

YDIN JA YDINENERGIA

8. Atomin ydin

9. Ydinsäteily

10. Hajoamisenergia

11. Hajoamislaki

12. Ydinenergia

8. ATOMIN YDIN

Massaluku
= protonit +
neutronit



A

X

Järjestysluku
= protonien
lkm



Z



Alkuaineen
kemiallinen
merkki

- Nuklidi = atomiydin, jolla on tietty järjestysluku ja neutroniluku
- Isotoopit = nuklidit, joilla on sama protoniluku, mutta eri neutroniluku
- Pysymättömät isotoopit ovat radioaktiivisia.
- Koska atomien massat ovat hyvin pieniä, käytetään atomin massan yksikkönä atomimassayksikköä. (1 u)
- $1 u = 1,6605389 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

- Massan ja energian vastaavuus:

$$E = mc^2$$

- Yhtä atomimassayksikköä vastaava energia on

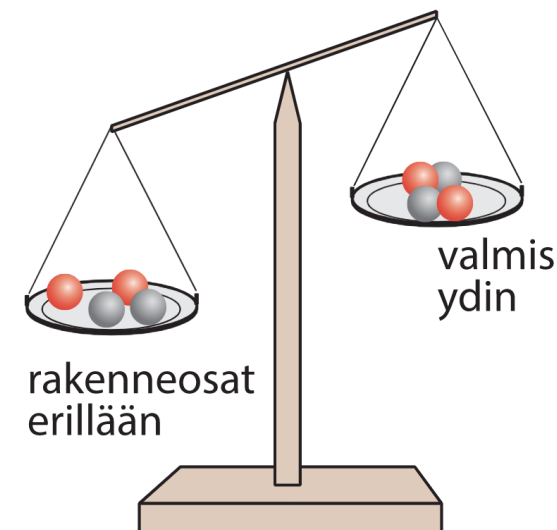
$$1,4924179 \cdot 10^{-10} J \approx 931,49432 \text{ MeV}$$

Eli

$$1u = 931,494 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

- Massavaje Δm on ytimen rakenneosasten yhteismassaan ja ytimen massan erotus

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n + Z \cdot m_e - m_{\text{atomi}}$$



- Ytimen sidosenergia E_B on energia, joka tarvitaan hajottamaan ydin nukleoneiksi. Sama määrä energiaa vapautuu, kun nukleonit muodostavat ytimen.

$$E_B = \Delta mc^2$$

- Sidososuus eli sidosenergia nukleonia kohti kuvaa atomiytimen pysyvyyttä. Sidososuus lasketaan jakamalla ytimen sidosenergia massaluvulla.

$$b = \frac{E_b}{A}$$



Esim. Laske uraanin ${}_{92}^{235}\text{U}$ massavaje, sidosenergia ja sidososuus.

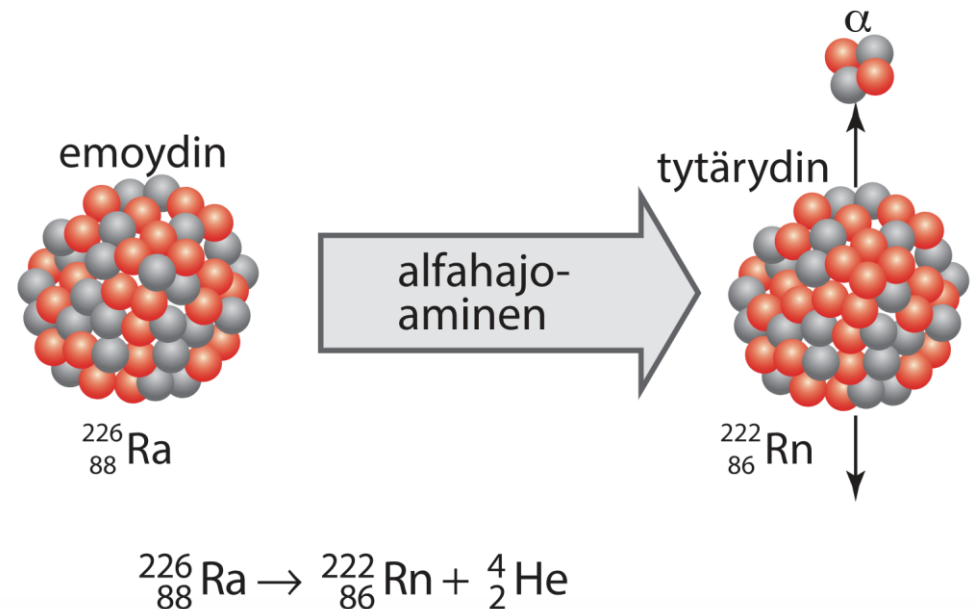
RADIOAKTIIVINEN HAJOAMINEN

- Radioaktiivisten aineiden ytimet emittoivat alfa-, beeta-, gamma- tai neutronisäteilyä
- Ydinsäteily on ionisoivaa säteilyä, joka on ihmisen terveydelle haitallista

