

2 Radioaktivitet og kernehenfald

Ustabile nuklider

Som nævnt hænger en atomkerne godt sammen takket være de stærke kernekrafter. Naturen (og den fysiske forskning) frembringer dog hele tiden ustabile nuklider. Disse er så at sige "født" med et overskud af energi, og de har en tilbøjelighed til at skaffe sig af med dette overskud. Derved kan de opnå en mere stabil tilstand. Vi siger, at ustabile nuklider er radioaktive dvs. strålingsaktive. Radioaktive nuklider vil altid søge mod en lavere energitilstand.

Et radioaktivt nuklids overskudsenergi kan forsvinde på flere forskellige måder, der alle betyder, at kernen ændrer sig. En sådan ændring kalder vi et *henfald*. Når en radioaktiv kerne henfalder, udsender den stråling, som kan bestå af partikler eller af elektromagnetiske bølger. En af strålingens egenskaber er, at den i større eller mindre grad har evnen til at ionisere, hvilket vil sige, at strålingen kan løsriver elektroner fra atomerne i det stof, som den passerer. Vi kalder den derfor *ioniserende stråling*.

Hvis en kerne af et bestemt nuklid udsender en partikel, forvandles den. Ved udsendelsen er den blevet til et nyt nuklid. Fysikerne har valgt at kalde den oprindelige kerne for *moderkernen*, mens kernen efter udsendelsen kaldes *datterkernen*.

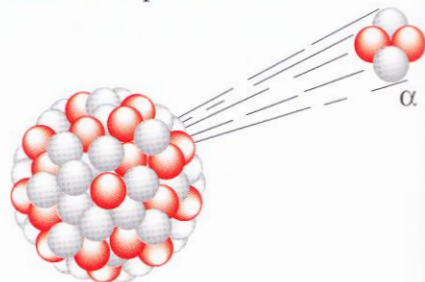
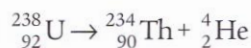
Der findes tre forskellige typer af ioniserende stråling som følge af kernehenfald, nemlig α -stråling som består af tunge partikler, β -stråling, som består af lette partikler (elektroner) og γ -stråling, som er elektromagnetiske bølger. I visse tilfælde kan der endvidere dannes røntgenstråling som resultat af kernehenfald.

Alfahenfald

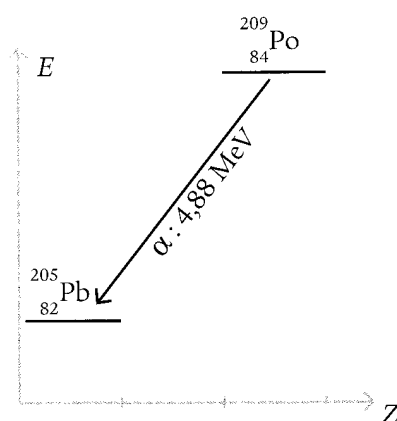
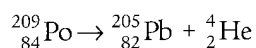
Ustabile atomkerner med stort massetal kan komme af med overskydende energi ved α -henfald.

Ved et sådant henfald udsendes to protoner og to neutroner – altså en heliumkerne – med stor fart. Denne heliumkerne kaldes en α -partikel.

Kernehenfaldet kan eksempelvis foregå således



Her har en urankerne udsendt en α -partikel. Datterkernen har derfor to protoner og to neutroner mindre end moderkernen. Et andet eksempel på α -henfald kan vi se hos grundstoffet polonium



Efter tabet af to protoner og to neutroner er poloniumkernen omdannet til en blykerne. Der bliver altså dannet et nyt grundstof ved alfa-henfald.

