

Erradioaktibitatea (II)

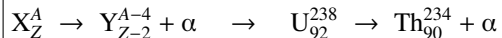
Desintegrazio-fenomenoa, legeak eta
isotopoen bidezko datazio-teknikak

O. Ecenarro

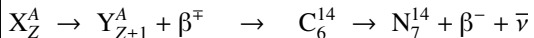
`oscar.ecenarro@ehu.es`

Desintegrazio motak eta legeak

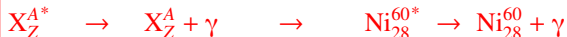
- Nuklidoen zerrendan (milaka) gehienak ez-egonkorak dira, eta $Z = 83$ -tik gorakoak (Bismutoa), guztiak.
- **α erradioaktibitatea.**
 - Nukleo astunen barruko nukleoi-bilduma oso egonkorak (He nukleoak).
 - Potentzial putzua eta tunel-efektua; α partikularen igorpena.
 - **Soddy-ren lehenengo legea:**



- **β erradioaktibitatea.**
 - β^- (neutroi gehiegi): $n \rightarrow p + e^-$ (p barruan eta e^- kanpora).
 - β^+ (protoi gehiegi): $p \rightarrow n + e^+$ (n barruan eta e^+ kanpora).
 - **Soddy-ren bigarren legea:**



- **γ erradioaktibitatea.**
 - Nuklidoaren egoera kitzikatua \rightarrow oinarrizko egoerara dasaktibatzen da.
 - **Soddy-ren hirugarren legea:**



Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (I)

- Ezin da esan, ezta ere aurrean, noiz desintegratuko den nuklido konkretu bat.
- Jakin daitekeen bakarra nuklido konkretu horrek desintegratzeko duen probabilitatea da. Hau da, nuklido kopuru handi bat badugu, zein frakzio desintegratuko den denbora-tarte batean.
- Frakzio hori konstante bat da nuklido bakoitzarentzat, eta ez du zerikusirik aurretik desintegratu den nuklido-kopuruarekin.
- Probabilitate hau da λ **desintegrazio-konstantea: nuklido bakar batek segundu batean desintegratzeko duen probabilitatea.**

Nuklido kopuruaren aldaketa eta erdibizitza

$$dN = -\lambda N(t)dt \quad \rightarrow \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N(\tau) = \frac{1}{2}N_0 \quad \rightarrow \quad \tau = \ln 2 / \lambda$$

Erdibizitza: nuklido kopurua erdira jaisteko denbora-tartea

Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (II)

Batez besteko bizitza (T)

Nuklido batek desintegratu arte duen batez besteko bizitza

- Desintegrazio-konstantea (λ delakoa) nuklido batek segundo batean desintegratzeko duen probabilitatea denez, **batez besteko bizitza** honen alderantzizkoa izango da:

$$T = 1/\lambda = \tau / \ln 2$$

- Beste definizio bat.** Batez besteko bizitza (T delakoa) nuklido-kopurua $1/e$ frakziora murrizteko behar duen denbota-tartea da:

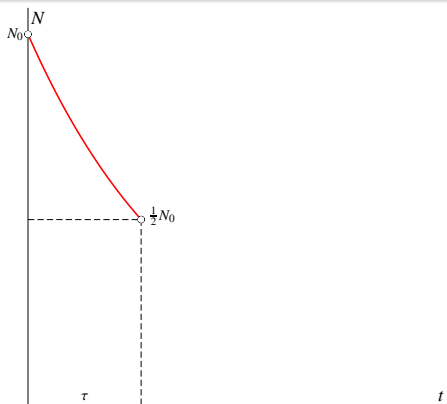
$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{e} = N_0 e^{-\lambda T} \rightarrow T = 1/\lambda$$



Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (III)

Nuklido kopurua adierazteko beste bide bat

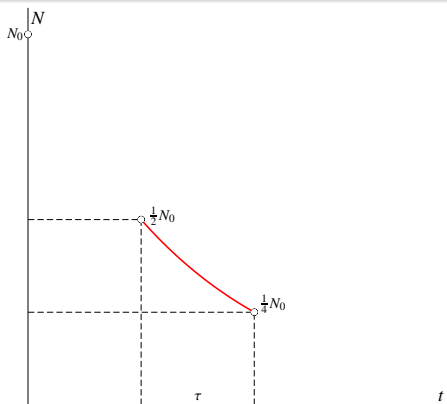
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = N_0 (e^{-\ln 2})^{t/\tau} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$



Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (III)

