

Teoreettinen hiukkasfysiikka ja kosmologia Oulun yliopistossa

Kari Rummukainen



- **Mitä hiukkasfysiikka tutkii?**
- **Mitä Oulussa tutkitaan?**
- ***Opiskelu ja sijoittuminen työelämässä***
 - Teoreettinen fysiikka: työkaluja (fysikaalisten) ongelmien mallintamiseen ja ratkaisuun
 - Matematiikalla keskeinen osuus
 - Koulutus on tutkimuspainotteinen, mutta sijoittuminen yliopistojen ulkopuolelle on ollut hyvä (Nokia research, VTT, ...)
 - Täysin kansainvälinen ala
 - Erikoistuminen tyypillisesti vasta graduvaiheessa

Ylioppilas, Nurmeksen lukio 1981

Teor. fysiikan opiskelu, Helsingin Yliopisto

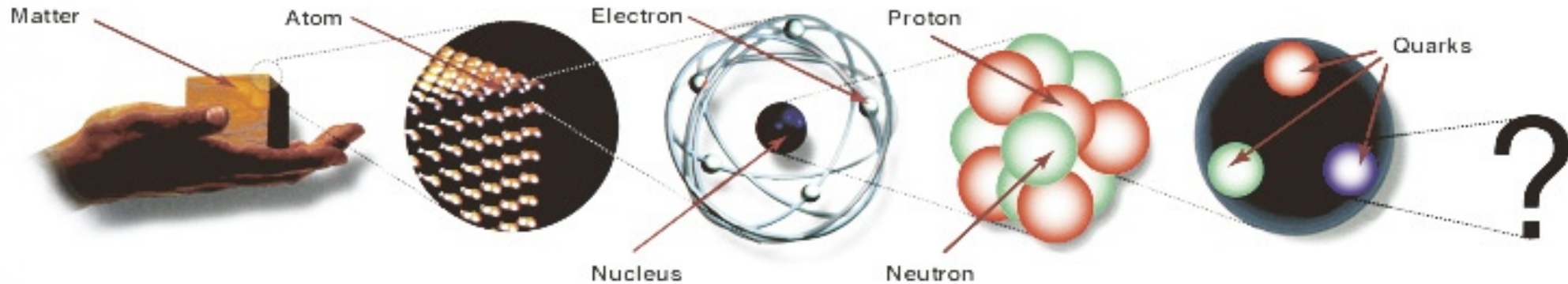
FK 1987, FT 1990

Työura:

- CERN, Geneve 1991-93
- Indiana University, USA 93-96
- Bielefeld University, Saksa 96-97
- NORDITA, Kööpenhamina 97-2002
- Helsingin yliopisto 02-03
- CERN, Geneve 03-06
- Oulun Yliopisto 06->

Mitä teoreettinen hiukkasfysiikka tutkii?

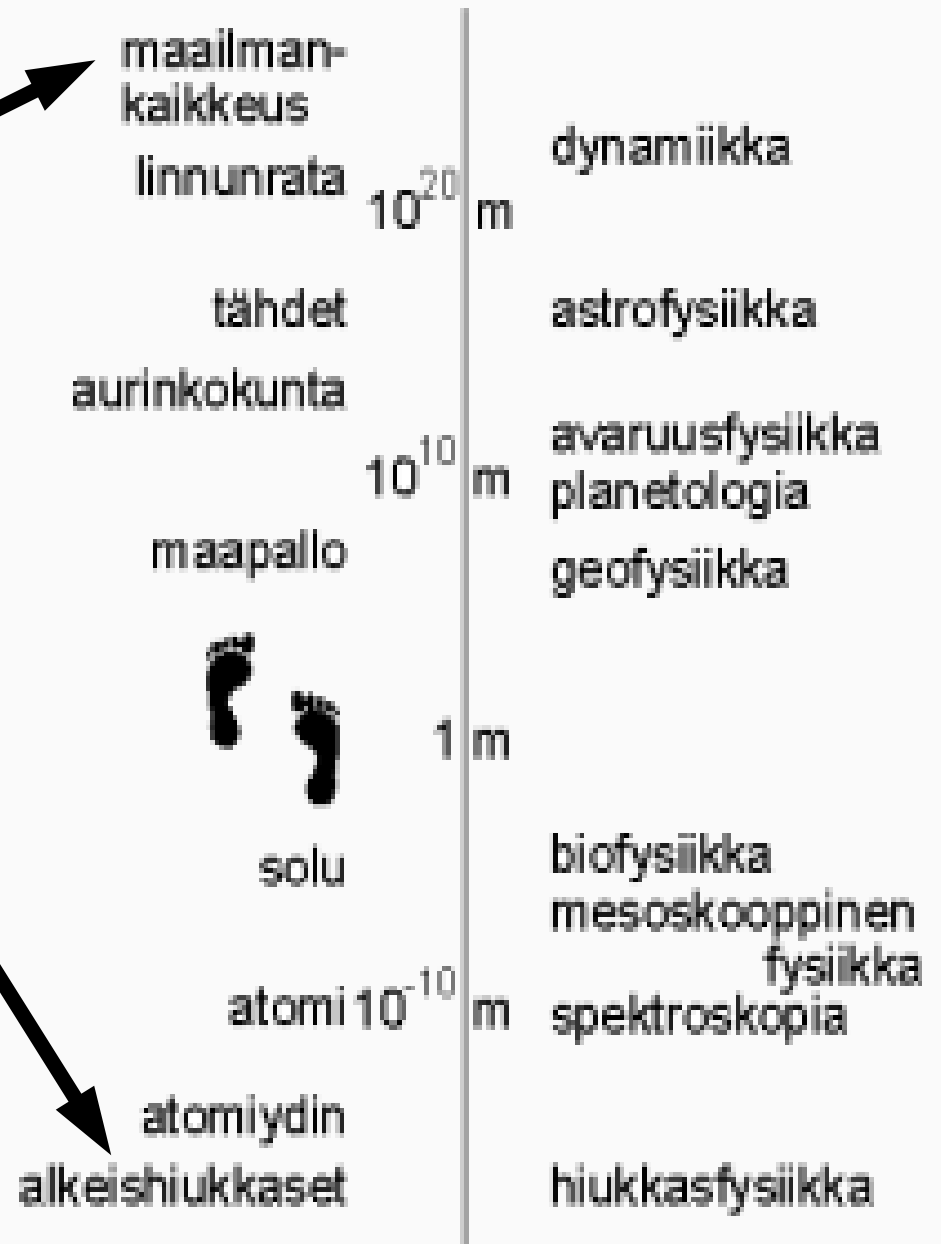
- Mistä aine koostuu? Fysiikan lait?



- Mitä maailmankaikkeuden alkuhetkillä tapahtui?
- Miten aine on syntynyt?
- Miten aine käyttäytyy hyvin suurissa lämpötiloissa (alkuräjähdys) ja/tai tiheyksissä (supernovat, neutronitähdet -> mustat aukot).
- ***2 viimeistä tutkimuksen kohteena Oulussa***

