

Introduktion till ATLAS

Svenska Lärare på CERN

Christophe Clément (Stockholms Universitet)

Översikt

1. Varför bygger vi LHC & ATLAS experimentet?
2. Hur funkar ATLAS experimentet?
3. Material



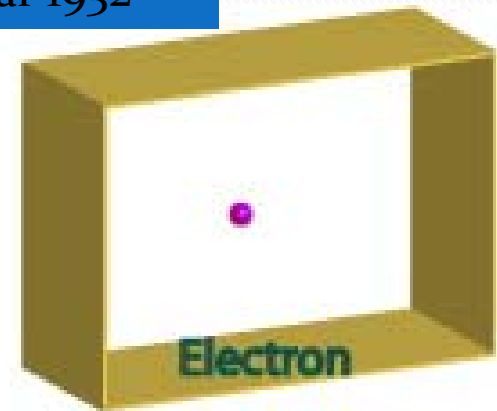
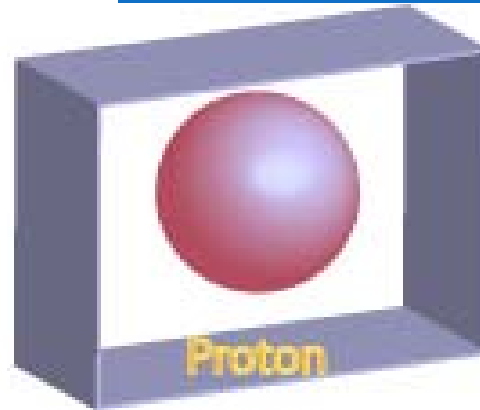
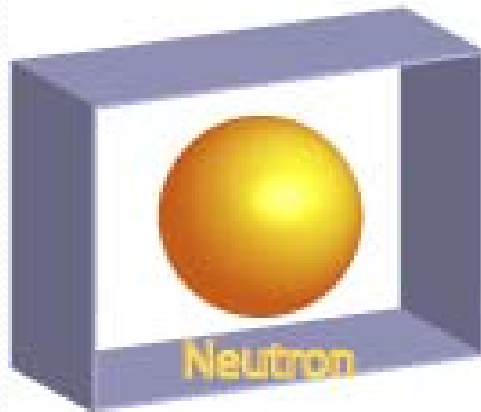
Varför bygger vi LHC & ATLAS
experimentet?

Materians minsta beståndsdelar...

I																		III						IV	V		VI		VI	Z									
1	2																	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22									
H	He																	B	C	N	O	F	Ne																
1.0	4.0																	10.8	12	14	16	19	20.2																
3	4																	13	14	15	16	17	18																
Li	Be																	Al	Si	P	S	Cl	Ar																
6.9	9.0																	27	28.1	31	32.1	35.5	39.9																
11	12																	31	32	33	34	35	36																
Na	Mg																	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																
23	24.3																	69.7	72.6	74.9	79	79.9	83.8																
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																						
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																						
39.1	40.1	45	47.9	50.9	52	54.9	55.9	58.9	58.7	63.5	65.4	69.7	72.6	74.9	79	79.9	83.8																						
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																						
85.5	87.6	88.9	91.2	92.9	95.9	(98)	101.1	102.9	106.4	107.9	112.4	114.8	118.7	121.8	127.6	126.9	131.3																						
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																						
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																						
132.9	137	138.9	178.5	180.9	183.9	186.2	190.2	192.2	195.1	197	200.6	204.4	207.2	209	(210)	(210)	(222)																						
87	88	89	104	105	106	107	108	109																															
Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	108	Une																															
(223)	226	227	(259)	(260)	(263)	(262)	(265)	(266)																															

Alkali Met.	Lanthanide
Metal	Non-Metal
Trans. Met.	Halogen
Noble Gas	Actinide
Chalcogens	Metalloids

Minsta beståndsdelar 1932



Particle zoo

1950-1960



$\pi^+ \pi^- \pi^0$
Pions

η'
Eta-Prime

η
Eta

$\rho^+ \rho^- \rho^0$
Rho

$K^+ K^- K^0$
Kaons

ϕ
Phi

Mesons

$\Delta^{++}, \Delta^+, \Delta^0, \Delta^-$
Delta

Λ^0
Lambda (strange!)

$\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-$
Sigma (strange!)

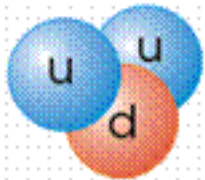
Ξ^0, Ξ^-
Ksi (very strange!)

BARYONS

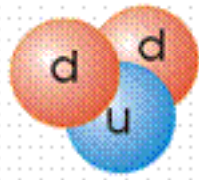
What was the underlying structure ?

Partikelfysikens "Standard Modell"

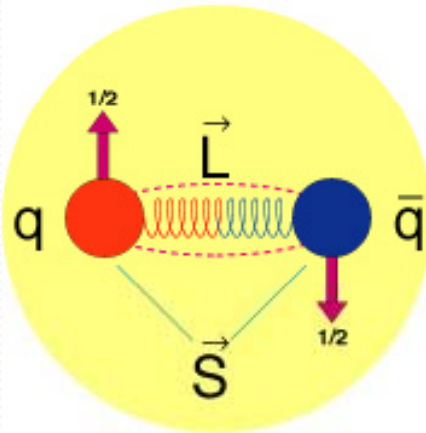
The Proton



The Neutron

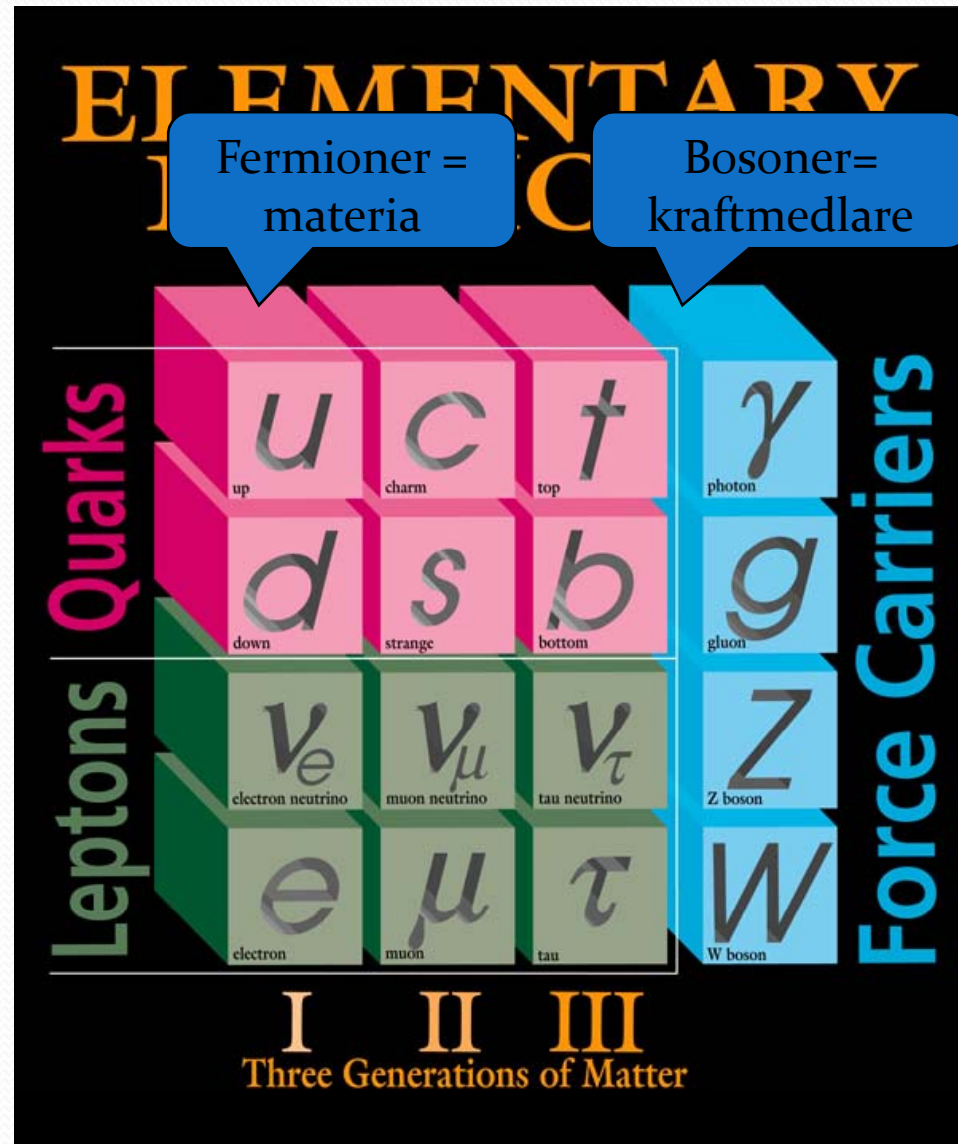


MESON



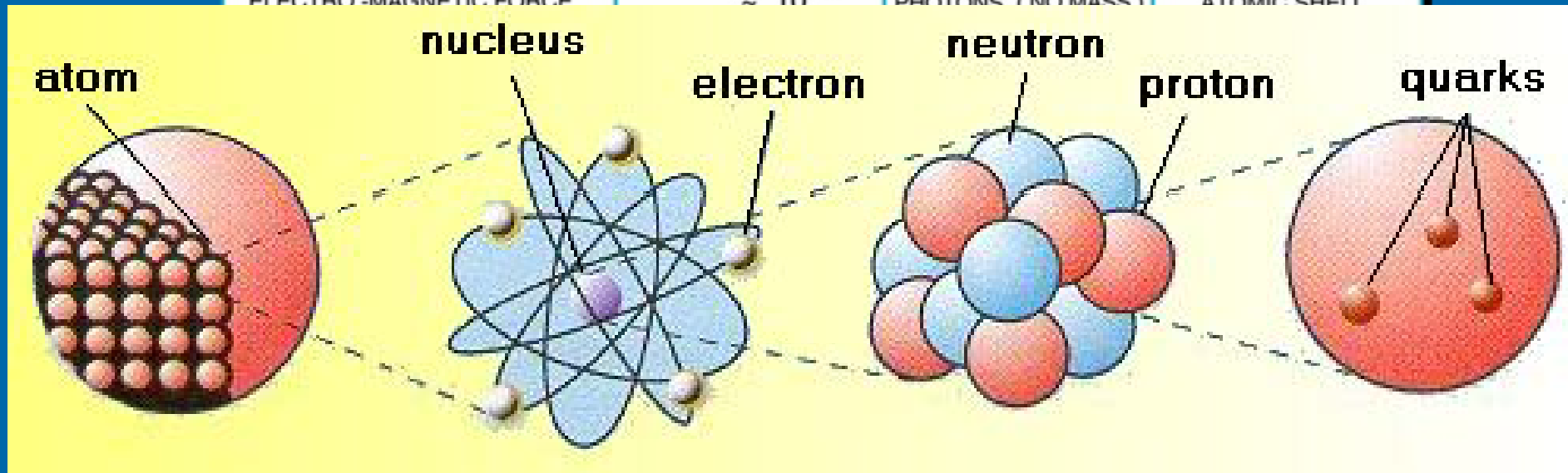
u \bar{u}
 d \bar{d}
 s \bar{s}

$3 \times 3 = 8 + 1$ combinations



Naturens krafter och kraftförmedlare

TYPE	INTENSITY OF FORCES (DECREASING ORDER)	BINDING PARTICLE (FIELD QUANTUM)	OCCURS IN :
STRONG NUCLEAR FORCE	~ 1	GLUONS (NO MASS)	ATOMIC NUCLEUS
ELECTRO-MAGNETIC FORCE	$\sim 10^{-3}$	PHOTONS (NO MASS)	ATOMIC SHELL

