

6c kjenne til hovedklassene av elementærpartikler og de fire grunnleggende vekselvirkningene

6d kunne bruke Einsteins likning  $E=mc^2$  og bevaringslovene for ladning og nukleontall i enkle kjernereaksjoner

6e kunne gjøre rede for radioaktive serier, fusjon og fisjon

## Standardmodellen

Det vi kaller for standardmodellen sier at alt er bygget opp av to hovedgrupper av elementærpartikler, kvarker og leptoner. Det finnes 6 kvarker, 6 leptoner og at alt bindes sammen av fire vekselvirkninger.

## Hovedklasser av elementærpartikler

En elementærpartikkel er en strukturløs – kanskje punktformet – partikkel som ikke er bygget opp av andre partikler. Det finnes som nevnt to hovedgrupper elementærpartikler, **kvarker** og **leptoner**.

De 6 kvarkene er u,c,t med ladning  $2/3$  og d,s,b med ladning  $-1/3$ .

De 6 leptonene er elektron, myon, tau og tre typer nøytrinoer.

I tillegg finnes partikler som utveksles av de fire vekselvirkningene.

Protonet og nøytronet er bygget opp av tre kvarker hver seg. Alt som er bygget opp av kvarker kalles for hadroner.

Kjernen i et atom er bygget opp av **protoner** og **nøytroner**.

## Antipartikler

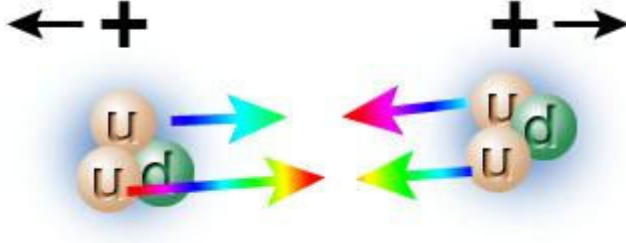
Enhver elementærpartikkel har en antipartikkel. For elektronet er det f.eks. positronet. De viktigste egenskapene med antipartiklene er at de har samme masse og levetid som dets bedre halvdel, men den elektriske ladningen er motsatt.

## De fire grunnleggende vekselvirkningene

De 4 vekselvirkningene er gravitasjonskraft, elektromagnetisk kraft, sterk kjernekraft og svak kjernekraft.

Man kaller det for vekselvirkninger fordi det utveksles partikler. Disse partiklene kalles feltpartikler.

Sterk kjernekraft virker på kvarker. Den holder kvarkene sammen i hadroner. Det er altså denne kraften som gjør det mulig for protoner og nøytroner å eksistere. Hvordan holdes hadronene sammen i en kjerne? Man skulle jo tro at den ville eksplodere fordi protonene er positivt ladet og dermed frastøter hverandre. Årsaken er at den sterke kjernekraften er sterkere enn den elektromagnetiske kraften på korte avstander. Kraften som holder kvarkene sammen i hadroner er så sterk at den også holder hadronene sammen.



Denne kraften kaller vi for sterk restkraft. Hvis kjernen blir veldig stor klarer ikke restkraften å holde hadronene sammen lenger. Derfor er det en grense for hvor store atomkjerner vi finner.

Elektromagnetisk kraft virker på alt som har ladning. Holder atomer og molekyler sammen.

Svak kjernekraft virker på hadroner og leptoner. Den forårsaker at disse brytes ned i enklere typer hadroner og leptoner. F.eks. så kan et nøytron gå over til å bli et proton, et elektron og et antinøytrino.

Gravitasjonskraft virker på alt som har masse. Holder materie sammen.

Det er mange fysikers store drøm å lage en teori som viser hva som er felles for disse kreftene. Denne teorien kalles for TOE ([Theory Of Everything](#)).

Detaljer om disse kjernekreftene kan oppsummeres i et [tankekart](#).

## Notasjon som brukes i standardmodellen

For å beskrive hvor mange protoner og nøytroner en atomkjerne inneholder, bruker man følgende form:

$${}^A_Z X$$

Der X er det kjemiske symbolet for atomet, A er nukleontallet (antall protoner og nøytroner) og Z er atomnummeret (antall protoner). Et bestemt atomslag kalles nuklide. Nuklider av samme grunnstoff kaller vi isotoper. Isotoper har altså like mange protoner i kjernen, men forskjellig antall nøytroner.

Hydrogen skrives da slik:  ${}^1_1 H$  (et proton, ingen nøytroner)

Deuterium (et hydrogenisotop) skrives slik:  ${}^2_1 H$  (et proton, et nøytron)

For protoner benytter man følgende syntaks:  ${}^1_1 p$

For nøytroner:  ${}^1_0 n$

For elektroner:  ${}^0_{-1} e$

Som vi ser tilsvarer det nederste tallet ladningen til atomet og det øverste tallet det totale antall partikler i kjernen.

