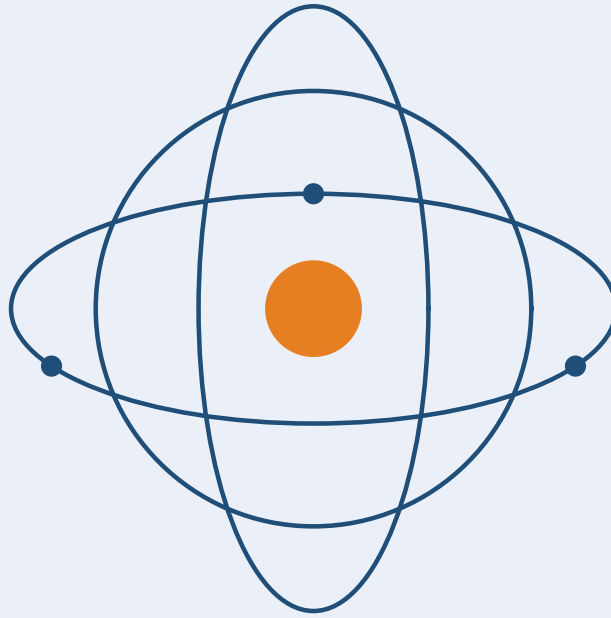




Elementele radioactive

Nucleul atomic și radioactivitatea

Fizică • clasa a X-a • lecție de 45 de minute

Prezentare cu scheme, exemple și exerciții de verificare

Obiectivele lecției

- Să explicăm ce este radioactivitatea și cum a fost descoperită
- Să deosebim cele trei tipuri de radiații: alfa (α), beta (β) și gamma (γ)
- Să înțelegem legea dezintegrării radioactive și timpul de înjumătățire
- Să cunoaștem elementele radioactive naturale și artificiale
- Să evaluăm efectele radiațiilor asupra organismului și regulile de protecție
- Să aplicăm cunoștințele la rezolvarea unor probleme simple

Planul lecției (45 min)

5 min

introducere și istoric

12 min

tipuri de radiații și pătrundere

10 min

dezintegrarea și $T(1/2)$

8 min

elemente naturale și artificiale

10 min

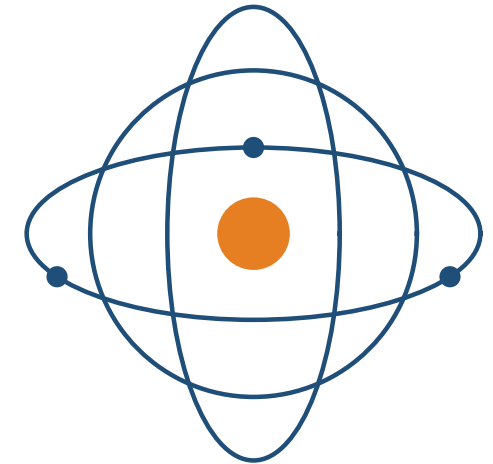
efecte, protecție, aplicații + exerciții

Ce este radioactivitatea?

Radioactivitatea este fenomenul prin care nucleele atomice instabile se dezintegrează spontan, emițând radiații ionizante (particule și/sau fotoni) și se transformă în alte nuclee.

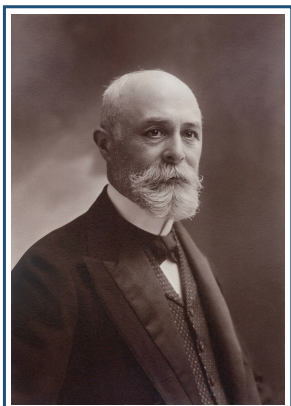
Nu depinde de temperatură, presiune sau stare chimică – este o proprietate strict nucleară.