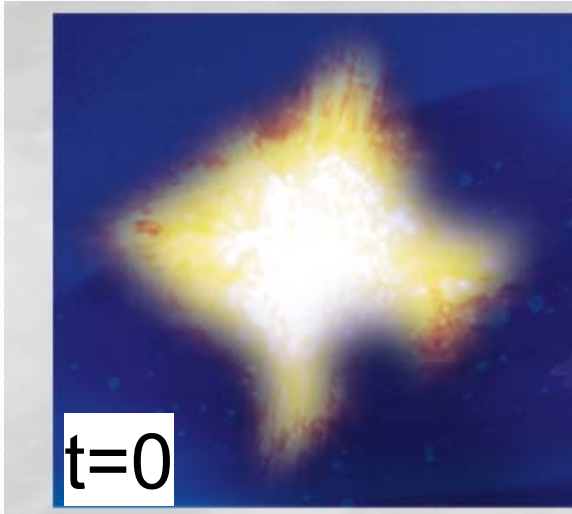


Big bang

Particle Physics pushes the limit of knowledge towards shorter times



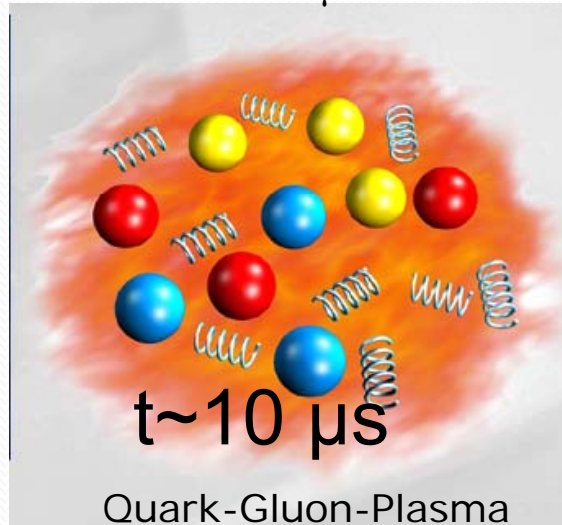
$t=0$



$t=0$

Big Bang

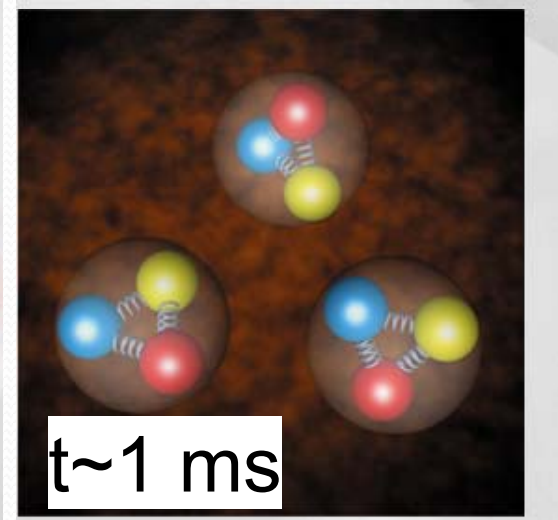
$t \approx 10 \mu\text{s}$



$t \sim 10 \mu\text{s}$

Quark-Gluon-Plasma

$t \approx 1 \text{ms}$



$t \sim 1 \text{ms}$

Nuclear Matter

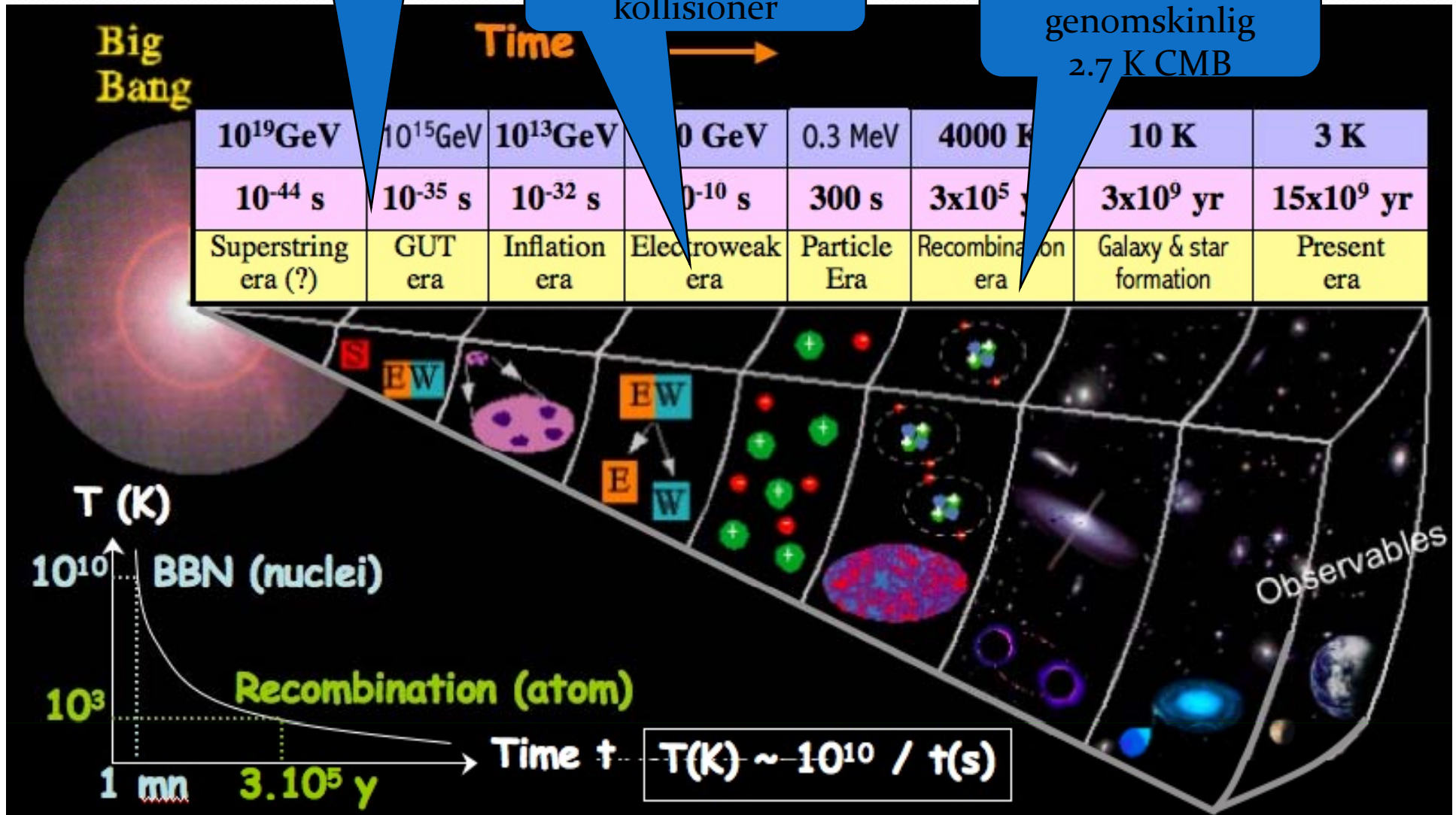


Big bang

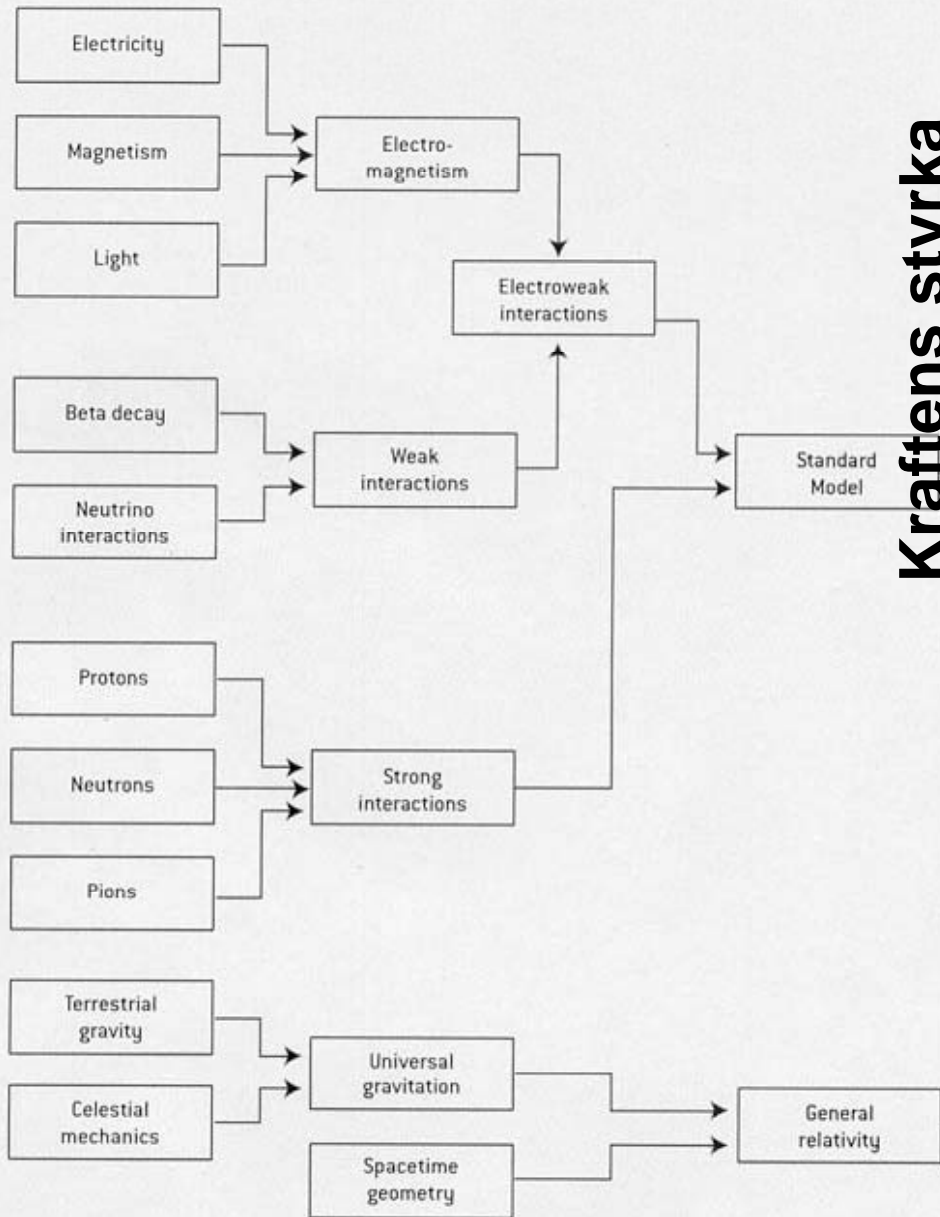
En enda kraft?

Energien hos LHC
kollisioner

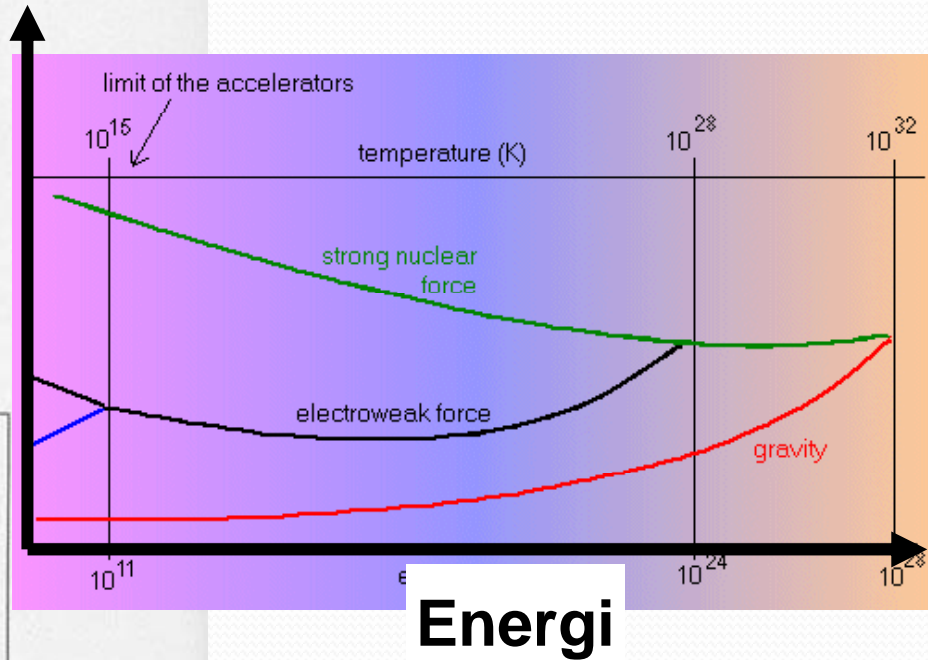
Universum blir
genomskinlig
2.7 K CMB



Förening av naturens krafter?



Kraftens styrka



String theory?

Standard Modellen

Standard modellen

- Väldigt noggranna numeriska förutsägelser
- Förklarar ett väldigt brett spektrum av verkligheten

Men

- Partiklarna är masslösa utan Higgs bosonen

Hitta Higgs bosonen!

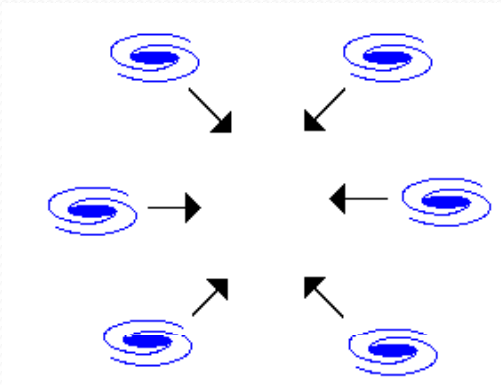
- Hierarki problem:
varför är partikel massorna så små jämfört med föreningen
- ~20 fundamentala parametrar (1 för Newtons gravitations teori)
- ingen gravitation

⇒ Icke slutlig teori

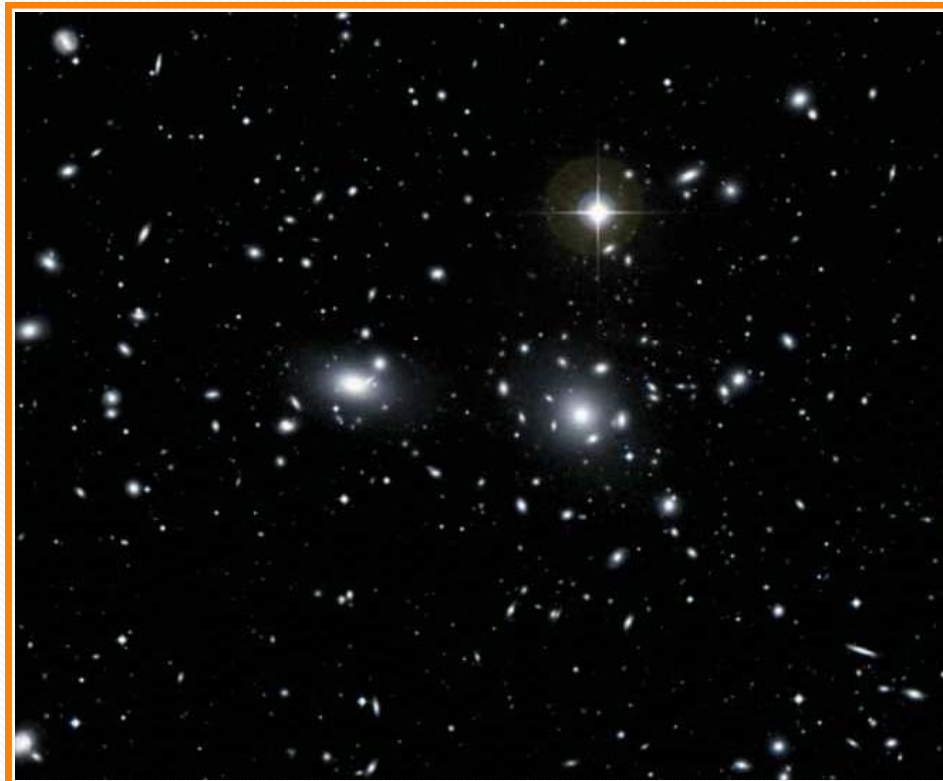
⇒ Väntar på nya fenomen vid LHC energin

Tips från Universum ...

Evidence for Dark Matter (1933)

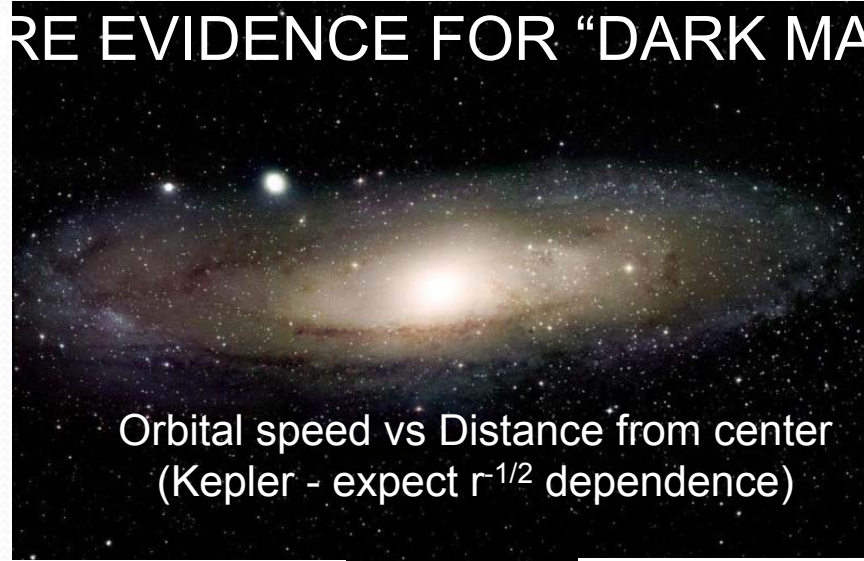


Mass of luminous matter
=
10%
Gravitational mass

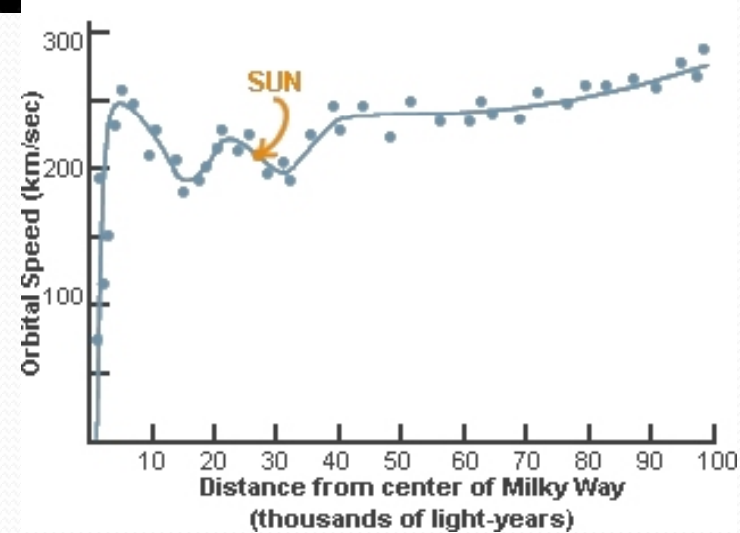
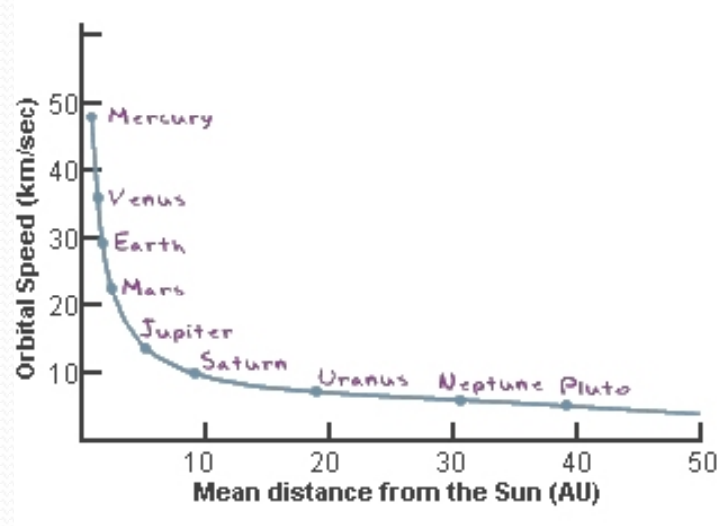


