

## ATOMFOGALOM KIALAKULÁSA

- állandó súlyviszonyok törvénye
- Gay – Lussac térfogati törvénye
- Avogadro törvénye  $p \frac{V}{T} \sim$  (atom-molekula súly)
- Kinertikus gázelmélet (nyomás, fajhő, hővezetés, sebesség eloszlás, viszkozitás)
- Brown-féle mozgás
- Laue kísérlet  $N_A = 6.0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Dalton „anyag végső építőkövei”
- Prout H-ra felépített rendszer
- Mengyelejev
- Faraday törvényei  $e = \frac{F}{N_A} (=1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$
- Katódsugarak

$\frac{e}{m_{el}}$  meghatározása (elektron) elektromágneses eltérítés

$e$  meghatározása Millikan, Schottky-féle sötéthatás



ionok  $m_{el} (= 9.1 \times 10^{-28} \text{ g})$

- Energia „atomisztikus” kvantáltsága

Planck-féle sugárzási törvény

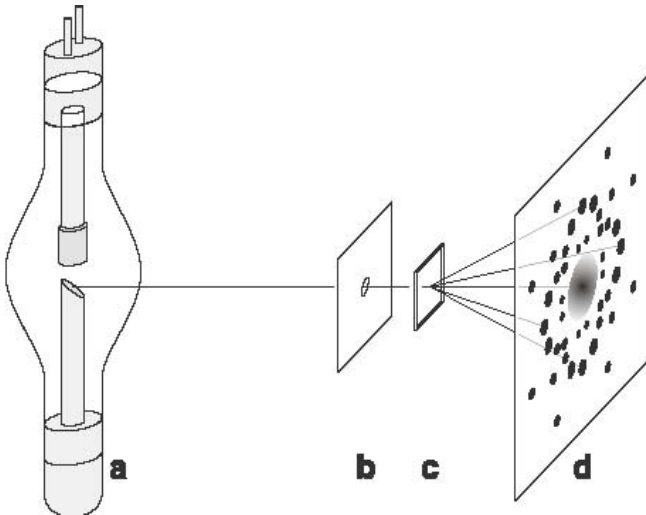
Optikai spektrumok (Bohr-féle atommodell)



kvantummechanika

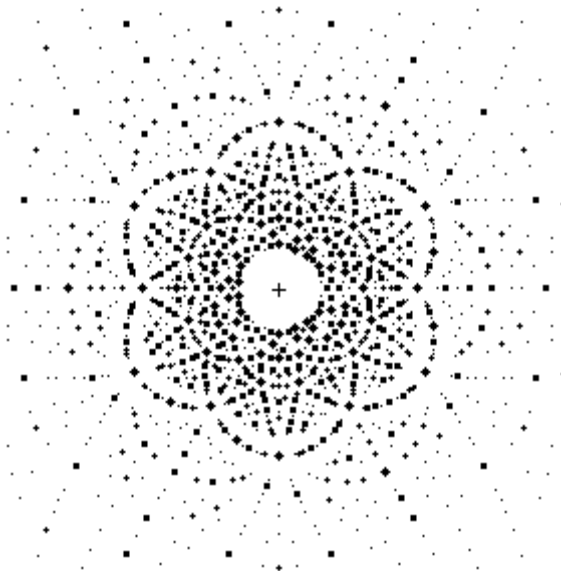
# RÖNTGENSUGARAK INTERFERENCIÁJA KRISTÁLYOKON

Laue (1912) → Knipping kísérlete (1912)  
Friedrich



- a: röntgensugár forrás
- b: ólom
- c: ZnS-kristály
- d: fotolemez

## Laue-diagram

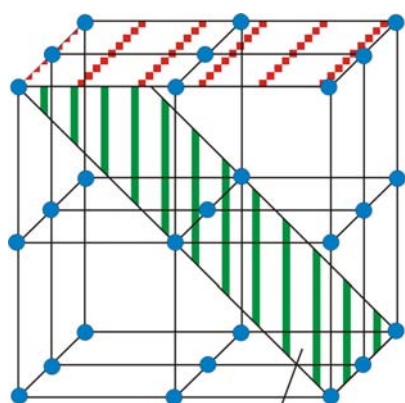


röntgensugarak által előállított  
diffrakciós kép berill kristályról

a diagram a kristály szerkezetétől és a kristálynak a beeső sugárhoz  
viszonyított helyzetétől függ

# RÖNTGENSPEKTROGRÁFIA ÉS KRISTÁLYSZERKEZET-ELEMZÉS

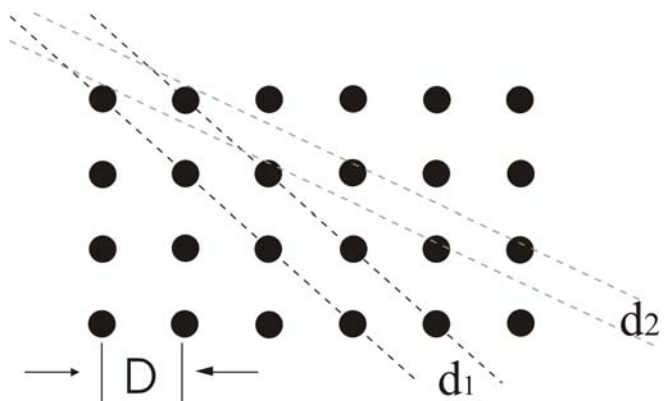
Laue-eljárás  
a két Braggtól származó eljárás



hálózati sík

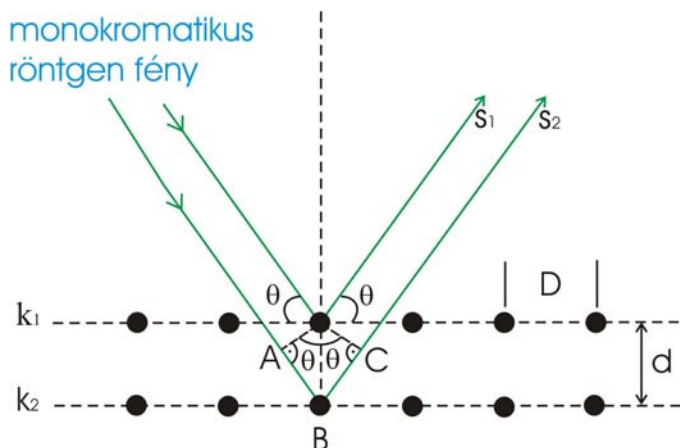
kristálysírk

← röntgensugaraknak a kristály hálózati síkjain való „visszaverődésén” alapszik



hálózati síkok

Röntgensugarak visszaverődése a kristály hálózati síkjain



Bragg-féle feltétel

$$AB + BC = k\lambda \quad (\text{maximális erősítés feltétele})$$

$$AB = BC = d \cdot \sin\theta$$

$$2 d \cdot \sin\theta = k\lambda \quad (x)$$

$$(k = 1, 2, 3, \dots)$$

Meghatározott  $\theta$  szöggel a kristályra eső röntgenfény csak akkor reflektálódik észrevehető mértékben, ha hullámhossza (x)-nek eleget tesz.

## ATOMMODELLEK

atom – oszthatatlan rész (XIX. sz. vége)

katódsugarak (elektron az atom része)

radioaktivitás ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  sugárzás)

Thomson - féle atommodell

Katódsugarak szórása

Lenard - féle atommodell

$\alpha$ -sugarak szórása

Rutherford-féle szórási formula  $\operatorname{ctg} \frac{\vartheta}{2} = 4\pi\epsilon_0 \frac{m_\alpha v_o^2}{2Ze^2} b$

$$\frac{dn}{n} = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)^2} \frac{Ne^4 Z^2 D}{m_\alpha^2 v_o^4 \sin^4\left(\frac{\vartheta}{2}\right)} d\Omega$$

dn függése  $\vartheta$ -tól, D-től,  $v_o$ -tól

négyzetes függés az atomsúlytól

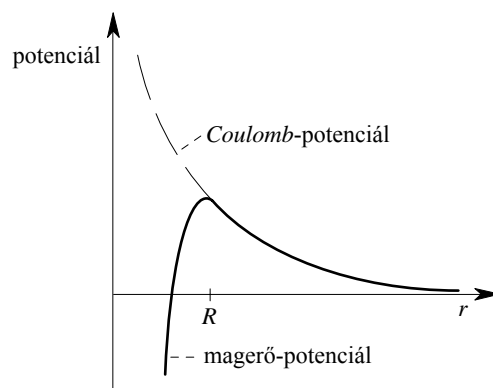
atomsúly  $\sim Z$

magtöltésszám = redszám !

$\frac{dn}{n}$  méréséből  $Z$  (rendsszám) =  $Z'$  (megtöltésszám)

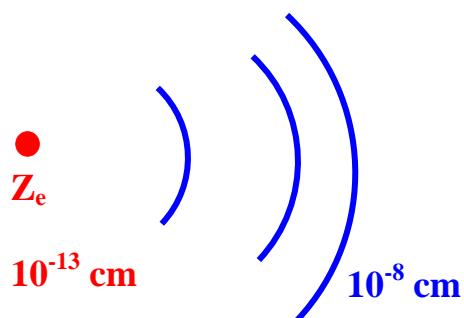
magsugár

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{2Ze^2}{r_A} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



$$R = (1,3 \pm 0,1)A^{1/3} \cdot 10^{-15} \text{ m} = (1,3 \pm 0,1)A^{1/3} \text{ fm}$$

Rutherford-féle atommodell

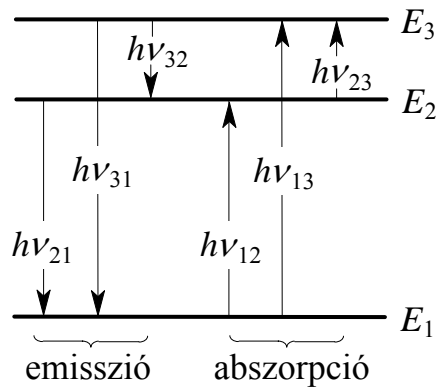


Elektrodinamikailag nem stabilis!

