

# MAGFIZIKA

a 11.B-nek

# ATOMMAG

- Pozitív töltésű, rendkívül kicsi ATOMMAG
  - Töltése  $Z \cdot e$ , ahol  $Z$  a rendszám
  - $10^{-15} m$  átmérő
  - Tömege az atom 99,9%-a
  - Sűrűsége:  $10^{17} \frac{kg}{m^3}$  rendkívül nagy!



# PROTON

- Jelentése: első (ld. prototípus, protomártír)
- Töltése: pozitív elemi töltés,  $e = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ C}$
- Tömege:  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Tömegszám:  $A$  (tömeg:  $A \cdot m_p$ )
- Rendszám:  $Z$  (töltés:  $Z \cdot e$ )

# NEUTRON

- Jelentése: semleges
- James Chadwick, 1932
- Tömege: kb. a protoné (nagyobb)
- Atommag (nucleus):  $Z$  proton,  $A-Z$  neutron
- Nukleon: proton és neutron



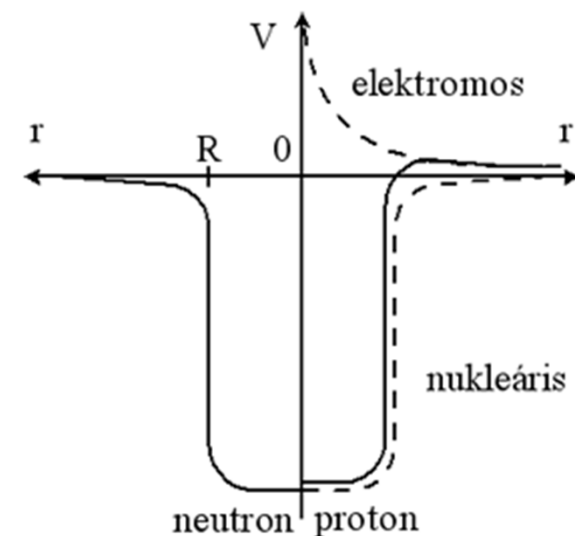
# IZOTÓP

- Jelentése: azonos hely (ti. a periódusos rendszerben, azaz a rendszámuk ua., ld. izoterm folyamat:  $T=\text{áll.}$ )
- $Z$  rendszámú, de különböző  $A$  tömegszámú (más a neutronszám) magok
- Kül. Magfizikai sajátosságok

# MAGERŐ

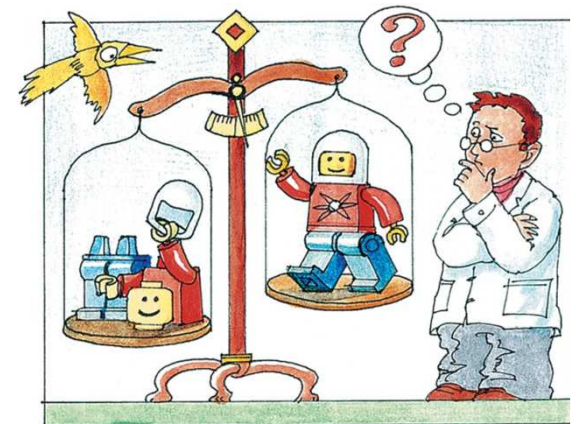
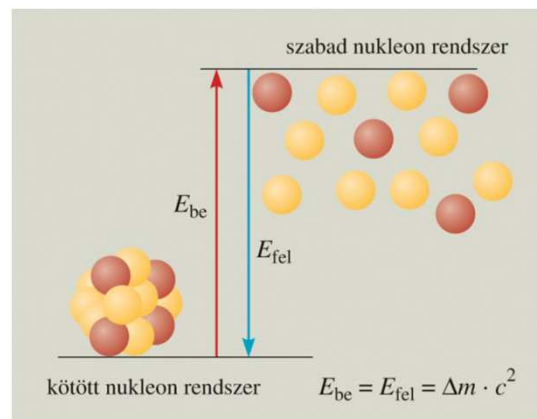


- A protonok taszítását a gravitáció nem ellensúlyozhatja:  $10^{42}$ -szer erősebb a Coulomb-erő
- Magerő (erős kölcsönhatás a nukleonok közt)
  - 100-szor erősebb, mint a Coulomb-erő
  - Rövid hatótávolságú ( $10^{-15} m$ )
  - Töltésfüggetlen: np, pp, nn
  - Vonzó
- Yukawa, 1949, Nobel-díj



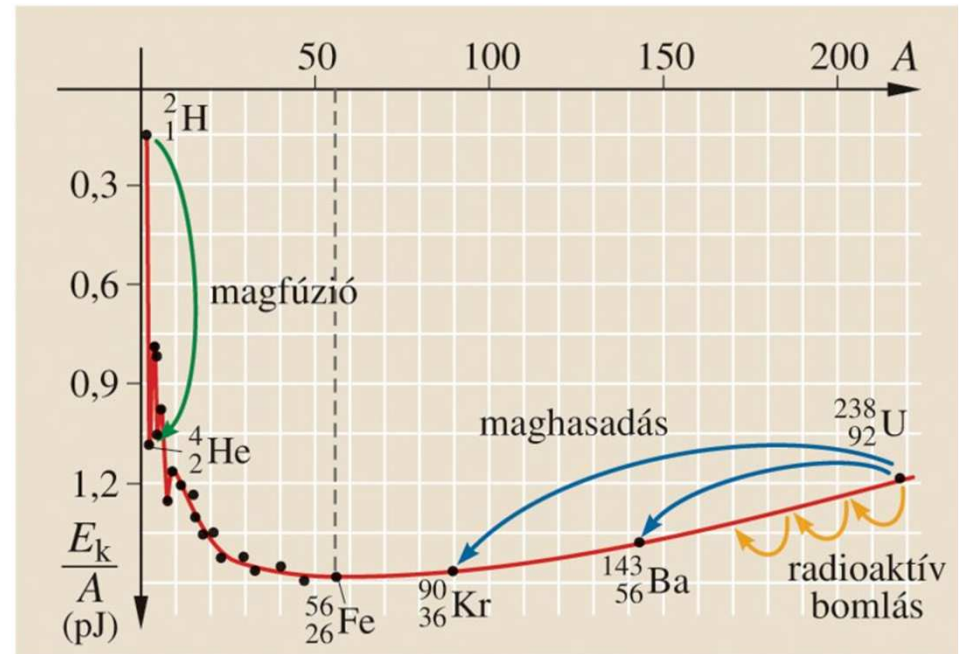
# KÖTÉSI ENERGIA

- Szét: ennyivel bontható fel az atommag
- Össze: ennyi szabadul fel, ha összeáll a mag
- Tapasztalat:
  - Tömegdefektus:  $m_{mag} < \sum m_{nukleonok}$
  - Oka: a tömeg egy része ( $\Delta m$ ) energiává alakul
  - $E_{kötési} = \Delta m \cdot c^2$



# A MAGENERGIA FELSZABADULÁSA

- Melyik a stabilabb?
  - Könnyű atommag? (túl kevés nukleon)
  - Nehéz atommag? (túl messze vannak a nukleonok, túl sok a proton, nagy az elektromos taszítás)
- Ideális a VAS („vastó”)
  - Magfúzió
  - Maghasadás