Mörk materia

MORE EVIDENCE FOR "DARK MATTER"



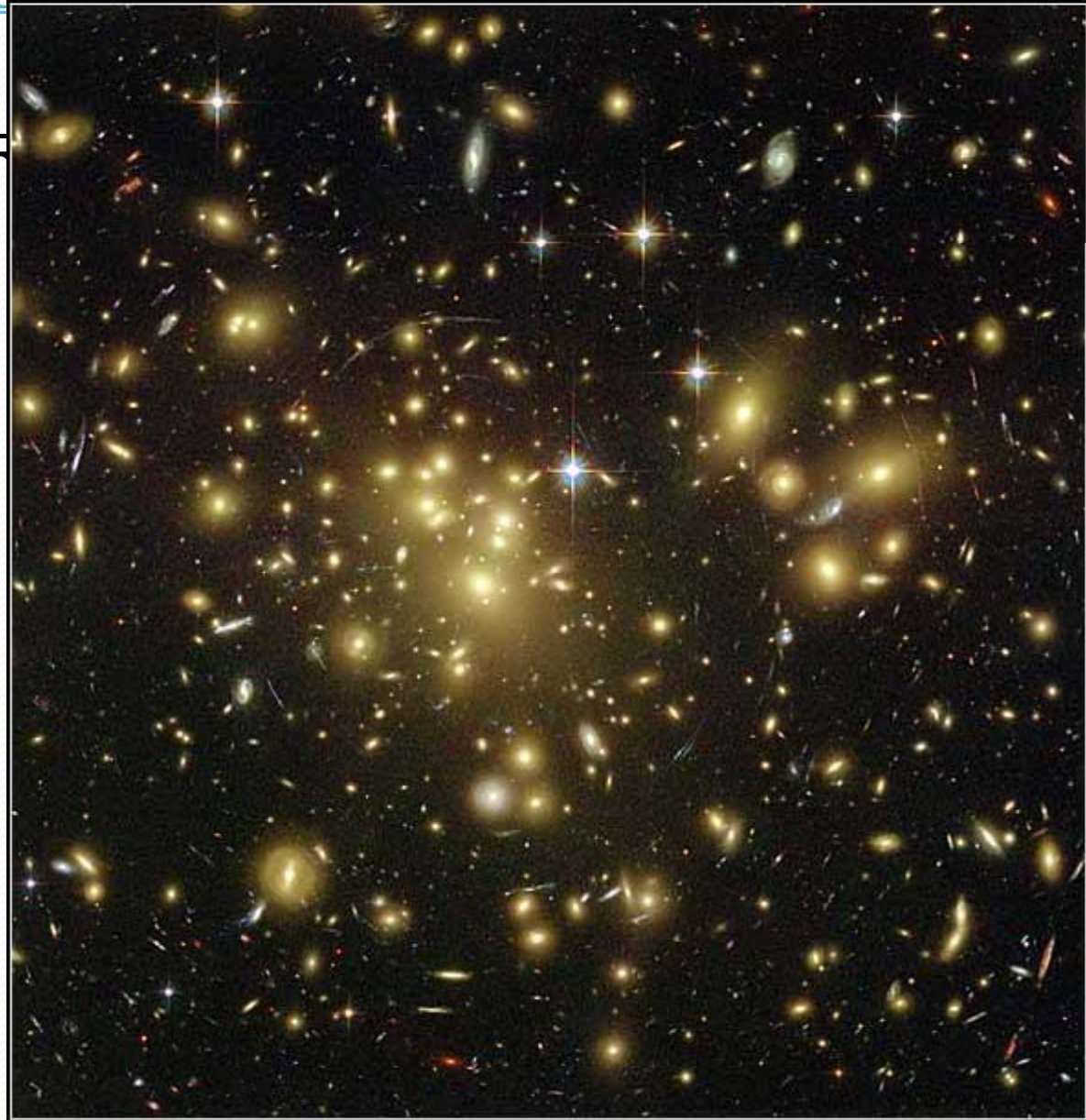
Orbital speed vs Distance from center
(Kepler - expect $r^{-1/2}$ dependence)



One central mass (SUN)

AND EVEN MORE

GRAVITATIONAL
LENSING

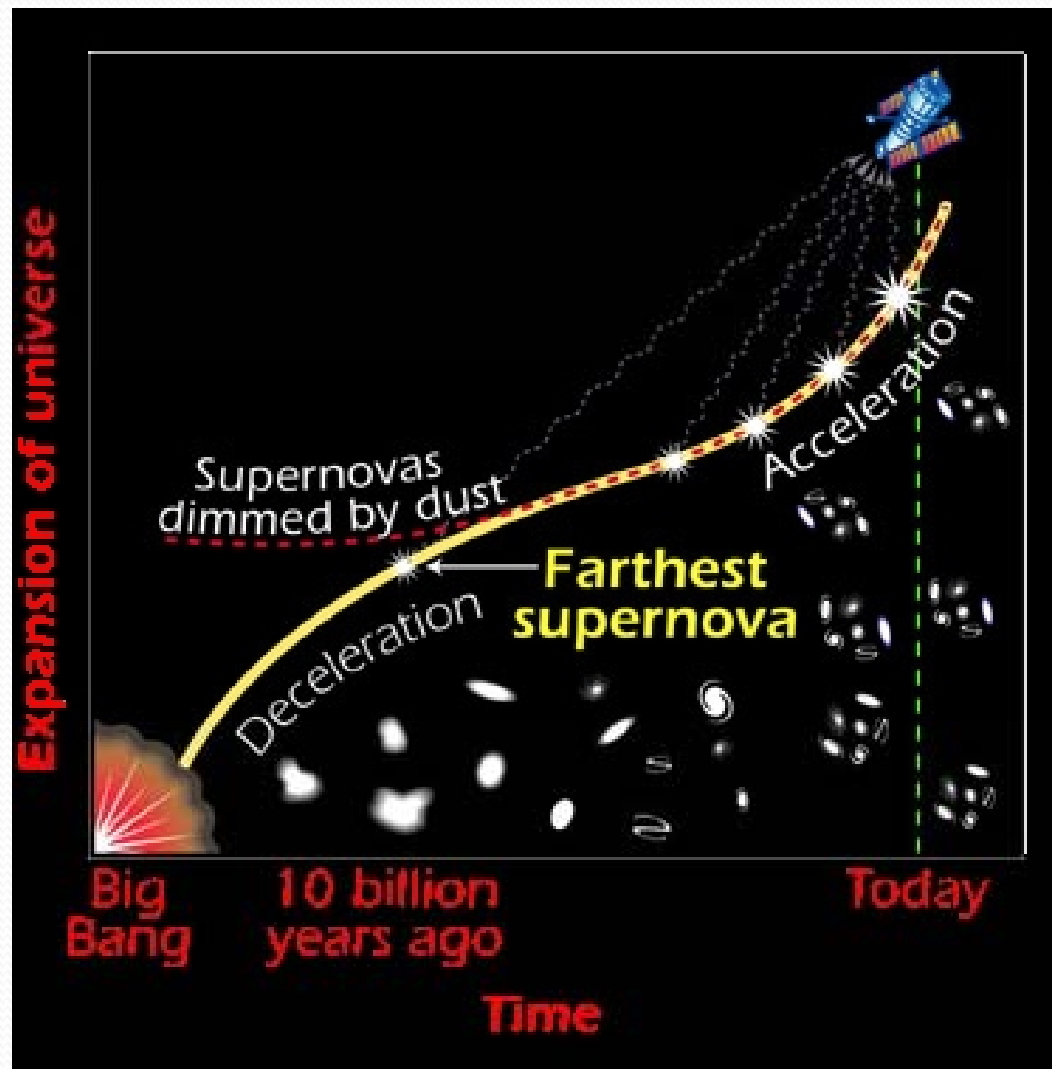


NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Hebrew Univ.), H. Ford (JHU),
M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory),
the ACS Science Team and ESA

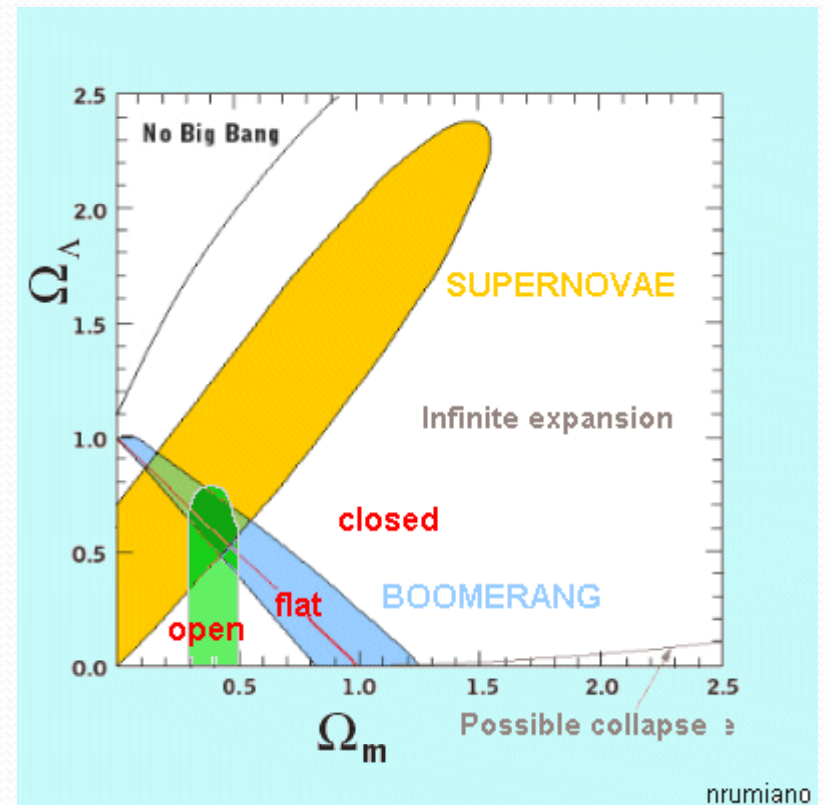
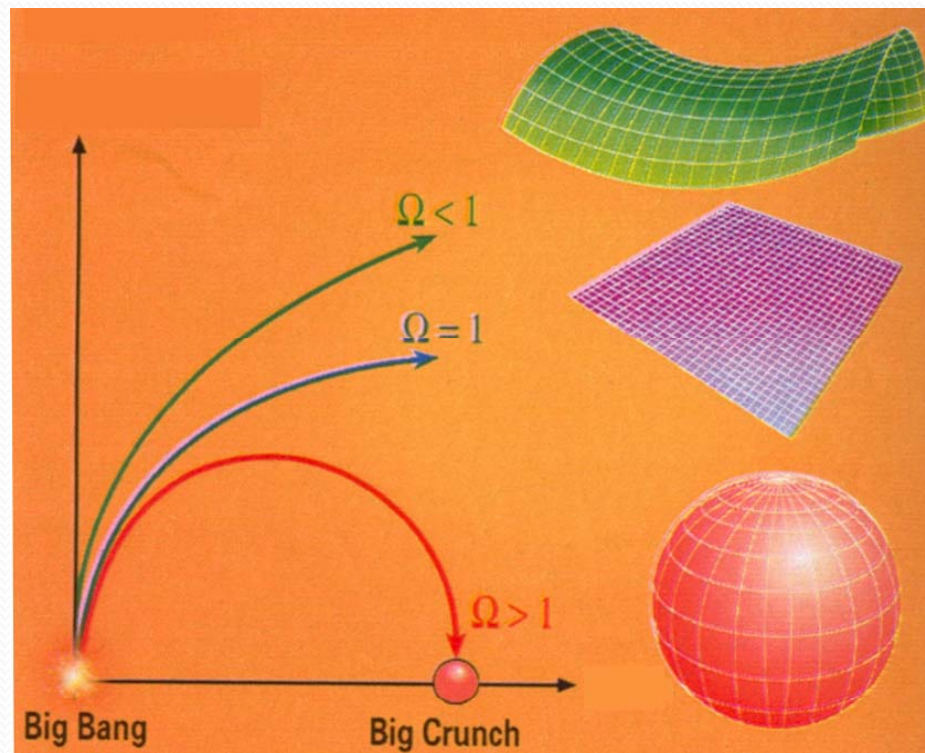
STScI-PRC03-01a

Universums utvidgning accelerar

Evidence for Dark Energy



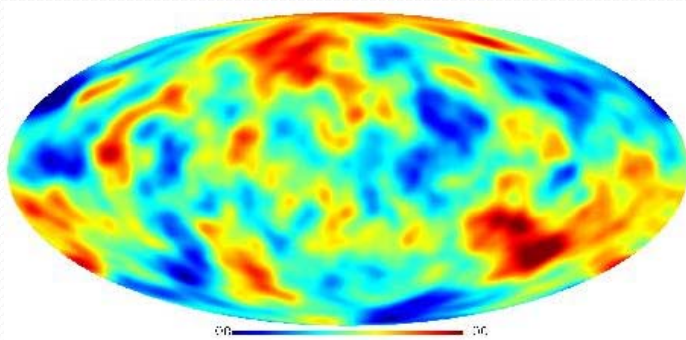
Mörk energi: accelererad utvidgning



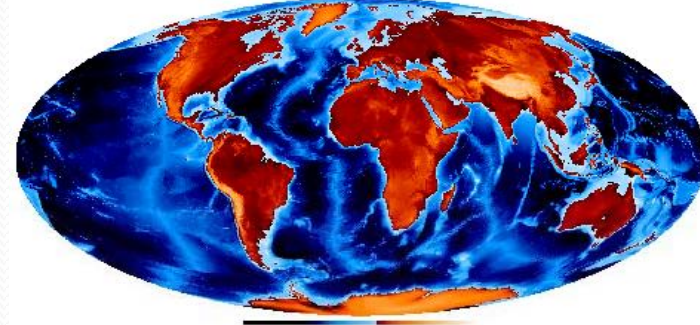
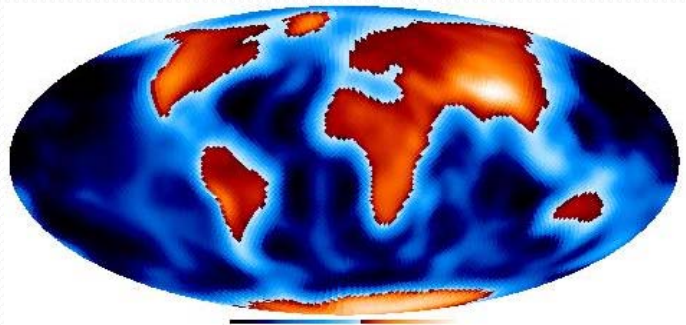
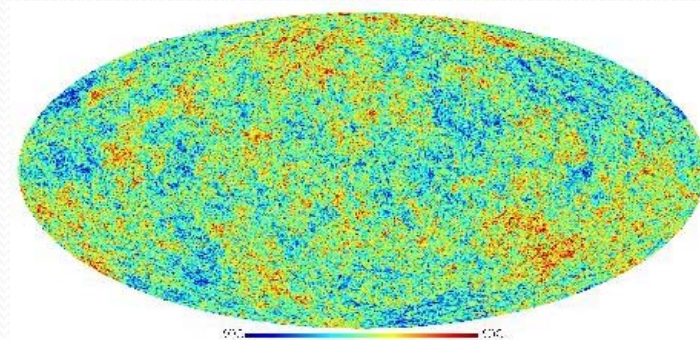
Universums totala innehåll

The most precise observation today (WMAP)

