



# Elementarpartikler

Om at finde orden i partikel Zoo

Da man begyndte at kolliderer partikler i accelleratorer, fandt man et hav af nye partikler. Først da kvarkerne blev fundet, var man nået til standardmodellen, der dog stadig udvikles

**Finn Dalum-Larsen**  
**22-11-2016**

# Elementarpartikler

Lavet af Finn Dalum Larsen og 10.a (1997) fra Rønnevangsskolen

4. reviderede udgave, nov., 2016  
Hedehusene Skole

Forord: I 3.. udgave er elev-forfatterens navne fjernet og jeg har som lærer bearbejdet teksterne yderligere. I 4. udgave er indført Higgs partikel.

## Indhold

Generelle ting.....	5
Acceleratorer.....	5
Masse.....	5
Spin.....	5
Eksistenstid.....	6
Kvanteteori.....	6
Vekselvirkning.....	6
Elementarpartikler.....	6
Fermioner.....	6
Kvarker.....	6
Alle grundstofferne består af kvarker.....	7
Farver.....	7
Svag kernekraft.....	8
Budbringere af svag kernekraft.....	8
Hadroner: De der er opbygget af kvarker.....	9
Baryoner.....	9
Omega Minus.....	9
Sigma.....	9
KSI.....	9
Measoner.....	10
Eta.....	10
Kaoner.....	10
Pi-mesonen.....	11
Leptoner.....	11
Neutrinoer.....	11
Kvarker og Leptoner.....	12
Observering af neutrinoer.....	12
Myonen.....	13
Tau-partiklen.....	13
Bosoner.....	13
Gravitoner.....	14
Higgs partikel.....	14
Gluonen.....	14
Antipartikler.....	14
Antistof-motor.....	16
Referencer.....	17

# Generelle ting

## Acceleratorer

Acceleratorer er store cirkelrunde underjordiske anlæg. Disse kan være op til 25 km i omkreds. De bruges til at accelerere partikler med magnetfelter til nær lysets hastighed, for derefter at lave en kollision med en anden partikel. Ved en sådan kollision bryder stoffet sammen og danner nye partikler. Disse registreres ved de indbyggede måleinstrumenter. Et af disse er et brinttågekammer, hvor brinten er nedkølet til lige omkring kogepunktet. Når de nye partikler bevæger sig gennem dette, trækkes der spor, idet den ekstra energi er nok til at få brinten til at koge og boble. Der dannes på den måde et boblespor efter de nye partikler. Boblesporet kan derfter fortograferes og tydes.

Opgaver:

Hvilke anlæg findes der ?

Hvilke andre måleinstrumenter er der på disse?

## Masse

Nogle fænomener har en masse, er stof, disse kaldes hadroner. Masse kan være stabil eller ustabil. De stabile massepartikler er proton, antiproton, neutron, antineutron, myonneutrinoen, myonantineutrinoen, elektron, positron, elektronneutrinoen, elektronantineutrinoen.

Alle de øvrige fundne partikler har en ekstrem kort levetid, der er ustabile.

De kræfter der ikke har masse kaldes bosoner. Det er fænomener, der optræder som bølger og har ikke masse, men udspreder sig i alle retninger. De tre masseløse kræfter er fotoner (elektromagnetiske bølger), gluoner (de kræfter der holder kvarker sammen), graviton (tyngdekraften)

Imidlertid har lys, som er elektromagnetisk bølge, visse stofflige egenskaber. Den optræder til tider som bølge til andre tider som partikel.

Einstein fandt at den energi, der er bundet i massen kan findes ved ligningen  $E = m \cdot c^2$ . E betyder energi, m betyder masse i kg, c betyder lysets hastighed, som er 300 000 km i sekundet.

## Spin

Alle partikler og atomer har et spin, dvs. at de drejer om deres egen akse. Spinværdien beregnes ud fra Plancks konstant  $0(h)$ , som er  $6,6 \cdot 10^{-22}$  MeV i sek. Plancks konstant divideres så med 2 gange PI,  $h/2$ . Spinværdien er enten et heltal, altså 0, 1, 2,... eller halvtal, altså  $1/2$  ;  $3/2$  ;  $5/2$ . Hvis en partikels spinværdi er et heltal er den en boson. dvs en budbringer af kræfter. Har den derimod en brøk spinværdi er den en fermion, den er altså stofflig.

Når et atoms eller en kernen spinværdi beregnes, må man tage summen og retningen af de forskellige kræfter i atomets kernerdele (vektorberegninger).

Hydrogen består af en proton med en spinværdi på  $1/2$  og derfor er hydrogens spin  $1/2$ . Helium-3 består af 3 partikler med en spinværdi på  $1/2$  og Heliums spinværdi bliver også  $1/2$ . De er begge fermioner.

Alle partikler og atomer har også en spinretning, for at finde spinretningen skal man vide hvilken vej atomet roterer, så tager man sine fingre og lægger dem i retning af rotationen og så vil tommelfingeren pege i retning af spinnets.

## ***Eksistenstid***

Mange af de kunstigt fremkaldte stoffer har en eksistenstid på under en milliontededel sekund og dermed har de ikke en større praktisk betydning. Men da de rejser med 300 000 km/s kan de alligevel måles i tågekamre og giver ved sammenstød anledning til andre partikeldannelser. Sporet kan simpelthen ses så længe partiklen eksisterer, dvs. at et partikkelspor på 10 cm kan udgøre hele dens levetid.