Vi lægger mærke til, at

- *Antallet af nukleoner efter henfaldet er det samme som før henfaldet*
- *Den samlede ladning efter henfaldet er den samme som før henfaldet*

Endvidere vil der gælde:

- *Den samlede energi efter henfaldet er den samme som før henfaldet*

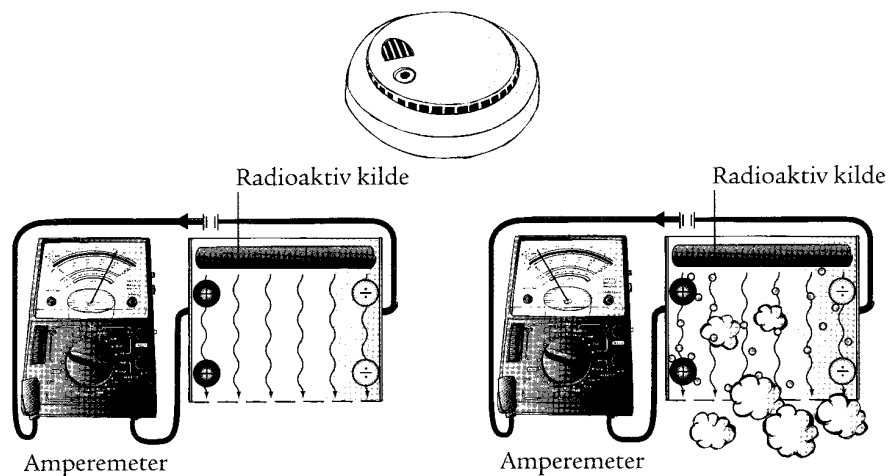
Den sidstnævnte regel vender vi tilbage til (side 207).

I en databog kan vi se, hvilke nuklider der henfalder ved α -henfald.

De tunge α -partikler ioniserer kraftigt i det stof, partiklerne rammer. Det betyder, at de afsætter al deres energi over en kort strækning. Alfapartikler har derfor meget kort rækkevidde, i luft kun et par centimeter, og de opbremses let. De bremses eksempelvis af et stykke papir.

Alfastråling finder vi eksempelvis i en røgalarm. Inde i røgalarmen sidder der et lille stykke radioaktivt metal, typisk Am-241, som udsender α -partikler. Disse partikler sendes ind i et detektorkammer, hvor de ioniserer luftens molekyler. Røgalarmens batteri sørger for, at der er en spændingsforskel mellem kammerets vægge, og derfor går der en svag elektrisk strøm af luftioner imellem dem. Hvis der kommer røg ind i kammeret, klister røgpartiklerne sammen med de ioniserede luftmolekyler. De bliver herved tungere og bevæger sig derfor langsommere. Så falder strømstyrken i kredsløbet.

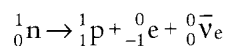
Elektronikken i røgalarmen er lavet således, at et lille fald i strømstyrken udløser en kraftig hyletone i røgalarmens højttaler.



OPG. 405

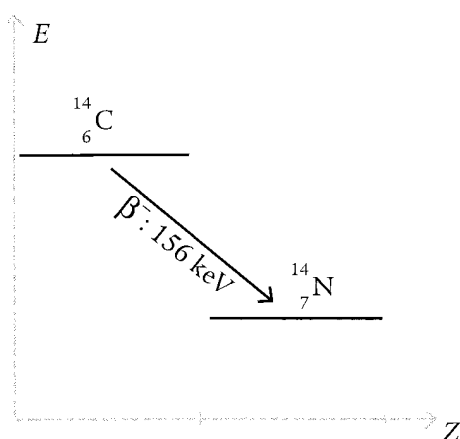
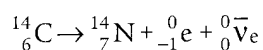
Betænelser

Kernehenfald kan også ske ved følgende reaktion

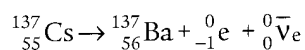


I denne reaktion omdannes en neutron i atomkernen til en proton, en elektron og en lille partikel, som kaldes en *antineutrino*. Elektronen udsendes med stor fart fra kernen som en β -partikel sammen med antineutrinoen. Neutrinoer og antineutrinoer er meget små partikler med så lille en masse, at det hidtil ikke har været muligt at måle den. De har heller ingen ladning, men de har energi. Ved hvert kernehenfald deler den udsendte elektron og den udsendte neutrino den energi, som frigøres ved henfaldet.

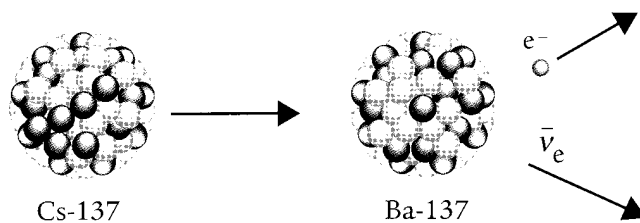
Vi ser af reaktionsskemaet, at der dannes en proton. Det betyder, at datterkernen har en proton mere end moderkernen. Et eksempel på denne type henfald ser vi hos en isotop af carbon



Et andet eksempel kan være



Her henfalder cæsium-137 til barium-137.



