

Cursul 13.3 Metode de datare cu ^{14}C radioactiv

Principiul metodei de datare

Încă din anul 1934 s-a emis ipoteza ca radioelementelor naturale (în particular a ^{14}C) pot să se formeze în atmosferă prin interacțiunea cu radiația cosmică dar abia în anul 1947 această ipoteză a fost verificată.

Dioxidul de carbon din atmosferă (CO_2) este asimilat direct de către vegetale și animalele. Acest CO_2 care se găsește în aer prezintă o anumită radioactivitate și care are ca sursă o cantitate (de multe ori destul de redusă) de ^{14}C radioactiv. Astfel, toate organismele vii prezintă aceeași radioactivitate ca cea a CO_2 atmosferic. La moartea organismelor vii (vegetale sau animale) schimbul cu atmosfera încetează, astfel că ^{14}C radioactiv nu mai este reîmprospătat. Radioactivitatea ^{14}C scade lent după o lege exponențială (legea de dezintegrare radioactivă) cu o constantă de scădere denumită și timp de înjumătățire $T_{1/2}$ care în cazul ^{14}C radioactiv este de 5568 de ani [1].

Dacă se măsoară activitatea unei unități de masă a unei fosile (vegetala sau animală), de exemplu a unui os fosil și se consideră că este proporțională cu numărul de nuclee de ^{14}C radioactiv, N . Dacă mai apoi se măsoară activitatea carbonului actual, al unei unități de masă a unui os recent care este proporțională cu numărul de nuclee de ^{14}C radioactiv, N_0 . Atunci din raportul celor două activități se poate deduce timpul scurs de la moartea fosilei, și deci se poate deduce *varsta* acesteia. Pentru aceasta se pornește de la legea dezintegrării radioactive:

$$N(t) = N(0)e^{-\lambda t} = N(0)e^{-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}}t}, \quad (1)$$

unde s-a folosit relația dintre constanta de dezintegrare λ și timpul de înjumătățire $T_{1/2}$. Dacă în ecuația (1) se introduce valoarea timpului de înjumătățire atunci se obține o formulă simplă pentru calculul vârstei unei fosile:

$$t = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) 18.5 \times 10^3 \text{ ani sau } t = 18.5 \times \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) \text{ mii de ani}, \quad (2)$$

Principiul de datare se bazează pe ipoteza că radioactivitatea naturală a ^{14}C radioactiv a rămas constantă în decursul ultimilor 40 000 de ani. În prezent se cunoaște faptul că ipoteza nu este riguros exactă [1].

Ciclul carbonului

Protonii cosmici de origine galactică sunt, mai mult sau mai puțin, deviați de câmpul magnetic terestru. Totuși, cei care pătrund în atmosferă în urma proceselor de interacțiune cu moleculele de oxigen azot din aer dau naștere neutronilor. După producerea neutronilor, aceștia interacționează la rândul lor cu moleculele din aer (în particular cu moleculele de azot) iar în urma numeroaselor ciocniri neutronii își pierd treptat energia. În felul acesta ajung încet la nivelul energiei termice a gazelor. În aceste condiții ei dau naștere, cu o mare probabilitate la ^{14}C radioactiv [1]. Reacția care generează este următoarea:



această reacție este importantă în domeniul energiilor mai mici de un MeV.

Maximul de intensitate a neutronilor secundari este actins la altitudini situate între 18 și 15 km. În această zonă este situat și maximul nivelului de produce a ^{14}C radioactiv. Fluxul cosmic este larg modulată atât de câmpul magnetic terestru cât și de câmpul magnetic al vântului solar interplanetar. Ca urmare a acestui fapt producerea ^{14}C radioactiv este afectată de aceleași variații spațiale și temporale ca și fluxul de protoni. Între Ecuator și Polul Nord ea variază cu un factor de 4 până la 5 suferind fluctuații importante în cursul unui ciclu solar. Acest lucru face dificil calculul exact a nivelului de producție a ^{14}C radioactiv. Deși variațiile nivelului de producție a ^{14}C radioactiv sunt de ordinul la 25%, în cursul unui ciclu solar de 11 ani acestea nu produc modificări foarte sensibile în concentrația de ^{14}C atmosferic. S-a arătat că o variație periodică de 10 ani în producția de ^{14}C radioactiv s-a atenuat de 100 de ori [1].

