

## Radioactivitate. Legile dezintegrărilor radioactive

**Radioactivitatea** este un fenomen fizic prin care nucleul unui atom instabil, numit și radioizotop, se transformă spontan (se *dezintegrează*), degajând energie sub formă de radiații diverse (alfa, beta sau gama), într-un atom mai stabil. Prin dezintegrare atomul pierde și o parte din masă. Termenul de radioactivitate a fost folosit pentru prima dată de Marie Curie.

Pentru a se înțelege fenomenul de radioactivitate trebuie pornit de la structura atomului, care are în centru un nucleu în jurul căruia orbitează electronii. Nucleul este format din particule încărcate pozitiv protoni și particule neutre neutroni, denumite generic nucleoni. Toți atomii unui element chimic au același număr de protoni, dar pot avea numere diferite de neutroni. În funcție de numărul de nucleoni, elementul chimic are mai multe specii numite izotopi.

În interiorul nucleului acționează două tipuri de forțe: forța de respingere dintre protoni (de natură electrică) și forța de atracție dintre nucleoni (de natură nucleară). Când cele două forțe sunt în echilibru izotopul este stabil. Pentru nucleele care conțin neutroni în exces cele două forțe nu mai sunt în echilibru, iar izotopul este instabil și se dezintegrează spontan prin emisie de radiații.

Spre exemplu izotopul  $^{83}_{209}\text{Bi}$  are 83 de protoni și 126 neutroni și este un izotop stabil. Izotopul  $^{211}_{83}\text{Bi}$  are doi neutroni în plus și este instabil. Pentru a atinge stabilitatea nucleul  $^{211}_{83}\text{Bi}$  emite o particulă alfa. Acești izotopi sunt **radioactivi**.

Radioactivitatea naturală a fost descoperită în 1896 de Henri Becquerel, pe când studia luminescența unor săruri ale uraniului.

În 1898, soții Marie și Pierre Curie au descoperit poloniul și radiul, două elemente cu radioactivitate mult mai puternică decât a uraniului.

Radioactivitatea artificială a fost descoperită de soții Irène și Frédéric Joliot-Curie în 1934.

Legile generale ale radioactivității au fost elaborate de către Ernest Rutherford și Frederick Soddy în 1903.

Dezintegrarea radioactivă este fenomenul *spontan* prin care nucleul unui izotop radioactiv instabil emite radiații nucleare. În funcție de radiația emisă putem avea dezintegrare alfa, beta sau gama. Transformarea unui element radioactiv în alt element prin dezintegrare se mai numește și *transmutație nucleară naturală*.

### Reacții nucleare legi de conservare

Reacția nucleară este procesul în care o particulă și un nucleu interacționează prin forțe nucleare și în urma interacțiunii rezultă mai multe particule sau nuclee numite produși de reacție.

$$a+X= b+Y$$

a - particula proiectil

X - nucleu țintă

B - particula rezultată din reacție

Y – Nucleu residual

#### 1. Conservarea energiei

Energia totală a particulelor care intră în reacție este egală cu energia totală a produșilor de reacție.

$$W_a+W_x= W_b+W_y$$

Energia de reacție se regăsește în variația energiei cinetice a sistemului în urma reacției nucleare. Energia de reacție este diferența dintre energiile de repaus ale produșilor de reacție și energiile de repaus ale particulelor ce intră în reacție.

$$Q = E_{c,b} + E_{c,Y} - E_{c,a} - E_{c,X}$$

Ținând cont de relația pentru energie din teoria relativității restânse

$$E = mc^2$$

Putem scrie:

$$Q = (m_a + m_X - m_b - m_Y)c^2$$

Dacă energia de reacție este negativă, reacția se numește endoenergetică și reacția va avea loc doar dacă energia cinetică a particulelor care intră în reacție depășește o valoare de prag:

$$(E_{c,a} + E_{c,X})_{\text{prag}} = |Q|$$

Dacă energia de reacție este pozitivă, atunci reacția se produce de la sine

.2. Conservarea impulsului Impulsul particulelor care intră în reacție este egal cu impulsul produșilor de reacție.

$$P_a + p_X = p_b + p_Y$$

3. Conservarea momentului cinetic

Momentul cinetic al particulelor care intră în reacție este egal cu momentul cinetic al produșilor de reacție

$$\vec{L}_a + \vec{L}_X = \vec{L}_b + \vec{L}_Y$$

4. Conservarea sarcinii electrice

Sarcina electrică a particulelor care intră în reacție este egală cu sarcina electrică a produșilor de reacție.

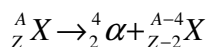
$$Z_a + Z_X = Z_b + Z_Y$$

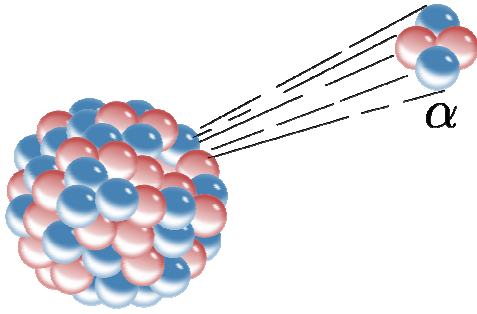
5. Conservarea numărului de nucleoni Într-o reacție nucleară numărul de nucleoni se conservă.

$$A_a + A_X = A_b + A_Y$$

### Legile dezintegrărilor radioactive

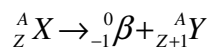
Legea deplasării pentru dezintegrările  ${}^4_2\alpha$ : dacă un nucleu  ${}^A_Z X$  emite o particulă  ${}^4_2\alpha$  în urma dezintegrării rezultă un nucleu de masă mai mică cu patru unități și număr atomic  $Z$  cu două unități.



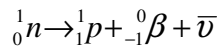


Noul nucleu se deplasează cu două căsuțe mai la stânga în tabelul periodic al elementelor.

Legea deplasării pentru dezintegrările  ${}_{-1}^0\beta$ : dacă nucleul  ${}^A_ZX$  emite radiație  ${}_{-1}^0\beta$ , se obține un nucleu a cărui număr de masă  $A$  rămâne nemodificat dar având o sarcină pozitivă mai mare



În nucleu nu există electroni deci trebuie să pornim de la ipoteza că un neutron se descompune transformându-se în proton care rămâne în nucleu și electron sub formă de particulă expulzată cu diferite energii și într-o particulă expulzată  $\bar{\nu}$  fără masă de repaus și sarcină numită antineutrino.



deci prin dezintegrarea  ${}_{-1}^0\beta$  se obține un nuclid cu masă și energie mai mică decât a nuclidului inițial.

#### Legea generală a dezintegrării radioactive

Permite calcularea numărului  $N$  de nuclee radioactive rămase nedezintegrate la momentul  $t$  față de momentul inițial ( $t_0=0$ ), când au  $N_0$  nuclee nedezintegrate:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Dacă  $N = \frac{N_0}{2}$  după un interval de timp numit timp de înjumătățire,  $T_{1/2}$  proprie fiecărui radionuclid.

Rezultă

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

Timpul de înjumătățire se calculează cu relația:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

O altă mărime care caracterizează reacțiile nucleare este **Activitatea radioactivă**

$$\Lambda = \lambda N$$

și reprezintă numărul de nuclee dezintegrate în unitatea de timp

$$\langle \Lambda \rangle_{si} = 1 \text{ Curie} = 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dezintegrări/s (Becquerel)}$$

Radioactivitatea scade exponențial cu timpul după legea

$$\Lambda = \Lambda_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Rdioactivitatea naturală este caracteristică nucleelor cu  $A > 200$  și mai rar întâlnite la celelalte.