- Nucleul instabil „căutând” stabilitatea emite energie și particule
- Procesul este spontan și aleatoriu pentru un singur nucleu, dar statistic previzibil pentru milioane de nuclee
- Intensitatea se măsoară în becquereli: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ dezintegrare pe secundă}$

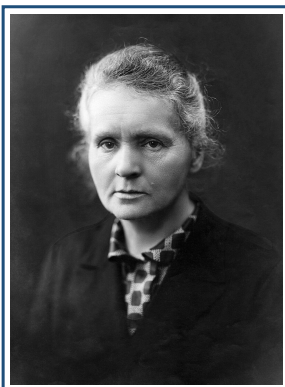


nucleu instabil $\rightarrow$ radiații + nucleu stabil

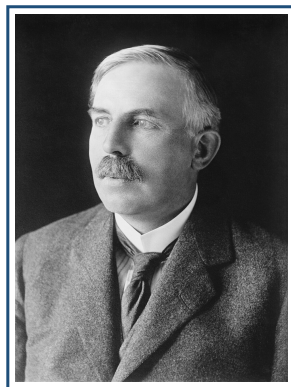
Istoria descoperirii radioactivității



Henri Becquerel (1852–1908)



Marie Curie (1867–1934)



Ernest Rutherford (1871–1937)

1896 Becquerel descoperă radioactivitatea naturală (săruri de uraniu)

1898 Marie și Pierre Curie izolează poloniul (Po) și radiul (Ra)

1899 Rutherford denumesc radițiile α , β și γ

1903 Premiul Nobel pentru Fizică: Becquerel + M. și P. Curie

1911 Marie Curie primește al doilea Nobel – pentru Chimie

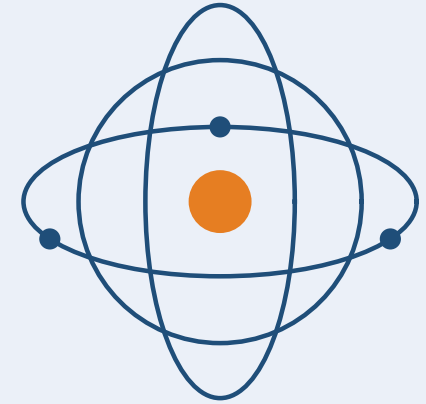
De reținut

Termenul „radioactivitate” a fost introdus de Marie Curie. Ea este singura persoană din lume care a primit două premii Nobel (Fizică 1903, Chimie 1911).

Nucleul atomic și izotopii

- Atomul: nucleu central (protoni + neutroni) + electroni pe orbite
- Protonii se resping electric – îi ține împreună forța nucleară tare
- Izotopi = același număr de protoni (Z), diferit număr de neutroni (N)
- Raportul N/Z „greșit“ sau nuclee prea grele ($Z > 83$) → instabilitate
- Toate elementele naturale cu $Z > 83$ sunt radioactive: Bi, Po, Rn, Ra, Fr, U...

Structura atomului



protoni + neutroni

Exemplu: izotopii carbonului

C-12 (stabil) • C-13 (stabil) • C-14 (radioactiv, $T(1/2) = 5\,730$ ani – folosit la datarea artefactelor arheologice)

Cele trei tipuri de radiații ionizante

Radiație	Ce este	Ionizare	Pătrundere
Alfa (α)	Nucleu de heliu: 2 protoni + 2 neutroni	foarte mare	cea mai mică – o foaie de hârtie
Beta (β)	Electron (β^-) sau pozitron (β^+) emis din nucleu	medie	câțiva mm de aluminiu
Gamma (γ)	Foton electromagnetic cu energie mare	mică	cea mai mare – cm de plumb / m de beton

Cum se produce fiecare radiație?

