

Metoda de datare C-14

Ovidiu Păraușanu
oparausanu@yahoo.com

Acest articol despre metoda de datare C-14, încearcă să scoată în evidență adevărul pur științific privit din punct de vedere fizico-matematic cu privire la evaluarea vârstei relicvelor organice și vestigiilor arheologice, evitând în totalitate intrarea în polemici privind exactitatea sau erorile minore ori majore pe care le dă acest tip de datare.

De asemenea, se dorește redarea cât mai completă a principiilor fizice ce guvernează legile dezintegrării radioactive, precum și aparatul matematic necesar calculelor riguroase ce se impun, aspecte mai rar întâlnite într-o publicație care are cu preponderență caracter istoric, pentru o edificare cât mai completă asupra fenomenelor.

Metoda constă în măsurarea izotopilor radioactivi ai carbonului, din resturile carbonizate ale unor materii organice aflate în depunerile arheologice. Pentru acestea se folosesc probe de cărbune, oase sau resturi organice, care sunt transformate în gaze. Aceste gaze sunt introduse în aparate (tub ce măsoară scintilația) cu ajutorul cărora poate fi măsurat izotopul 14 al carbonului (C^{14}). Izotopii sunt mășurați și prin raport la perioada de înjumătățire (care este de 5568 ± 40), se calculează vechimea lor în timp. Data scursă se aproximează din momentul în care asimilarea carbonului a avut loc în organismul viu (animal sau plantă)¹.

În natură, carbonul se întâlnește în mai multe forme:

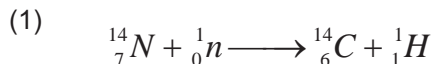
- $^{12}_6C$ - cea mai stabilă formă, reprezentând 98,89% din totalul de carbon conținut în materia vie;
- $^{13}_6C$ - reprezintă 1,11% din carbonul conținut în materia vie
- $^{14}_6C$ - izotop foarte instabil al carbonului, reprezentând doar $0,11 \cdot 10^{-9}$ % din carbonul conținut în materia vie.

Acesta din urmă ($^{14}_6C$) este folosit în arheologie și paleontologie, în vederea datării relicvelor, și este denumit C-14.

Vom vedea în continuare fenomenele fizice în urma cărora acest izotop este implementat în materia vie.

Radiația cosmică intră în atmosfera pământului. Aceasta, prin coliziune cu un atom din atmosferă, creează o radiație cosmică secundară, sub forma unui neutron energetic 1_0n , particulă fără sarcină electrică ($Z=0$), având masa egală cu unitatea ($M=1$).

Când neutronul întâlnește un atom de azot $^{14}_7N$, are loc o reacție nucleară de tipul



Se poate deci observa cu ușurință că, în urma acestei reacții nucleare, se degajă un atom de carbon $^{14}_6C$.

¹Marius Mihai Ciuta, *Metode și tehnici moderne de cercetare în arheologie*, Note de curs, p. 96

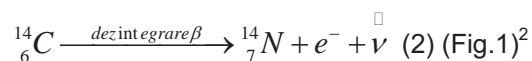
În procesul denumit **fotosinteză**, plantele folosesc energia solară pentru a transforma dioxidul de carbon (CO_2) din atmosferă în carbon, necesar acestora pentru asimilare internă. Prin urmare plantele absorb dioxid de carbon din atmosferă și încorporează carbon. Datorită acestui proces, procentul de carbon ce intră în constituția plantelor rămâne constant pe timpul vieții.

În lanțul trofic, animalele erbivore mănâncă plantele, acestea fiind mâncate la rândul lor de animalele carnivore.

Omul consumă în procesul de hrană atât plante cât și animale.

Prin urmare toată biosfera planetei va avea în constituția ei carbon și implicit izotopul C-14.

După moarte, atât animalele cât și plantele eliberează C-14 prin procesul de **dezintegrare radioactivă β** , proces de dezintegrare care constă în *emisia de electroni*.