## ***Kvanteteori***

Kvanteteorien udspringer fra Niels Bohrs teori om atomet. Da atomer, der tilføres højspænding fx brint udsender lys med forskellige bølgelængder, såkaldte lyskvanter, altså en vis mængde energi i en afmålt størrelse, tyder det på at elektroner, når de afgiver den ekstra energi, gør dette i spring, frem for kontinuerligt, dette kaldes kvantespring. De afgiver altså ikke energien gradvis som en gramfonoplader, der langsomt tvinger nålen indad i bestandigt mindre baner, men det er som nålen springer nogle spor over og afgiver den tiloversblevne energi som en foton, dvs. et lyskvante.

## ***Vekselvirkning***

Der udveksles energi mellem forskellige partikler såsom mellem elektronen og kernen, neutroner og protoner, kvanter m.v. det er en levende udveksling, der fx bevirker, at elektroner ikke støder ind i hinanden i deres kredsløb om kernen.

# **Elementarpartikler**

## ***Fermioner***

Fermioner er defineret som alle elementarpartikler, der har med faste stoffer at gøre.

## ***Kvarker***

Kvarker har fået deres navn kvarker fra en "gådefuld linie i James Joyce's *Finnegans Wake*: "Three quarks for M uster Mark", (måske noget i retning af: 3 kvarker gør målet fuldt)." (Petersen, Jens Lyng, Elementarpartikler. 1991))

I det nuværende verdensbillede er alt stof opbygget af 24 partikler. Seks kvarker, tre forskellige slags elektroner og tre neutrinoer samt deres antipartikler. Denne model stammer fra 1964 og kaldes Standardmodellen.

De 3 første kvarker (op, ned og sær) blev opdaget i 1963 af de to amerikanske fysikere, George Zweig & Murray Gell-mann.

Kvarker er i almindelighed tungere end leptoner. De bindes sammen af den stærke kernekraft, og danner herved protoner, neutroner, og andre mere sjældne partikler som kaoner og pioner.

Atomfysikere i dag er mener, at der findes tre kvark familier og nogle mener, at der også er en fjerde familie.

kvark oversigt 1.

familie 1. Op-kvark u (up), ned-kvark d (down)

familie 2. charm-kvark (charme), sær-kvark s (strange)

familie 3. Top-kvark  $t$  (top), bund-kvark  $b$  (bottom)  
 familie 4. antipartikel kvarkerne  $t'$ ,  $b'$

For mere information se skema 1.

Af kvark familierne er det kun familie 1. der findes naturligt på jorden, fordi de har et så lavt energi niveau. Familie 2. kan findes i atmosfæren, når kosmisk stråling rammer den, fordi det skaber nok energi til, at de kan eksistere. Den 3. familie kan findes, når man bruger kraftige acceleratoreer eller i energirige begivenheder så som sammenstød af stjerner. Nogle forskere mener, at universets fordeling af grundstof fandt sted ved en stor eksplosion kaldet "BIG Bang" og at der også fra en sådan energirig begivenhed opstår familie 3 kvarker.

(Stub helle & Henrik, Illustreret videnskab nr. 10/94 artikel: Den manglende brik i fysikkens enorme puslespil).

### Alle grundstofferne består af kvarker

Massen af de forskellige kvarker i skema 1. er målt i millioner elektron volt også kaldt MeV

Skema 1.

Kvark	Op	Ned	Sær	Charme	Bund	Top
Tegn	u	d	s	c	b	t
Spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Masse	310	310	500	1500	5000	o.50000
Ladning	$+2/3$	$-1/3$	$-1/3$	$+2/3$	$-1/3$	$+2/3$
Opd. År	1963	1963	1963	1974	1977	1984
Farver	Rød Grøn Blå	Rød Grøn Blå	Rød Grøn Blå	Rød Grøn Blå	Rød Grøn Blå	Rød Grøn Blå

Kvarker kan lave sig om til andre kvarker ved hjælp af deres masse. En kvark med en stor masse kan lave sig om til en kvark med mindre masse. Den modsatte proces kan dog ikke foregå.

Kvarker kan også ændre sig til andre slags kvarker ved hjælp af  $Z^0$ ,  $W^+$ ,  $W^-$ . Disse partikler overfører svag kernekraft mellem kvarker. F.eks. kan en Ned-Kvark laves om til en Op-Kvark med hjælp fra en  $W^-$  partikel, som fjerner Ned-Kvarkens ekstra ladning.

### Farver

Kvarkernes farver er rød, blå og grøn, som er lysets tre grundfarver ( malingens grundfarver er rød, blå og gul. )

Kvarker med samme farve frastøder hinanden, mens kvarker med forskellig farve tiltrækker hinanden.

Forskellig farvekombination har forskellig styrke.

De har også to antifarver. Antifarverne bestemmer hvilken farve kvarken skal have. Hvis

en kvark f.eks. har en anti-rød og en anti-blå, så er kvarken grøn. Det er den, fordi antifarverne neutraliserer farverne. Kvarker kan skifte farve, hvis de møder hinanden. En enkel farveskiftning, begynder idet en rød og en grøn kvark møder hinanden. Den røde udsender en gluon, der bærer på kvarkens røde farve og en anti-grøn og bliver derfor grøn, og den grønne modtager denne, denne får en anti-grøn og en rød farve i det at den anti-grønne farve neutraliserer den grønne og den grønne bliver rød.

