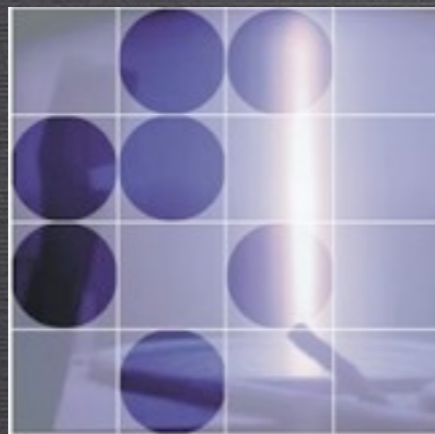


ZAKAJ LHC*?

*LHC=VELIKI HADRONSKI TRKALNIK

JURE ZUPAN

INSTITUT JOŽEF STEFAN & UNIV. V LJUBLJANI



Univerza v Ljubljani

Fakulteta za matematiko in fiziko

LHC

- Large
- Hadron
- Collider

LHC

- Large
- Hadron
- Collider
- Veliki
- Hadronski
- Trkalnik

VELIKI...

VELIKI...

- velik v več pomenih
 - velikost: obseg 27 km
 - čas izgradnje: desetletje
 - izgradnja odobrena 1995
 - začetek inž. del. 2001 (konec LEP)
- projekt v velikem mednarodnem laboratoriju: CERN

CERN- EVROPSKI LABORATORIJ ZA NUKLEARNE RAZISKAVE

- stoji blizu Ženeve
 - ~2600 uslužbencev, ~8000 uporabnikov
- 20 držav članic (Evropskih)
 - ustanovilo 12 držav 1. 1954
 - Jugoslavija ustanovna članica, izstopila 1. 1961
 - Slovenija kandidatka od letošnje jeseni
- 3 Nobelove nagrade (do sedaj)
 - Rubbia, van der Meer, Charpak

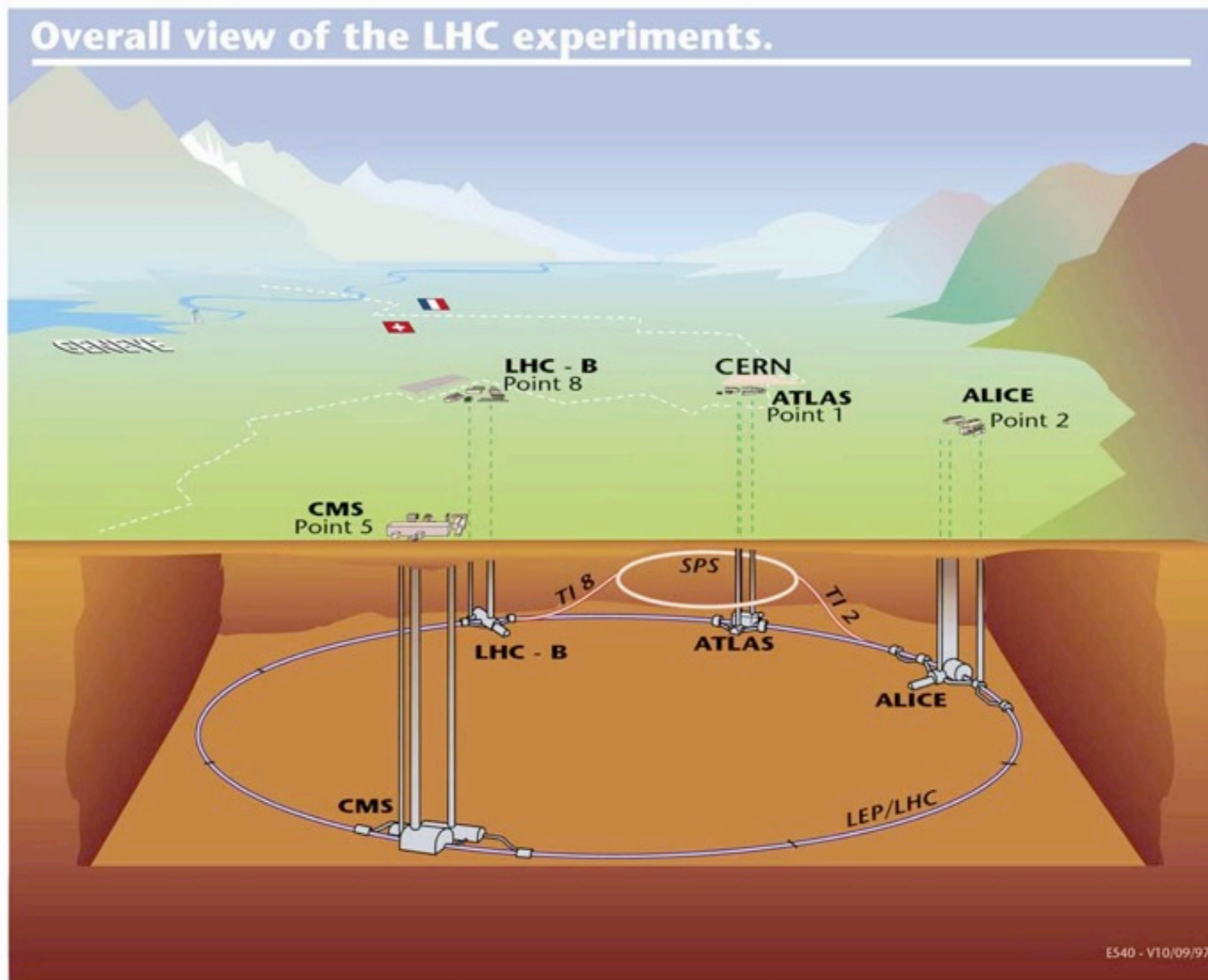


LHC

- glavni projekt na CERN
- trkalnik ima obseg 27km, 100m pod zemljo
- protonskima žarkoma pot ukrivlja več kot 1600 superprevodnih magnetov
- energija protona $7 \text{ TeV} = 7000 \text{ GeV}$
- magnetno polje 8.3 T
- delujejo pri 1.9K, hlajenje s tekočim helijem (~100 ton, 0.5% letne svetovne proizvodnje)