## Bevaringslover for kjernereaksjoner

### Bevaring av energi

Energi kan ikke oppstå eller forsvinne, bare skifte form. Denne energiloven må også gjelde for kjernereaksjoner. Einstein viste at følgende sammenheng gjelder:

$$E = mc^2$$

der E er energi i Joule, m er masse i kg og c er lysfarten i  $\frac{m}{s}$ . Energien i en kjernereaksjon vil være i form av kinetisk energi  $E = \frac{1}{2}mv^2$  og strålingsenergi  $E = hf$ .

I tillegg har man funnet ut at to bevaringslover gjelder i tillegg til loven om bevaring av energi:

- Ladningstallet er det samme før og etter reaksjonen.
- Tallet på nukleoner (altså antall protoner og nøytroner) er det samme før og etter reaksjonen.

## Fenomener vi forklarer vha standardmodellen

### Pardanning

Vi kaller det pardanning når et foton går over til å bli et partikkel/antipartikkelpar. Et elektron/positron kan f.eks dannes hvis et foton med høy energi passerer i nærheten av en atomkjerne. Dilemma: Vi må ha bevaring av energi. Energien til fotonet er gitt ved  $E=hf$ , men hvor blir energien av når positronet/elektronet dannes? Einstein viste at energien er "oppbevart" i massen til partiklene. Energien er gitt ved  $E=mc^2$ .

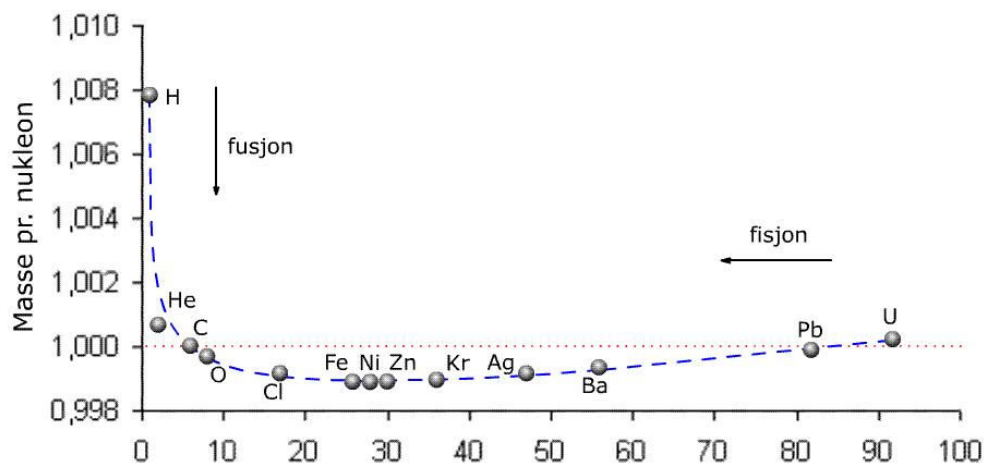
Motsatt vil et elektron og et positron slå seg sammen og danne et gammafoton hvis de treffer på hverandre. Dette kalles annhilering.

Ettersom vi har så mye elektroner i vår verden kan man lure på om det finnes like mange positroner et annet sted. Finnes det et parallelt univers?

### Fisjon og fusjon

Ved å se på hvilke kjernereaksjoner som har mindre masse etter reaksjonen, kan man se hvilke reaksjoner som vil avgi energi. Man sier at man har massesvinn og energien som var i den forsvunne massen finner man igjen i form av kinetisk energi til resultatpartiklene samt energi til evt gammafotoner.

Fisjon er når en stor atomkjerne spaltes opp i to mellomstore kjerner. Fusjon er når to små atomkjerner slås sammen til en større kjerne.



I figuren ser vi at de stoffene som har stor masse per nukleon kan gå over til stoffer med mindre masse per nukleon. Slike reaksjoner vil da medføre et massesvinn og tilhørende energi. Jern er stoffet med

minst masse per nukleon, og det er derfor ikke mulig å trekke ut energi av kjern vha kjernereaksjoner.

## Fisjon

I dagens atomkraftverk bruker man fisjon. Man sørger for at f.eks. uran fisjonerer og resultatet er to andre grunnstoffer samt stråling og overskuddsenergi i form av kinetisk energi til partiklene involvert i reaksjonen. Energien varmer opp vann som igjen driver gassturbiner.