To kvarker kan skifte farve, hvis de møder hinanden. Det foregår på den måde at den ene kvark udsender en gluon. Gluonens farveladning er en kombination af en farve og en anti-farve. Den er derfor i stand til at forårsage et farveskift.

Neutroner og protoner består af en kvark af hver farve, og det resulterer i at neutronerne og protonerne udadtil opfattes som hvide. Også en kvark + dens antikvark ( f.eks. en rød kvark og en antirød kvark - den antirøde kvark kan evt. forstås som den røde kvarks komplimentærfarve grøn, da rød og grøn giver hvidt lys. ) Den samlede farveladning kaldes nul, når kombinationen resulterer i farven hvid.

Kvarker er altid fanget i hvide partikler ( protoner og neutroner. ) De "hvide" partikler er de eneste, der direkte kan observeres i et laboratorium. Ligesom at Hydrogen (H) kun kan eksistere frit i naturen, når de er sammen to og to ( $H_2$ ), kan kvarkerne kun eksistere frit i naturen, når de er "fanget" i de hvide partikler. Kvarker og alle kombinationer, der ikke er "hvide" angiver partikler, som ikke kan eksistere frit. De hvide partikler er derfor ret stabile.

Gluonerne, som er den kraft, der binder kvarkerne sammen, er meget følsomme over for farve. Det kan sammenlignes med den rolle, som den elektroniske ladning spiller for fotonen. Den samme rolle spiller farven for gluonerne. Gluonerne vekselvirker også med farven næsten ligesom fotonen vekselvirker med den elektriske ladning.

Men gluonerne har en egenskab, som fotonen ikke er har. Forskellige farvekombinationer, resulterer i forskellige gluoner. Husk på at gluonerne ikke reagerer på flavour ( om det er en sær, up, down o.s.v.), men at de reagerer på farve og det derfor er lige meget, hvilken kvark det er, men hvilken farve den udsender der er vigtigt. Der er en teori om, at gluonens antipartikel er en anden gluon ( f.eks. blå-grønne og grøn-blå gluoner er hinandens antipartikler).

## ***Svag kernekraft***

### **Budbringere af svag kernekraft**

Når der så er tale om den svage kernekraft, siger vi at den formidles af tre partikler.  $W^+$ ,  $W^-$  og  $Z^0$ . Da de i modsætning til andre kraftpartikler har en masse, betyder det, at kraften har en utrolig kort rækkevidde.

I 1967 offentligjordes en teori der forenede elektromagnetismen og den svage kernekraft, og skulle derfor være to sider af een underliggende "elektrosvag kraft". Det var midlertid umuligt, da deres formidlere var vidt forskellige. Men da forskere så senere begyndte at studere teorien, opdagede man en forbindelse mellem de to, der kunne beskrives matematisk. For at dette skulle kunne lade sig gøre, forudsage teorien, at der var endnu en variant af den svage kernekraft. En neutral variant der blev formidlet af  $Z^0$ . Derved kunne man forene kræfterne eksperimentalt. I 1973 blev nye svage kernekraft påvist i et neutrino eksperiment, men det afgørende bevis, som var  $W^-$  og  $Z^0$  partiklerne manglede midlertid, og mange anså det som værende usandsynligt, at disse nogensinde ville blive fundet. Grunden til denne tanke var, at da  $W$  og  $Z$  er 100 gange tungere end protoner, var der ingen eksisterende partikelaccelerator, der kunne skabe så høje energier, man behøvede for at kunne påvise dem. Men i 1980 kom en italiener ved navn Carlo Rubbia til, og foreslog, at man i stedet for at knuse partikler mod en fast skydeskive, lavede kollisioner mellem protoner og antiprotoner.



Da man vidste at partikler og antipartikler ville blive knust når de kolliderede, ville man opnå de ønskede energier. Efter tre års hårdt og intenst arbejde, var de første spor af W og Z partiklerne en realitet. Man mente nu at kunne skabe energier, som man troede fandtes, da jorden kun var en milliardtedel gammelt (tænk på the Big Bang), og det var da også et af videnskabens store øjeblikke, og derfor fik Rubbia også Nobelprisen i 1984. (Sellevåg p 19-23).

## ***Hadroner: De der er opbygget af kvarker***

### **Baryoner**

Baryoner er partikler, der består af tre kvarker. Protoner og neutroner er baryoner. En baryons samlede farveladning er = nul (hvid), fordi de tre kvarker har farverne rød, grøn og blå, der tilsammen giver hvid.

Alle baryoner har et spin på 1/2 og deres hvilemasse i MeV ligger mellem 938 - 1673. Nogle baryoner:

### **Omega Minus**

Omega Minus også kaldet Omega hyperon, er en barion og hører derfor til i den tunge del af de forskellige atomer. Der er lidt uenighed om, hvad Omega-minus' hvilemasse i MeV er, det svinger imellem 1972 og 1974. Omega Minus består, som de andre kerner af kvarker, og denne her består af 3 gange sær, og den har et spin på 3/2.

Ca. 1 år før Omega Minus blev opdaget, kunne forskerne sige med sikkerhed, hvordan den ville opføre sig, hvordan den så ud, og hvad dens halveringstid i sekunder er, den er  $10^{-10}$

(Lyng Petersen) (Intro til atom -og kernefysik)

### **Sigma**

Sigma er en elementarpartikel, som blev opdaget i 1947, den hører under baryonfamilien. Sigmupartiklen fremkommer når  $K^-$  bliver beamet og støder sammen med en  $p^+$  og så fremkommer der en piminusmeson og en sigma plus partikel.

