

Radioaktivitet

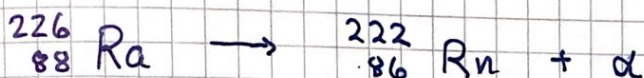
(91)

- Av ca 2500 kjente nuklider er færre enn 300 stabile.
- Ustabile kjerner spaltes ("decay") med utsending av partikler (massive) eller fotoner.
- Levetider varierer fra mindre enn $1 \mu\text{s}$ til milliarder av år.

α -decay

${}^4_2\text{He}$ -kjerne emitteres spontant

Eks:



↑
moderkjerne (X)
(radium)

↑
datterkjerne (Y)
(radon)

Frigjort kinetisk energi $Q = \text{Tap i hvileenergi} :$

$$\begin{aligned} Q &= (M_X - M_Y - M_\alpha) c^2 \\ &= (226.025410 \text{ u} - 222.017578 \text{ u} - 4.002603 \text{ u}) \cdot \\ &\quad \cdot 931.494 \frac{\text{MeV}}{\text{u}} \\ &= 0.005229 \text{ u} \cdot 931.494 \text{ MeV/u} \\ &= 4.87 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{1}{2} M_Y v_Y^2 + \frac{1}{2} M_\alpha v_\alpha^2 = \frac{1}{2} M_Y v_Y^2 + K_\alpha$$

$$0 = M_Y v_Y - M_\alpha v_\alpha \quad (\text{impulsbevarelse})$$

$$\Rightarrow v_Y = M_\alpha v_\alpha / M_Y$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{2} M_Y \cdot \left(\frac{M_\alpha v_\alpha}{M_Y} \right)^2 + \frac{1}{2} M_\alpha v_\alpha^2 \quad (92)$$

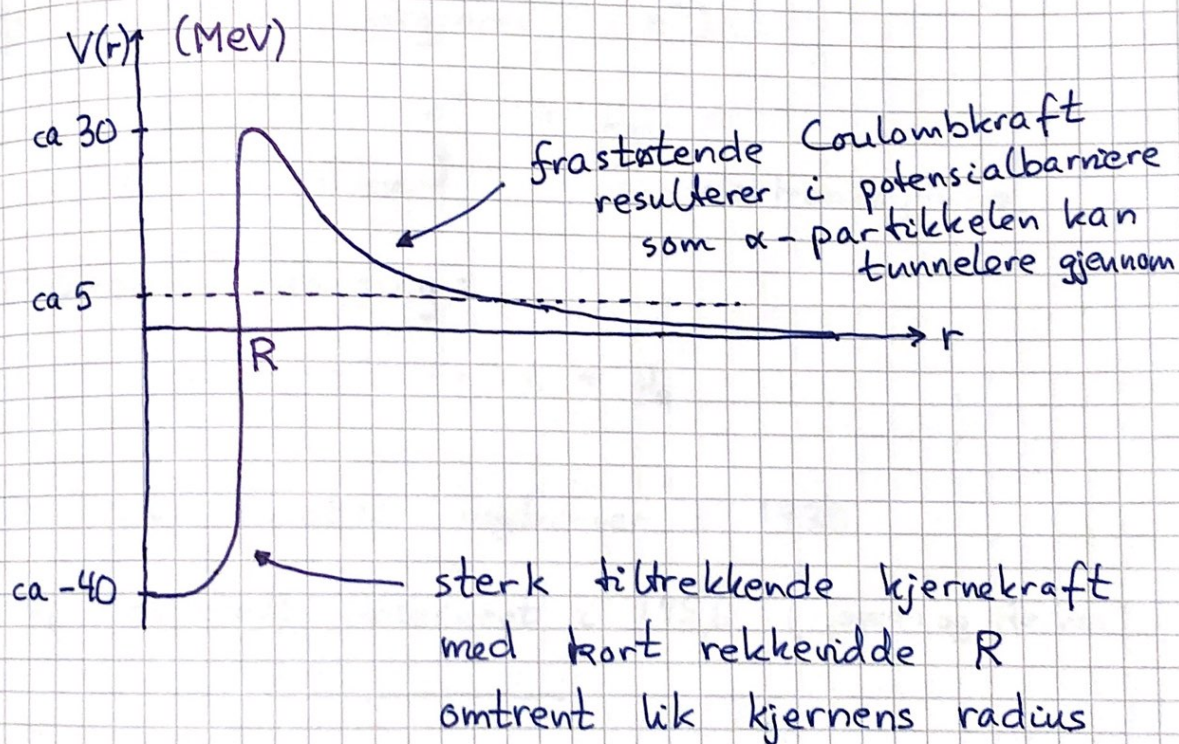
$$= \frac{1}{2} M_\alpha v_\alpha^2 \left(\frac{M_\alpha}{M_Y} + 1 \right) = K_\alpha \left(\frac{M_\alpha + M_Y}{M_Y} \right)$$