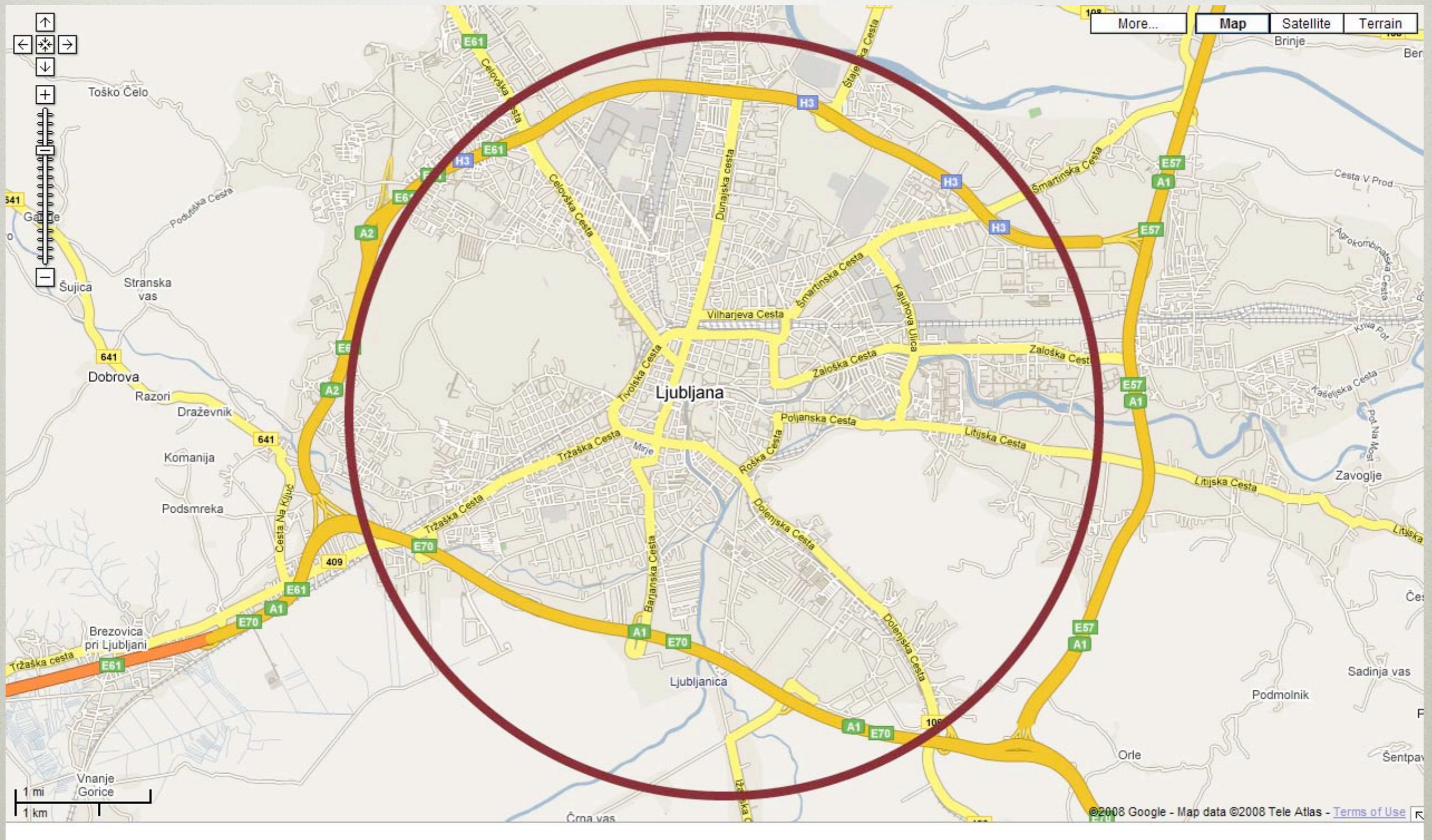
LHC



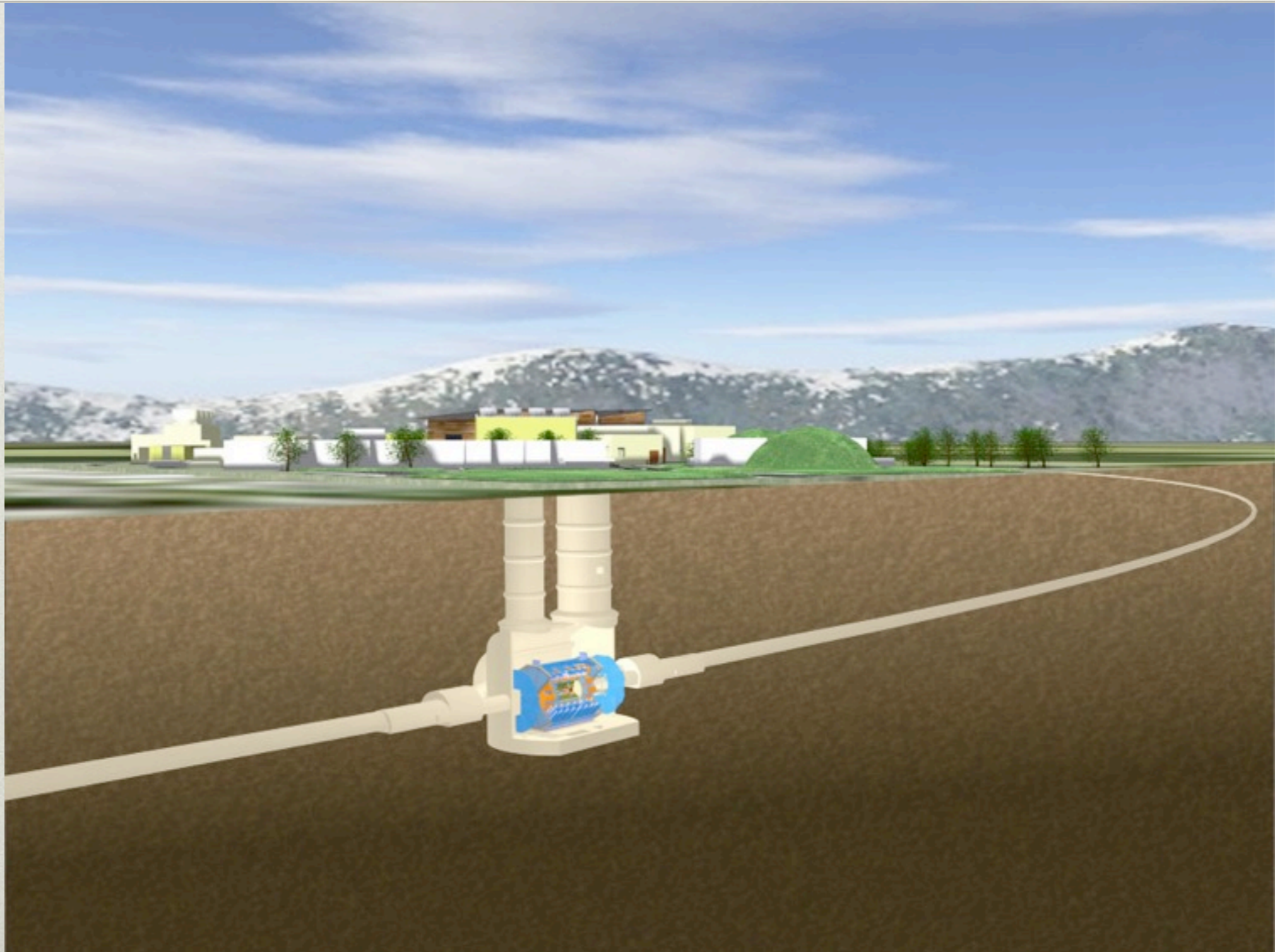
LHC



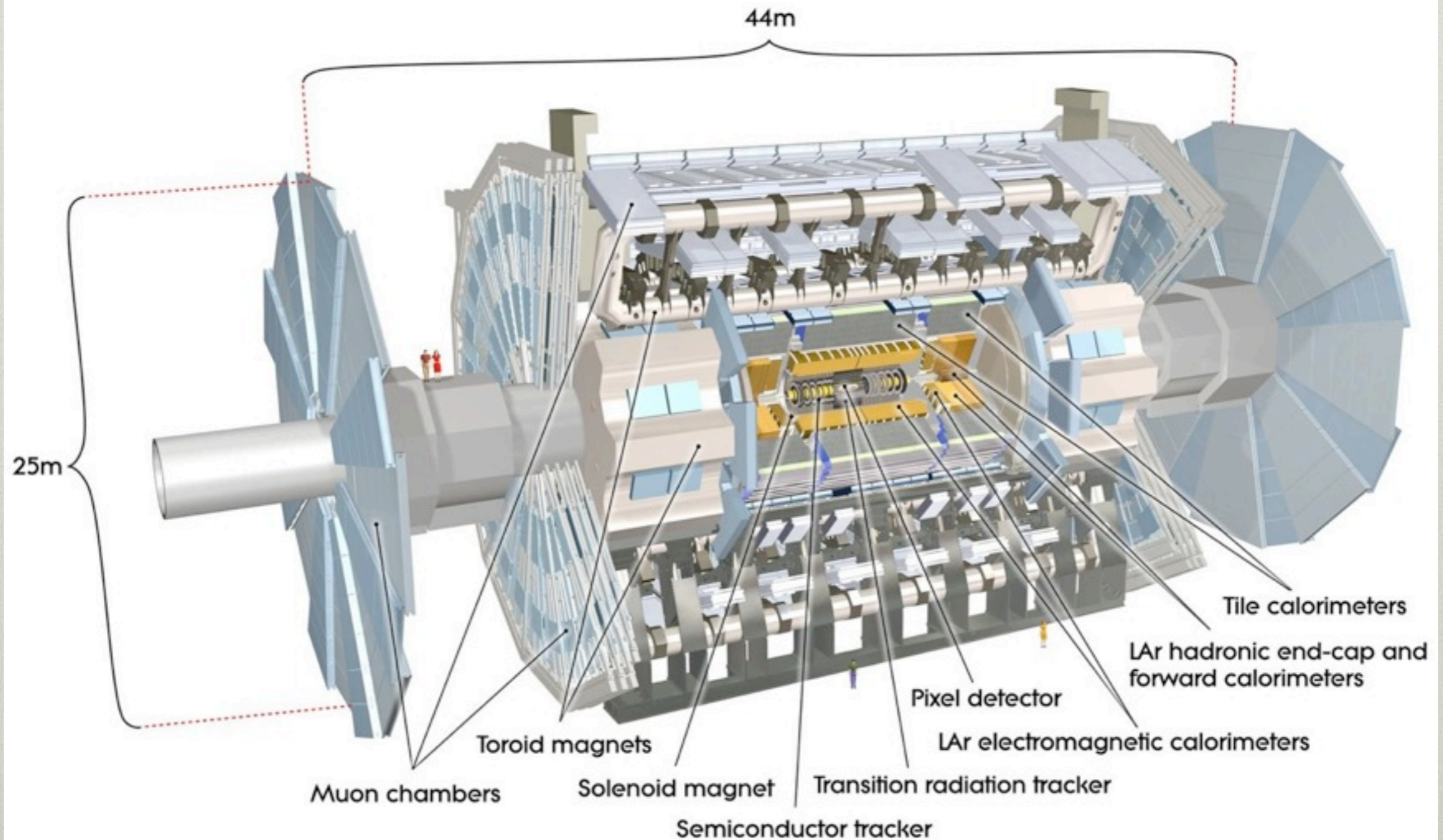
PRIMERJAVA VELIKOSTI: LJUBLJANA



DETEKTOR ATLAS



DETEKTOR ATLAS



DETEKTOR ATLAS

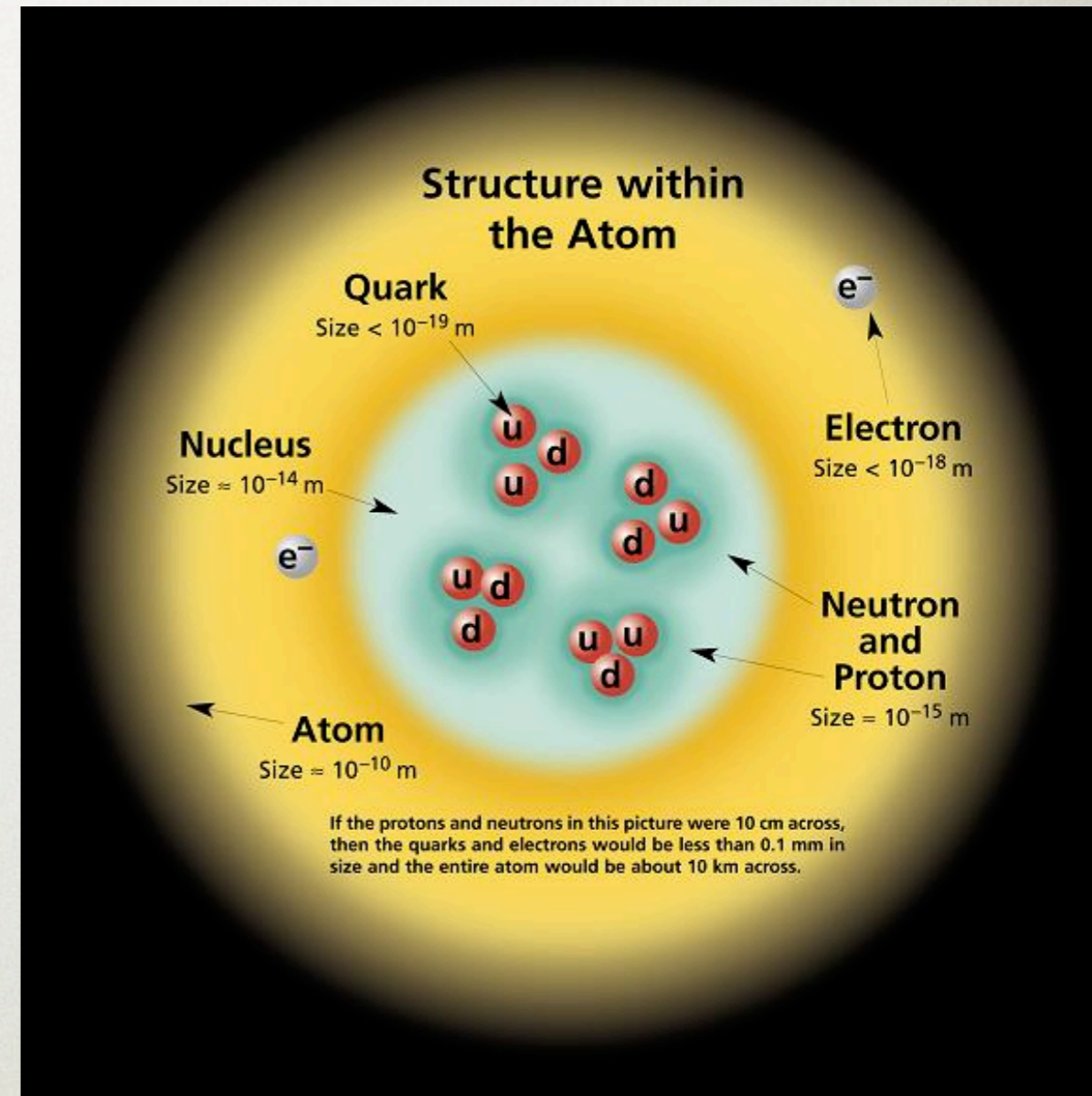
- velikost
 - 44m x 25m x 25m
 - 7000 ton
- 100 000 dogodkov / s na trak
 - po predselekciji
 - 100 MB / s
 - 11 petabyte / leto =
11000 diskov po 1TB / leto



HADRONSKI...

HADRONSKI

- Zakaj trkati protone?
- protoni so “hadroni” (=delci sestavljeni iz kvarkov)
- lahko bi trkali “leptone” (nesestavljeni delci: elektroni, nevtrini, itd...)

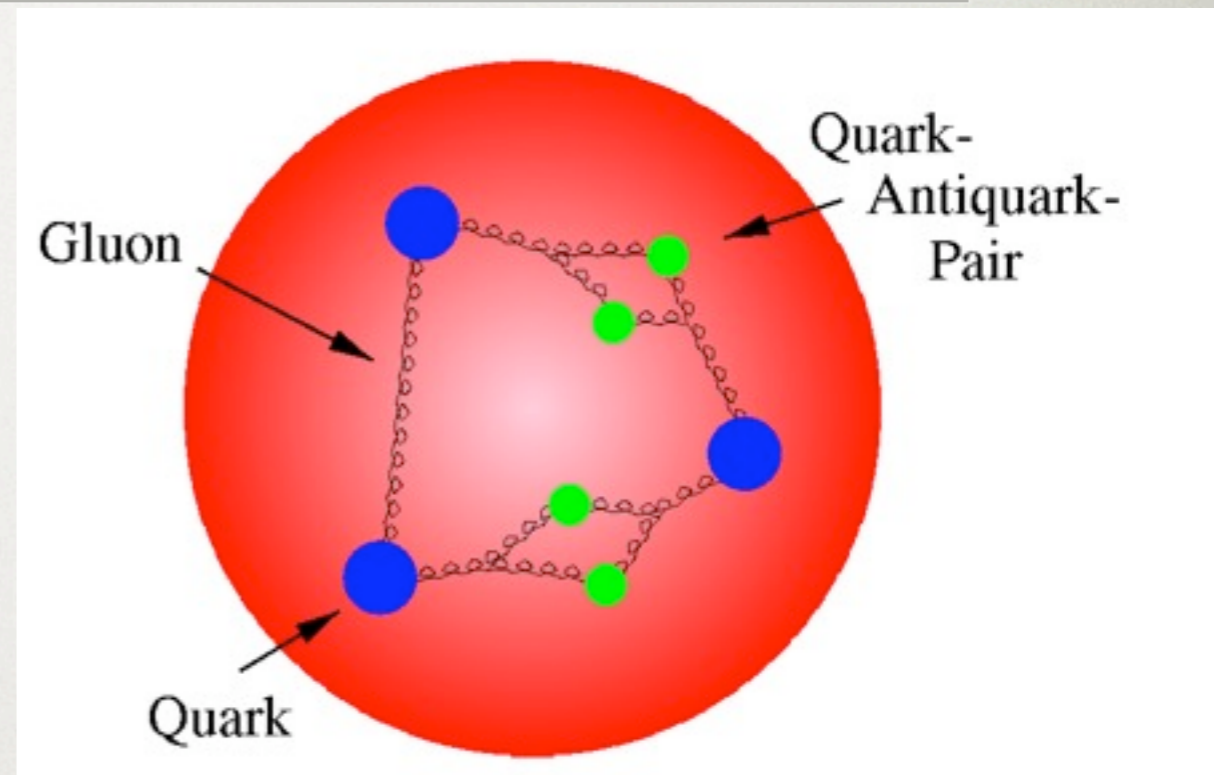


SINHROTRONSKE IZGUBE

- ko delci krožijo sevajo sinhrotronsko svetlobo
- izgube gredo kot $P \propto \frac{E^4}{m^4}$
- na LEP e^{\pm} , sinhr. izgube 15 MW
- proton 2000x težji od elektrona
- na LHC sinhr. izgube 0.005MW

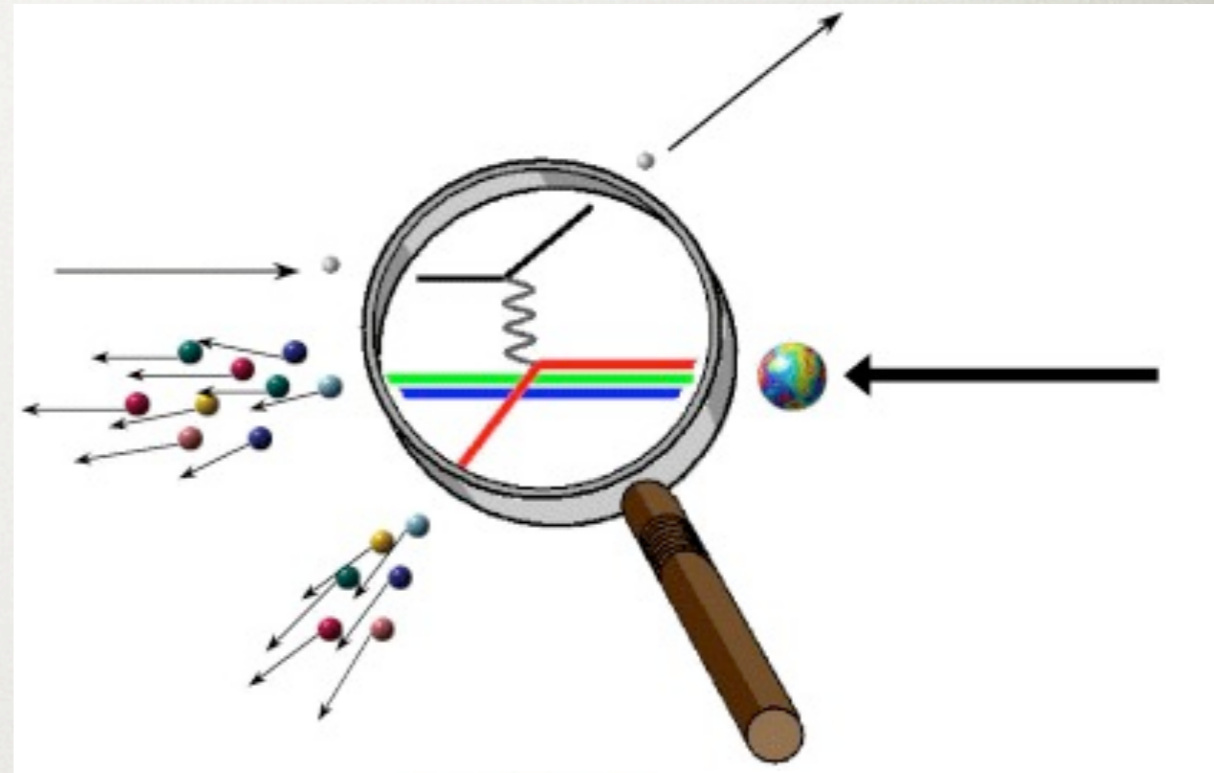
NIČ NI ZASTONJ

- proton je sestavljen
- kinetična energija se porazdeli med kvarki (in gluoni)
- trčita posamezna kvarka - ta energija gre v tvorbo novih delcev
- energija 200 GeV na LEP primerljiva z $2000\text{GeV}=2\text{TeV}$ na Tevatronu



