

Integráciou rovnice (1) dostávame pre intenzitu žiarenia po jeho prechode cez vrstvu hrúbky x vyjadrenie

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

Na charakterizovanie absorpcie rádioaktívneho β - a γ -žiarenia používa sa i tzv. *polohrúbka* D , t. j. hrúbka absorbujúceho prostredia, ktoré zmenší pôvodnú intenzitu žiarenia na polovicu. Z rovnice $I_0/2 = I_0 e^{-\mu D}$ vyplýva pre ňu hodnota

$$D = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu} \quad (3)$$

Zatiaľ čo absorpčný koeficient μ rádioaktívneho β -žiarenia a tým aj príslušná polohrúbka závisia len od kvality absorbujúceho prostredia, absorpčný koeficient γ -žiarenia závisí aj od jeho frekvencie. Napríklad absorpčný koeficient hliníka pre β -žiarenie je $\mu = 312 \text{ cm}^{-1}$ ($D = 0,0022 \text{ cm}$); absorpčný koeficient jedného druhu γ -žiarenia, vydávaného rádiovoými preparátmi, aj v hliníku je len $\mu = 0,27 \text{ cm}^{-1}$ ($D = 2,55 \text{ cm}$). Hovoríme preto, že rádioaktívne γ -žiarenie je omnoho prenikavejšie než β - (aj α -) žiarenie.

16.4. Druhy a kinetika rádioaktívnych premien. Ako už vieme, jadro atómu svojou hmotnosťou určuje „atómovú hmotnosť“ príslušného prvku (elektróny obiehajúce okolo jadra prispievajú len nepatrne ku hmotnosti atómu) a svojím nábojom atómové číslo, ktoré je totožné s poradovým číslom prvku v periodickej sústave Mendelejevovej. Vieme už aj to, že väčšina prvkov je zmesou svojich izotopov, ktorých „atómové hmotnosti“ sú približne celé čísla. Zo stránky chemickej prvok je úplne určený svojím miestom v periodickej sústave Mendelejevovej, t. j. svojím atómovým číslom; keď však chceme rozlišovať aj jednotlivé izotopy prvku, okrem jeho atómového čísla musíme udať (aspoň približne) aj hmotnosť izotopu.

Pre tieto príčiny určitý izotop daného prvku sa zapisuje tak, že sa ku značke prvku pripíšu dva indexy; horný, tzv. *hmotnostné číslo*, značí približnú atómovú hmotnosť izotopu a dolný *atómové číslo*, napríklad U_{92}^{235} značí izotop uránu, ktorého atómová hmotnosť je približne 235.

Keď atóm rádioaktívneho prvku vymrští zo svojho jadra α -častočku α_1^4 (jadro héliových atómov He_2^4), náboj jadra sa zmenší o 2 kladné atomistické jednotky a jeho hmotnosť približne o 4 atomistické jednotky. Atóm rádioaktívneho prvku sa tým premení na atóm izotopu prvku s atómovým číslom o 2 jednotky menším a s atómovou hmotnosťou približne o 4 jednotky menšou. Schematicky je rádioaktívna α -premena vyjadrená rovnicou $P_Z^A \rightarrow p_{Z-2}^{A-4} + \alpha_1^4$ napríklad rádioaktívna premena rádia, ktorý je α -žiaričom, je vyjadrená rovnicou $\text{Ra}_{88}^{226} \rightarrow \text{Rn}_{86}^{222} + \alpha_1^4$, alebo, keďže α -častočky zachytením dvoch elek-

trónov sa menia na héliové atómy, $\text{Ra}_{88}^{226} \rightarrow \text{Rn}_{86}^{222} + \text{He}_2^4$. Každá takáto rovnica je zrejme správna len vtedy, keď súčet horných aj dolných indexov po obidvoch stranách rovnice je rovnaký, ako to žiada zákon o zachovaní hmoty aj elektrického náboja.

Stratou elektrónu pri β -rádioaktivite zväčší sa kladný náboj jadra atómu prvku, a teda i jeho atómové číslo, o jednotku, pričom — keďže hmotnosť elektrónu v porovnaní s hmotnosťami jadier atómov je zanedbateľne malá — sa hmotnosť atómu prakticky nemení. Rádioaktívnou β -premenou mení sa atóm prvku na izotop (prakticky rovnakej hmotnosti) prvku, ktorého atómové číslo je o jednotku väčšie. β -premena je vyjadrená rovnicou $P_Z^a \rightarrow P_{Z+1}^a + e_{-1}^0$.

