

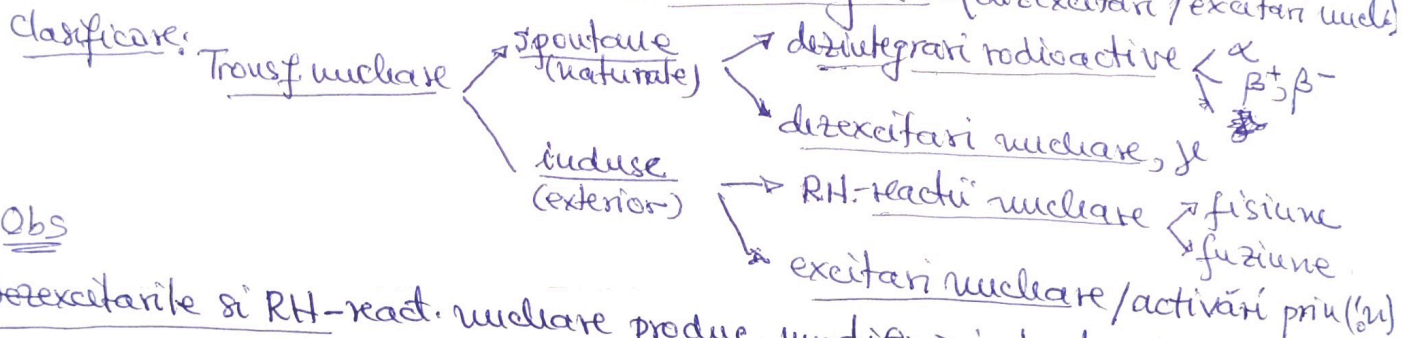
14-15.04.2021
cl 12a - §27(1-3) Radioactivitatea, Legile de dezintegrare radioactivă
pag (121-126)

- 1) - Transformări nucleare, clasificare,
- 2) - Radioactivitatea nucleară. Tipuri de radiații (α , β^+ , β^-)
- 3) - Dezintegrări radioactive (α , β^+ , β^-)
- 4) - Activitatea ($A = N \cdot \lambda$) unei surse radioactive și λ - constanta radioactivă.
- 5) - Legea dezintegrării radioactive ($N = N_0 e^{-\lambda t}$) și $T_{1/2}$ - timpul de înjumătățire ($T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$)
- * 6) - Serii radioactive (1) $(4n) {}_{90}^{232}\text{Th} \rightarrow {}_{82}^{208}\text{Pb}$ / (2) $(4n+2) {}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb}$ / (3) $(4n+3) {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{83}^{209}\text{Bi}$ / (4) $(4n+1) {}_{93}^{237}\text{Np} \rightarrow {}_{83}^{209}\text{Bi}$

* Orice serie radioactivă începe cu un el. radioactiv (cap de serie) și se încheie cu un el. stabil (Pb/Bi)

1) Transformările nucleare, clasificare.

Def. Transformări nucleare - sunt fenomenele fizice suferite de nuclele atomice/nucleizi: prin care acestea își modifică structura (dezintegrare / RH-reactii nucleare) și schimbă starea energetică (dezexcitări / excitări nucleare)



Obs

Dezexcitările și RH-react. nucleare produc modificări structurale prin modificarea nr. de nucleoni

- acumulare - creșt.
- pierdere - scăd.
- spargere - divizare.

Excitările și Dezexcitările nucleare - conduc/constau doar din modificarea energiei acestor nucle

- excitări → crește energia nucleului
- dezexcitări → scade energ. nucleid.