α : nucleul scade cu 2 protoni și 2 neutroni (ex.: $\text{U-238} \rightarrow \text{Th-234} + \alpha$)

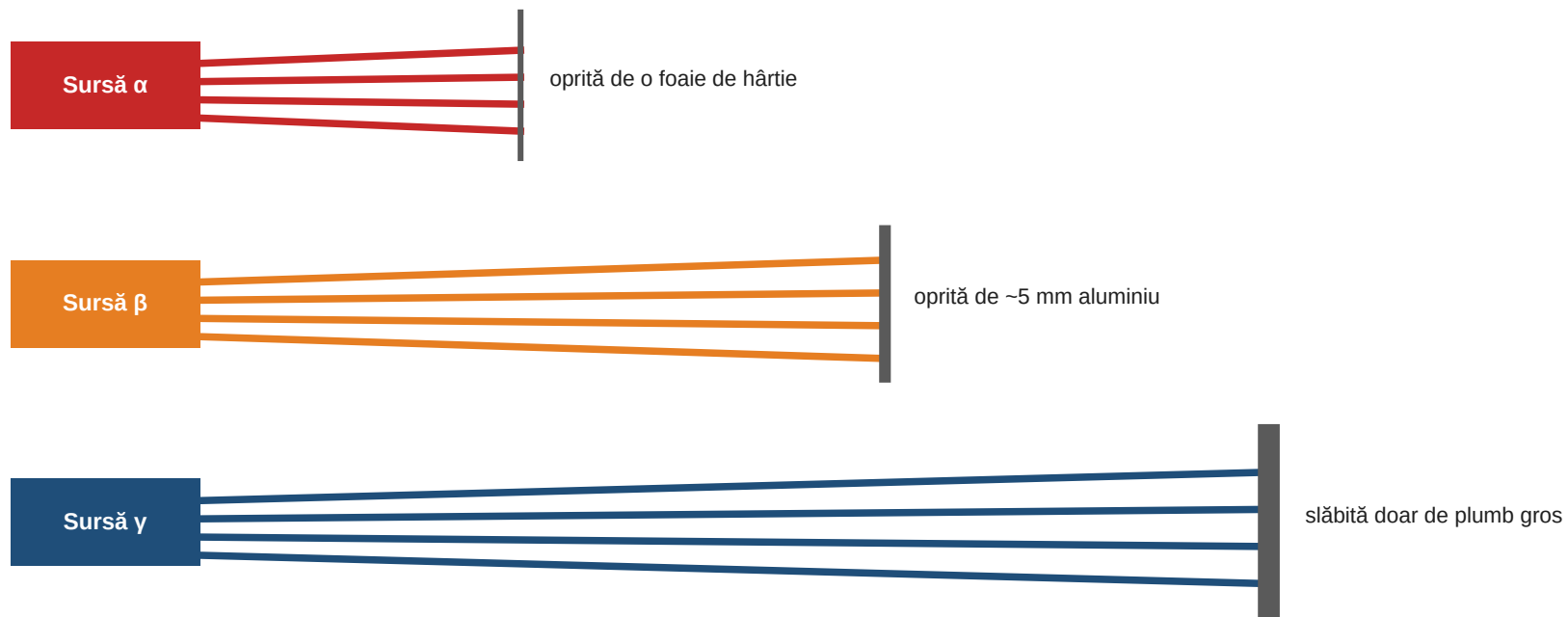
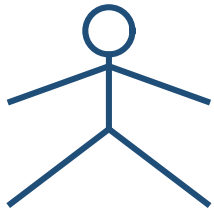
β^- : un neutron se transformă în proton + electron emis (ex.: $\text{C-14} \rightarrow \text{N-14} + \beta^-$) • β^+ : un proton se transformă în neutron + pozitron

γ : nucleul excitat cedează energie sub formă de foton (de obicei după o dezintegrare α sau β)

Regula de aur: radiația cu ionizare mare are pătrundere mică, și invers.

