


# A magfúzió

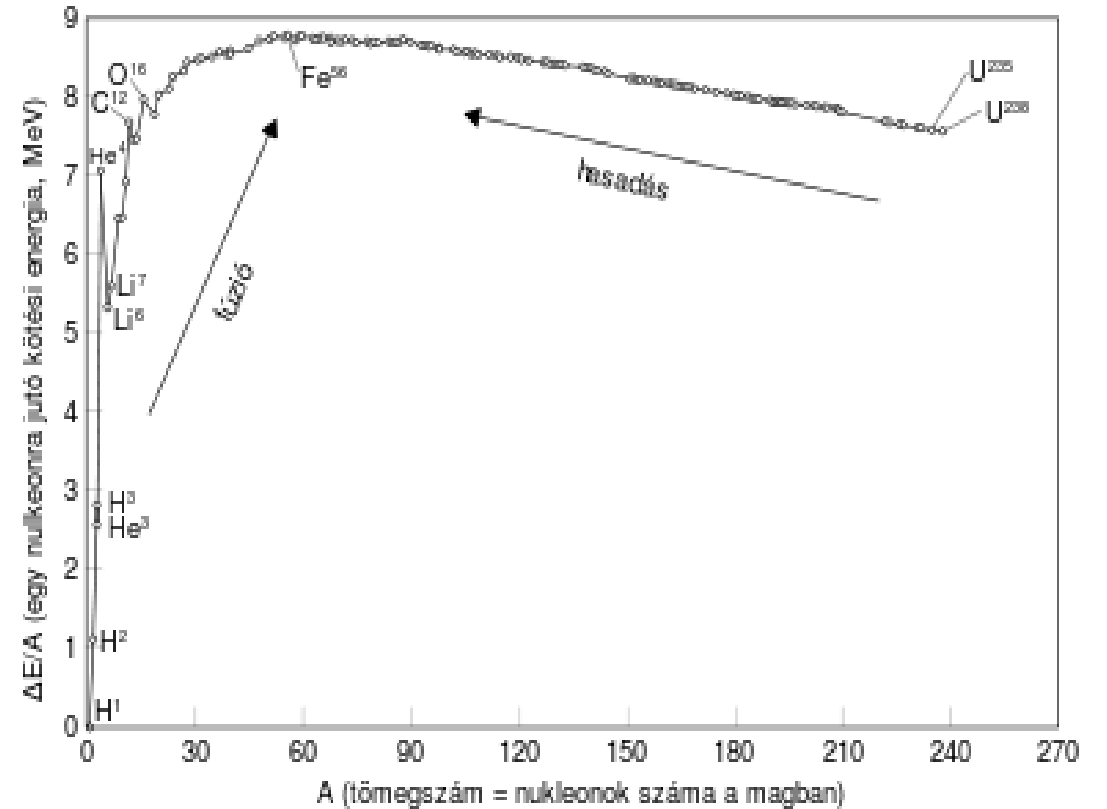
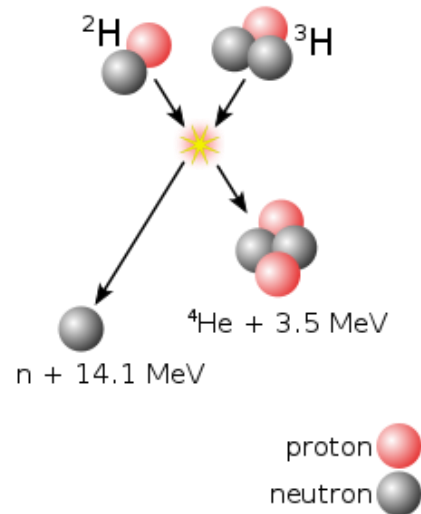
KÉSZÍTETTE: CSÁKI MÁRTON 12. A

# Fúzió felfedezése

- ▶ Honnan származik a nap energiája?
- ▶ XIX. század, Lord Kelvin : gravitációs összehúzódásból keletkezik az energia
- ▶ 1924. Hevesy György: Nap energiája nukleáris eredetű
- ▶ 1930-as évek: Nap  Magfúzió révén energiatermelés
  - ▶ 10 milliárd éves energiaárasztás a Naprendszerben
- ▶ 1939. Hans Bethe: fúziós reaktor elméleti levezetése

# A Magfúzió

- ▶ Fúzió: Könnyű atommagok nagyobb tömegszámú magokká egyesülnek.
- ▶ Termonukleáris reakció
- ▶ Vasnál kisebb rendszámú elemeknél energiefelszabadulás



# Feltételei

- ▶ 1. Nagyon magas hőmérséklet:
- ▶ Atomok taszítják egymást (Coulomb féle taszítóerő)
  - ▶ Ezt le kell győzni
  - ▶ Magerő  $10^{-15}$  m-es hatótávolságánál közelebb lesznek az atomok, fúzió lesz
- ▶ Ehhez nagy mozgási energia kell. Felmelegítjük a részecskéket
- ▶ Nagyon forró anyagokban atomok ionizálódása
  - ▶ Elektronok leadása
- ▶ Plazma keletkezik (komoly problémát okoz az összetartása)

