

Először becsüljük meg a Nap sugárzási teljesítményét. Ezt kétféleképpen is megtehetjük.

1. Ismert, hogy a földfelszín 1 m^2 -ére – merőleges megvilágítás esetén – másodpercenként $1,4 \text{ kJ}$ energia érkezik a Napból. (Ez az energia a légkör fölött mérhető, a Föld felszínére csak kb. fele jut le.) Egy olyan gömbfelületen, amelynek középpontja a Nap, és sugara a Föld–Nap távolsággal egyenlő, $4R_{\text{FN}}^2 \pi \cdot 1,4 \text{ kW/m}^2 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$ teljesítmény halad át. Ez megegyezik a Nap összes kisugárzott teljesítményével. (A Föld–Nap távolság: $R_{\text{FN}} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.)

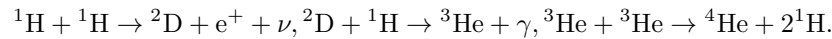
2. A Nap felszíni hőmérséklete $T_{\odot} \approx 6000 \text{ K}$. Egy T hőmérsékletű felület négyzetméterenként σT^4 teljesítményt sugároz ki ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$ a Stefan–Boltzmann-állandó). Így a Nap teljes felületének sugárzási teljesítménye:

$$P_{\odot} = 4R_{\odot}^2 \pi \sigma T_{\odot}^4 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}.$$

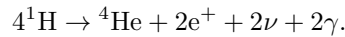
(A Nap sugara: $R_{\odot} 6,97 \cdot 10^8 \text{ m}$.)

Látható, hogy a kétféle becslés eredménye azonos. (Ez nem meglepő, hiszen a Nap felszíni hőmérsékletét éppen a kibocsátott sugárzás teljesítménye alapján állapították meg.)

A $\text{H} \rightarrow \text{He}$ fúzió (proton–proton ciklus) az alábbi három lépésben játszódik le:



(ν a folyamat során keletkező neutrínót, e^+ a pozitront, γ pedig a fotont jelöli.) A három reakció összesítve:



A reakció energiamérlege:

$$4m_{\text{p}}c^2 = m_{{}^4\text{He}}c^2 + 2m_{\text{e}}c^2 + \Delta E.$$

Az egy reakcióban ($4{}^1\text{H}$ átalakulásakor) felszabaduló energia:

$$\Delta E = (4m_{\text{p}} - m_{{}^4\text{He}} - 2m_{\text{e}})c^2 = 3,95 \cdot 10^{-12} \text{ J}.$$

($m_{\text{p}} = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_{{}^4\text{He}} = 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_{\text{e}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.)

A Nap teljesítményét másodpercenként

$$N = \frac{P_{\odot}}{\Delta E} \cdot 4 = \frac{3,8 \cdot 10^{26}}{3,95 \cdot 10^{-12}} \cdot 4 = 3,85 \cdot 10^{38} \text{ db}$$

H átalakulása fedezi. Ennyi hidrogén tömege:

$$m_{\text{H}} = 3,85 \cdot 10^{38} \cdot \frac{1 \text{ g}}{6 \cdot 10^{23}} = 6,4 \cdot 10^{11} \text{ kg}.$$

Egy ${}^{235}\text{U}$ atommag hasadásakor $198 \text{ MeV} = 32 \text{ pJ}$ energia szabadul fel. Az ${}^{235}\text{U}$ atommag tömege kb. 235 db H mag (proton) tömegével egyezik meg. Ennyi hidrogén héliummá alakulásakor $\frac{235}{4} \cdot 3,95 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 232 \text{ pJ}$ energia szabadul fel, így a H fúziója során $\frac{232 \text{ pJ}}{32 \text{ pJ}} = 7,25$ -ször annyi energia szabadul fel, mint azonos tömegű ${}^{235}\text{U}$ hasadásakor.

Bartal Balázs (Pécs, JPTE Babits M. Gyak. Gimn., IV. o.t.) és *Purger Norbert* (Kecskemét, Katona J. Gimn., II. o.t.) dolgozata alapján