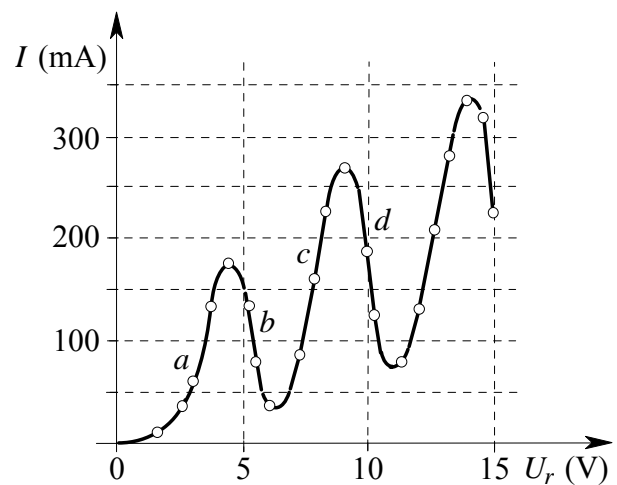
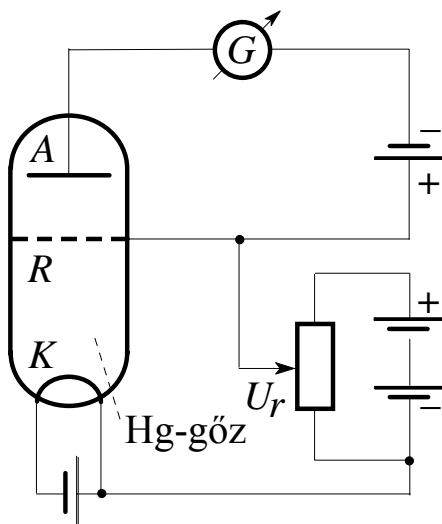
# BOHR – FÉLE ATOMMODELL

1) stacionárius pályák

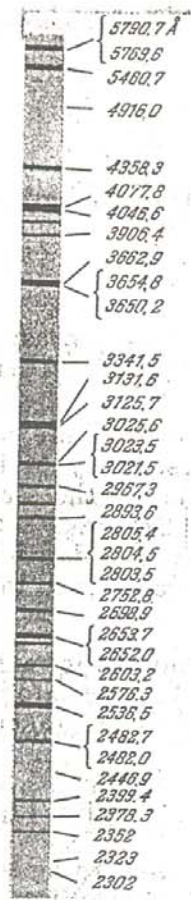
2)  $h\nu = E_n - E_m$



- vonalas színeképek
- kisülési cső (kísérlet)
- Franck – Hertz féle elektronütköztetési kísérlet

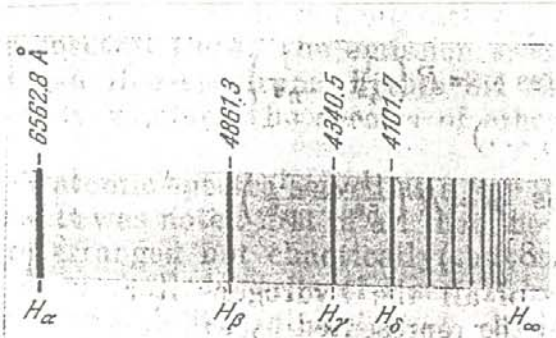


(kísérlet)



Hg

Fig. 3.1



H

Fig. 3.2

(kiserlet !)

# ATOMMAGFIZIKA

A XVIII szd. végén a fizika és a kémia körében sok új felfedezés született: íg pl.

- az elektron felfedezése,
- Röntgen-röntgen,
- Röntgen-sugárzás
- uránsókkal végzett sugárzási vizsgálatok stb.

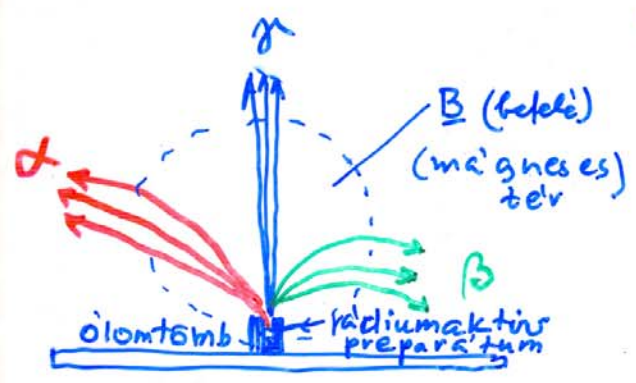
## A természetes radioaktivitás alapjelensége

a) Becquerel (1896) azt tapasztalta, hogy az uránsók minden irányba befelé nézve láthatatlan sugárzást bocsátanak ki.

- b) Radioaktív anyagokat találtak (Curie-hérsók):
- 84-es radon
  - 88-as radium
  - 90-es tórium
  - 89-es aktínium
  - 86-os radon

## $\alpha$ , $\beta$ és $\gamma$ sugarak

A természetes radioaktív anyagok háromféle sugárzást bocsátanak ki.



- $\alpha$ -sugarak: úgy térülnek el, mint a pozitív csokból kilő sósugarak,
- $\beta$ -sugarak: eltérésük olyan, mint az elektron sugaraké!
- $\gamma$ -sugarak: irányátlátás nélkül haladnak, miként a röntgen-sugarak

1) Az  $\alpha$ -sugárzás fajlagos töltése: a  $H^+$  ion, vagy proton fajlagos töltésének a fele:

$$\frac{e_\alpha}{m_\alpha} = \frac{e}{2m_H^+} \quad e - \text{an elemi töltés}$$

$e_\alpha = 2e$  (Rutherford & Geiger mérése szerint),

s'ly'  $m_\alpha = 4m_H^+$

Az  $\alpha$ -részecskék két pozitív elemi töltésű heliumionok ( $He^{2+}$ -ionok)

Az  $\alpha$ -részecskék sebessége a kibocsátó anyagtól függően:  
 $v = 1,4 \cdot 10^9 - 2,1 \cdot 10^9 \text{ cm s}^{-1}$  (0,5-7% c)

Az  $\alpha$  részecskék kinetikus energiája:

(1 MeV =  $1,602 \cdot 10^{-13}$  joule)  $E_\alpha^k = 4 \text{ \& } 9 \text{ MeV}$  között van.

2) A  $\beta$ -sugárzás elektronokból áll,

háromy sebesség felvétel (relativisztikus sebesség!)  
maximális kinetikus energiája néhány keV & több MeV közötti értékek  
rel. tömegvesztés!

3) A  $\gamma$ -sugárzás: igen kis hullámhosszú, azaz nagy frekvenciájú elektromágnes sugárzás  
( $x$ -sugárzás,  $\gamma$ -kvantumokból áll!)

A  $\gamma$ -fotonok energiája  $\sim 0,01 - 4 \text{ MeV}$  között van,  
a megfelelő hullámhossz & frekvencia tartomány

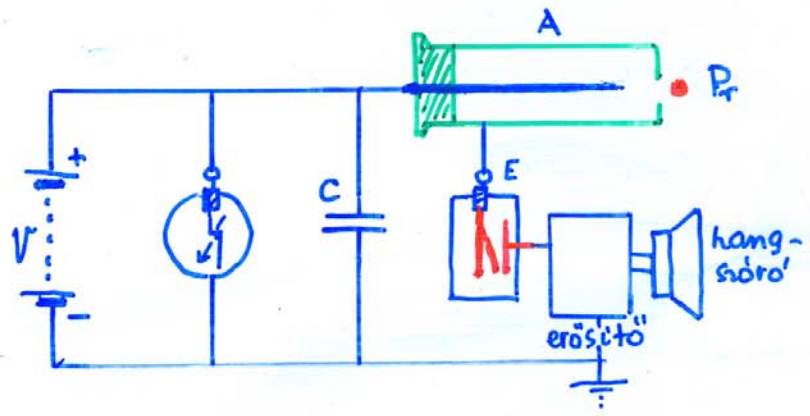
$$\lambda = 1 \text{ \AA} - 0,003 \text{ \AA}$$
$$\nu = 3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{21} \text{ s}^{-1}$$

# A RADIOAKTIV SUGARAK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

a) Ionizációs kamra : a részecskékre megadhatóak a pályájuk látható tetteleire alkalmasak

b) Részecskeszámológó : A légszulfid emulzió és  $\alpha$ -részecskék az emulzió parciálisan fehérvirágosodást, ún. szálkillaizációt létesítenek, sűrűség minden részecskére egy fehérvirág

c) A csúcs számológó  
Geiger-Müller cső  
(GM-cső, GM-számológó)



d) A Wilson-kamra : Relatív sebességű ionizáló részecskék pályáját ionizációval láthatóvá

Először az a tény, hogy adiabata-tikus expanzió révén lehűt és a telítettségű vett gőz - azaz a ködmagok kialakításán a részecskék pályáján mentén felismerő gáz-ionokra csapódik le apró cseppek alakjában, s az ezekből álló köd-fonal néhány tízed másodpercig megfigyelhető és le is fényképezhető.

Stb.

## A radioaktív sugarak hatásai

### (a) A sugarak ionizációja és hatótávolsága

normális állapotú levegőben: egy  $\alpha$ -részecske 1 cm-úton  
-a kibocsátó anyagtól függően  
 $10^4 - 10^5$  ionpárt kélt

az  $\alpha$ -részecskék fajlagos ionizációja  $(10^4 - 10^5) \frac{\text{ionpár}}{\text{cm}}$

a  $\beta$ -részecskék — " — több százszor,

a  $\gamma$ -fotonoké több tízezeresre kisebb.

A részecskék E energiája  $e$  bizonyos út (a d-hatótávolság)  
meglétele után teljesen kimerül.

### (b) A sugarak abszorpciója

Évösebb ionizáló hatásonak nagyobb abszorpció felel meg.

A  $\gamma$ -sugárzás abszorpciója a röntgensugárzéhoz  
hasonlóan az

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

tömeget követi ( $\mu$  az abszorpció együtthatója)

### (c) A radioaktív anyagok aktivitása: az atomok elem- lenar, átalakulásának és más elem atomjainak $\beta$ részecskék kibocsátása

**Becquerel**: a másodpercenkénti bomlások száma  
(1 becquerel  $\rightarrow$  1 sec alatt 1 bomlás történi)

### (d) Biológiai hatás kifejtése

**dózisgenetika**:  $H = D Q Y$  (egység: Sievert)

D  $\rightarrow$  az elnyelt sugárdózis (Gray-ben kifejezve)

Q  $\rightarrow$  a sugárzás minőségi faktora

Y  $\rightarrow$  a besugárzott objektum minőségi tényezője

# A RADIOAKTIV BOMLÁS

## a) Bomlási törvény

Legyen  $(N)$  az egyes radioaktív anyagnak  $\lambda$ ,  
 $t$  időpontban jelenlévő igen sok, szétválasztott  
atomjainak a száma

$(-dN)$  a  $dt$  idő alatt elbomló atomok  
száma

Tegyük fel hogy  $-dN$  arányos  $N$ -nel és a  $dt$  időközzel,

$$-dN = \lambda N dt,$$

vagyis a  $-\frac{dN}{dt}$  „bomlási sebesség” arányos a bomlatlan  
atomok számával:

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

a bomlási törvény  
differenciális alakja,

vagy integrálással:

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

Bomlási törvény: a  
bomlatlan atomok száma  
idővel exponenciálisan  
csökken

$\lambda \rightarrow$  bomlási állandó

$\frac{1}{\lambda} \rightarrow$  átlagos élettartam

## b) Felzési idő (T) az az időtartam, amef alatt a bomlatlan atomok száma a felére csökken

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

Ebből

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Éppen a bomlási törvény új is írható:

$$N = N_0 2^{-t/T}$$

## BOMLÁSI SOROZATOK

Keletkezésük alapján, a nagy rendszámú ( $Z > 80$ ) természetes radioaktív anyagok három bomlási sorba vagy sorozatba (radioaktív család) rendezhetők

A) A legfontosabb az urán (vagy urán-rádium) sorozat

Táblázat tartalmára:

1. első tag, ill. jelölés
2. az elem rendszáma ( $Z$ )
3. az ún. tömegszám ( $A$ )
4. a sugárzás fajtája
5. felezési idő

az atomszámok legkisebb értéke  $Z_{22}$  az

Az urán sorozat őseleme:  $\left( \begin{smallmatrix} 238 \\ 92 \end{smallmatrix} \text{U} \right)$

az utolsó tag:  $\gamma$  nem sugároz, inaktív végtermék:  $\left( \begin{smallmatrix} 206 \\ 82 \end{smallmatrix} \text{Pb} \right)$   
uránódlom vagy rádium- $\gamma$

B) Hasonló felépítésű az aktínium-sorozat

Elő tag: aktínourán:  $\left( \begin{smallmatrix} 235 \\ 92 \end{smallmatrix} \text{U} \right)$ , utolsó tag: aktínódlom:  $\left( \begin{smallmatrix} 207 \\ 82 \end{smallmatrix} \text{Pb} \right)$

C) A tórium-sorozat

elő tag:  $\left( \begin{smallmatrix} 232 \\ 90 \end{smallmatrix} \text{Th} \right)$ , utolsó tag: tóriumódlom:  $\left( \begin{smallmatrix} 208 \\ 82 \end{smallmatrix} \text{Pb} \right)$

A radioaktív anyagok  $\gamma$  és  $\alpha$ , más rész  $\beta$ -sugárzás kibocsátásával bomlik ( $\alpha$ -, ill.  $\beta$  bomlás), max.  $\beta$ -sugárzás hiányában

Bomlástermékek bomlásra mindig a

Fajans-Soddy-féle elvredési szabály

# IZOTÓPOK

Az olyan, kémiaiilag csaknem azonos  
viselkedésű atomfajtákat, amelyeknek  
rendszám (Z) ugyanaz, de tömegszámuk  
(atomsúlyuk) különböző, izotópok - a  
Z rendszámú kémiai elem izotópjainak - hívjuk

A bomlási sorozatokban található egyes  
rendszámú, de különböző tömegszámú atom-  
fajták pl. a táblázatban a



A három bomlási sor végtermékei az  
ólom 206-os, 207-es s' 208-as tömegszámú  
stabilis izotópjai, a 210-s, 214-s s' 212-  
es mások izotóp az ólom természetű radioaktív  
izotópjai

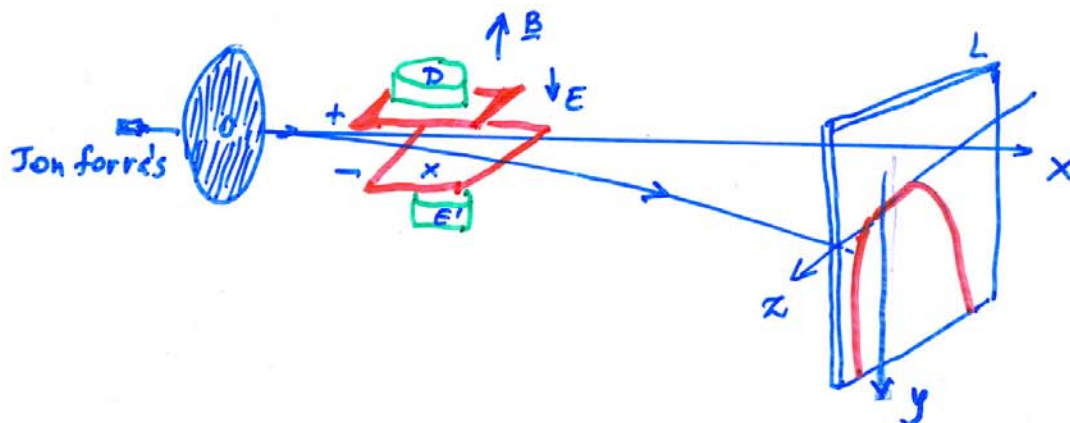
# AZ ATOMMAĞOK TÖMEGE

18

Az izotópia nemcsak a radioaktív elemek sajátságai

## Thomson -féle parabolaműdör

Fontosabb segítségével előállított  $C_{60}$  és  $C_{70}$  konjugáltak  
és részleg nyálkájai - nem vákuumban - ellenfélts  
irányú elektromos és mágneses térrel áthaladva, ellenfél  
(l. ábra)



Az elektromos és mágneses térben való ellenfélts  
tömegeikről levezethető, hogy a azonos  $e/m$   
számszámú töltésű, de különböző  $v$  sebességű  
ionoknál a  $L$  távolságon  $\eta$  paraboláit  
mentén kell feltehetően elhelyezni.

$Ne$  - konjugáltakal végzett kísérletkor során  
kétféle parabolát láptak: az egyiket  $C_{60}$   
(relatív) a 20-as, a másikat a  
22-s relatív atomtömeg tartományban.

# TÖMEGSPEKTROSZKÓPIA

Tömegspektroszkóp : ionnyaláb részecskéinek tömege és a különböző ionok számának meghatározható

Tömegspektrográfok : a különböző tömegű ionok a fotolemezen vonalakat hoznak létre, m  $\gamma$  művet mérve a megfelelő ionáramokat  
(tömegspektrométerek)

Tömegspektrométer : felbontó képessége

$$F = \frac{m}{\Delta m}$$

$\Delta m$  a részecskének megengedett legkisebb tömegkülönbsége

## Izotópokra vonatkozó legfontosabb eredmények

① a földön elemek nagyobb része izotóppal keverve van, s  $\gamma$  adott elemekben az izotóp aránya általában állandó

② az egyes izotópok atomtömege jó megközelítéssel egyenlő számú.

Kb. 50 stabil, 250 káros radioaktív s több mint 1000 mesterséges radioaktív izotóp ismert

# A NEUTRON ÉS A POZITRON

1932-ig <sup>már</sup> ismert elemi részec: proton  
elektron

1932-ben felfedezett elemi részec: neutron  
pozitron

① Neutron. Berilliumnak  $\alpha$ -sugárzással való „bombázása”  
Boethe & Becker tapasztalatai (1930)  
Curie & Joliot megállapításai (1932)  
Chadwick (1932) kimutatta: a sugárzás  
semleges, a protonnal kb. szelvi  
tömegű részecskékből, neutronokból  
áll.

- a) Elektronok & mágness térben nem terjednek el,
- b) az atom szelvi részei áthatolnak anélkül, hogy az anyagot ionizálnák
- c) rendkívül nagy az átható képességük
- d) Selvségükből csak aktív részecskéket, ha atommaggal közvetlenül ütköznek

Megállapították, hogy  $m_n = 1,00894 \text{ ATE}$   
 $m_p = 1,00758 \text{ ATE}$

A neutron tömegszám: 1, töltés száma: 0, jelölése:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ n \end{pmatrix}$

Az atommag: PROTONOKBÓL és NEUTRONOKBÓL áll.

② Pozitron: Anderson azt találta (1932) hogy szelvi  
mágness térbe hefrett kódkamrában a szelvi sugárzás ofan részecskéket vált ki, amelyek ugyanfajta  
nyomat hagytak mint a elektronok, de jelölésük  
ellentétben görbül

A elektronnal egelő tömegű, de +1 elemi töltésű részecské a pozitron  
A elektron & a pozitron tömegértéke:

$$m_{el} = m_{poz} = 0,0005486 \text{ ATE}$$

# PÁRKEPZÖDÉS ÉS SZÉTSUGÁRZÁS

**a) Párképződés:** Kodkamva felvételkor mindig pozitronok elegendő mennyiségű  $\gamma$ -nyaláb abszorpciójával is relatív érve, és az anyagban a pozitron és az elektron  $\gamma$  befűtél indul ki. Itt mérések alapján az elektron-pozitron pár relatív részében van „párképződéshez” legelőbb.

$h\nu = 1.02 \text{ MeV}$  energiájú  $\gamma$ -foton szükséges

$m_e$  elektron és  $m_p$  pozitron tömegének megfelelő energia:  
( $E = mc^2$  alapján)

$2mc^2 = 1.64 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 1.02 \text{ MeV}$

A párképződést úgy kell eldépírelmánni, hogy az anyag közlelébe jutó  $\gamma$ -foton elegendő és befűtél elektron-pozitron pár relatív részében a óms energia, a óms töltés és a óms impulzus megmarad.

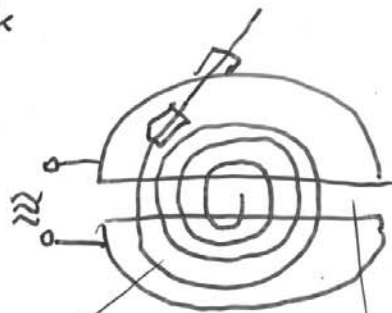
**b) Szétsugárzás**

A párképződés megfordítottja a szétsugárzás: a pozitron és elektronnal  $\gamma$  csatlakoz, és a rídkelti eltűnik, s a tömegükkel ekvivalens energiájú (1.02 MeV)  $\gamma$ -nyaláb relatív rész.

A pozitronok rövid élettartamúak, nem stabilizáló, s  $\gamma$  nívón fűhelték meg.

# Részecske gyorsítók

lineáris gyorsítók  
ciklotron



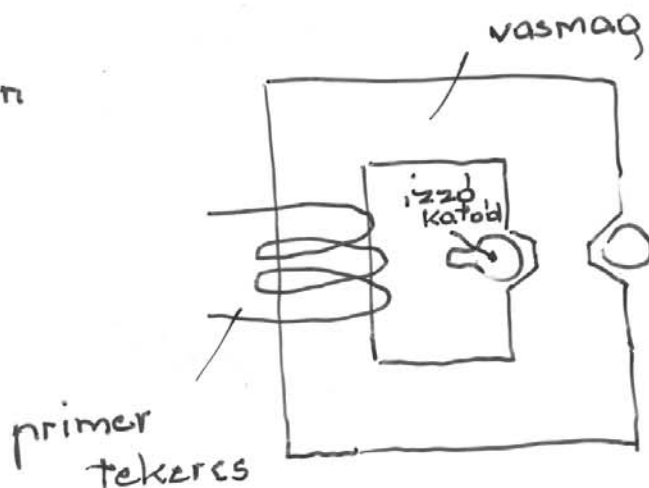
$$\omega = \frac{e}{m} B$$
$$m \frac{v^2}{r} =$$

$$\text{Lorentz erő} = e v \otimes B$$

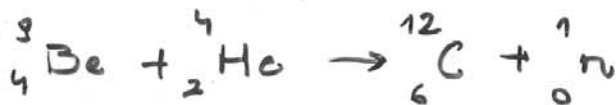
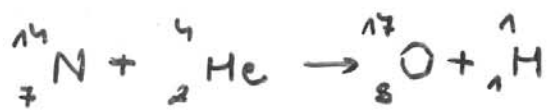
elektromos tér

szinkrociklotron

betatron



# Mesterséges atommag átalakítások



## AZ ATOMMAGOK SZERKEZETÉRŐL

Az atommag protonokból és neutronokból – közös néven nukleonokból – áll.