# Feltételei

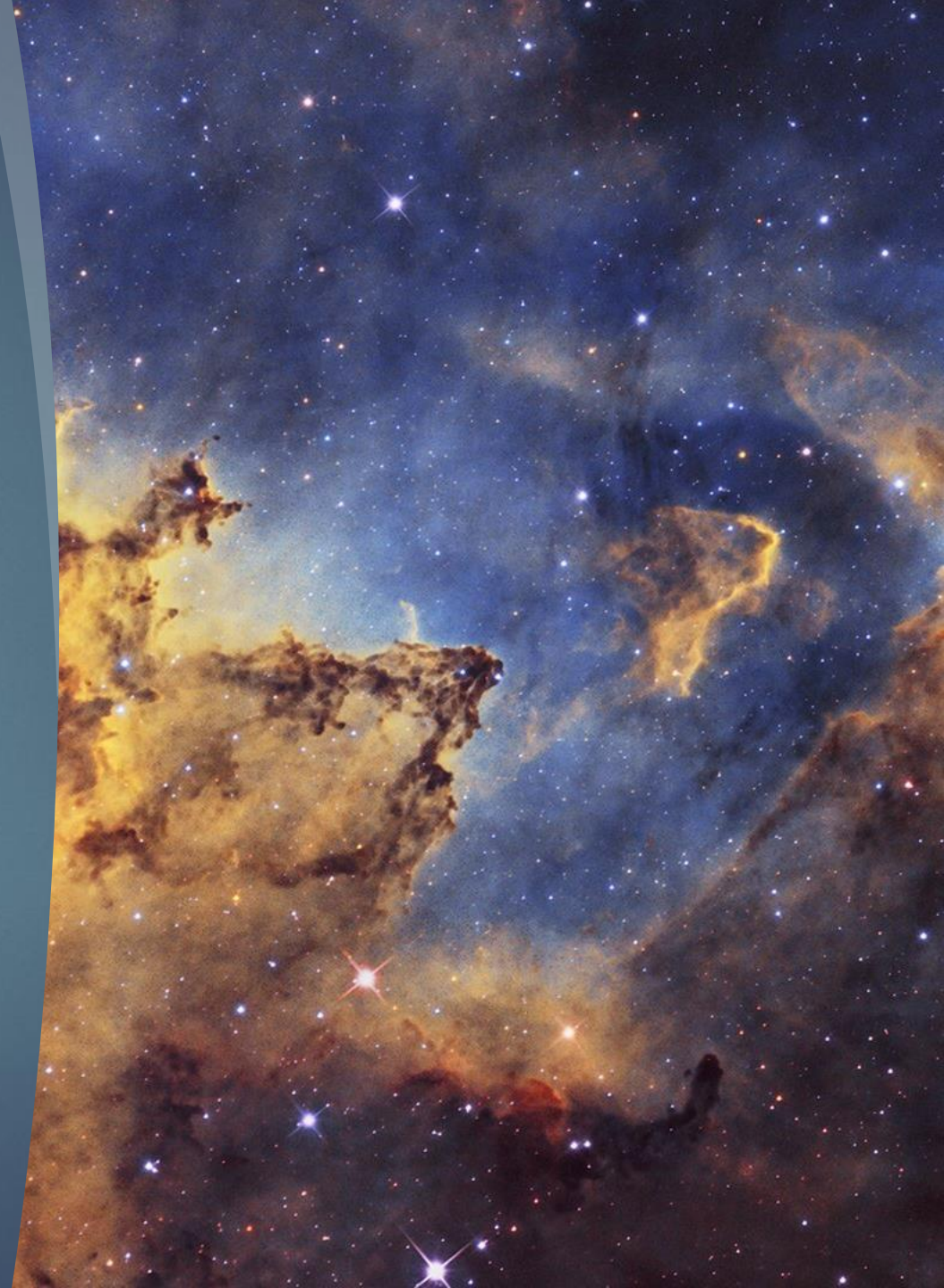
- ▶ 2. A plazmát össze kell tartani
- ▶ 3 módja ismert
  - I. Gravitációs erő:
    - Csak csillagokban játszódik le
  - II. Mágneses erő:
    - Plazmában: szabad pozitív, negatív ionok
    - Hatnak rá a mágneses erők
  - III. Lézer: fénynyalábokkal fénynyomás alkalmazása

# Feltételei

- ▶ 3. Kellő anyagmennyiségnek kellő ideig kell együtt lennie.
- ▶ A folyamat egy bizonyos valószínűséggel következik be
- ▶ Egyesülés megtörténéséhez szükséges:
  - Sok anyag hosszabb ideig kell együtt legyen