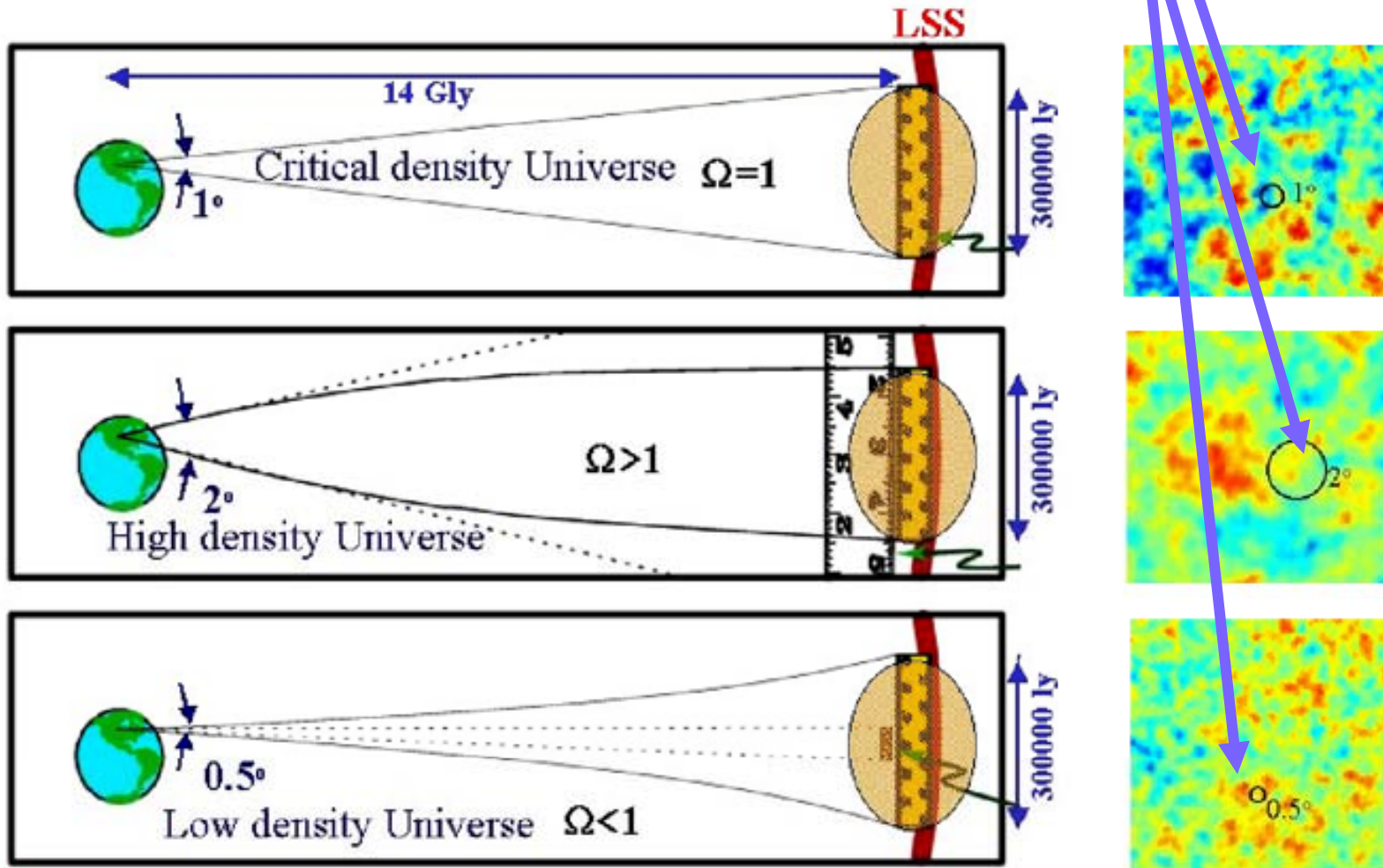
COBE
(7 degree resolution)



WMAP
(0.25 degree resolution)

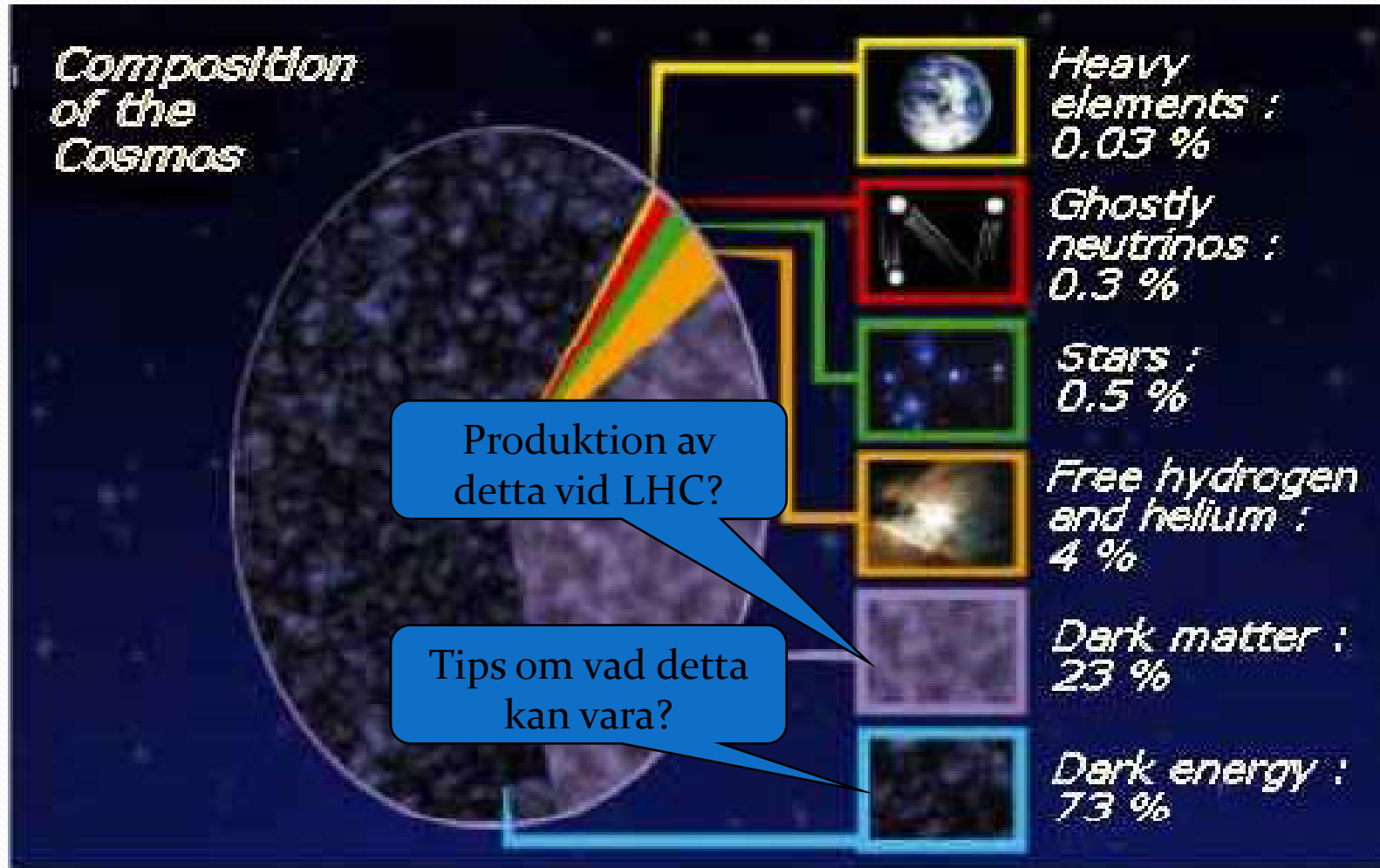


Universum när den var 300000 år gammal



⇒ Max scale relates to total content of Universe Ω_{tot}

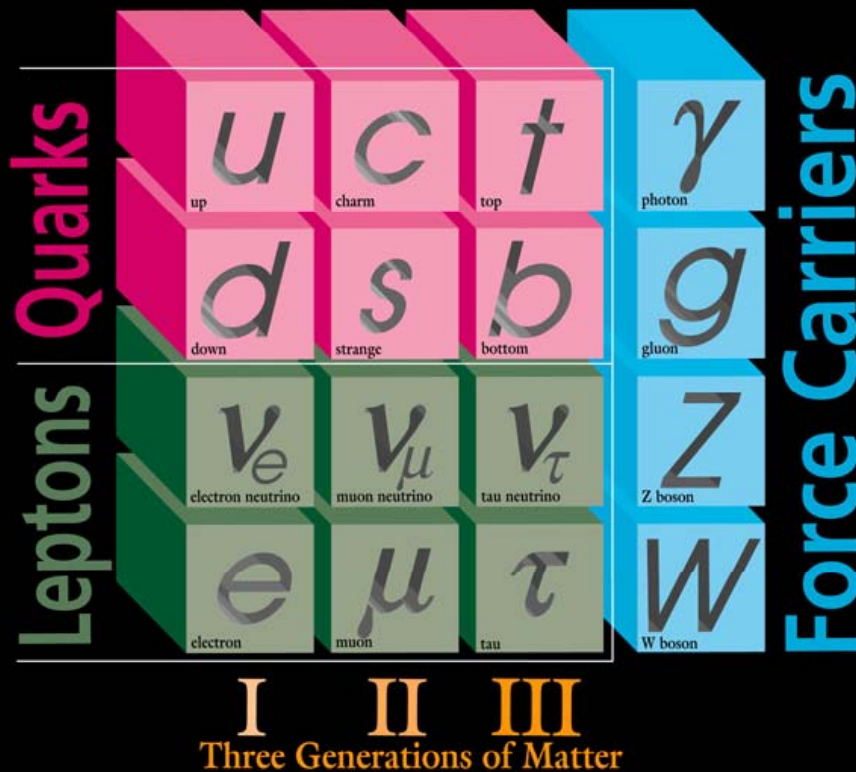
Composition of the cosmos



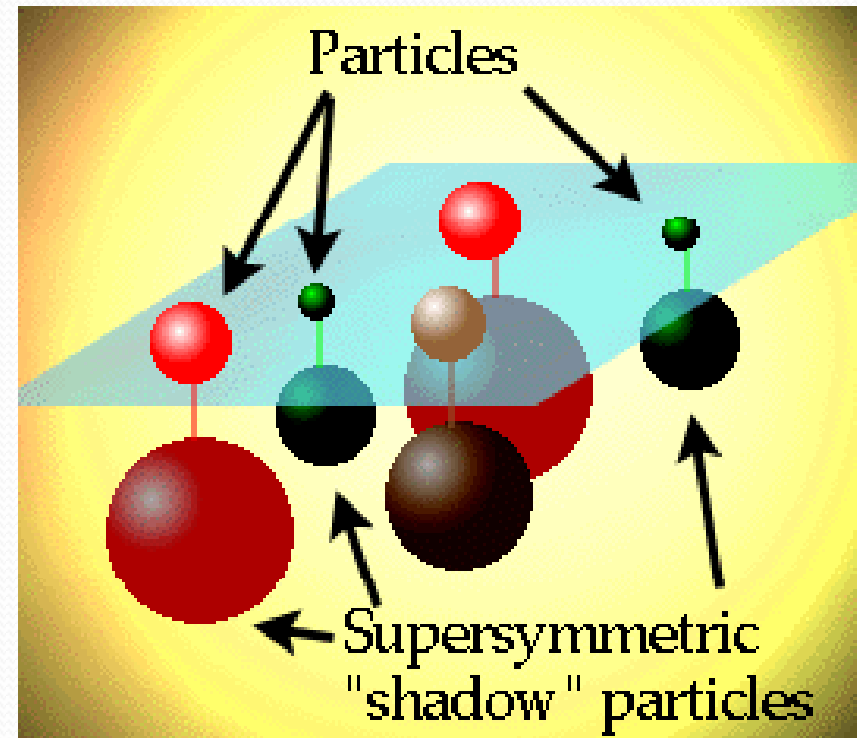
Supersymmetry

The most precise observation today (WMAP)

Starta från Standard modellen



Lägg till 1 Susy partner per SM partikel



Lättaste SUSY partikel stabil =

- växelverkar svagt
- tung
- hints från astropartikelfysik

From EGRET, 2005

WIMP MASS
50 - 100 GeV

Löser hierarki problem

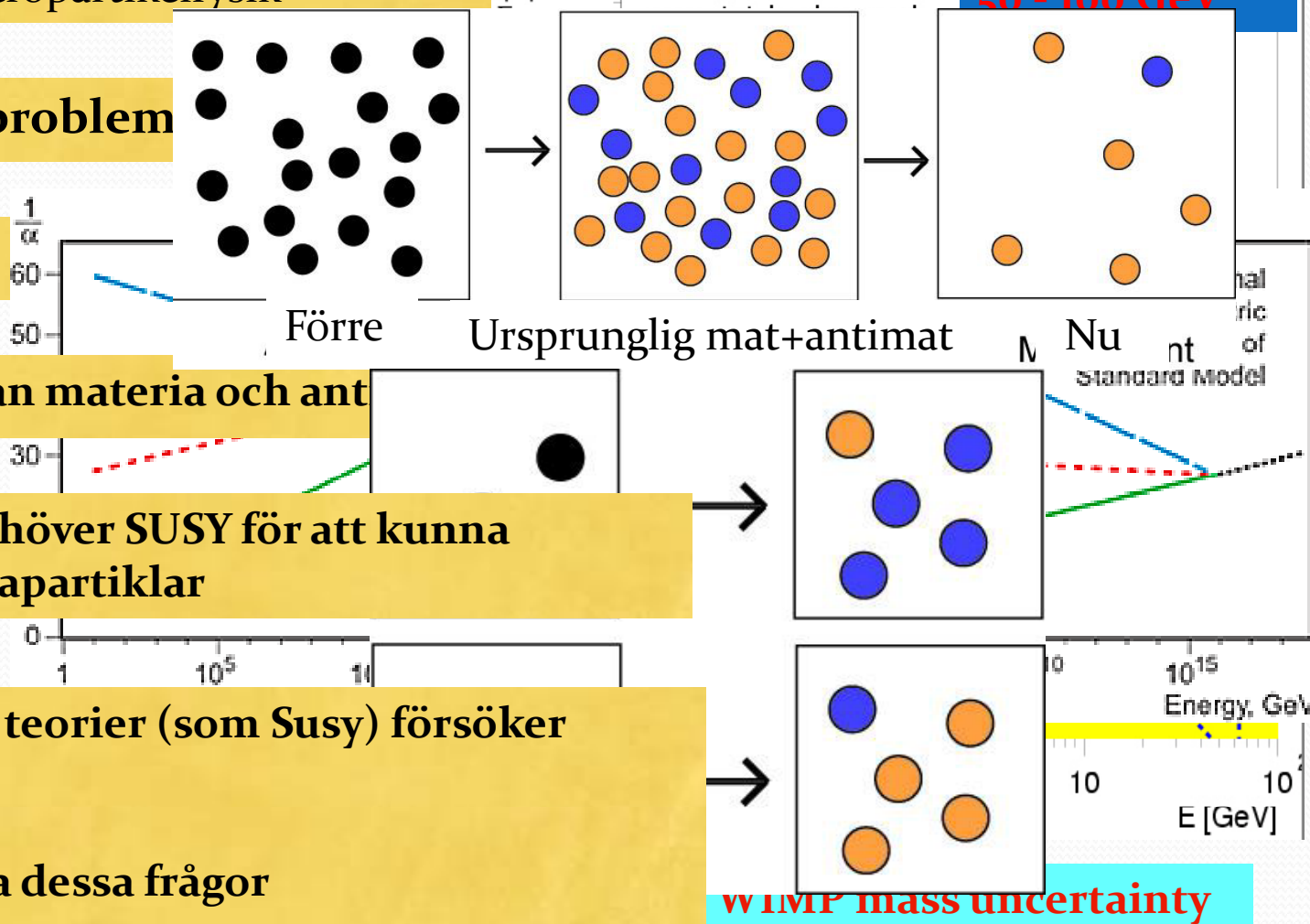
Kraftförening

Asymmetri mellan materia och antimateria

Sträng teorier behöver SUSY för att kunna innehålla materiapartiklar

Frågor som olika teorier (som Susy) försöker besvara.

LHC mål: besvara dessa frågor



Fysik Motivering foer ATLAS

Higgs boson

Kan man producera mörkmateria i labbet?

