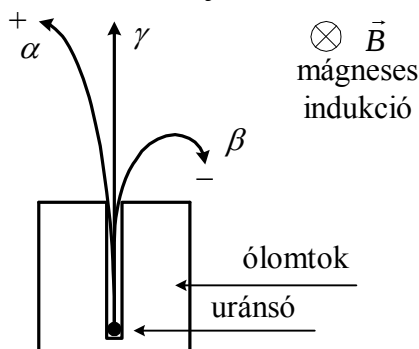


12. Radioaktivitás. α -, β -, és γ -bomlás. A radioaktív bomlástörvény, az aktivitás fogalma. Radioaktív sugárzások mérése. Geiger-Müller féle számlálóső. Az ionizáló sugárzás biológiai hatásai.

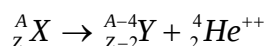
Becquerel (1896) fedezte fel, hogy bizonyos anyagok minden külső behatás nélkül sugárzást bocsátanak ki, például az uránsó közelében a fotolemez megfeketedett. Rutherford vizsgálta a sugárzást, és megállapította, hogy mágneses mezőben három különböző természetű részre bomlik fel.

1. α -sugárzás: $+2e$ töltése van, áthatoló képessége kicsi (papírlap elnyeli), ${}^4_2\text{He}^{++}$ hélium atommagokból áll
2. β -sugárzás: $-e$ töltésű részecskék, áthatoló képességük közepes (néhány mm alumíniumlemez elnyeli), nagysebességű (közel fénysebességű, $0,99 c$) elektronokból áll
3. γ -sugárzás: nagyon nagy áthatoló képességű (csak néhány cm vastag ólomlemez nyeli el) elektromágneses sugárzás, frekvenciája $10^{18} \text{ Hz} - 10^{21} \text{ Hz}$



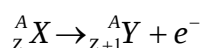
A radioaktív sugárzás kibocsátása általában elemátalakulással jár!

α -sugárzás α -bomlás során keletkezik:

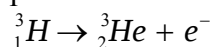


például a rádium bomlása során radon keletkezik ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}^{++}$.

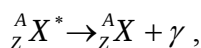
β -sugárzás β -bomlás során keletkezik:



például tríciumból hélium keletkezik (ilyenkor egy neutron alakul át protonná)



γ -sugárzás γ -bomlás során keletkezik:



ilyenkor elemátalakulás nincs, gerjesztett állapotú atommag sugározza ki a gamma fotont.

A radioaktív bomlás törvénye:

A tapasztalat szerint egy adott populációban a magok fele mindig ugyanannyi idő alatt bomlik el (függetlenül az életkoruktól). Azt az időtartamot, amely alatt a kezdetben radioaktív atommagok fele elbomlik, felezési időnek nevezzük, jele: $T_{1/2}$. A felezési idő független az életkortól, csak az anyagi minőségre jellemző, értéke $10^{-7} \text{ s} - 10^{10} \text{ év}$ között változhat.

Az aktív, még el nem bomlott magok számának változása az eltelt felezési idők során az alábbi módon írható le, ahol N_0 a kezdeti pillanat radioaktív magjainak száma:

$$N_0 \xrightarrow{T_{1/2}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{T_{1/2}} \frac{N_0}{2 \cdot 2} \xrightarrow{T_{1/2}} \frac{N_0}{2 \cdot 2 \cdot 2} \dots$$

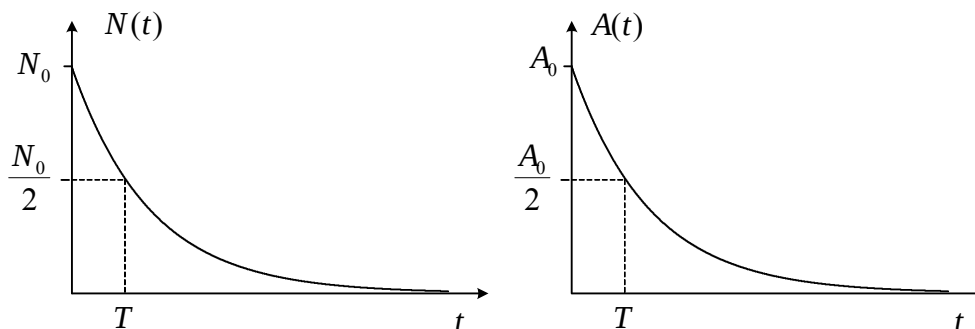
Egy tetszőleges t időpillanatban: $N_0 \rightarrow \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}}$, azaz $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$. Ha felhasználjuk,

hogy $2 = e^{\ln 2}$, akkor nyerhetjük:

$$N(t) = N_0 \cdot (e^{\ln 2})^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}.$$

Bevezetve a bomlási állandót kaphatjuk a bomlástörvény megszokott alakját:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \text{ ahol } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \text{ a bomlásállandó.}$$



Megjegyzés: a radioaktív bomlás spontán (magától végbemenő) folyamat, annak a valószínűsége, hogy a vizsgált anyag egy atommagja adott idő alatt elbomlik, teljesen független az életkorától (nem öregedés, hanem véletlen baleset).

Egy anyagdarab **aktivitását**, a benne időegység alatt bekövetkező bomlások számával jellemezhetjük, ez pedig az $N(t)$ függvény változási gyorsaságának abszolút értéke:

$$A(t) = \left| \frac{dN}{dt} \right| = N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} = N(t) \cdot \lambda, \text{ illetve } A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

A kezdeti pillanat aktivitása:

$$A_0 = N_0 \cdot \lambda.$$

Egysége $1 \frac{\text{bomlás}}{\text{s}} = 1 \text{ becquerel} = 1 \text{ Bq}.$

Radioaktív bomlási sorok:

A periódus rendszer végén lévő természetes radioaktív anyagok bomlási sorokba rendezhetőek. A bomlások során a tömegszám vagy nem változik (β^- , γ - bomlás), vagy négygel csökken (α - bomlás). A bomlási soroknak tehát négy különböző típusa van, attól függően, hogy a tömegszámot (A) négygel osztva mekkora a maradékot kapunk.