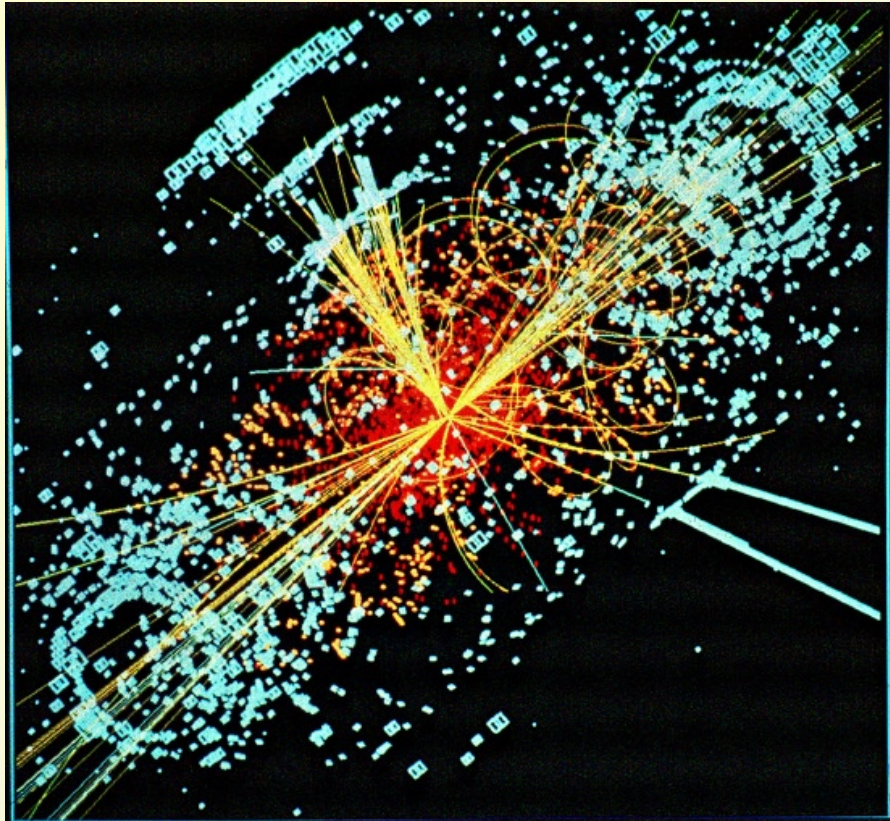
Hiukkasfysiikan skaalat

Paljon toimintaa nyt & lähitulevaisuudessa!

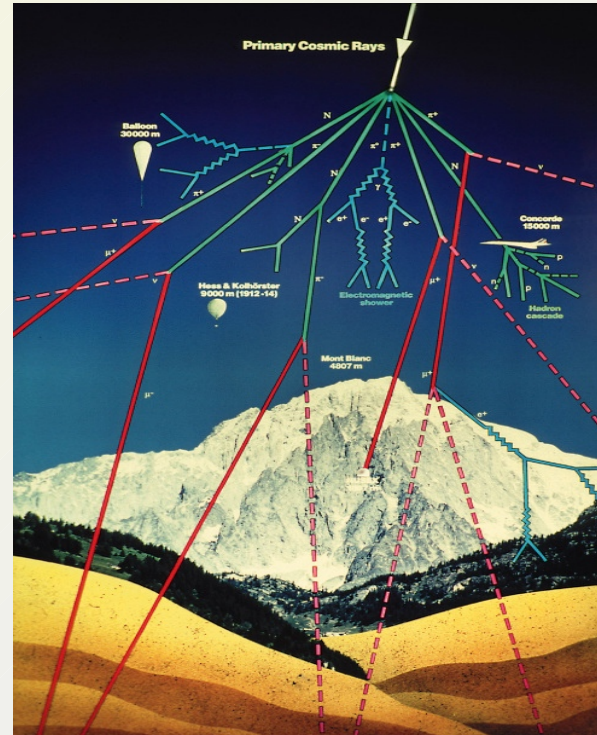
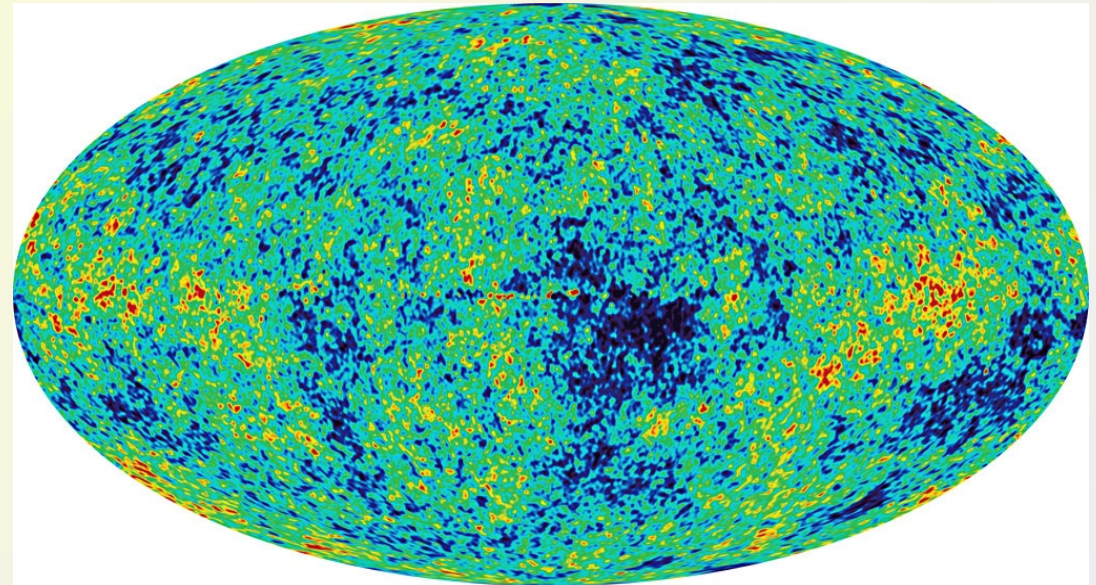


Hiukkasfysiikan “kokeita”:

hiukkaskiihdyttimet



Kosmologia

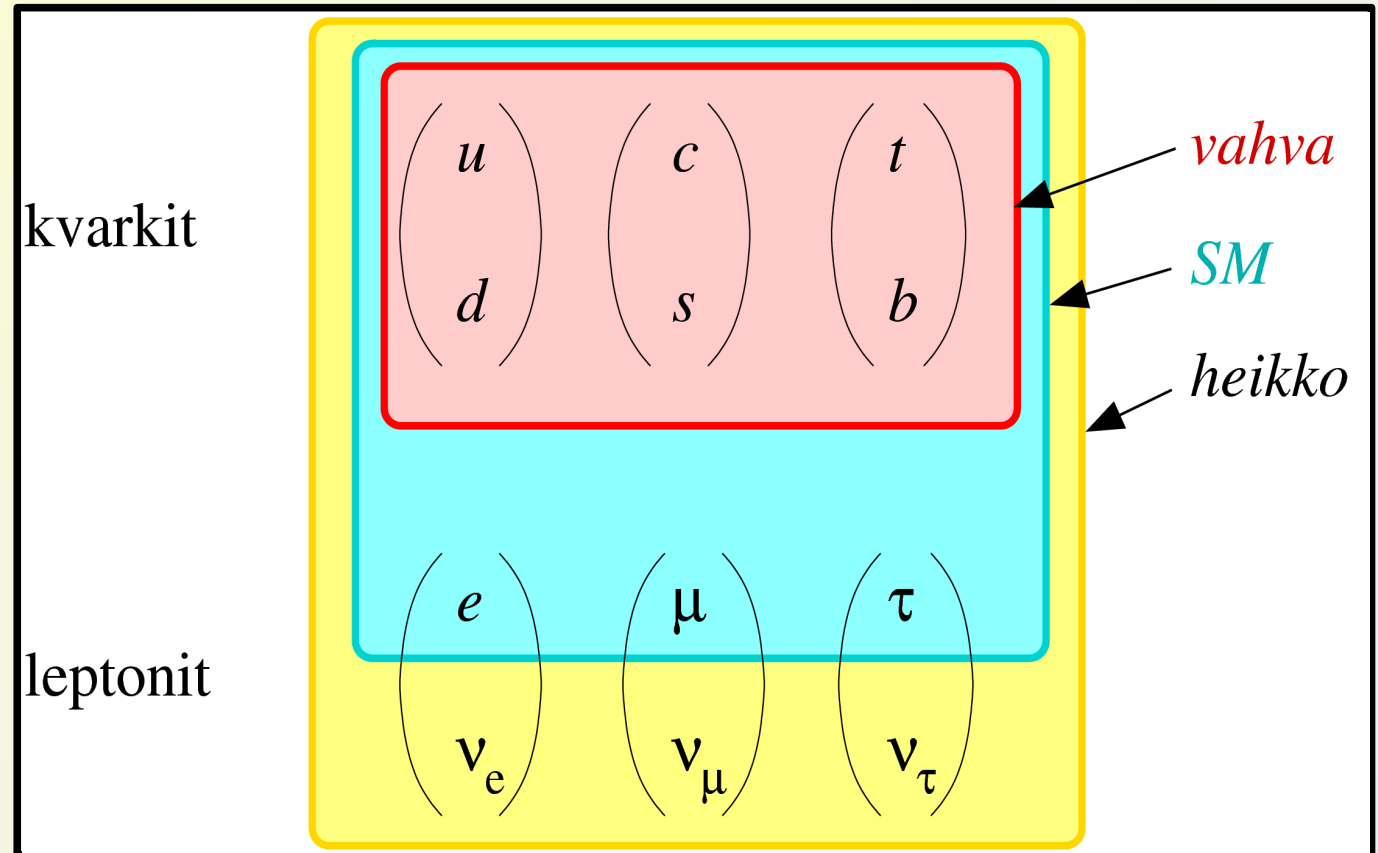


kosmiset
säteet

Hiukkasfysiikan standardimalli:

Sisältää tunnetut alkeishiukkaset ja vuorovaikutukset:

- fotoni
- gluoni
- Z ja W -bosonit
- **Higgs**

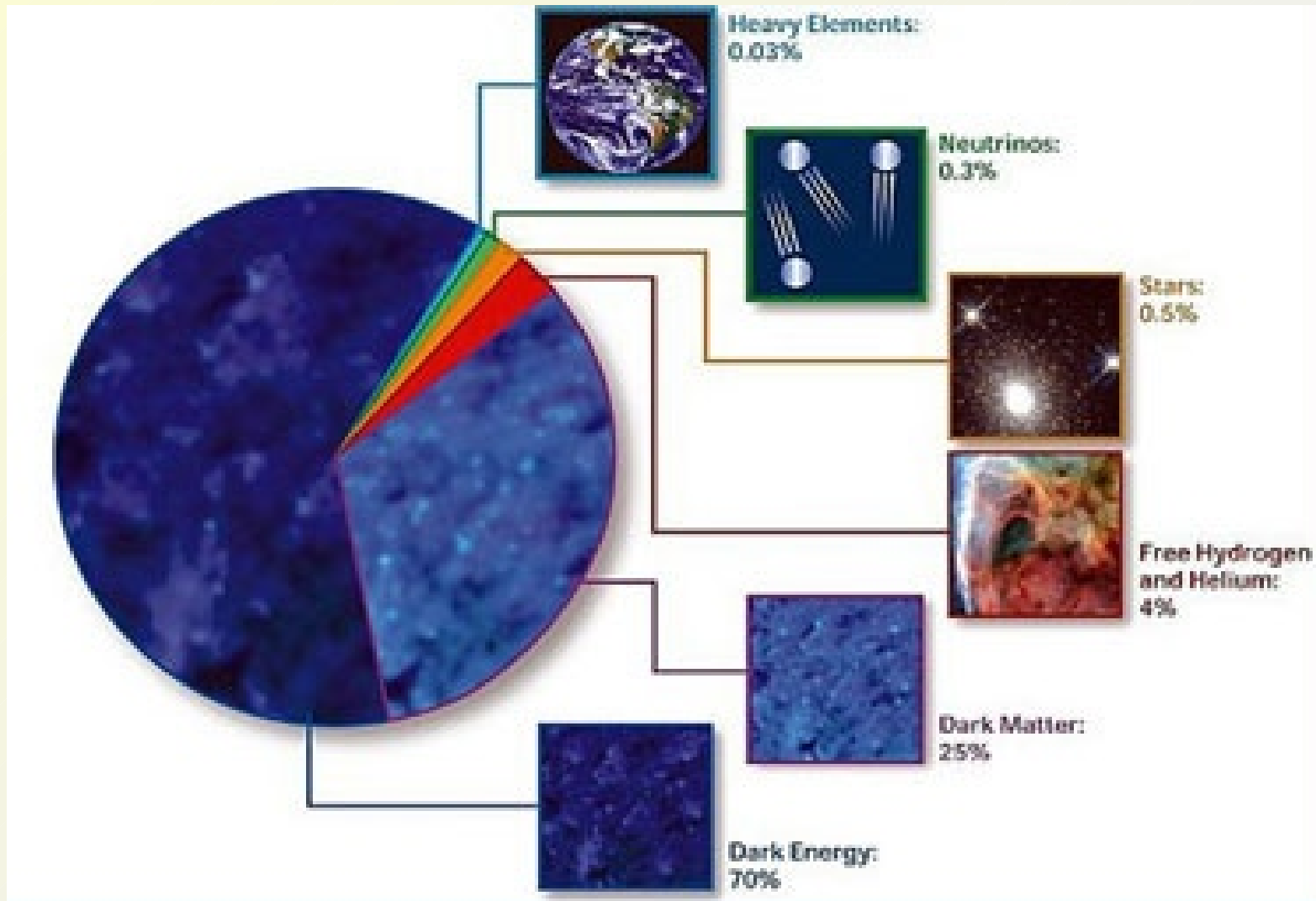


Toimii kokeellisesti todella hyvin! (70-luku -> nyt)
Viitteitä siite että se on 'pettämässä'!

Standardimalli (SM) ei selitä:

Maailmankaikkeuden koostumus:

- 4% tavallinen aine (SM)
- 22% pimeää aine (eksoottinen hiukkanen?)
- 74% pimeää energia (SM: 10^{120} kertaa liian suuri!)



Standardimalli ei myöskään selitä:

- Miksi (tavallista) ainetta on ylipäänsä olemassa? Miksi ei antiainetta? (4% ainetta $\sim \frac{1}{4}$ protonia /kuutiometri)
- Painovoima?

Lisäksi:

- Standardimalli on ruma: paljon parametrejä jne.
- Hienosäätöongelma: luontainen validiteettialue loppumassa suurilla energioilla?

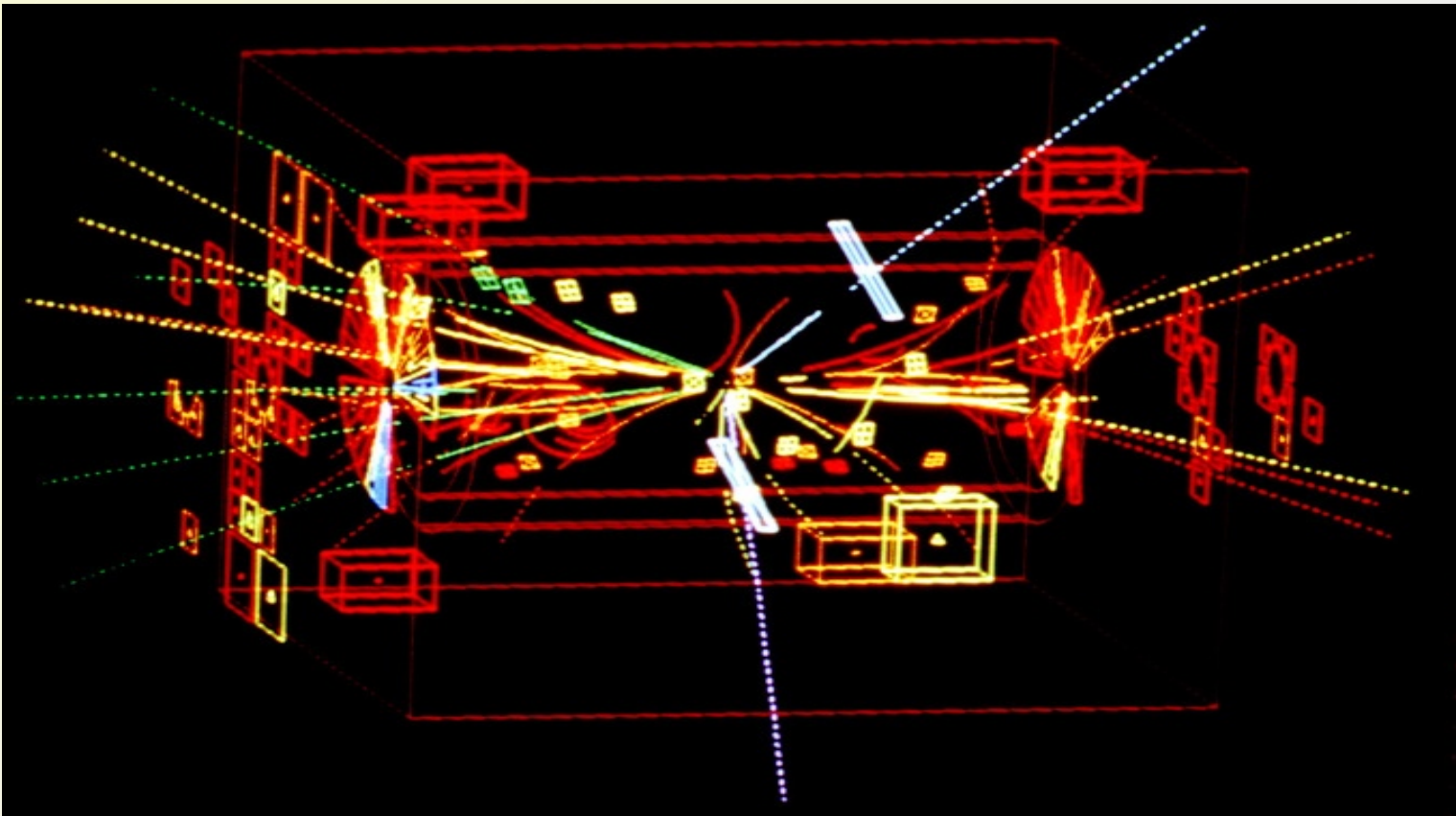
“Uusi fysiikka” häämöttää?