Puterea de pătrundere a radiațiilor

persoană / țesut



Concluzie

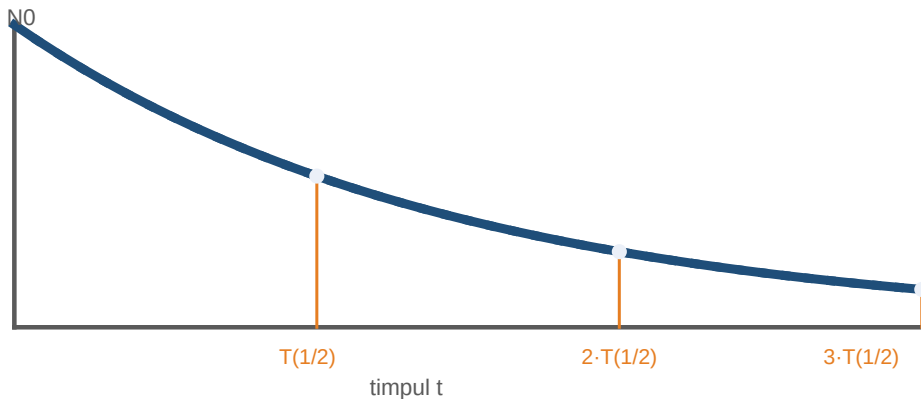
α – periculoasă doar dacă sursa este înghițită/inhalată (încărcare mare, drum scurt) • γ – necesită ecrane groase de plumb/beton

Legea dezintegrării radioactive

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

$N(t)$ – numărul de nuclee nedezintegrate la momentul t • λ – constanta de dezintegrare (specifică izotopului)

- Decăderea este exponențială: fiecare interval egal scade N cu același factor
- Activitatea $A = \lambda N$ – dezintegrări pe secundă (Bq)
- Unitate veche: curie (Ci) – activitatea a 1 g de Ra-226 $\approx 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq



Timpul de înjumătățire

$$T(1/2) = \ln 2 / \lambda \approx 0,693 / \lambda$$

Timpul în care jumătate din nuclee se dezintegrează.

Fiecare $T(1/2)$:

N : $N_0 \rightarrow N_0/2 \rightarrow N_0/4 \rightarrow N_0/8$

după n timpi de înjumătățire: $N = N_0 / 2^n$

Timpuri de înjumătățire – exemple

Izotop	T(1/2)	Aplicație / importanță
Carbon-14 (C-14)	5 730 ani	datarea arheologică a resturilor organice
Iod-131 (I-131)	8 zile	diagnostic și tratament al tiroidei
Tecnetiu-99m (Tc-99m)	6 ore	imagistică medicală – gammacameră
Radon-222 (Rn-222)	3,8 zile	risc natural de fond în locuințe
Uran-235 (U-235)	704 milioane ani	combustibil nuclear
Uran-238 (U-238)	4,5 miliarde ani	datarea rocilor și a Pământului

Observație

Timpul de înjumătățire este o constantă a izotopului – nu poate fi accelerat sau încetinat de temperatură, presiune sau reacții chimice. Diferența dintre $T(1/2) = 6$ ore (Tc-99m) și $T(1/2) = 4,5$ miliarde ani (U-238) arată cât de variat poate fi „ritmul” dezintegrării.

Elementele radioactive naturale

Element / izotop	Unde se găsește
Uran (U-238, U-235)	minereuri: uraninit („piatră de uraniu”); crusta terestră ~2 ppm
Tor (Th-232)	rocile granitice; $T(1/2) = 14$ miliarde ani
Radiu (Ra-226)	în minereurile de uraniu; descoperit de Marie Curie
Potasiu-40 (K-40)	chiar în corpul uman (~4 000 Bq); banane, carne, fructe
Radon-222 (Rn)	gaz radioactiv din roci și sol – principalul risc natural de fond
Carbon-14 (C-14)	atmosfera superioară (raze cosmice) → lanțul trofic



Miner de uraniu (uraninit) și concentrat „yellowcake”

Știați că...?

Fiecare om are în corp ~4 000 Bq de K-40 – majoritatea din „radioactivitatea proprie” vine chiar din alimente. Expunerea naturală medie în România este de ~2–3 mSv/an: radon (~50%), raze cosmice, sol și alimente.