(Formelen)  $k^- + p^+ \rightarrow \pi^- + \Sigma^+$

Hvad der angår sigma partiklens levetid, fremkommer der visse uenigheder og hvad der angår spin, så skulle sigma både kunne have et spin på 1/2 og 2/3. Der findes ialt 9 sigma partikler. (Petersen + Fabricius).

### **KSI**

$Ks_i^0$  og  $Ks_i^-$  er medlemmer af Baryon-familien. De hører derfor til gruppen af tunge elementarpartikler. De har et spin på 1/2 og en stærk vekselvirkning (Elementar partikler "exert" (udøver) kræfter på hinanden, og de bliver konstant skabt og tilintetgjort. Skabelsen, tilintetgørelsen og kraften er beslægtet med "Phenomena", og bliver samlet kaldt for vekselvirkning. Den stærke vekselvirkning er ansvarlig for sammenbindingen af protoner og neutroner til "form nuclei", så de kan også kaldes fermioner. De er stabile overfor henfald.

$Ks_i$  har negativ særhed, så den kan kun produceres sammen med K-mesoner med positiv særhed. De to sære quarker som  $Ks_i$  består af, er årsagen til, at den har en negativ særhed.

Eksempel:  $Ks_i \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$

$Ks_i$ 's tre quarker hedder (ned, sær, sær).

Navn	Symbol	Masse (MeV/c <sup>2</sup> )	Spin (h/2pi)	Paritet	Baryontal (familietal)

Ksi0		1315	½	+	+1
Ksi-		1321	½	+	+1

Navn	Ladning	Særhed	Middel Levetid	Multiplicitet
Ksi0	0	-2	$3 \cdot 10^{-10}$	2
Ksi-	-1	-2	$1,7 \cdot 10^{-10}$	2

### Delta

### Lambda

### Neutron

### Proton

### Mesoner

Mesoner er middeltunge partikler, der består af en kvark og en antikvark.

### Eta

### Kaoner

Der eksisterer både  $k^+$ ,  $k^-$  og  $k^0$  mesoner. En kaon består altid af en kvark og en antikvark. Når kaonen udløser sin energi, vil den være farveløs, da en farve og den samme antifarve, udligner hinanden.

En  $k^0$ -meson består af en antisær-kvark (s) og en down-kvark (d).

$K^0$ -mesonen opstår, når man sender et beam af  $\pi^-$ -mesoner ind fra neden i et brintboblekammer. der sker nogle forskellige reaktioner. Nogle af disse er 2 v-formede spor (z og y). Der dannes også et lige spor (x), som hælder hen imod de 2 v'er. Fra sporet x og hen til v'erne z og y, er der nogle "usynlige" spor, som henholdsvis består af  $k^0$ -meson og en lamda<sup>0</sup> baryon.

$K^0$ -mesonen eksisterer kun i  $0,9 \cdot 10^{-10}$  sek.

Efter reaktionen omdannes  $k^0$ -mesonen til en  $\pi^-$ -meson og en  $\pi^+$ -meson.

$K^0$ -mesonen bliver kaldt for "sær", fordi at man p.g.a. den korte levetid ikke forventede at se noget spor, men virkeligheden ville noget andet - den lavede/laver et spor i cm-størelsen.

$K^-$ -mesonen, som består af en antiup-kvark (u) og en sær-kvark (s), eksistere i  $1,2 \cdot 10^{-10}$  sek.

Den kan opstå ved at lade nogle protoner, i en accelerator, rammer et target. Derefter kan man filtrere  $k^-$ -mesonerne fra og sende dem i et boblekammer. Den mest sandsynlige reaktion, er at  $k^-$ -mesonen vil støde ind i en hvilende proton og det vil henfalde til en  $\pi^-$ -meson og en  $\sigma^+$ .

I en anden bog ( Kernestoffet, højt niveau, af Jens Ingwersen, Hans Birger Jensen og Knud Erik Sørensen ) står der, at en  $k^-$ -meson henfalder i 64% af tilfældene til en my minus mion og en myon-neutrino og i 21% af tilfældene en  $\pi^-$ -meson og en  $\pi^0$ -meson.

$K^-$ -mesonen (som alle er ladede partikler) mister sin hastighed undervejs og bremses op, og den vil så lettere blive tiltrukket af en nærliggende proton.  $K^-$ -mesonens impuls er nu så lille ( måske 0,001 MeV/c ), at den ikke kan måles direkte. Og da den faktisk næsten er bremsset helt op, siger man at reaktionen finder sted i hvile.

En  $k^+$ -meson har en levetid på  $1,2 \cdot 10^{-8}$  sek. Den består af en antisær-kvark og en up-

kvarke.

Den henfalder i 64% af tilfældende til en my-plus og en myon-neutrino og i 21% af tilfældende til en  $\pi^+$ -meson og en  $\pi^0$ -meson. (Ingwersen 1991, Fabricius 1977).