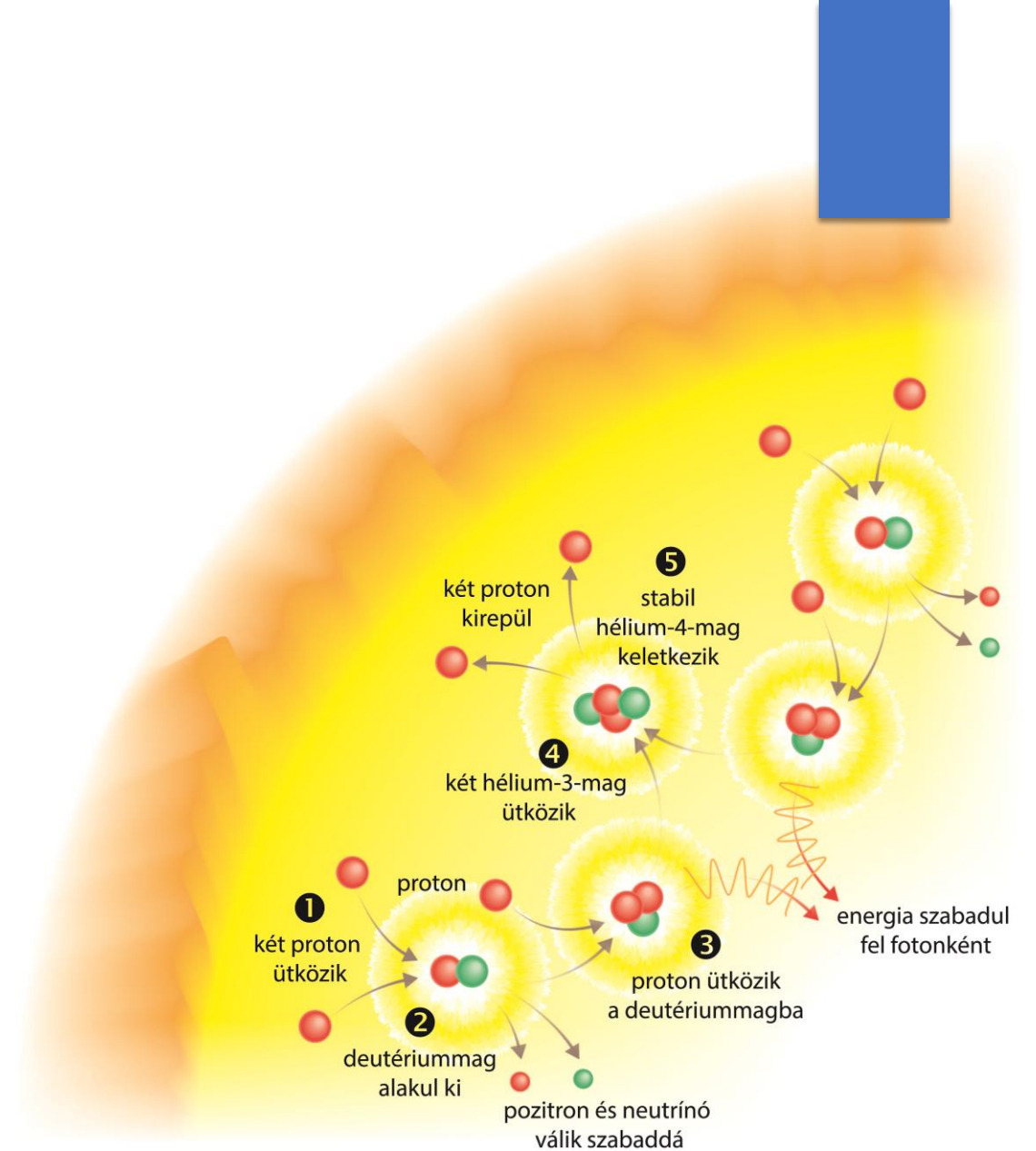
# Fúzió a csillagokban

- ▶ Nap energiája fúziós reakcióból, könnyű atommagok egyesülésekor felszabaduló gamma- és röntgensugárzásból ered.
- ▶ A Nap energiája a hidrogén termonukleáris fúziójából származik.
- ▶ A magban: 15 millió K-es hőmérséklet és a  $2 \cdot 10^{15}$  Pa nyomás
  - Fúziót lehetővé teszi
- ▶ A csillagokban kétféle fúzó
  - proton-proton ciklus (gyakoribb)
  - szén-nitrogén-oxigén ciklus



# Proton-proton ciklus

- ▶  ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{H} + \underline{e}^+ + \underline{\nu}_e$  ( $\tau \sim 7 \cdot 10^9$  év)
- ▶  ${}^2\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \underline{\gamma} + 5,49$  MeV ( $\tau \sim 2,4 \cdot 10^5$  év)
- ▶  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1\text{H} + {}^1\text{H} + 12,86$  MeV
- ▶ Ebből következtethető:
  - Lassú folyamat
  - Hosszú ideig fennmarad
  - (Nap 73,4% hidrogén, 24,8% hélium) Nem öreg csillag





# Fúzió a bombákban

- ▶ Hidegháborús évek: Szu. Vs USA
- ▶ Pusztítóbb bombát akartak tervezni az atombombánál
- ▶ Amerikaiak Teller Ede vezetésével megelőzték a szovjeteket
  - 1952: nagyobb berendezés robbantása
  - 1954: első fúziós bomba ledobása (Bikini-szigetek)
- ▶ Később: szovjetek még nagyobb hidrogénbombát robbantottak fel
  - 1961. Északi-sark közele
  - Nap teljesítményének 1%-a

