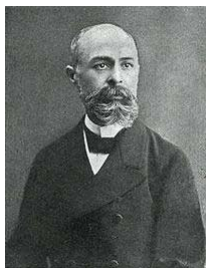


RADIOKÉMIA

Nagy Lajos György és LKr: Radiokémia és izotóptechnika
Műegyetemi Kiadó 1997

7



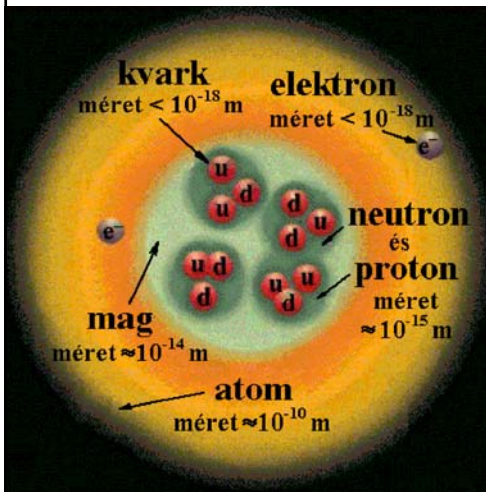
Antoine Henri *Becquerel*
(1852 - 1908)



Maria *Skłodowska-Curie*
(1867 – 1934)

8

Az atommag felépítése



	m	E, MeV
p	$1,6726 \times 10^{-24} \text{g}$	938,27
n	$1,6749 \times 10^{-24} \text{g}$	939,55
e^-	$9,109 \times 10^{-28} \text{g}$	0,51

$$n \rightarrow p + e^- + 0,8 \text{ MeV}$$

Nukleonok:
Z: rendszám
N: neutronok száma
 $Z+N=A$: tömegszám v. össznukleonszám

1 elektronvolt: az az energia, amelyet az elektron 1 V potenciálkülönbség hatására történő elmozdulása során nyer/veszít.

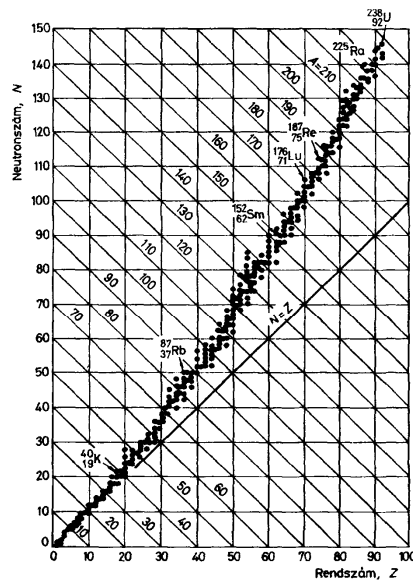
$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

9

Stabilis nuklidok

jelölések

$${}^A_Z X$$



10

neutronok szerepe

A nuklidok csoportosítása

Izotóp: Z azonos

Izobár: A azonos

Izotón: N azonos

Izotópeffektus
alkalmazások

i Radioaktív izotóp !

spektroszkópia (pl. rezgési, MS)

oldószer (NMR, neutronszórás)

dúsítás

CSIA: compound specific isotope analysis

elhanyagolás?
nyomjelzés

11

Természetes és mesterséges

Természetes radioaktív izotópok

1. Kozmikus eredetű

töltött részecskék (H^+ , He^{2+}) + levegő →

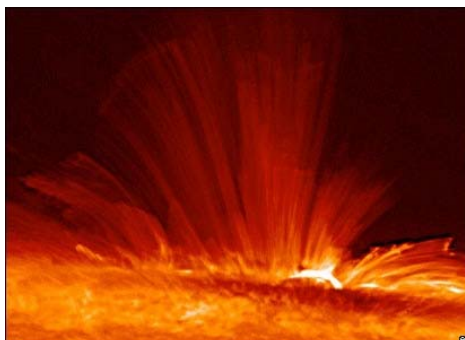
→ másodlagos részecskék → → sugárzás

3H

7Be

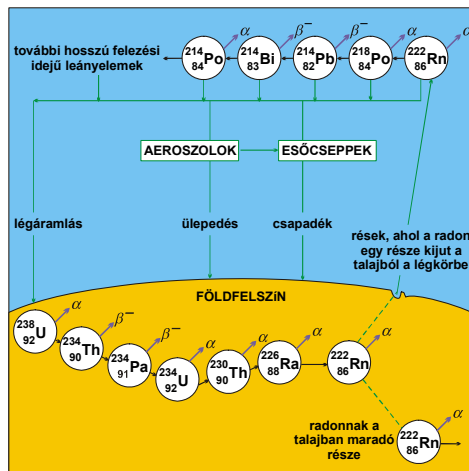
^{14}C

^{22}Na



Földkéreg

A geológiai fejlődés során hosszú $T_{1/2}$ -ű nuklidok bányászható mértékben felszaporodtak ill. szétoszlanak a talajban és az építőanyagokban.



