

Kerne-Energi (Fission)

Fission (deling af tunge atomkerner) er den eneste anvendte teknik i verden i øjeblikket, når man vil udnytte kerne-energi til el-fremstilling.

Stort set alle reaktorer bruger Uran som brændstof. (Nogle ganske få bruger Plutonium)

Der findes ca. 16 forskellige uran-isotoper, men 99,27% af naturligt uran består af isotopen $^{238}\text{U}_{92}$. Af resten er 0,7 % isotopen $^{235}\text{U}_{92}$.

Isotop	masse	halveringstid	forekomst
$^{238}\text{U}_{92}$	238.0507826 u	4.500.000.000 år	99,27 %
$^{235}\text{U}_{92}$	235.0439231 u	710.000.000 år	0,72 %

Af disse to isotoper er det kun $^{235}\text{U}_{92}$ der spalter spontant (ved tilførelse af en neutron til kernen). $^{238}\text{U}_{92}$ optager godt nok neutronen, men bliver bare til $^{239}\text{U}_{92}$, som ikke spalter, og dermed ikke afgiver energi.

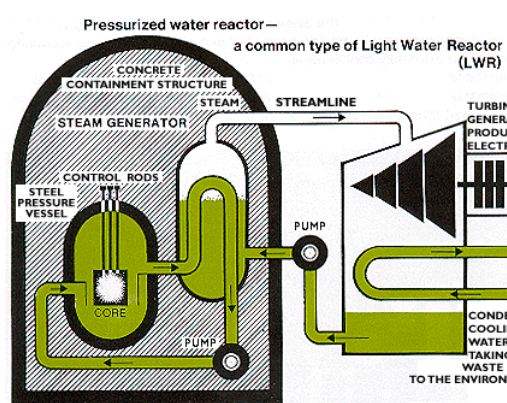
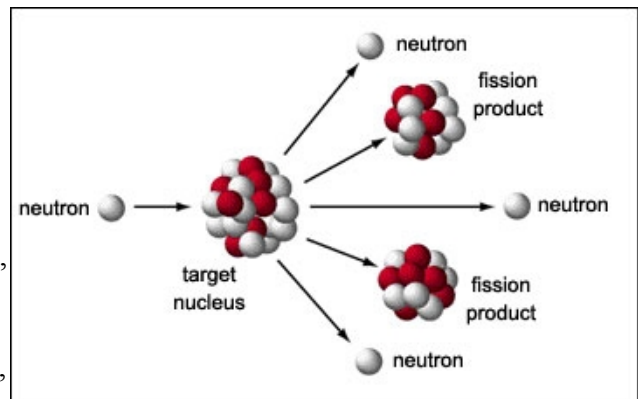
Billedet t.h. viser forløbet af en spaltning.

Target-atomet er $^{235}\text{U}_{92}$

De to fissions-produkter kan f.eks. være :

$^{141}\text{Ba}_{56}$ og $^{92}\text{Kr}_{36}$

Antallet af protoner er bevaret ($56+36=92$), men der mangler 3 neutroner, der ikke er brug for mere, da atomkernerne er blevet mindre, og dermed mere stabile. Disse tre neutroner kan nu spalte flere $^{235}\text{U}_{92}$ -atomer. Dette kaldes en **kædereaktion**, og den stopper først når der ikke er mere $^{235}\text{U}_{92}$, eller neutronerne bliver optaget af andre atomer.



T.v. er en skematisk tegning af et atomkraftværk. De viste "control rods" (kontrolstænger) er stænger af materialer, der absorberer neutroner. Når disse stænger sænkes ned i reaktoren bliver kernen køligere, og når de hæves, stiger temperaturen.

Det er et problem, at naturligt uran kun indeholder 0,7 % $^{235}\text{U}_{92}$, for det betyder at kun 7 ud af 1000 neutroner vil resultere i en spaltning. Heldigvis har det vist sig at neutroner med en fart på omkring 2 km/sek "preller af" på $^{238}\text{U}_{92}$ og derfor har større sandsynlighed for at spalte et $^{235}\text{U}_{92}$ -atom.

De neutroner, der frigøres fra spaltninger har en fart på 20000 km/sek så for at nå ned på 2 km/sek må de bremses op på en eller anden måde. Her har det vist sig at vand eller kul (grafit) er velegnet som neutronbremse (**moderator**). Så hvis uranstængerne i reaktorkernen omgives af vand eller grafit, kan man nøjes med meget lidt $^{235}\text{U}_{92}$ og alligevel holde kædereaktionen i gang.

Almindeligt vand ($^1\text{H}_1$)₂O kræver ca. 4 % $^{235}\text{U}_{92}$ (beriget uran), hvorimod grafit og "tungt vand" ($^2\text{H}_1$)₂O kan holde gang i en kædereaktion med kun 0,7 % $^{235}\text{U}_{92}$ (naturligt uran).

De fleste reaktorer i verden er dog af letvands-typen, og bruger altså beriget uran, der fremstilles på

særlige berigningsanlæg.