Cunoscând **legea dezintegrării radioactive** a unui element:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad (3)$$

unde: $N(t)$ reprezintă numărul de atomi în stare excitată la momentul de timp t

N_0 - numărul inițial de atomi al probei examinate

$$\tau = \frac{1}{P} \text{ - inversul probabili-}$$

tății de tranziție în unitatea de timp

Notăm cu λ - probabilitatea de dezintegrare radioactivă în unitatea de timp

Ecuția (1.3) devine:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (4)$$

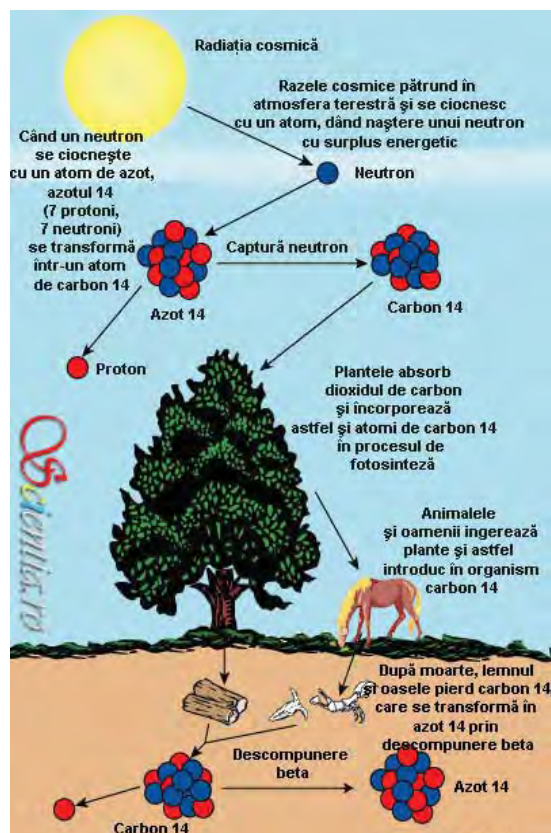


Fig.1

² <http://www.scientia.ro/222-datarea-cu-carbon-14.html>

Considerând: $t = T_{1/2}$ - timpul în care numărul inițial de atomi se înjumătățește sau timp de înjumătățire radioactivă, vom obține: $N \rightarrow \frac{N_0}{2}$, iar ecuația (1.4) devine:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \quad (5)$$

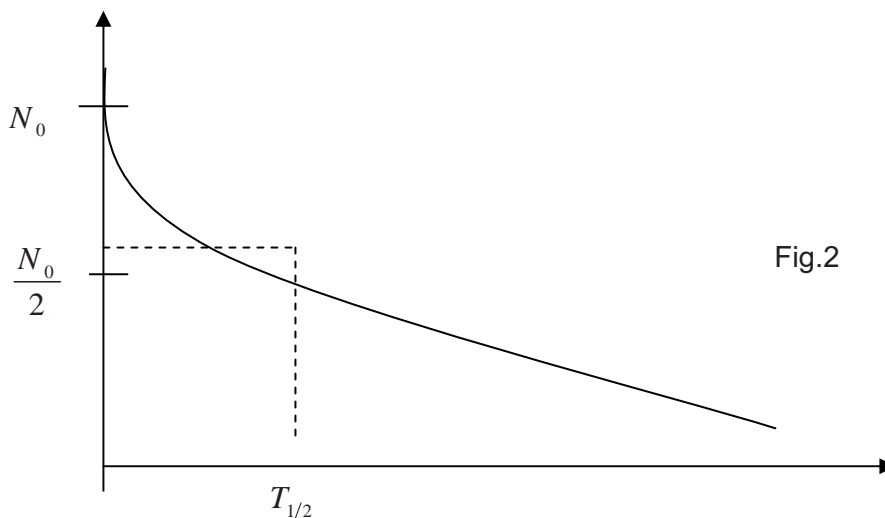
$$\text{Logaritmand ecuația (1.5)} \quad \ln \frac{N_0}{2} = \ln N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\Leftrightarrow \ln N_0 - \ln 2 = \ln N_0 - \lambda T_{1/2} \cdot \ln e$$

Știm că $\ln e = 1$, rezultă: $\ln 2 = \lambda T_{1/2}$, ecuație care ne dă **timpul de înjumătățire radioactivă**:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (6)$$

Vom reda în continuare grafic $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$:



Se poate determina prin metode experimentale *timpul de înjumătățire al izotopului C-14 ca fiind de 5700 ani*.