- ***Uudet hiukkaskiihdyttimet, LHC (CERN)***
- ***Kosmologiset havainnot (Mikroaaltotausta)***

Hiukkaskiihdyttimet:

- Kiihdytetään hiukkaset (protonit) suureen nopeuteen
- Törmäytetään kiinteään kohteeseen (ennen) tai vastakkaiseen suuntaan kulkevaan hiukkassuihkuun (nykyään)

Energia -> uusia hiukkasia



LHC:

- Tällä hetkellä Cernissä rakennetaan LHC-hiukkas-kiihdytintä (Large Hadron Collider):
- 27 km:n ympärysmittainen rengas
- protonit kiihdytetään energiaan 7 TeV / protoni
- vastakkaisiin suuntiin kiertävät protonit törmäävät koeasemissa (Alice, ATLAS, CMS, LHCb)
- Valmistuu 2007

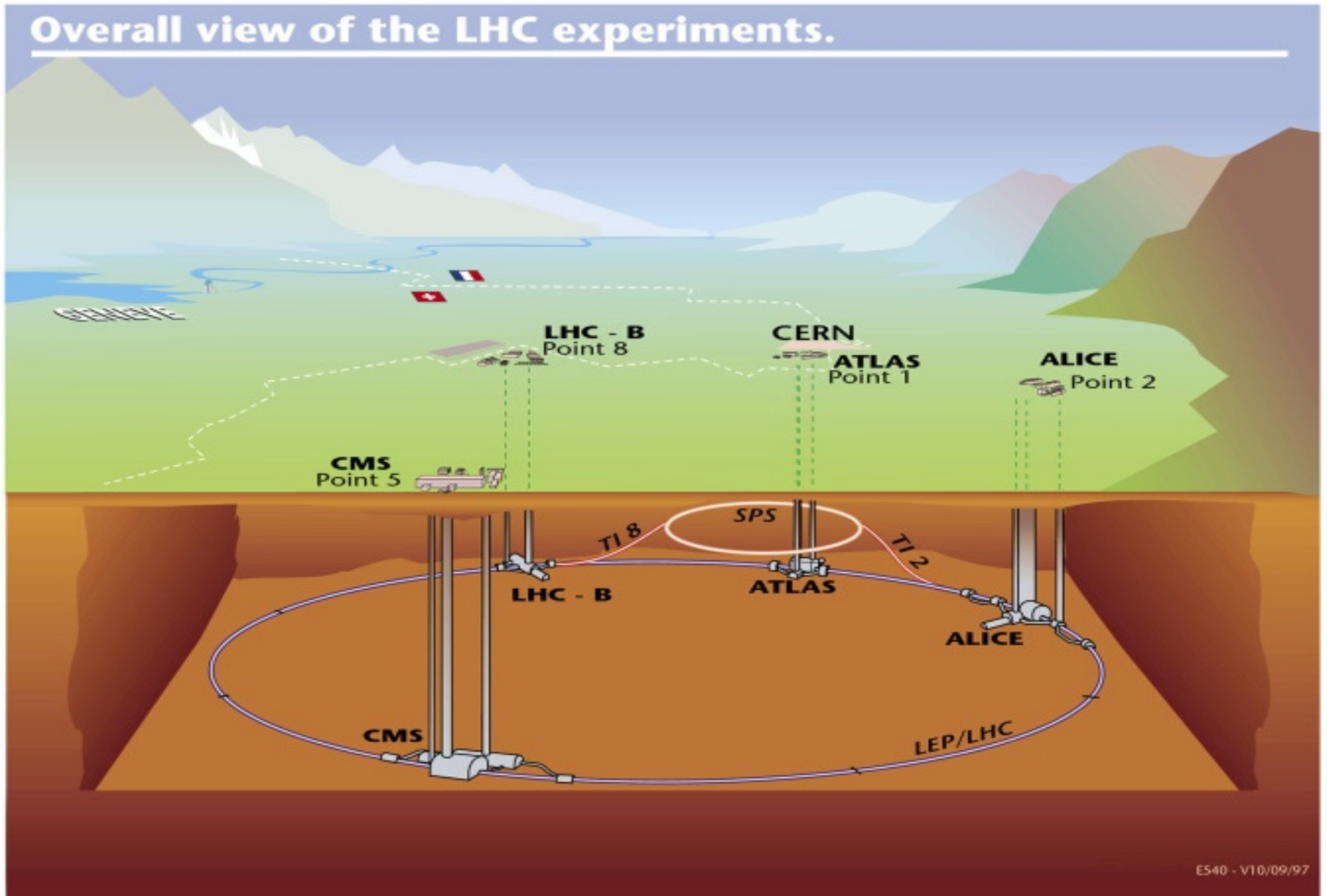
(Pää)tehtävät:

- Löytää Higgsin hiukkanen
- Löytää viitteitä “uudesta” fysiikasta
- Tutkia ns. kvarkki-gluoniplasmaa

Myös teoreetikoilla paljon töitä!



LHC:n koealueiden sijainti:

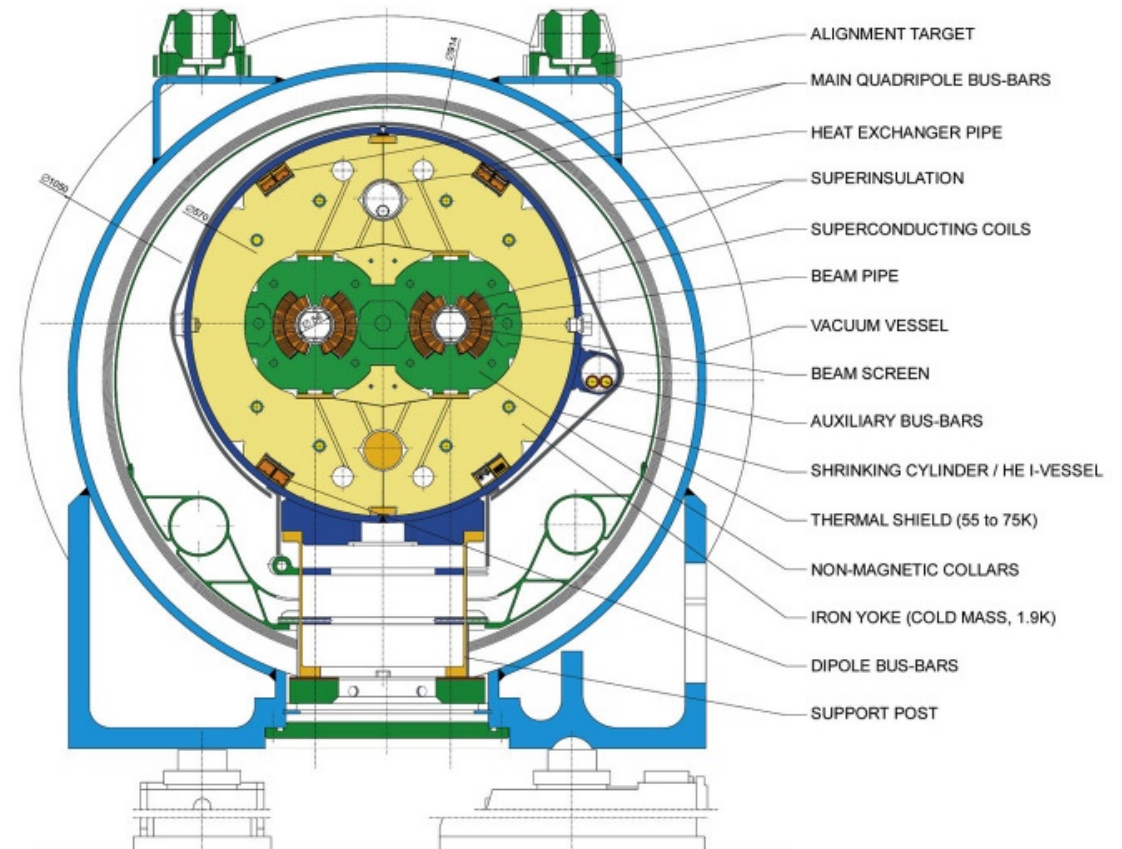


Tunneli: ahdas, suprajohtavat dipolimagneetit

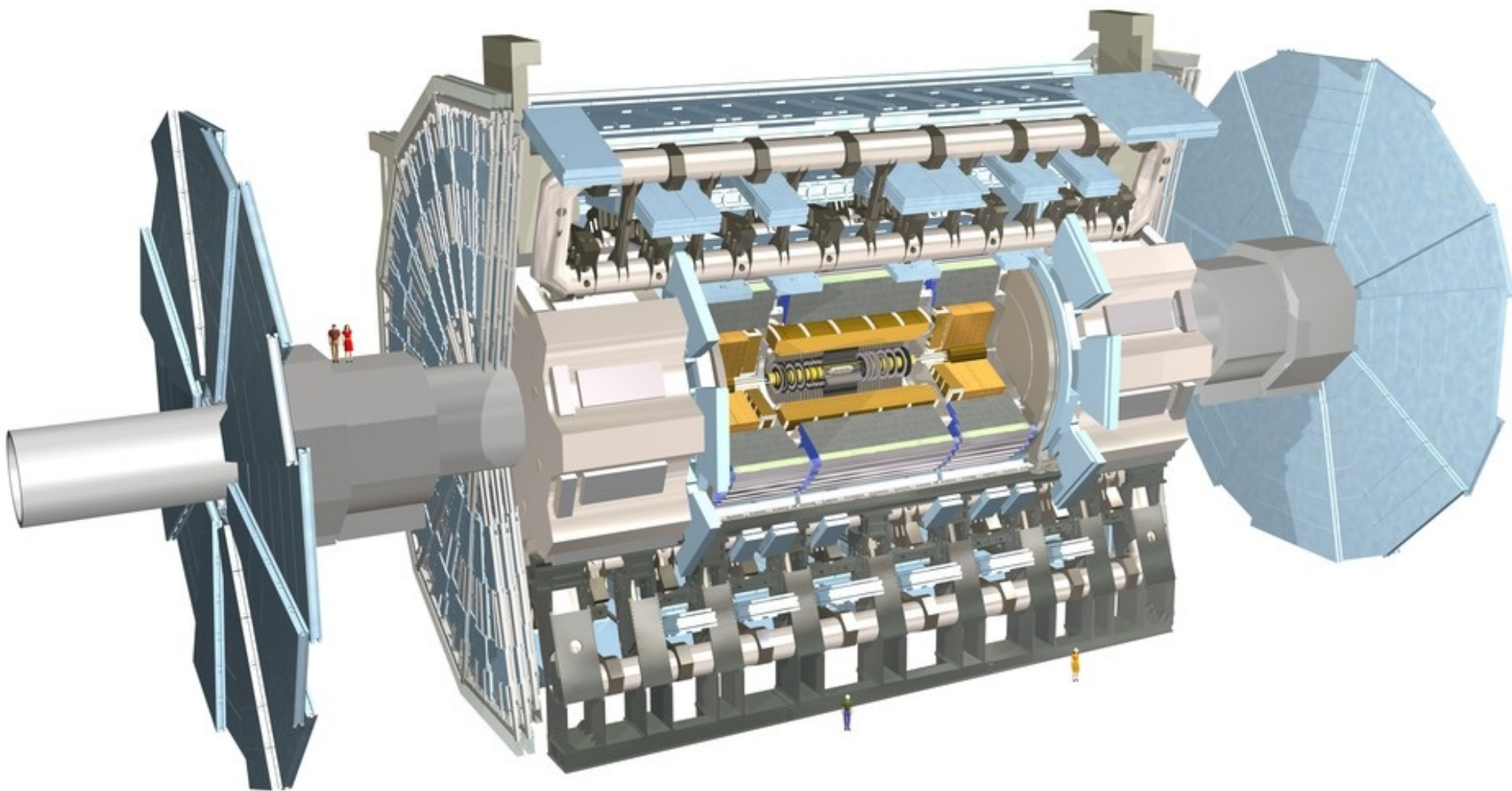


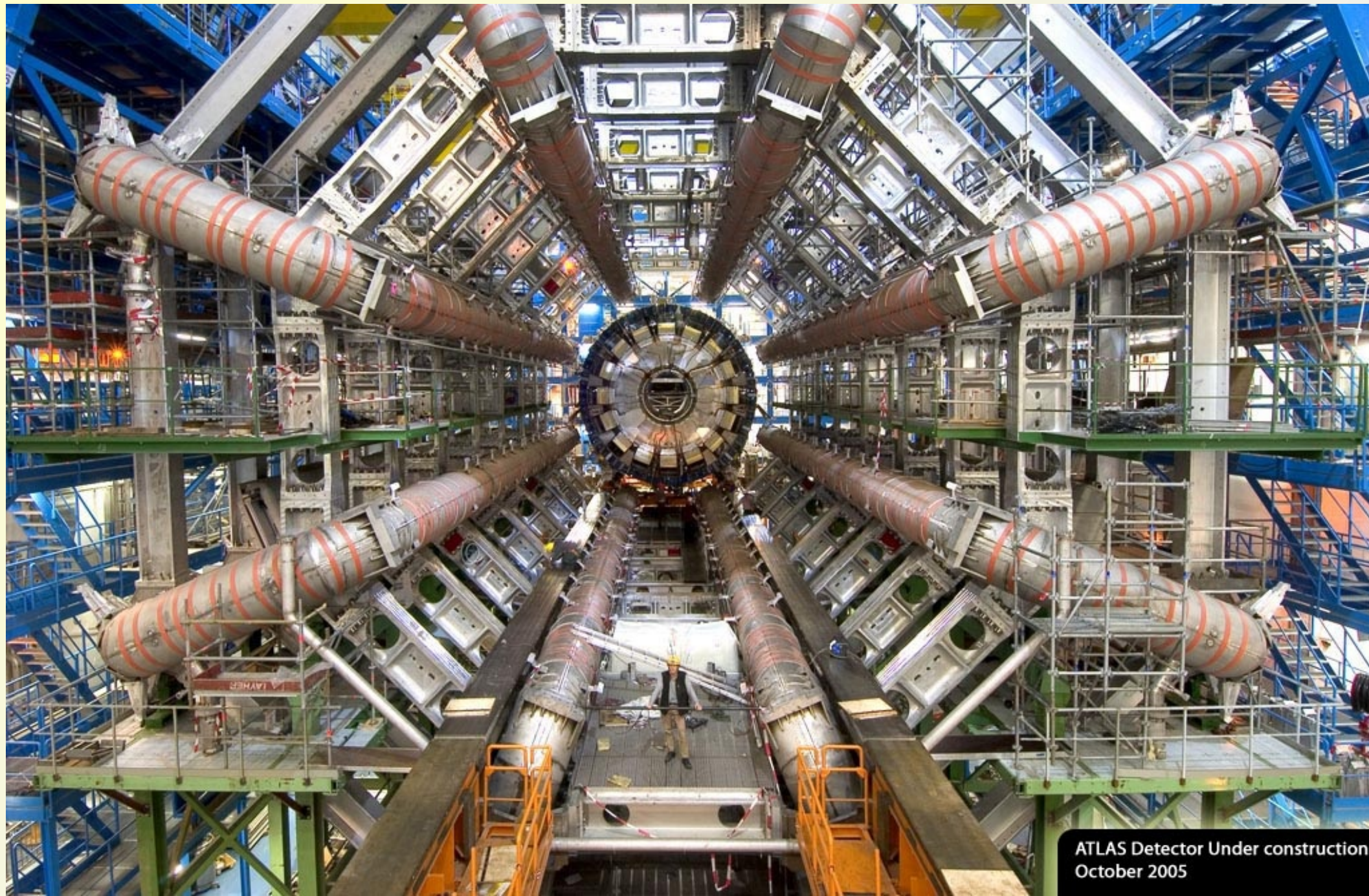
LHC DIPOLE : STANDARD CROSS-SECTION

CERN AC/DUMM - HE107 - 30 04 1999



ATLAS:





ATLAS Detector Under construction
October 2005

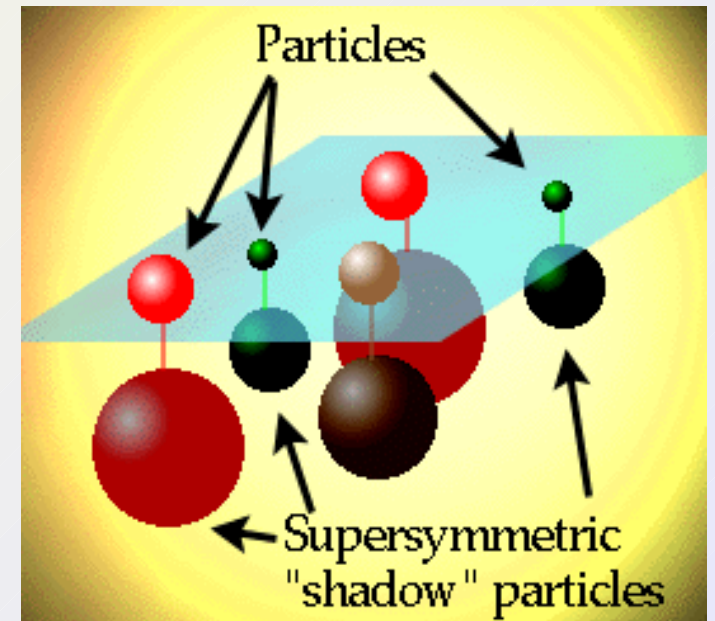
(Mahdollisia) tuloksia:

- Ei löydy mitään: SM pulassa (ja teoretikot)!
- Jos/kun Higgs löytyy, SM on valmis
- Löytyykö Higgsin lisäksi “uutta fysiikkaa”? Toivottavasti!
Vain uusi fysiikka antaisi informaatiota pimeästä aineesta & energiasta.

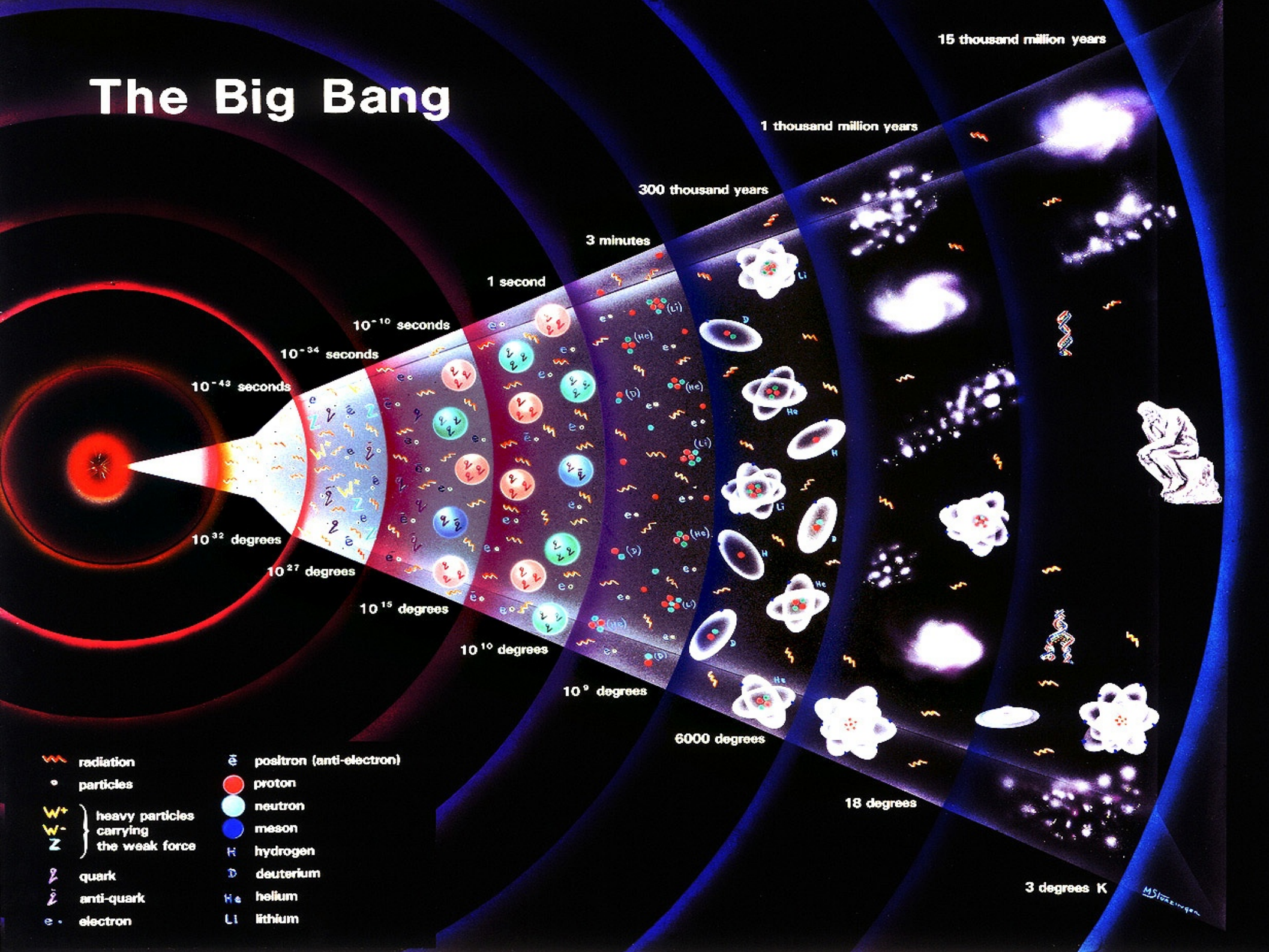
Mitä standardimallin jälkeen?

useita teoreettisia vaihtoehtoja:

- supersymmetria (suosituin)
- uudet ulottuvuudet
- yhtenäisteoriat
- supersäikeet ...