Istoric:

- (1896) - A.H. Becquerel - constată exp. întâmplător că minereul cu U-uranium (${}_{92}^{238}\text{U}$) impresoarează/altează lămpia fotografică, realizându-se pe bază de (${}_{92}^{238}\text{U}$) și descoperă și alte el. radioactive: (${}_{88}^{226}\text{Ra}$) - radium
 - (1898) - Marie & Pierre Curie - introduc not. de Radioactivitate studiind propriu-zis pe bază de (${}_{92}^{238}\text{U}$) și descoperă și alte el. radioactive: (${}_{84}^{218}\text{Po}$) - poloniu
 - ulterior s-au descoperit și (${}_{90}^{232}\text{Th}$) - thoriu, (${}_{92}^{235}\text{U}$) - uraniu, (${}_{93}^{237}\text{Np}$) - neptuniu
- Ei au propus: ca elementele ce emit radiații să fie numite - radioactive
- fenomenul prin care se emit radiații → Radioactivitate.
 - au stabilit că radioactivitatea este naturală / neînfruntată
 - radiațiile sunt emise de subst. radioactive → produc și impresiune în hârtia foto
 - lowizează aerul.

* Obs. În orice serie radioactivă elementele componente se convertesc unul în altul emitând rad. (α , β , γ) de la capul seriei până la ultimul / stabil

② Radioactivitatea. Tipuri de radiații nucleare (α , β^+ , β^- , γ)

Def. Radioactivitatea naturală - reprezintă, fizic, prin care elementele chimice instabile, naturale emit rad. ionizante în mod spontan/continuu

Obs. Radioactivitatea este deci o transf. nucleară prin care un nucleu radioactiv instabil, pierzând nucleoni, se transf. în altul în scopul creșterii stabilității acestuia, în unul sau mai mulți pași

Tipuri de radiații nucleare (α , β^+ , β^- , γ)

- după natura și proprietățile lor și ale nucleelor se cunosc 3 tipuri de rad. identificate prin răspunsul la câmpul magnetic, \vec{B}
- 1) - radiația (α)-alfa $({}^4_2\text{He}^{2+})$ - constă din nucleizi de $({}^4_2\text{He}^{2+})$ - complet ionizați - este derivată în sens (+) de, $f_L = +q\vec{v} \times \vec{B}$, forța Lorentz
 - 2) - rad. gamma (γ) - sunt rad. de nat. el-magnetice (fără sarc. el., $q=0$) - nu sunt deviate cu camp. magn.; $f_L=0$
 - 3) - rad. beta (β^+ , β^-) - constau din fluxuri de particule ($q < 0$, $q > 0$) emise/eliminate de nuclele instabile în scopul creșterii stabilității lor

deci: (β^-) este formată din e^- rapizi emisi de nucle ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^{A-1}Y + {}_0^1\beta^- + \bar{\nu}$

(β^+) formată din fluxuri de pozitroni (antielectroni) ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^{A-1}Y + {}_0^1\beta^+ + \nu$

β^+ ; $f_L^+ = +q\vec{v} \times \vec{B}$ ↑
 β^- ; $f_L^- = -q\vec{v} \times \vec{B}$ ↓

$\bar{\nu}$ - antineutrino.
(preia o parte din E_c)
 ν - neutrino/hot de energ.
(preia o parte din E_c)

* Studiul dezintegrărilor - se face pe baza celor două legi de conservare $\left\{ \begin{array}{l} \text{proc. aleator} \\ \text{Leg. cons. sarc. electrice (Z)} \\ \text{(sau leg. cons. nr. atomic (Z))} \end{array} \right.$

$${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z_1}^{A_1}Y + {}_{Z_2}^{A_2}a$$

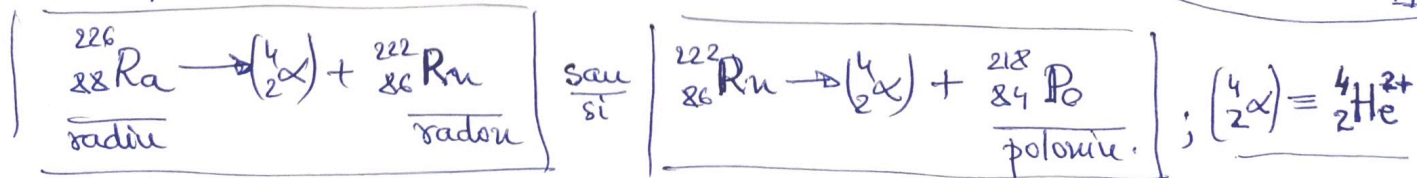
b) - Leg. cons. masei atomice (sau leg. cons. m. de masă, A) $\left\{ \begin{array}{l} Z = Z_1 + Z_2 - \text{leg. cons. nr. atomic Sarc. el.} \\ A = A_1 + A_2 - \text{leg. cons. masei at. m. de masă A} \end{array} \right.$

