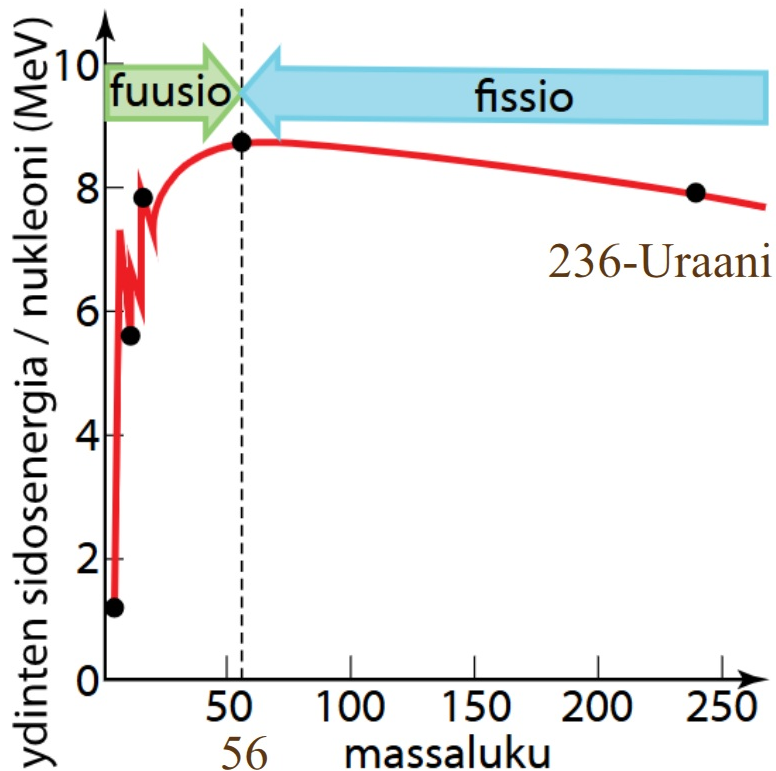


Fuusio ja fissio

Jos kevyempiä ytimiä yhdistetään raskaammiksi, niin puhutaan fuusiosta (esim. tähdet). Jos taas raskaampia hajotetaan kevyemmiksi, niin puhutaan fissiosta (esim. Olkiluoto).

Ydinreaktiossa voi vapautua energiaa (endoerginen) tai se voi vaatia ulkoista energiaa (eksoerginen).

Kirjan s. 139 kaavio kertoo reaktion energiasta

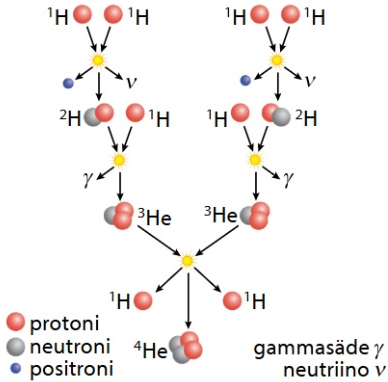


Esim. Tähdet jaksavat fuusioida "elinaikanaan" rautaan asti ytimiä. Ydinvoimalaitoksissa käytetään useimmiten Uraania fuusioissa.

Kirja s.141. Erinomainen esimerkki

ESIMERKKI 3

Fuusio Auringossa



Ratkaisu

$$P = 384,6 \text{ YW} = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}, 1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_{\text{H}} = 1,0078250 \text{ u}, M_{\text{H}} = 1,0078250 \text{ g/mol},$$

$$m_{\text{He}} = 4,0026033 \text{ u}, m_{e^-} = m_{e^+} = 0,000548580 \text{ u}$$

$$N_{\text{A}} = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

Neutriinoiden massat ovat hyvin pieniä, joten ne voidaan jättää pois massavajeen laskusta. Massavaje lähtöydinten (neljä ^1H -ydintä) ja tulo-ydinten (^4He -ydin, kaksi positronia ja kaksi neutriinoa) välillä on

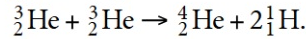
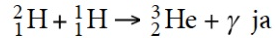
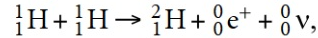
$$\Delta m = (4m_{\text{H}} - 4m_{e^-}) - (m_{\text{He}} - 2m_{e^-} + 2m_{e^+})$$

$$= (4 \cdot 1,0078250 \text{ u} - 4 \cdot 0,000548580 \text{ u}) -$$

$$(4,0026033 \text{ u} - 2 \cdot 0,000548580 \text{ u} + 2 \cdot 0,000548580 \text{ u})$$

$$= 0,0265024 \text{ u}.$$

Auringon ja muiden tähtien energia on peräisin niiden sisällä tapahtuvista fuusioista. Auringon energiantuotannon kannalta olennaisin on ns. protoni-protoni-ketju:



Ketjun aikana neljästä ^1_1H -ytimestä muodostuu yksi ^4_2He -ydin, kaksi positronia ja kaksi neutriinoa.