NIČ NI ZASTONJ

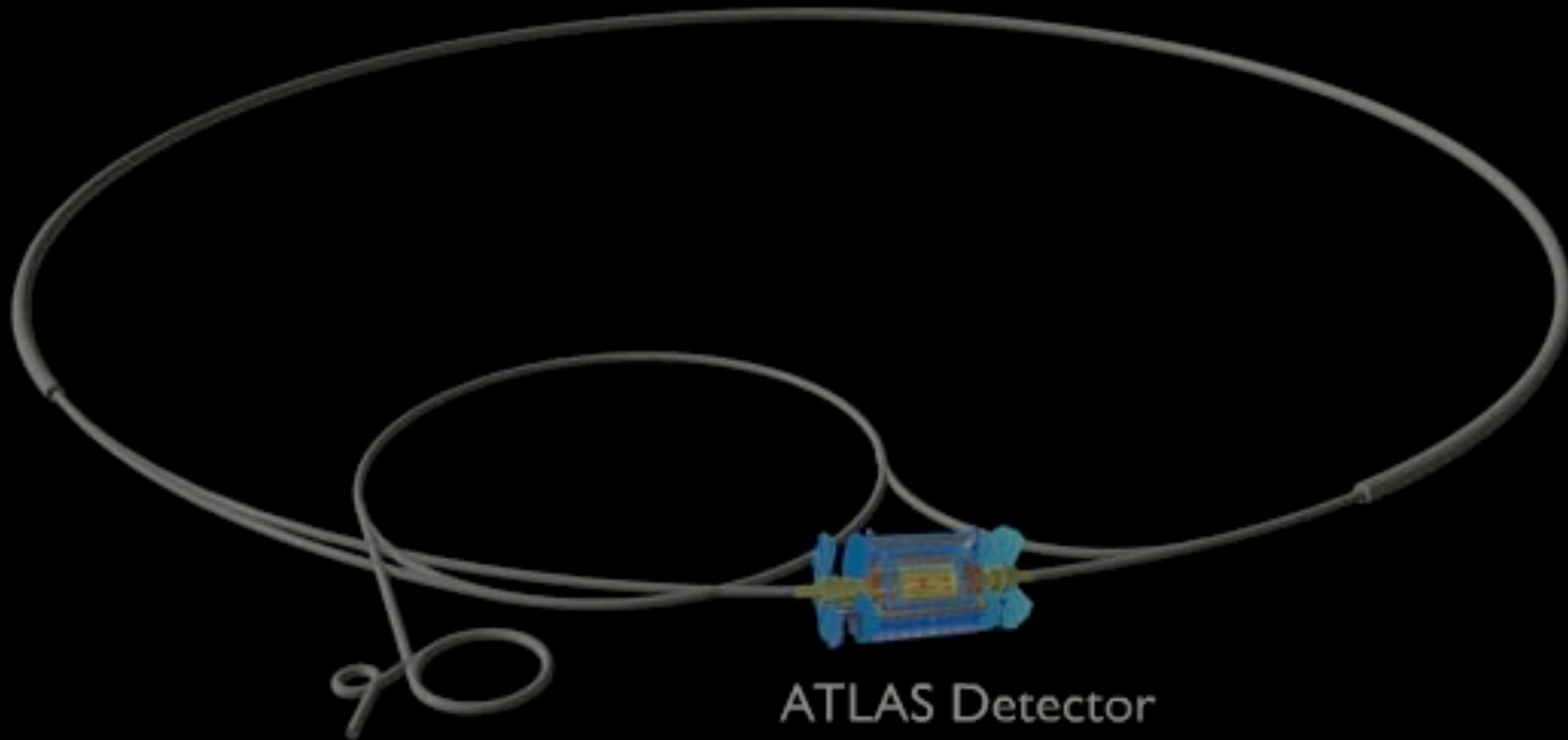
- proton je sestavljen
- kinetična energija se porazdeli med kvarki (in gluoni)
- trčita posamezna kvarka - ta energija gre v tvorbo novih delcev
- energija 200 GeV na LEP primerljiva z $2000\text{GeV}=2\text{TeV}$ na Tevatronu



TRKALNIK...

PLAY ▶

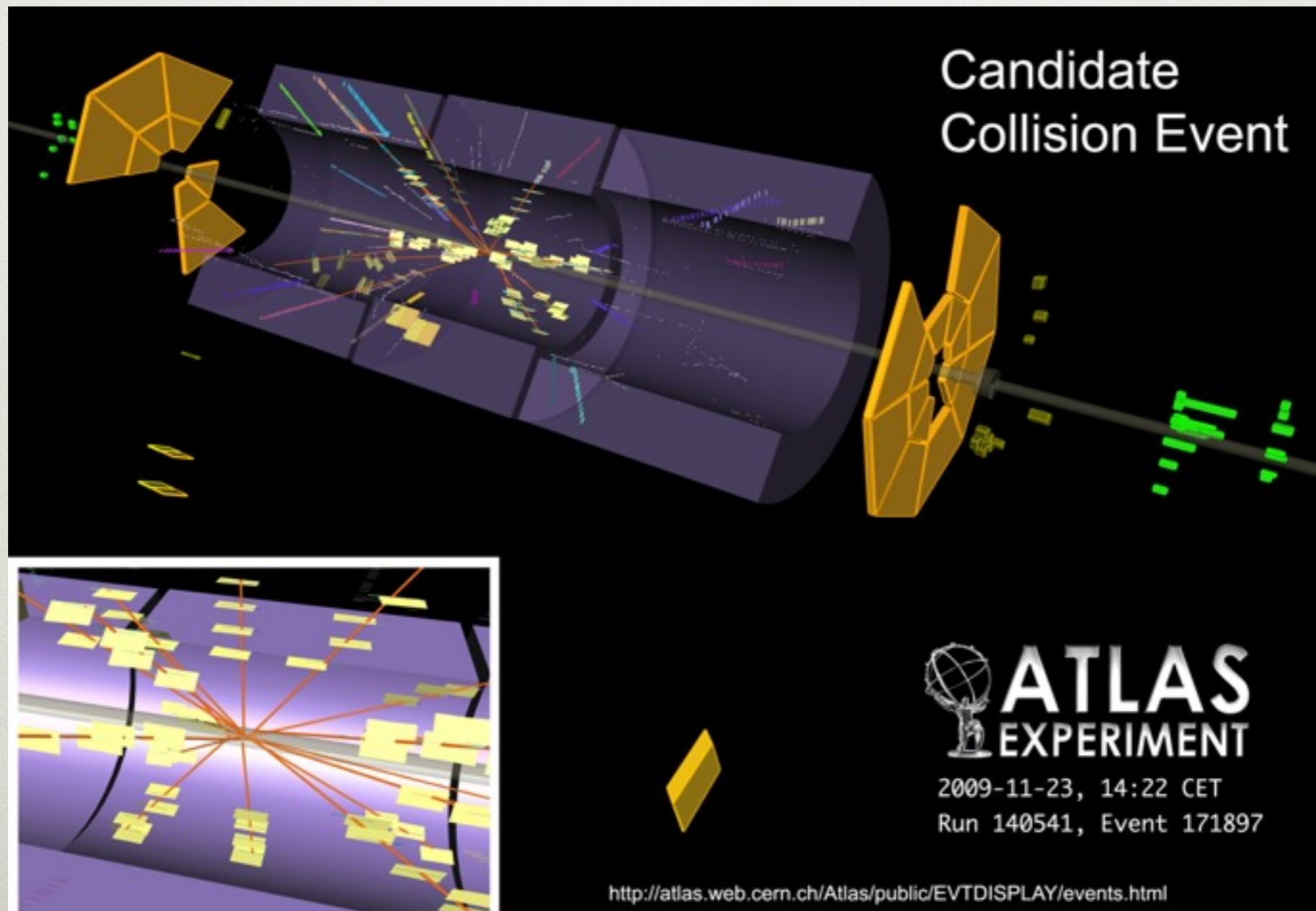
Large Hadron Collider



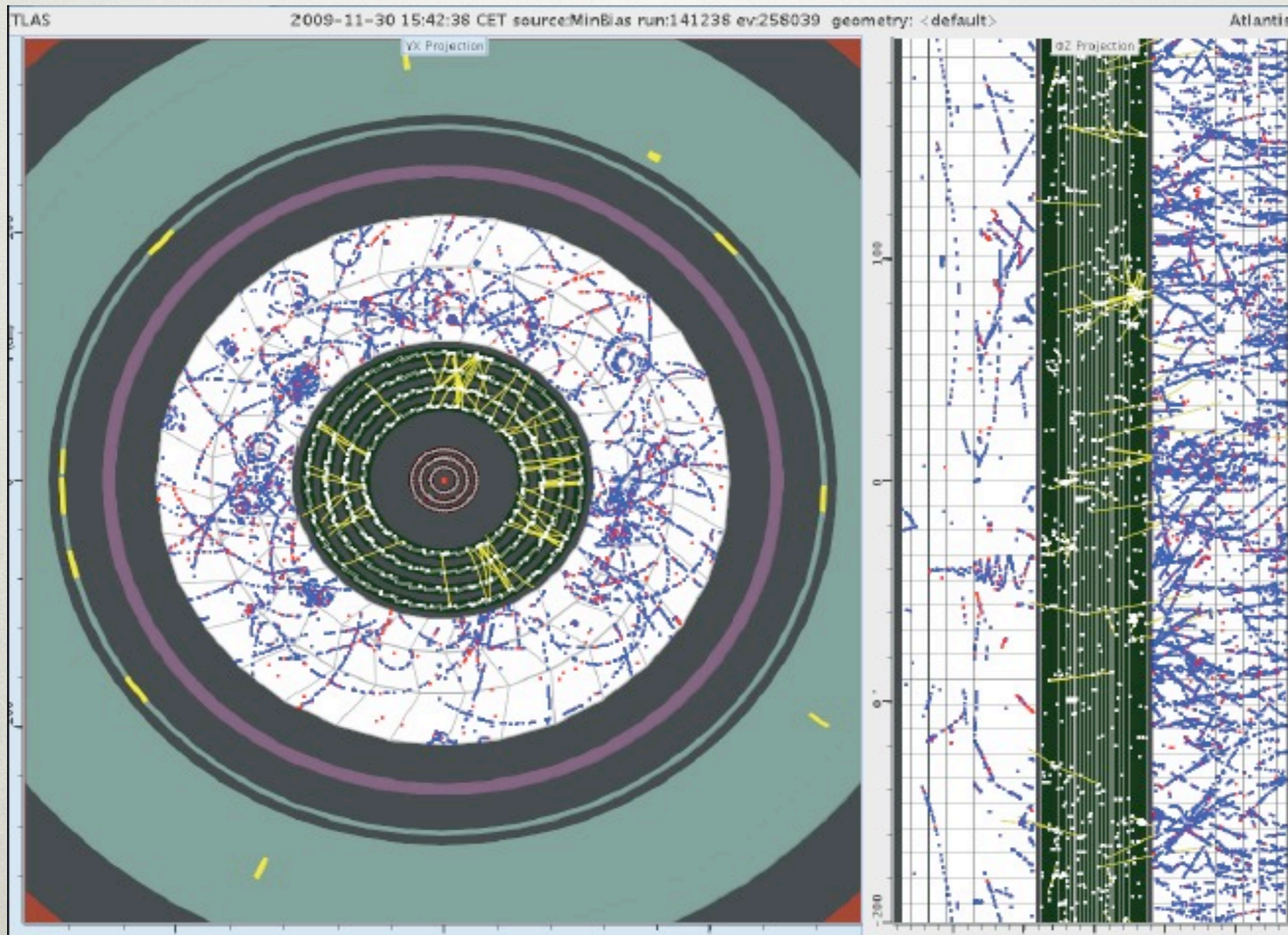
ATLAS Detector

PRVI TRKI

- prvi trki minuli teden pri energiji 900 GeV



VKLJUČENO MAGNETNO POLJE ATLAS



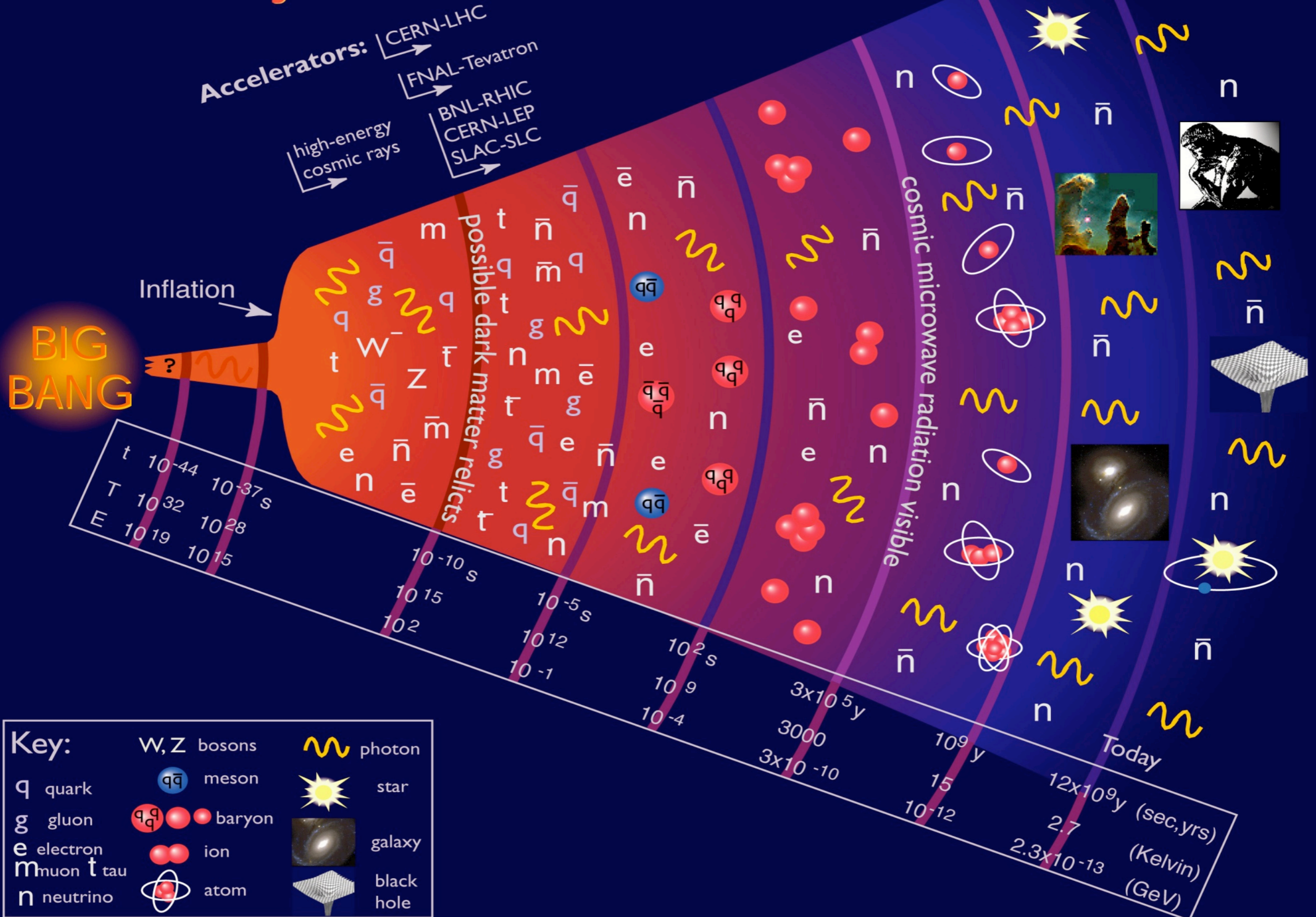
OD TEDAJ

- svetovni rekord 30.11.- najvišja energ. žarka:
1.18 TeV
- do sedaj Tevatron: 0.98 TeV
- trki še ne pri tej energiji
- prvi fizikalni “run” zgodaj 2010
- eng. 3.5TeV / žarek



ODKRITJA NA LHC?