Nuklido kopurua adierazteko beste bide bat

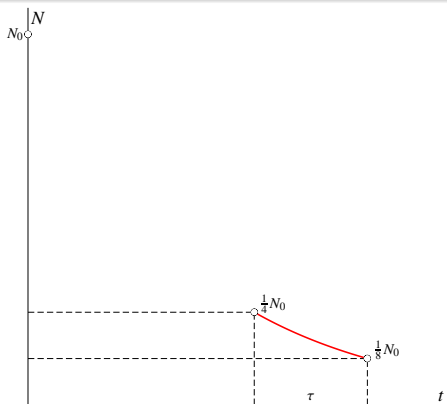
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = N_0 (e^{-\ln 2})^{t/\tau} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$



Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (III)

Nuklido kopurua adierazteko beste bide bat

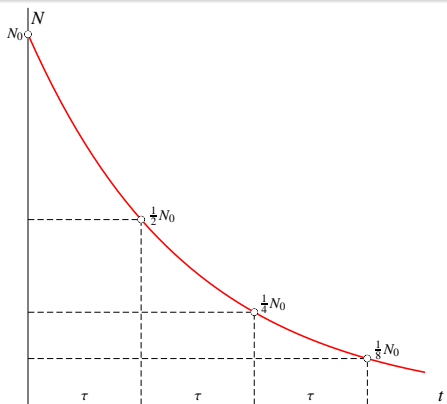
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = N_0 (e^{-\ln 2})^{t/\tau} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$



Desintegrazio-konstantea, erdibizitza etab. (III)

Nuklido kopurua adierazteko beste bide bat

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = N_0 (e^{-\ln 2})^{t/\tau} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$



Aktibitatea

Definizioa

Lagin erradioaktibo baten aktibitatea, A delakoa, segundo bakoitzeko lagin horrek duen desintegrazio-kopurua da. Hau da:

$$A(t) = -dN/dt = \lambda N = (\ln 2/\tau)N_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = A_0 e^{-(t/\tau) \ln 2} = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$

non $A_0 = \lambda N_0 = N_0 \ln 2/\tau$ den.

- $N(t)$ bada t aldiunean desintegratzeke geratzen den nuklido-kopurua, $N_0 - N(t)$ izango da ordurarte desintegratu dena, eta segundoko desintegratzen dena, beraz, $d(N_0 - N)/dt = -dN/dt$ izango da.
- Aktibitatea, *desintegrazio-abiadura* bezala ere ezagutzen da.

Aktibitatearen unitateak

Becquerel (1 Bq) = 1 desint/s

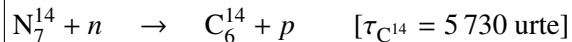
Curie (1 Ci) = 3.7×10^{10} Bq

Isotopoen bidezko datazio-teknikak (I)

- Aktibitatearen adierazpenetik t denbora askatuz gero:

$$t = \frac{\tau}{\ln 2} \ln \left[\frac{N_0 \ln 2}{\tau A(t)} \right] = \frac{\tau}{\ln 2} \ln \left[\frac{A_0}{A(t)} \right]$$

- C^{14} isotopoa.** Goi atmosferan sortzen da, N^{14} nukleoak erradiazio kosmikotik datorren neutroi bat harrapatzen duenean:



- $C^{14} \xrightarrow{O_2} CO_2 \rightarrow$ kate biologikora (fotosintesia dela medio).
- C^{14} aren desintegrazio-erritmoaren eta izpi kosmikoen bitartez sortutakoaren arteko oreka:

$$C^{14}/C^{12} = f = 1.3 \times 10^{-12}$$

- Bizirik dirauten bitartean, organismo biziak proportzio horretan edukiko dute beraien egituretako karbono-isotopoak.
- C^{14} isotopoaren desintegrazioa bidea:**



Isotopoen bidezko datazio-teknikak (II)

- Elektroiak 160 keV inguruko energia du eta hori da C^{14} isotoparen *desintegrazio-marka*, eta guk neurtuko duguna.
- Organismo bizia hilda, ez du C^{14} gehiagorik bereganatuko, eta bere aktibitatea gutxiagotzen joango da denbora pasa ahala.
- Organismo hilaren aktibitate-maila ingurukoarenarekin alderatuz gero, zenbat periodo igaro diren jakingo dugu, hau da, laginaren adina.
- Aktibitatea karbono osoaren mol batera erreferitzen da. Bertan C^{14} aren $N_0 = fN_A$ atomo erradioaktibo edukiko ditugu orekan (N_A , Avogadroren zenbakia, eta $f = 1.3 \times 10^{-12}$ izanik).
- $\tau = 5\,730$ urte da, eta $A_0 = (\ln 2/\tau)N_0 = fN_A \ln 2/\tau = 3 \text{ Bq}$. Ondorioz:

$$t \simeq 8\,270 \ln[3/A(t)] \text{ urte}$$

lagineko $A(t)$ aktibitatea karbono osoaren mol bakoitzeko neurtuta.

- C^{14} ak bakarrik 50 000 urte baino gutxiagoko laginak datatzeko balio du, hortik gorako laginen aktibitateak oso txikiak bihurtzen baitira.