Vad aer mörkmateria?

Supersymetri?

Partiklar som propageras in andra dimensioner (Kaluza Klein)?

Ett helt zoo av möjligheter

Gravitation och andra krafter förenas vid \sim TeV skalan?

Icke elementära kvarkar och leptoner?

Varför finns det 3 kvark/lepton familjer?

Hur lägger vi in gravitation i bilden?

Varför finns det ingen antimateria kvar?

...

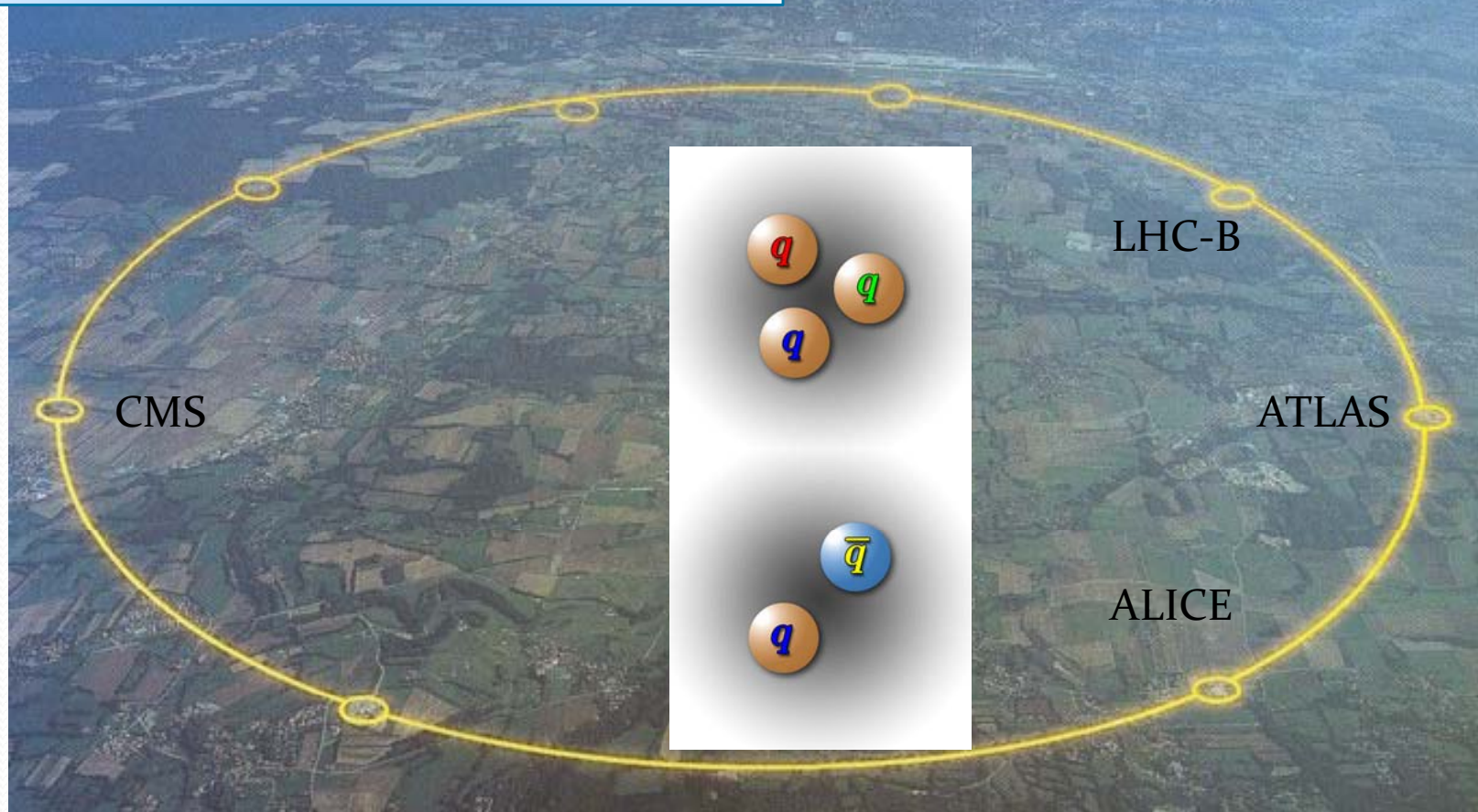


Hur funkar ATLAS experimentet vid LHC?

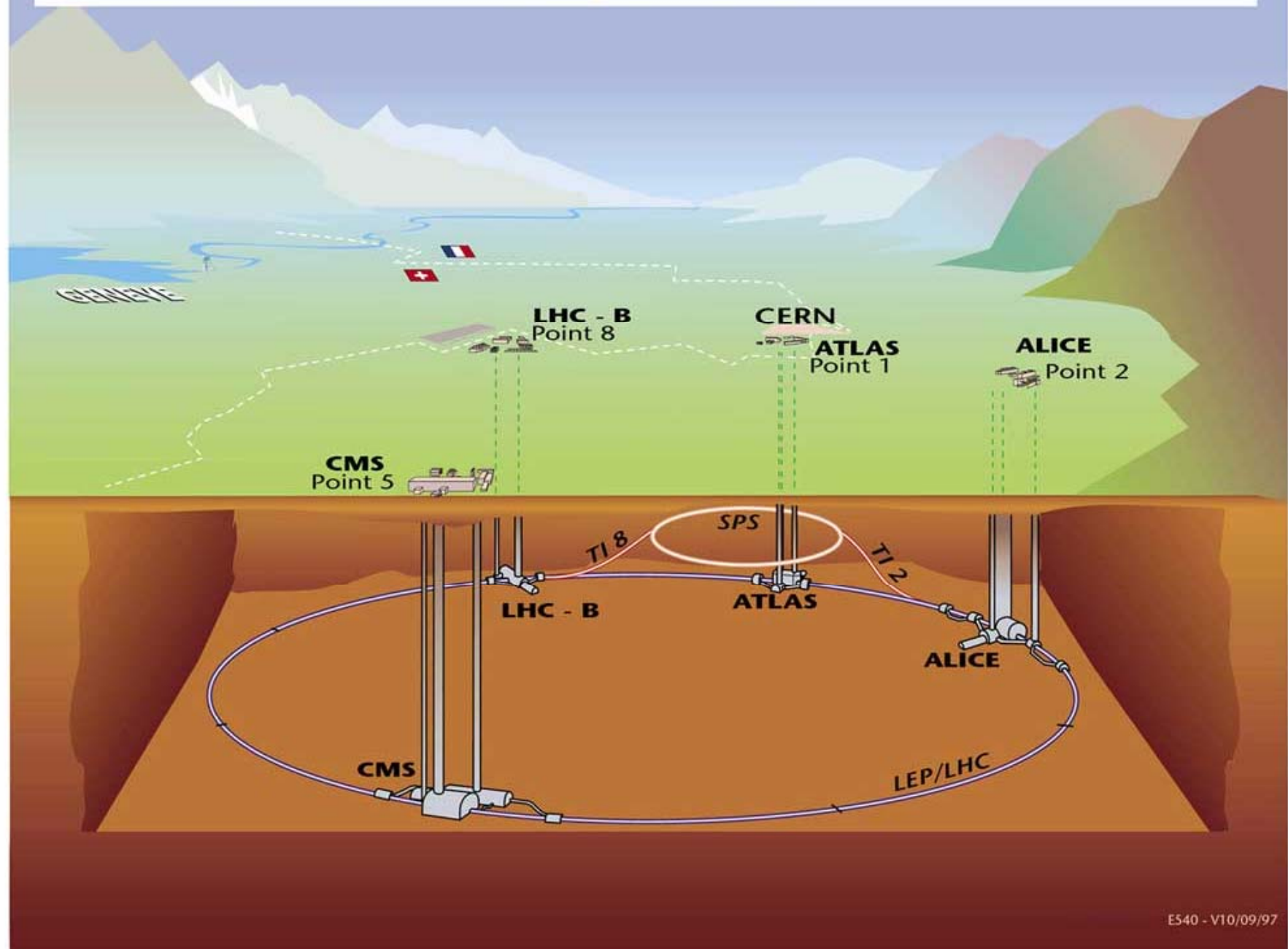
Large Hadron Collider (LHC)
= Stor Hadron Kolliderare (27km)

p-p med 14 TeV

Hadron = Partiklar som består av kvarkar
tex: protoner, och
bly kärnor (= många protoner och neutroner)

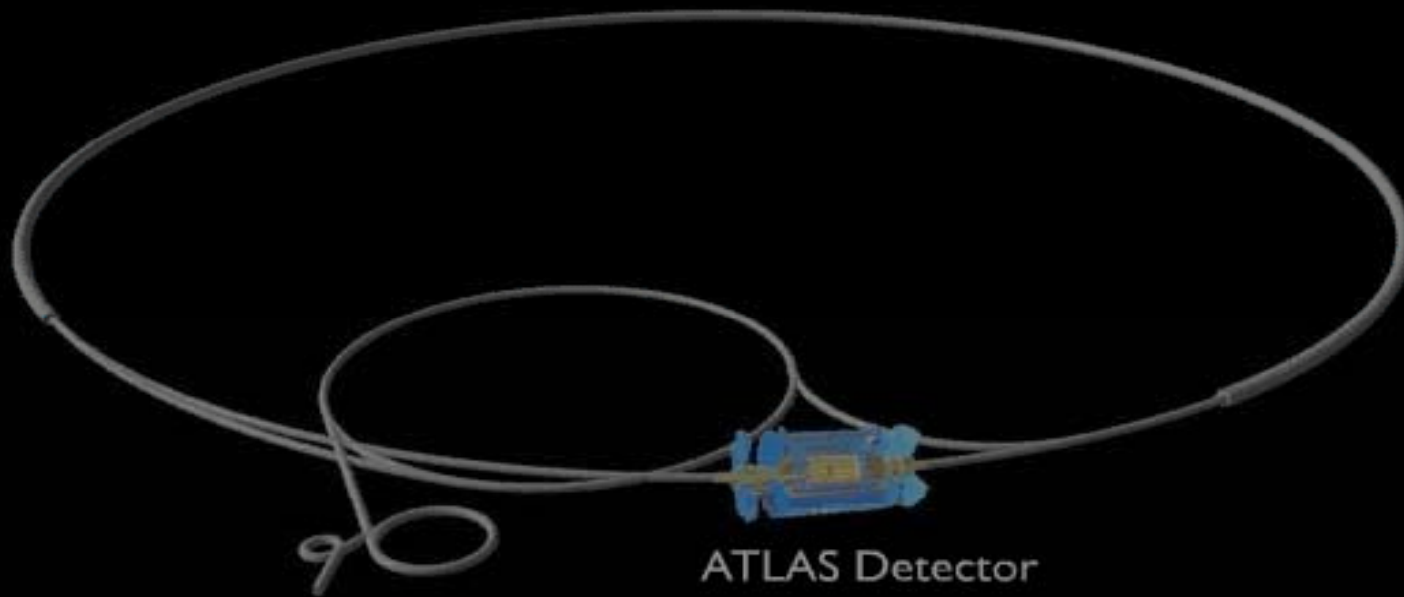


Overall view of the LHC experiments.



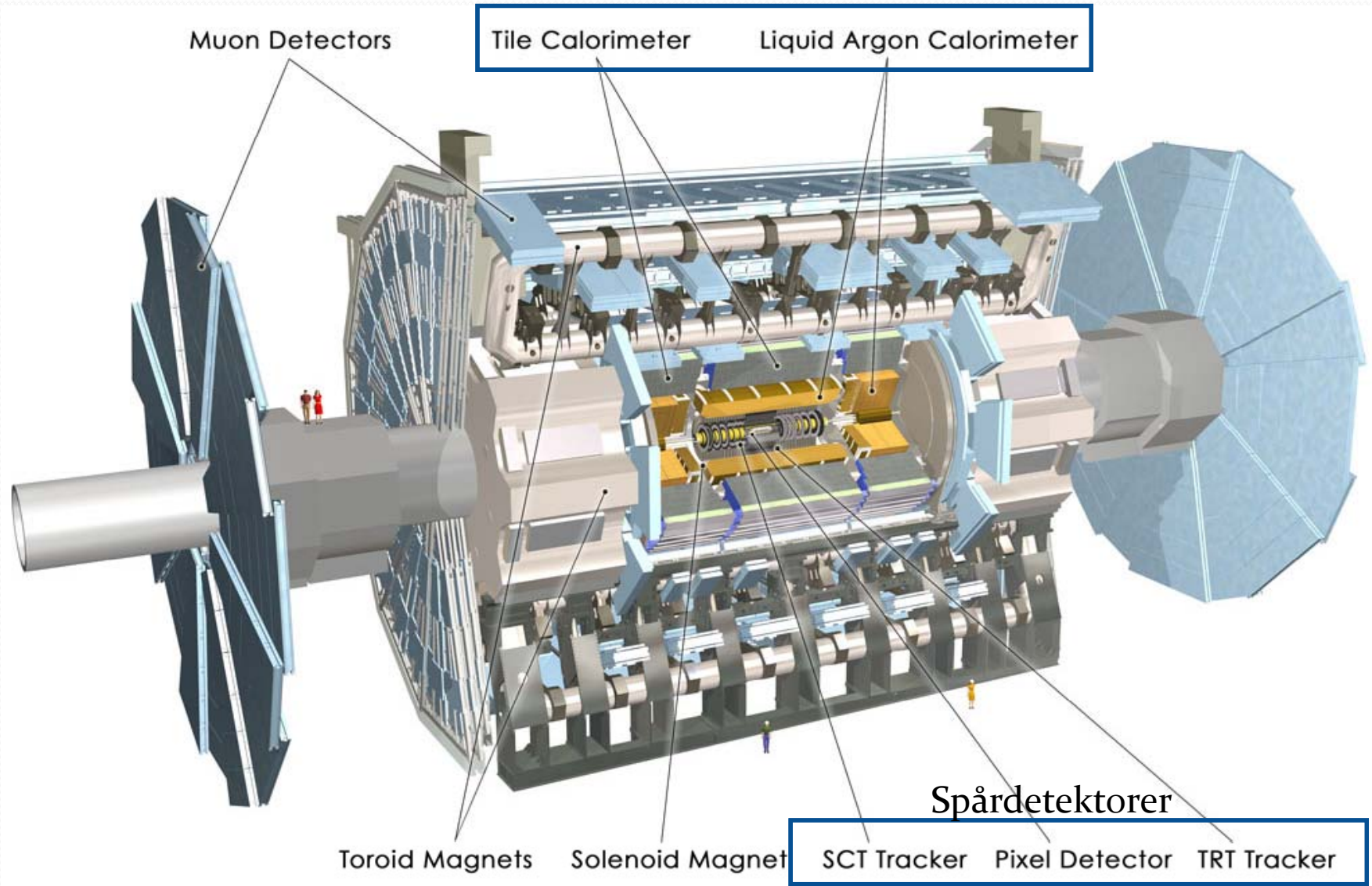
PLAY ▶

Large Hadron Collider



ATLAS Detector

Elektron, foton, hadron detektorer (Kalorimeter)