ALFASÄTEILY

Alfahajoaminen

- Ytimen alfahajoamisyhtälö on
$$\frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A-4}{Z-2}Y + \frac{4}{2}\text{He},$$
jossa X on emoydin, A sen massaluku ja Z varausluku. Y on tytärudin.
- Ytimen massaluku pienenee neljällä ja varausluku (protoniluku) kahdella.



- 
- Alfahajoamista ei voi tapahtua spontaanisti, koska yksittäisen nukleonin poistuminen vaatii energiaa suurin piirtein sidossuuden verran.

Esim. Mikä ydin syntyy, kun alfa-aktiivinen radon 222-isotooppi hajoaa?
Kirjoita hajoamisyhtälö.

β^- - HAJOAMINEN

β^- -hajoaminen

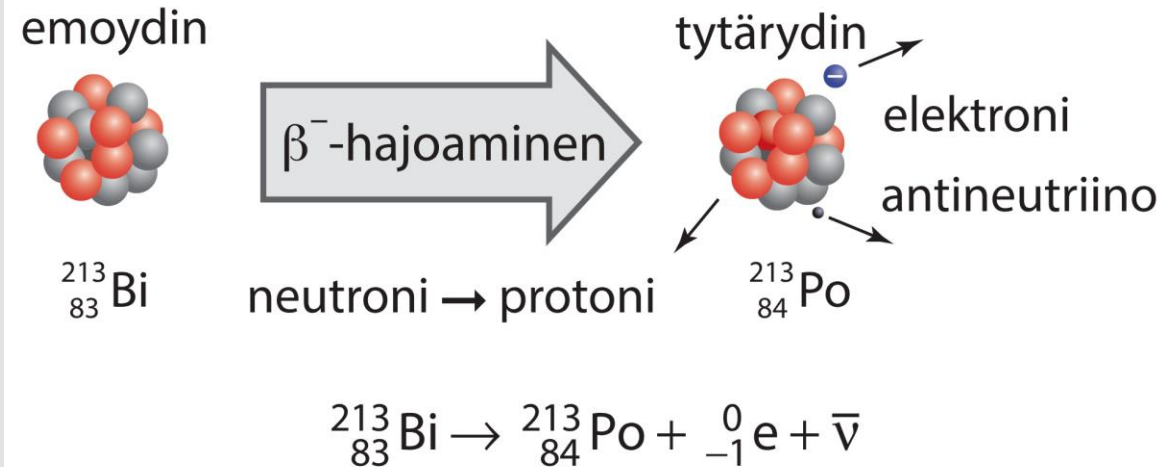
- β^- -aktiivisessa ytimessä neutroni muuttuu protoniksi ja samalla emittoituu elektroni ja antineutriino.

Hajoamisyhtälö on

$${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + {}_{-1}^0 e + \bar{\nu},$$

jossa X on emoydin, Y tytärydin, e elektroni ja $\bar{\nu}$ antineutriino.

- Tytärytimen massaluku on sama kuin emoytimen, mutta varausluku (protoniluku) kasvaa yhdellä.
- Neutronin hajoamisyhtälö on ${}_0^1 n \rightarrow {}_1^1 p + {}_{-1}^0 e + \bar{\nu}$.



β^+ - HAJOAMINEN

β^+ -hajoaminen

- β^+ -hajoamisessa ytimessä protoni muuttuu neutroniksi ja samalla emittoituu positroni ja neutriino. Hajoamisyhtälö on ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^A Y + {}_{+1}^0 e + \nu$, jossa X on emoydin, Y tytärydin, e^+ positroni ja ν neutriino.
- Protonin hajoamisyhtälö on ${}_1^1 p \rightarrow {}_0^1 n + {}_{+1}^0 e + \nu$.
- Tytärytimen massaluku on sama kuin emoytimen, mutta varausluku pienenee yhdellä.

