



LUND UNIVERSITY

Att utforska mikrokosmos

Hur lundafysiker mätte en ny spridningseffekt, var med ochbestämde familjeantalet av leptoner och kvarkar och deltog i jakten på Higgs partikel.

Jarlskog, Göran; Jönsson, Leif; Gustafson, Gösta; Forkman, Bengt; Holmin Verdozzi, Kristina

Published in:

Fysik i Lund i tid och rum

2016

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jarlskog, G., Jönsson, L., Gustafson, G., Forkman, B. (Red.), & Holmin Verdozzi, K. (Red.) (2016). Att utforska mikrokosmos: Hur lundafysiker mätte en ny spridningseffekt, var med ochbestämde familjeantalet av leptoner och kvarkar och deltog i jakten på Higgs partikel. I *Fysik i Lund i tid och rum*

Total number of authors:

5

Creative Commons License:

CC BY

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

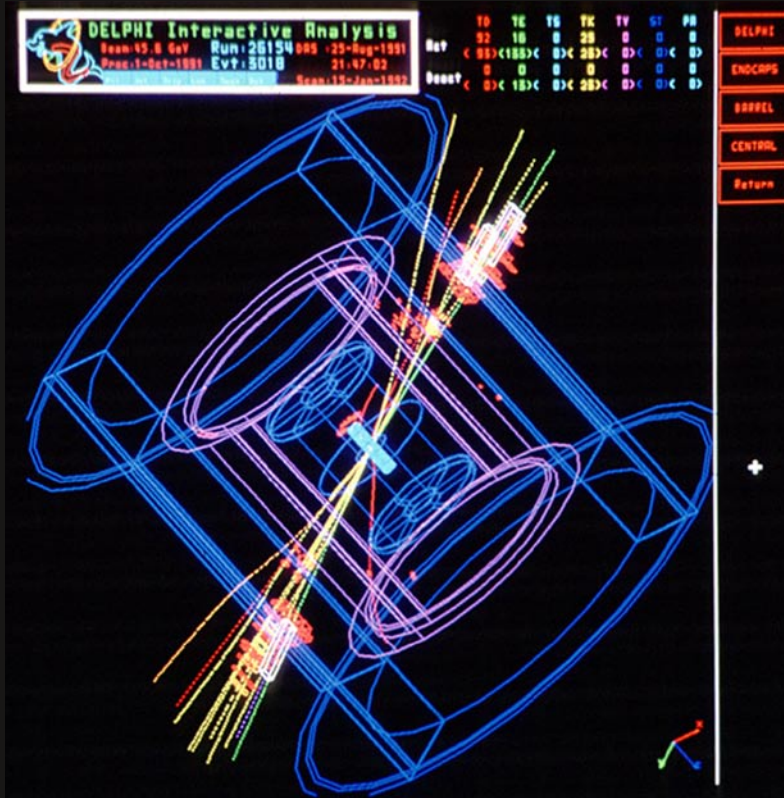
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