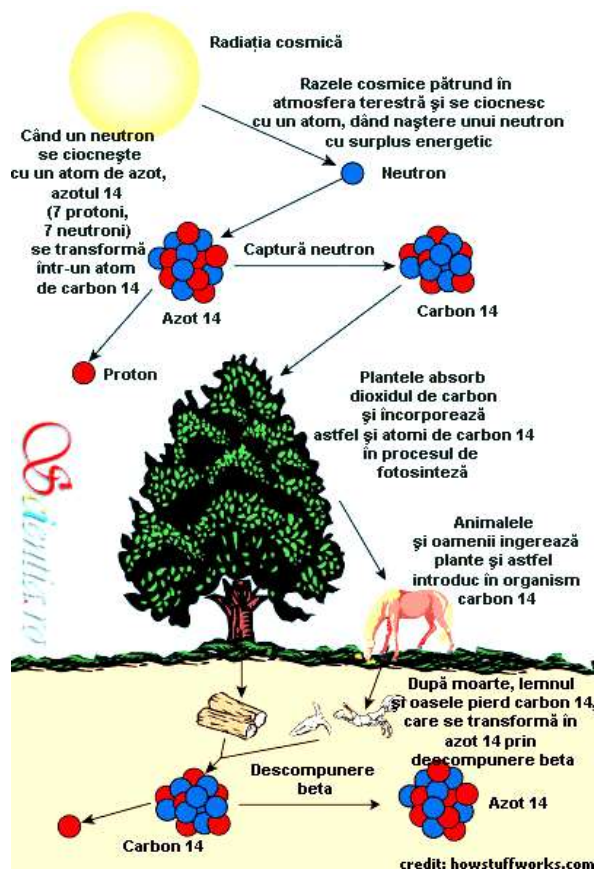


Fig. 1 Schema de principiu a producerii ^{14}C în atmosfera, incorporarea în plante pe timpul vieții și descompunerea β după moarte [2].

Proprietățile ^{14}C

^{14}C radioactiv este unul din izotopii carbonului. Abundența acestuia este de $1.2 \times 10^{-12} \%$. Ceilalți 2 izotopi stabili ai carbonului sunt ^{12}C care are o abundență de 98,89 % și respectiv ^{13}C care are o abundență de 1,108 %. Carbonul 14 emite o radiație β^- dezintegrându-se după schema:



Perioada de dezintegrare acest izotopi este de 5730 ± 40 de ani. Ca urmare a unei convenții internaționale (pentru a se evita orice confuzie) în anul 1951 sa adaptat pentru perioada de dezintegrare, utilizată pentru datări, valoarea de 5568 de ani. Aceasta este folosită și astăzi.

Formarea și dezintegrare a ^{14}C radioactiv se produce simultan în conjuncție și tinzând către un echilibru radioactiv care menține constantă compoziția izotopică și activitatea specifică a ^{14}C atmosferic. Această activitate naturală este foarte slabă fiind egală cu $13.56 \pm 0,07$ dezintegrări pe minut și pe gram de carbon.

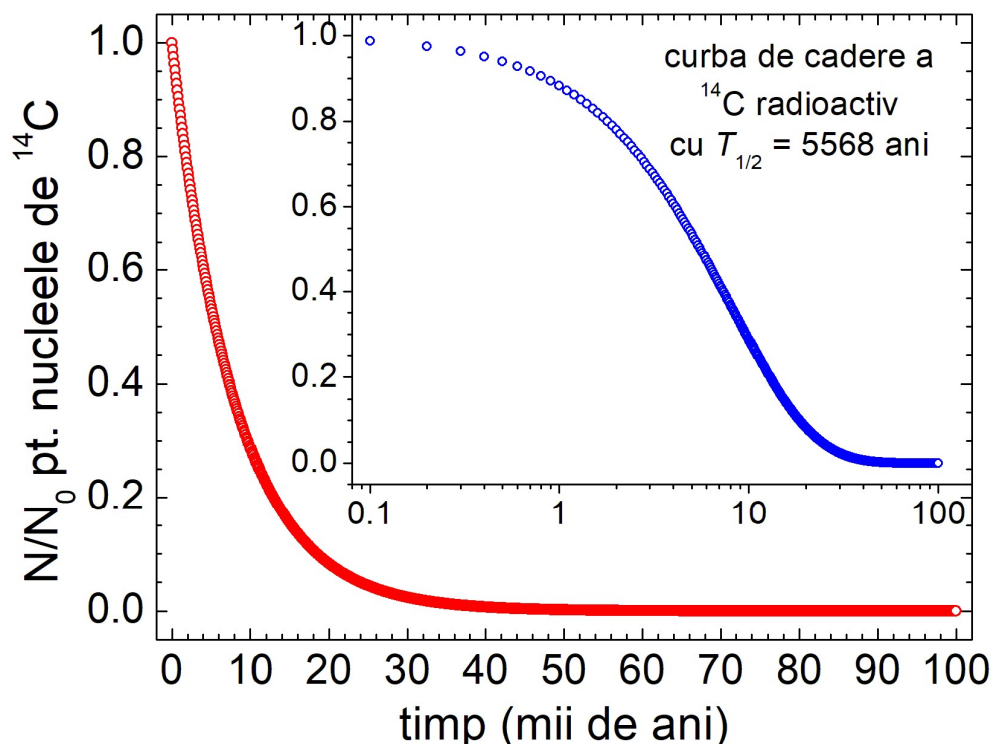


Fig. 2 Curba normalizată de cădere a activității ^{14}C radioactiv reprezentată pe o perioadă de 100 000 de ani în scară normală și în insert în scară logaritmică.

Bibliografie

1. Gheorghe Vasaru, Constantin Cosma, Geocronologie Nucleara: Metode de datare prin fenomene nucleare naturale, Ed. Dacia, 1998.
2. <https://www.scientia.ro/tehnologie/39-cum-functioneaza-lucrurile/222-datarea-cu-carbon-14.html>
3. Prof. Dr. Grigore Damin, UBB, Note de curs Online, (Curs de Fizica Nucleara) <http://www.phys.ubbcluj.ro/~grigore.damian/lectures.html>.
4. Simona Cornelia Nicoara, Fizica Mediului si Habitatului, Ed. Risoprint 2002.
5. Onuc Cozar, Note de curs, 1996.
6. Valdimir Znamirovski, Note de curs, 1995