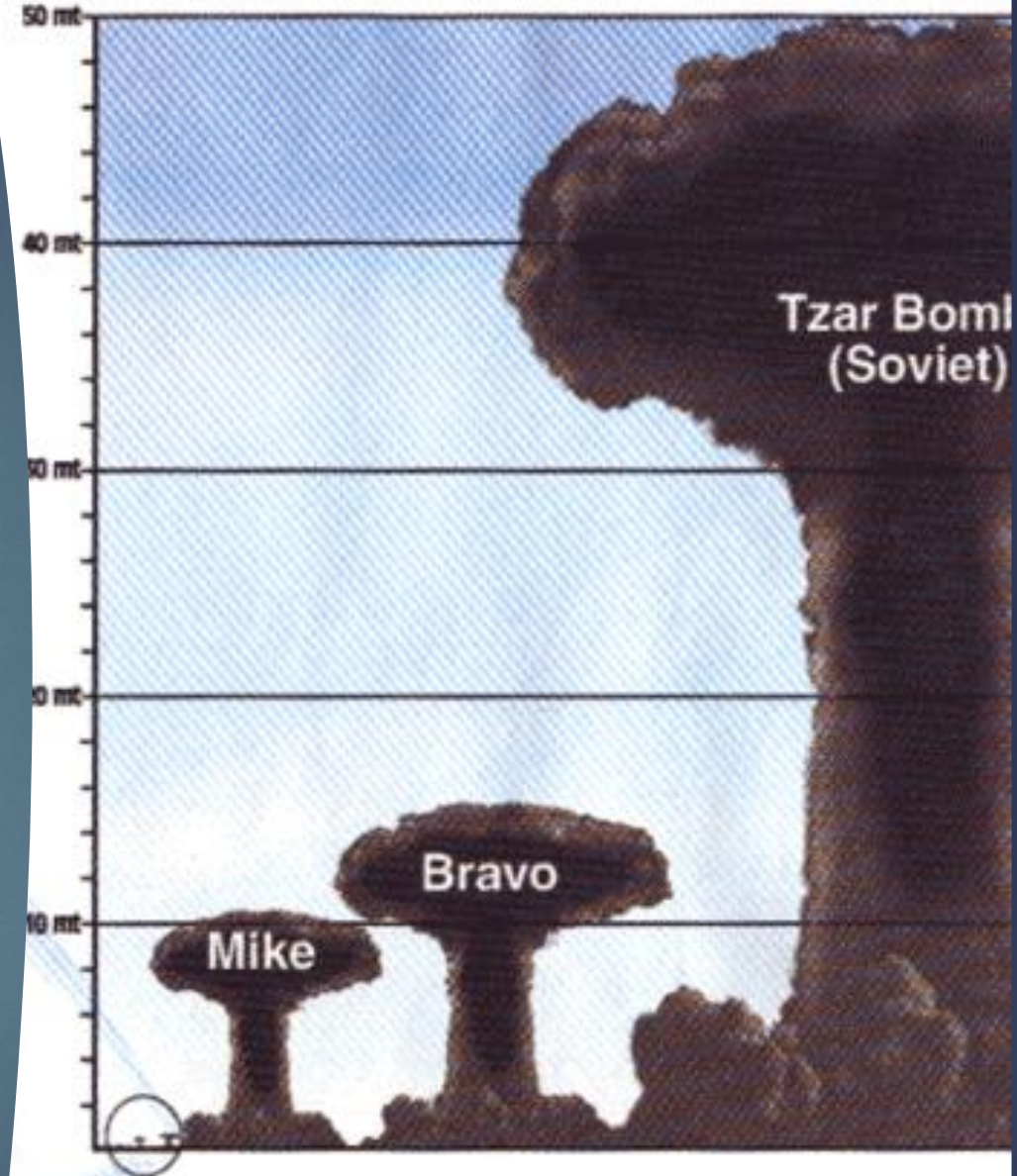
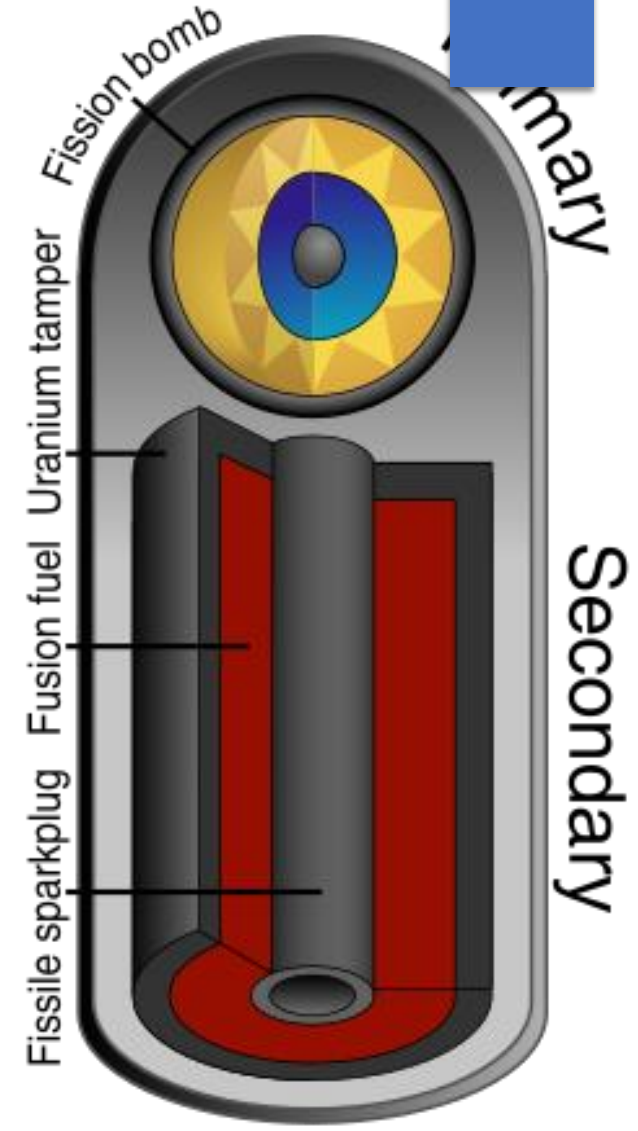