Din ecuația (4) putem printr-un calcul matematic simplu să determinăm λ - probabilitatea de dezintegrare radioactivă în unitatea de timp ca fiind $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$, astfel

încât ecuația (1.3) devine:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\left(\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right)t} \text{ sau } \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\left(\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right)t}.$$

Logaritmand vom obține: $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\left(\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right)t \cdot \ln e$.

Știind că $\ln e = 1$ rezultă:

$$t = \left[\ln \frac{N}{N_0} / (-\ln 2) \right] \cdot T_{1/2} \quad (7)$$

Înlocuind în formula (5) *timpul de înjumătățire al izotopului C-14*
 $T_{1/2} = 5700 \text{ ani}$ și $\ln 2 = 0,693$ obținem:

$$t = \left[\ln \frac{N}{N_0} / (-0,693) \right] \cdot 5700 \text{ ani} \quad (8)$$

formula de calcul a vârstei fosilelor cu ajutorul izotopului C-14³

Pentru a determina raportul $\frac{N}{N_0}$ în vederea stabilirii vârstei fosilelor, acestea

sunt comparate cu modele analoge aflate în viață. De exemplu, dacă concentrația N de C-14 dintr-o fosilă este de 10% față de concentrația N_0 dintr-un subiect viu, atunci înlocuind numeric în ecuația (6) vom avea:

$$t = \left[\ln(0,10) / (-0,693) \right] \cdot 5700 \text{ ani}$$

$$t = \left[(-2,303) / (-0,693) \right] \cdot 5700 \text{ ani}$$

$$t = 3,323 \times 5700 \text{ ani}$$

$$t = 18.940 \text{ ani vechime are fosila}$$

Deoarece timpul de înjumătățire pentru C-14 este de numai 5700 ani, nu este posibilă datarea fosilelor mai vechi de 60.000 de ani.

Principiul de calcul rămâne valabil însă și pentru alte elemente radioactive ce pot fi găsite în mod natural în organisme, cum ar fi: Potasiu 40 - 1,3 miliarde ani; Uraniu 235 – 704 milioane ani; Uraniu 238 – 4,5 miliarde ani; Thorium 232 – 14 miliarde ani; Rubidiu 87 – 49 miliarde ani⁴.

Summary

Over the 150 years of the discipline of scientific archaeology, researchers have used many different ways to determine how old an artifact or archaeological site is.

The *C-14 method* or *radiocarbon method* is the oldest physical method, which allows to determine the age of a object. The method is named after its principle; it is based on the natural radioactive decay of the carbon isotope C14.

The *C-14 method* is primarily intended for researchers and others involved in radiocarbon and other radioisotopes used in dating, and in scientific dating issues in general.

³ Gh. Lazarovici, *Metode si tehnici moderne de cercetare în arheologie*, București, 1998, p.52.

⁴ D. Brothwell, E. Higgs, *Science In Archaeology. A Survey of Progress and Research*, p.79

The major developments in the radiocarbon method up to the present day involve improvements in measurement techniques and research into the dating of different materials.

The radiocarbon dating method remains arguably the most dependable and widely applied dating technique for the late Pleistocene and Holocene periods.

Bibliografie

1. Marius Mihai Ciuta, *Metode și tehnici moderne de cercetare în arheologie*, Note de curs, Univ. „1 Decembrie 1918” - Alba Iulia.
2. Ghe. Lazarovici, D. Micle, *Introducere în arheologia informatizată*, Universitatea de Vest din Timișoara;
3. Gh. Lazarovici, *Metode și tehnici moderne de cercetare în arheologie*, București, 1998, Biblioteca Studii Clasice;
4. D. Brothwell, E. Higgs, *Science In Archaeology. A Survey of Progress and Research*, Thames and Hudson, Bristol, 1969;