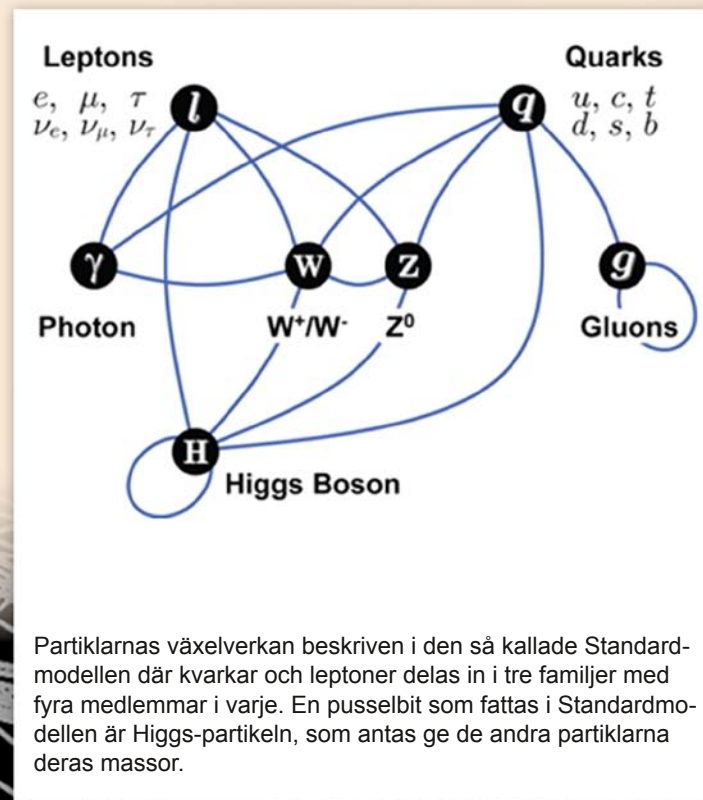
Att utforska mikrokosmos

Hur lundafysiker mätte en ny spridningseffekt, var med och bestämde familjeantalet av leptoner och kvarkar och deltog i jakten på Higgs partikel.

Vad vi vet och vill veta

Idag vet vi att de tre naturkrafterna, den elektromagnetiska, den svaga och den starka, kan beskrivas med hjälp av fältteorier. Men kan gravitationen också beskrivas med en fältteori och är de mest elementära partiklarna i så fall strängar?

Vad är mörk materia och mörk energi?
Varför finns bara materia och inte antimateria?
Har naturkrafterna ett gemensamt ursprung?

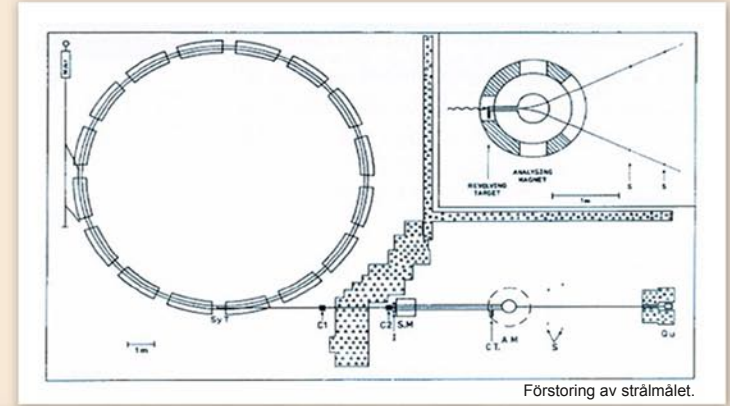


LUSY

Partikelfysikerna studerar materiens minsta beståndsdelar och deras växelverkan med varandra. Experimentell partikelfysik i Lund startade 1962, när de första delarna av en KTH-byggd accelerator anlände till Lund.

Det var Sten von Friesen som, i konkurrens med Uppsala, lyckats få en 1,2 GeV elektronaccelerator placerad i Lund.

Med Lund University Electron Synchrotron (LUSY) lades grunden för MAX-lab och en helt ny forskningsavdelning på Fysicum.



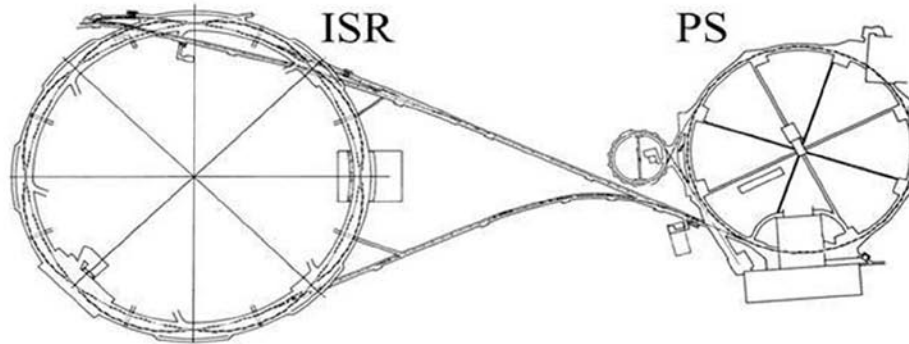
Guy von Dardel

Guy von Dardel blev professor i elementarpartikelfysik i Lund år 1965. Han var född i Stockholm och efter sin disputation vid KTH år 1954, medverkade han i uppbyggandet av världens största partikelfysiklaboratorium CERN i Schweiz. Där koordinerade han instrumentutvecklingen av flera experiment och utförde bland annat en uppmärksam mätning av livstiden för den neutrala pi-mesonen (π^0), som fick stor betydelse för förståelsen av den starka kraftens natur.