http://hands-on-cern.physto.se/ani/acc_lhc_atlas/endview.swf

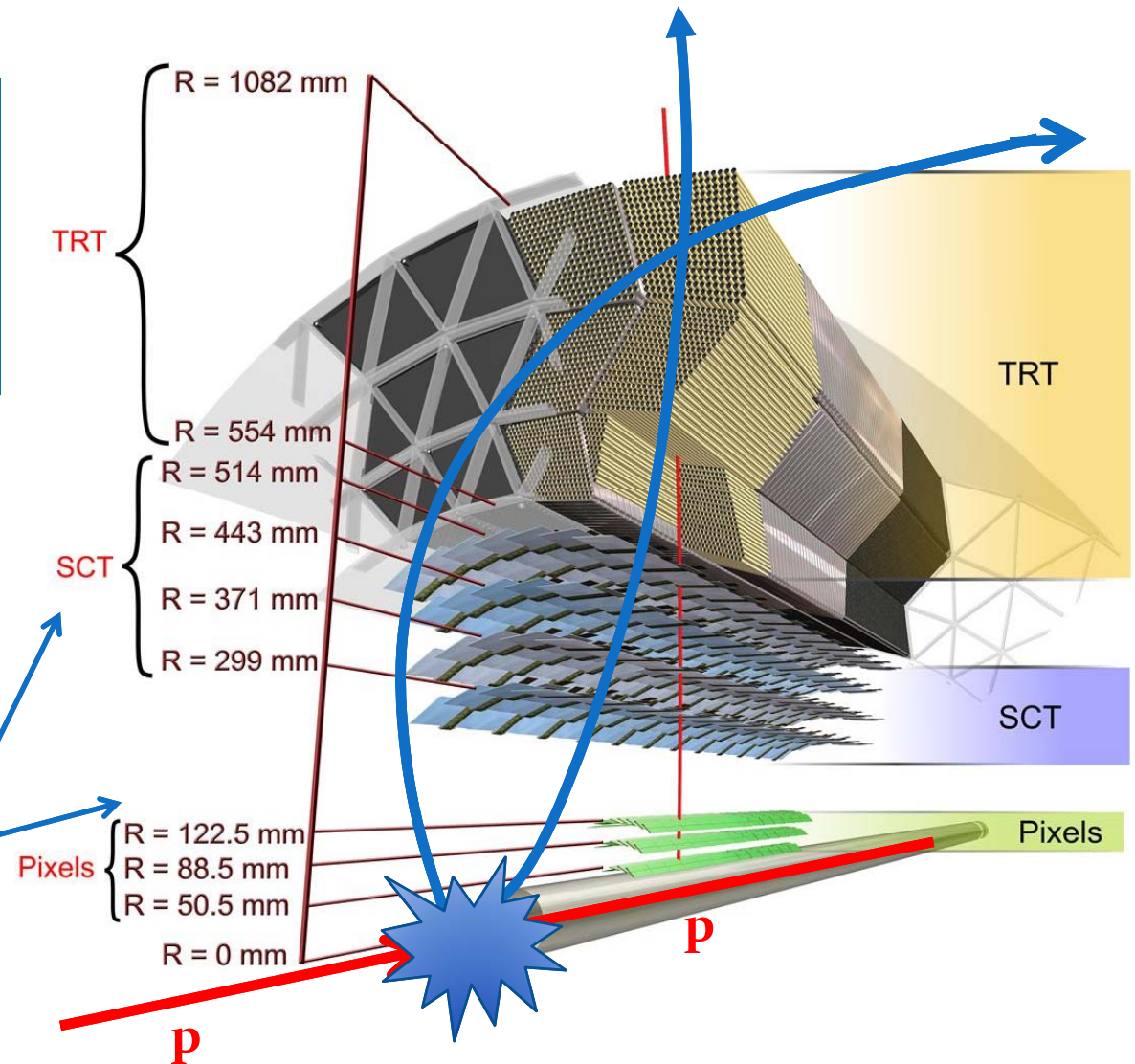
ATLAS Spårdektor

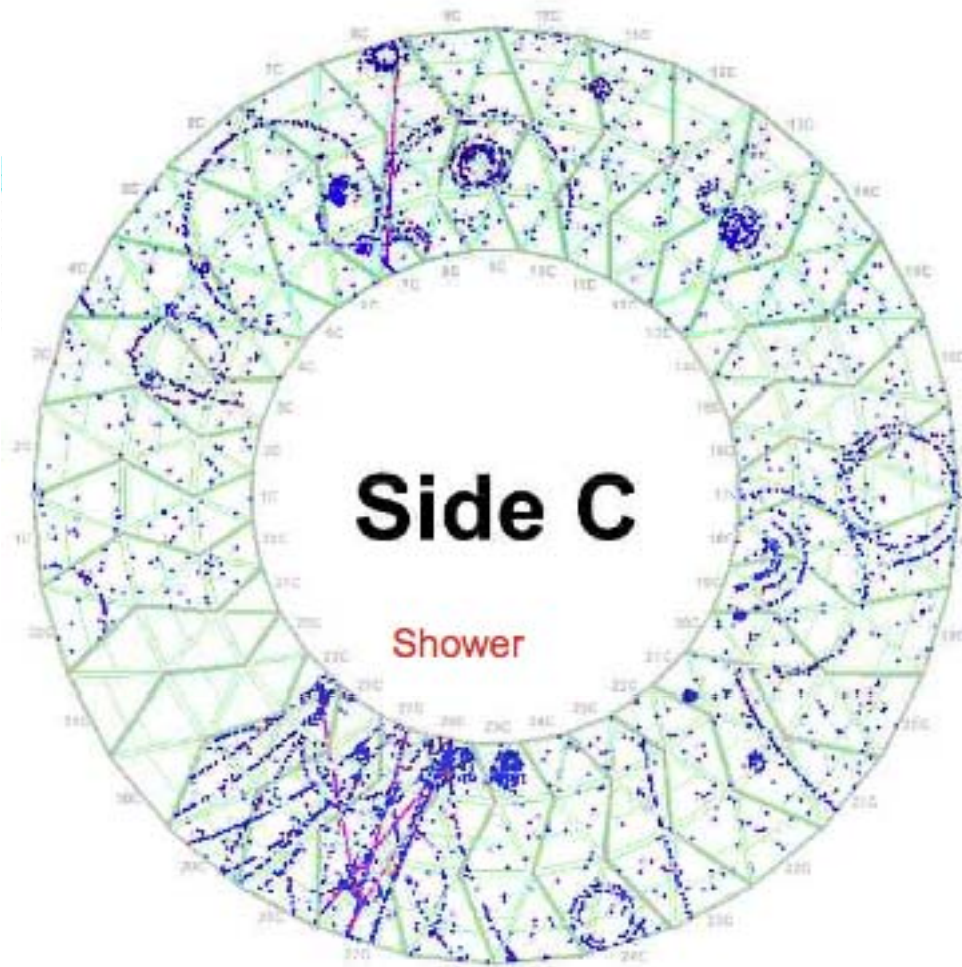
Syftet

Hitta spåren av laddade partiklar
Rörelsemängd och laddning
Kollisionspunktens exakta position
Vilken typ av kvark skapade spåret?
...

Kisel detektorer

kiselpixlar och 'remsor'...
~80 Megapixlar kamera
40 miljoner 'kort' per sekund



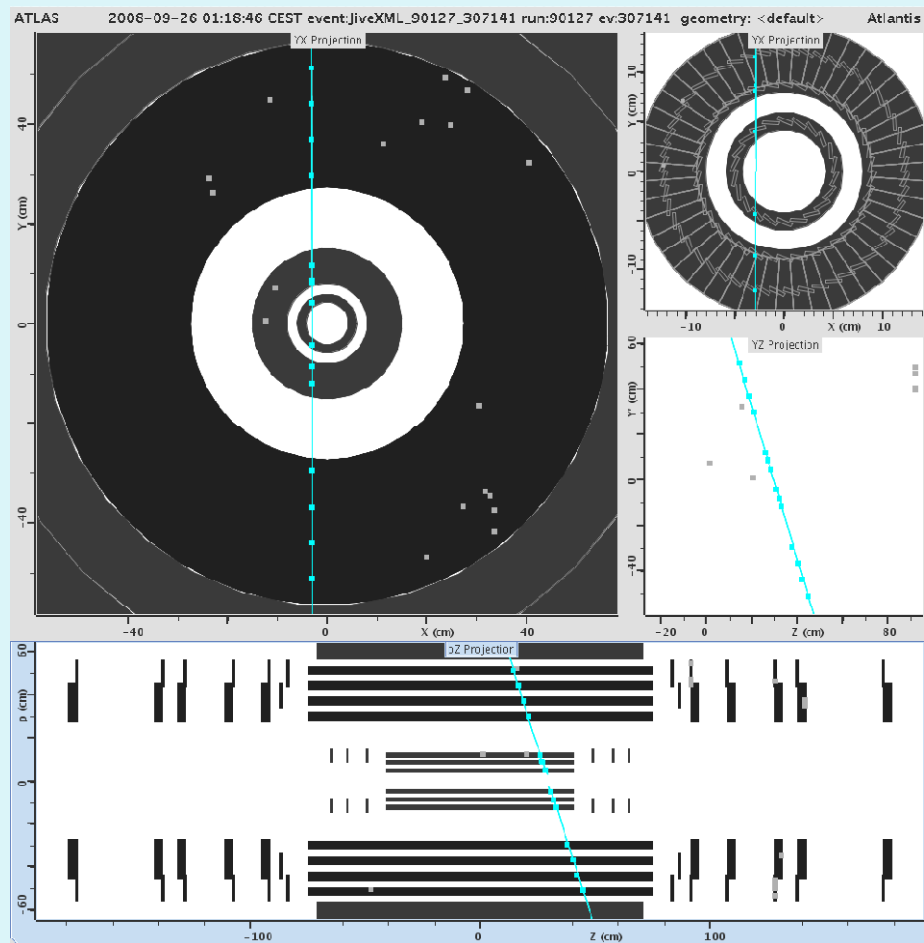


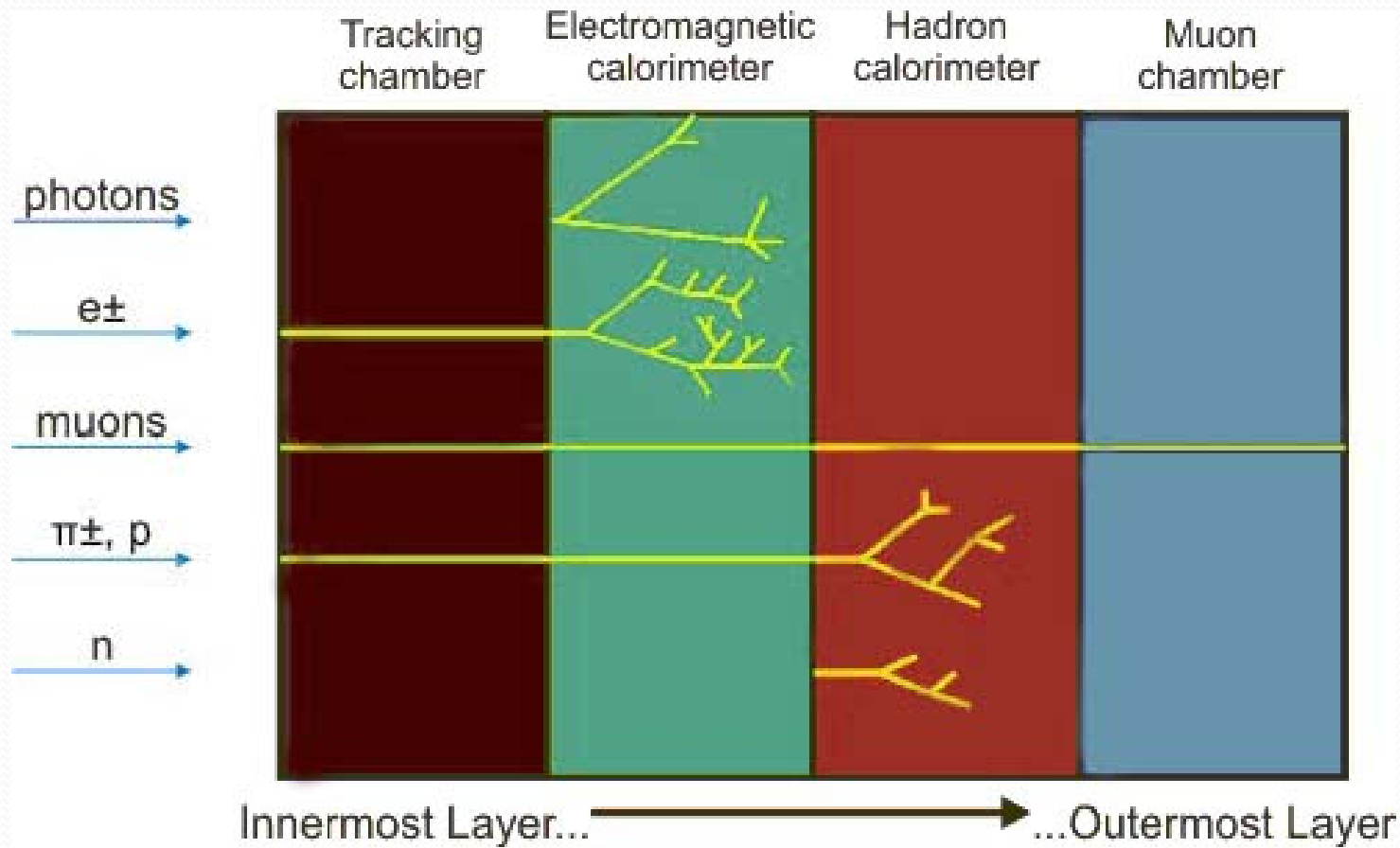
Side C

Shower

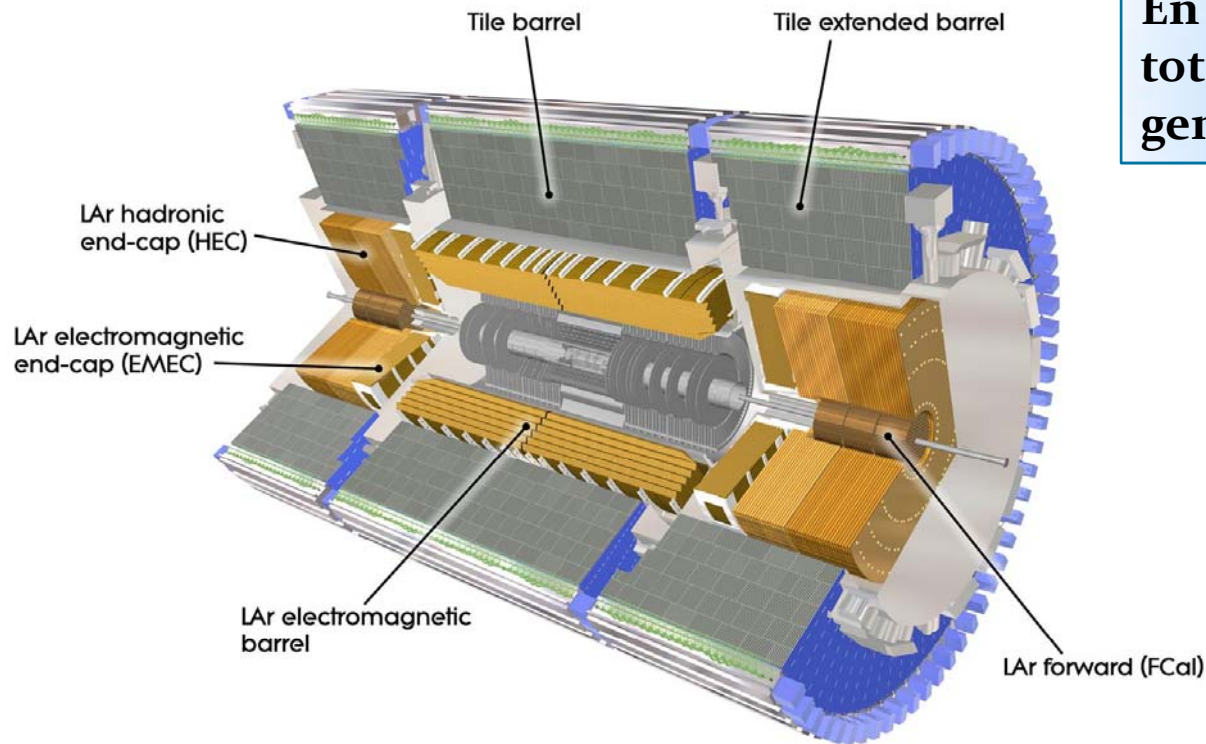
Med magnetfält

Kosmiska myoner i ATLAS
på riktigt ...