Elementele radioactive artificiale

- Se creează în reactoare nucleare sau acceleratoare de particule
- Bombardarea cu neutroni: $X + n \rightarrow Y$ (nucleu nou, instabil)
- Nu există (sau există în urme infime) în natură

Reacție tipică

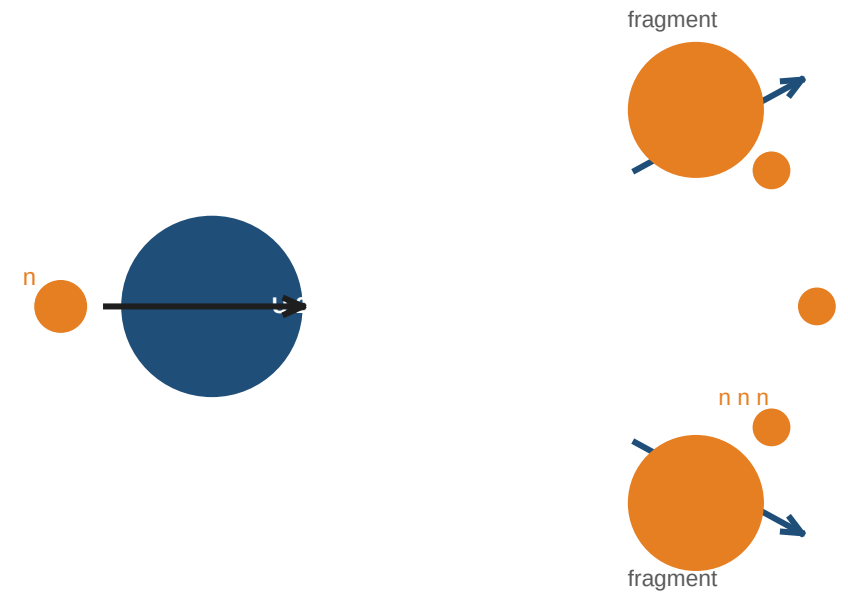
$U-238 + n \rightarrow U-239 \rightarrow Np-239 \rightarrow Pu-239$

astfel se produce plutoniul în reactoare

Izotop	Aplicație
Tc-99m	cel mai folosit izotop medical (~80% din procedurile nucleare medicale)
F-18 (fluor)	PET-scan – oncologie, cardiologie
Co-60, Cs-137	radioterapie; control industrial; sterilizarea alimentelor
Pu-239 (plutoniul)	combustibil nuclear
Am-241 (americium)	detectoare de fum casnice
Np, Pu, Am, Cm, Cf...	elemente transuraniene sintetizate în laboratoare ($Z > 92$)

Fisiunea nucleară – baza energiei nucleare

- Un neutron lovește U-235 → nucleul se sparge în două fragmente + 2–3 neutroni
- Fiecare neutron poate declanșa o altă fisiune → reacție în lanț
- Se eliberează ~200 MeV per fisiune – o cantitate uriașă de energie pentru un singur nucleu



În reactorul nuclear

Reacția în lanț este controlată de bare absorbtoare (bor, cadmiu). Un gram de U-235 complet fisiat eliberează energia a ~3 tone de cărbune.

Efectele radiațiilor asupra organismului

- Radiațiile ionizante transferă energie țesuturilor → ionizare a atomilor și moleculelor
- Ținta principală: ADN-ul – dacă repararea eșuează → mutații sau moartea celulei
- Efecte acute (doze mari > 1 Sv): boala de radiații – greață, scăderea celulelor sanguine
- Efecte cronice (doze mici acumulate): creșterea riscului de cancer, mutații genetice

Mărime	Unitate SI
Doza absorbită	gray (Gy) = J/kg
Doza echivalentă	sievert (Sv)

Doze de referință

Expunere naturală medie în România: ~2–3 mSv/an • radiografia dentară: ~0,005 mSv • CT scan toracic: ~7 mSv