### **Pi-mesonen**

Pi-mesonen hører med blandt hadronerne, og udvikles ved stærke kernekrafter. Den opdaget i 1947, i den kosmiske stråling. Der findes tre former for pi-mesoner, den positive, den negative og den neutrale. Den neutrale pi-meson opstår ved vekselvirkning af energirige nukleoner, og kan fremstilles kunstigt. Ingen af pi-mesonerne har et spin, dette er fordi deres spin er lig nul. De ladede pi-mesoner har en middellevetid på  $2,6 \cdot 10^{-8}$  sekund. Elektronmassen er for de ladede pi-mesoner cirka 273,18 gange elektronmassen, og de har en levetid på  $140 Me V/c^2$ .

De neutroner og protoner der er i kernen, udveksler ikke gluoner når de vekselvirker. Dette er fordi afstanden er for stor til, at gluonerne kan stå som den direkte formidler. I sådan en situation fungerer pi-mesonen som formidler. Det er muligt fordi pi-mesonen spiller samme rolle i atomkernen, som elektronerne gør i en kemisk binding, hvor de er videre sendere af den elektromagnetiske kraft. De andre pi-mesoner består ligesom den positive pi-meson af d- og u- kvarker/antikvarker. Det er muligt for pi-mesonen, at eksistere i fri tilstand, men da har den en meget kort levetid. Foruden at anvende beams af "velkendte" partikler som protoner og elektroner i acceleratore, benytter man for eksempel også negative pi-mesoner og negative k-mesoner. En af de reaktioner man har iagtaget når man beskyder protoner med negative pi-mesoner er: en negativ pi-meson + p  $\rightarrow$  K<sup>0</sup> + 0. Reaktionens forløb foregår som følgende: En u- kvark fra protonen, og en anti-u-kvark fra den negative pi-meson annihilere (opløses). Ud fra den frigjorte energi dannes et s-kvark/antikvark-par. Den nye partikel 0 består af en s- og en d-kvark, og en baryon ligesom protonen og neutronen.

### **Leptoner**

**Leptoner** er lette partikler, der ikke opbygget af kvarker

#### **Neutrinoer**

Der findes 3 former for neutrinoer. 6 med deres antipartikler.

De hedder:

Elektronneutrinoen $\nu_e$ .	Elektron-antineutrinoen $\bar{\nu}_e$
Myonneutrinoen $\nu_\mu$ .	Myon-antineutrinoen $\bar{\nu}_\mu$
Tauneutrinoen $\nu_\tau$ .	Tau-antineutrinoen $\bar{\nu}_\tau$

Neutrinoen menes at have en lille masse eller slet ingen. Derfor er det muligt, at den kan gå uhindret igennem, alle slags stoffer.

Solen og andre stjerner skaber energi ved at smelte brint-kerner,(to protoner), sammen til helium-kerner. Det er i den proces, at neutrinoerne dannes.

De produceres ved, at to protoner smeltes sammen, så forvandler den ene sig til en neutron. Ved den proces udsendes en neutrino og en positron.

Wolfgang Pauli forudså i 1931, neutrinoens eksistens. Han arbejdede med en proces med tilknytning til beta-radioaktivitet. I processen forvandles en neutron til en proton og en elektron. Der forsvandt energi fra processen, uden at det kunne forklares. Som løsning på problemet foreslog han, at der fandtes en ukendt partikel. Den udsendes samtidigt med elektronen, også tager den, den manglende energi med sig.

I 1934 navngav Enrico Fermi partiklen. Neutrino betyder "den lille neutrale". Det

lykkedes dog først at påvise den i 1956.

Den blev påvist af amerikanerne Fred Reines og Clyde Cowan. Det kan kun lade sig gøre at påvise en neutrino indirekte ved den reaktion der opstår i andre stoffer.

Elektron-neutrinoen blev opdaget i 1956, af Fred Reines og Clyde Cowan.

Myon-neutrinoen blev påvist i 1962, af Jack Steinberger, Leon Lederman og Melvin Swartz.

Tau-neutrinoen blev påvist i 1975.

Da elektronens masse er  $0.511 \text{ MeV}/c^2$  er myonens masse  $105,7 \text{ MeV}/c^2$  ca 200 gange større end elektronen og tauens masse er ca. 3500 større end elektronen.

## Kvarker og Leptoner

Der menes, at være 24 forskellige elementarpartikler: 6 kvarker, 6 antikvarker, 6 leptoner og 6 antileptoner. De er delt ind i 3 familier.

Familie	kvarker	Leptoner
1. familie	u (up). d (down).	e (elektron) $\nu_e$ (e-neutrino)
2. familie	c (charm). s (strange).	U (myon) $\nu_\mu$ (myon-neutrino)
3. familie	t (top). b (bottom).	T (tau) $\nu_\tau$ (tau-neutrino)

Leptonfamilierne er delt op, så at den 1. familie er den letteste, derefter den 2. familie, og som den tungeste kommer den 3. familie.

Myon og taupartiklerne har ladning som elektronen, d.v.s -1

De tre neutrinoer har ladningen 0.

Hvor kvarkerne har en farveladning som er rød, grøn eller blå, har ingen af leptonerne en farveladning. De er altså farveløse. Alt naturligt stof er foruden kvarker, opbygget af leptoner.

### Observering af neutrinoer

SNO Sudbury Neutrino Observatory er et neutrinoobservatorium der opføres i Canada. Den kommer til at bestå af en kugleformet plastiktank. Den har en diameter på ca. 12 meter. Så bliver der påfyldt 1100 tons tungt vand. Opførelsen af SNO vil tage omkring 4 år, påfyldningen af vand vil tage ca. 3 måneder.