History of the Universe



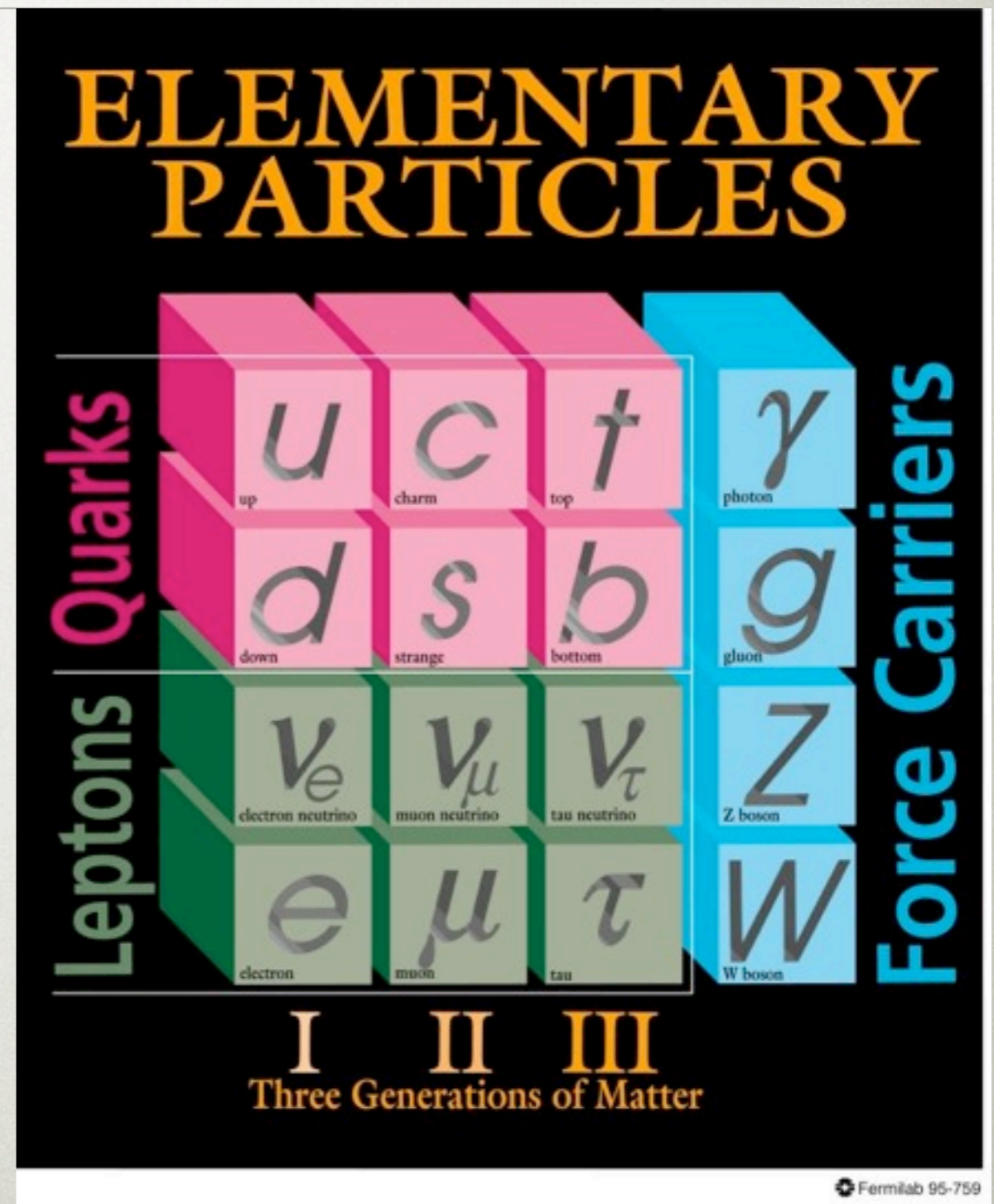
ODKRITJE ZAGOTOVLJENO!

- standardni model osnovnih delcev z do sedaj odkritimi delci (= brez higgosa) ima hibo

- teoretičen račun:

$$W^- W^- \rightarrow W^- W^-$$

- verjetnost za zasipanje narašča z E prek vseh meja (več kot 100% za $E > 1\text{TeV}$)



ODKRITJE ZAGOTOVLJENO!

- standardni model osnovnih delcev z do sedaj odkritimi delci (= brez higgosa) ima hibo
- teoretičen račun:
$$W^-W^- \rightarrow W^-W^-$$
- verjetnost za zasipanje narašča z E prek vseh meja (več kot 100% za $E > 1\text{TeV}$)



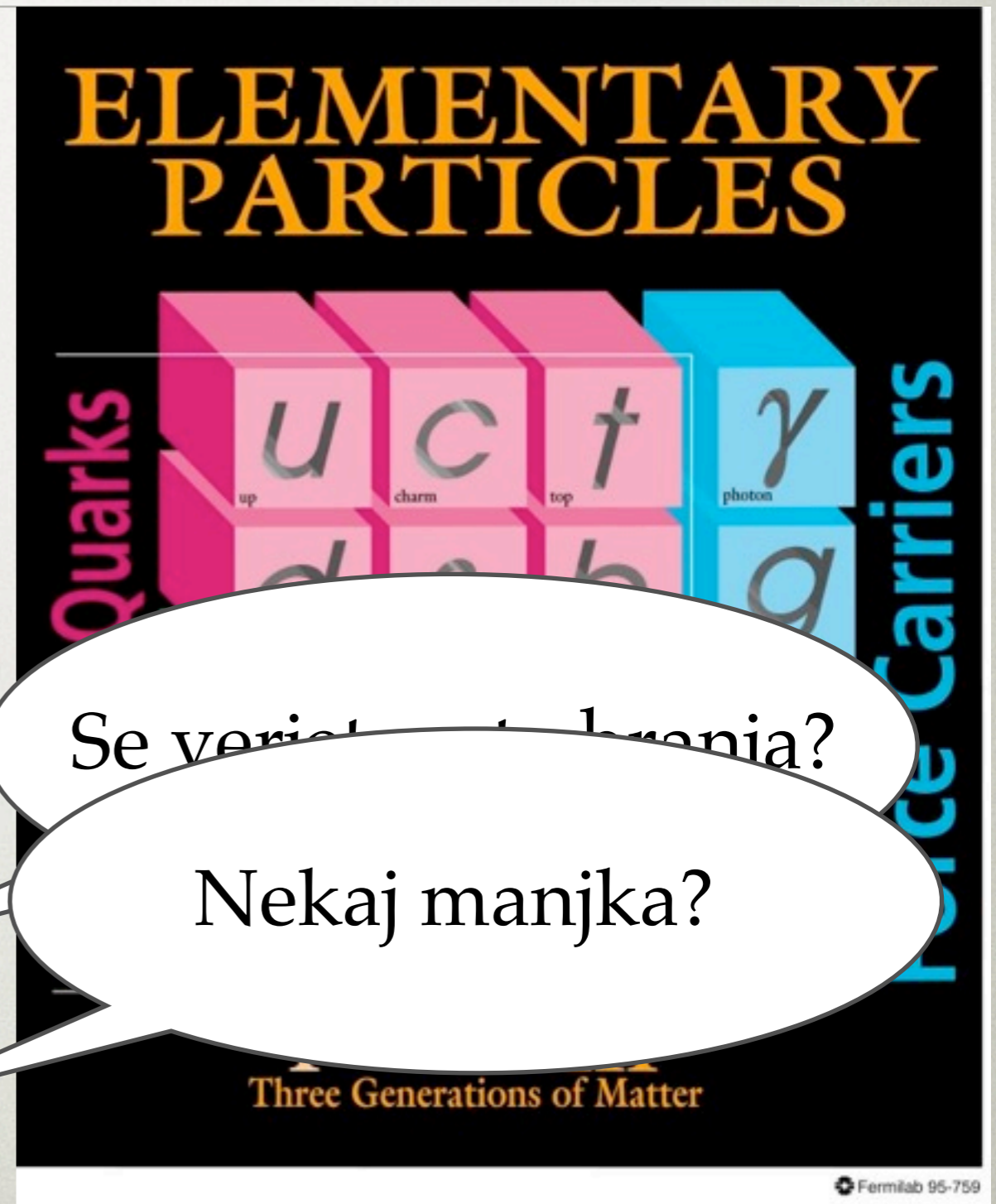
ODKRITJE ZAGOTOVLJENO!

- standardni model osnovnih delcev z do sedaj odkritimi delci (= brez higgosa) ima hibo

- teoretičen račun:

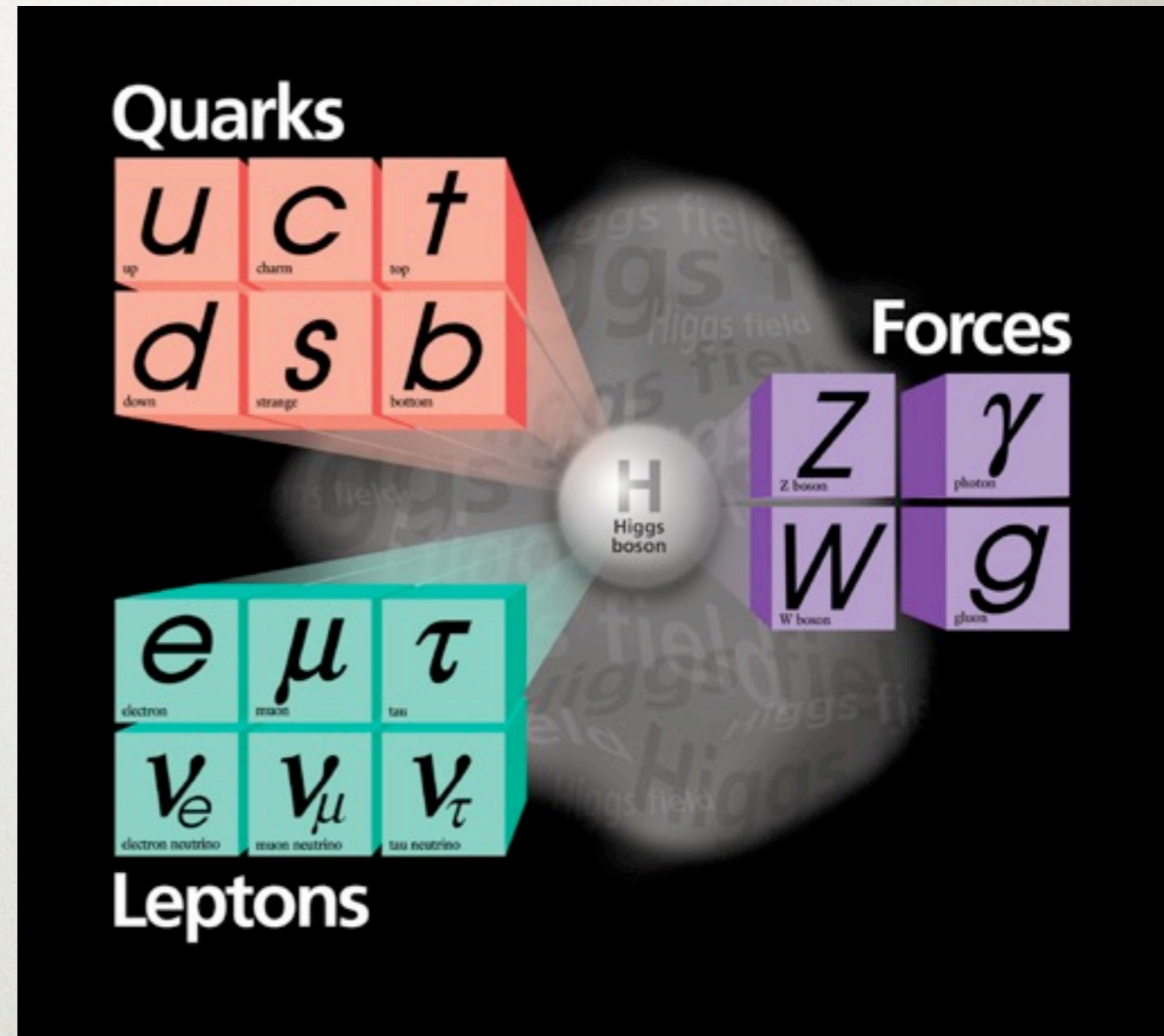
$$W^-W^- \rightarrow W^-W^-$$

- verjetnost za zasipanje narašča z E prek vseh meja (več kot 100% za $E > 1\text{TeV}$)



HIGGSOV BOZON

- Najenostavnejša rešitev: Higgsov bozon
- “unitarizira” standardni model
- ni edina rešitev!
- katera pravilna?
 - LHC



VLOGA HIGGSA

- higgsov bozon ima dvojno vlogo
 - “unitarizira” teorijo
 - odkriti delci+higgs = zaključena teorija
- podeli delcem maso prek “higgsovega” mehanizma
 - večja kot je “sklopitev” s higgsovim poljem, večja je masa delcev