Guy von Dardel 1919 - 2009

CERN

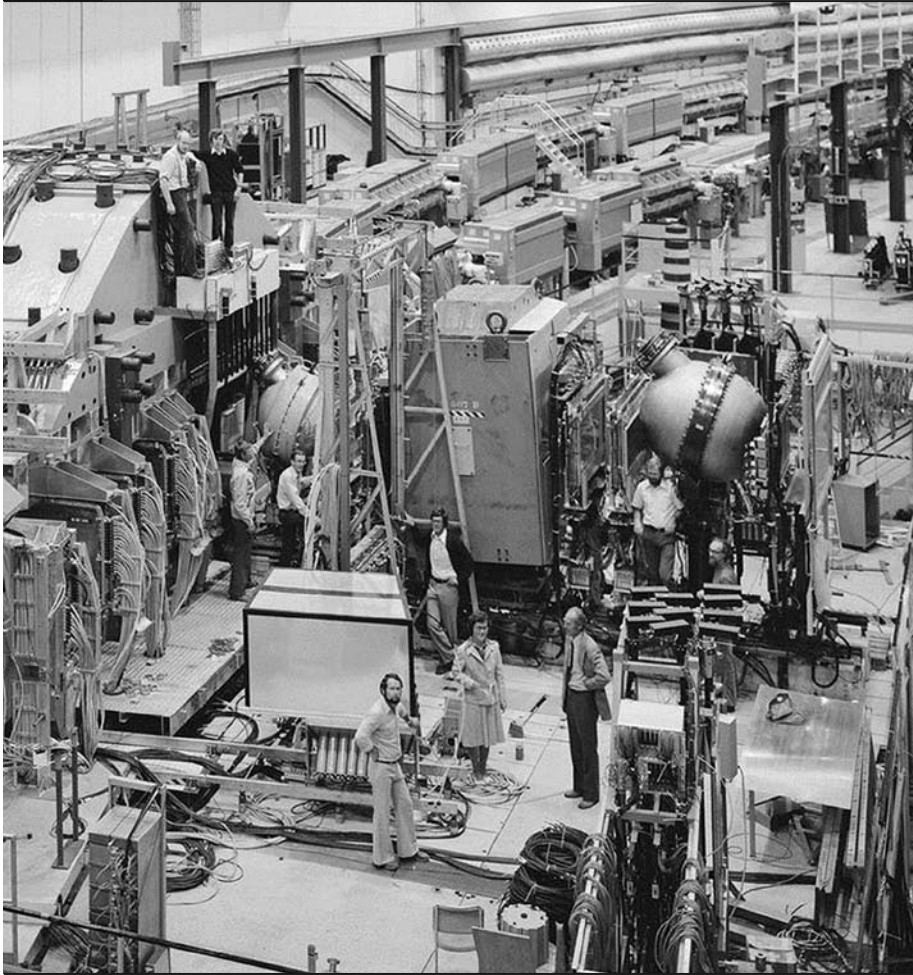


Protonerna från PS leddes in i ISR, där de cirkulerade i två ringar som var sammanflätade med varandra och korsade varandra i åtta punkter.

CERN grundades 1954 av 12 länder, däribland Sverige, och dess utveckling är direkt förknippad med dess accelerators och lagringsringars historia. 1959 togs den första acceleratoren i bruk, en protonsynkrotron (PS), med en omkrets av drygt 600 meter.