Den ekstra neutron som brintkernerne i tungt vand indeholder har ingen betydning for udseende, kemi eller smag.

Den ændrer derimod vandets kernestruktur, sådan at lige præcis alle neutrinotyperne kan reagere med tungt vand. Almindeligt vand reagerer kun med elektronneutrinoen. (Fabricius 1977, Madhusree 1994, Ingwersen 1991, Trautner 1987).

## **Myonen**

Myonen vejer ca. 206 gange mere end Elektronen, det vil sige at den vejer ca. 105,266 elektronvolt. Myonen nedbrydes eller forvandles til en elektron og to neutrinoer i løbet af 2 mikrosekunder, men selv i den meget meget korte levetid er myonen i stand til at nå helt ned til jorden. Det skyldes en effekt kaldet en tidsforsinkelse, som er følgerne af Einsteins teorier. På grund af sin høje hastighed har myonen en tid, som går meget langsommere end vores tid. Hvilken rolle myonen egentlig har her i naturen er et mysterium. Den har et såkaldt camouflagede egenskab, som fysikerne måske kan drage nytte af i deres arbejde med at smelte atomer sammen (fusion). Myonen findes i øvrigt i to varianter, en negativ og en positiv ladning, den positive myon kan under givne forhold opføre sig som en let proton og indfange en elektron.

## **Tau-partiklen**

Tau-partiklen er den tungeste lepton, og har en masse der er 3600 gange elektronmassen. Elektronens masse er på 0,511 eV, og det vil sige at tau-partiklen i alt vejer 1839,600eV. Tau-partiklens antipartikel er positiv, ligesom det gælder alle andre antipartikler.

## **Elektroner**

# **Bosoner**

Bosoner er budbringere af kræfter. Den største udfordring for videnskaben er nok at finde ud af, hvad universet er sat sammen af. Man har fundet partikler, som man valgte at kalde atomer efter det græske ord "udelelig". Men i 1920erne fandt man ud af at disse atomer, faktisk kunne deles, da de bestod af en kerne af protoner og neutroner omgivet af elektroner, der cirkler rundt om kernen med en hastighed af næsten lysets.

Da man troede, at man havde kortlagt atomets opbygelse tog man fejl. Da vi i dag, med den udviklede teknologi, er istand til at registrere, at der er mindst hundrede andre partikler i et atom.

Disse kan deles op i to hovedgrupper. Den ene hedder Fermioner, efter den italienske fysiker Enrico Fermi, og den anden Bosoner efter den indiske fysiker Satyendra Bose som før nævnt.

Bosoner har tre forskellige partikler. Fotoner, gluoner og gravitoner. **Fotonen** videregiver elektromagnetiske kræfter mellem ladede fermioner, således at de tiltrækker eller frastøder hinanden, afhængigt af deres ladninger.

Der er otte typer som er bygget op af kvaker. Gluonerne bærer den stærke kernekraft, som er ansvarlig for bindingen mellem neutroner og protoner i atomkernen.

Fotoner er også lyskvanter som udsender små kvanter af energi ud. Når en elektron går fra et højere niveau til et lavere, sender atomet en foton ud der har differencen imellem de to forskellige energiniveauer. Denne foton har en meget lille bølgelængde og en energi på en elektronvolt.

Fotonen kan også virke som en antenne. Når atomet indsamler lys, og hopper til en højere energitilstand, reagerer den som en modtagende antenne. Men hvis antennen er inde i et reflekterende hulrum, forandrer den sig. Ligesom når en bil der kører igennem en tunnel med radioen tændt, kan forbindelsen blive afbrudt, indtil man kommer ud af tunnelen. Sådan reagerer antennen også.

# Gravitoner

## Higgs partikel

Den menes at overføre tyngdens træk mellem alle partikler. Higgs partikel blev påvist i 2016.

## Gluonen

Gluonerne har den egenskab, at kunne ændre sig så de tilpasser sig de kvarker gluonen "limer" sammen og danner proton eller en neutron. Gluonerne kan ikke "se" flavor. Men de er følsomme for farve. Gluonen skal bruge farve ligesom fotonen skal bruge en elektrisk ladning. Gluonerne vekselvirker derfor med farverne.

Lige siden jordens skabelse, har naturen været formet og er blevet styret af fire grundlæggende kræfter: elektromagnetisme, tyngdekraften, den stærke kernekraft og den svage kernekraft.

Hvis man sætter kræfterne op efter styrke, skal man først nævne den stærke kernekraft, der er 1000 gange større end elektromagnetismen. Derefter følger den svage kernekraft og til sidst kommer så tyngdekraften, som er den svageste af de fire. Grunden til at tyngdekraften er den svageste er, at den ingen betydning har i atomet eller på partikelniveauet. Mange forskere mener, at de fire kræfter blot er forskellige sider af en "superkraft" der eksisterede, da jorden blev skabt for 15 milliarder år siden

Alle der har haft fysik i 7. klasse ved, at elektromagnetismen har to ladninger. Den positive og den negative. Og man ved også at to modsatte ladninger tiltrækker hinanden, og at to ens ladninger frastøder hinanden. Når elektronerne nærmer sig hinanden, kan begge parter udsende en foton, der virker som en budbringer. Den absorberes af den anden part, og får derved et praj og at flytte sig, hvis der i dette tilfælde var tale om to ensladninger.