Auringon säteilyteho on 384,6 YW. Arvioi kuinka monta kilogrammaa vetyä fuusioituu sekunnissa.

Massavajetta vastaava energia on

$$Q = \Delta mc^2 = 0,0265024 \text{ u} \cdot c^2$$

$$= 0,0265024 \cdot 931,494 \text{ MeV}/c^2 \cdot c^2$$

$$= 24,6868 \text{ MeV} = 3,95526 \cdot 10^{-12} \text{ J}.$$

Reaktioita tapahtuu siten

$$\frac{P}{Q} = \frac{3,846 \cdot 10^{26} \text{ J/s}}{3,95526 \cdot 10^{-12} \text{ J}} = 9,72375 \cdot 10^{37} \approx 9,724 \cdot 10^{37} \text{ sekunnissa.}$$

Kuhunkin reaktioon kuluu neljä vetyatomia, joten reaktioissa kuluvan vedyn ainemäärä on

$$n = \frac{N}{N_{\text{A}}} = \frac{4 \cdot 9,72375 \cdot 10^{37}}{6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 6,45867 \cdot 10^{14} \text{ mol}.$$

Reaktioissa kuluvan vedyn massa on

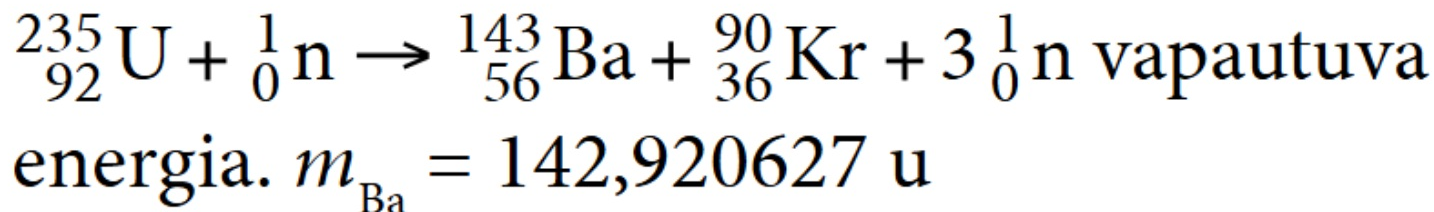
$$m = nM_{\text{H}} = 6,45867 \cdot 10^{14} \text{ mol} \cdot 1,0078250 \text{ g/mol} \\ \approx 650,9 \cdot 10^9 \text{ kg}.$$

Vastaus

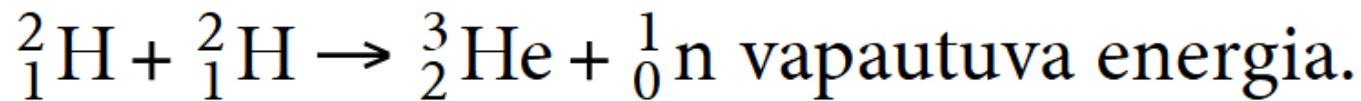
Auringossa fuusioituu vetyä noin 650,9 miljardia kilogrammaa sekunnissa.

Kokeile tehdä:

13-6. a) Laske fissioreaktiossa



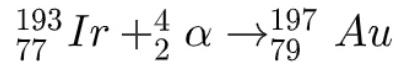
b) Laske fuusioreaktiossa



Anna tulokset viiden numeron tarkkuudella.

13-13. Alkemisti päätti valmistaa kultaa (^{197}Au) hiukkaskiihdyttimen avulla pommittamalla iridium-ytimiä (^{193}Ir) alfahiukkasilla.

- a) Arvioi kuinka paljon energiaa kuluu yhden kulta-atomin valmistamiseen?
- b) Oletetaan sähkön hinnaksi 20 snt/kWh. Kuinka paljon maksaisi sähkö yhden kultagramman valmistamiseen?



Reaktion massavaje:

$$\begin{aligned} & (196,967\,213\,u - 79 \cdot 5,485\,7991 \cdot 10^{-4}\,u) - (192,962\,917\,u - 77 \cdot 5,485\,7991 \cdot 10^{-4}\,u) \\ & - 4,002\,6033\,u = -0,0010226\,u \end{aligned}$$

Tämä energiana:

$$-0,0010226\,u \cdot 931,494\,102\,\text{MeV}/c^2 = -0,95255\,\text{MeV}$$

Kultaa 1g, eli mooleina

$$n = \frac{1\,g}{196,97\,\frac{g}{mol}} = 0,00507691526\,mol$$

Tämä atomeina:

...