For β -henfald gælder de samme tre bevarelsessætninger, som vi omtalte under α -henfald, nemlig:

- *Antallet af nukleoner efter henfaldet er det samme som før henfaldet*
- *Den samlede ladning efter henfaldet er den samme som før henfaldet*
- *Den samlede energi efter henfaldet er den samme som før henfaldet*

Desuden gælder der:

- *Den samlede leptonantal efter henfaldet er det samme som før henfaldet*

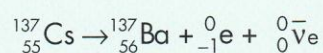
Kort sagt: Nukleontal, ladning, energi og leptontal er bevaret ved alle kernehenfald.

Eksempel: Leptonbevarelse

Forskellige partiklers leptontal:

Partikel	elektron	antielectron (positron)	neutrino	antineutrino	neutron	antineutron	proton	antiproton	foton
Leptontal	+1	-1	+1	-1	0	0	0	0	0

For henfaldet beskrevet ovenfor:

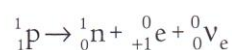


er leptontallet 0 på venstre side af pilen, og $0 + 1 + (-1) = 0$ på højre side af pilen.

Leptontallet er bevaret.

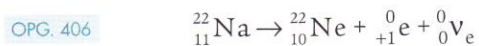
β^+ -henfald

For en række radioaktive nuklider kan henfaldet ske ved, at en af kernens protoner forvandles efter dette reaktionsskema



En proton i et radioaktivt nuklid kan forsvinde, samtidig med at der dannes en neutron, en positron og en neutrino. Processen kaldes et β^+ -henfald (beta-plus-henfald).

Et eksempel på et sådant henfald er

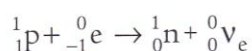


OPG. 407

OPG. 408 Vi kan konstatere at både protontal, ladningstal og leptontal er bevaret.

K-indfangning

En yderligere form for henfald ser således ud

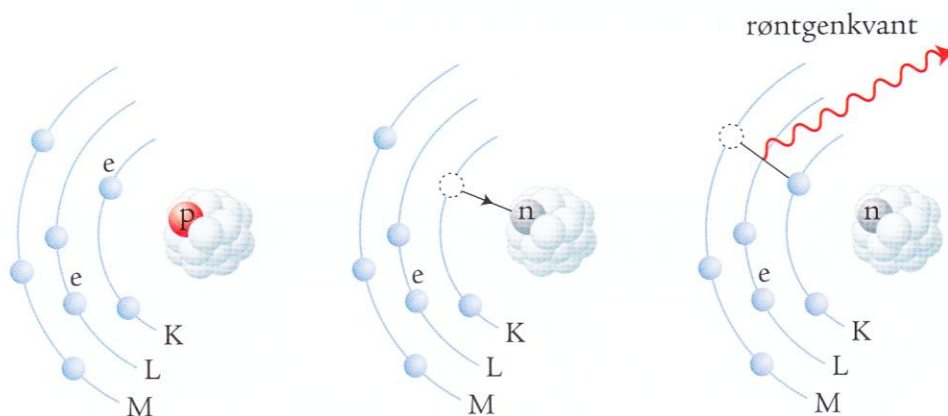


Her indfanger en af kernens protoner en elektron, hvorved den omdannes til en neutron og en neutrino.

Hvordan kan en proton indfange en elektron, når der slet ikke er elektroner i kernen? Svaret er, at der ganske vist ikke er elektroner i kernen, men der findes to ret tæt på, nemlig i den inderste elektronskal, K-skallen. Det er en af disse elektroner, som protonen reagerer med. Processen kaldes derfor *K-indfangning* eller *Electron Capture, E.C.*

Hvordan kan vi kende forskel på et β^+ -henfald og en K-indfangning?

