

NEUTRONERŐSÍTŐK

- 1) Láncreakció, kritikusság
- 2) C. Rubbia-féle “energia-sokszorozó”
- 3) “Atomhulladék” átalakítása

LÁNCREAKCIÓ, KRITIKUSSÁG

1942. dec. 2. Chicago:

**A világon először megvalósult az
önfenntartó nukleáris láncreakció**

**A jelenlevők között két magyar tudós:
Szilárd Leó és Wigner Jenő**

**Chicagói atommáglya:
grafit-tömbök és urán-golyók halmaza.**

**HONNAN TUDTÁK, HOGY
MENNYI KELL ?**

MENNYIRE VOLT VESZÉLYES ?

Erősítő: (pl. elektromos erősítő)

$$\begin{aligned} \text{Kimenet} &= f(\text{Bemenet}) = \\ &= A \bullet \text{Bemenet} \quad (\text{ha lineáris}) \end{aligned}$$

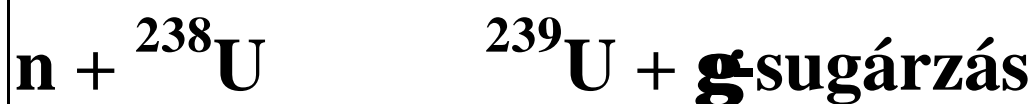
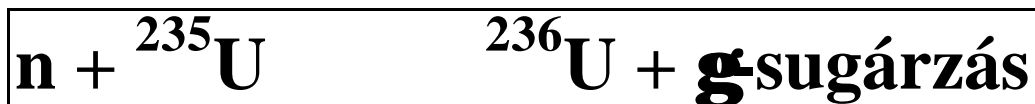
Ha $A > 1$ akkor a $\text{Kimenet} > \text{Bemenet}$

Maghasadás:



Sok atommag kell, egy nem elég !

Veszteségek !!



kiszökés . . .

Neutrongenerációk

N_i

N_{i+1}

$N_0, N_1, N_2, \dots, N_i, N_{i+1}, \dots$

mértani sor (tagok hányadosa állandó)

$$N_i = N_0 k^i$$

Két “generáció” között eltelt idő: t_0

t idő alatt $i = t / t_0$ generáció van

$$N(t) = N_0 k^{t/t_0}$$

A neutrons szám az idő exponenciális függvénye.

$k = 1$ esetén **KONSTANS** (*kritikus*)

$k > 1$ esetén **NÖVEKVŐ** (*szuperkritikus*)

$k < 1$ esetén **CSÖKKENŐ** (*szubkritikus*)

Példa: legyen $t_0 = 10^{-4}$ s, és $k = 1,001$

Ekkor 1 s alatt 10000 generáció van,

$N(t) = N_0 \times 1,001^{10000} \gg 22 \times N_0$ (!!!)

SZABÁLYOZHATATLAN !!

Szabályozhatóság: késő neutronok.

Az összes neutron $< 1\%$ -a a hasadványok **b - bomlása után lép ki átlagosan 22 s felezési idővel.**

Biztonságos láncreakció:

$$k_{\text{összes}} > 1, \text{ de } k_{\text{prompt}} < 1$$

A sokszorozást 1% -nál pontosabban kell beállítani !

Legyen először $k < 1$, ekkor $N_{i+1} < N_i$ tehát a láncreakció (ha van) LEÁLL.

Tegyünk most be egy neutronforrást a reaktorba ! A forrás bocsásson ki egy generációs idő alatt N_f neutron !

$$\text{Ekkor } N_{i+1} = k \times N_i + N_f$$

A neutrons szám addig fog nőni, amíg időben állandó nem lesz, azaz

$$N_{i+1} = N_i = N$$

Ezt behelyettesítve: $N = \frac{N_f}{1 - k}$

Legyen pl. $k = 0,95$, ekkor $N = 20 \times N_f$

Ez egy NEUTRONERŐSÍTŐ !

Kimenet = $20 \times$ Bemenet

Az erősítési tényezője : $1/(1-k)$

**MÉRHETŐ, s ebből k pontosan
kiszámítható.**

A neutronerősítő felhasználásai:

1) Kritikusság megközelítése (Szilárd, Wigner, Fermi, stb...) Ma is !!

Kritikussági kísérlet

2) Carlo Rubbia: “energiasokszorozó”:
Erős n-forrás + neutronerősítő =
= sok neutron (sok hasadás, sok energia)
Előny: biztonságosabb, mert nincs
önfenntartó láncreakció (megszaladás)
Erős n-forrás: proton-gyorsítóval

1 protonból (1 GeV) kb. 30 neutron lesz.
1 mA = 0,001 C/s = $6,25 \times 10^{15}$ proton/s
Ebből lesz kb. 2×10^{17} neutron/s (n-forrás)
Neutronerősítővel: 4×10^{19} neutron/s
Ebből $\frac{1}{2,4} \cdot 4 \cdot 10^{19} = 1,67 \cdot 10^{19}$
maghasadás lesz másodpercenként, s ez
kb. 540 MW teljesítményt ad.

**A gyorsító nyalábteljesítménye: 1 MW,
s ehhez kb. 2 MW villamosenergia kell.
Az energiamérleg bőven nyereséges !**

3) Atomhulladék átalakítása

Atomhulladék

Hasadási termékek	Transzuránok
(“rövid” felezési idő)	(hosszú fel. idő)
max. 200 év	sok millió év

**Miért nem “fogynak el” a transzuránok
a reaktorban ?**

Kevés a neutron !

Egyes transzuránok n - t fogyasztanak

$^{237}\text{Np}+n$	^{238}Np	$^{238}\text{Pu}+n$	$^{239}\text{Pu}+n$
hasadás + $2,4n$ (netto -$0,6 n$)			

Fékezi a láncreakciót, $k < 1$ érhető csak el vele. DE ! Neutronerősítőként még így is használható !

Gyorsítós n-forással kombinálva több előny:

- a) A hosszú felezési idejű transzuránok a neutronerősítőben elhasadnak**
- b) Pozitív energiamérleggel energiatermelés**
- c) Biztonságos üzem (nincs megszaladás)**