

Erradioaktibitatea (I)

Atomo eta nukleoen egiturak

O. Ecenarro
oscar.ecenarro@ehu.es

Atomoaren eta nukleoaren egitura (I)

- **Thomson. Atomoa**, positiboki kargatutako materia zatia, bertan itsatsita elektroiak dituelarik, atomoaren bolumen osoa betez ($\sim 10^{-10}$ m).
- **Rutherford.** α partikulen sakabanaketa urrezko xafla mehe baten bitartez. Atomoa ia hutsik dago, eta **nukleoaren** diametroa atomoarena baino 10^4 – 10^5 aldiz txikiagoa da. A bada masa-zenbakia:

$$R_n = r_0 A^{1/3} \quad [r_0 \approx 10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}]$$

- **Nukleoan biltzen da atomoaren karga positiboa eta ia masa guztia.** Elektroiek, nukleoko karga positiboak beste, distantzia handitara biraka inguratzen dute nukleoa, honen karga positiboa neutralizatzen dutelarik.
- Nukleoak **protoiez** (p , karga positibodunak) eta **neutroiez** (n , karga gabekoak) daude osatuta: **nukleoiak** deitzen dira.
- **Indar nuklearrak** dira protoiak (eta neutroiak) hain toki txikitan bilduta mantentzen dituztenak, indar elektrostatikoei aurre eginez.
- Indar nuklearrek gehien nukleoaren erradioaren distantzia barruan eragiten dute. Erakarleak dira eta elektrostatikoak baino askoz sendagoak.



Atomoaren eta nukleoaren egitura (II)

- Elektroiak geruzetan kokatzen dira, ez distantzia bakar batera edota edozien distantziatarra (espektror atomiko ez-jarraiaren ondorioa da hau).

| Partikula | Masa | Karga |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|
| Elektroia | $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ | $-1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ |
| Protoia | $1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ | $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ |
| Neutroia | $1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ | 0 |

- Ezaugarriak:

- Masak, askotan, energiaren funtzioan adierazten dira, eV/c^2 -tan.

1 eV (elektronvolt), elektroi batek irabazitako energia zinetikoa 1 V-eko potentzial-diferentzia batean azeleratzen denean da:

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- Horretarako, $E = mc^2$ Einstein-en masa-energia erlazioa erabiltzen da. Horrela, haxe da masa eta energiaren arteko baliokidetasuna:

$$1 \text{ eV}/c^2 = 1.602 \times 10^{-19} / (2.9979 \times 10^8)^2 = 1.7825 \times 10^{-36} \text{ kg}$$



Atomoaren eta nukleoaren egitura (III)

- **Masa atomikoaren unitatea (u):** C^{12} atomo baten masaren $\frac{1}{12}$ -a da.

$$1 \text{ u} = 1 \times 10^{-3} / 6.02214 \times 10^{23} = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

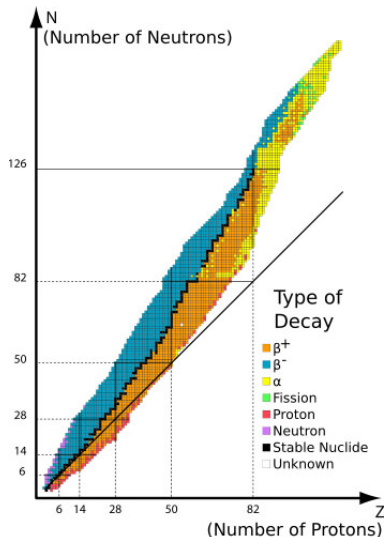
| Partikula | Masa (kg) | Masa (MeV/c ²) | Masa (u) |
|-----------|-------------------------|----------------------------|----------------------|
| Elektroia | 9.11×10^{-31} | 0.512 | 5.5×10^{-3} |
| Protoia | 1.673×10^{-27} | 938.27 | 1.0073 |
| Neutroia | 1.675×10^{-27} | 939.56 | 1.0087 |

- **Zenbaki atomikoa, Z:** Protoi kopurua (elementua zein) adierazten du.
- **Neutroi-zenbakia, N:** Neutroi kopurua adierazten du.
- **Masa-zenbakia, A = Z + N:** Protoi + neutroi kopuru osoa da.
- **Isotopoak**, zenbaki atomiko berdina baina neutroi kopuru desberdina.



Nuklidoen egitura eta egonkortasuna

- Nukleo barruko elkarrekizio motak: $n-n$, $p-p$ eta $n-p$, lehenengo biak antzekoak eta azkena da sendoena.
- Z txikietarako ($Z < 22$), protoi eta neutroi kopuruak ia berdinak dira, baina Z handituz joan ahala protoien arteko aldaratze-indarra handiagotu egiten da. Egonkortasuna, neutroi-proportzioa handituz lortzen da.
- Bismutoa ($Z = 83$) da azken elementu egonkorra. $Z > 83$ duten elementu guztiak ez-egonkorak dira, eta egonkorrenagoak direnak ere desintegratu egiten dira α partikula bat igorritik.