Mivel a proton és a neutron tömegei csaknem egyenlők – elvileg közelebbiek, így  $Z$  a magban lévő protonok száma,  $A$  pedig a protonok és neutronok összes száma, így

$$\begin{aligned} \text{protonok száma: } & P = Z; \\ \text{a neutronok száma: } & N = A - Z. \end{aligned}$$

Az atommag tömege minden esetben kisebb, mint a magot alkotó protonok és neutronok tömegének összege, a hiányzó tömeghiányt (tömegdeficitusnak) hívjuk:

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_{\text{mag}}$$

$\Delta m \cdot c^2$  azt az energiát jelenti, amely a magban alkotórészeikből való felépítésénél felszabadul: ezt a energiát **kötési energiának** hívjuk.

A kötésenergia relatív aránya az  $A$  tömegszámával, vagyis a mag alkotórészeinek számával

A **magerők** mind vonzóerők, és a proton-proton, proton-neutron, neutron-neutron közt működő erők gyenge-magfűtőerők.

A magerők is hatótávolsági erők

# MAGMODELLEK

- ① A cseppmodell. aron a topantalsi. telyen alap-  
 mik, hogy a nukleonok között - a fűszálcsepp mole-  
 kuláit összetartó erőkhöz hasonlóan van rövid  
 hatótávolságú, vonzóerők hatása. Ennek követke-  
 zésében az atommagok sűrűsége is megegyezik, mint  
 a fűszálcsepp: a nukleonok közötti erők megegyeznek  
 a fűszálcsepp el (hasonlóan mint a molekulák a  
 fűszálcseppben), ami elegendő a magok közötti a  
 tömegarányos arányos távolságát
- Ez a modell nem tud megadni azt, az  
 atommagok tulajdonságait a kísérleti vizsgálatok

Az atommag cseppmodellje

$$E(Z, A) = -\gamma_a A + \gamma_b 4\pi R^2 + \gamma_c \frac{Z^2}{R} + \gamma_p \left(\frac{A-2Z}{A}\right)^2$$

térfogati      felületi      Coulomb      Pauli

$$R = r_0 A^{1/3}$$

$$= -\gamma_a A + \gamma_b 4\pi r_0^2 A^{2/3} + \frac{\gamma_c}{r_0} \frac{Z^2}{A^{1/3}} + \gamma_p \frac{(A-2Z)^2}{A}$$

mérés:

$$\Delta m = N m_n + Z m_p - M_{\text{mag}}(\text{kötött})$$

⇓

$$\gamma_a = 2.52 \text{ pF}$$

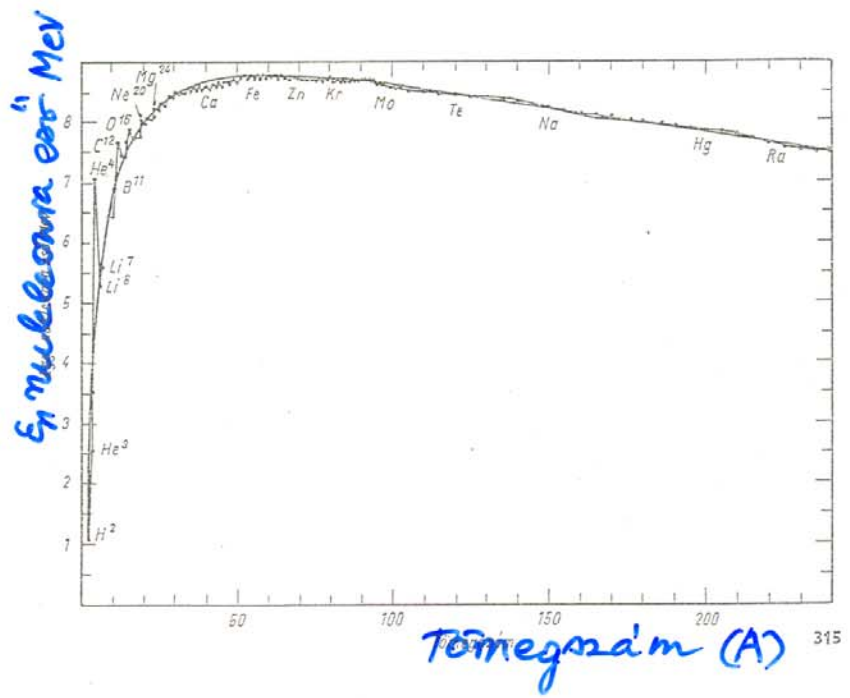
$$4\pi r_0^2 \gamma_b = 2.85 \text{ pF}$$

$$\gamma_c / r_0 = 0.11 \text{ pF}$$

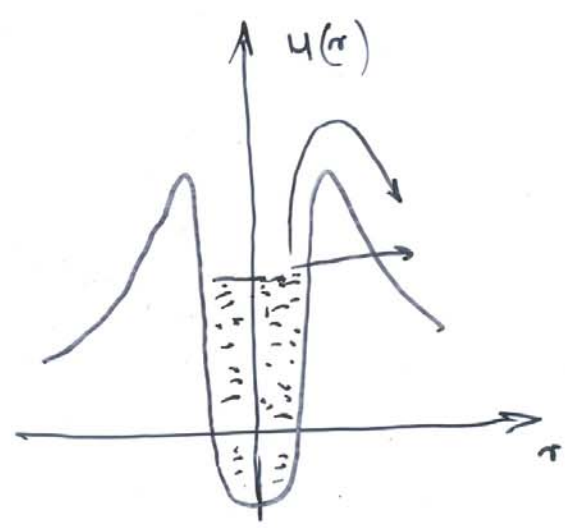
$$\gamma_p = 3.8 \text{ pF}$$

~ 2%-os pontosság!

E<sub>n</sub> nukleonra iso<sup>o</sup> ro<sup>o</sup>ki energia  
luiseltileg raport erkeke, mint az  
(A) tomegsam fnyelze



Annak, hogy a ro<sup>o</sup>ki energia A-nak fnyelze,  
re<sup>o</sup>t rovelkanyez van: a magfuzio s  
a maghasadas

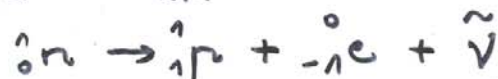
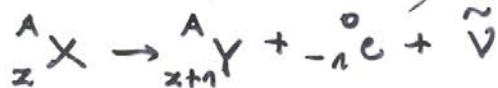


# A radioaktivitás értelmezése

(energiaminimumra való törekvés)

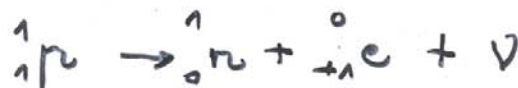
## $\beta$ bomlás

negatív (rendszámnövelő)  $\beta$  bomlás



antineutrino

pozitív (rendszámcsökkentő)  $\beta$  bomlás



neutrino



(atom elektronhejából)

töltés-, nukleon- és energiamegmaradás

## $\alpha$ bomlás

$A=58$  felé „vándorlás”

egy nukleon kilépésénél nagyobb valószínűségű nukleon csoport

(2 proton 2 neutron)

## $\gamma$ bomlás

$\gamma$  atommag  $(Z, A)$  pont „felett” keletkezik  
 $\tau \lesssim 10^{-19}$  s, diszkrét energia

1 1.0079 -259.14 -252.87 2.2 H -1, 1 1s <sup>1</sup>	2 6.941 180.34 1347 10.0 Li He 2s <sup>2</sup>	3 9.0122 1278 2970 1.5 Be He 2s <sup>2</sup>
11 22.990 97.81 882.9 1.0 Na Ne 3s <sup>1</sup>	12 24.305 648.8 1090 1.2 Mg Ne 3s <sup>2</sup>	
19 39.098 63.55 774 0.9 K Ar 4s <sup>1</sup>	20 40.078 839 1484 1.0 Ca Ar 4s <sup>2</sup>	
37 85.468 38.89 689 0.9 Rb Kr 5s <sup>1</sup>	38 87.62 769 1364 1.0 Sr Kr 5s <sup>2</sup>	
55 132.91 18.40 478.4 0.9 Cs Xe 6s <sup>1</sup>	56 137.33 739 1640 1.0 Ba Xe 6s <sup>2</sup>	
87 *223.02 27 877 0.9 Fr Rn 7s <sup>1</sup>	88 *226.03 700 1146 1.0 Ra Rn 7s <sup>2</sup>	

1 45 102.91 1966 3727 1.5 Rh 1, 2, 3, 4 Kr 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>
--

- 1 Ordnungszahl
- 2 Elementsymbol
- 3 Relative Atommasse
- 4 Schmelzpunkt
- 5 Siedepunkt
- 6 Elektronegativität (Allred, Rochow)
- 7 Oxidationsstufen
- 8 Elektronenkonfiguration

- 1 Atomic number
- 2 Element symbol
- 3 Relative atomic mass
- 4 Melting point
- 5 Boiling point
- 6 Electronegativity (Allred, Rochow)
- 7 Oxidation states
- 8 Electron configuration

- 1 Número atómico
- 2 Símbolo del elemento
- 3 Peso atómico relativo
- 4 Punto de fusión
- 5 Punto de ebullición
- 6 Electronegatividad (Allred, Rochow)
- 7 Niveles de oxidación
- 8 Configuración electrónica

- \* stabilstes Isotop, most stable isotope, isotopo más estable
  - Metalle, metals, metales
  - Nichtmetalle, nonmetals, metaloides
  - Übergangsmetalle, transition metals, elementos de transición
  - Elemente der f-Reihe, elements of the f-series, elementos de la serie f
- Gruppennumerierung, column labelling, número de grupo  
 IUPAC, Nomenclature of Inorganic Chemistry, 1989  
 IUPAC, Rules for Inorganic Nomenclature, 1970

# MERCK

Periodensystem der Elemente  
 Periodic Table of the Elements  
 Tabla Periodica de los Elementos

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII	VIII	VIII	Ib	IIb
21 44.956 1541 2831 1.2 Sc Ar 3d <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup>	22 47.88 1640 3287 1.3 Ti Ar 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 50.942 1890 3280 1.5 V Ar 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 51.996 1857 2672 1.6 Cr Ar 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 54.938 1244 2732 1.6 Mn Ar 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 55.847 1535 2870 1.6 Fe Ar 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 58.933 1495 2870 1.7 Co Ar 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	28 58.69 1453 2732 1.8 Ni Ar 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	29 63.546 1093 2830 1.8 Cu Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	30 65.39 419.4 907 1.7 Zn Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
39 88.906 1522 3338 1.1 Y Kr 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 91.224 1832 4377 1.2 Zr Kr 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 92.906 2468 4742 1.2 Nb Kr 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 95.94 2617 4612 1.3 Mo Kr 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 98.906 2173 4877 1.4 Tc Kr 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>	44 101.07 2330 3900 1.4 Ru Kr 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	45 106.42 1946 3727 1.5 Rh Kr 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	46 106.42 1552 3140 1.4 Pd Kr 4d <sup>10</sup>	47 107.87 961.9 2272 1.4 Ag Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	48 112.41 320.9 765 1.5 Cd Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>
57 138.91 921 3457 1.1 La Xe 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	72 178.49 2227 4602 1.2 Hf Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	73 180.93 2996 5425 1.3 Ta Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	74 183.85 3410 5627 1.4 W Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	75 186.2 3180 5627 1.5 Re Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	76 190.2 3045 5027 1.5 Os Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	77 192.22 2410 4130 1.6 Ir Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	78 195.08 1772 3827 1.4 Pt Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>	79 196.97 1064 2807 1.4 Au Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>	80 200.59 200.59 356.6 1.5 Hg Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>
89 *227.03 1050 3200 1.0 Ac Rn 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>									