Illustration From  
Issue of "Popular Mech

# Fúzió a bombákban

- ▶ „kétfázisú atombomba”
- ▶ Lehetséges töltetük lítium-deuterid
- ▶ Reakció egyenlete:  $1\ ^2_1\text{D} + 3\ ^7_3\text{Li} \rightarrow 22\ ^4_2\text{He} + 0\ ^1_0\text{n} + (2,4\ \text{pJ})$

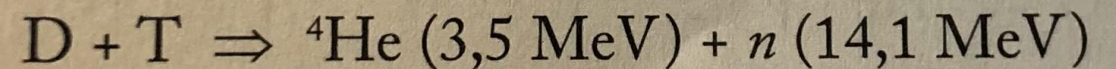
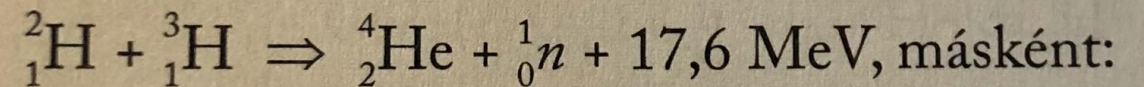
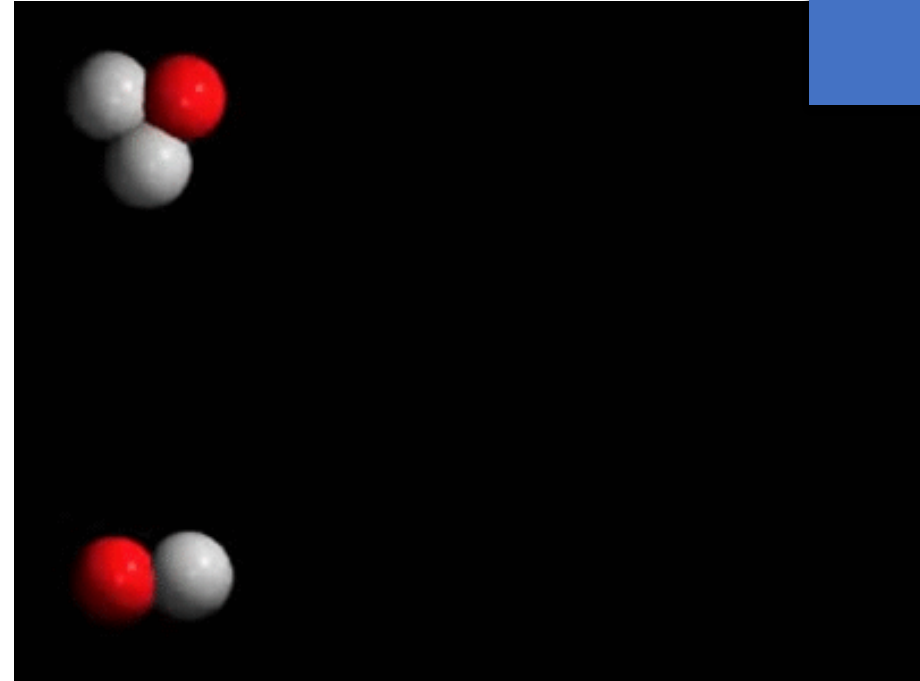


# Fúziós erőmű

- ▶ Szabályozott formában: csak laboratóriumban sikerült eddig, ipari méretekben még nem
- ▶ Megvalósítása folyamatban van (fúziós reaktor)
- ▶ Problémája: Plazma együtt-tartása szabályozása