1) Dezintegrarea (α) - un nucleu instabil (${}_Z^AX$) emite o particulă (${}_2^4\alpha$) rapid și se transformă într-un alt nucleu (${}_{Z-2}^{A-4}Y$) astfel. ${}_Z^AX \rightarrow ({}_2^4\alpha) + ({}_{Z-2}^{A-4}Y)$ respectând leg. de cons.

exemple:

Unuăritud leg. de conservare:

$Z = 2 + (Z-2)$
 $A = 4 + (A-4)$ $\left\{ \begin{array}{l} (A-4)Y \rightarrow \text{nucleid.} \\ (Z-2)Y \rightarrow \text{rezidual/fic} \end{array} \right.$



Obs. - particule/rad. (${}_2^4\alpha$) - au energ. cinetică, $E_c^\alpha \sim \text{MeV}$. (10^6 eV), $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

- 2) Dezexcitarea, γ } - nu conduce la modificări structurale ca (α, β)
 $[E_\gamma = h\nu]$ rad. (γ) } - este o rad. de natură el-magn. de energ. f. mare nedeformată în camp. magnetic B
 - nu are sarc. și nici masă de repous. ($\text{MeV} \rightarrow \text{GeV}$)

Un nucleid instabil excitat (cu surplus de energ.) se dezexcită aruncând surplusul de energie (*) și trece într-o nouă stare de en. redusă stabilă

astfel: $\left[\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X^{(*)} \rightarrow \begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X + \gamma (h\nu) \right]$, $E_\gamma = h\nu$, $\nu_\gamma \sim 10^{20-23}$
 $^{198}_{79}\text{Ag} \rightarrow \gamma + ^{198}_{79}\text{Ag} \rightarrow ^{198}_{80}\text{Hg} + \gamma (h\nu)$

- 3) - Dezintegrarea β poate fi de două tipuri a) β^- - electroni ($^0_{-1}\beta$)
 b) β^+ - pozitroni ($^0_{+1}\beta$)

a) dezintegrarea β^- ($^0_{-1}\beta$) \Leftrightarrow $^1_0n \rightarrow ^0_{-1}\beta + ^1_1p + \tilde{\nu}$

$\left[\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X \rightarrow ^0_{-1}\beta + \begin{matrix} A \\ Z+1 \end{matrix} Y + \tilde{\nu} \right]$ Obs: Constă în conversia unui (1_0n)-neutron din nucleu într-un (1_1p) proton și expulzarea unui $\tilde{\nu}$ -neutrino (fot. de energie) și electron ($^0_{-1}e$)
 Obs: noul nucleu ($^A_{Z+1}Y$) rezidual/ficș. se deplasează/găsește cu SP-la poziția ($Z+1$) față de nucleidul dezintegrat (A_ZX) inițial.

exemple: $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{214}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\beta + \tilde{\nu}$; $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\beta + \tilde{\nu}$

Obs: $\tilde{\nu}$ -neutrino apare din necesitatea respectării leg. de conserv. energiei prin a parte din energ. cinetică a prod. de reacție provenită de la reactant

- b) Dezintegrarea β^+ ($^0_{+1}\beta$) - constă într-un antielectron/pozitron conf. reacției/ec.

