminuisce con il passare del tempo.
- d) I legami che si formano in numero crescente con i composti organici rendono più stabili gli isotopi radioattivi di carbonio-14.
- e) I processi di fossilizzazione allontanano una parte del carbonio presente nei resti dell'organismo e fanno diminuire di conseguenza il numero di isotopi di carbonio-14 che decadono.

3. Un cinghiale adulto del peso di 100 kg contiene 20 kg di carbonio, dei quali fanno parte anche $1 \cdot 10^{15}$ atomi di carbonio 14 radioattivi, per una massa complessiva di $2 \cdot 10^{-8}$ g (due centomilionesimi di grammo). Ogni secondo, decadono in media $3 \cdot 10^3$ atomi di carbonio 14 radioattivi. La presenza del carbonio 14 nell'organismo rimane però costante nel tempo. Come si spiega questo fatto?

- a) Alcuni atomi non radioattivi di carbonio nell'organismo si trasformano in atomi di carbonio 14, in numero tale da sostituire quelli decaduti o persi con l'attività metabolica.
- b) Alcuni atomi di azoto nell'organismo si trasformano in atomi di carbonio 14, in numero tale da sostituire quelli decaduti o persi con l'attività metabolica.
- c) Gli atomi di carbonio assorbiti con il cibo comprendono anche isotopi di carbonio 14, che sostituiscono quelli decaduti o persi con l'attività metabolica.
- d) Gli atomi di carbonio 14 decaduti o persi con l'attività metabolica sono sostituiti da altri atomi di carbonio 14 assorbiti dall'atmosfera attraverso gli scambi respiratori.
- e) Gli atomi di carbonio 14 decaduti o persi con l'attività metabolica sono sostituiti da altri atomi ingeriti con l'acqua e assorbiti nell'apparato digerente.

4. La datazione radiometrica con il metodo del carbonio-14 si basa sulla quantità del nuclide genitore rimasto nel reperto e non sulla quantità di nuclide figlio prodotto perché:

- a) Il nuclide figlio non è radioattivo e pertanto non può essere rilevato.
- b) Il nuclide figlio decade a sua volta in un altro nuclide e non si può essere certi della quantità realmente formata;
- c) L'azoto si può legare con alcuni composti organici e sfuggire pertanto alla rilevazione.
- d) La quantità di nuclide genitore è sempre maggiore di quella di nuclide figlio e pertanto più facile da rilevare.
- e) Il nuclide figlio è indistinguibile dagli altri atomi di azoto presenti nei resti dell'organismo.

5. Il processo di datazione radiometrica basato sul carbonio 14 è reso possibile dal fatto che dopo la morte di un organismo:

- a) Le reazioni chimiche di decomposizione favoriscono il consumo degli isotopi di carbonio 14 rispetto agli altri isotopi del carbonio.
- b) L'energia liberata dalle reazioni chimiche di decomposizione accelera il naturale decadimento degli isotopi di carbonio 14.
- c) Le acque freatiche asportano dai resti fossilizzati più atomi di carbonio 14 di quanti non ne apportino;
- d) I resti sepolti sono irraggiungibili ai raggi cosmici e il processo di produzione del carbonio 14 si arresta;
- e) I processi metabolici si arrestano e il decadimento degli atomi di carbonio 14 non è più bilanciato dall'apporto di nuovi materiali con la nutrizione.

6. A ogni tempo di dimezzamento il numero di nuclidi genitori presenti in un campione si dimezza. Nel caso del carbonio 14, ciò significa che dopo 5.730 anni i nuclidi genitori sono ridotti alla metà (50%), dopo 11.460 anni sono ridotti a un quarto (25%) e così via (*vedi grafico*). Un frammento di cranio attribuito a *Homo neanderthalensis* è sottoposto ad analisi radiometrica e rivela che il contenuto di carbonio 14 è ridotto allo 0,8% di quello dell'organismo in vita. Ciò significa che quel reperto può essere datato intorno a:

- a) 34.000 anni fa.
- b) 40.000 anni fa.
- c) 64.000 anni fa.
- d) 128.000 anni fa.
- e) 600.000 anni fa.