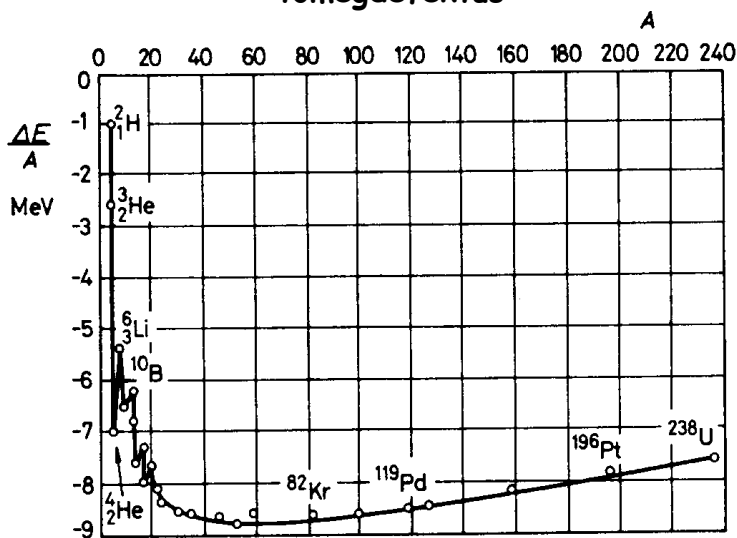
^{40}K	1.3×10^9 év	β, γ
^{238}U	4.5×10^9 év	α
^{235}U	7.0×10^8 év	α, γ
^{234}U	2.4×10^5 év	α
^{226}Ra	1600 év	α, γ
^{222}Rn	3,8 nap	α
^{232}Th	1.4×10^{10} év	α
^{230}Th	7.5×10^4 év	α
^{228}Th	1.9 év	α

Radioaktív családok
 ^{232}Th , ^{237}Np , ^{238}U , ^{235}U
 (Tankönyv 78. oldal)

A magok kötési energiája

$$M < Zm_p + Nm_n \quad \Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M \quad \Delta E = \Delta mc^2$$

tömegdefektus



Radioaktivitás

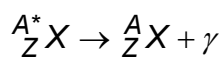
A mag ENERGIAFELESLEGE *spontán* (külső behatás nélkül) magátalakulással szűnik meg, miközben a *mag tulajdonságai időben változnak és energia szabadul fel.*
Megmaradási elvek