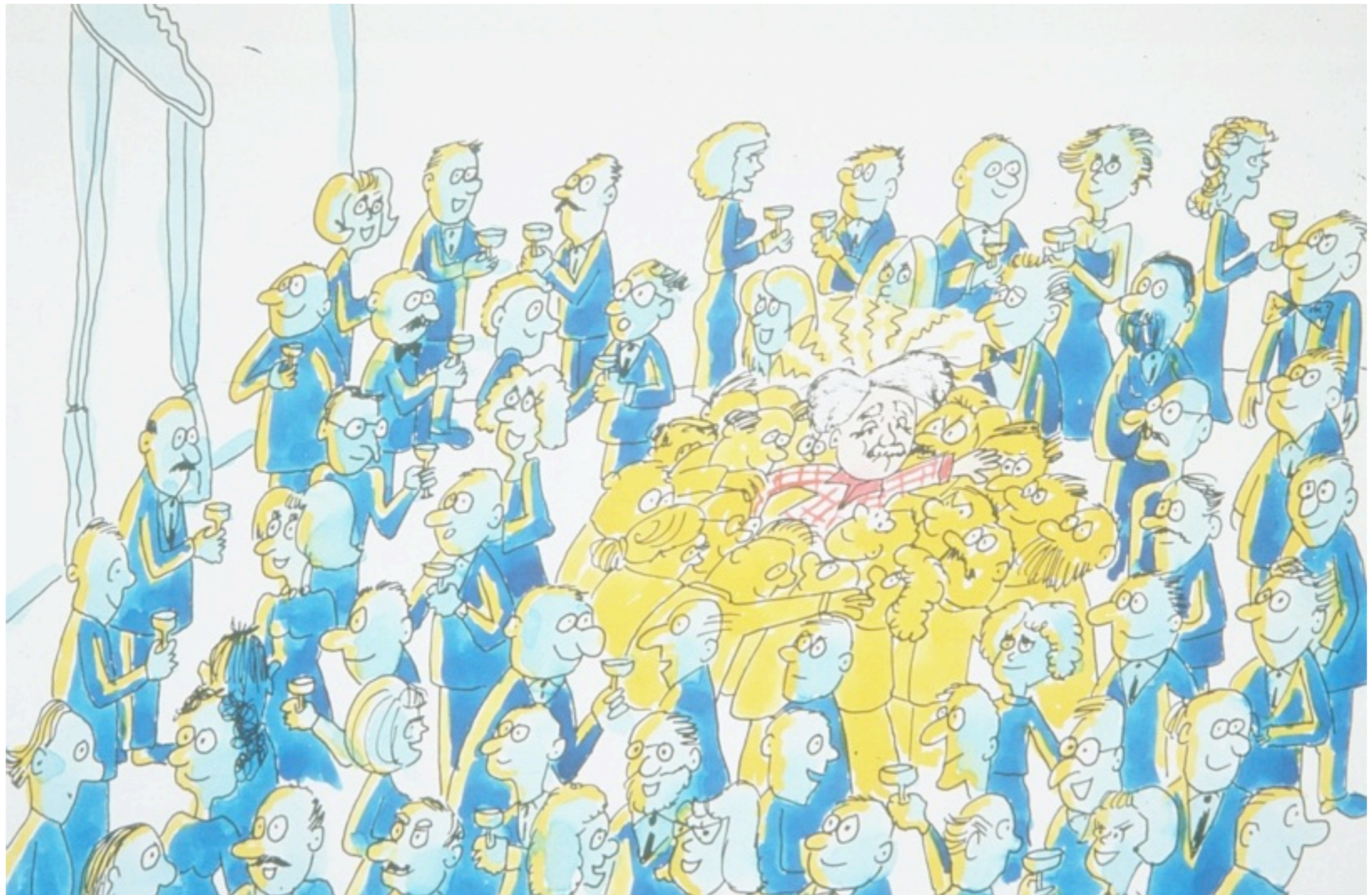
HIGGSOVO POLJE



MASA DELCA



MASA DELCA



HIGGSOV BOZON

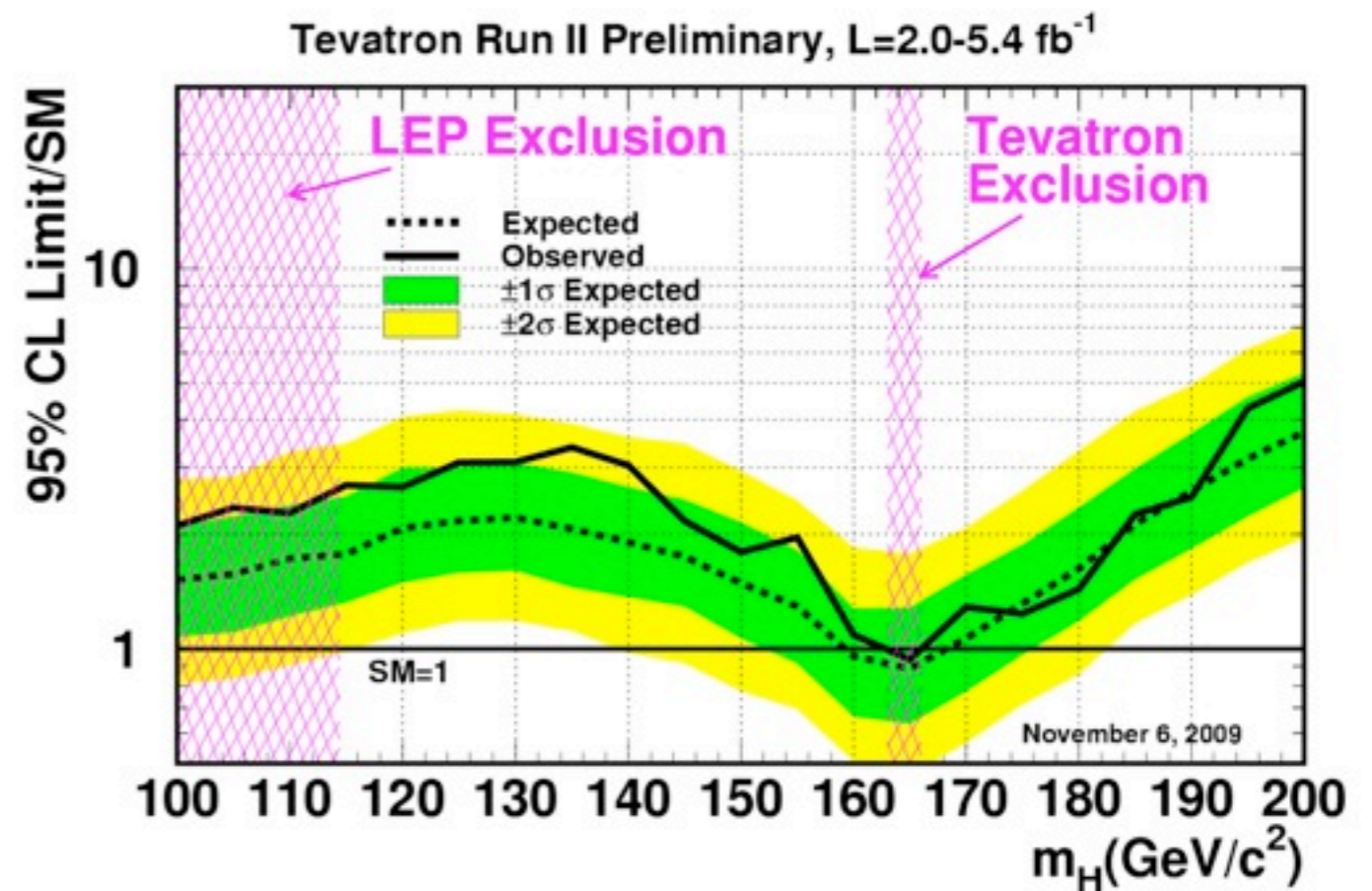


HIGGSOV BOZON



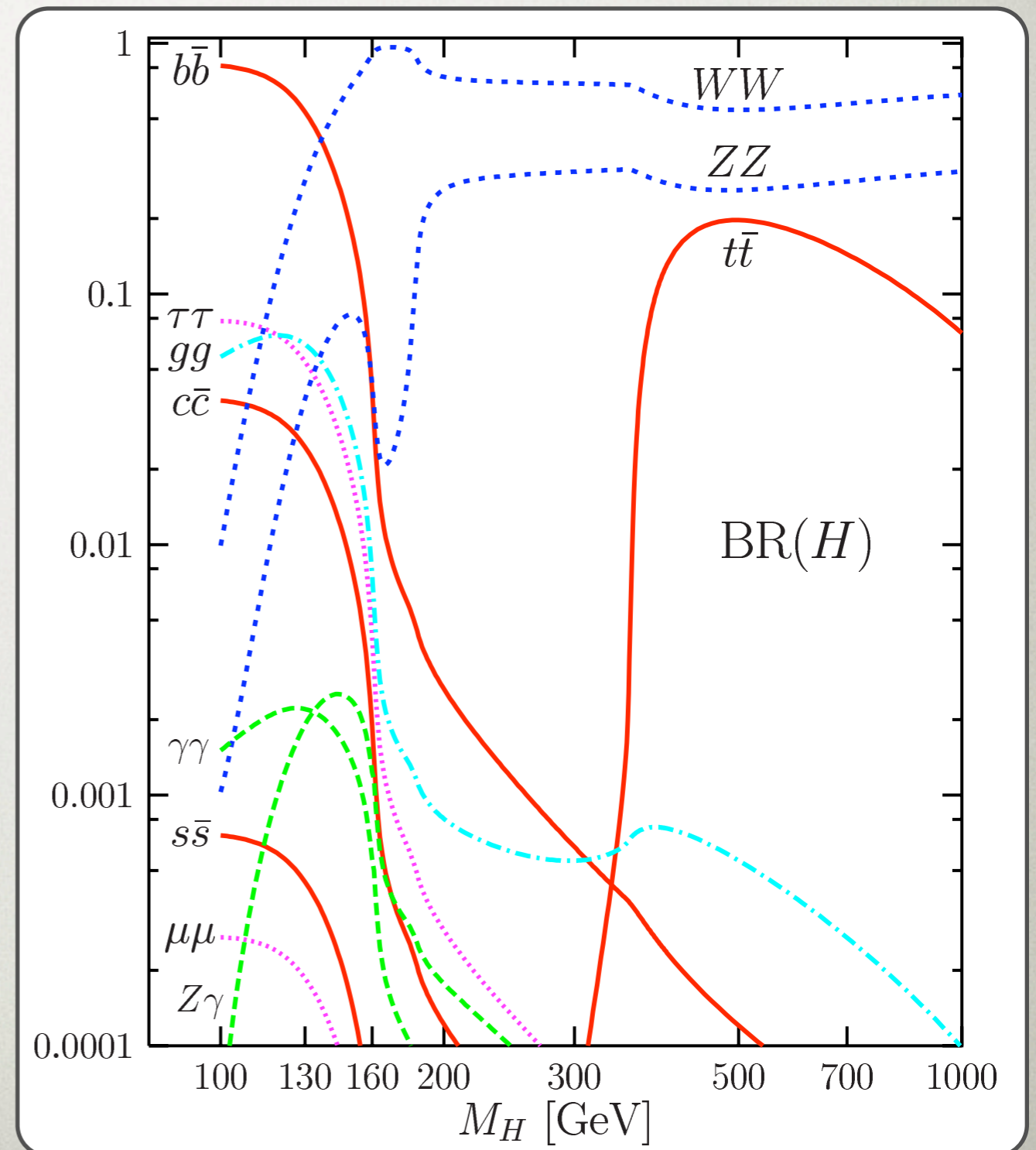
KJE JE HIGGS?

- masa $< 1\text{TeV}$
- prejšnji eksperimenti spodnjo mejo na maso $> 115\text{GeV}$
- indirektno tudi zgornja meja
- verjetno pod 200 GeV
- trkalnik Tevatron blizu Chicaga
- trenutno najvišja energija - trki pri 2 TeV
- konkurenca LHC pri masi higgasa $\sim 160\text{ GeV}$



ISKANJE HIGGSA

- iskanje signala higgosa precej zahtevno
- odvisno od mase različni razpadni produkti
- zaradi hadronskih trkov veliko ozadja