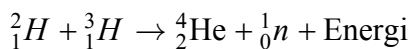
**Eksempel fisjon:**



## Fusjon

Det pågår nå bygging av et [fusjonskraftverk i Frankrike, kalt ITER](#). Det er et internasjonalt samarbeidsprosjekt.

I følge [wikipedia](#) er den følgende reaksjonen den mest lovende for å produsere fusjonsenergi:

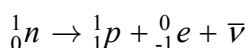


## Radioaktivitet

Med radioaktivitet forstår vi at en atomkjerne sender ut en eller flere typer stråling. Det finnes tre typer:

Alfastråling er heliumkjerner bestående av to protoner og to nøytroner.

Betastråling er elektroner. En atomkjerne sender ut et elektron og et antinøytrino når et nøytron går over til å bli et proton.



Gammastråling oppstår ofte etter alfa/betastråling fordi atomkjernen faller ned til et lavere energinivå etter at alfa/beta partikkelen er sendt ut. Denne energien "kvitter" atomet seg med ved å sende ut et foton med svært høy energi. Det er ikke elektronene vi snakker om her, men selve kjernen. Når kjernen går til sin grunntilstand sender den ut overskuddsenergien i form av et  $\gamma$ -foton.

## Hvordan beskytte seg

Alfapartikler kan stoppes av et papirark.

Betapartikler kan stoppes av aluminium.

Gammastråling kan stoppes av en blyblokk.

Ergo, gammastråling utgjør størst fare, men alle typene er farlige.

## Aktivitet

Selve radioaktiviteten måles i antall omdanninger per tid:

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

der  $\Delta N$  er antall omdanninger og  $\Delta t$  er tiden.

Enheten blir  $s^{-1}$ , men når vi snakker om radioaktivitet, kaller vi denne for **Becquerel** og ikke for Herz!

## Halveringstid

Halveringstiden en for et radioaktivt stoff er den tida det tar før halvparten av atomkjernene er omdannet til andre typer kjerner. I figuren over kan vi f.eks. se at halveringstiden for  $^{238}_{92}\text{U}$  er 4.5 milliarder år. Det betyr at hvis vi har en kilo [uran](#) av denne typen nå, så vil vi bare ha igjen en halv kilo om 4.5 milliarder år. Dette er grunnen til at vi [finner denne type uran på jorda](#). Og det sier også noe om hvor gammel jorda er.

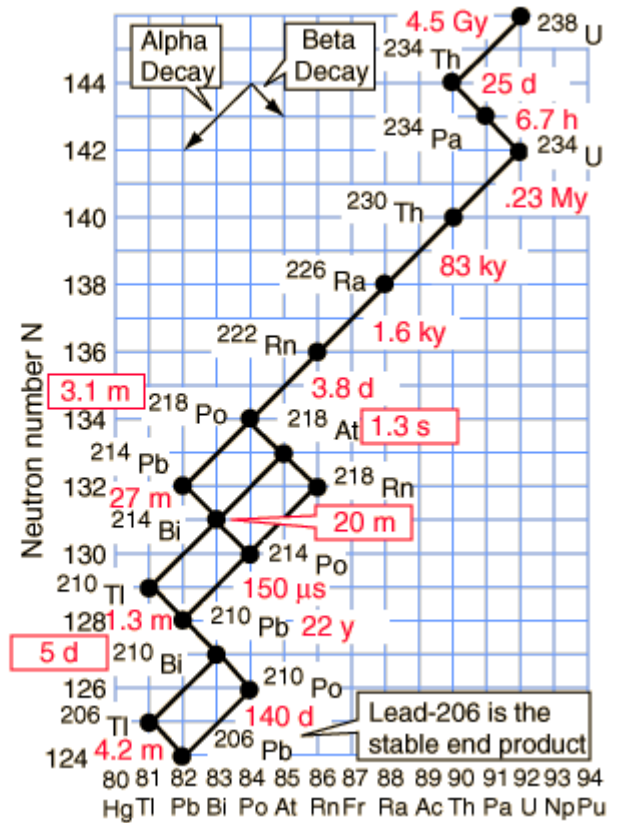
## Radioaktive serier

Radioaktive serier har vi når et grunnstoff går over til å bli et annet grunnstoff etter å ha sendt ut stråling, og når dette nye stoffet går over til enda et nytt stoff etter å ha sendt ut stråling osv.

### The Uranium-238 Decay Series

- $^{235}\text{U}$  Series
- $^{232}\text{Th}$  Series
- $^{238}\text{U}$  Series
- $^{237}\text{Np}$  Series

### The four natural radioactive series



[Sjekk denne linken for mer informasjon om radioaktive serier.](#)