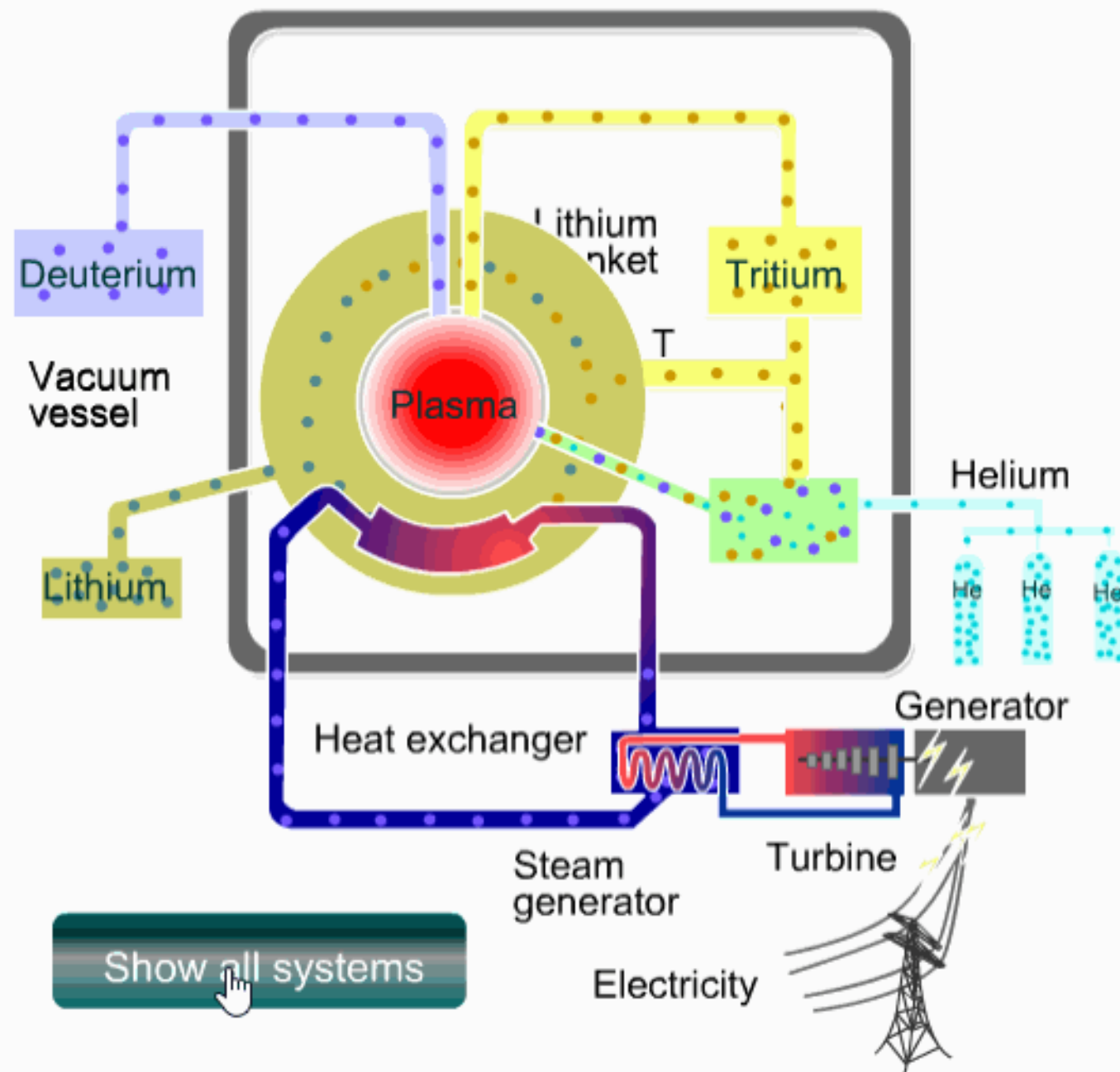
# Fúziós folyamatok

- ▶ Fő energiatermelő folyamat:
- ▶ Kevés trícium található a Földön
- ▶ Mesterségesen, lítiumból kell csinálni



