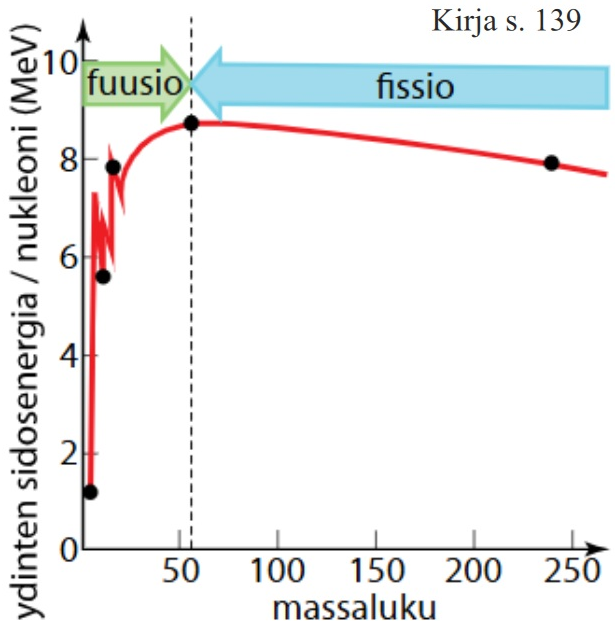
Energiaa ytimistä

Jos kevyitä (H, He,..) fuusioidaan (=yhdistetään) raskaammiksi, niin osa massasta vapautuu energiaksi. Vastaavasti raskaita (U, Np,..) voidaan fissioida (hajottaa) kevyemmiksi, jolloin saadaan taas energiaa. Viereinen klaavio kertoo mitä isotoopille voidaan tehdä.

Kirja s. 139



Ydinten sidososuus on suurimmillaan keskiraskaille ytimille ja suurin, kun massaluku on *A* = 56.

Kirja s. 140. FUUSIO

ESIMERKKI 2 Deuteriumin ja tritiumin fuusio

Helpoimmin fuusioituvia ytimiä ovat vedyn raskaat isotoopit deuterium ja tritium. Alla olevassa piirroksessa mallinnetaan deuteriumin ja tritiumin fuusioreaktiota.



a) Kirjoita reaktion reaktioyhtälö.

b) Laske reaktiossa vapautuva energia. Anna vastaus neljän merkitsevän numeron tarkkuudella.

Ratkaisu

$m_D = 2{,}0141018$ u, $m_T = 3{,}0160493$ u, $m_{He} = 4{,}0026033$ u
$m_n = 1{,}0086650$ u, 1 u = 931,494 MeV/c^2

a) Deuteriumin ja tritiumin fuusioreaktion reaktioyhtälö on
$^2_1\mathrm{H} + {}^3_1\mathrm{H} \rightarrow {}^4_2\mathrm{He} + {}^1_0\mathrm{n}$.

b) Massavaje deuteriumin ja tritiumin fuusioreaktiossa on

$$\begin{aligned}\Delta m &= (m_D - m_e + m_T - m_e) - (m_{He} - 2m_e + m_n)\\ &= m_D + m_T - m_{He} - m_n\\ &= 2{,}0141018\text{ u} + 3{,}0160493\text{ u} - 4{,}0026033\text{ u} - 1{,}0086650\text{ u}\\ &= 0{,}0188828\text{ u}.\end{aligned}$$

Massavajetta vastaava energia on

$$Q = \Delta m c^2 = 0{,}0188828\text{ u} \cdot c^2$$
$$= 0{,}0188828 \cdot 931{,}494\text{ MeV}/c^2 \cdot c^2 \approx 17{,}59\text{ MeV}.$$

Vastaus

Vapautuva energia on 17,59 MeV.

Kirja s. 143. FISSIO

ESIMERKKI 4 Fissioreaktiossa vapautuva energia

Laske uraanin ^{235}U fissioreaktiossa
$^1_0\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,{}^1_0\mathrm{n}$ vapautuva energia.
Anna vastaus neljän merkitsevän numeron tarkkuudella.

Ratkaisu

$m\left({}^{235}_{92}\mathrm{U}\right) = 235{,}043925$ u, $m\left({}^{141}_{56}\mathrm{Ba}\right) = 140{,}914410$ u,
$m\left({}^{92}_{36}\mathrm{Kr}\right) = 91{,}926111$ u, $m\left({}^1_0\mathrm{n}\right) = 1{,}0086650$ u,
1 u = 931,494 MeV/c^2

Fissiossa reaktion massavaje on

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_n + m_U - 92m_e - (m_{Ba} - 56m_e + m_{Kr} - 36m_e + 3m_n)\\ &= m_U - m_{Ba} - m_{Kr} - 2m_n\\ &= 235{,}043925\text{ u} - 140{,}914410\text{ u} - 91{,}926111\text{ u} - 2 \cdot 1{,}0086650\text{ u}\\ &= 0{,}186074\text{ u}.\end{aligned}$$