På samme måde er det med tyngdekraften. Her hedder budbringeren bare gravionen. Hvis man tænker på tidevandet er det gravionen (kommer af det engelske gravity = tyngdekraft) der farer frem og tilbage mellem jorden og månen, og derved styrer tidevandet. Den stærke kernekraft formidles af pioner. Dog regnes de ikke for nogen kernekraft, da den har dybere udspring i kvarkerne, der formidles af gluoner (kommer af det engelske glue = lim) også kaldet limpartikler. Ved denne effekt kræves der ialt otte gluoner.

## Antipartikler

Alle partikler har en antipartikler. fx. Elektronens antipartikler er positronen. Der findes mange kendte og stadig ukendte. På den måde ukendte at vi kun har fundet dem, men ved ikke hvorfor eller hvordan de eksistere. Mange forskere har prøvet i lang tid at finde ud af disse ting, men det er ret svært da disse antipartikler, for det meste ikke er stabile. Man ved hellere ikke hvornår disse antipartikler er opfundet /opdaget. Men en ting ved vi, og det er at alle antipartikler og partikler består af en eller flere *kvarker*. Jeg vil nu skrive de antipartikler som er opdaget/opfundet, sammen med deres navn, betegnelse, levetid i sekundet, og masse. Der er devsærre nogle tegn, der er svære at finde, og derfor er det ikke alle tegn som står her.

Navn:	Betegnelse:	Levetid/S:	Masse:
Antineutron	n	$10^3$	939,573
Antiproton	p	Stabil	938,280

Positron	e	Stabil	0,51100
Elektron-antineutrino	$\nu^e$	Stabil	0
Antikvark	u d s c b t	?	400-1550
Antilepton	?	?	?
Antilambda		$2,5 \cdot 10^{-10}$	1116
Myonanti-neutrino	$\nu_\mu$	Stabil	0
Anti omega plus		?	1672
Anti KSI plus		$3 \cdot 10^{-10}$	1315
Antisigma Plus		$1,5 \cdot 10^{-10}$	1190
Antisigma Nul		$< 10^{-14}$	1192
Antisigma Minus		$0,8 \cdot 10^{-10}$	1189

Man kan godt sige om alle disse antipartikler har noget til fælles. Men alligevel har de det ikke, for de virker jo modsat at deres partikel. For alle partikler har jo ikke den samme egenskab. Prøv bare at se på Elektronen og kvarkerne. Men den ting de har til fælles har jeg allerede nævnt, og det er at de virker lige modsat som deres partikel. Det, som virker modsat, er at spinnets køre modsat hinanden. Og antipartiklen er negativ, hvor partiklen er positiv. Nogle partikler, er deres egen antipartikel, jeg kan fx. nævne Gluonen. Der findes mange forskellige gluoner med hver sin farve. Og det er den blå-grønne, som er den grøn-blå antipartikel. Antipartiklerne kan gå sammen og danne atomer. Resultatet er et antistof, hvor negativt ladet atomkerne er omringet af de positivt ladede positroner. Stof og antistof kan ikke mødes. Når de to spejlbilleder, f.eks en elektron og positron mødes, udsletter de hinanden i et brag af energi. Positronen er en af de stærkeste partikler overhovedet, når den støder ind i antistoffet kommer der meget energi, nærmere over 1 million elektro volt. vi har problemer når det gælder partikler, for nogen har en meget kort levetid, som I kan se oppe i oversigten, som jeg har lavet, for at hjælpe. Her hos os, hvor alt materialet jo består af stof, er det derfor svært at opbevare antipartikler. Den eneste måde er at holde dem indesluttet i en lufttom beholder, hvor de holdes svævende i et magnet-felt. I naturen har antipartikler selvfølgelig også kort levetid. De få positroner som kommer ude fra verdensrummet og rammer vores atmosfære, bliver meget hurtigt udslettet. Hos os vinder stoffet altid over antistoffet. Nogle steder tror forskere, at planeter, stjerner m.m er dannet KUN af antistof. Men man ved ikke om dette sted findes. Men når vi kun har de almindelige stoffer, må antistofferne være et andet sted, men det kan ikke bevise endnu. Men jo længere vi kommer ind til fremtiden, jo større chance er der for at vi finder nogle af disse steder. Når vi finder disse steder er det stort fremskridt for videnskaben, for så kan vi få besvaret det som nu er ukendt.

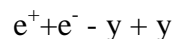
Dirac var den person som offentliggjorde ligningen og for elektronen i 1928, dette var starten til kvantefysikken (jeg har desværre ikke fået denne ligning med), nu kunne man næsten se at der var en positron til stede. Han vidste ikke at sådanne en positron var til. I stedet antydede han, at den forventede positivt ladede partikel på en eller anden måde måtte være det samme som protonen. Da man ikke kunne bevise positronens tilstedeværelse, måtte man give jobbet til nogle fysikere, som så eksperimenteret.

*"Positronen dukkede op i 1932 i laboratoriet hos min afdøde kollega på Caltech, Carl Anderson, og hos Patrick Blackett. De delte for øvrigt en nobelpris nogle år senere."  
(Gell-Man, 1994, P 248)*

Nu vidste man at alle partikler, måtte have en antipartikel.

Nu manglede man bare at bevise de fleste var til stede. I dag har man opdaget de fleste antipartikler, men grunden til at de er så svære at finde er at de fleste ikke er i vores atmosfærer. Derfor må man længere ud i verdensrummet, nogle gange kan dette være besværligt, da man skal have satellitter i orden m.m. Fx ved man, at nogle kvarker befinder sig i nærheden af sorte huller.