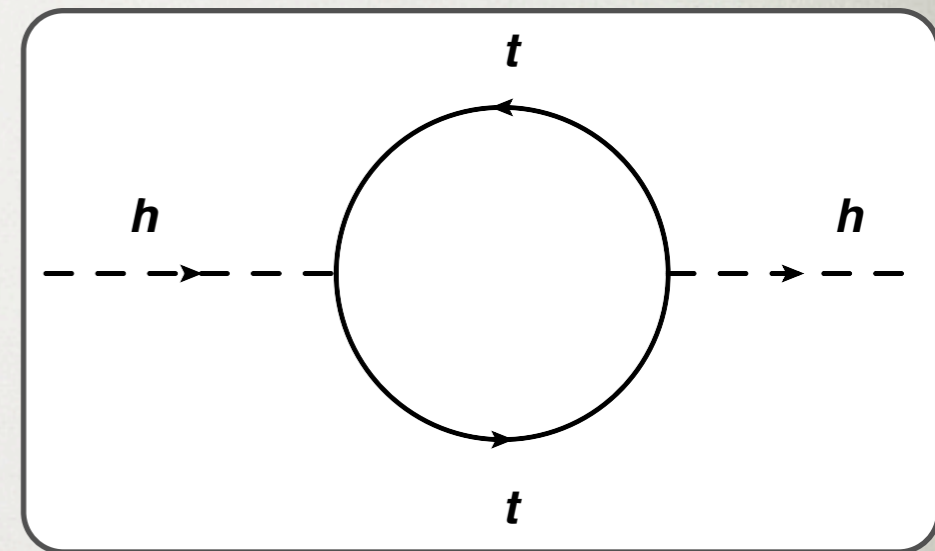


REŠITVE

- več rešitev
 - supersimetrija
 - ekstra dimenzije

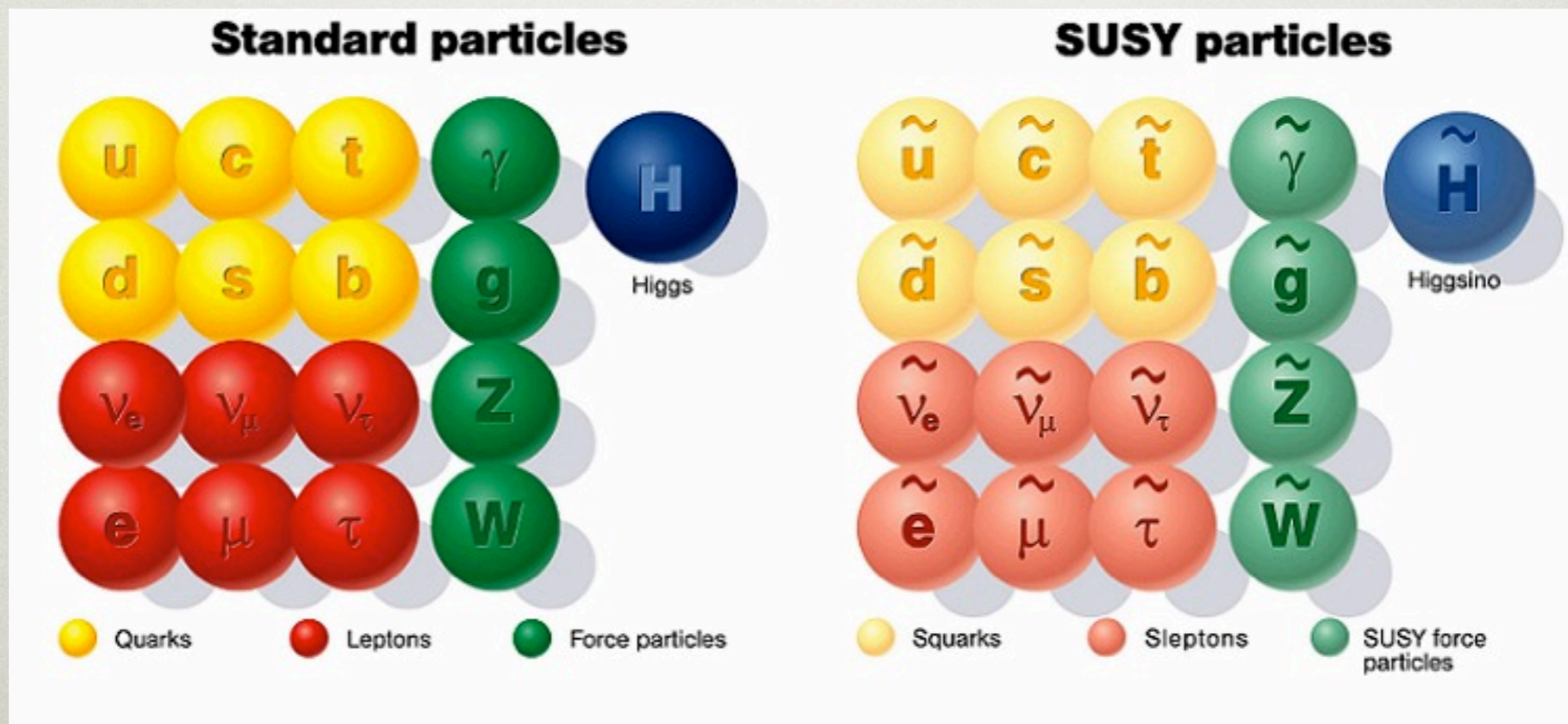
SUPERSIMETRIJA

- vsak delec ima svojega partnerja
- vsak SM “fermion” ima SUSY “bozon” (in obratno)
- razen drugačne “statistike” ostale lastnosti zelo podobne
- pokrajšajo korekcije k higgsovi masi!



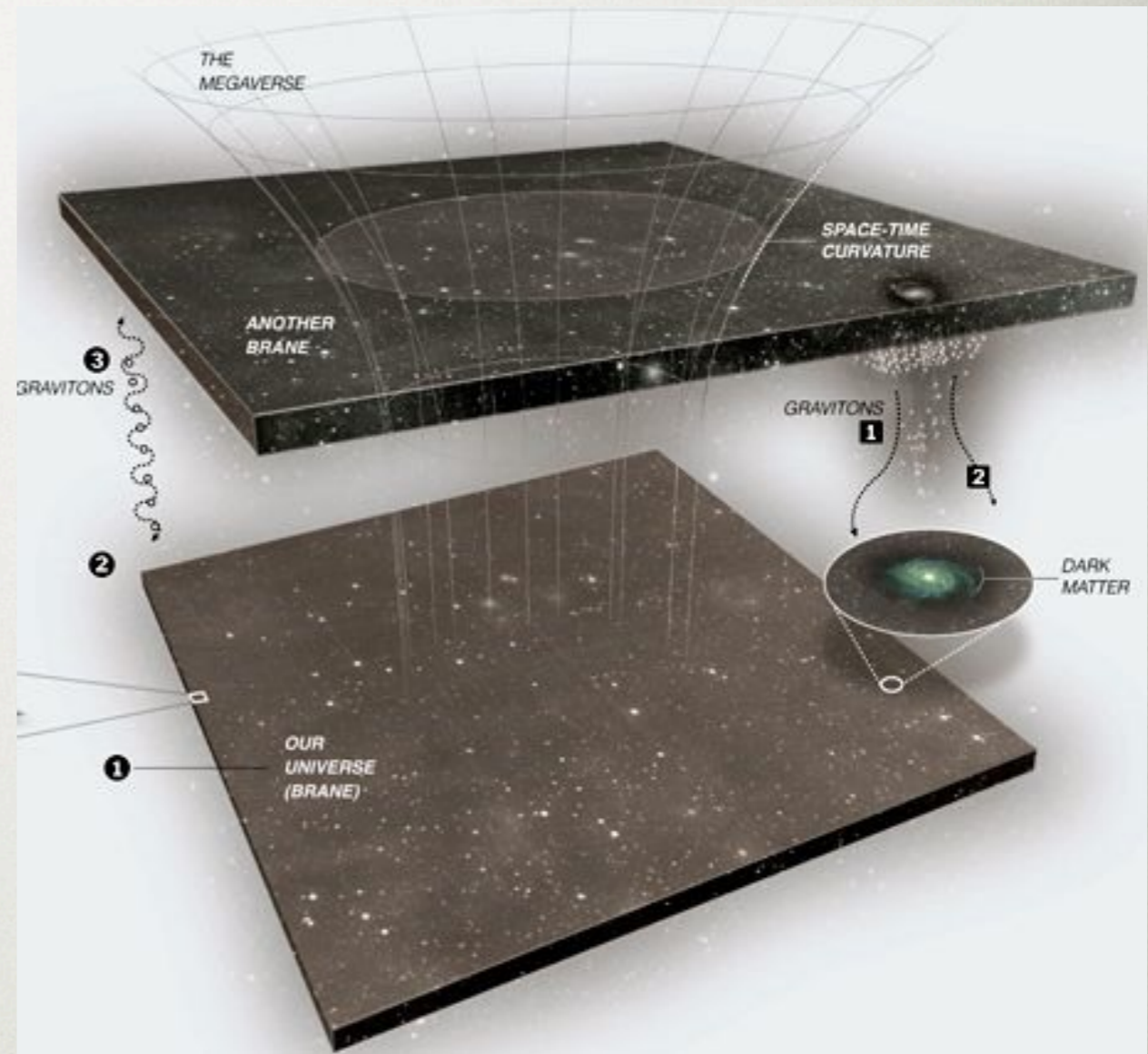
SUSY

- podvojeno število delcev
 - nismo odkrili še niti enega SUSY partnerja
- ne smejo biti mnogo težji od higgusa



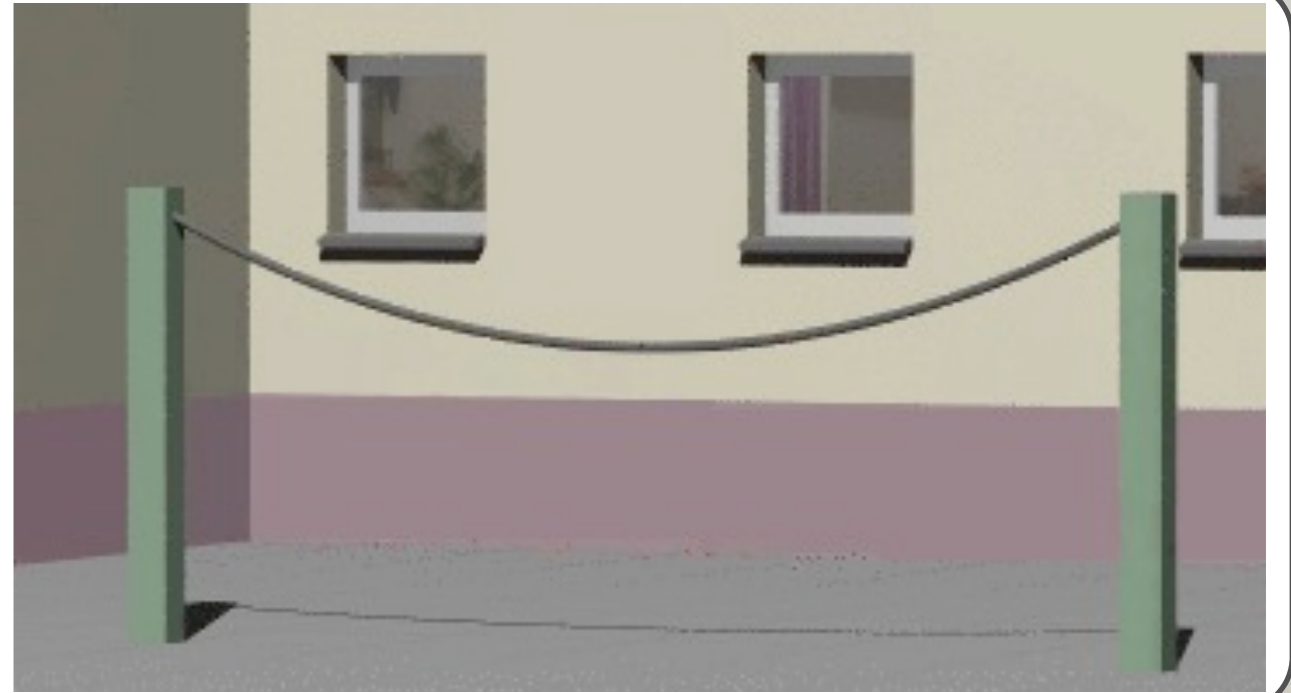
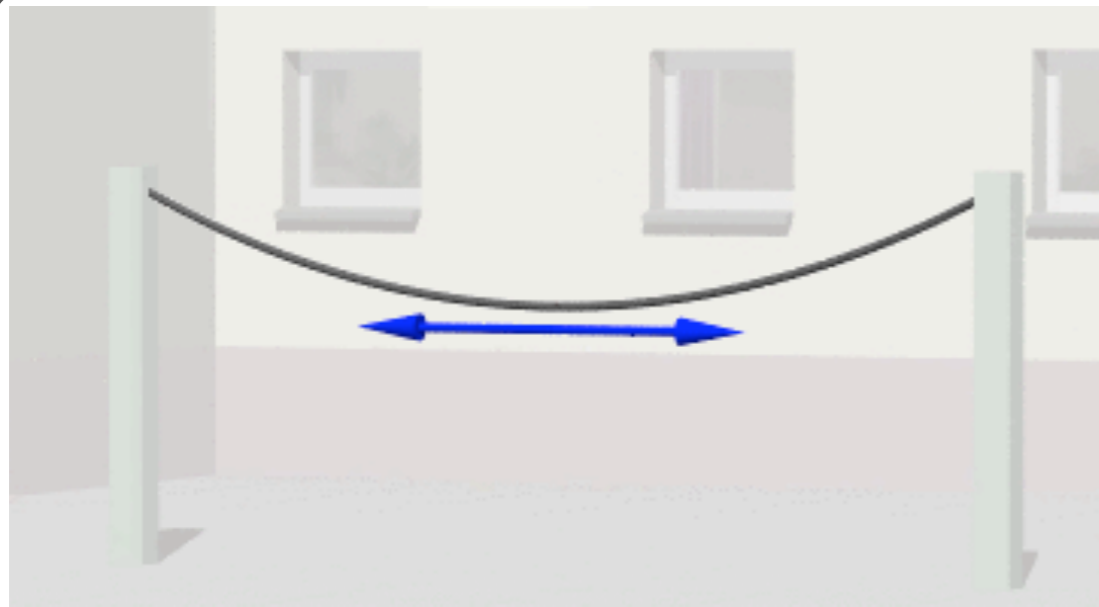
EKSTRA DIMENZIJE

- gravitacija je šibka
- mogoča razlaga: zato ker se širi v več dimenzij
- vse ostale sile omejene na 3+1 dim. prostor-čas
- dodatne dimenzije spremenijo Newtonov zakon
- ne opazimo jih, če so majhne