Eftersom det krävs höga energier för att studera partiklarnas växelverkan kallas partikelfysik ofta för högenergifysik. 1971 togs ett stort steg vad gäller energi, då världens första lagringsring för protoner, Intersecting Storage Ring, stod klar. Här kunde nu kvarkmodellen testas.

Lund i CERN



Guy von Dardel tog initiativet till att skapa ett skandinaviskt samarbete vid den nya proton-protonkollideraren (ISR). Under drygt tio år studerade man egenskaperna hos den starka kraften, kvantkromodynamiken (QCD).

Speciellt intresserade man sig för hur kvarkarna manifesteras i skurar av korrelerade partiklar, så kallade jets som också var ämnet för Torsten Åkessons avhandling.

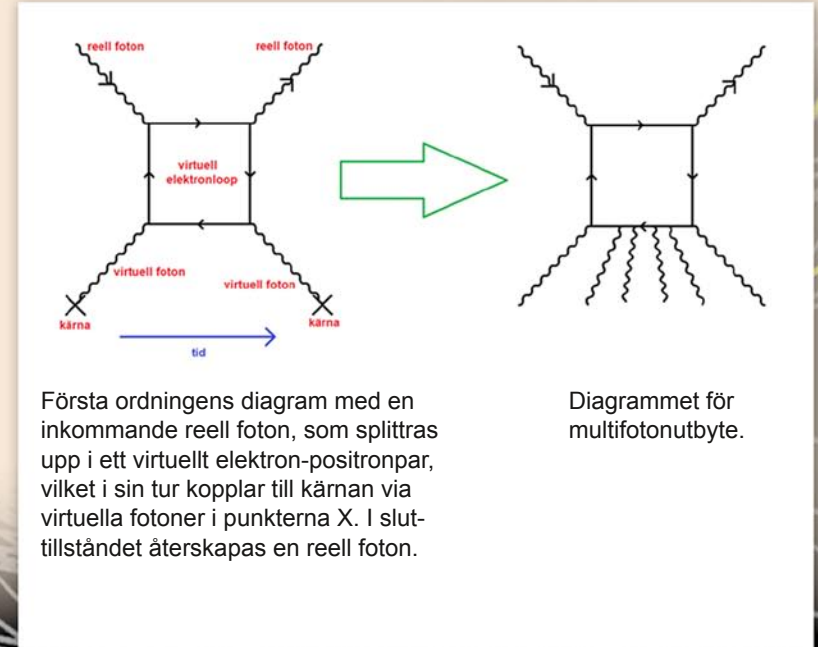
I ett annat av Lund-experimenten gjordes observationer som visade att antalet kvarkar och gluoner i en proton, är större för små rörelsemängder.

Intersecting Storage Ring (ISR) där man nådde dåtidens högsta kollisionensenergi (63 GeV). De tekniska resurserna i Lund var goda och gruppen bidrog väl till instrumenteringen vid ISR-experimenten.

Här syns lundafysikerna på alla plan.

Delbrück-experimentet

Lundaacceleratorn LUSY öppnade 1969 vägen för ett intressant experiment. Två unga forskare, Göran Jarlskog och Leif Jönsson fick av en händelse syn på ett teoretiskt arbete av H Cheng och TT Wu som gällde Delbrückspridning. Jarlskog anhöll om att få göra experimentet vid DESY i Hamburg. Experimentet antogs och resultaten visade att Cheng och Wu måste utöka sina beräkningar, genom att även ta hänsyn till multifotonutbyte, för att nå överensstämmelse med data.