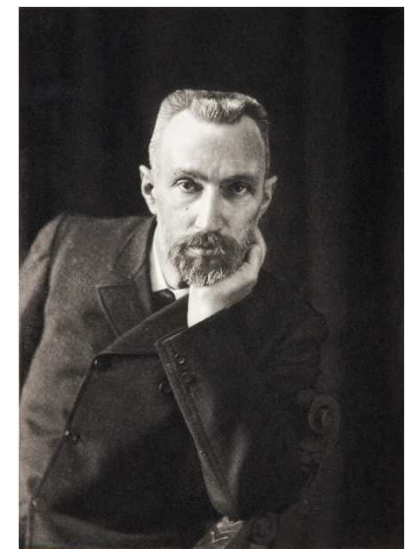
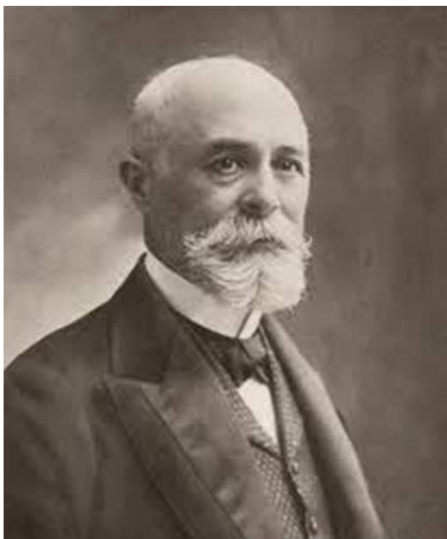
# CSEPPMODELL

- Folyadékcsépp  $\sim$  atommag
  - A belső részecskék jobban kötöttek (több szomszéd), a külsők kevésbé
  - Felületi feszültség: minél kisebb felszín (pl. két higanycsépp összeáll eggyé)
- Tk. 135/2,3.

# A RADIOAKTIVITÁS

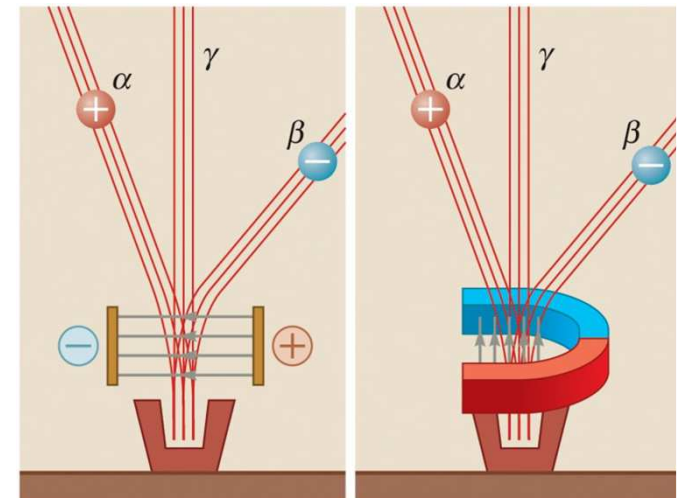
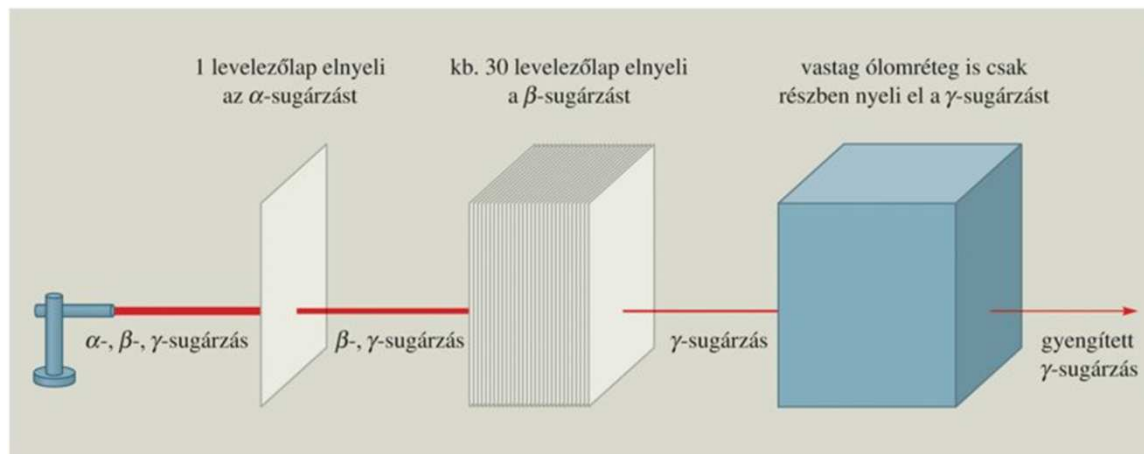


- 1896: Henri Becquerel [anri bekerel]
  - uránszurokérc nyomot hagy egy fényérzékeny lemezen „magától” (külső fény nem érte)
  - [radioaktív sugárzás](#)
- 1898: Marie és Pierre Curie: rádium, polónium



# A SUGÁRZÁSOK FAJTÁI

- $\alpha$ -sugárzás: nagy energiájú He-atommagok
- $\beta$ -sugárzás: nagy energiájú elektronok
- $\gamma$ -sugárzás: nagy energiájú fotonok
- Az atommagból indulnak ki
- Egyre vastagabb rétegben nyelődnek el