15

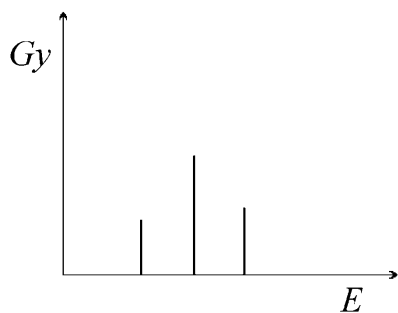
Spontán magátalakulások

16

Izomer átalakulás



$$\Delta E = h \cdot \nu$$



vonalas spektrum

**Izomer átalakulással
bomló izotópok**

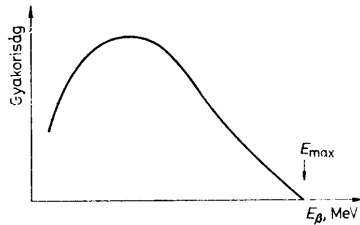
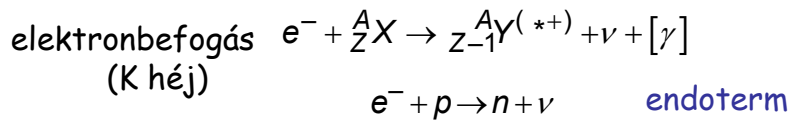
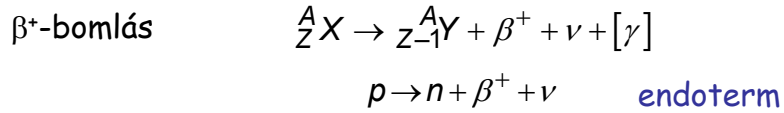
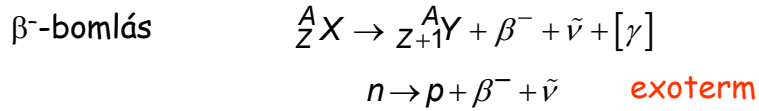
nuklid	$T_{1/2}$	E_γ, MeV
${}^{60m}\text{Co}$	10,5 min	0,059
${}^{99m}\text{Tc}$	6,0 h	0,143

17

Z	Izotóp	$T_{1/2}$	Bomlási mód	Részecskeenergia, MeV	γ -energia, MeV	$\eta, \%$	Előállítás	$\sigma' = f \sigma^* 10^{28}, \text{m}^2$	Leányelem
27					2,02 2,60 2,99 3,25 3,47	11 % 16 % 1 % 12 % 1 %			
	${}^{57}\text{Co}$	270 d	$E.X.$	100 %	0,014 0,122 0,136	6 % 88 % 10 %	83 % 1 % 1 %	${}^{56}\text{Fe}(d,n)$ ${}^{60}\text{Ni}(p,\alpha)$	0,9
	${}^{58}\text{Co}$	71,3 d	$E.X.$ β^+	85 % 15 %	0,81 1,62 0,51 (β^+)	100 % 0,5 %		${}^{58}\text{Ni}(n,p)$	
	${}^{60m}\text{Co}$ ${}^{60}\text{Co}$	10,5 min 5,27 a	I β^-	100 % $\approx 100 \%$ 0,01 %	0,059 1,17 1,33	0 % 100 % 100 %	$\approx 100\%$	${}^{59}\text{Co}(n,\gamma)$ ${}^{59}\text{Co}(n,\gamma)$	19 37
28	${}^{63}\text{Ni}$	92 a	β^-	0,067 100 %				${}^{62}\text{Ni}(n,\gamma)$	0,77
	${}^{65}\text{Ni}$	2,521 h	β^-	0,60 1,01 2,10	$\approx 23 \%$ $\approx 8 \%$ $\approx 69 \%$	0,37 1,11 1,49	5 % 13 % 18 %	${}^{64}\text{Ni}(n,\gamma)$	0,016
29	${}^{64}\text{Cu}$	12,9 h	β^- β^+ $E.X.$	0,57 0,66 43 %	38 % 19 %	0,51 (β^+) 1,34	0,6 %	${}^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$	3,0
	${}^{66}\text{Cu}$	5,10 min	β^-	0,76 1,59 2,63	< 0,2 % $\approx 9 \%$ $\approx 91 \%$	0,83 1,04	0,2 % 9 %	${}^{65}\text{Cu}(n,\gamma)$	0,56

18

β - bomlások



közös tulajdonságok:
 A=állandó
 $\Delta Z = \pm 1$
 ν vagy $\tilde{\nu}$

19

Tiszta β⁻-sugárzó izotópok

nuklid	energia, MeV	T _{1/2}
³ H	0,018	12,26 a
¹⁴ C	0,159	5730 a
³² P	1,71	14,3 d
³⁵ S	0,167	88 d
⁹⁰ Sr	0,54	28,1 a
⁹⁰ Y	2,25	64 h

Kevert (β+γ) sugárzó izotópok

nuklid	T _{1/2}	β-energia, MeV	γ-energia, MeV
⁶⁰ Co	5,27 a	0,31	1,17/1,33
¹³¹ I	8,07 d	0,61	0,36
¹³⁷ Cs	30,23 a	0,51	0,662

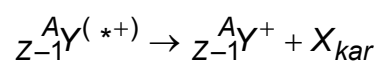
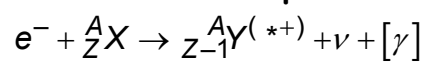
20

Pozitron bomló izotópok

nuklid	$T_{1/2}$	E_{β} MeV
^{11}C	20,3 min	0,97
^{13}N	9,97 min	1,2
^{15}O	124 s	1,7
^{18}F	109,7 min	0,064