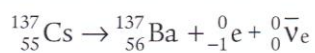
Svaret er, at β^+ -henfaldet medfører, at der udsendes en positron, som vi eksperimentelt kan registrere. Ved K-indfangningen udsendes der kun en neutrino, som er uhyre vanskelige at registrere. Til gengæld bliver der ved K-indfangningen en ledig plads i K-skallen, og denne plads fyldes straks ud med en af atomets yderste elektroner. Dette elektronspring udløser et røntgenkvant, som vi kan måle i laboratoriet.



γ -henfald

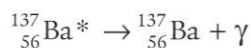
Ved et kernehenfald vil datterkernen ofte have lidt overskydende energi. Vi siger, at datterkernen er i en *exciteret* tilstand. Det betyder at kernen er ustabil og på et eller andet tidspunkt udsender sin overskydende energi som et kvant elektromagnetisk stråling. Vi siger, at der finder et γ -henfald sted, og den udsendte stråling kaldes γ -stråling.

Det er fx tilfældet, når Cs-137 henfalder til Ba-137



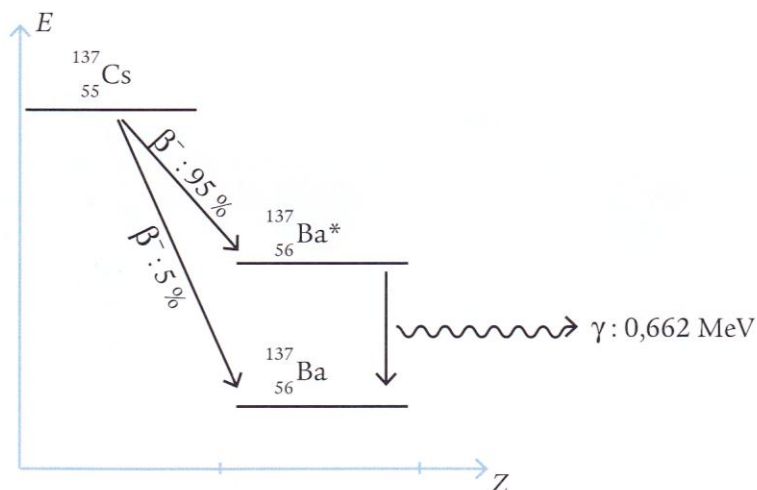
I ca. 95 % af tilfældene vil datterkernen Ba-137 dannes i en exciteret tilstand, hvilket vi ofte markerer med en stjerne: Ba*-137.

Reaktionsskemaet for det efterfølgende γ -henfald skriver vi således



Henfaldet kan også beskrives med energiniveaudiagrammet herunder.

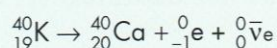
Modsat de før beskrevne henfald medfører et gamma-henfald ikke nogen grundstofændring.



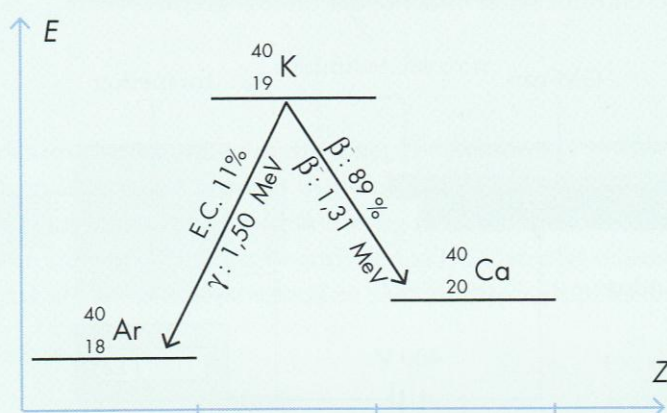
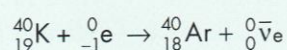
Eksempel: K-40

0,0118 % af naturligt forekommende kalium består af det radioaktive K-40.

89 % af K-40-kernerne henfalder ved β^- -henfald



De resterende 11 % henfalder ved elektronindfangning (E.C.)



Almindeligt bordsalt består af NaCl. Overdreven indtagelse af NaCl kan bevirke forhøjet blodtryk. Helsesalt har samme salte smag, men indeholder KCl, som ikke giver problemer med blodtrykket. Til gengæld er helsesalt en smule radioaktivt på grund af indholdet af K-40!