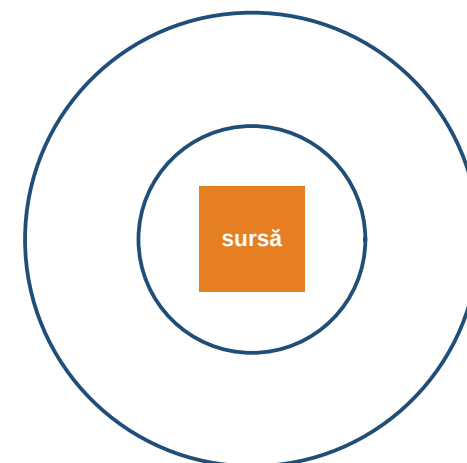
Limita anuală pentru personalul nuclear: 20 mSv/an • limita anuală pentru populație: 1 mSv/an (peste fondul natural)

Protecție și siguranță radiologică

- Timp – se minimizează durata de lucru lângă sursă
- Distanță – doza scade cu pătratul distanței: la dublarea distanței, doza devine de 4 ori mai mică
- Ecrănare – plumb pentru γ , aluminiu/plastic pentru β ; α este oprită chiar de hârtie
- Manipulare – doar personal autorizat, cu contoare Geiger-Müller și dozimetre personale



Contor Geiger-Müller – detectează radiațiile



Legea inversului pătratului

Deșeuri radioactive

Se segregă după activitate: scurte (depozitare temporară), medii (depozite naționale), lungi (depozite geologice adânci – sute de metri sub pământ).

Aplicații în medicină

- Diagnostic: gammacameră cu Tc-99m (scintigrama), PET-scan cu F-18
- Tratament: radioterapie externă (acceleratoare, Co-60) – distrugerea tumorilor
- Iod radioactiv (I-131) – tratament al bolilor tiroidei
- Sterilizarea instrumentelor medicale cu radiația γ



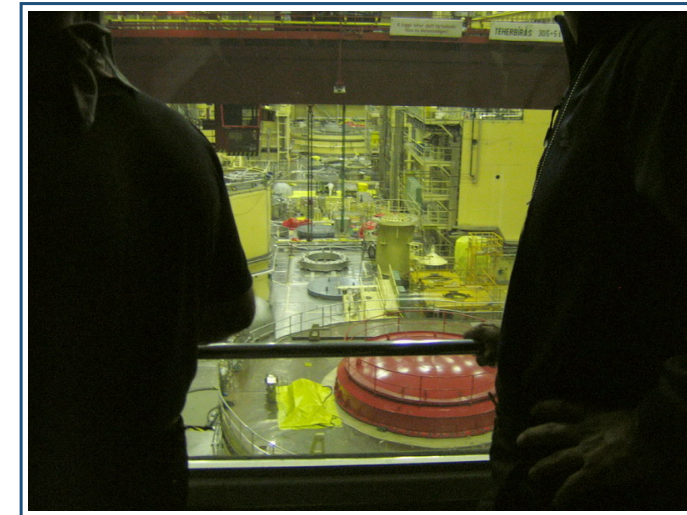
Examinare PET – detectează bolile la stadii incipiente

De ce se preferă izotopi cu $T(1/2)$ scurt în medicină?

Pacientul primește o doză minimă: izotopul face „treaba” diagnostică sau terapeutică și apoi se dezintegrează rapid. De aceea Tc-99m (6 ore) este regele imaginisticii nucleare.

