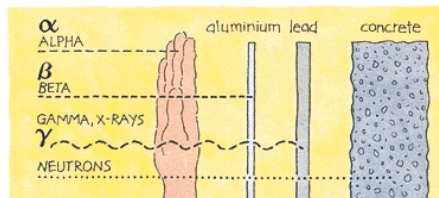


A sugárzás kölcsönhatása az anyaggal



Az elnyelődés mértéke/az áthatolóképesség mitől függ?

Mi történik, miközben a sugárzás áthalad az anyagon

1) az anyaggal; 2) a sugárzással ?

Előállíthatók-e mesterséges radioaktív magok?

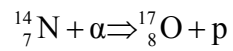
= radioaktív lesz-e egy anyag, ha nukleáris sugárzás éri?

44

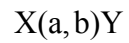
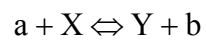
2. Magreakciók

45

RUTHERFORD 1919



általában:



Megmaradási elvek:

- Nukleonok száma
- Elektromos töltés
- Energiamegmaradás
- Impulzusnyomaték
- Impulzus
- Spin
- Paritás

Energiamegmaradás

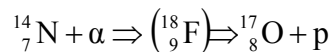
$$E_a + E_X + Q \equiv E_Y + E_b$$

$E = E_{\text{kin}} + mc^2$, magreakciók során felszabaduló energia: Q

Reakció	Q (MeV)
(n,γ), (p,γ)	8±2
(n,p), (p,n)	0±2
(n,α), (p,α)	4±2
(γ,n), (γ,p)	-8±2
Urán hasadás	200
Termonukleáris reakció: Pl.: ${}^3\text{H}(\text{d}, \text{n}){}^4\text{He}$	17.6
Kémiai reakció: $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$3 \cdot 10^{-6}$ / molekula

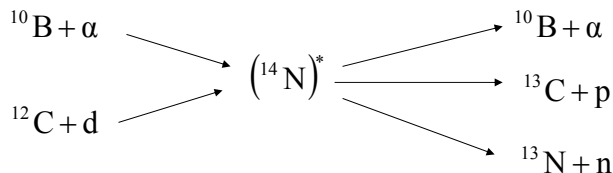
Magreakciók mechanizmusa

Bohr: az α részecske beépülésével egy gerjesztett **átmeneti mag** jön létre



A gerjesztési energia (E^*) két részből tevődik össze:
 $E^* = E_k + E_a$ ahol
 E_k a beépült részecske kötési energiája
 E_a az a részecske kinetikus energiája

A reakció termékei az átmeneti mag összetételétől és energiájától függenek



HATÁSKERESZTMETSZET

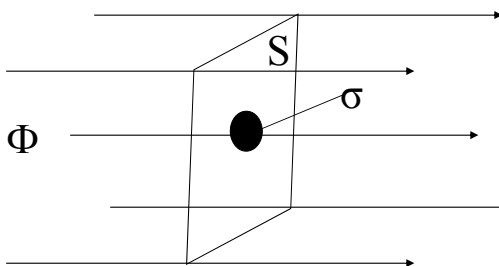
A magreakciók sebessége (R):

$$R \equiv \sigma \cdot \Phi \cdot N_A, \text{ ahol}$$

σ - hatáskeresztmetszet

Φ - beeső részecskefluxus

N_A - a célmagok száma egységnyi felületen



σ :

- effektív felületként képzelhető el, amit ha eltalál a bombázó részecske, a reakció végbemegy
- egysége: 1 barn = 10^{-28} m^2

A magreakciók időtörvénye

$$\frac{dN^*}{dt} = \sigma_a N \phi - \lambda N^*$$

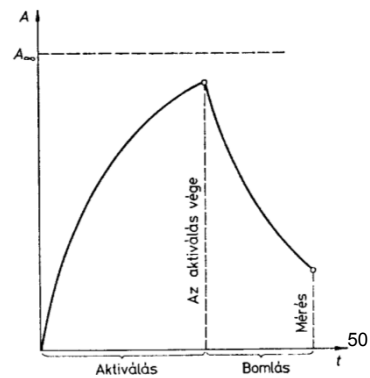
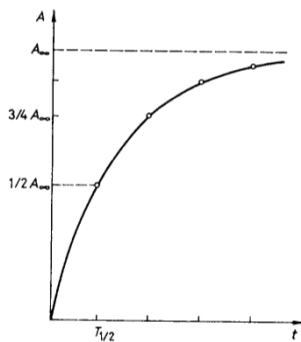
$$N^* = N_{\infty}^* [1 - \exp(-\lambda t)]$$