21

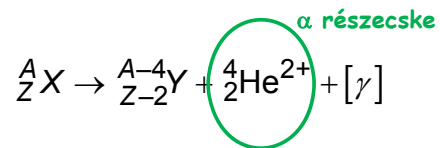
EX izotópok



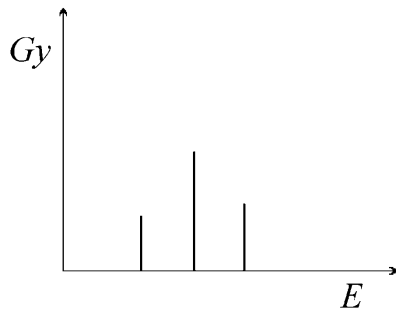
nuklid	$T_{1/2}$	E_{β} MeV
^{54}Mn	303 d	0,84
^{125}I	60 d	0,035

22

α -bomlás



4-9 MeV



vonalas spektrum

nuklid	$T_{1/2}$
${}^{235}\text{U}$	7,1E8 a
${}^{226}\text{Ra}$	1600 a
${}^{222}\text{Rn}$	3,8 d

23

Radioaktív mag és bomlásterméke

Izomer átalakulás:

azonos tömegűek, kémiaailag azonosak

Béta-bomlások:

azonos tömegűek, de kémiaailag különbözőek

Alfa-bomlás:

tömegük és kémiai tulajdonságaik is különböznek

24

A radioaktív bomlások kinetikája

25

Egylépéses egyszerű magátalakulás

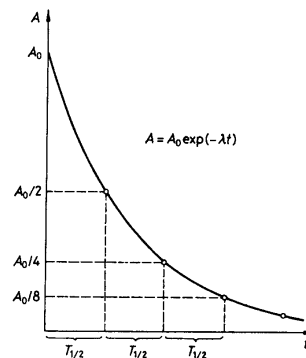
$$A \equiv -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad [A] = \frac{1}{\text{idő}}$$

$$\frac{1 \text{ bomlás}}{\text{másodperc}} = 1 \text{ becquerel} = 1 \text{ Bq}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$



$$I = k \eta A$$

ágarány tényező

Kormeghatározás

Libby 1946, 1960

Jégbefagyott mamut-tetemet találtak Szibériában.
Testében a ^{14}C mennyisége 21 %-a volt csak a ma
élő állatokhoz képest. (Ma élő állatokban $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$).

Milyen régi a tetem?
A radioszén felezési ideje 5730 év.

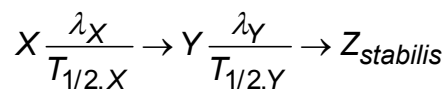
$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$0,21 \cdot A_0 = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

$$t = -\frac{T_{1/2}}{0,693} \ln 0,21 = -\frac{5730 \text{ év}}{0,693} \ln 0,21$$

12904 év 27

Bomlási sorok



$$A = A_X + A_Y$$

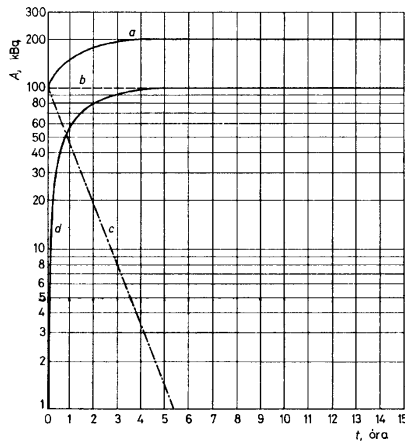
$$A_X = A_{X,0} e^{-\lambda_X t}$$

$$A_Y = \lambda_Y N_Y = A_{X,0} \frac{\lambda_Y}{\lambda_Y - \lambda_X} [\exp(-\lambda_X t) - \exp(-\lambda_Y t)],$$

$$A_Y = A_X \frac{\lambda_Y}{\lambda_Y - \lambda_X} \{1 - \exp[-(\lambda_Y - \lambda_X)t]\}.$$

λ_X és λ_Y viszonya ?