0 maradék ($A = 4n+0$): ^{232}Th tórium – sor, $1,41 \cdot 10^{10}$ év, ^{208}Pb

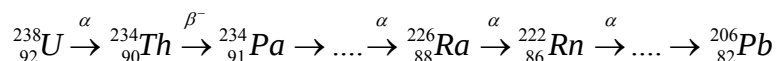
1 maradék ($A = 4n+1$): ^{237}Np neptúnium – sor, $2,14 \cdot 10^6$ év, ^{209}Bi ,

ez már nincs a természetben, a Föld keletkezése óta lebomlott

2 maradék ($A = 4n+2$): ^{238}U urán 238 – sor, $4,50 \cdot 10^9$ év, ^{206}Pb

3 maradék ($A = 4n+3$): ^{235}U urán 235 – sor, $0,71 \cdot 10^9$ év, ^{207}Pb

Például az ^{238}U urán 238 – sor :

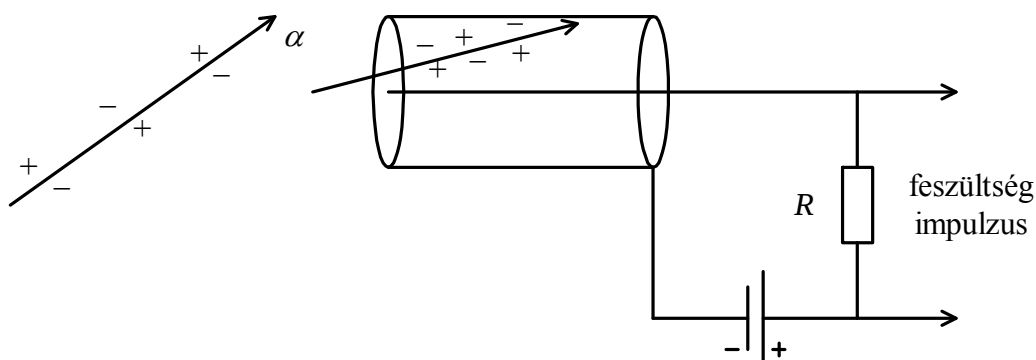


Megjegyzés: többtagú bomlási sorok esetén, bizonyos idő után beáll a bomlási vagy szekuláris egyensúly, a lányelemek mennyisége időben állandó, az anyaelem mennyisége csökken, a stabil végelem mennyisége növekszik. Ekkor az egyes lányelemek aktivitása megegyezik (annyi bomlik hozzá, mint amennyi elbomlik belőle) $A_1 = A_2 = A_3 \dots$ azaz

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3.$$

Radioaktív sugárzás mérése:

Az α -, β -, γ - sugárzások szabad szemmel nem észlelhető ionizáló sugárzások. Az α - és β - részecskék töltésük révén elektromos mezőjükkel ionizálják az útjukba kerülő atomokat és molekulákat, s ezáltal ionpárokat keltenek. A radioaktív sugárzás mérése általában — közvetlenül vagy közvetve — a sugarak által okozott ionizáción alapul. Leggyakoribb mérőeszköze az ún. Geiger-Müller-féle számlálóső, GM-cső.



A végeblakon bejutó sugárzás ionizálja a csőben lévő gázt, az ionok felfutnak az elektródákra, egy ionizáló részecske a felfutás során maga is ionizál, és egy elektronlavinát indít, amely egy áram impulzust jelent, s az ohmos ellenálláson feszültség impulzus jelenik meg, ezt erősíthetjük, számlálhatjuk, hangszóróba vezethetjük. Egyéb detektorok: szcintillációs számláló, félvezető detektor, Wilson-féle ködkamra.

A radioaktív sugárzás biológiai hatásai:

A szervezetbe jutva, ionizáló hatásával megzavarja a biokémiai reakciókat. Hatása függ például az elnyelt energiától:

$$D(\text{elnyelt dózis}) = \frac{\text{az elnyelt ionizáló sugárzás energiája}}{\text{anyag tömege}}$$

$$D = \frac{dE}{dm}, \quad [D] = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ gray} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

A biológiai hatás azonban nemcsak az elnyelt energiától, hanem a részecske fajtájától is függ. Például a neutronok egy meglökött proton révén sokkal több ionizációt okoznak, mint az ugyanolyan energiájú γ fotonok. A dózis egyenérték egy minőségi tényezővel Q (dimenziótlan szám) ezt is figyelembe veszi, s ez által már a biológiai károsodással arányos.

$$H = D \cdot Q$$

$$[H] = S_v = \text{sievert}$$

Q értéke:	röntgen sugárzás, γ -sugárzás, β -sugárzás esetén	1
	termikus neutronokra	2,3
	gyorsneutronokra és protonokra	10
	α -sugárzásra	20

Az ionizáló sugárzás hatásai:

Determinisztikus: adott dózis felett a hatás mindig megjelenik és arányos a dózissal (nagy dózis) lappangási idő néhány hét, "klasszikus" sugárbetegség.

Sztokasztikus: kis dózis is okozhat néha megbetegedést, hosszú lappangási idő (évek) a betegség súlyossága nem függ a dózis nagyságától.