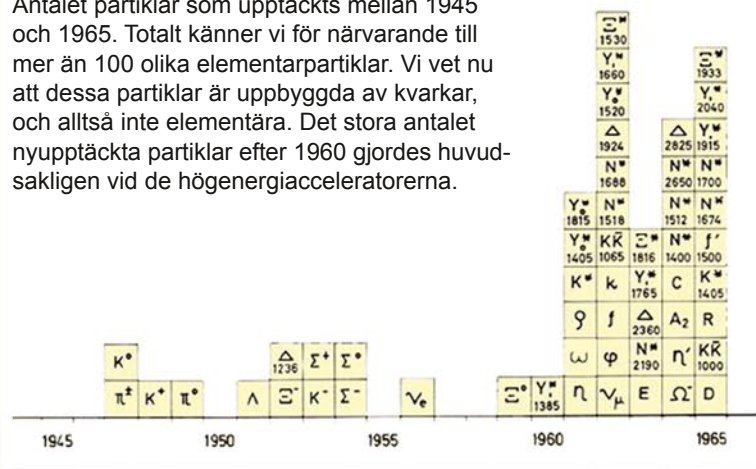


Den sista pusselbiten?

Genom att systematisera kunskapen om materiebyggstenarna (hadronerna) och inordna dem i system kunde kvarkmodellen formuleras 1964.

Så småningom utvecklades den så kallade Standardmodellen som har visat sig ytterst framgångsrik i att beskriva växelverkan mellan olika partiklar.

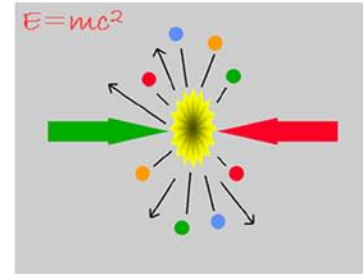
Antalet partiklar som upptäckts mellan 1945 och 1965. Totalt känner vi för närvarande till mer än 100 olika elementarpartiklar. Vi vet nu att dessa partiklar är uppbyggda av kvarkar, och alltså inte elementära. Det stora antalet nyupptäckta partiklar efter 1960 gjordes huvudsakligen vid de högenergiacceleratorerna.



Från ISR till LEP



Vincent Hedberg (den store detektorbyggaren) sätter ihop STIC-detektorn.



Energi övergår i massa,
allt enligt Einsteins berömda formel.

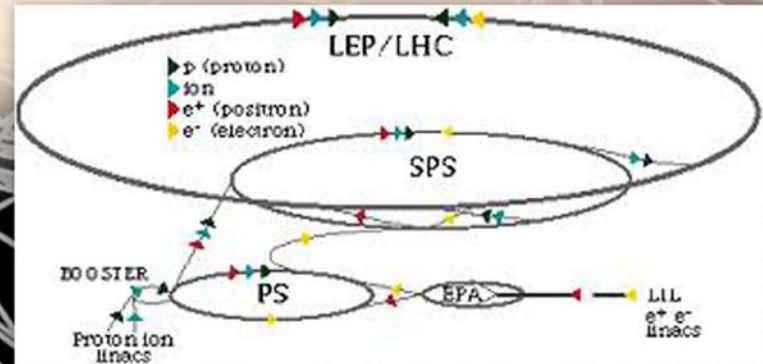
1988 ändrade CERN inriktning och sat-
sade på en elektron-positron kolliderare
(LEP) där kollisionsenergin är känd när
en elektron förintar en positron.

Målsättningen var att studera den elektro-
svaga kraften i detalj och egenskaperna
hos W- och Z-partiklarna i synnerhet.
När elektroner och positroner kolliderar
förintas de och energi skapas. En del av
denna energi omvandlas till nya partiklar
som kan studeras i en detektor.

LEP & DELPHI

(LEP (Large Electron-Positron collider) i CERN var 90-talets främsta accelerator. I den 27 km långa underjordiska ringen kunde elektroner och positroner accelereras till mer än 200 GeV och ge extremt rena förutsättningar för nya upptäckter.

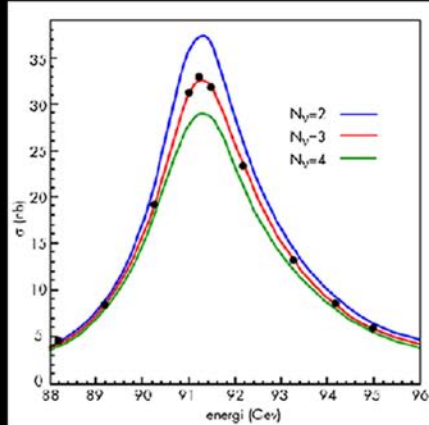
Lundgruppen medverkade i byggandet av det framgångsrika DELPHI-experimentet där deltagandet tidigt initierades av Göran Jarlskog som efterträdde Guy von Dardel som professor i Lund 1987.



