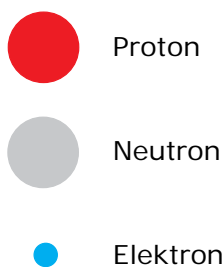
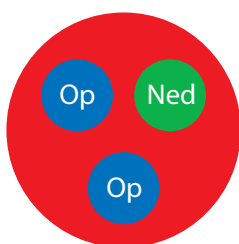


Fra hverdagen kender vi både røntgenstråling, synligt lys, varmemstråling og radiobølger, der under et kaldes *elektromagnetisk stråling*. Forskellen mellem de forskellige strålingstyper er mængden af energi, der er knyttet til dem, idet der er mere energi i røntgenstråling end i radiobølger.



De tre almindelige elementarpartikler, hvoraf alle grundstoffer er opbygget.

Protonen er opbygget af to op-kvarker og en ned-kvark.



Så længe temperaturen er meget høj bliver energien let omdannet til stof i form af elementarpartikler. Partikler og stråling findes samtidig i en balance, så begge dele bliver hele tiden omdannet til hinanden.

I det tidligste univers eksisterede der mange flere elementarpartikler, end dem vi finder her på Jorden i dag, fx familierne af *kvarker* og *leptoner*. Af kvarkerne dannedes senere Universets *protoner* og *neutroner*, der nu udgør den indre del af Universets atomer, *atomkernen*.

Den ydre del af atomerne udgøres af *elektronerne*, der tilhører leptonfamilien. Til denne familie hører også *neutrinoen*. Neutrinoen er i modsætning til elektronen elektrisk neutral og har en masse, som er meget, meget lille – mindre end en hundredetusindedel af elektronens masse. Det betyder, at neutrinoer kun udveksler energi med de øvrige partikler, så længe Universet er meget tæt. I dag flyver de rundt som frie partikler i Universet. For eksempel opdager du slet ikke, at der – mens du læser denne sætning – strømmer milliarder af neutrinoer igennem dig.

Når man befinder sig i et meget varmt univers betyder det, at alle partikler har meget stor fart på, og at de støder ind i hinanden samtidig med at de også kan udveksle energi med strålingen i Universet. Når sammenstødene er kraftige nok, vil nogle af partiklerne gå i stykker i deres mindre bestanddele. Jo koldere Universet bliver, jo færre partikler bliver der slået i stykker, og da Universet samtidig udvider sig mindskes også muligheden for at støde ind i andre partikler. Resultatet er, at der kan bygges nye partikler som protoner og neutroner, som er sammensat af partiklerne på det forrige temperaturtrin – her kvarkerne.

I det ca. 0,02 sekunder gamle univers er det blevet så *“koldt”* – det er dog stadig ca. 100 milliarder grader varmt – at nogle af kvarkerne, op- og ned-kvarkerne, kan binde sig sammen til protoner og neutroner.

Op-kvarken har en ladning $+2/3 e$, mens ned-kvarken har en ladning på $-1/3 e$. Protonen består af 1 ned-kvark og 2 op-kvarker og den får derfor ladningen:

$$1 \cdot \left(-\frac{1}{3} e\right) + 2 \cdot \left(+\frac{2}{3} e\right) = 1 e$$