# Hvor får alfapartiklen sin energi fra?

*Tankeeksperiment*

*En* α*-partikel er en heliumkerne. En ustabil atomkerne, kaldet moderkernen, deles i en datterkerne og en alfapartikel, hvor alfapartiklen får langt det meste af den frigivne energi. Hvor får alfapartiklen sin energi fra*

Kernestoffet er: *Ækvivalensen mellem masse og energi herunder beregning af Q-værdi ved kernereaktioner*

Opslaget indeholder

1. Hvordan kan Q-værdien beregnes ud fra bindingsenergier?
2. Hvordan kan Q-værdien beregnes ud fra atommasser?

## 1. Hvordan kan Q-værdien beregnes ud fra bindingsenergier?

**Bevarelsessætninger ved kerneprocesser.**

Ved alle kerneprocesser er den totale energi, ladningen og nukleontallet bevaret, dvs.

* ladning før = ladning efter
* antallet af nukleoner før = antallet af nukleoner efter
* totale energi før = totale energi efter

**Eksempel 1.** α*-henfald.*

En radiumkerne (Ra) udsender en alfapartikel og omdannes til radon (Rn)

$$\rightarrow +$$

*Ladnings og nukleonbevarelse*

* Ladningstallet er bevaret, fordi: 88 = 86 + 2
* Antallet af nukleoner er bevaret, fordi: 226 = 222 + 4

*Her er det 88 protoner og 138 neutroner der omfordeles, men ingen nukleon-omdannelser*

**Opgave 1.** *Bevarelsessætninger*

Polonium (Po) henfalder via en α-proces til bly (Pb)

$$\rightarrow $$

Vis, at ladnings- og nukleontallet er bevaret

**Eksempel 2.** *Energifrigivelse ved et*α*-henfald via bindingsenergi.*

Den frigjorte energi beregnes ud fra bindingsenergierne

*Data over bindingsenergier*

* Bindingsenergi af Ra-226 er 1731,60 MeV
* Bindingsenergi af Rn-222 er 1708,18 MeV
* Bindingsenergi af He-4 er 28,30 MeV

Den frigjorte energi kan beregnes via følgende tankeeksperiment

* Der skal tilføres 1731,60 MeV for at adskille radiumkernen i sine bestanddele
* Der frigøres 1708,18 MeV ved at samle radonkernen i sine bestanddele
* Der frigøres 28,30 MeV ved at samle heliumkernen i sine bestanddele

Den frigjorte energi kaldes reaktionsenergien eller reaktionens Q-værdi. Ved en kernereaktion er Q-værdien defineret som tilvæksten i kinetiske energi, som også er lig tilvæksten i bindingsenergi

$$Q=∆E\_{kin} i en energifrigivende proces er ∆E\_{kin} >0$$

$$ =E\_{bind, efter}-E\_{bind, før}$$

$$ =E\_{bind, He}+E\_{bind, Rn}-E\_{bind, Ra}$$

$$ =1718,18 MeV +28,30 MeV-1731,60 MeV$$

$$ =4,88 MeV$$

Hvis radiumkernen ligger stille før reaktionen, er al reaktionsenergien efter reaktionen kinetisk energi af radonkernen og heliumkernen, hvor heliumkernen får langt det meste

**Opgave 2.** *Q-værdi af alfa-henfald ud fra kernernes bindingsenergi*

Polonium (Po) henfalder via en α-proces til bly (Pb)

$$\rightarrow $$

når kernernes bindingsenergier er

* Bindingsenergi af Po-214 er 1666,01 MeV
* Bindingsenergi af Pb-210 er 1645,55 MeV
* Bindingsenergi af He-4 er 28,30 MeV

Vis, at processens Q-værdi er 7,88 MeV

## 2. Hvordan kan Q-værdien beregnes ud fra atommasser?

**Skabelon af et** **α-henfald.**

En moderkerne M henfalder til en datterkerne D ved at udsende en heliumkerne

$$\rightarrow +$$

Processens Q-værdi kan beregnes via formlen

$$Q=\left(m\_{kerne, M}-m\_{kerne, D}-m\_{kerne, α}\right)∙ \frac{931,5 MeV}{u} atommasser målt i unit=u$$

I databogen har vi ikke adgang til kernernes masser, men kun atomernes (nukleidernes) masser. Da elektronerne går ud af energiregnskabet og hvis vi ser bort fra elektronens bindingsenergi, kan Q-værdien beregnes via formlen

$$Q=\left(m\_{atom, M}-m\_{atom, D}-m\_{atom, α}\right)∙ \frac{931,5 MeV}{u} atommasser målt i unit=u$$

*Q-værdien er positiv, når massen før reaktionen er større, end massen efter reaktionen.*

**Eksempel 3.** *Beregning af den frigjorte energi via atommasser.*

Betragtα-henfaldet

$$\rightarrow +$$

Beregn Q-værdien af henfaldet, når atommasserne er:

* $m\_{Ra}= $226,02541 u
* $m\_{Rn}=$ 222,01758 u
* $m\_{He}=$ 4,00260 u

$$Q=\left(m\_{atom, M}-m\_{atom, D}-m\_{atom, α}\right)∙ \frac{931,5 MeV}{u}$$

$$ =\left(0,00523 u\right)∙ \frac{931,5 MeV}{u}$$

$$ =4,87 MeV$$

**Opgave 3.** *Q-værdi af alfa-henfald ud fra atommasser*

Polonium (Po) henfalder via en α-proces til bly (Pb)

$$\rightarrow $$

Søg på atommasser og vis, at processens Q-værdi bliver $7,9 MeV$.

**Eksempel 4.** *Hvorfor kan der regnes med atommasser?*

$$m\_{atom, Ra}-m\_{atom, Rn}-m\_{atom, α}$$

$$m\_{kerne, Ra}+88∙m\_{e}-\left(m\_{kerne, Rn}+86∙m\_{e}\right)-(m\_{kerne, α}+2∙m\_{e})$$

$$m\_{kerne, Ra}-m\_{kerne, Rn}-m\_{kerne, α}$$

**Opgave 4**

Polonium (Po) henfalder via en α-proces til bly (Pb)

$$\rightarrow $$

Vis, at elektronerne går ud i ’masseregnskabet’