The Big Bang



15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

1 second

10^{-10} seconds

10^{-34} seconds

10^{-43} seconds

10^{32} degrees

10^{27} degrees

10^{15} degrees

10^{10} degrees

10^9 degrees

6000 degrees

18 degrees

3 degrees K

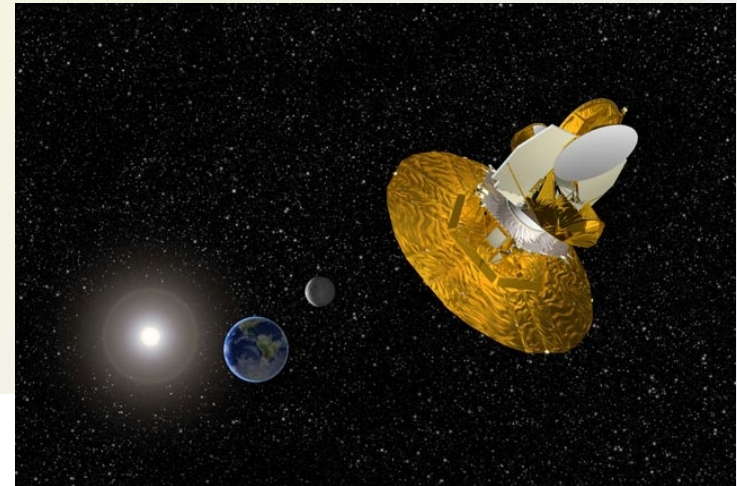
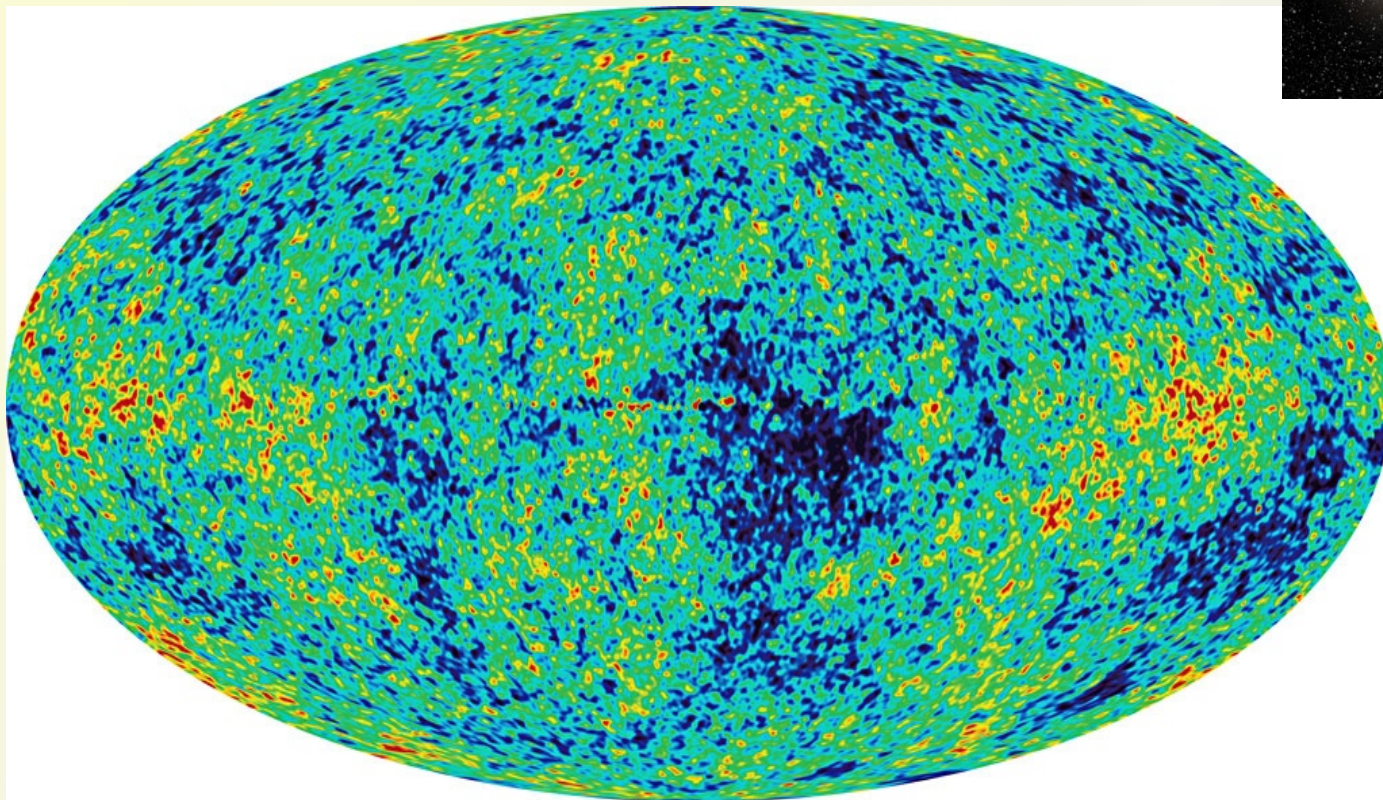
- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- Z }
- quark
- anti-quark
- e^- electron
- e^+ positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

MSJossingen

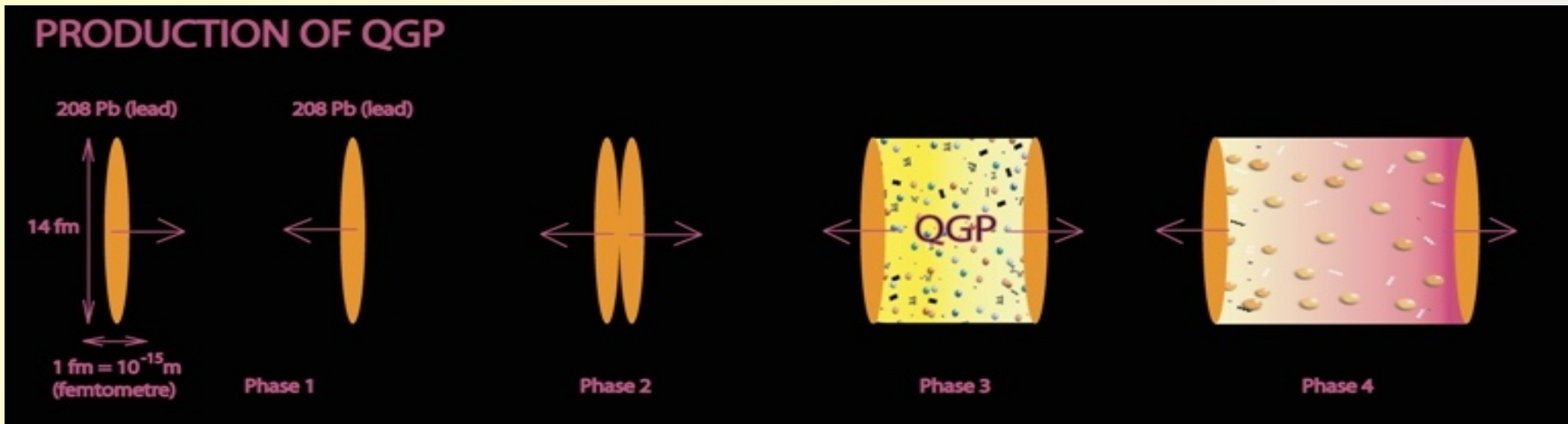
Kosmologia:

- **“uusi fysiikka” tärkeää**
- mikroaaltotaustasäteily; galaksien tiheysjakautuma ...