13	14	15	16	17	18
IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa
5 10.811 2079 2550 2.0 B He 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	6 12.011 3367 4827 2.5 C He 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	7 14.007 -209.86 -195.8 3.1 N He 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	8 15.999 -218.4 -182.96 3.5 O He 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	9 18.998 -219.62 -188.34 4.1 F He 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	10 4.0026 <-272.2 -268.93 He 1s <sup>2</sup>
13 26.982 640.37 2447 1.5 Al Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	14 28.086 1410 2355 1.7 Si Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	15 30.974 441 2355 2.1 P Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	16 32.066 *12.8 444.6 2.4 S Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	17 35.453 -100.98 -34.6 2.8 Cl Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	18 39.948 -189.2 -185.7 Ar Ne 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
31 69.723 2978 3403 1.8 Ga Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>1</sup>	32 72.61 937.4 3830 2.0 Ge Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	33 74.922 817 613 2.2 As Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	34 78.96 217 684.9 2.5 Se Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	35 79.904 -7.2 58.78 2.7 Br Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	36 83.80 -156.4 -152.3 Kr Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>
49 114.82 186.4 2080 1.3 In Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>1</sup>	50 118.71 232.0 2270 1.7 Sn Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	51 121.75 430.7 1750 1.8 Sb Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	52 127.60 449.5 990 2.0 Te Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	53 126.90 113.5 184.4 2.2 I Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	54 131.29 -111.9 -107.1 Xe Kr 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
81 204.38 303.5 1457 1.4 Tl Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>1</sup>	82 207.2 327.3 1740 1.6 Pb Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>	83 208.98 271.3 1840 1.7 Bi Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>	84 208.98 284 1840 1.8 Po Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>	85 *209.99 302 337 2.0 At Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>	86 *222.02 -71 -61.8 Rn Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>

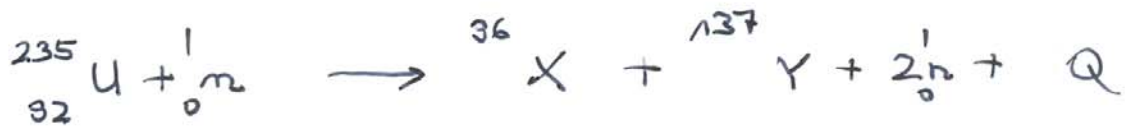
Lanthaniden Lanthanides Lantánidos	58 140.12 799 3426 1.1 Ce Xe 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 140.91 931 3512 1.1 Pr Xe 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	60 144.24 1021 3068 1.1 Nd Xe 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 *146.92 1168 2460 1.1 Pm Xe 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 150.36 1077 1791 1.0 Sm Xe 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 151.97 822 1597 1.0 Eu Xe 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 157.25 1313 3266 1.1 Gd Xe 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 158.93 1356 3123 1.1 Tb Xe 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	66 162.50 1412 2562 1.1 Dy Xe 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	67 164.93 1474 2695 1.1 Ho Xe 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	68 167.26 1497 2900 1.1 Er Xe 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	69 168.93 1545 1947 1.1 Tm Xe 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	70 173.04 819 1194 1.1 Yb Xe 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 174.97 1663 3395 1.1 Lu Xe 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
Actiniden Actinides Actinidos	90 *232.04 1750 4790 1.1 Th Rn 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	91 *231.04 1600 4790 1.1 Pa Rn 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	92 *238.03 1132 3818 1.2 U Rn 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	93 *237.05 640 3902 1.2 Np Rn 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	94 *244.06 641 3332 1.2 Pu Rn 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	95 *243.06 994 2607 -1.2 Am Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	96 *247.07 1340 3827 -1.2 Cm Rn 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	97 *247.07 1540 3827 -1.2 Bk Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	98 *251.08 1540 3827 -1.2 Cf Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	99 *252.08 1540 3827 -1.2 Es Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	100 *257.10 1540 3827 -1.2 Fm Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	101 *258.10 1540 3827 -1.2 Md Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	102 *259.10 1540 3827 -1.2 No Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	103 *260.11 1540 3827 -1.2 Lr Rn 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>

A kémiai elemek világpiaci ára (font/kg)

1	H	4,2		31	Ga	1900	62	Sm	420
	D	2540		32	Ge	1000	63	Eu	6370
2	He	44	←	33	As	4	64	Gd	750
3	Li	46		34	Se	66	65	Tb	4100
4	Be	278		35	Br	0,98	66	Dy	800
5	B	11		36	Kr	170	67	Ho	1800
6	C	1	←	37	Rb	356	68	Er	720
7	N	0,16		38	Sr	7,6	69	Tm	10300
8	O	0,16	←	39	Y	380	70	Yb	1730
9	F	155		40	Zr	4	71	Lu	13600
10	Ne	194	←	41	Nb	160	72	Hf	2500
11	Na	1,8		42	Mo	31	73	Ta	190
12	Mg	0,36	←	43	Tc	–	74	W	4
13	Al	0,26		44	Ru	3070	75	Re	3000
14	Si	3,3	←	45	Rh	9500	76	Os	12500
15	P	3,6		46	Pd	2500	77	Ir	9500
16	S	0,6	←	47	Ag	104	78	Pt	4600
17	Cl	0,52		48	Cd	22	79	Au	2500
18	Ar	0,70	←	49	In	149	80	Hg	6
19	K	13,3		50	Sn	1,5	81	Tl	20
20	Ca	9,5	←	51	Sb	3,0	82	Pb	0,92
21	Sc	7300		52	Te	22,5	83	Bi	20
22	Ti	13,5		53	I	5	84	Po	–
23	V	13		54	Xe	1070	85	At	–
24	Cr	4,8		55	Ca	45	86	Rn	–
25	Mn	0,25	} legmélyebb kötés	56	Ba	42	87	Fr	–
26	Fe	0,06		57	La	29	88	Ra	–
27	Co	10		58	Ce	120	89	Ac	–
28	Ni	1,24		59	Pr	369	90	Th	30
29	Cu	0,5		60	Nd	292	91	Pa	–
30	Zn	0,12		61	Pm	–	92	U	11

egymást követő He-befogás

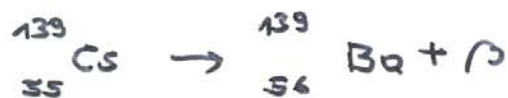
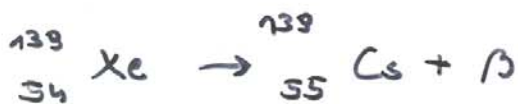
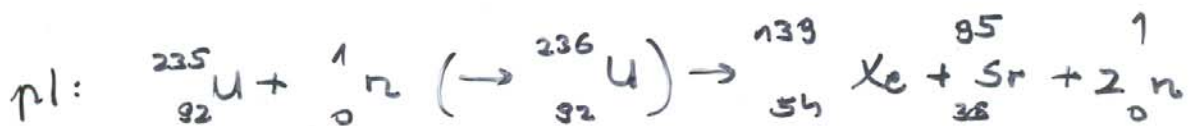
# Az urán hasadása



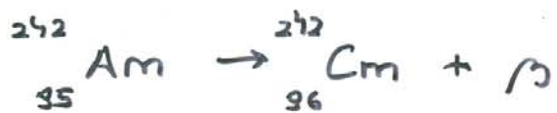
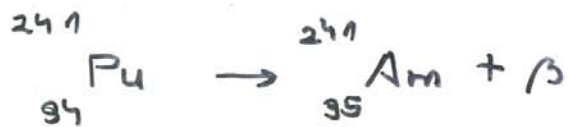
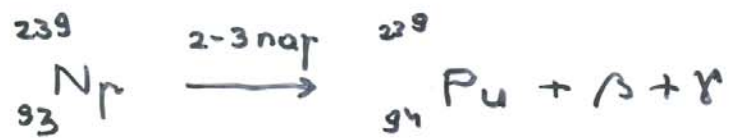
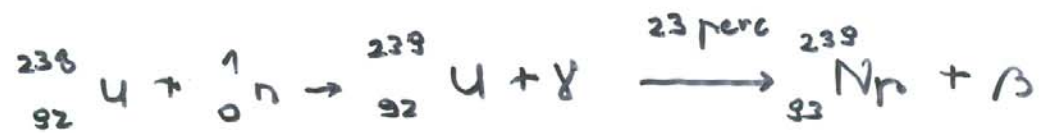
$$Q \approx 200 \text{ MeV}$$