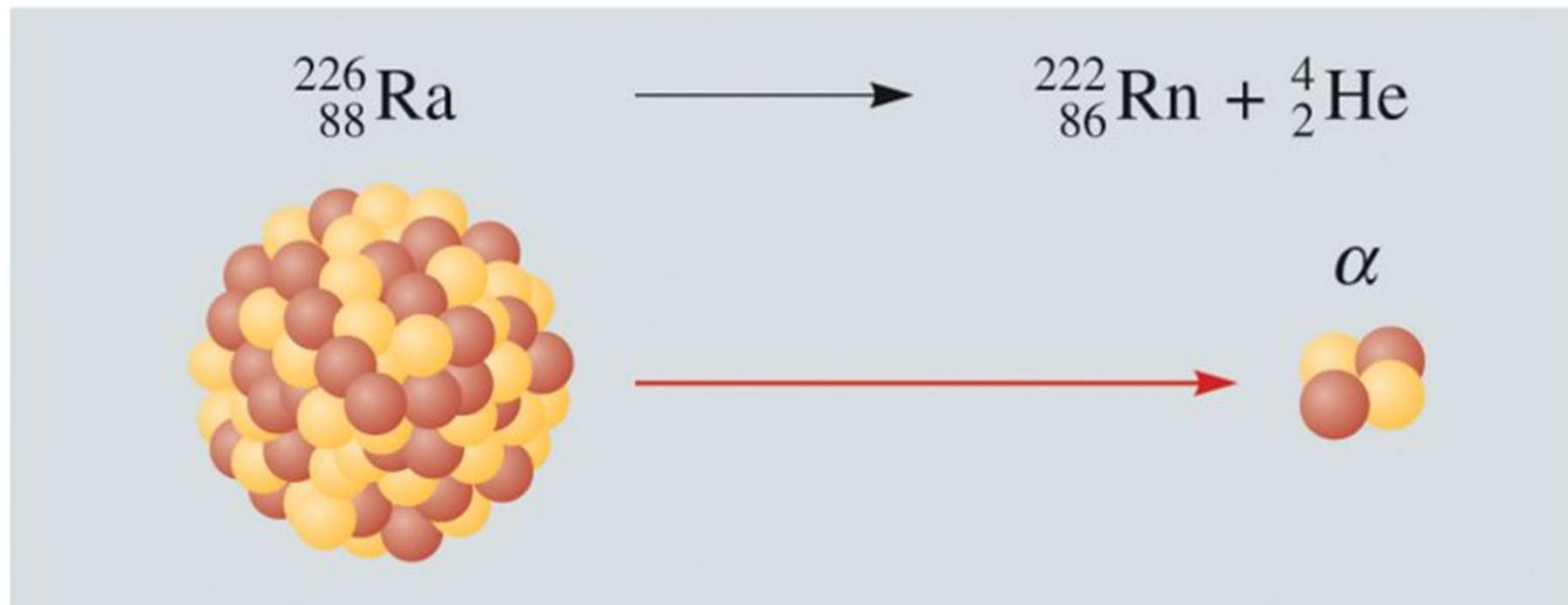


# BOMLÁSI SOROK

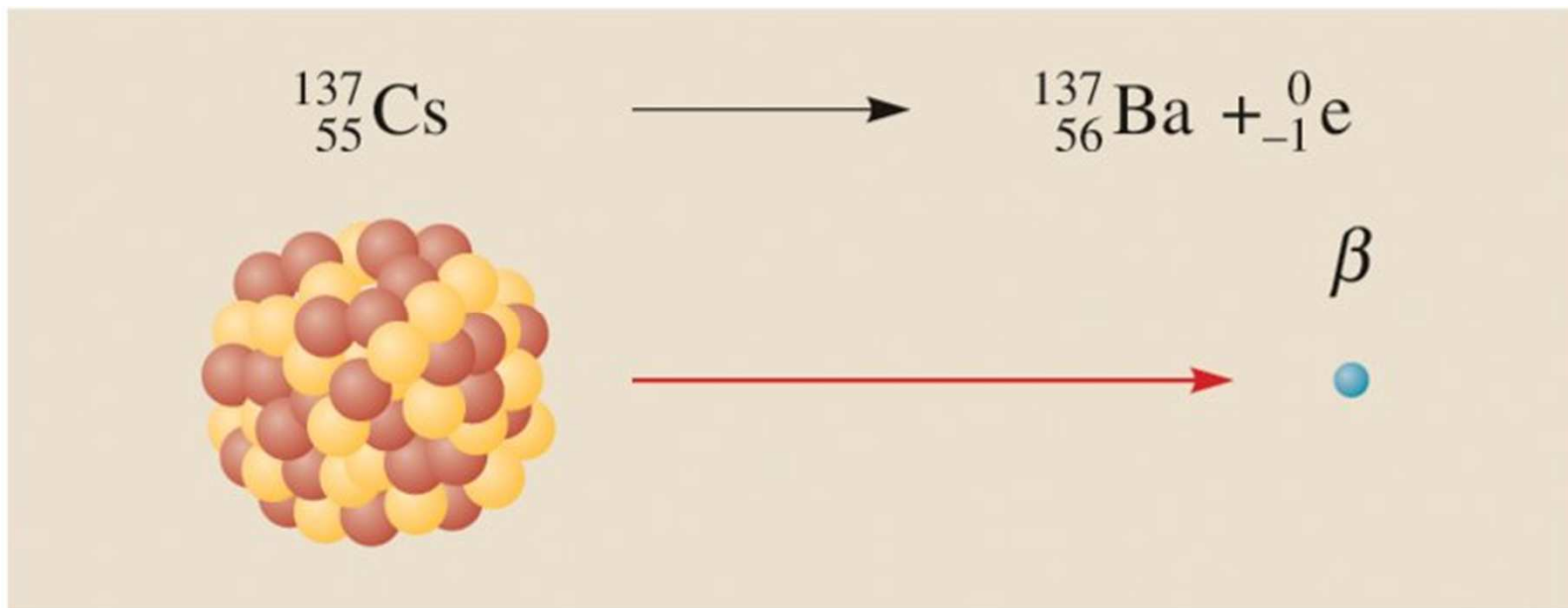
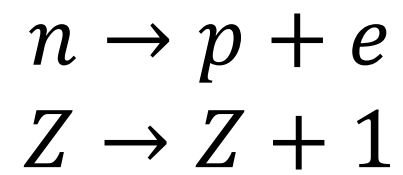
- Alfa:

$$A \rightarrow A - 4$$

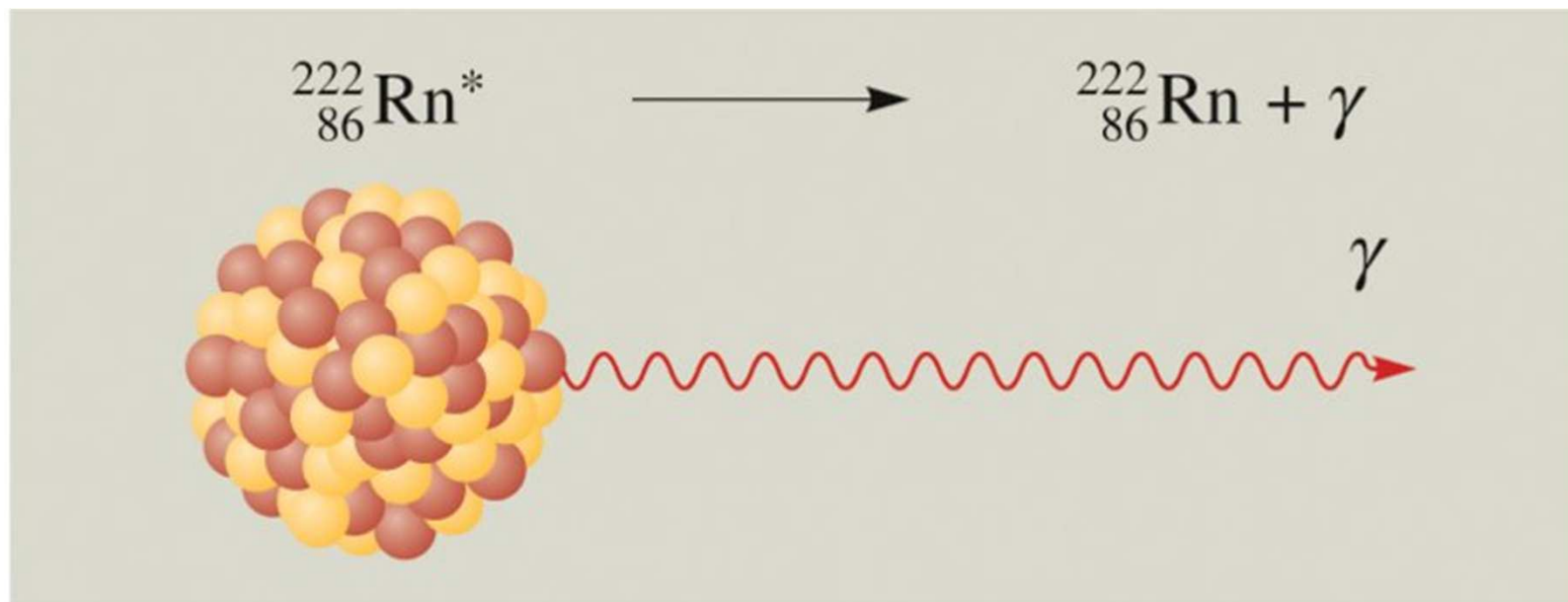
$$Z \rightarrow Z - 2$$



- Béta:



- Gamma: nincs magátalakulás
  - a gerjesztett mag alapállapotba jut
  - milliószor nagyobb energia, mint az atomi fotonnál
  - az alfa- vagy béta –sugárzás kísérője



# NÉHÁNY ÉRDEKESSÉG

- Béta-bomlás: két új részecske
  - Neutrínó:
    - PAULI feltételezte az energiamegmaradás miatt
    - Kicsi, semleges
  - Pozitron:
    - béta fordítva, azaz  $p \rightarrow n + e^+$  (béta plusz)
    - Kicsi, pozitív
- K-befogás:
  - béta plusz fordítva, azaz  $p + e \rightarrow n$
  - A p befog egy e-t a belső (K) héjról és n lesz



# FELADAT

- Tk/ 139/1-3.