Detektorbygge i Lund



En händelse som visar $Z \rightarrow q\bar{q}(-)$.
Kvarkarna omvandlas till skurar
av hadroner (jets).



Mätningar på Z-partikelns resonansvidd
jämförd med förutsägelser för 2, 3 och
4 familjer. Mätningarna är konsistenta
med 3 familjer med varsin neutrino.
Lundgruppen var aktivt med i denna
fundamentala upptäckt.

DELPHI var beteckningen på ett experiment som genomfördes under 90-talet vid LEP-kollideraren där Lund deltog i utformandet av den centrala spårdetektorn.

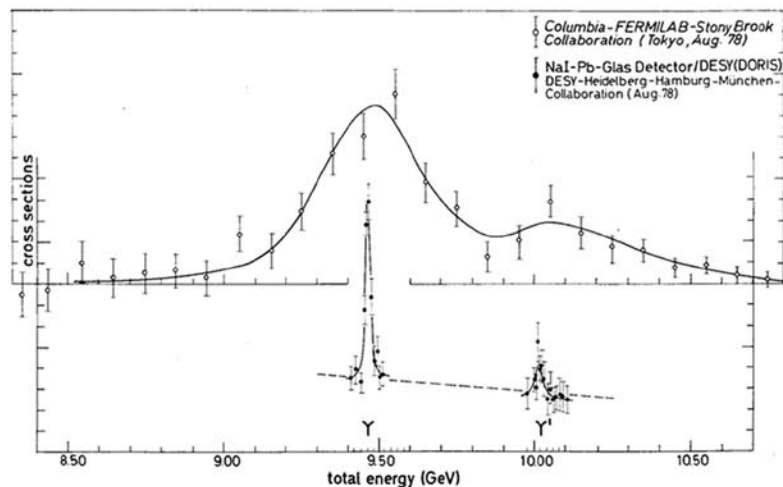
Några av de viktigaste upptäckterna var mätningen av Z-bosonens vidd (som ger antalet familjer av kvarkar och leptoner), tester av Standardmodellens förutsägelser för elektrosvag och stark växelverkan (där alla nuvarande resultat stödjer modellen), och den oväntat höga undre gränsen för Higgs-partikelns massa (114 GeV).

Lund i DESY

Vid Fermilabs protonaccelerator i Chicago fick man signaler om existensen av en ny partikel, Ypsilon-partikeln (Y).

För att studera kvarkens laddning användes DORIS-kollideraren vid DESY i Hamburg som var den enda som kunde nå tillräckligt hög energi för att studera det nupptäckta kvark-antikvarktillståndet.

Lund inbjöds att delta i den forskningsgrupp på drygt 15 forskare som bildades 1977 och redan 1978 kunde man bekräfta att Y -partikeln var ett bundet kvark-antikvark par där kvarken har laddningen $-1/3$.

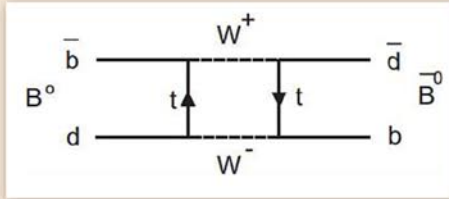


Här syns skillnaden i upplösning mellan en protonmaskin och en elektron-positron-kolliderare, som visar de två lägsta masstillstånd av Y -partikeln.



Leif Jönsson ansvarade för Lunds engagemang i forskningsgruppen på DESY.