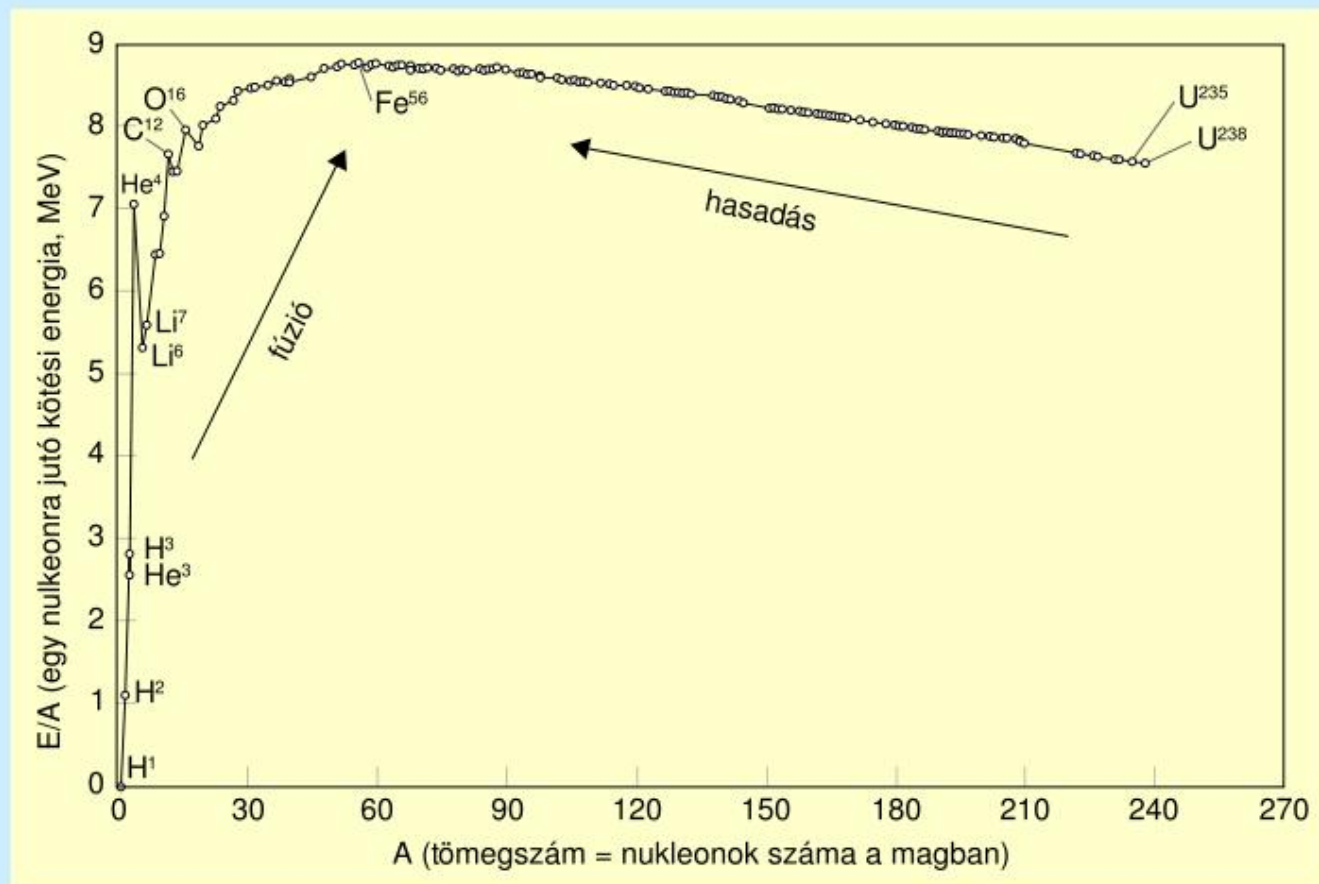
fissziós atomerőmű

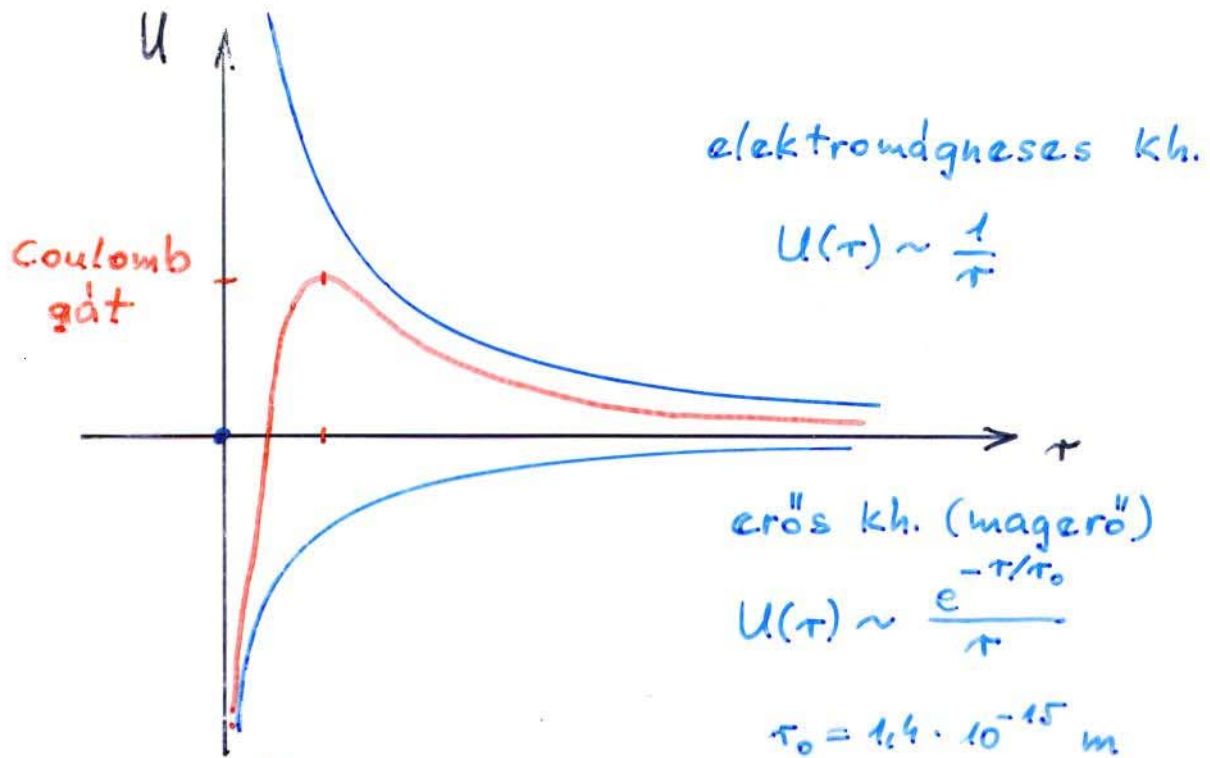


## Transzurán elemek

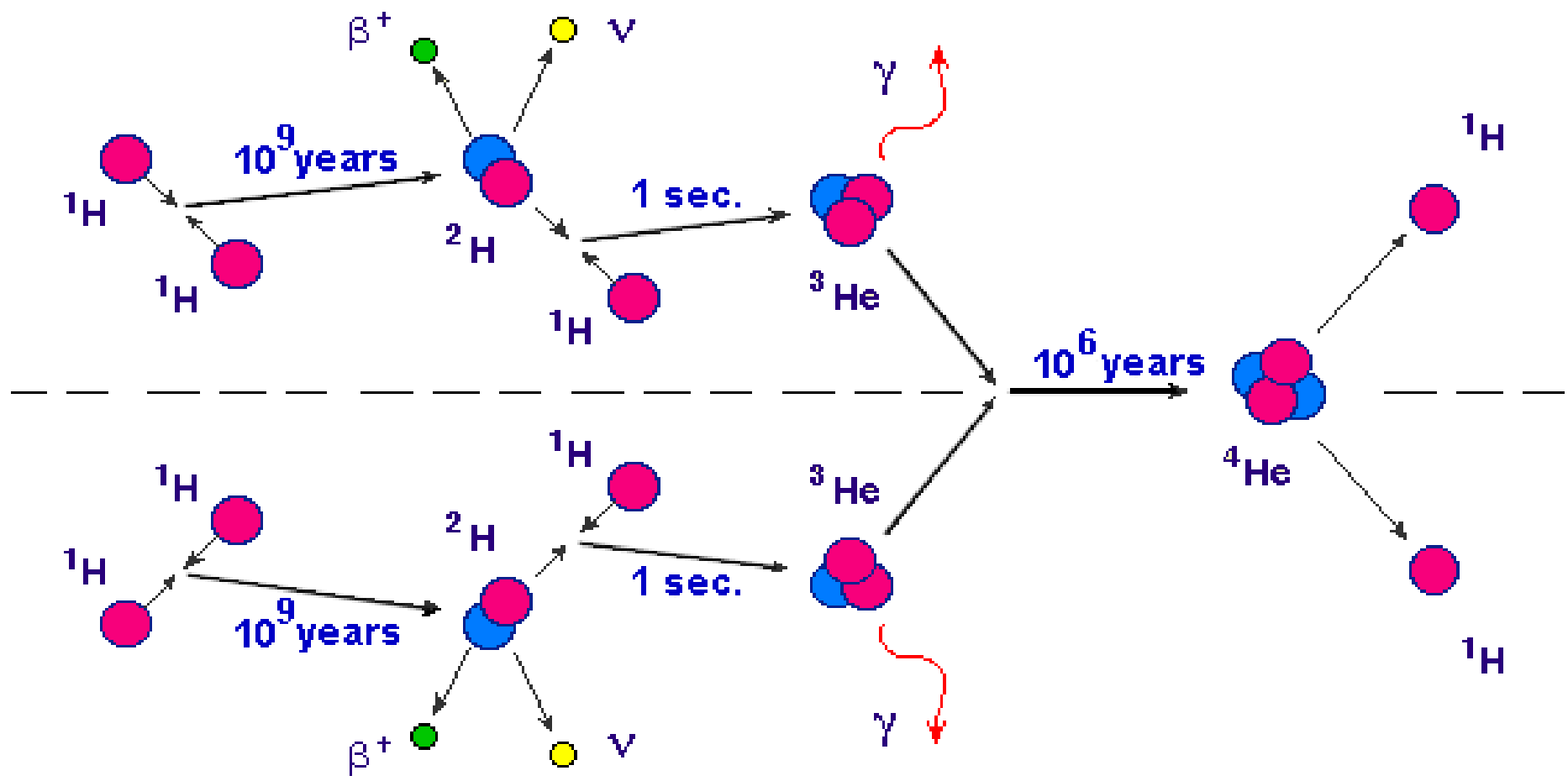


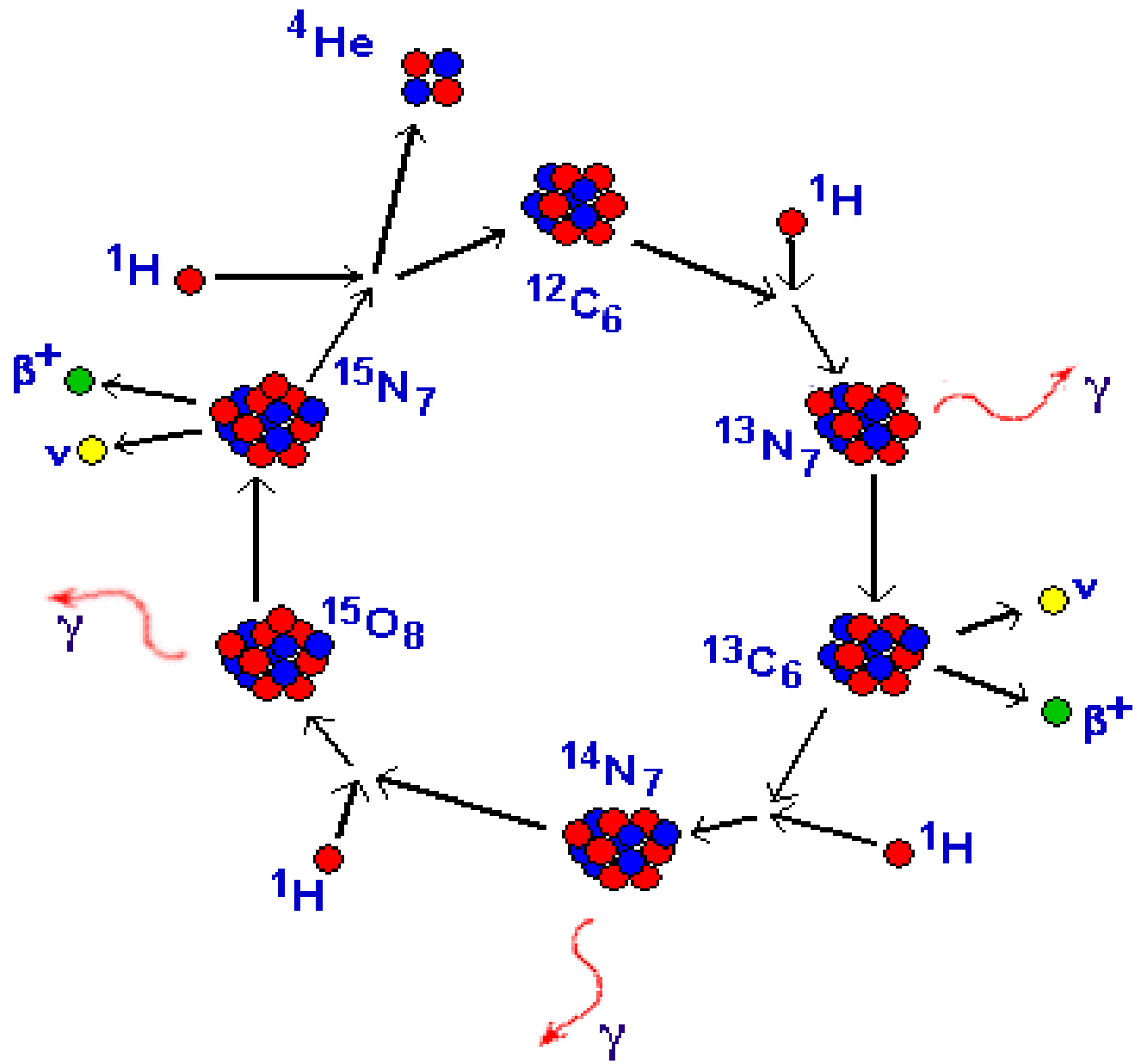
# Az atomenergia felszabadítás lehetőségei