# AZ ELEMOK PERIÓDUSOS RENDSZERE

|   |        |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
|---|--------|--|----------|---------|--------|---------|----------|-----------|-----------|------------|---------|----------|--|--|--|--|--|--|------------|--|
|   | 1(I A) |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  | 18(VIII A) |  |
| 1 |        |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 2 |        |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 3 |        |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 4 |        |  | 3(III B) | 4(IV B) | 5(V B) | 6(VI B) | 7(VII B) | 8(VIII B) | 9(VIII B) | 10(VIII B) | 11(I B) | 12(II B) |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 5 |        |  |          |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 6 |        |  | La-Lu    |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |
| 7 |        |  | Ac-Lr    |         |        |         |          |           |           |            |         |          |  |  |  |  |  |  |            |  |

**Jelmagyarázat**

Relatív atomtömeg

Rendszám (=protonszám)

A kémiai elem neve

A kémiai elem vegyjele (szilárd, gáz, ...)

Elektron-pályák szerkezete

- Alkálifémek
- Alkáliföldfémek
- Fémek
- Átmeneti fémek
- Földfémek
- Nernfémek
- Nemesgázok
- Lantanoidok és aktinoidok



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Az elem minden izotópjá radioaktív

A legstabilabb izotóp atomtömege

A legstabilabb izotóp felezési ideje

(a = év/évtized/évszázad)  
 d = nap/napok/napok  
 h = óra/óra  
 min = perc/perc  
 s = mp/perc/másodperc  
 ms = másodperc/másodperc)

# AKTIVITÁS 1

- Geiger-Müller számláló: a keletkező részecskéket detektálja
- **Aktivitás:** adott mennyiségű anyag atommagjai közül másodpercenként hány bomlik el, azaz hány keletkezik (bomlási sebesség)
- $A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$
- $[A] = \frac{1}{s} = 1 \text{ becquerel} = 1 \text{ Bq}$

# AKTIVITÁS 2

- Az aktivitás függ:
  - Egyenesen arányosan a még el nem bomlott atommagok számával ( $A \sim N$ )
  - Az anyagi minőségtől
- Néhány adat:
  - az átlagos radonkoncentráció Mo.-n a szobák levegőjében 100 Bq sugárzással jár (nem káros)
  - 1 g Ra:  $A = 37$  milliárd Bq
  - 1 g U:  $A = 13$  ezer Bq

# FELEZÉSI IDŐ

- **Tapasztalat:** a radioaktív anyag atommagjainak száma mindig ugyanannyi idő alatt feleződik meg
- Felezési idő:  $T$
- $N_0$  után  $\frac{N_0}{2}, \frac{N_0}{4}, \frac{N_0}{8}, \frac{N_0}{16} \dots T, 2T, 3T, 4T$  idő múlva
- Anyagi minőségtől függő *állandó* érték
- Példa:  $T_{Ra} = 1600$  év,  $T_I = 8$  nap

# PÉLDÁK

- 1 MBq aktivitású izotópok

| IZOTÓP            | TÖMEG             | BOMLÁSI MÓD     | FELEZÉSI IDŐ        |
|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| $^{238}\text{U}$  | 77 g              | $\alpha$        | $4,5 \cdot 10^9$ év |
| $^{235}\text{U}$  | 12 g              | $\alpha$        | $7,1 \cdot 10^8$ év |
| $^{226}\text{Ra}$ | 27 $\mu\text{g}$  | $\alpha$        | 1600 év             |
| $^{90}\text{Sr}$  | 1,2 $\mu\text{g}$ | $\beta$         | 25 év               |
| $^{60}\text{Co}$  | 24 ng             | $\beta, \gamma$ | 5,27 év             |
| $^3\text{H}$      | 2,8 ng            | $\beta$         | 12,26 év            |
| $^{222}\text{Rn}$ | 0,18 ng           | $\alpha$        | 3,82 nap            |

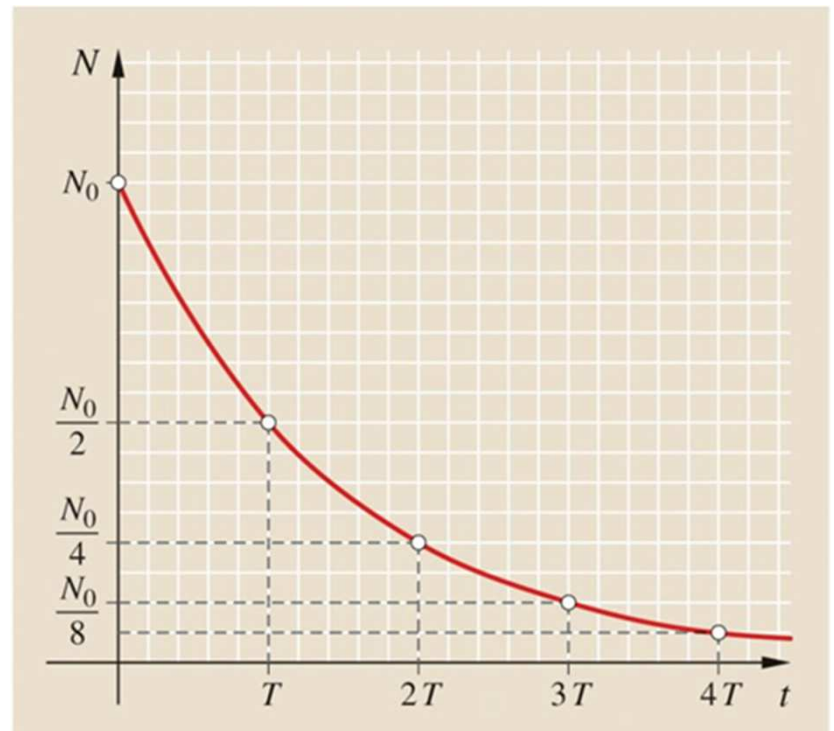
# BOMLÁSI TÖRVÉNY

- $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$ , ahol  $T$  a felezési,  $t$  az eltelt idő,  $N_0$  a kezdeti magok száma.