*WMAP-satelliitin
mittaama mikroaalto-
taustasäteilyn
epähomogeenisuus*



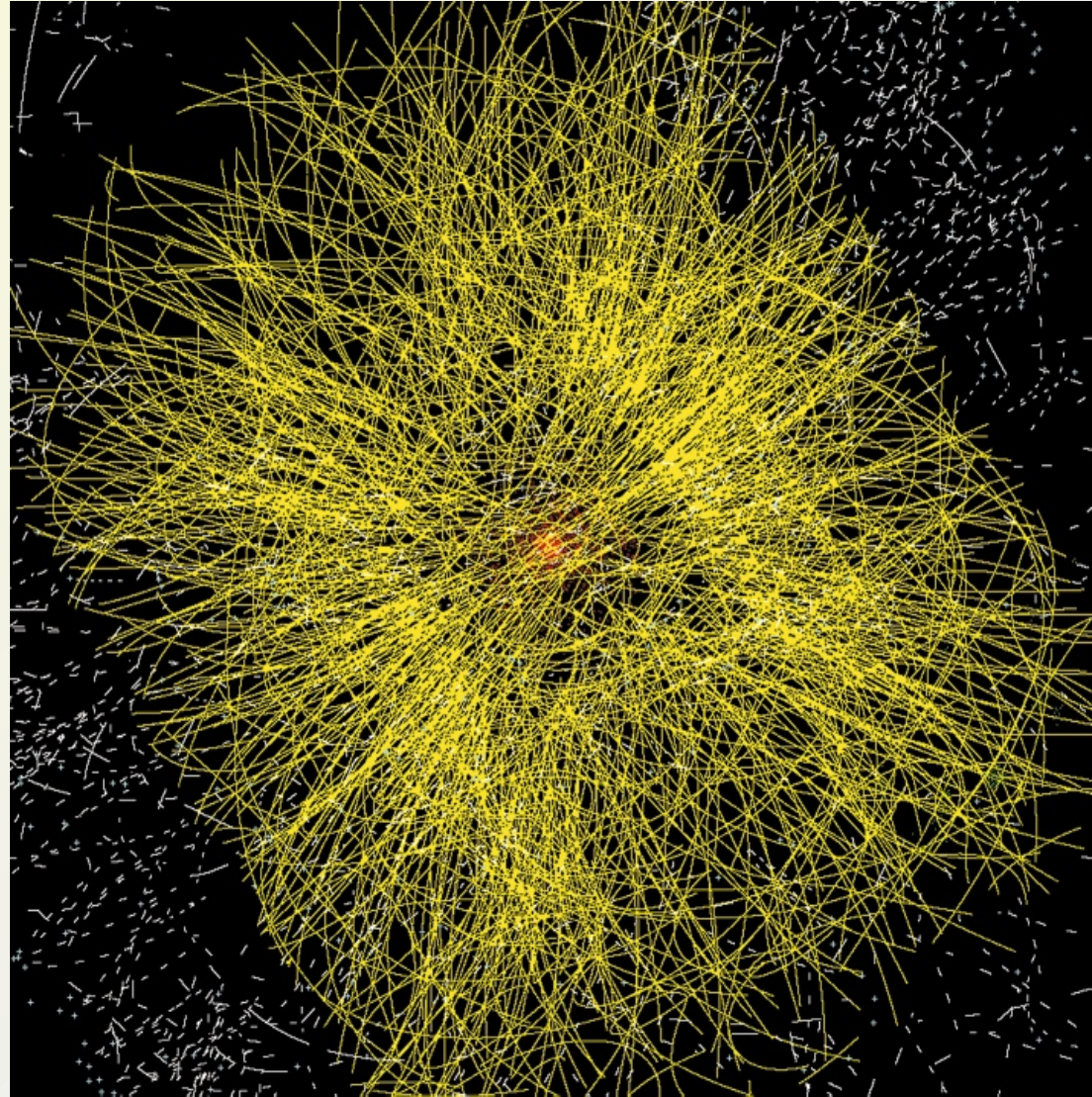
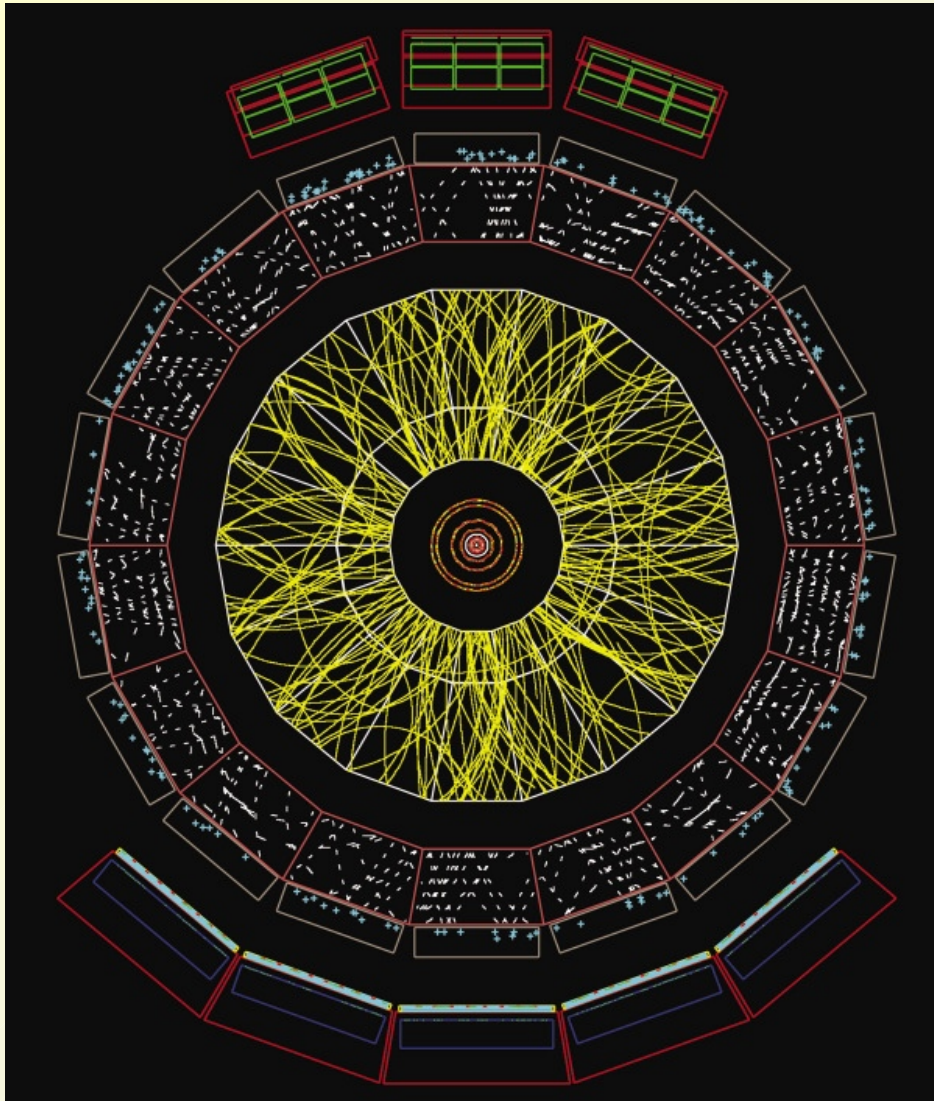
Raskas-ionitörmäys: “*little bang*” (Alice, CERN)



- Raskaat atomiytimet törmäävät -> suuri lämpötila
- Protonit & neutronit “sulavat” -> aineen uusi olomuoto, ***kvarkki-gluoniplasma***
- Esiintyi viimeksi 10 mikrosekunnin ikäisessä maailman-kaikkeudessa

Miltä törmäys näyttää?

Alice, Pb-Pb -simulaatio



Törmäyksen vaiheita tutkitaan Oulussa:

- Tila *ennen* törmäystä (Janne)
- *Termalisaatio* välittömästi törmäyksen jälkeen
- Kvarkki-gluoniplasman ominaisuudet
- Mitä törmäyksestä tulee ulos? (Jaakko Manninen)

Tietokonesimulaatiot
usein keskeisessä
roolissa

*IBMSC,
CSC, Espoo*



Hiukkasfysiikassa (ja kosmologiassa)
tapahtuu paljon lähivuosina.

Yhteenveto:

Hiukkasfysiikassa eletään jännittäviä aikoja: Standardimallin 30-vuotista auktoriteettiasemaa nakerretaan monelta taholta; hiukkaskiihdyttimet, kosmologia, astrohiukkasfysiikka.

Cernin LHC:llä on hyvä mahdollisuus löytää “uutta fysiikkaa” (Tulokset 2010(?) eteenpäin).

Kosmologiasta on tullut täsmätiede: tiukat rajat uudelle fysiikalle.