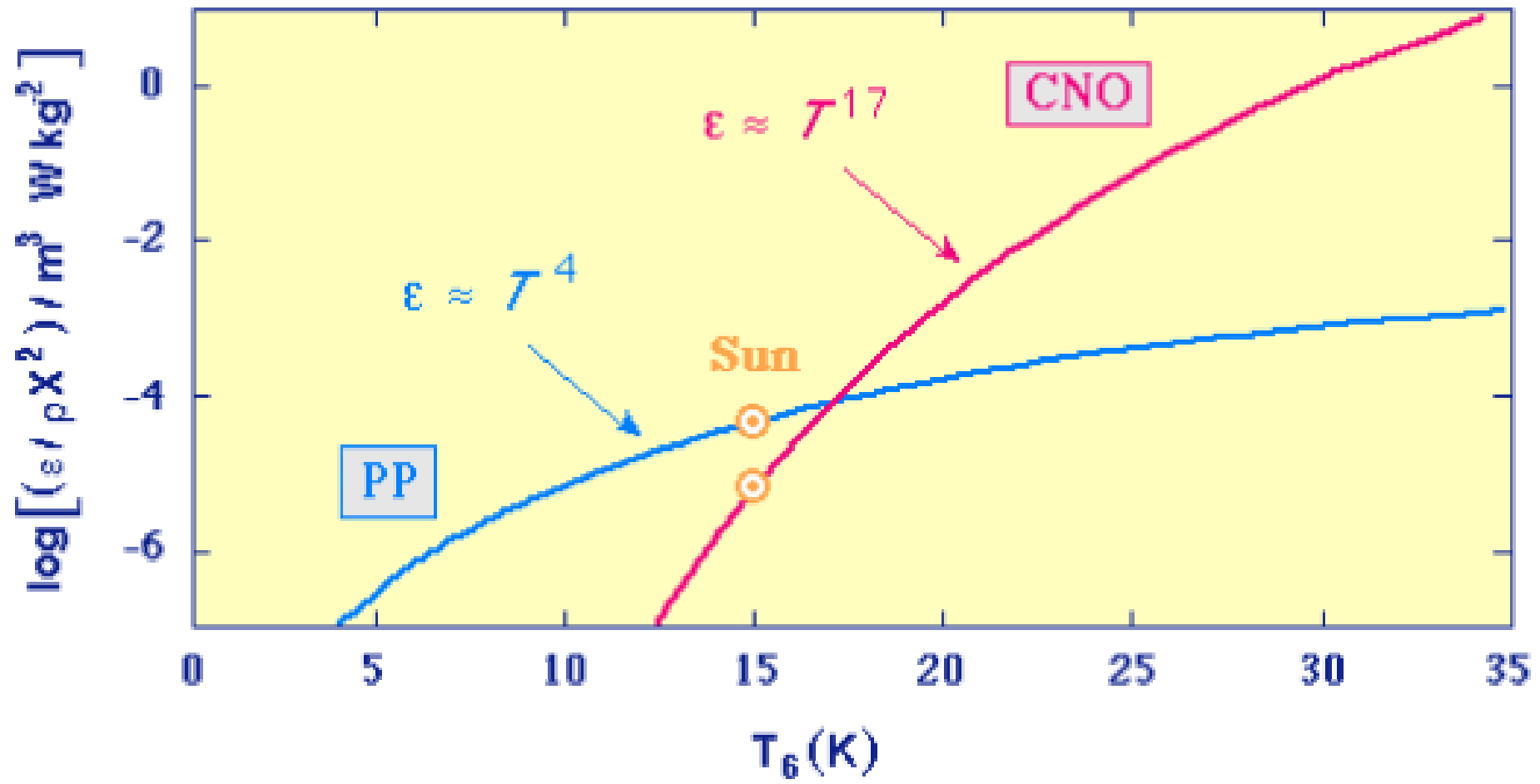




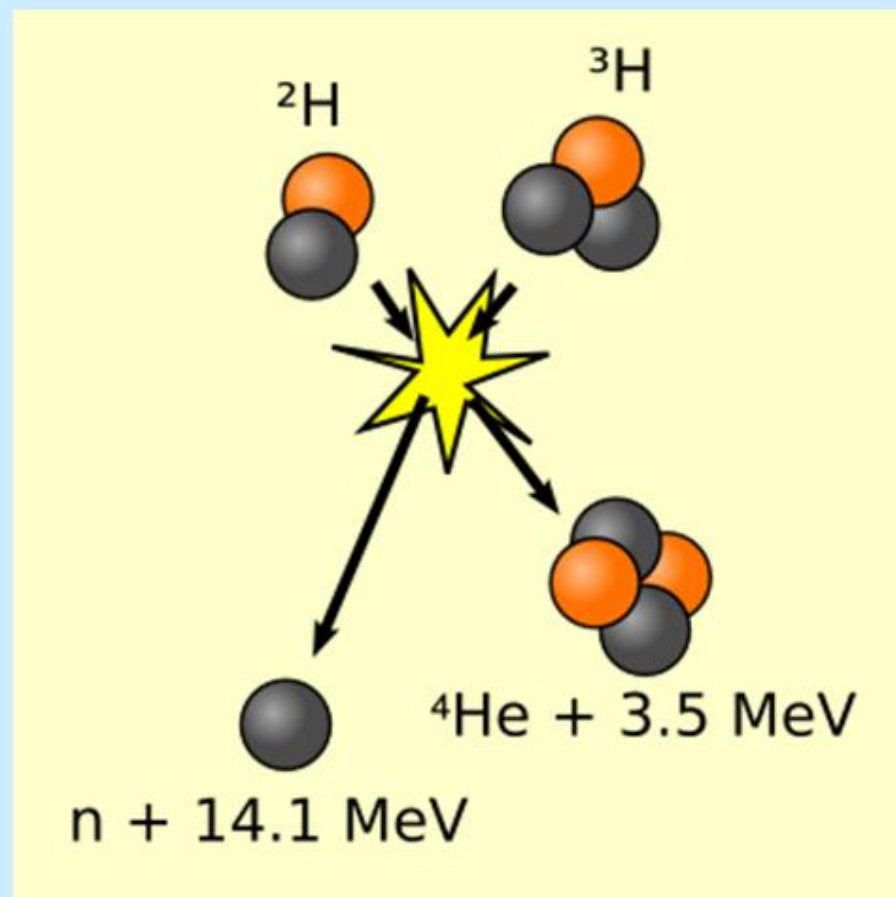
$$E_C = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\pi\epsilon_0 \tau_0} \approx Z_1 Z_2 A^{-1/3} \text{ MeV}$$