- Ugyanígy:  $A(t) = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

- Együtt:  $A = \frac{0,69}{T} \cdot N$

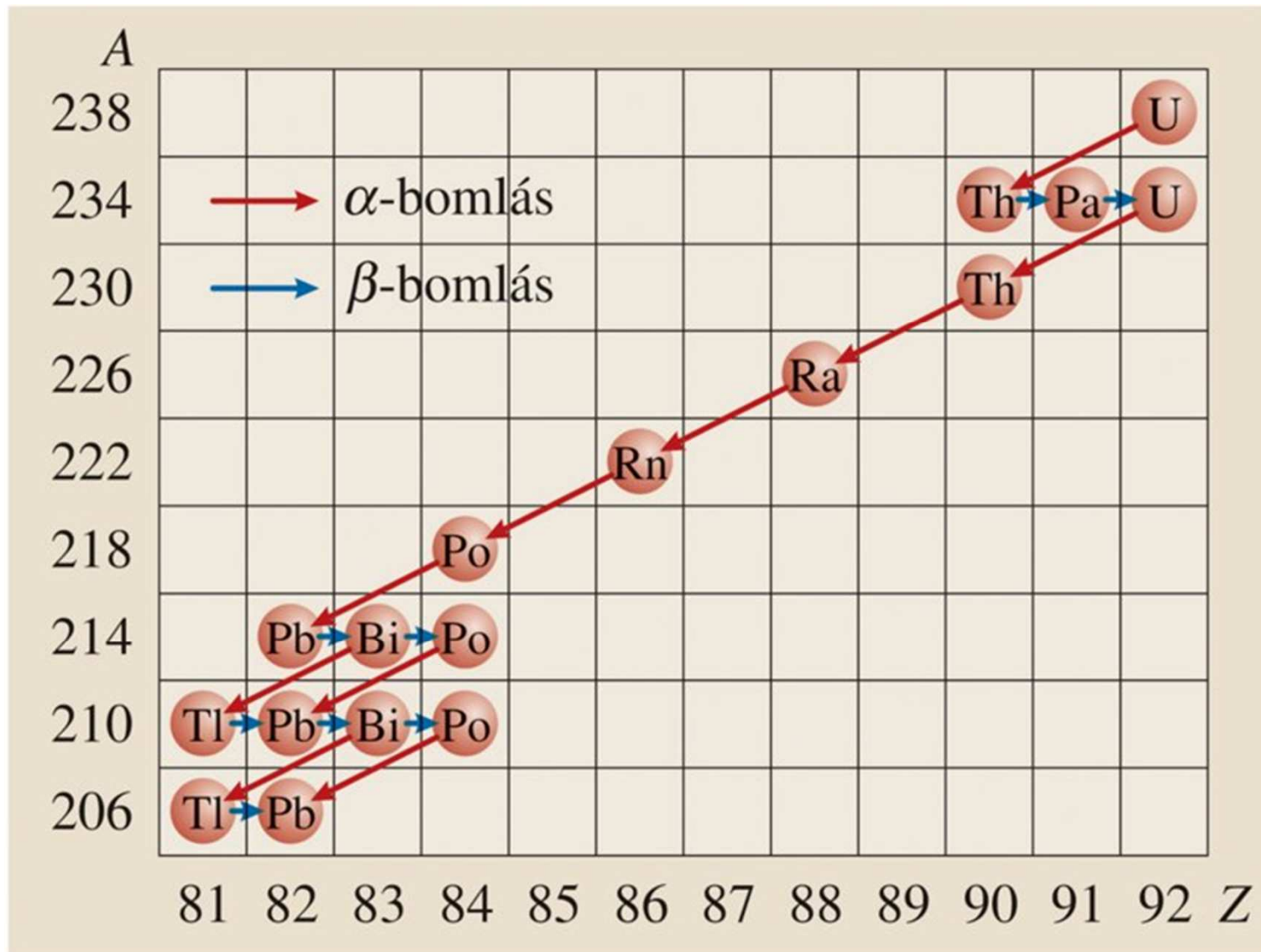
- $\lambda = \frac{0,69}{T}$  bomlási állandó



# BOMLÁSI SOROK

- Az alfa-bomlás miatt 4-esével indulhat
- 4 bomlási sor van őselem szerint
  - $A = 4n$  tórium-sor
  - $A = 4n + 1$  neptúnium-sor (kihalt,  $T = 2$  M év)
  - $A = 4n + 2$  urán-sor
  - $A = 4n + 3$  aktínium-sor
- A sor vége stabil
- Kis tömegszámú radioaktív anyagok:  ${}^{40}\text{K}$ ,  ${}^{14}\text{C}$ ,  ${}^3\text{T}$

# AZ URÁN BOMLÁSI SORA



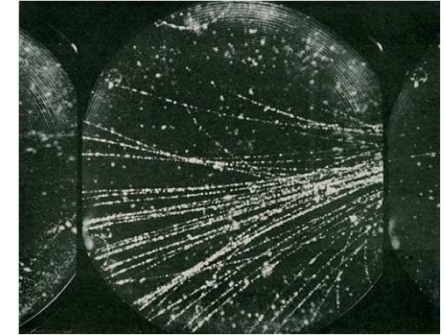


# Feladat

- Tk/143/2,3.
- Csernobil: 1986. ápr. 26.



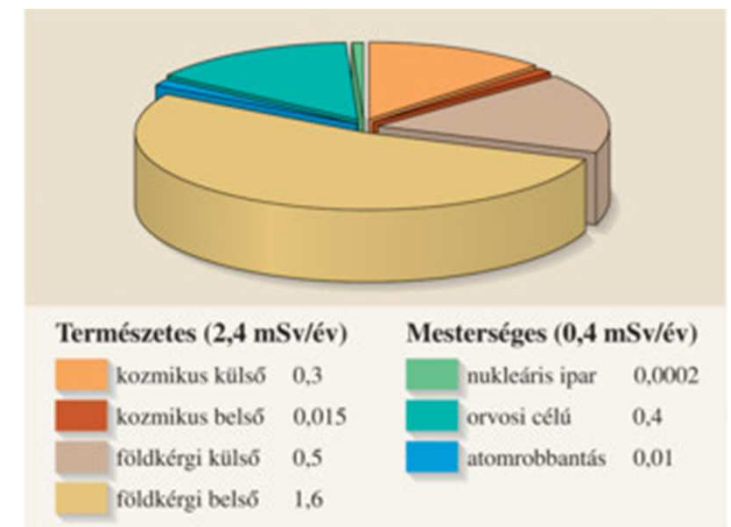
# A RADIOAKTIVITÁS HATÁSA



- Sugárzás és anyag:
  - egy része vagy egésze elnyelődik
  - az atomokat, molekulákat ionizálja (kiüt elektronokat, vagy akár egy teljes atomot)
  - ha a DNS sérül: sejtburjánzás (rákos daganat) indulhat el
  - hőhatása jelentéktelen
- A sugárzás kimutatása
  - [Wilson-ködkamra](#): túltelített gőzben „kondenzcsík”
  - Geiger-Müller számláló: áramimpulzusok
  - Doziméter: nyomdetektor, sugárzásra érzékeny film
- Csernobil „következménye”: 160-170 rákos (vs. 25 000)

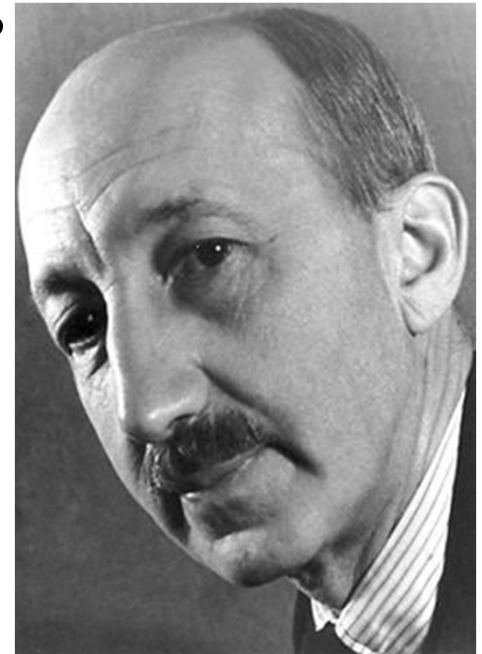
# HÁTTÉRSUGÁRZÁS

- Környezetünkben mindenhol megtalálható (levegő, talaj, víz, saját testünk!)
- Egyenetlen a terhelés:
  - a világ különböző pontjain
  - télen nagyobb a lakásban, mint nyáron a szabadban
- Földi eredet:  $^{40}K$ ,  $Rn$
- Kozmikus eredet:  $^{14}C$ ,  $^3H$ ,



# ALKALMAZÁS

- Mesterséges radioaktivitás: 1919, Rutherford
- Gyógyászat:
  - diagnosztika: [nyomjelzés](#) (Hevesy György, 1943, Nobel)
  - terápia: daganatos sejtek besugárzása
- Kormeghatározás: radioaktív/stabil anyag
  - Geológia: urán/ólom arányból kőzet kora
  - Archeológia: [radiokarbon-módszer](#):
    - $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}$  az élő szervezetben nagyobb
    - $^{14}\text{C}$  felezési ideje 5730 év
  - Bor, elzárt víz: trícium-módszer