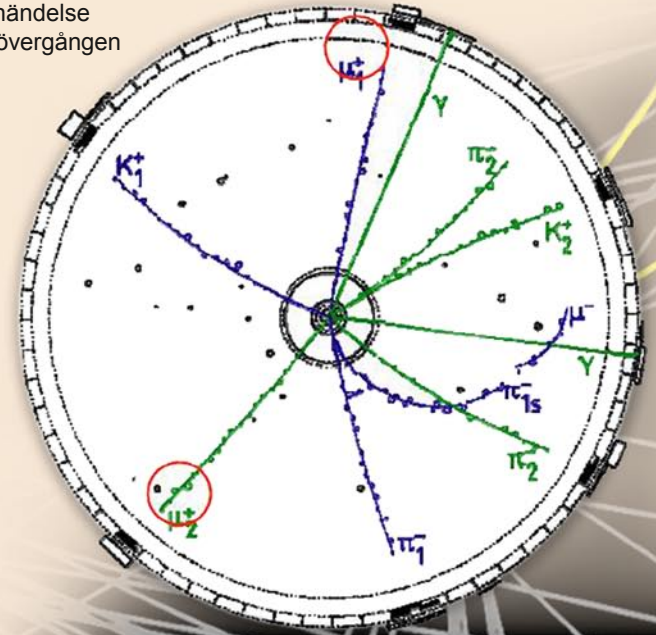
Materia och antimateria



Feynmandiagram på övergången mellan materia och antimateria.

$$e^+e^- \rightarrow \bar{B}^0 \rightarrow \text{oscillation} \rightarrow B_1^0 B_2^0 \rightarrow \pi_1^+ K_1^+ \pi_1^- \mu_1^- \nu_1 \quad K_2^+ \pi_2^+ \pi_2^- \pi_0^+ \mu_2^+ \nu_2$$

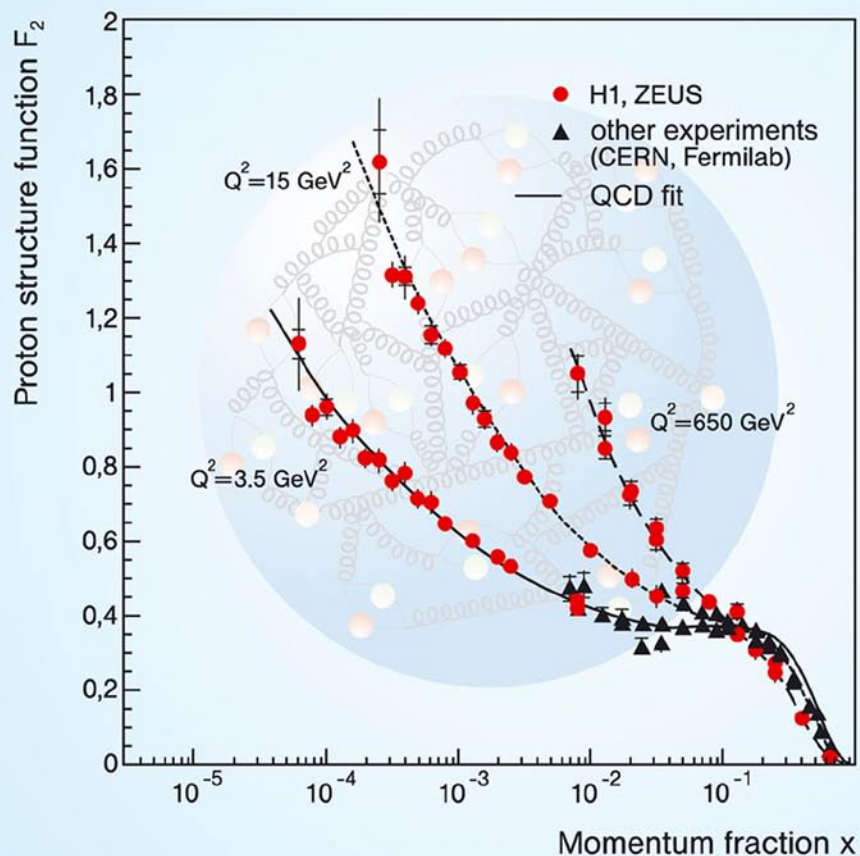
Den första registrerade händelse där materia-antimateria-övergången observerats.