$$\Rightarrow \underline{K_\alpha = Q \cdot \left(\frac{M_Y}{M_\alpha + M_Y} \right)}$$

Her er $Q = 4.87 \text{ MeV}$, $M_Y = 222u$, $M_\alpha \approx 4u$

$$\Rightarrow K_\alpha = 4.87 \text{ MeV} \cdot 222/226 = \underline{\underline{4.78 \text{ MeV}}}$$

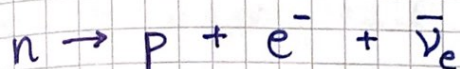
α -decay kan beskrives som tunneling:



β -decay

(93)

β^- : Elektron frigjøres (e^-)



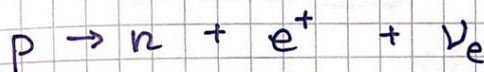
↑ antielektronnøytrino

Bevaring av spinn og ladning

$\Rightarrow \bar{\nu}_e$ har spinn $s=1/2$ og ladning $q=0$.

Massen er trolig mindre enn (ca) $0.1 \text{ eV}/c^2$

β^+ : Positron frigjøres (e^+)



↑ positron

↑ elektronnøytrino

Elektron - innfangning:

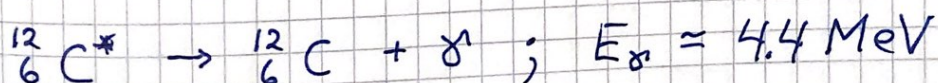
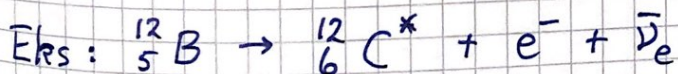


W. Pauli forutsa nøytrinoer i 1930.

ν_e ble først observert i 1956 (Cowan og Reines).

γ -decay

Utsendelse av foton med høy energi når α - eller β -decay resulterer i datterkjerne i eksitert tilstand.



Aktivitet og halveringstid

(94)

Rimelig å anta at antall kjerner som spaltes pr tidsenhet er proporsjonalt med antall radioaktive kjerner som er igjen:

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

$$\Rightarrow \int_{N(0)}^{N(t)} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \Rightarrow \ln \frac{N(t)}{N(0)} = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \boxed{N(t) = N(0) e^{-\lambda t}}$$

Halveringstid $T_{1/2}$: $\frac{N(t+T_{1/2})}{N(t)} = \frac{1}{2}$

$$\Rightarrow e^{-\lambda T_{1/2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{T_{1/2} = \frac{1}{\lambda} \ln 2}$$

Enheter for radioaktivitet:

1 Bq (becquerel) = 1 spaltning pr sekund

1 Ci (curie) = $3.70 \cdot 10^{10}$ spaltinger pr sekund

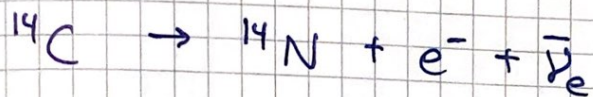
(ca decay-raten for 1g radium, Ra)

Radiologisk datering

(95)

Atmosfærens isotopfordeling av karbon er den samme som i levende organismer pga CO_2 inn/ut.

Opptak av CO_2 stanser ved død, og andel ^{14}C avtar pga β -decay,



med $T_{1/2} = 5730$ år.

⇒ Med kjent $[^{14}\text{C}]$ i atmosfæren (over tid) kan forløpt tid fra organismens død beregnes.