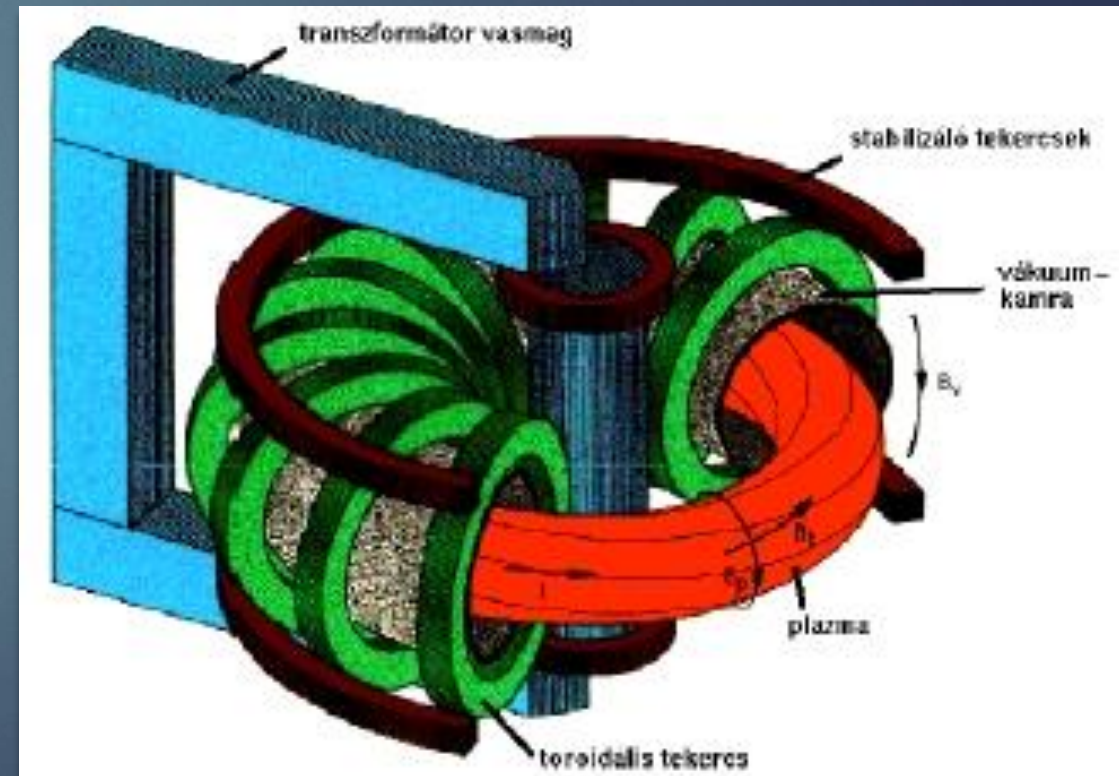
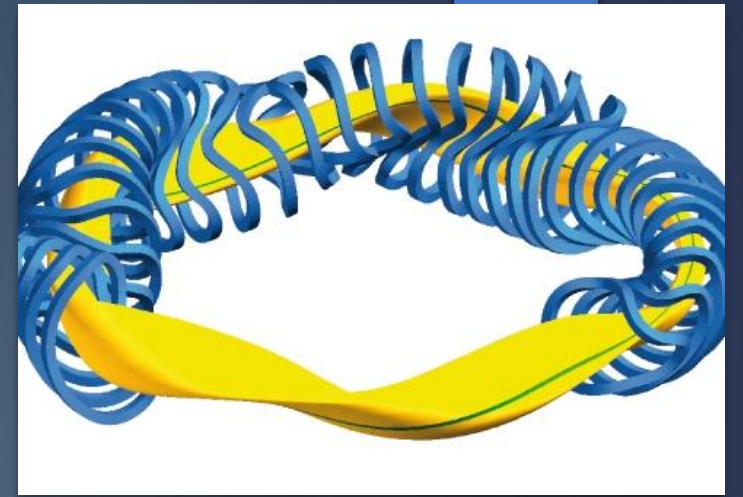
A fúziós folyamat során tríciumot egy l