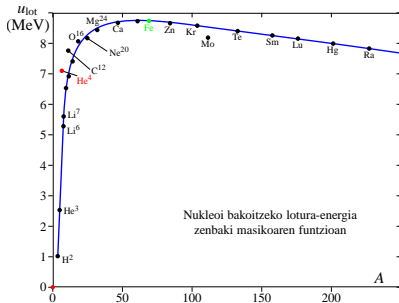
Lotura-energia

- Nukleo bat bere osagarrietatik eraikitzeko behar den energia.
- Nukleo baten masa osoa \neq partikula-partaideen masen batura.
- Masa-diferentziari dagokion energia da lotura-energia osoa: U_{lot} .

$$U_{\text{lot}} = c^2 \Delta m = [m_A - (Zm_p + Nm_n)]c^2$$

- **Nukleoi bakoitzeko lotura-energia: u_{lot} .**

$$u_{\text{lot}} = U_{\text{lot}}/A = [m_A - (Zm_p + Nm_n)]c^2/A$$



- Adibidea: Helioa, bi protoiz + bi neutroiz bilduz lortzen da

| p (MeV/c ²) | n (MeV/c ²) | He ⁴ (MeV/c ²) |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 2 · 938.3 | 2 · 939.6 | 3 727.4 |
| $U_{\text{lot}} =$ | | -28.4 (MeV) |
| $u_{\text{lot}} =$ | | -7.1 (MeV) |



Fusioa

- Bi nukleo arin bildu beste nukleo astunago bat ($Z < 26$) eraikitzeko.
- Nukleo berriak nukleo osagarriak baino masa txikiagoa du, eta soberako masa hori energia gisa igorriko da: **Fusioa**.
- Izarretan gertatzen da berez, edota ITER izeneko proiektuan.
- Bi eratan:



- $\Delta m < 0$ bada, fusioan igorri egiten da energia.
Fe⁵⁶-ren ezkerrera dagoen nukleo bat sortzeko masa-galera gertatzen da (energia igorri egiten da).
- $\Delta m > 0$ bada, fusiorako energia izugarria behar da (supernobetan).
Fe⁵⁶-ren eskuinera dagoen nukleo bat sortzeko masa-irabazia gertatzen da (energia xurgatu egiten da).



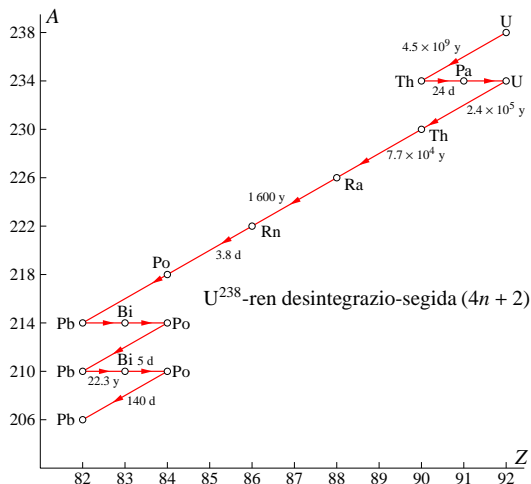
Fisioa (I)

- **Fisioa, fusioaren alderantzizko prozesua da: nukleo astun bat bi (edo gehiago) nukleo arinagoetan zatikatzen da, hauen masa osoa jatorrizkoarena baino txikiagoa izanik.**
- Nuklido-semeen lotura-energia (u_{lot}), jatorrizko nuklidoarena baino handiagoa da.
- Fisioa pizteko, energia bat eman behar zaio nukleoari, hau desegonkortzeko.
- Neutroia erabiltzen da horretarako (ez du kargarik eta).
- Naturan, bakarrik bi nukleo sasiegongor daude: U_{92}^{238} eta Th_{90}^{232} (bizitza oso luzekoak, Lurraren bizitzaren parekoak edo luzeagokoak).
- Hauetatik, eta berez, **desintegrazioz**, beste nuklido ez-egonkor eta egonkor sortzen dira, guztiek beruna dutelarik kate-bukaeraz (Pb_{82}).



Fisioa (II)

- Lau kate erradioaktibo, $4n + k$ izenekoak: segidako edozein isotopori k kendu eta 4-rekin zatituz, zenbaki osoa lortzen da:



Fisioa (III)

| Nuklidoa | Erdibizitza | | Beruna | | Segida |
|-------------------|---------------------------------|---------------|-------------------|---------------|----------------------------|
| Th^{232} | $1.4 \times 10^{10} \text{ u.}$ | \rightarrow | Pb^{208} | | $4n$ |
| Np^{237} | $2.1 \times 10^6 \text{ u.}$ | \rightarrow | Pb^{209} | \rightarrow | Ti^{205} $4n + 1$ |
| U^{238} | $4.5 \times 10^9 \text{ u.}$ | \rightarrow | Pb^{206} | | $4n + 2$ |
| U^{235} | $7.1 \times 10^8 \text{ u.}$ | \rightarrow | Pb^{207} | | $4n + 3$ |

- Fisioa lortzeko bidea: **neutroiak jaurtigai gisa.**
- Neutroi **azkarrak (1 MeV) — geldoak — termikoak (0.025 MeV)**
- U_{92}^{235} (%0.72a Naturan), neutroi termikoez fisionatu daitekeen soila.
- U_{92}^{235} -ren fisio-prozesu batean askatutako azpiproduktuak:

$$\text{U}_{92}^{235} + n_0^1 \rightarrow \text{Sr}_{38}^{95} + \text{Xe}_{54}^{139} + 2n_0^1 + 184 \text{ MeV}$$
- Ez da fisio-bide bakarra, 200 inguru nuklido-seme ager baitaitezke, ez-egonkorak direnak eta berez desintegratu egiten direnak.
- **Kutxadura erradioktibo oso kaltegarria.**
- Fusioaren etekina fisioarena baino askoz handiagoa.