I samband med att DESY-gruppen bildades började också planeringen av en ny detektor, ARGUS. 1982 stod den färdig att leverera sina första data och nu kunde man studera fenomen i energiområdet 3-10 GeV.

Detektorn bidrog under mer än 10 års tid med datainsamling till flera viktiga upptäckter men den viktigaste var ändå upptäckten av oscillationer mellan B-mesoner och anti B-mesoner det vill säga övergångar mellan materia och antimateria.

Lundagruppen tittar in i protonen



År 1992 stod kollideraren HERA vid DESY redo att generera sina första kollisioner för att studera den inre strukturen hos protonen.

Lundagruppen kunde tillsammans med andra för första gången någonsin genomföra en direkt bestämning av gluonens rörelsemängdsspektrum i protonen.

I ett nära samarbete med teorigruppen byggdes modeller för kvarkarnas dynamik, som gjorde Lund världsledande inom området.

1993 gjordes en unik upptäckt som bekräftade vad mätningarna vid ISR tidigare indikerat, när man såg tydliga tecken på att antalet partoner (kvarkar och gluoner) inuti protonen ökande dramatiskt då deras rörelsemängd minskade.

Jakten på Higgs

I Large Hadron Collider (LHC) som startade 2009 kan protoner kollidera med varandra med en maximal kollisionsenergi på 14000 GeV vilket med god marginal borde räcka för att se vad som ligger bortom Standardmodellen.

LHC startade i September 2008 men kollapsade efter en vecka. Vid nystarten den 29 november 2009 var man mycket förväntansfulla.

LHCs utbredning i CERN sett från ovan.



Äntligen!



Partikelforskarnas reaktioner vid startögonblicket för Large Hadron Collider.

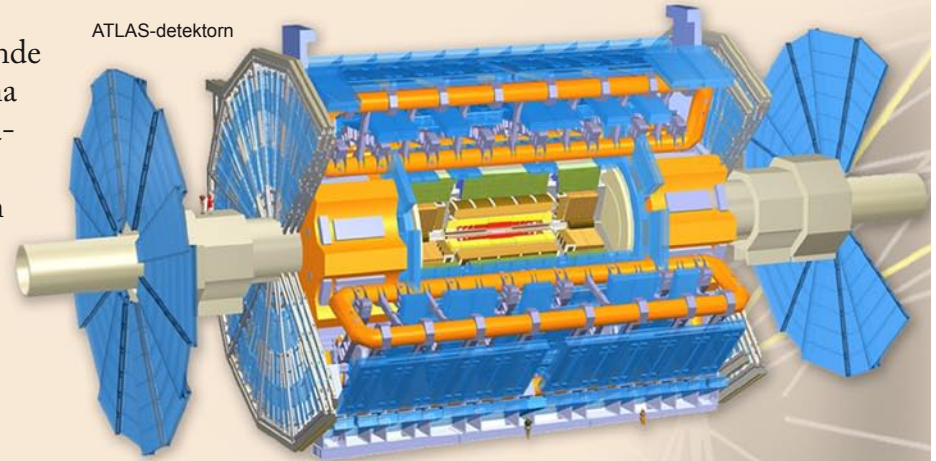
ATLAS

Det största detektorsystemet på CERN heter ATLAS och är resultatet av ett världsomfattande samarbete mellan 38 länder. Syftet var att finna den kanske sista biten i partikelpusslet. Lunda-gruppens deltagande leds av Torsten Åkesson som också var med i kärnan av den grupp som först förespråkade byggandet av LHC.

I juni 2012 gjordes ett stort genombrott i ATLAS-detektorn, när experiment visade att den berömda bosonen, Higgs partikel, med största sannolikhet existerar.

Sökandet efter Higgs partikel gav resultat och den 4 juli 2012 fann man säkra belegg för partikelns existens.

ATLAS-detektorn



Torsten Åkesson är föreståndare för Avdelningen för partikelfysik på Fysicum i Lund.