$\left[\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X \rightarrow ^0_{+1}\beta + \begin{matrix} A \\ Z-1 \end{matrix} Y + \nu \right] \Leftrightarrow ^1_1p \rightarrow ^0_{+1}\beta + ^1_0n + \nu$
 - un proton este convertit în neutron și un pozitron ($^0_{+1}\beta$)

Obs: Deoarece nucleul nu conține e^- se presupune că acestia apar în procesul de conversie a unui (1_1p)-proton într-un neutron (1_0n) prin emisia rad. ($^0_{+1}\beta$) sau o captură ($^0_{+1}\beta$) unui electron
 Reacție echivalentă cu captură de (e^-) electroni
 $^1_1p + ^0_{-1}e \rightarrow ^1_0n + \nu$

Obs \rightarrow Dezintegrare α - este un proces individual al fiecărui/unic nucleid.
 $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{care are loc impredictibil/imprevizibil/probabilistic} \\ \rightarrow \text{se supune unei legi de natură statistice (leg. dezintegrării radioactive)} \end{array} \right.$

④. Activitatea unei surse radioactive (Δ) și constanta radioactivă (λ)

Sursa radioactivă - constă dintr-o cantitate mare de atomi radioactivi care se pot dezintegra aleator în mod natural.

○ sursă radioactivă este caracterizată prin $N(t)$ - nr. de atomi

Def. (Δ) - activitatea unei surse radioactive, este o mărime fizică-scalară, definită prin viteza cu care se descomp. nr. de nucleu radioactive ($\Delta H/\Delta t$) al unei surse funcție de timp (t)

$$\left[\Delta \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta H}{\Delta t} \right) = - \frac{dN}{dt} \right], \quad \langle \Delta \rangle_{si} = \frac{\langle dN \rangle}{\langle dt \rangle} = \frac{dz}{s} = 1 \text{ Bq (Becquerel)}$$

$$1 \text{ Ci (Curie)} = 3,7 \cdot 10^{10} \left(\frac{\text{Hz}}{s} \right); \text{ Bq}; (\text{ms}, \mu\text{C} \dots)$$

Def.: $\boxed{\Delta = \lambda \cdot N}$ - Activitatea unei surse este d.p. cu nr. total N de nucleu din sursă la acel moment (t)

(λ) - s. numește Constanta radioactivă (este funcție de material, specie/tipul el. chimic radioactiv)

$$\langle \lambda \rangle_{si} = \frac{\langle \Delta \rangle}{\langle H \rangle} = \frac{dz/s}{dz} = 1/s = s^{-1} (\text{Hz})$$

⑤ Legea dezintegrării radioactive ($N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{T_{1/2}} \ln 2}$)

pt. deducere: - pornim de la, $\Delta = - \frac{dN}{dt} = N \lambda$

○ scriem astfel: $\left(\frac{dN}{N} \right) = -\lambda \cdot dt$

○ integram: $\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \cdot \int_0^t dt \rightarrow \ln N / N_0 = -\lambda \cdot t / t_{to=0}$

deci,

$$\ln N_0 - \ln N = -\lambda t \quad / \cdot \exp.$$

$$\ln(N/N_0) = -\lambda t \quad / \exp. \rightarrow \boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{- caracteristic} \\ \text{- leg. dez. radioactive} \end{array} \right\}$$

Def.

Timpul de înjumătățire ($T_{1/2}$) este timpul în care se dezintegrează ($H = H_0/2$) jumătate din nr. inițial (H_0) de nucleu radioactive.

$$\left\{ \begin{array}{l} H(t = T_{1/2}) = (H_0/2) \Rightarrow \frac{H_0}{2} = H_0 e^{-\lambda T_{1/2}}; \ln(1/2) = -\lambda \cdot T_{1/2}, -\ln 2 = -\lambda \cdot T_{1/2} \\ N = H_0 \cdot e^{-\lambda t} \end{array} \right.$$

$$\text{sau: } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \rightarrow \boxed{H(t) = H_0 \cdot e^{-\lambda t} = H_0 \cdot e^{-\frac{(\ln 2) \cdot t}{T_{1/2}}}} \quad \boxed{T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \approx \frac{0,693}{\lambda}}$$