

# Hajoamislaki

Jo pienikin määrä ainetta pitää sisällään suuren joukon ytimiä.

Esim. "Uraaninappi", jota käytetään ydinvoimalaitoksissa on massaltaan 5 g ja jaksollista järjestelmästä Uraanin moolimassa on 238,03 g/mol, eli Uraania on noin 0,02 moolia, eli siinä on atomeja  $0,02 \cdot \text{Avogadron vakio}$ .

Atomien ydinten määrää merkitään N.

Yksittäisten ytimien hajoamista ei voida määrittää, mutta suuret joukot toimivat sääntöjen mukaan.

Otetaan käyttöön uusi suure: Aktiivisuus ( $A$ ) joka ilmaisee kuinka paljon tapahtuu hajoamisia jossakin ajassa. Jos ajan yksikkö on sekunti, niin aktiivisuuden yksikkö on Becquerel (Bq).

$$\Rightarrow A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} \text{ (Aktiivisuus=ytimien määrän muutos jossakin ajassa)}$$

-merkki, koska aktiivisuus pienenee koko ajan.

Toisaalta jokainen radioaktiivinen isotooppi hajoaa omalla tavallaan

$\Rightarrow$  otetaan käyttöön ns. hajoamisvakio ( $\lambda$ )

Tällöin aktiivisuus voidaan ilmaista hajoamisvakion ja ydinten lukumäärän avulla

$$A = \lambda N$$

$$\Rightarrow -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \text{ korvataan muutos derivaatalla}$$

$$\Rightarrow -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$\Rightarrow \frac{dN}{N} = -\lambda dt \text{ derivaatan käänteisoperaatio on integraali}$$

$$\Rightarrow \int_{N_0}^N \frac{1}{N} dN = - \int_0^t \lambda dt$$

$$\int_{N_0}^N \ln N = - \int_0^t \lambda t$$

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{Hajoamislaki ja löytyy taulukoista}$$

Hajoamisvakioita ei ole taulukoitu mihinkään, vaan ainoastaan puoliintumisaikoja -> Selvitetään yhteys näiden välille.

Sijoitetaan  $N = \frac{N_0}{2}$ , eli puolitetaan alkuperäinen määrä

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

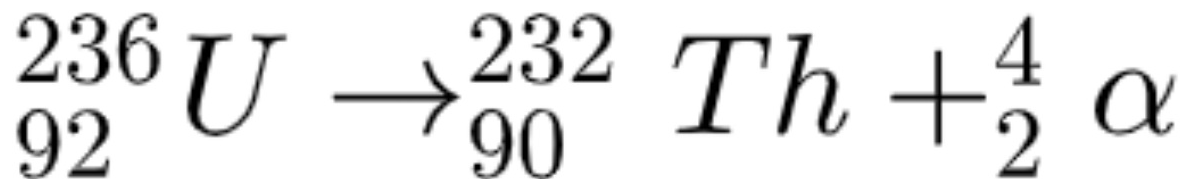
$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -\lambda t$$

$$-\ln 2 = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \text{ Löytyy taulukoista}$$

- 10-7.** Toriumisotooppi  $^{232}_{90}\text{Th}$  syntyy alfahajoamisen seurauksena uraanista.
- Kirjoita hajoamisyhtälö.
  - Laske toriumnäytteen aktiivisuus, kun toriumia on 25,0 g.



$$\begin{aligned} A &= \lambda N = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \cdot N = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A \\ &= \frac{\ln 2}{1,405 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}} \cdot \frac{25 \text{ g}}{232,04 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 6,022 \ 140 \ 76 \cdot 10^{23} \text{ l/mol} \\ &\approx 102 \ 000 \text{ Bq} \end{aligned}$$

Arkeologi löytää luolasta nuotiopohjan, josta mitataan radiohiili-pitoisuuden olevan 17 % elollisesta. Milloin viimeksi paloi tuli nuotiossa, kun radiohiilen puoliintumisaika on 5730 a?

Karkea arvio:

Alussa 100 %

5730 a=50 %

2\*5730 a=25 % Jossakin näiden välissä

3\*5730 a=12,5 %

X=PUOLIN-  
TUMISA

$$\left(\frac{1}{2}\right)^X = 0,17$$

$$X = \frac{\ln 0,17}{\ln 1/2} = 2,6$$

$$\Rightarrow 2,6 \cdot 5730 \text{ a} \approx 15000 \text{ a}$$