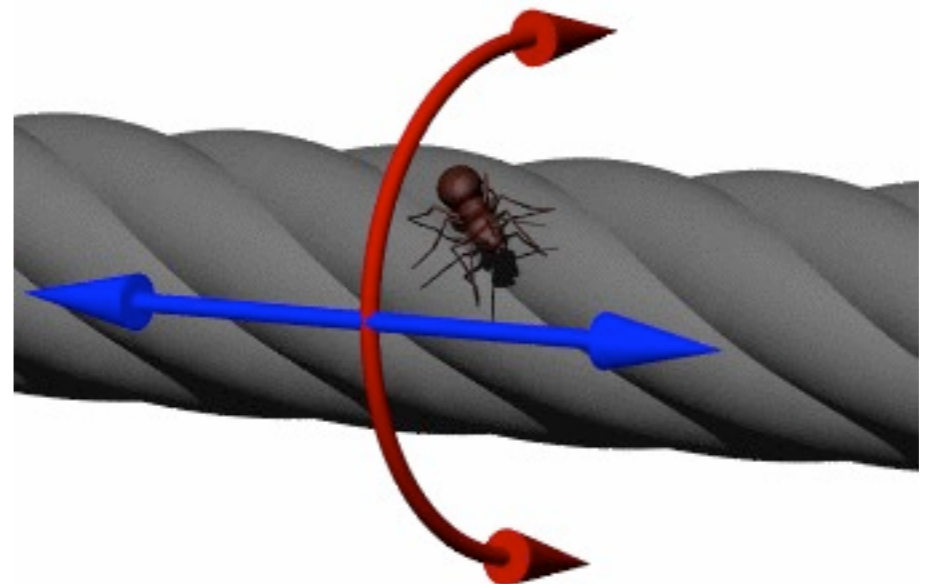


EKSTRA DIMENZIJE

- primer: vrv za obešanje perila
- od daleč 1D

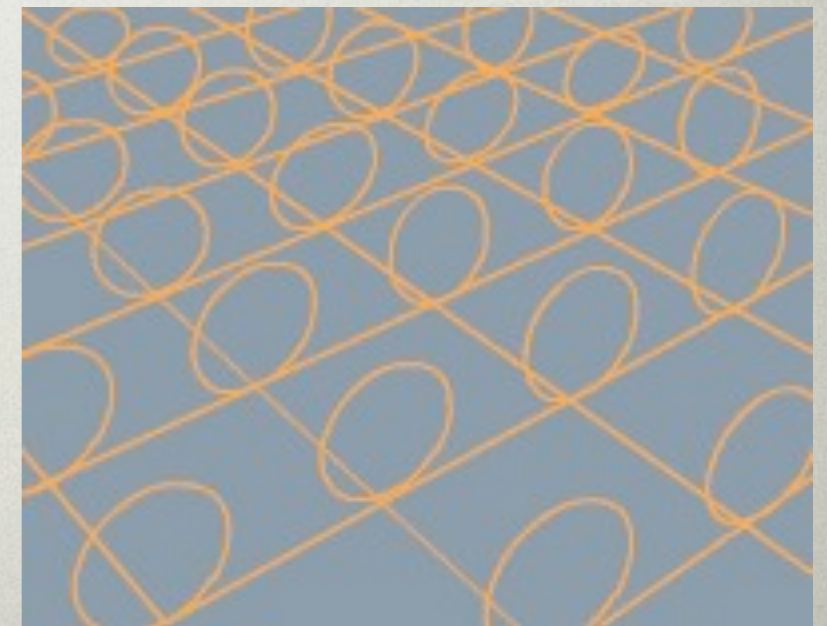
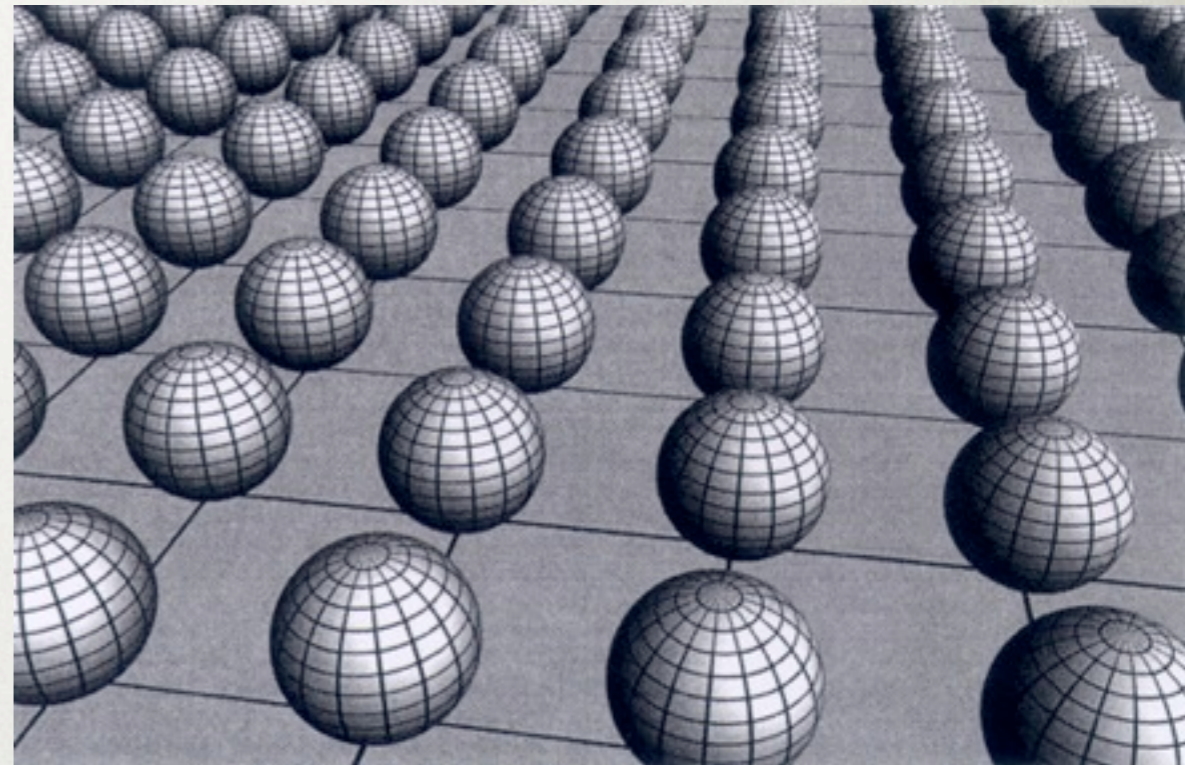


- od blizu 2D



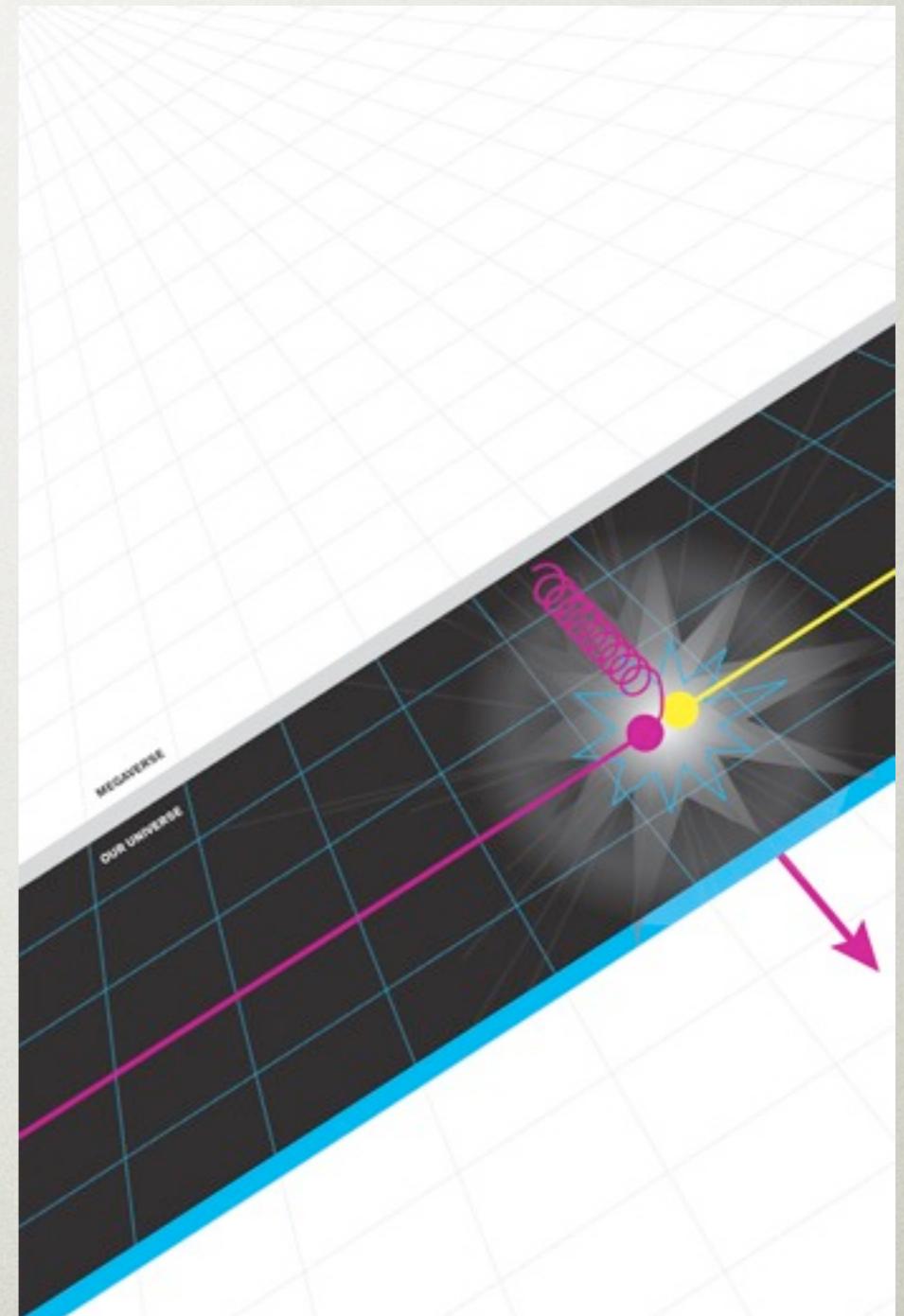
POGLED OD BLIZU

- ekstra dimenzije so lahko velike le do velikosti, kjer smo opravili eksperimente
- procesi na najmanjših razdaljah: na trkalnikih 10^{-18} m
- kvantna gravitacija pri teh razdaljah lahko “stabilizira” higgosa



EKSTRA DIM. NA LHC

- na LHC zanimivi signali
- nastali delci uhajajo v ekstra dimenzije
- produkcija gravitacijskih kvantnih stanj (mikroskopske črne luknje)
- za slednje verjetno premalo energije



ZAKLJUČKI

- LHC po enoletnem premoru začenja z obratovanjem (prvi trki!)
- odkritja zagovoljena
 - higgsov bozon ali njegov ekvivalent
 - morda eksotika (SUSY, XDIM)

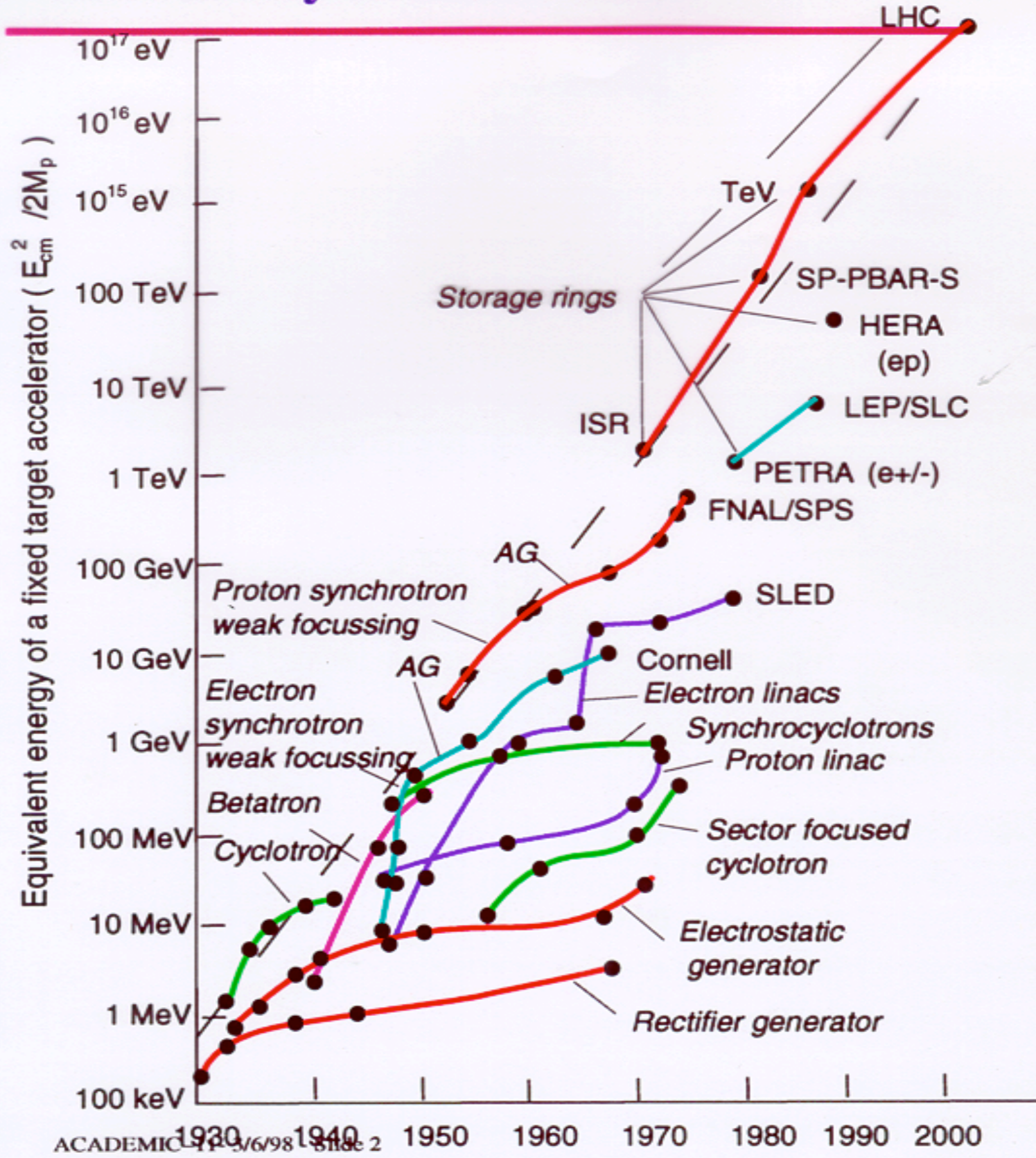
“Veliki hadronski trkalnik [...] je odgovor naše civilizacije na starodavne piramide, ampak boljši. Je spomenik radovednosti ne praznoverju; sodelovanju ne ukazovanju.”*

Frank Wilczek, Nobelov nagrajenec za fiziko l. 2004

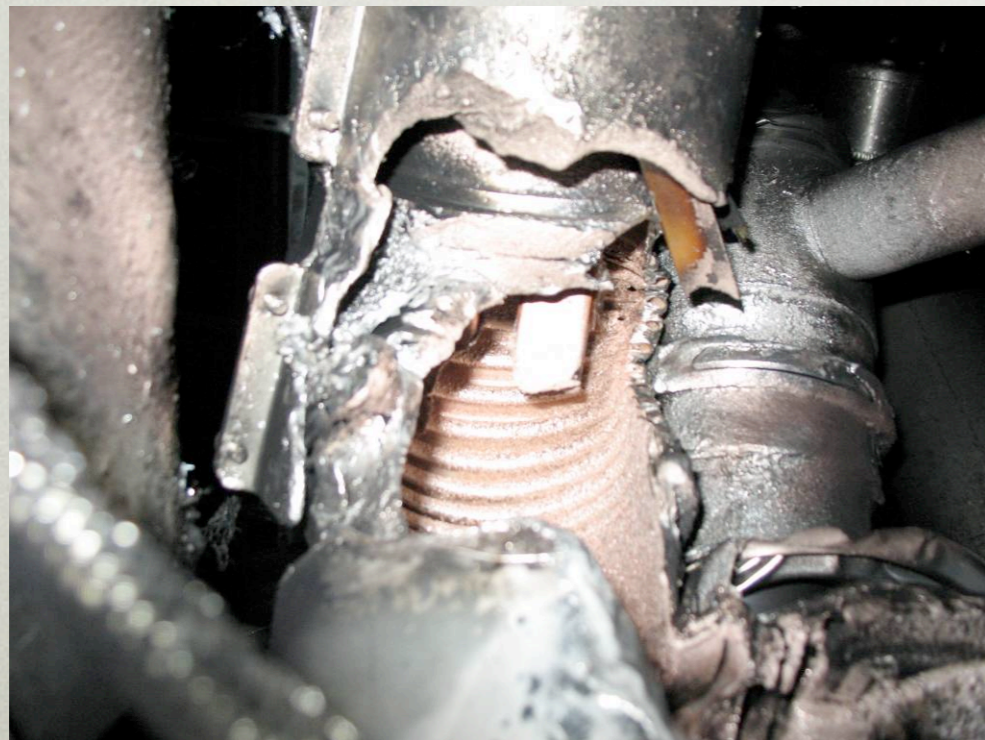
* Large Hadron Collider [...] is our civilization's answer to the ancient Pyramids, but better. It is a monument to curiosity, not superstition; and to cooperation, not command.