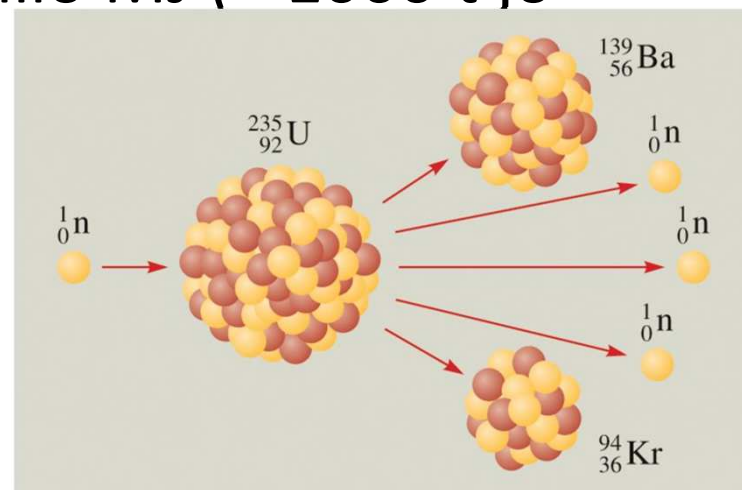
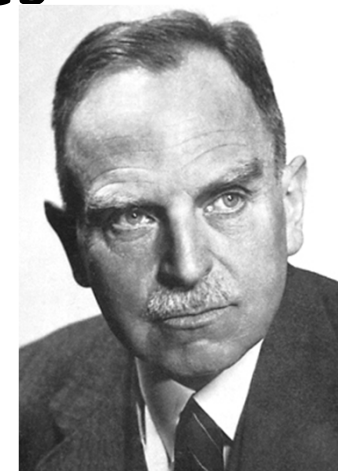


# Feladat

- TK/150/1,2

# MAGHASADÁS (FISSZIÓ)

- Urán neutronokkal sugározva két közepes tömegű magra bomlik (Hahn, 1939)
- A kötési energia szabadul fel
- ${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0n$ 
  - 1 uránmag esetén 1 pJ szabadul fel
  - 1 mol esetén (0,25 kg!) 20 millió MJ (= 1000 t jó minőségű szén elégetésekor)



# AZ ELEMEL PERIÓDUSOS RENDSZERE

**Jelmagyarázat**

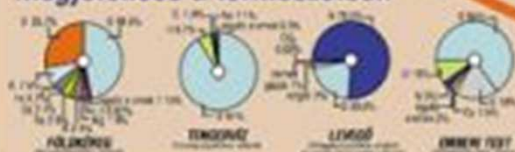
Relatív atomtömeg  
Rendszám (=protonszám)  
A kémiai elem neve

Elektron-pályák szerkezete  
A kémiai elem vegyjele (szilárd, gáz, ...)

- Alkálifémek
- Alkáliföldfémek
- Fémek
- Átmeneti fémek
- Félfémek
- Nemfémes elemek
- Nemesgázok
- Lantanoidák és aktinoidák

|                       |                   |                      |                        |                  |                     |                    |                   |                     |                   |                |                 |                  |                   |                  |                   |                 |             |                 |               |
|-----------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|
| 1 (I A)               | 2 (II A)          |                      |                        |                  |                     |                    |                   |                     |                   |                |                 | 13 (III A)       | 14 (IV A)         | 15 (V A)         | 16 (VI A)         | 17 (VII A)      | 18 (VIII A) |                 |               |
| 1<br>1H<br>Hydrogen   |                   |                      |                        |                  |                     |                    |                   |                     |                   |                |                 |                  |                   |                  |                   |                 |             | 2He<br>Helium   |               |
| 2<br>3Li<br>Lithium   | 4Be<br>Beryllium  |                      |                        |                  |                     |                    |                   |                     |                   |                |                 |                  |                   |                  |                   |                 |             |                 | 10Ne<br>Neon  |
| 3<br>11Na<br>Sodium   | 12Mg<br>Magnesium |                      |                        |                  |                     |                    |                   |                     |                   |                |                 |                  |                   |                  |                   |                 |             |                 | 18Ar<br>Argon |
| 4<br>19K<br>Potassium | 20Ca<br>Calcium   | 21Sc<br>Scandium     | 22Ti<br>Titanium       | 23V<br>Vanadium  | 24Cr<br>Chromium    | 25Mn<br>Manganese  | 26Fe<br>Iron      | 27Co<br>Cobalt      | 28Ni<br>Nickel    | 29Cu<br>Copper | 30Zn<br>Zinc    | 31Ga<br>Gallium  | 32Ge<br>Germanium | 33As<br>Arsenic  | 34Se<br>Selenium  | 35Br<br>Bromine |             | 36Kr<br>Krypton |               |
| 5<br>37Rb<br>Rubidium | 38Sr<br>Strontium | 39Y<br>Yttrium       | 40Zr<br>Zirconium      | 41Nb<br>Niobium  | 42Mo<br>Molybdenum  | 43Tc<br>Technetium | 44Ru<br>Ruthenium | 45Rh<br>Rhodium     | 46Pd<br>Palladium | 47Ag<br>Silver | 48Cd<br>Cadmium | 49In<br>Indium   | 50Sn<br>Tin       | 51Sb<br>Antimony | 52Te<br>Tellurium | 53I<br>Iodine   |             | 54Xe<br>Xenon   |               |
| 6<br>55Cs<br>Cesium   | 56Ba<br>Barium    | La-Lu<br>Lantanoidák | 72Hf<br>Hafnium        | 73Ta<br>Tantalum | 74W<br>Wolfram      | 75Re<br>Rhenium    | 76Os<br>Osmium    | 77Ir<br>Iridium     | 78Pt<br>Platina   | 79Au<br>Arany  | 80Hg<br>Hégyez  | 81Tl<br>Thallium | 82Pb<br>Ólom      | 83Bi<br>Bismut   | 84Po<br>Polonium  | 85At<br>Astatin |             | 86Rn<br>Radon   |               |
| 7<br>87Fr<br>Francium | 88Ra<br>Rádium    | Ac-Lr<br>Aktinoidák  | 104Rf<br>Rutherfordium | 105Db<br>Dubnium | 106Sg<br>Seaborgium | 107Bh<br>Bohrium   | 108Hs<br>Hassium  | 109Mt<br>Meitnerium | 110               | 111            | 112             |                  |                   |                  |                   |                 |             |                 |               |

## Kémiai elemek megjelenése a természetben



|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 72La | 73Ce | 74Pr | 75Nd | 76Pm | 77Sm | 78Eu | 79Gd | 80Tb | 81Dy | 82Ho | 83Er | 84Tm  | 85Yb  | 86Lu  |
| 88Ac | 89Th | 90Pa | 91U  | 92Np | 93Pu | 94Am | 95Cm | 96Bk | 97Cf | 98Es | 99Fm | 100Md | 101No | 102Lr |