Når partikler og antipartikler mødes danner de energi i form af fotoner. Det betyder at hvis f.eks en elektron møder en positron kan vi få følgende proces:



Denne proces kaldes en annihilationsproces (annihilation = tilintetgørelse). Men der må være mindst to fotoner til slut, for at processens energi og impuls kan blive opfyldt.

Ifølge Einsteins teori mellem masse og energi vil elektron-positron (EP) parrets samlede masse blive omdannet til energien:

$$2 * m^e * c^2. \text{ (M = masse. C = Lysets hastighed.)}$$

Hvis den samlede energi af EP parret i begyndelsestilstanden er  $E_{kin}$ , bliver fotonens samlede energi  $E_{fotoner}$  givet ved. (KIN = kinetisk energi)

$$E_{fotoner} = 2 * m^e * c^2 + E_{kin}$$

En foton kan også omdannes til et EP par, processen hedder paromdannelse:

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

Betingelsen for ovenstående proces er, at fotonens energi mindst er  $2 * m^e * c^2$ . Som I alle ved, beviste Newton og Einstein at et objekt er afhængig af tyngdekraften og dens masse. Ingen har prøvet at smide et antistof fra et højt sted ned på jorden, for man ved ikke om antistoffet, har den samme grundlæggende lov som det almindelige stof. Som fortalt blev antielektronen opdaget i 1932, og da den blev opdaget kom der et nyt spørgsmål frem, for mange fysikere: Adlyder antistoffet loven om tyngdekraften, ligesom som det almindelige stof? Svaret kom i 1957, hvor Gerhart Lüders, bevidste at denne lov var det samme for stof, såvel som antistof. Det er ingen forskel mellem en partikel og antipartikel, det der gælder er partiklens energimasse.

### **Antistof-motor**

Hvad er en antistof motor? Det vil mange nok spørge om. En antistof-motor er en maskine som omdanner antistof til plasma. Når antistof møder normalt stof, omdannes begge typer til ren og brugbart energi. Det hele begynder med at nogle få milligram antistof, bliver lagt ind i denne maskine. Magneterne udsender nogle feltlinier, der holder antistoffet væk fra motorens vægge. Antistoffet kommer så ned i vandtanken. Antistoffet omdanner så vandet til plasma ved flere 1000 grader celsius. Også slynges den varmeste plasma ud og driver maskinen frem. Den samme fremgangsmåde bliver også brugt i forbindelse med raketter.



Antistoffet vil nok især blive brugt inden for rumfarten fx. en raket kan bruge almindeligt vand som brændstof sammen med nogle få milligram antistof. Resultatet bliver en raket, der er hurtigere end noget vi kender i dag. Rejser til Mars på kun et par uger er helt utroligt, før tog denne rejse flere måneder. Men som du kan læse bruges en antistof motor også i en raket. Antistof kan fx også bruges i medicin. Stråler af antipartikler kan afløse røntgenundersøgelser, og give nye muligheder i behandling af kræft. (Gell-man, Mury), (Sellevåg, Muray), ((Teuber, Jan), (Trauter, Niels), Scientific American "Gravity and Matter", The Channeling of Electrons and Positrons," " Tracking and Imagin Elementary Particles."

## Referencer

- Cline, David B.:** "Low-energy ways to observe high-energi phenomena. På rejse i universet, Universets skabelse." Scientific American, September 1994.
- Crawford, Henry J. og Greiner, Carsten H.:** *The search for strange matter.* Scientific American, January 1994.
- Drevermann, Hans og Stone, Howard:** Tracking and Imaging Elementary Particles. p. 42 - 47, Scientific American, August, 1991.
- Fabricius, Annette:** *Elementarpartikler.* Munksgaards forlag, 1977, København
- Gell-Man, Muray:** *Quarken & Jaguaren.* Munksgård, 1995, Viborg trykkeriet AS
- Goldmann, Terry og Martin Nieto, Michael:** *Gravity and Antimatter.* Scientific American, p. 48-56, Marts, 1988.
- Ingwersen, Jens, Jensen, Hans Birger, Sørensen, Knud Erik:** *Kernestoffet højt niveau.* Systime 1991
- Jensen, Hans Birger:** *Kernestoffet.*
- Madhusree, Mukerjee:** "Missing matter found?." Scientific American, august, 1994.
- Petersen, Jens Lyng:** *Elementarpartikler, om felter kvarker og kvanter, Introduktion til atom- og kernefysik.* Gyldendal, Polyteknisk forlag
- Sellevåg, Inge:** *Atomer & Kvarker - den nye fysik.* Bergens tidende, 1991, J.W. Eiders Trykkeri
- Sørensen, Allan og Uggerhøj, Erik:** *The Channeling of Electrons and Positrons.* Scientific American p. 70-77, June, 1989.
- Sørensen, Knud Erik:** *Quarken & Jaguaren*
- Stub, Helle og Henrik:** "Den manglende brik i fysikkens enorme puslespil." *Illustreret videnskab* nr. 10/94:
- Teuber, Jan:** *På rejse i universet.* Lademann AS, 1991, Viborg trykkeriet AS.
- Trauter, Nils:** *Kvantefysik.* APS. 1987, Thorsgård trykcenter Frederiksund.
- Yam, Philip, July:** "You're the top...". Scientific American,