Massavajetta vastaava reaktioenergia on

$$\begin{aligned}Q = \Delta m c^2 &= 0{,}186074\text{ u} \cdot c^2\\ &= 0{,}186074 \cdot 931{,}494\text{ MeV}/c^2 \cdot c^2\\ &\approx 173{,}3\text{ MeV}.\end{aligned}$$

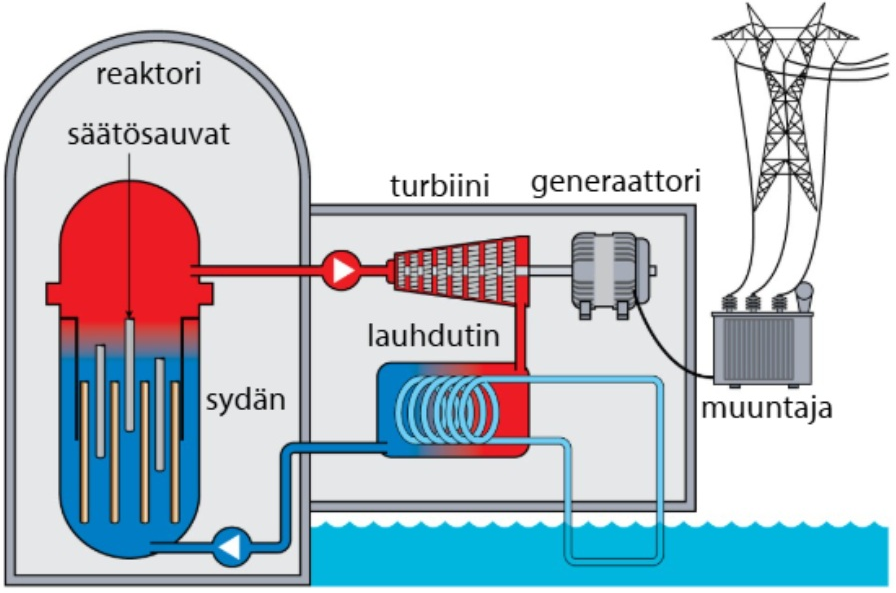
Vastaus

Reaktiossa vapautuva energia on 173,3 MeV.

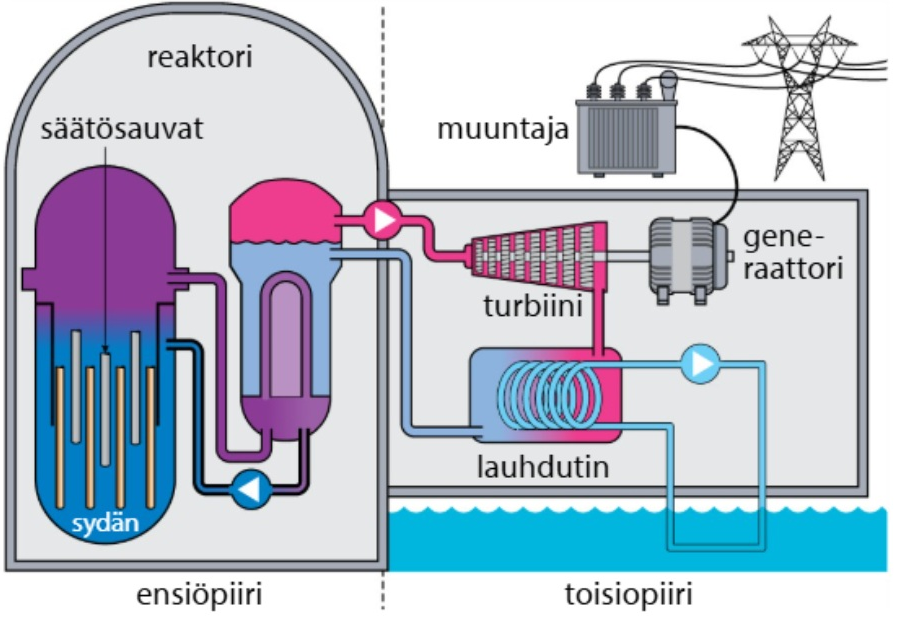
Tähdissä fuusioita ja elinaikanaan jaksaa tehdä atomeja rautaan (26 protonia) asti. Tähtien loppu-vaiheissa voi syntyä atomeja uraaniin (92 protonia) asti. Uraania raskaammat (=Transuraani) on ihminen tehnyt ydinvoimalaitoksissa, hiukkaskiihdyttimissä yms.

Ydinvoimalaitoksissa reaktioissa vapautunut energia lämmittää vettä. Kaupallisessa käytössä on kaksi erilaista mallia. Ensimmäisessä reaktioenergia höyrystää vettä (kiehutusvesireaktori). Toisessa reaktiossa lämmennyt vesi pidetään paineella vetenä, joka lämmittää toisessa piirissä olevan veden höyryksi. (painevesireaktori).

Kirja s. 148



Kiehutusvesireaktorin toimintakaavio.



Painevesireaktorin toimintakaavio.