# Fúziós erőmű rajzábra, trícium előállítás



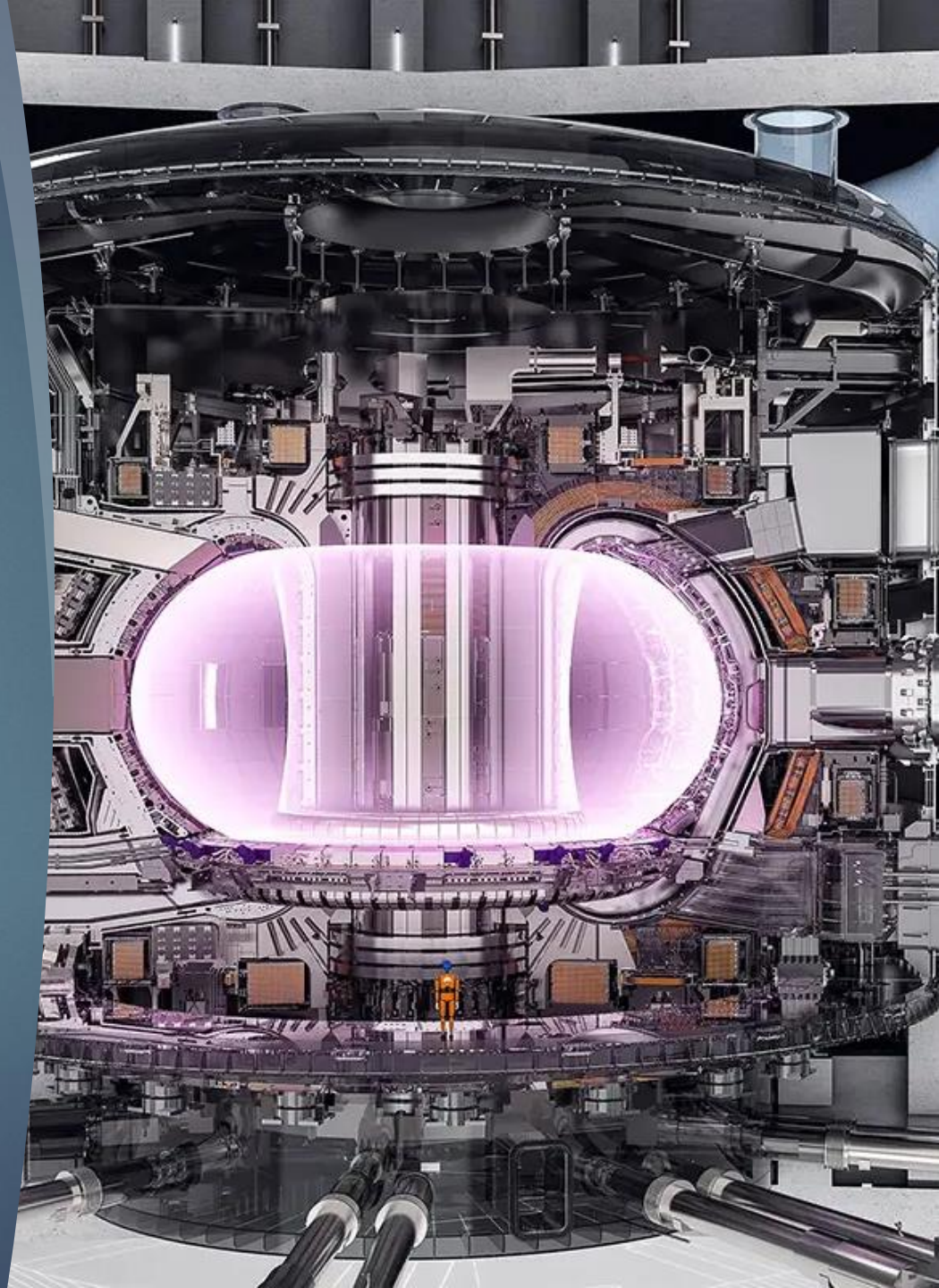
# Fúziós erőmű

- ▶ Legelterjedtebb berendezés: Tokamak-erőmű
- ▶ Torzított helikális térszerkezet: Sztellarátor, nem olyan fejlett, mint a tokamakos szerkezet



# Az európai fúziós erőmű

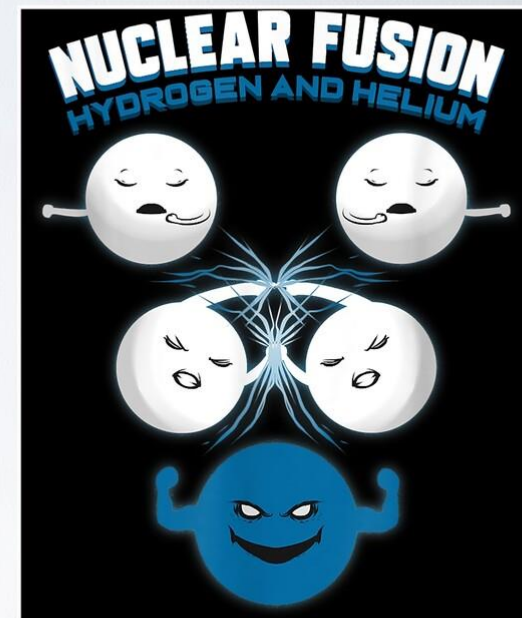
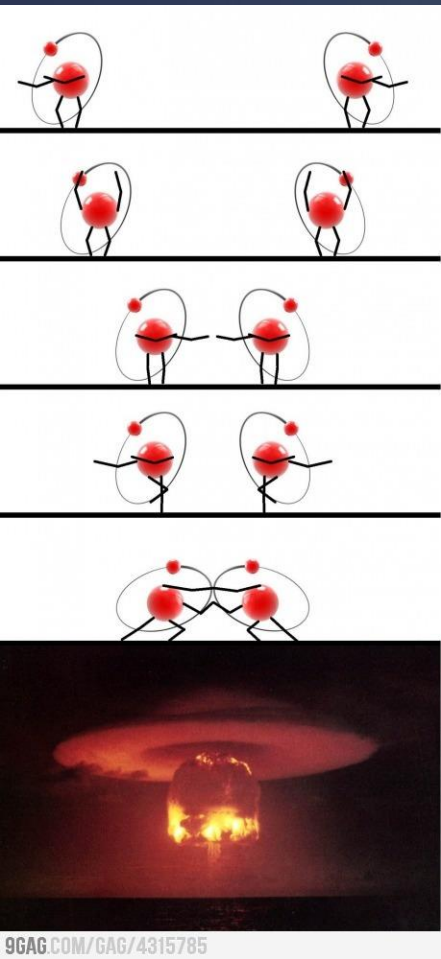
- ▶ 2008-ban nemzetközi összefogással elindították az ITER erőmű építését.
- ▶ Terv szerint:
  - 500MW fúziós teljesítmény 6-7 percen keresztül (fél gramm deutérium-trícium keverék fúziója)
- ▶ A projekt 2025-ben indul
- ▶ 10 milliárd euró a költségvetés (2. legdrágább tudományos projekt)



# Fúziós energiatermeléskilátásai

- ▶ Maghasadással szembeni előnyök:
  - Intenzívebb energiaforrás
  - Sokkal tisztább
  - Kimeríthetetlen mennyiségben áll rendelkezésre (Uránkészlet végesek)
  - Hiba esetén is a veszély fenyeget, mint a jelenlegi atomerőművekben
- ▶ Hátrány:
- ▶ Drága
- ▶ Nagyon drága





Köszönöm a figyelmet