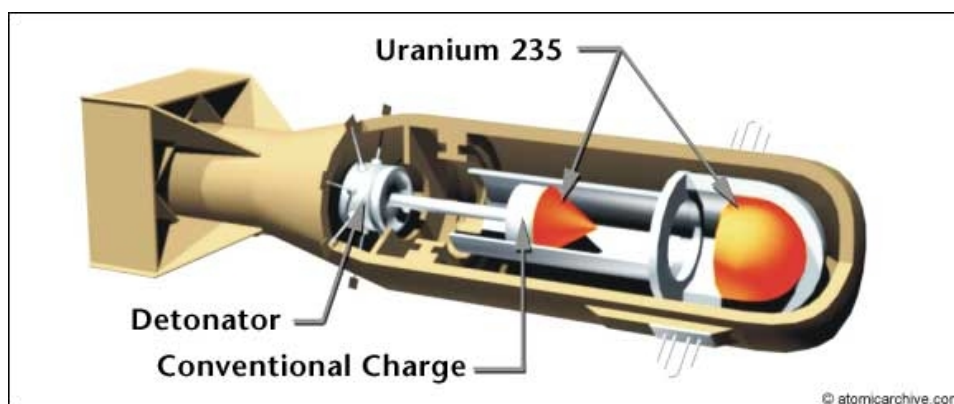
Kun i det gamle Sovjetunionen bruges **grafit-modererede** reaktorer. Disse er billige, men i tilfælde af overophedning vil de ikke lukke ned automatisk, men fortsætte med at varme indtil kernen smelter. Det var netop dette, der skete i reaktor 4 i Chernobyl d. 26/4 1986, som medførte den værste atomkraft-ulykke til dato. Det var dog ikke en atom-eksplosion, der forårsagede skaderne, men knaldgas (brint + ilt i forholdet 2:1), som dannedes i reaktoren under nedsmeltningen og derefter eksploderede og ødelagde bygningen.

Der findes 4 anlæg i hele verden som virker uden moderator og derfor bruger højt beriget uran. Disse anlæg kaldes "**formeringsreaktorer**", da der sammen med varmeenergi også dannes plutonium, der senere kan udvindes og spaltes. Denne slags reaktorer er meget dyrere at bygge og den dannede **plutonium** er nok verdens giftigste stof, men formeringsreaktoren udnytter brændslet ca. 60 % bedre.

Et problem for kernekraften er, at der kun er uran til nogle hundrede år, med den nuværende udnyttelse. Derfor arbejdes der på at få en "**fusions-reaktor**" til at virke. Den laver energi ved at få lette brintatomer til at smelte sammen til helium. Brændstoffet kan f. eks være vand! Denne proces kræver desværre mange millioner graders varme, så indtil videre må vi nøjes med den fusionsenergi, der kommer fra Solen.

Anderledes ser det ud hvis man vil lave en **atombombe**. Her bruges højt beriget (50 – 100 %) uran eller plutonium, som bringes til sprængning ved at man samler så meget stof, at det overgår **den kritiske masse**. Denne masse er ca. 15 kg for $^{235}\text{U}_{92}$ og kun ca. 5 kg for $^{239}\text{Pu}_{94}$.

Hvis man anbringer atombomben i en beholder med tungt vand, kan den varme, der udløses af atombomben starte en fusionsproces, og man taler da om en **brintbombe**.



Hvor kommer energien fra ??

Verdens mest stabile atom er som tidligere nævnt $^{56}\text{Fe}_{26}$ (jern). Der bliver derfor frigjort bindingsenergi: når tunge atomer spaltes (fission) - eller lette atomer smelter sammen (fussion), så restprodukterne er "tættere" på jern i atommasse.

Hvor stor en mængde energi drejer det sig så om ? Her skal vi bruge Einstein's ligning for forholdet mellem masse og energi: $E = mc^2$ ($c^2 = 9 \cdot 10^{16}$), E måles i Joule, m måles i kg

$^{235}\text{U}_{92}$ vejer 235,0439231 u, $^{141}\text{Ba}_{56}$ vejer 140,9144064 u, $^{92}\text{Kr}_{36}$ vejer 91,9261528 u

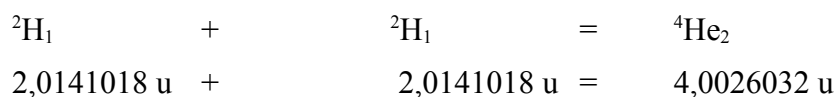
neutroner vejer 1.0086649 u

$$\begin{array}{rclclcl} ^{235}\text{U}_{92} & + & n & = & ^{141}\text{Ba}_{56} & + & ^{92}\text{Kr}_{36} & + & 3n \\ 235,0439231 & + & 1,0086649 & = & 140,9144064 & + & 91,9261528 & + & 3 \cdot 1,0086649 \text{ ??} \\ 236,052588 & & & = & 235,8665539 & & & & \end{array}$$

Men ligningen passer ikke ! Der er forsvundet 0,1860341 u, eller ca. 0,8 g pr. kg $^{235}\text{U}_{92}$

Det svarer til $0,0008 \cdot 9 \cdot 10^{16}$ Joule eller 72 teraJoule (millioner megaJoule). Til sammenligning var hele den danske el-produktion i 2005 på 130.000 teraJoule, svarende til ca. 1,8 tons ren $^{235}\text{U}_{92}$ eller ca. 40 tons beriget uran.

For fusion ser regnestykket således ud:



Der mangler 0,0256004 u , svarende til 0,0128002 u pr. ${}^2\text{H}_1$ - atom.

Det svarer igen til 6,4001 g pr. kg ${}^2\text{H}_1$ - eller mere end 500 teraJoule pr. kg ${}^2\text{H}_1$

Med et fusionskraftværk kunne man altså klare Danmarks årlige elproduktion med under 200 kg tung brint. Det er mængden af brint i ca. 2 tons tungt vand ! Og selv om tungt vand kun udgør 0,015% af alt vand, er der alligevel rigelige mængder til mange generationers energibehov.

Men det er altså stadig kun en fremtidsvision, bortset fra at det er denne måde, både Solen og de andre stjerner producerer deres energi på.