emoydin

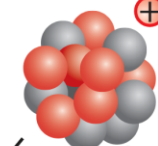


${}_{47}^{106}\text{Ag}$

β^+ -hajoaminen

protoni $\rightarrow$ neutroni

tytärydin



${}_{46}^{106}\text{Pd}$

positroni
neutriino



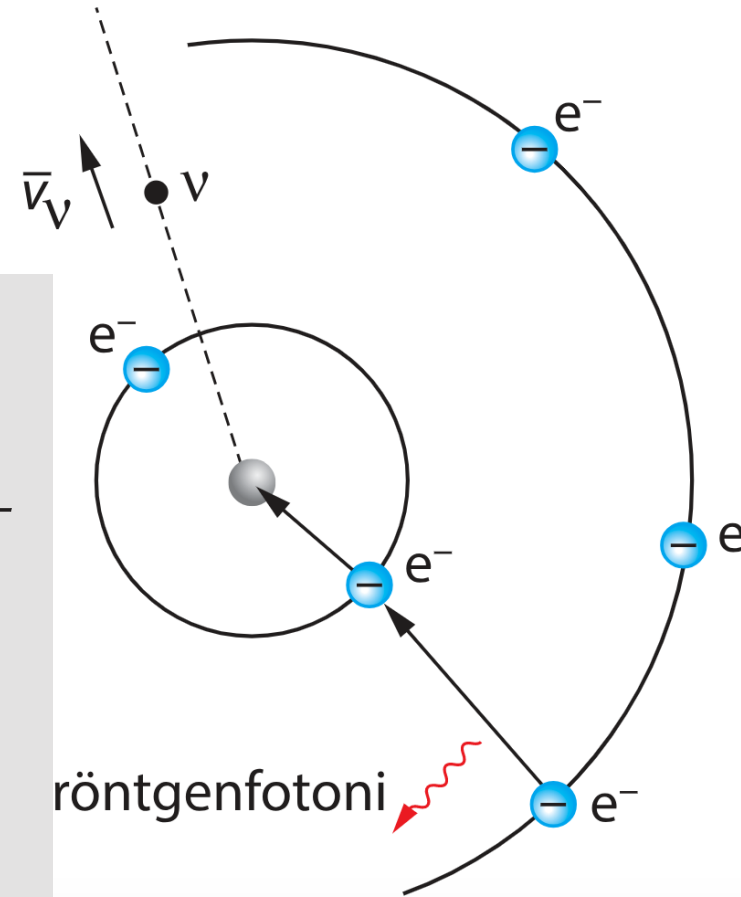
- 
- Beetahajoaminen voi tapahtua spontaanisti.

Esim. Kuparin isotooppi 64 voi hajota sekä β^- , että β^+ hajoamisprosessin kautta. Kirjoita hajoamisen reaktioyhtälöt.

Elektronisieppaus

Elektronisieppaus

- Elektronisieppauksessa ytimeen siepattu elektroni reagoi protonin kanssa ja syntyy neutroni ja neutriino, ja samalla vapautuu gamma-säteilyä. Elektronisieppauksen atomi emittoi yhden tai useamman röntgenfotonin.
- Reaktioyhtälö on ${}_Z^A X + {}_{-1}^0 e \rightarrow {}_{Z-1}^A Y + \nu$, jossa X on emoydin, Y tytärydin, e elektroni ja ν neutriino.
- Protonin ja elektronin reaktioyhtälö on ${}_1^1 p + {}_{-1}^0 e \rightarrow {}_0^1 n + \nu$.





Esim. Kuparin isotooppi 64 voi myös siepata elektronin alemmilta elektronikuorilta. Kirjoita hajoamisen reaktioyhtälö.

10. HAJOAMISENERGIA

- Spontaaneissa ydinreaktioissa emoytimen massa on suurempi kuin hajoamistuotteiden yhteenlaskettu massa, jolloin hajoamisreaktioissa vapautuu energiaa.
- Hajoamisenergia (=vapautuva energia) alfa- ja beetahajoamisessa on

$$Q = \Delta mc^2.$$

- Δm = massavaje hajoamisessa ja c = valonnopeus tyhjiössä
- Alfahajoamisessa ytimen energia ja liikemäärä säilyvät.
- Alfahajoamisessa hajoamisenergia on yhtä suuri kuin hajoamistuotteiden liike-energia.

$$Q = \frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2 + \frac{1}{2}m_{tytär}v_{tytär}^2$$

- Liikemäärä säilyy:

$$m_{\alpha} \bar{v}_{\alpha} + m_{\text{tytär}} \bar{v}_{\text{tytär}} = \bar{0}$$

Esim. Radon isotooppi 219 on alfa-aktiivinen isotooppi. Kirjoita hajoamisyhtälö ja laske reaktiossa vapautuva energia.



Esim. Typen isotooppi 13 on β^+ aktiivinen. Kirjoita hajoamisreaktio ja laske reaktioenergia.