$$A = A_{\infty} [1 - \exp(-\lambda t)]$$

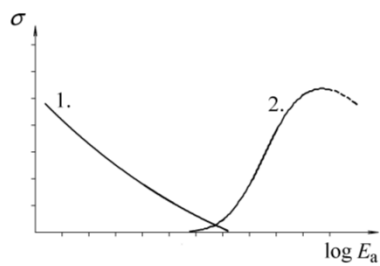
$$A_{\infty} = \lambda N_{\infty}^* = \phi \sigma_a N$$

$$A' = \lambda N^* =$$

$$= A_{\infty} [1 - \exp(-\lambda t)] \exp(-\lambda t_h)$$



A hatáskeresztmetszet energiatfüggése



1. (n,γ)
(n,f) ²³³U, ²³⁵U, ²³⁹Pu, ²⁴¹Pu
¹⁰B(n,α)
⁶Li(n,α)
2. (γ,n)
(n,2n)
(n,α)
(p,)
(d,)

A neutronok kölcsönhatásai az anyaggal

Nyugalmi tömeg: $1,6749 \times 10^{-24} \text{g}$ $939,55 \text{ MeV}$

Töltés: nincsen

- rugalmas ütközés

Könnyű elemek neutronlassítása
($E_0 = 2 \text{ MeV}$, $E = kT$)

Elem	$\Delta \bar{E}$, keV	n
^1H	1000	18
^2D	888	24
^4He	640	41
Be	360	50
C	284	111
Al	137	240

- rugalmatlan ütközés

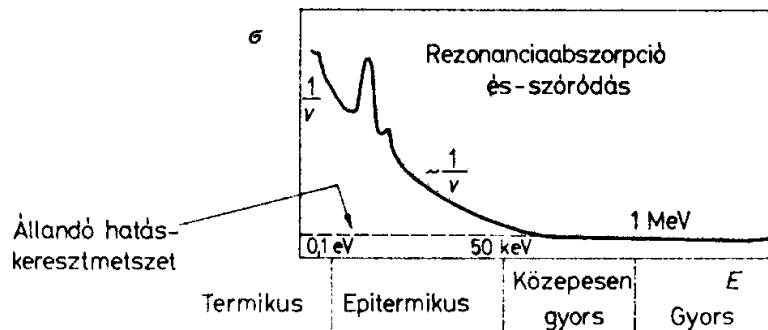
gerjesztett mag, $h\nu$

- neutronbefogás (abszorpció): (n,?)

52

Neutron magreakciók

- A He kivételével minden elem
- Mindig exoterm
- A hatáskeresztmetszet erősen energia függő



A neutronok osztályozása: $\sigma(E)$

Példák neutron magreakcióira

(n,γ) reakciók a leggyakoribbak.

Példa:

Magreakció	σ [barn]
$^{23}\text{Na}(n,\gamma)^{24}\text{Na}$	0.53
$^{109}\text{Ag}(n,\gamma)^{110\text{m}}\text{Ag}$	2.2
$^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$	20
$^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$	40
$^{113}\text{Cd}(n,\gamma)^{114}\text{Cd}$	$6.31 \cdot 10^4$
$^{135}\text{Xe}(n,\gamma)^{136}\text{Xe}$	$2.7 \cdot 10^6$

(n,p) reakciók:



Az élő szervezetben a $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ arány kb. $1/8.3 \cdot 10^{11}$, ami 15 bomlás/perc/g szén

(n,T) reakciók:

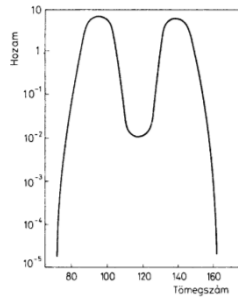
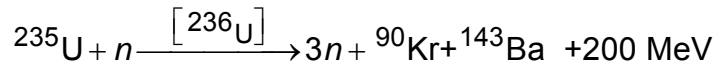
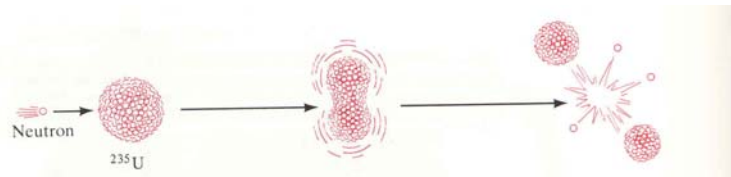


(n,α) reakciók:

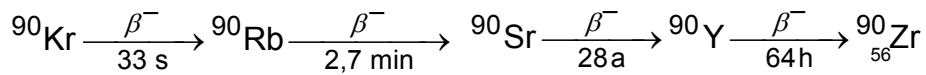
Magreakció	σ [barn]
$^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$	$3 \cdot 10^3$
$^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{T}$	900

(n, f) maghasadás

Izotóp	Kiindulási anyag	Hatásos neutron
235U	természetes urán	termikus
233U	tórium, neutronbesugárzás	termikus
239Pu	238U, neutronbesugárzás	termikus
241Pu	238U, neutronbesugárzás	termikus
238U	természetes urán	gyors
232Th	természetes tórium	gyors

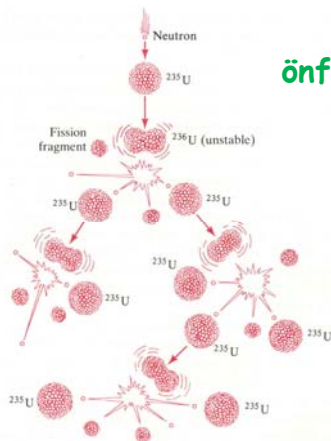


50 út, 35 elem 300 izotópja

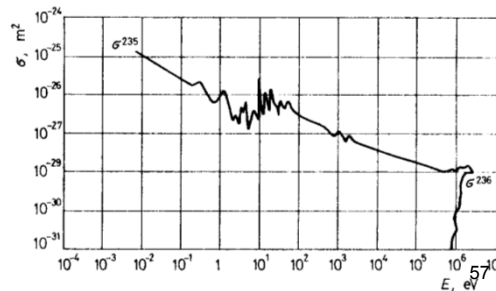


A 200 MeV megoszlása

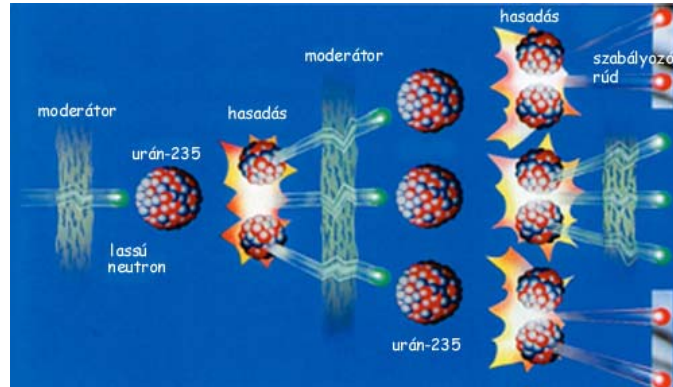
- a hasadványok kinetikus energiája: $\approx 160 \text{ MeV}$
- a neutronok kinetikus energiája: $\approx 5 \text{ MeV}$
- a γ -sugárzás energiája: $\approx 5 \text{ MeV}$
- a szekunder radioaktív bomlás energiája: $\approx 20 \text{ MeV}$
- a neutronok befogásakor felszabaduló energia: $\approx 10 \text{ MeV}$



önfenntartó lánreakció: szabályozás



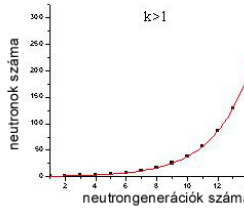
Lánreakció



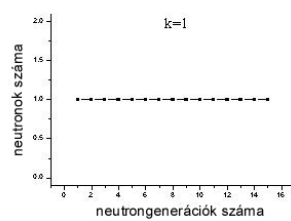
k - sokszorozási tényező: $k \equiv \frac{\text{szekunder neutronok száma}}{\text{primer neutronok száma}}$

A rendszer lehet:

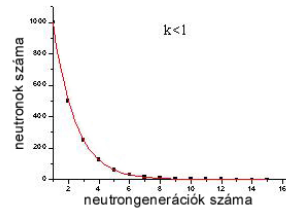
Szuperkritikus
- atombomba



kritikus - atomreaktor



szubkritikus



Véges méretű rendszer esetén un. effektív sokszorosítási tényezőről beszélünk:

$$k_{\text{eff}} \equiv k_{\infty} \cdot P$$

ahol

k_{∞} - végtelen kiterjedésű rendszer sokszorosítási tényezője

P - az adott méretekől függő paraméter

a méret növelésével P közelít az egyhez.

Kritikus térfogat (tömeg) esetén :

$k_{\text{eff}} = 1.0$ - a rendszer kritikussá válik.