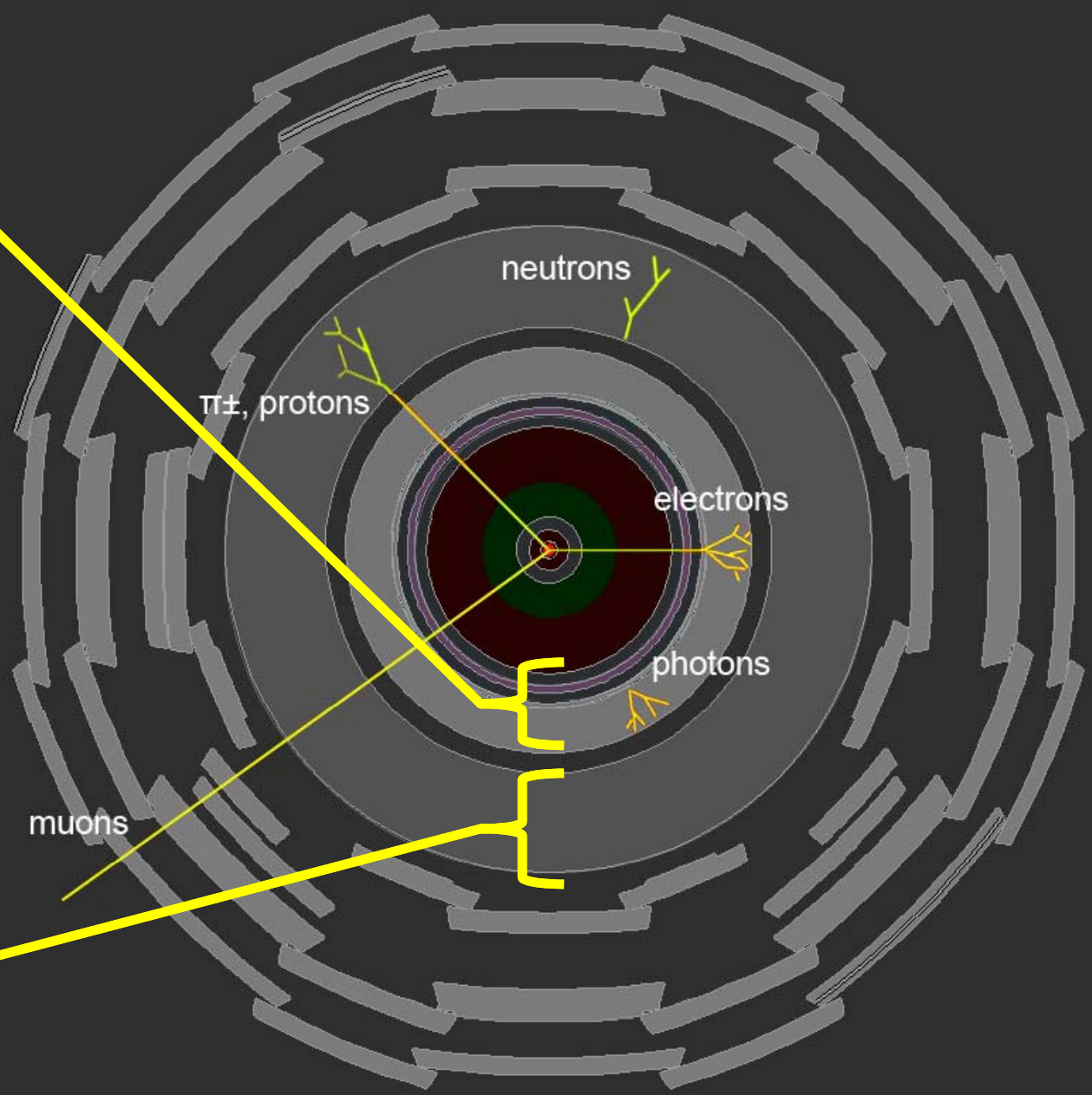
ATLAS Kalorimetrar



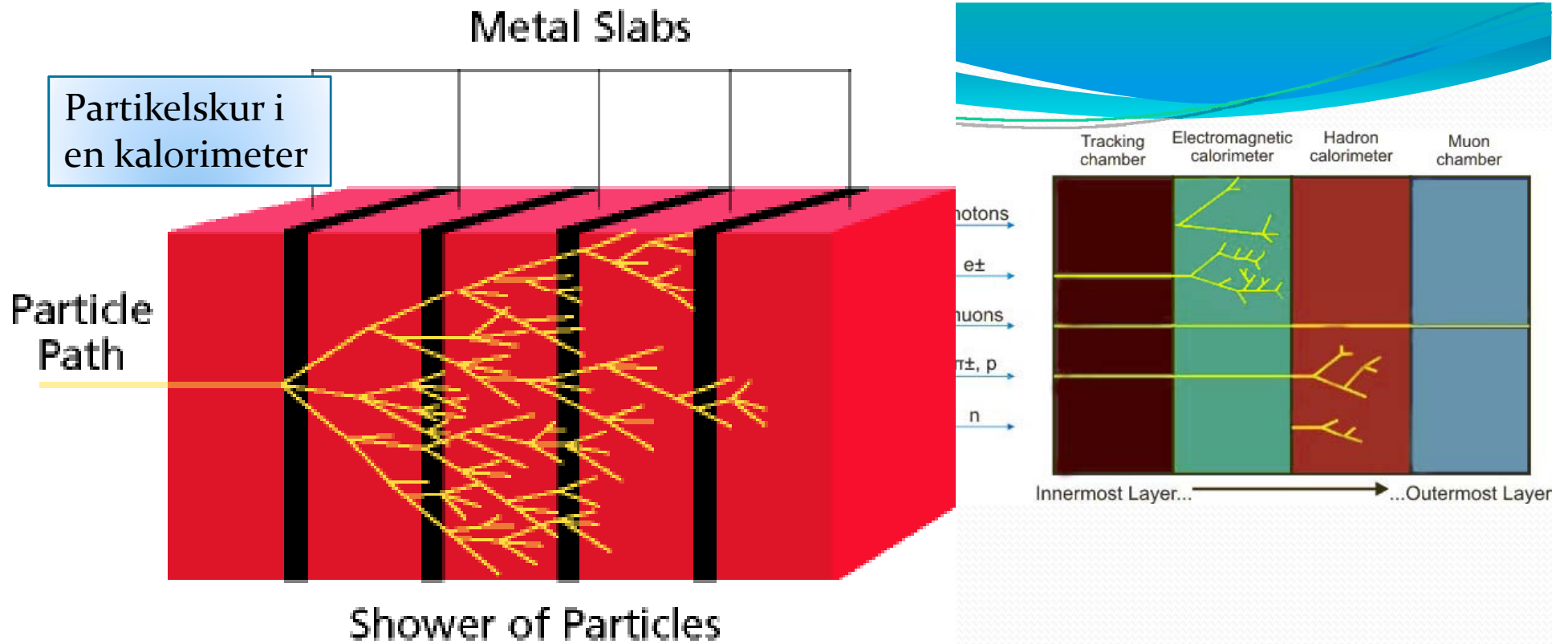
En kalorimeter mäter den totala energin hos en partikel genom att absorbera den.

Mäta energi och riktning hos elektroner, fotoner, hadroner

Elektromagnetiska
kalorimetern
fotoner & elektroner



Hadroniska
kalorimetern

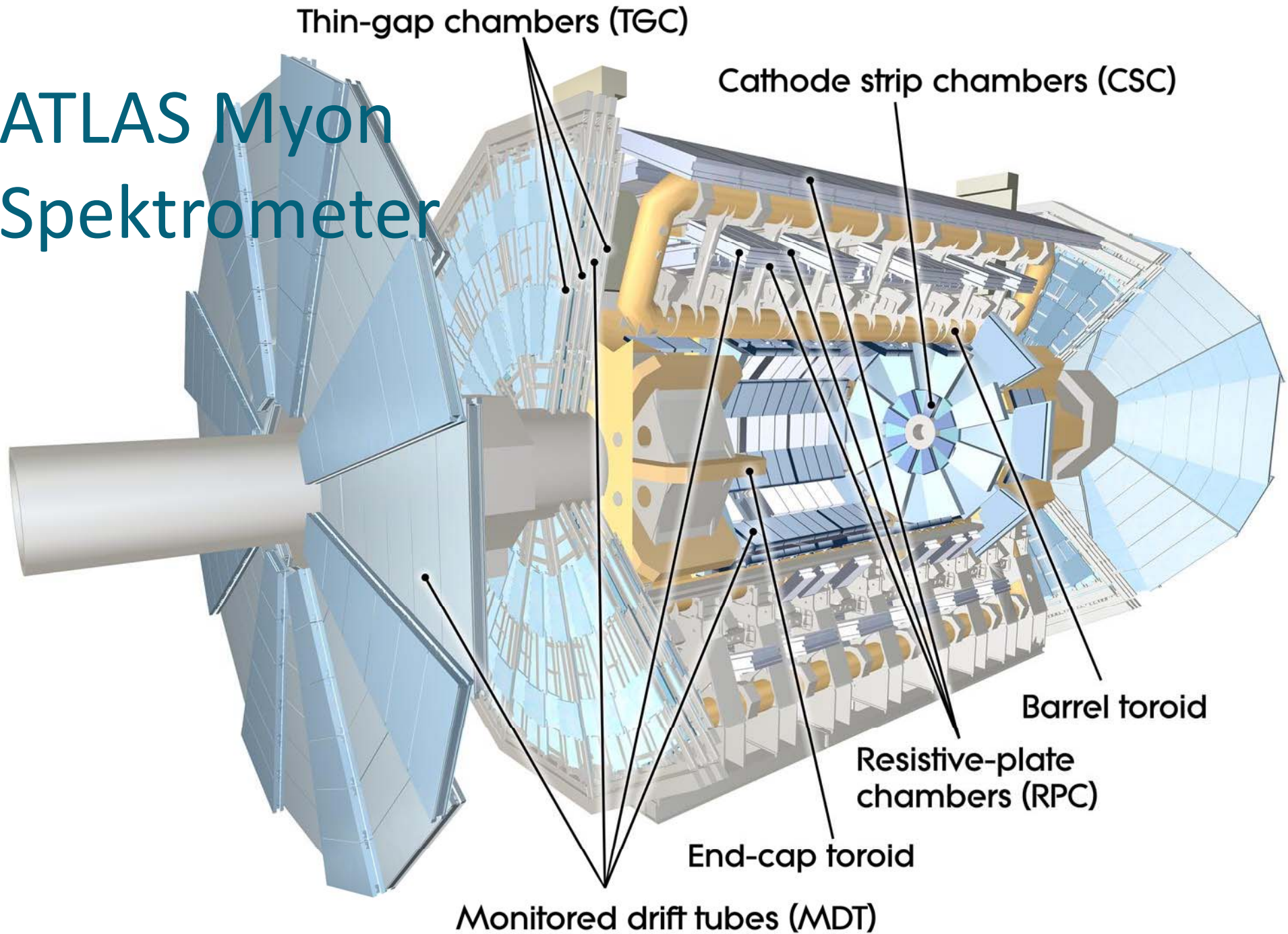


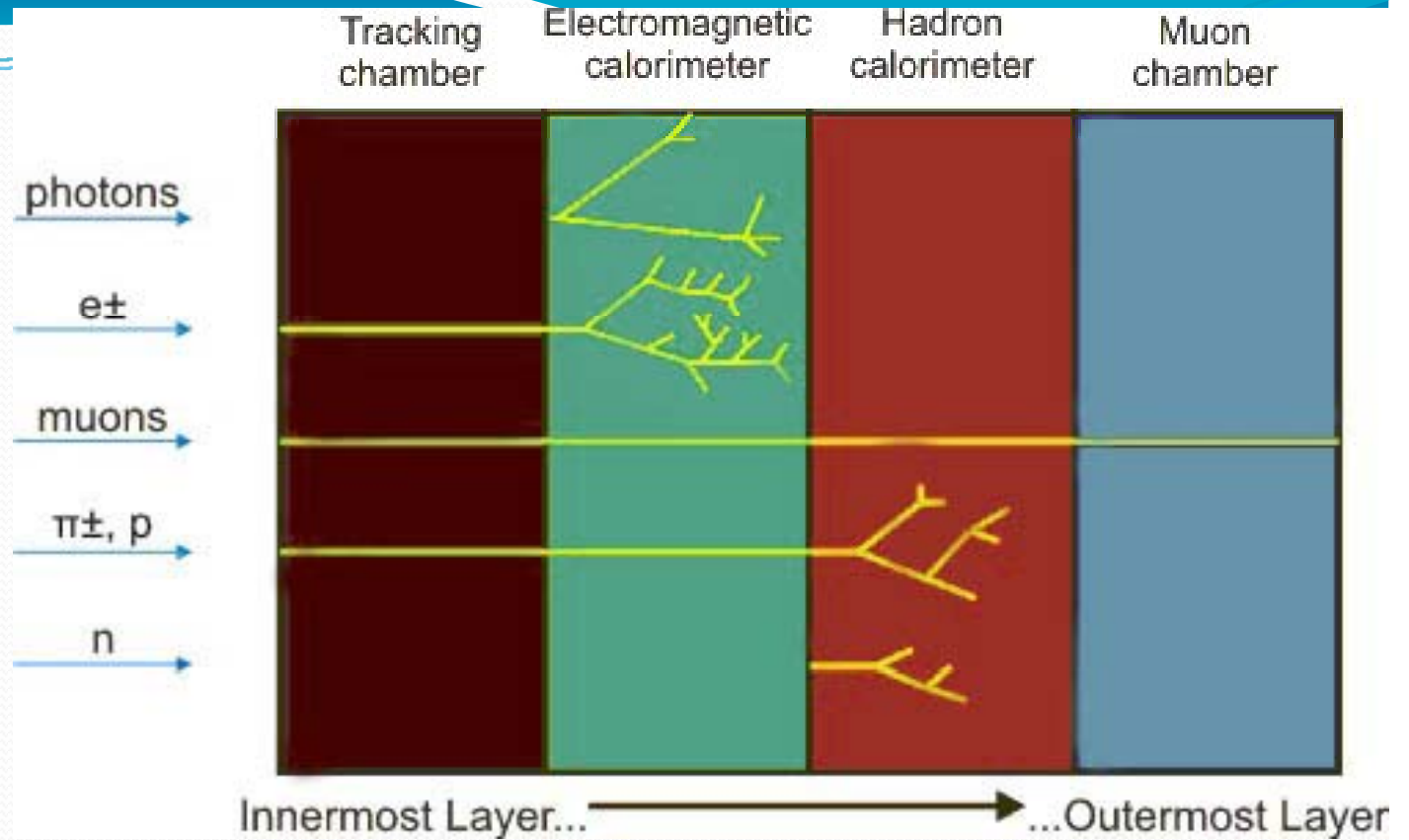
Grundprincipen för energimätning med en kalorimeter

1. Inkommande partikel med energi E_0 ger en skur (i absorbern) av N sekundära partiklar
2. Skuret stannar när de sekundära partiklarna når en låg energi E_s .
3. Alla 'låg' energi sekundära partiklar ger ungefär samma utslag $U = k \times E_s$
4. Kalorimetern mäter $E_{tot} = N \times U = N \times k \times E_s \sim E_0$, k = kalibreringskonstant.

Beroende på partikel typen (hadron eller elektron/foton) går skuret olika djupt, och s varierar också kalibreringen.