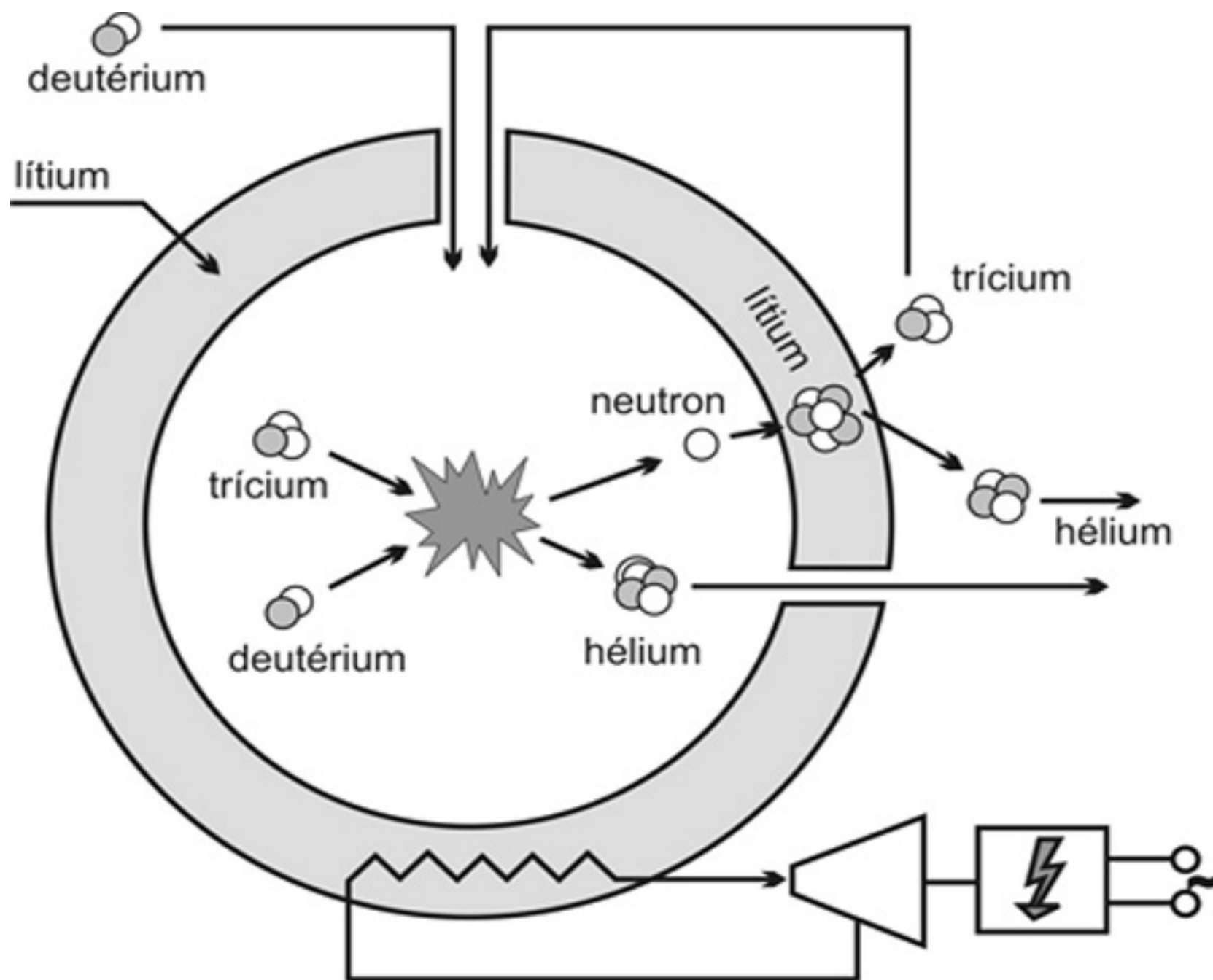






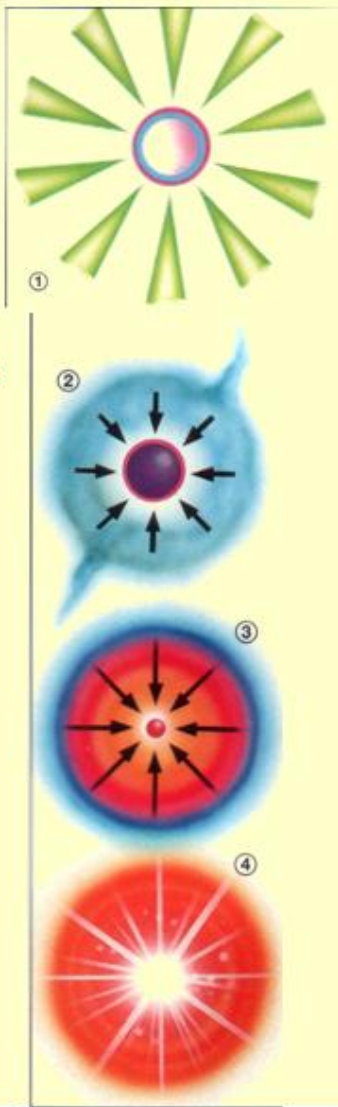
## Deutérium – trícium (D – T) reakció



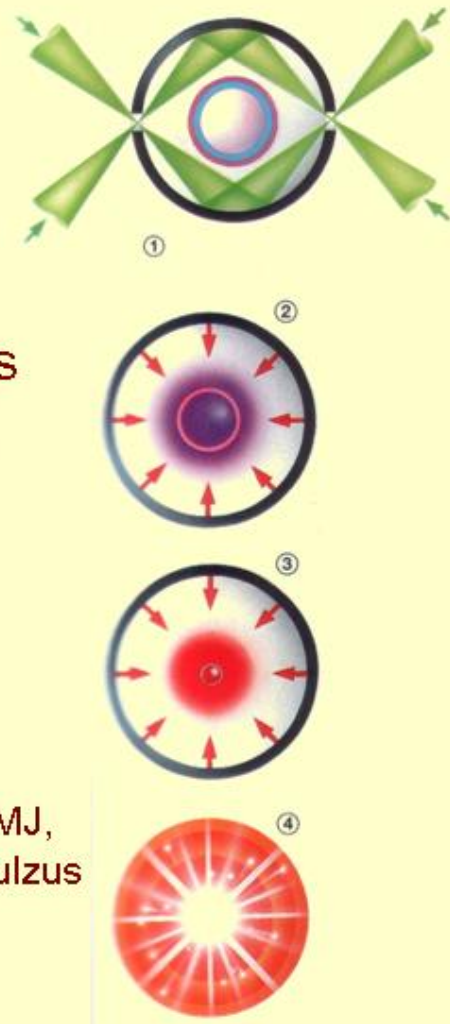


# Lézeres fúziós elrendezések

Direkt  
összenyomás  
lézerrel



Indirekt  
összenyomás  
röntgennel

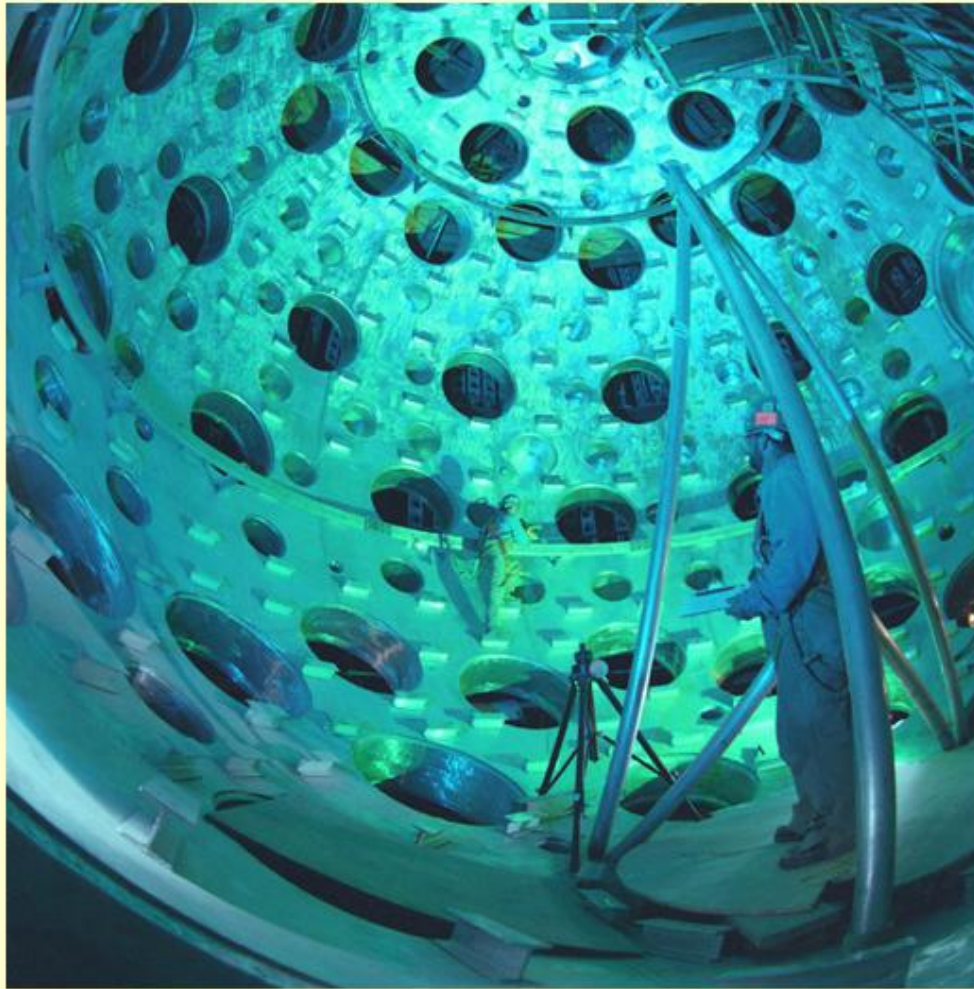


Ehhez néhány MJ,  
5-10 ns lézertimpulzus  
kell.

## A NIF lézer (192 nyaláb 2 MJ) helye



## NIF kamra



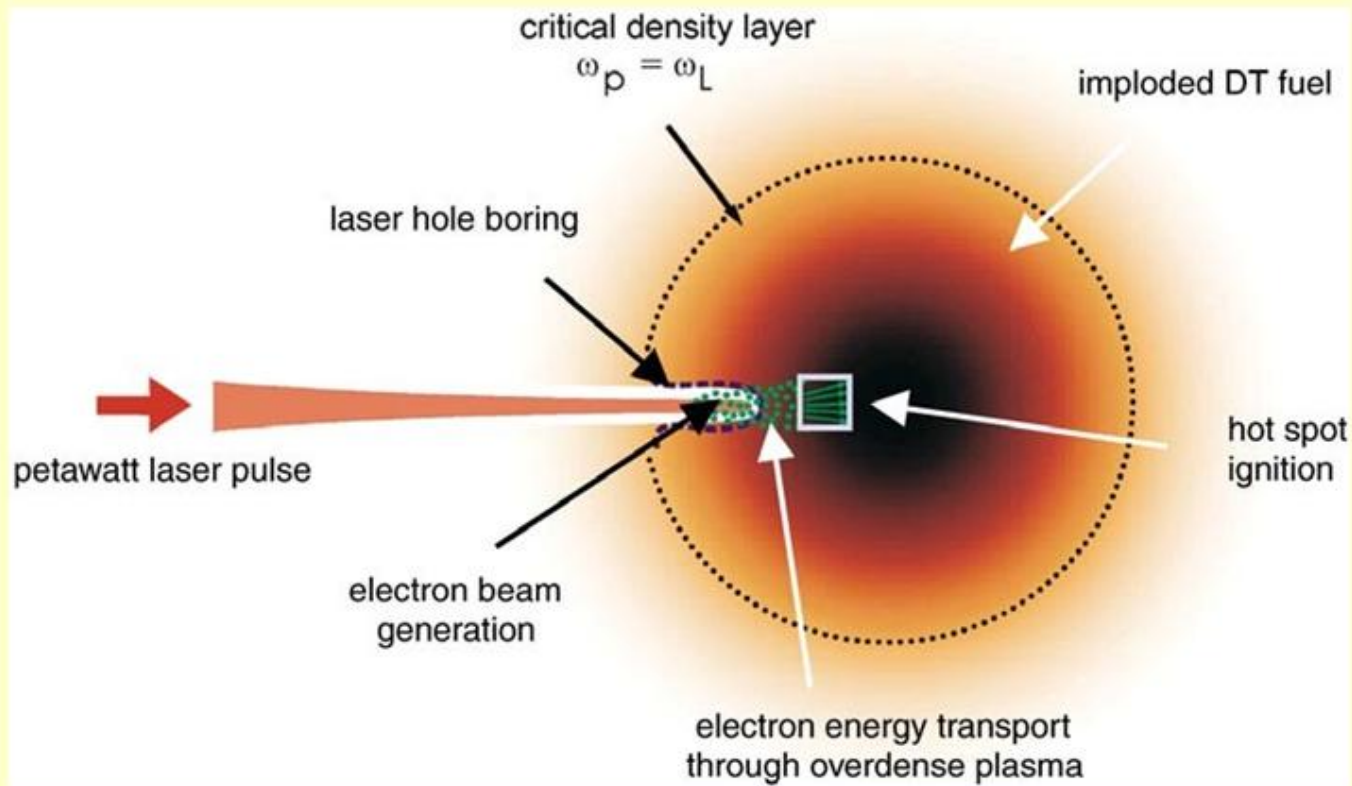
Néhány nyalábköteg már működik, első kísérletek folynak.

Teljesen 2008-10 között készül el.

Európa: LMJ,  
Franciaország

## Új módszer: gyors begyújtás

Nagy intenzitású ( $10^{18}$ - $10^{21}$  W/cm<sup>2</sup>) pikoszekundumos impulzusok által keltett MeV energiájú elektronok felhasználhatók a fúzió beindítására.



KrF lézerek alkalmasak gyors begyújtásra!  
(Földes István, KFKI RMKI)