Môžeme tiež povedať, že rádioaktívnou α -premenou posunie sa prvok v Mendeleevej periodickej sústave prvkov o 2 miesta vľavo, β -premenou o 1 miesto vpravo, ako to hovorí tzv. *Fajans-Soddyho posuvné pravidlo*.

Zatiaľ čo α - a β -žiarenia sú prvotné javy, γ -žiarenie je sprievodný jav. Vzniká, keď α - alebo β -rádioaktivitou porušená rovnováha v jadre atómu sa uštieňuje. Nepoznáme rádioaktívnu premenu, pri ktorej by vznikalo len γ -žiarenie. γ -žiarenie uvoľňuje však niekedy z elektrónového obalu atómu elektróny, t. j. môže byť príčinou vzniku sekundárneho β -žiarenia.

Rýchlosť rádioaktívnej premeny (úbytok množstva rádioaktívnej premene podliehajúceho prvku za jednotku času) nezávisí ani od chemickej väzby, ani od teploty alebo tlaku, aspoň nie v hraniciach, ktoré laboratórnymi metódami možno realizovať. Pritom sa táto premena riadi podobným zákonom ako absorpcia β - alebo γ -žiarenia: úbytok — dn množstva (alebo počtu atómov) rádioaktívneho prvku je úmerný množstvu (počtu atómov) ešte nezmenenému a príslušnému elementárnemu časovému intervalu,

$$-dn = \lambda n dt \quad (1)$$

Konštanta úmernosti λ sa volá *rozpadová konštanta*.

Integráciou rovnice

$$\frac{dn}{n} = -\lambda dt$$

dostávame:

$$n = n_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Z počiatočného množstva n_0 rozpadne sa polovica za čas T (polčas), ktorý vyplýva z rovnice $n_0/2 = n_0 e^{-\lambda T}$,

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (3)$$

Rádioaktívne polčasy sa pohybujú od zlomkov sekúnd až po milióny rokov.

Namiesto polčasu používa sa tiež tzv. *stredná doba života* definovaná vzorcom

$$T_s = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Zo vzorca (2) vyplýva, že značí čas, za ktorý pôvodné množstvo rádioaktívneho prvku zmenší sa v pomere $e : 1$.

16.5. Dozimetria rádioaktívneho žiarenia. Najdôležitejšie veličiny, ktoré charakterizujú rádioaktívnu látku, je jej *aktivita* a *intenzita* ňou vysielaného žiarenia. Aktivita a určitého množstva rádioaktívneho prvku (presnejšie izotópu) je definovaná ako počet v tomto množstve nastávajúcich jadrových rozpadov, prepočítaných na jednotku času, teda $a = -dn/dt$, alebo — s ohľadom na zákon rádioaktívneho rozpadu daný rovnicou (16.4.1)

$$a = \lambda n \quad (1)$$

Z definície aktivity vyplýva, že jej jednotkou je reciproká sekunda $s^{-1} = 1 \text{ Hz}$. Praktická jednotka aktivity 1 *curie* (Ci) bola pôvodne definovaná ako aktivita $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ rádioaktívneho plynu radónu, množstva radónu, ktoré je v rádioaktívnej rovnováhe (pozri čl. 16.7) s 1 g rádia. Podľa svojej dnešnej len spresnenej definície 1 *curie* je $3,7 \cdot 10^{10}$ rozpadov za sekundu presne.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1} = 37 \text{ GHz}$$

Ak poznáme rádioaktivitu určitého množstva rádioaktívneho izotópu, z definície aktivity bezprostredne vyplýva aj jeho hmotnosť

$$m = n \frac{A}{N} = \frac{aA}{\lambda N} = \frac{aAT}{N \ln 2} \quad (2)$$

kde A značí hmotnosť gramatómu, T polčas a N Avogadrovo číslo.

Podľa dnes platných medzinárodných dohôd atomová hmotnosť sa vzťahuje na izotóp uhlíka C_6^{12} , inakšie povedané dnes atómová hmotnosť α je číslo, ktoré udáva, koľkokrát je hmotnosť atómu nejakého izotópu väčšia ako $1/12$ hmotnosti atómu izotópu C_6^{12} , ktorá sa nazýva atomistickou jednotkou hmotnosti a značí sa u .

$$u = \frac{1}{12} \cdot \frac{12\text{g}}{N} = \frac{\text{g}}{N} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

Ak teda vo vzorci (2) hmotnosť gramatómu vyjadríme v tvare $A = \alpha g$, pre hmotnosť rádioizotópu s aktivitou a môžeme tiež písať

$$m = \frac{\alpha \alpha g T}{N \ln 2} = \frac{\alpha \alpha T}{0,693} u \doteq 2,4 \cdot 10^{-24} \alpha \alpha T g \quad (3)$$