Aplicații în industrie, arheologie și viața de zi cu zi

- Industrie: controlul grosimii foilor de metal/hârtie; radiografia sudurilor și conductelor
- Arheologie: datarea cu C-14 a resturilor organice (până la ~50 000 ani)
- Geologie: datarea rocilor cu U-238 → Pb-206 (Pământul are ~4,5 miliarde ani)
- Energie nucleară: ~10% din electricitatea mondială, fără emisii de CO₂
- Viața de zi cu zi: detectoare de fum casnice (Am-241); sterilizarea alimentelor



Sala reactorului unei centrale nucleare

Energie nucleară – pro și contra

PRO: randament mare, fără CO₂, aprovizionare stabilă CONTRA: deșeuri radioactive pe termen lung, riscuri tehnologice (Cernobyl, Fukushima)

Exerciții de verificare (1/2)

- 1. După câte timpi de înjumătățire activitatea unei probe scade la $1/32$ din valoarea inițială?
- 2. Tc-99m are $T(1/2) = 6$ ore. Cât timp trece până rămâne $1/8$ din activitatea inițială?
- 3. Ce radiație este oprită de o foaie de hârtie? Ce radiație necesită plumb pentru ecrănare?

Indicații

Fiecare timp de înjumătățire împarte activitatea la 2: după n timpi rămâne $1/2^n$ din valoarea inițială.

Gândește-te la puterea de ionizare vs. puterea de pătrundere – sunt corelate invers proporțional.

Exerciții de verificare (2/2)

- 4. Adevărat sau fals: (a) Radiația gamma este un foton. (b) Alfa are cea mai mare putere de pătrundere. (c) Timpul de înjumătățire depinde de temperatura probei.
- 5. O probă conține inițial 800 de nuclee radioactive, cu $T(1/2) = 2$ zile. Câte nuclee rămân după 6 zile?

Răspunsuri

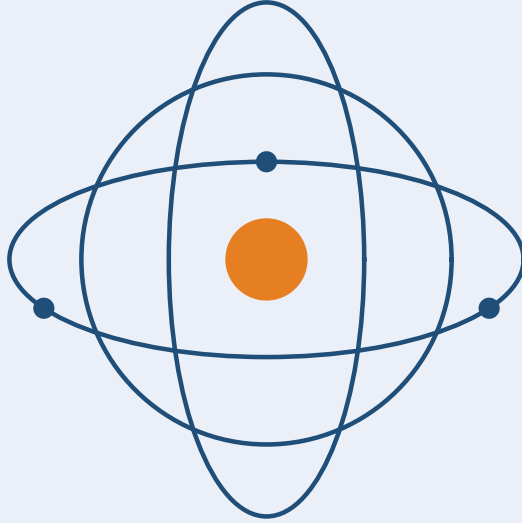
1. Cinci timpi de înjumătățire ($2^5 = 32$).
2. Trei timpi de înjumătățire: $3 \times 2 \text{ zile} = 6 \text{ zile}$.
3. Alfa; gamma.
4. (a) Adevărat • (b) Fals – alfa are cea mai mică pătrundere • (c) Fals – este o proprietate a nucleului.
5. Trei timpi de înjumătățire: $800 \rightarrow 400 \rightarrow 200 \rightarrow 100$ nuclee.

Recapitulare

- Radioactivitatea = dezintegrarea spontană a nucleelor instabile
- Trei tipuri de radiații: α (particulă He), β (electron/pozitron), γ (foton)
- $N(t) = N_0 \cdot e^{(-\lambda t)}$; $T(1/2) = \ln 2 / \lambda$ – constantă a izotopului
- Elemente naturale: U, Th, Ra, K-40, Rn, C-14 • artificiale: Tc-99m, F-18, Co-60, Pu-239...
- Efectele radiațiilor se măsoară în Gy (doza absorbită) și Sv (doza echivalentă)
- Protecția: timp, distanță, ecrănare – principiul ALARA

Termeni-cheie

- radioactivitate
- izotop
- alfa / beta / gamma
- timp de înjumătățire
- gray, sievert
- fisiune nucleară
- ALARA



Mulțumesc pentru atenție!

Elementele radioactive • Fizică • clasa a X-a

„Radițiile nu sunt bune sau rele – ele există în natură. Cunoașterea ne face siguri.“