A legstabilabb izotóp atomtömege

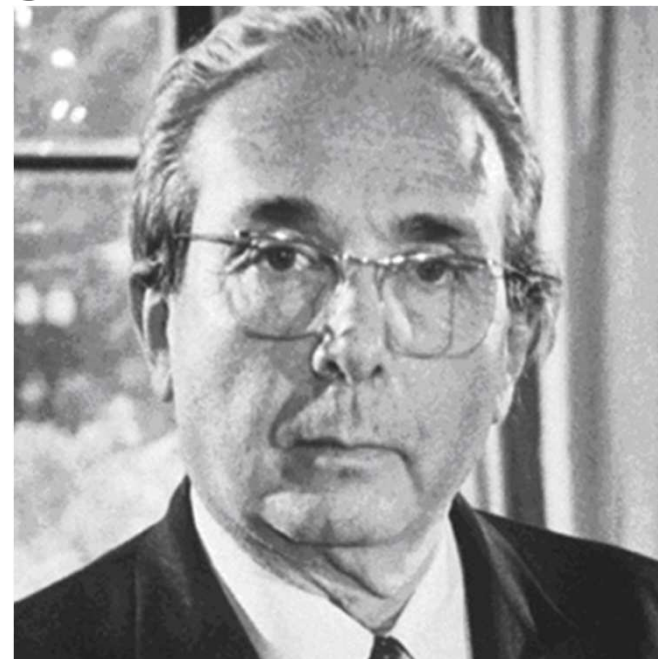


Az elem minden izotópjában radioaktív

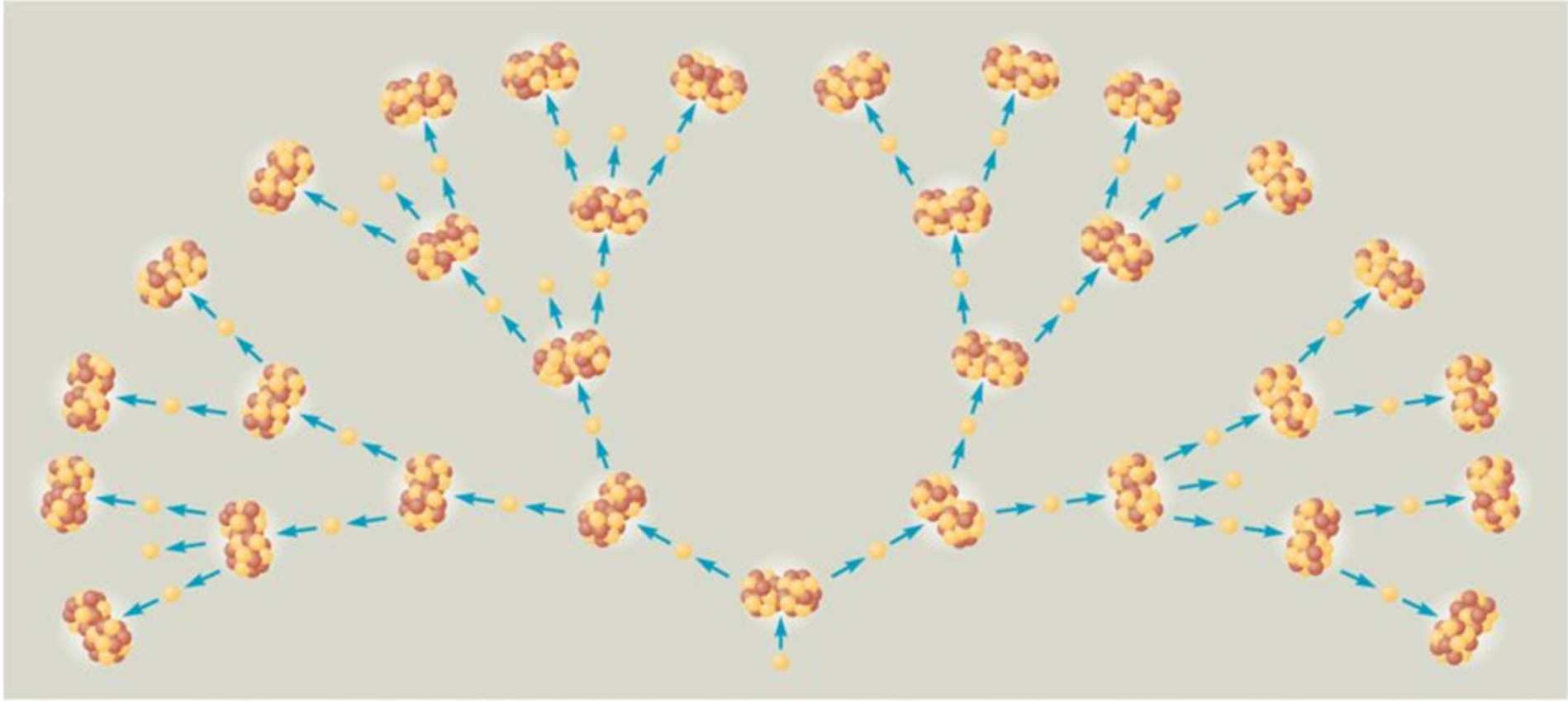
A legstabilabb izotóp felezési ideje  
 a = év /at. annus/  
 d = nap /at. dies/  
 h = óra /at. hora/  
 min = perc /at. minutus/  
 s = mp /at. secundus/  
 ms = 1000 mp /at. millesecundus/

# LÁNCREAKCIÓ

- Az önfenntartás (Szilárd Leó) feltétele:
  - több mint 1 neutron keletkezzen
  - több mint 1 neutron hozzon létre újabb hasadást
- Rövid időn belül hatalmas energia szabadul fel:
  - Szabályozatlan: atombomba
  - Szabályozott: atomreaktor