ATLAS Myon Spektrometer

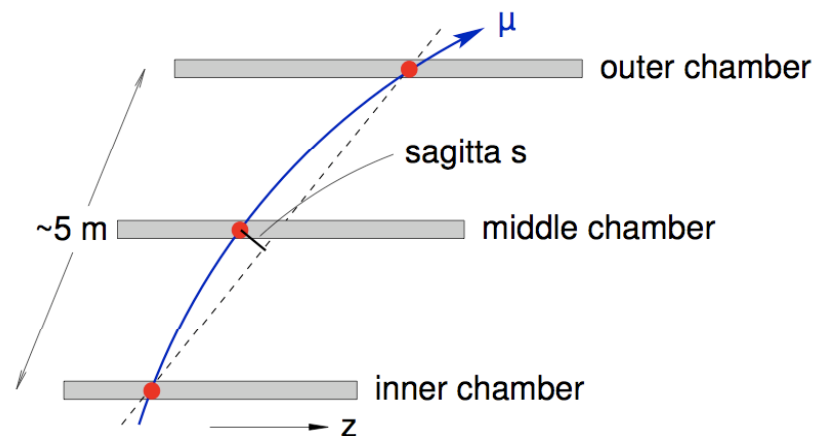


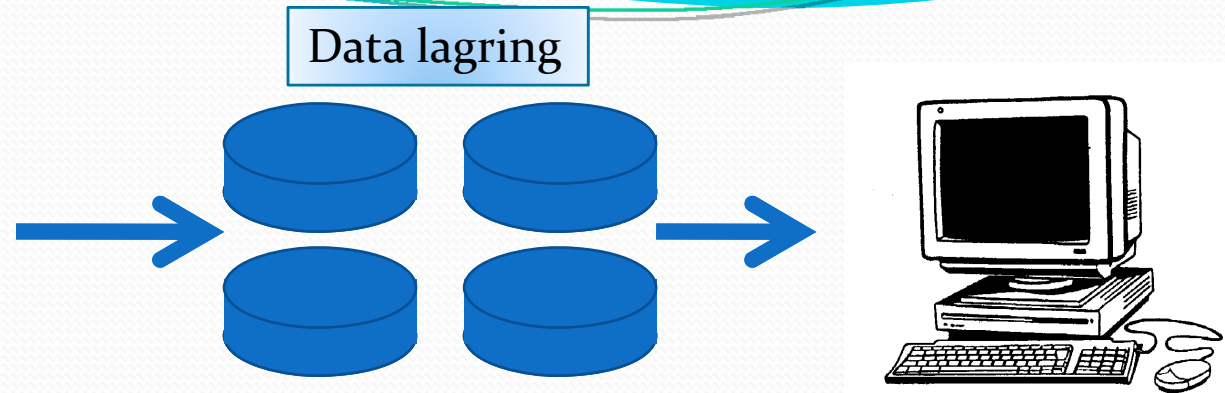
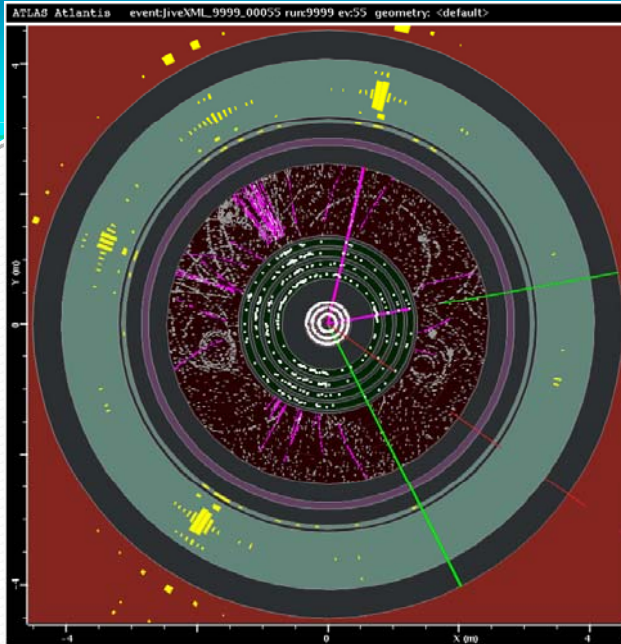


Efter kalorimetrarna, endast myoner kvar, resten blir absorberad innan.

Myonerna lämnar traeffar efter sig.

Magnetfält ger rörelsemaängd mätning (+ laddningen)





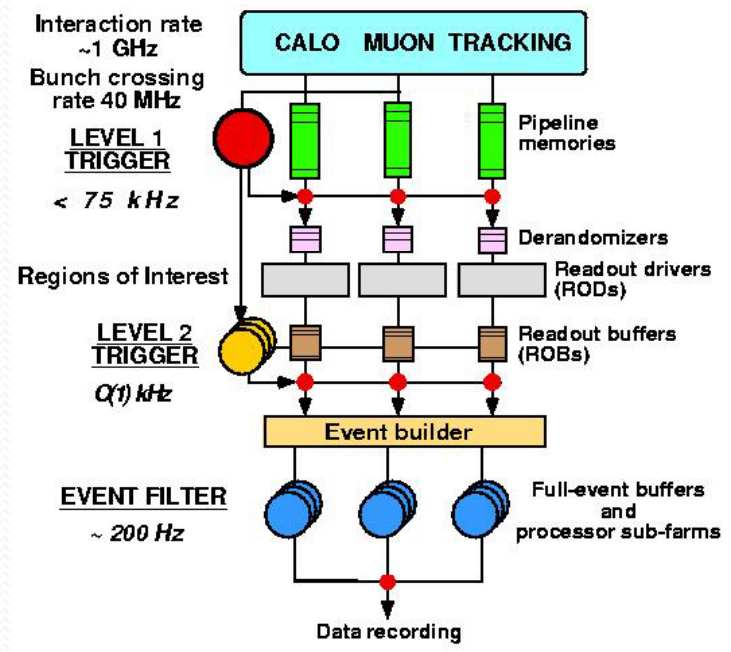
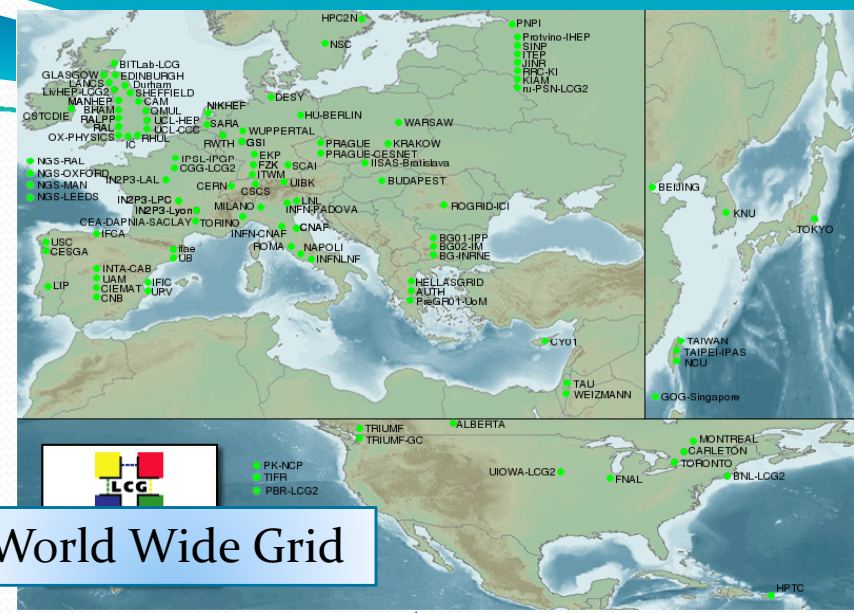
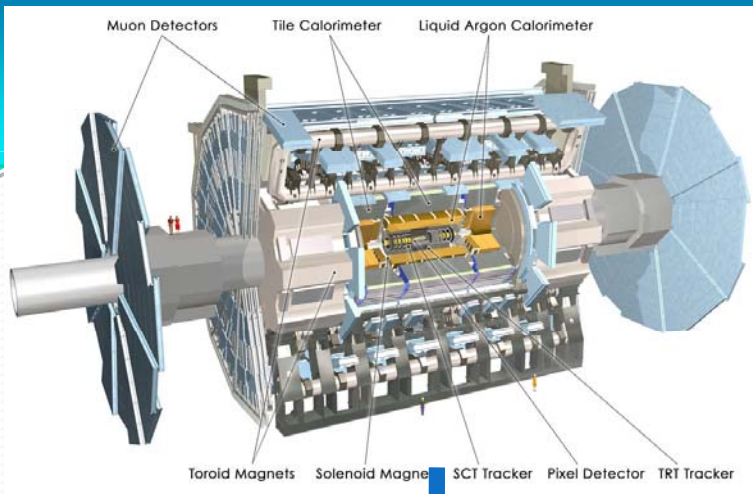
Studera sällsynta processer => 40 miljoner kollisioner/s

- En kollision = 1.5MB data
- 40 miljoner kollisioner/s = $40 \cdot 10^6 \times 1.5 \text{ MB}$
 $= 60 \cdot 10^6 \text{ MB/s} = 60 \cdot 10^3 \text{ Terabyte/s}$ (= stor hårddisk/s eller $\sim 1000 \text{ CD/s}$)=

För mycket eftersom vi kommer att ta data i ~ 10 år.

Det mesta är känd fysik, p-p kollisioner där man producerar inget annat än väl kända hadroner.

Strategi= filtrera bort ointressanta kollisioner



Filtering



CERN Computing Center:
Första steget i data processering och lagring



Litet material om ATLAS för lärare och elever

Europeiska Partikelfysik

”Masterclasses” 2005 och 2006

- Organiserar av EPPOG (European Particle Physics Outreach group)
- En vecka om partikelfysik för studenterna i Europa
 - 60 europeiska institut
 - 3000 studenter varje år
 - 18 länder (+ US 2006)
- En dag utbildning för lärarna
- Information material
 - Broschyrer från CERN and DESY (Erik Johansson <kej@physto.se>)
 - CD med partikelfysik
- <http://wyp.teilchenphysik.org>
- Videokonferens med CERN om dataanalys
- Fortsätter nästa år
- Man måste söka och det händer på ett universitet
- Stockholm, Uppsala, Lund

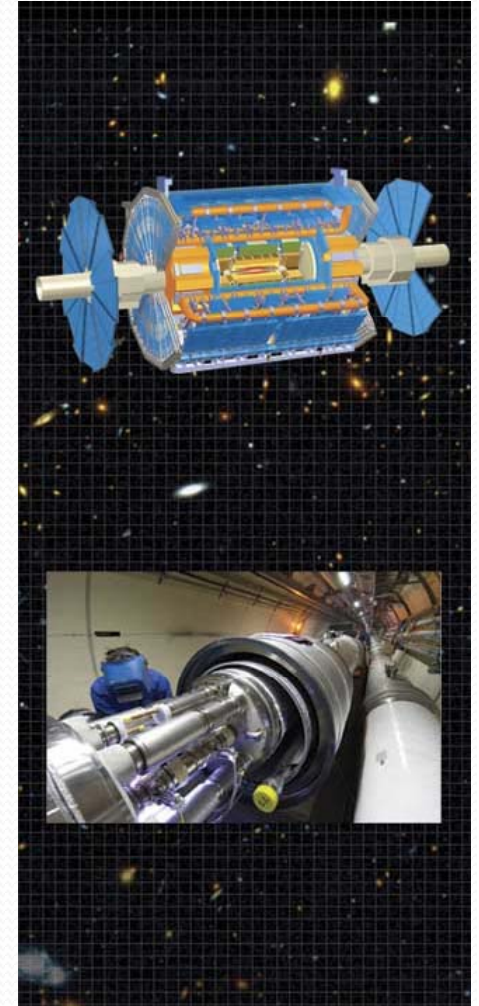
The ATLAS Event Challenge

- An educational project using ATLAS particle collisions

Med ATLAS Studentutmaningen kan gymnasieelever delta i analysen av ATLAS data, genom att studera riktiga kollisioner mha riktiga analysverktyg.

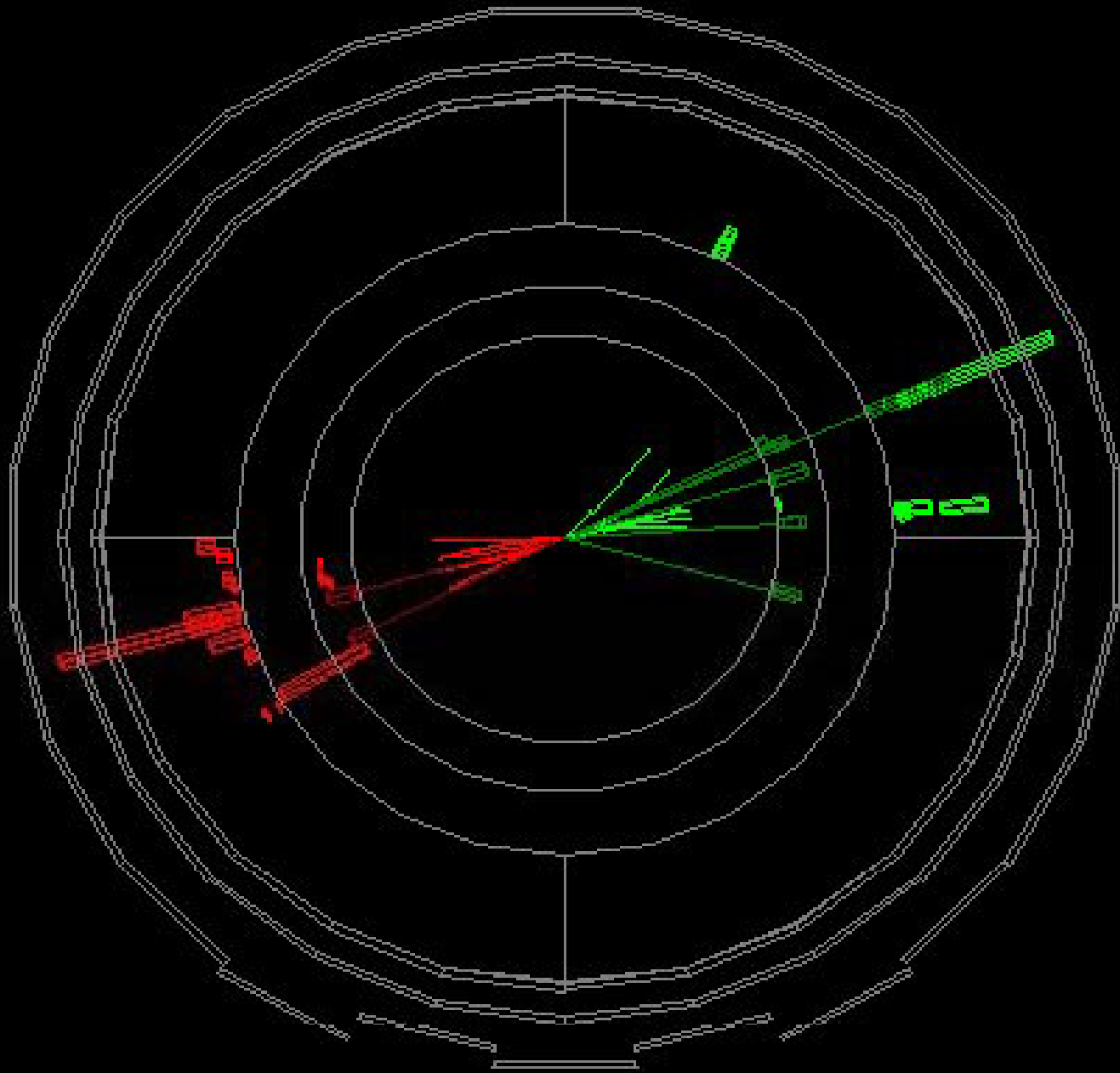
Under utvecklingen

**Kontakt person i Sverige:
Erik Johansson (Stockholms Universitet)
kej@physto.se**



Hands on CERN ...

- Utforska materians minsta beståndsdelar i flera lektioner...
- Använd data från DELPHI experimentet
- Finns på svenska
- Webb-baserad utbildningspriser 2004 & 2005
- <http://www.hands-on-cern.physto.se>



Andra intressanta länkar

- ATLAS experimentet för allmänheten
 - Bilder, broschyrer, animefilmer (vinnare av 4 internationella priser)
 - Om hur man bygger detektorn, hur man detekterar partiklar,
 - Hur man analyserar data
 - <http://atlas.ch>
- QuarkNet: <http://quarknet.fnal.gov>
- Particle adventure
 - <http://www.particleadventure.org/>

Naagra kurser paa Stockholms Universitet

- Fysik- så funkar det! (Fy1200)
- God och dålig vetenskap (Fy6080)
- The physics of music (Fy1140)
- Materiens minsta byggstenar (Fy1530)

<http://www.physto.se/studentexpedition/scheman>