28

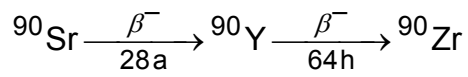


$$\lambda_X \ll \lambda_Y$$

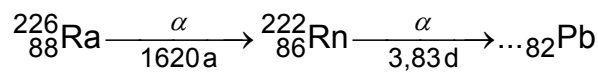
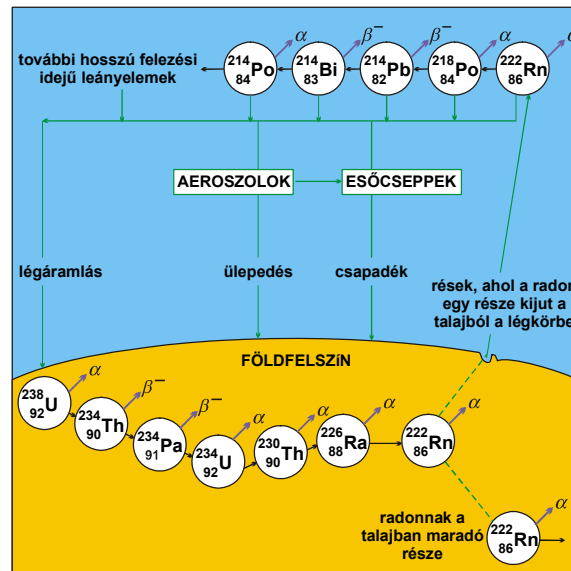
$$T_{1/2,X} \gg T_{1/2,Y}$$

$$T_{1/2,X} = 8 \cdot 10^7 \text{h}$$

$$T_{1/2,Y} = 0,8 \text{h}$$



29



30



α -bomló izotóp, felezési ideje 138,376 nap.
A kibocsátott alfa-részecskék energiája 5,407 MeV.

Használták mesterséges bolygók könnyű hőforrásaként.
Ezt az izotópot használták Litvinyenko korábbi KGB-kém megmérgezéséhez 2006-ban.

Mekkora az aktivitása 10 mg Po izotópnak?
Mekkora a kibocsátott energia?

31

Kidolgozott típuspéldák radiokémiából:
Radiokémia és izotóptechnika 3. kiadás (1997)
91. oldaltól 1-4. pl.
128. oldal lap teteje
198. oldal lap alja

32

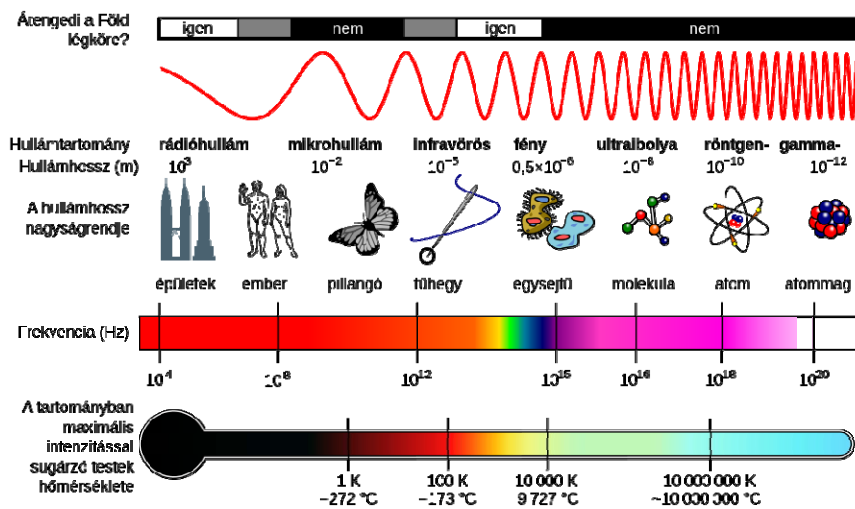
A sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

33

**Az elnyelődés mértéke/az áthatolóképesség mitől függ?
Radioaktív lesz-e egy anyag, ha nukleáris sugárzás éri?
Előállíthatók-e mesterséges radioaktív magok?**

34

Gamma-sugárzás (elektromágneses sugárzás)



az atommagból kilépő elektromágneses sugárzás
vonalas spektrumú
izomer átalakulás/kísérő sugárzás

35

Béta-sugárzások (részecskesugárzás)

az atommagból kilépő elektron vagy pozitron sugárzás
folytonos spektrumú
lehet önálló (de v!)
kísérő sugárzásai lehetnek (gamma, karakterisztikus
röntgen (X))

Alfa-sugárzás (részecskesugárzás)

az atommagból kilépő ${}^4_2\text{He}^{2+}$ sugárzás
vonalas spektrumú
kísérheti gamma-sugárzás

36