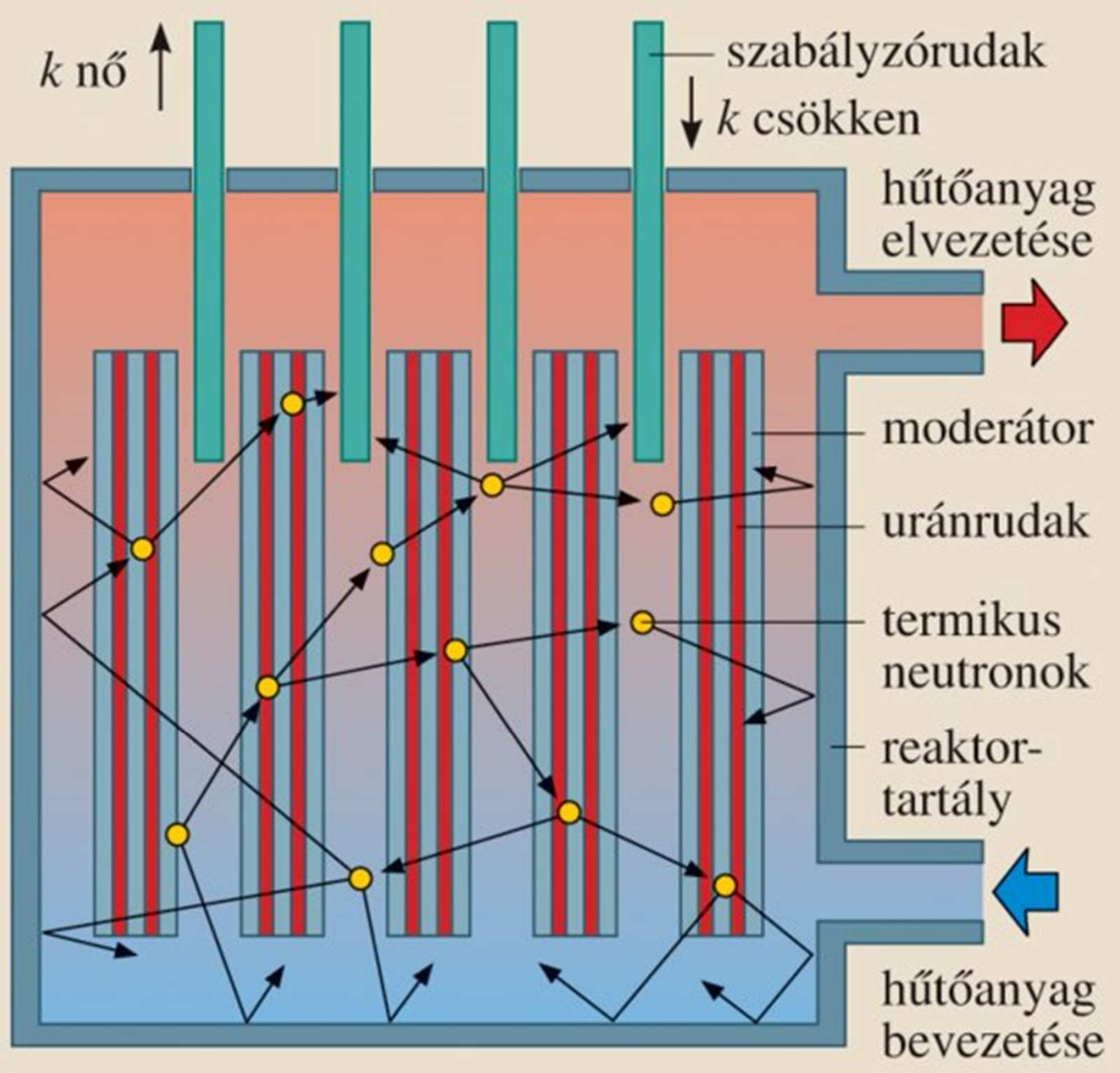


# SZABÁLYOZÁS

- $^{235}\text{U}$ :  $^{238}\text{U} = 1:148$  a természetben
- $^{235}\text{U}$  esetén átlagosan 2,5 neutron keletkezik
  - Egyik baj: a neutronok egy része elnyelődik az  $^{238}\text{U}$ -ban
    - **Izotópdúsítás:** az  $^{235}\text{U}$  arányának növelése
  - Másik baj: hasítás nélkül kiszöknek a neutronok
    - **Kritikus tömeg:** az a tömeg, amely megfogja a neutronokat
- Sokszorozódási tényező:  $k = \frac{\text{újabb hasadások száma}}{\text{elhasadt magok száma}}$ 
  - $k > 1$ : szuperkritikus állapot (atombomba, reaktorindítás)
  - $k = 1$ : kritikus állapot (reaktor normál üzemmód)
  - $k < 1$ : szubkritikus állapot (reaktor leáll)

# ATOMREAKTOR

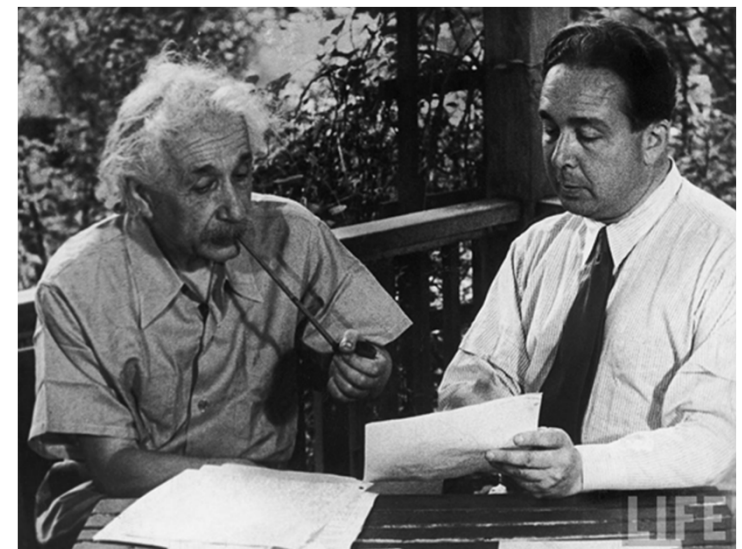
- Enrico Fermi, Szilárd Leó, Wigner Jenő: Chicago, 1942
- A reaktor részei:
  - Neutronlassító moderátor (grafit, víz):
    - gyors neutronok lelassítása
    - a gyors neutront az  $^{238}\text{U}$  befogja
    - $^{235}\text{U}$  lassú neutron esetén hasad jól (dúsítás: 2-4%)
  - Uránrudak
  - Szabályozó rudak (kadmium, bórkarbid):
    - k változtatása
  - Aktív zóna



# ATOMBOMBA

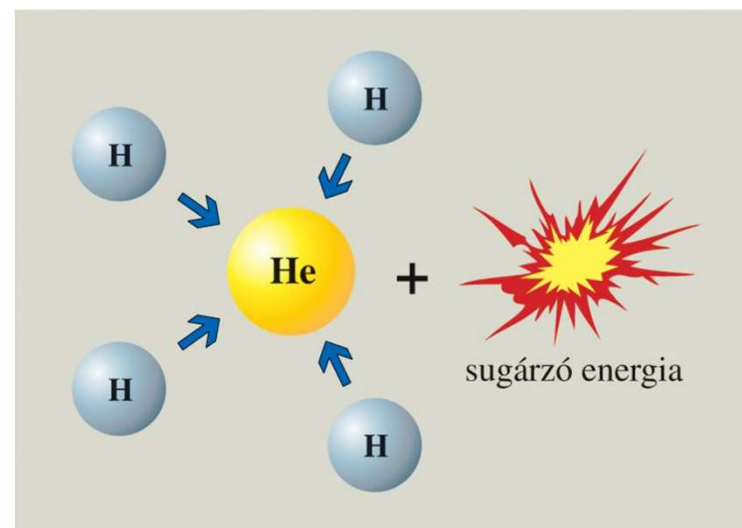


- Atombomba: bomba + hasadó izotópok
  - Dúsított (90 %) urán vagy plutóniumtöltetek szétesztva
  - Robbantás után összeáll a kritikus tömeg
  - 15-20 ezer tonna hagyományos bomba hatóereje
- Manhattan-terv (Robert Oppenheimer), USA
  - 1949. aug. 6.: Hiroshima (U)
  - 1949. aug. 9.: Nagaszaki (Pu)



# FÚZIÓ

- Könnyű atommagok egyesülésekor energia szabadul fel (Teller Ede, Gamow, Bethe)
  - Coulomb-erő ellene dolgozik
  - Feltétel: magas hőmérséklet, nagy sűrűség
  - Minél nagyobb a Z, annál nagyobb a T
    - H-magok fúziója: 15 millió K
    - He-magok fúziója: 100 millió K
    - O-magok: 100 milliárd K
  - Forró atommaggáz: plazma
  - Termonukleáris reakció

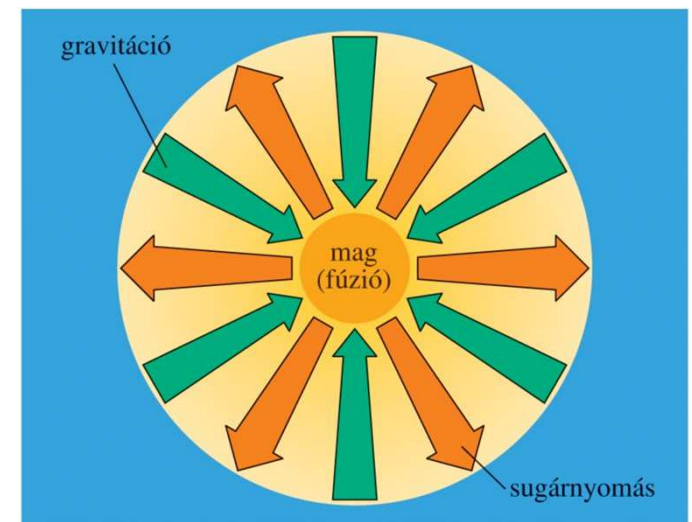


# Teller Ede, Gamow, Bethe



# NAP

- Csillag keletkezésekor:
  - Összehúzódik
  - Felszabadul a (gravitációs) energia
  - Magas hőmérséklet alakul ki
- Egyensúly: fúzió = gravitáció
- $4 \cdot p \rightarrow \text{He}$  (4,48 pJ)





# MESTERSÉGES

- Szabályozatlan:
  - Hidrogénbomba (Teller, 1952): atombomba + fúziós anyag
- Szabályozott:
  - még várat magára, Cadarache
  - Előny: deutérium van a vízben, a végtermék stabil