DODATNE TRANSPARENCE

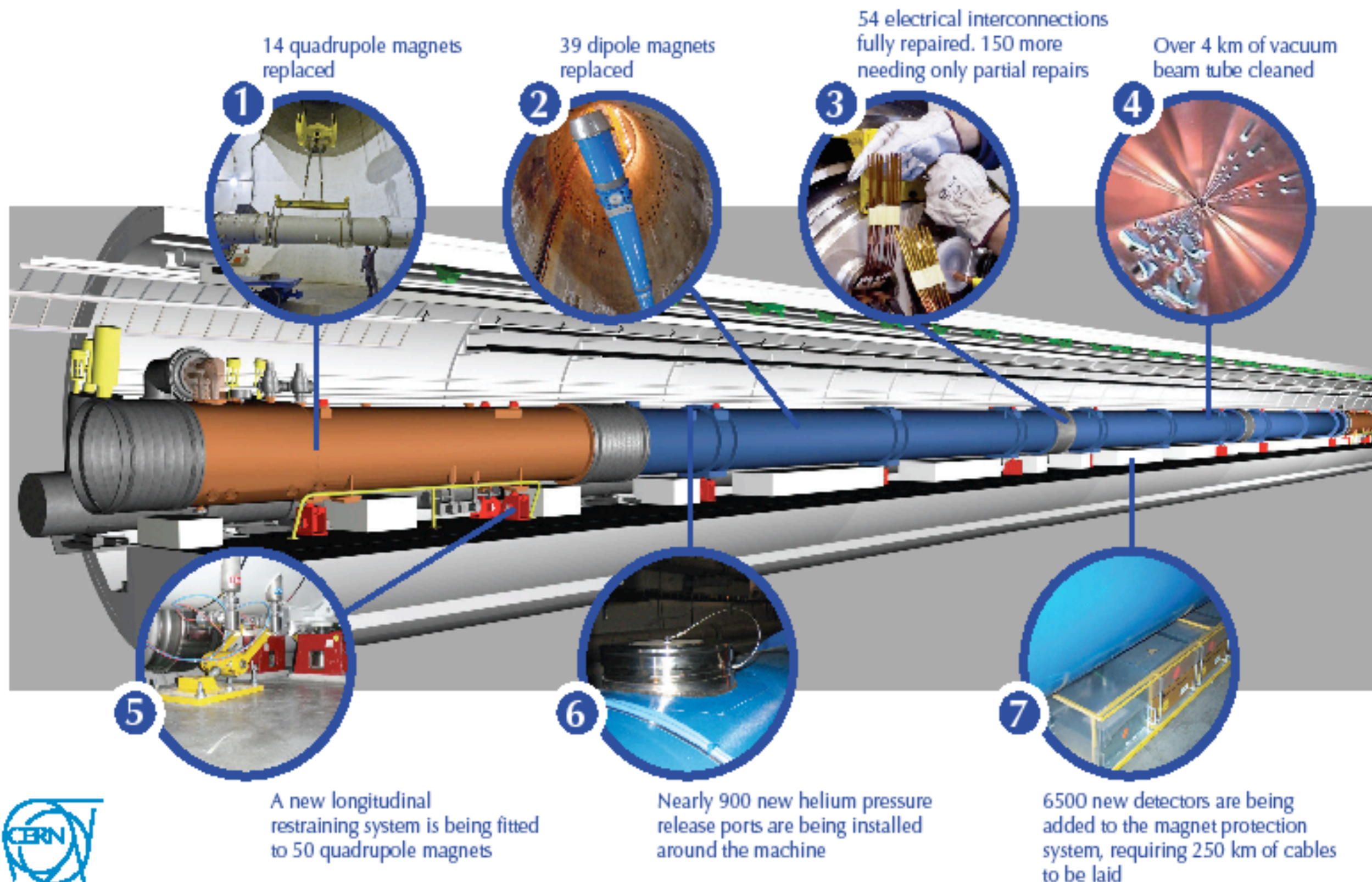
The history of accelerators



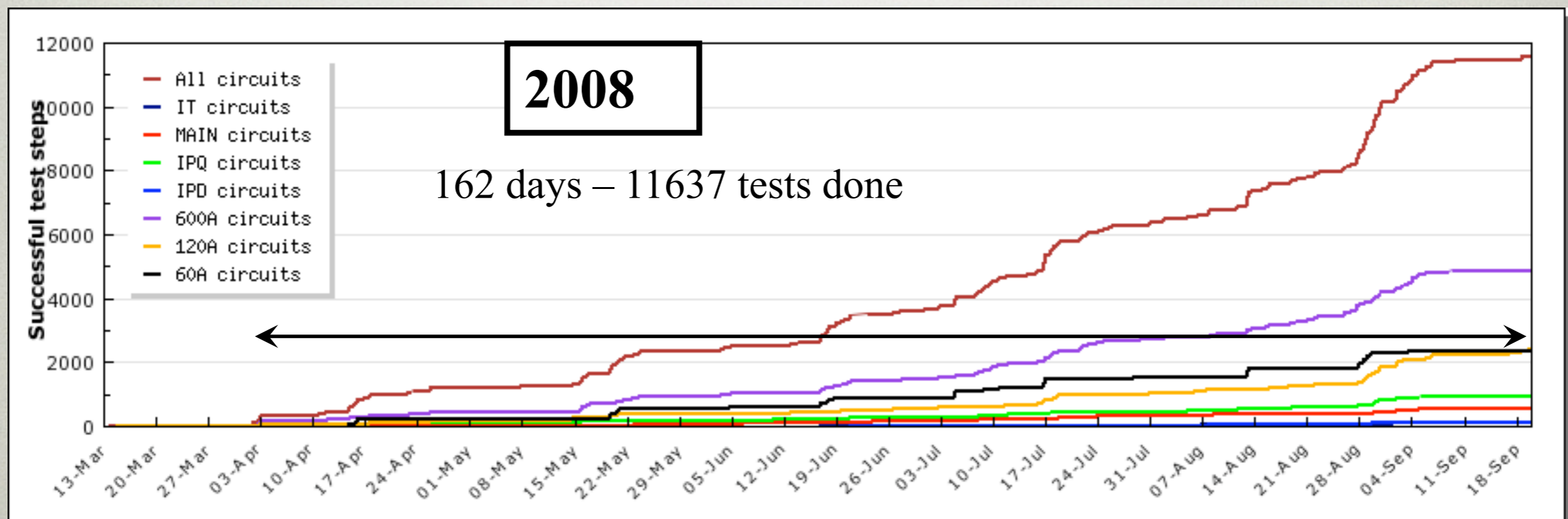
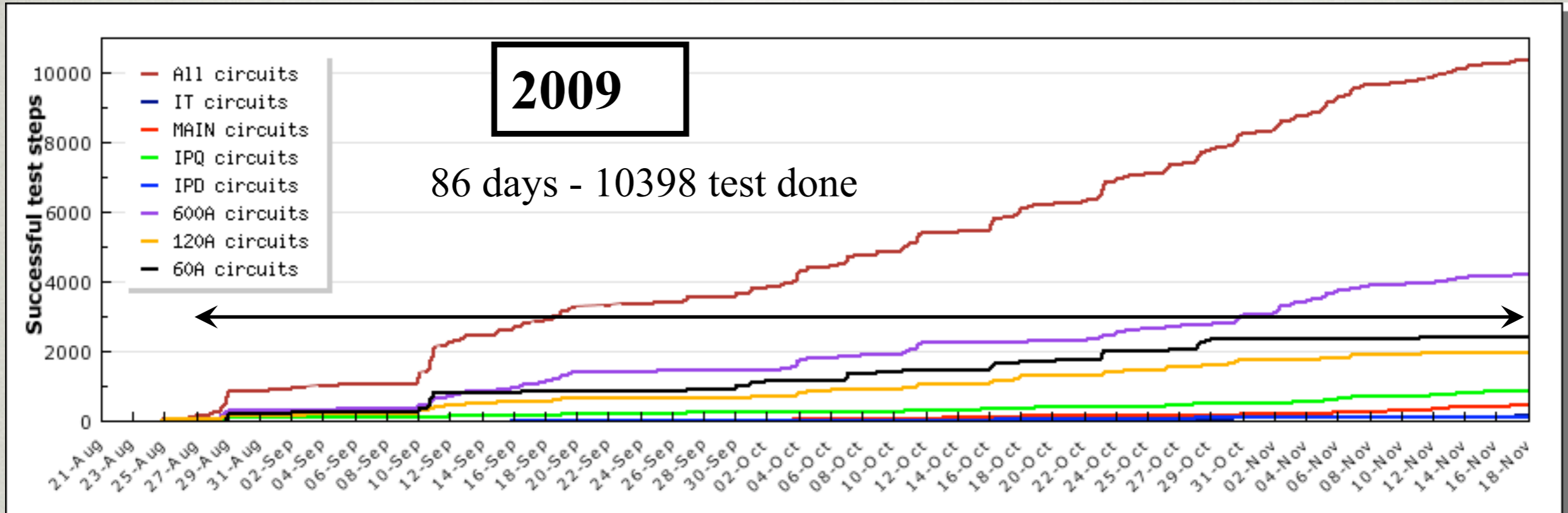
ACADEMIC 11/3/98 Slide 2



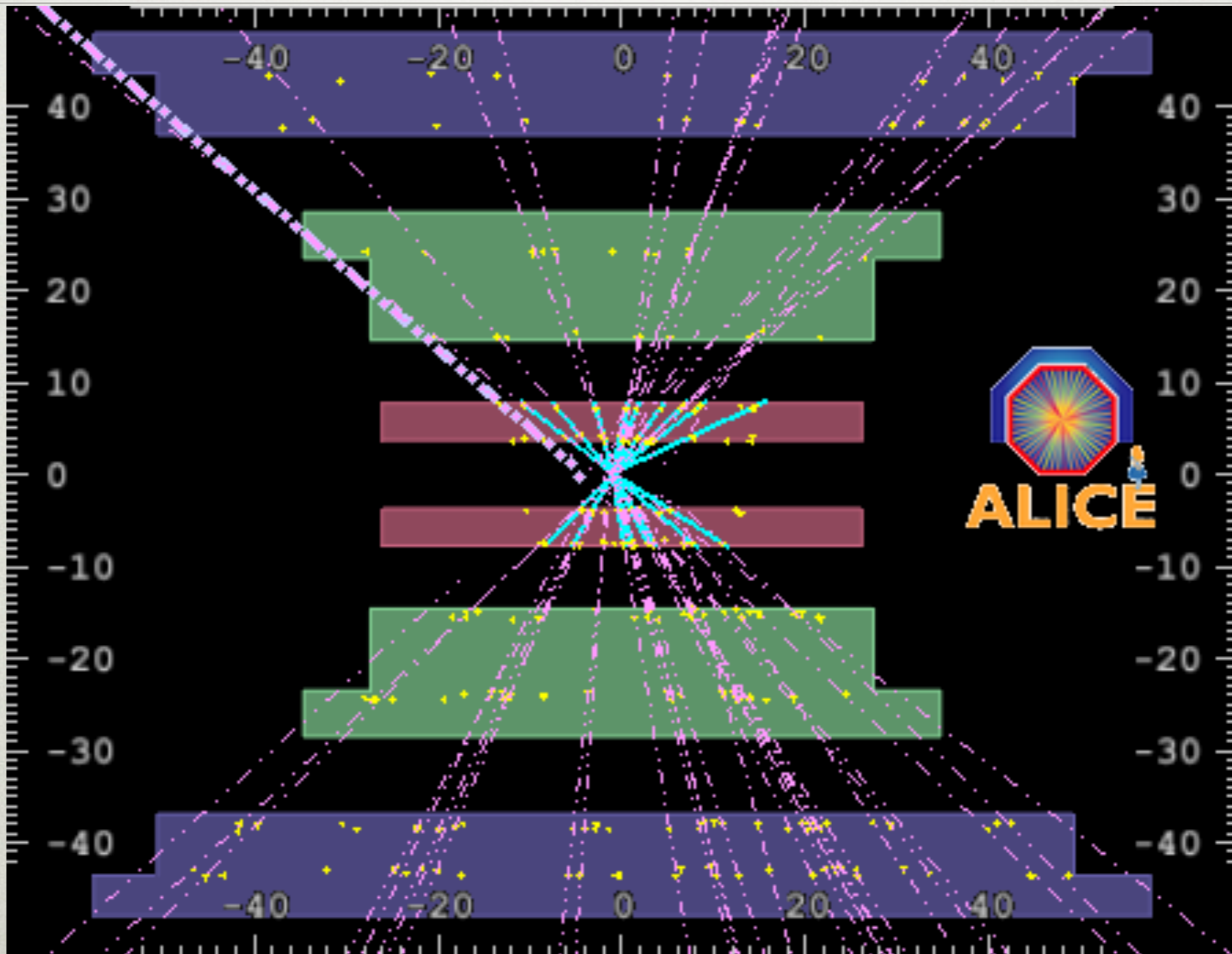
The LHC repairs in detail



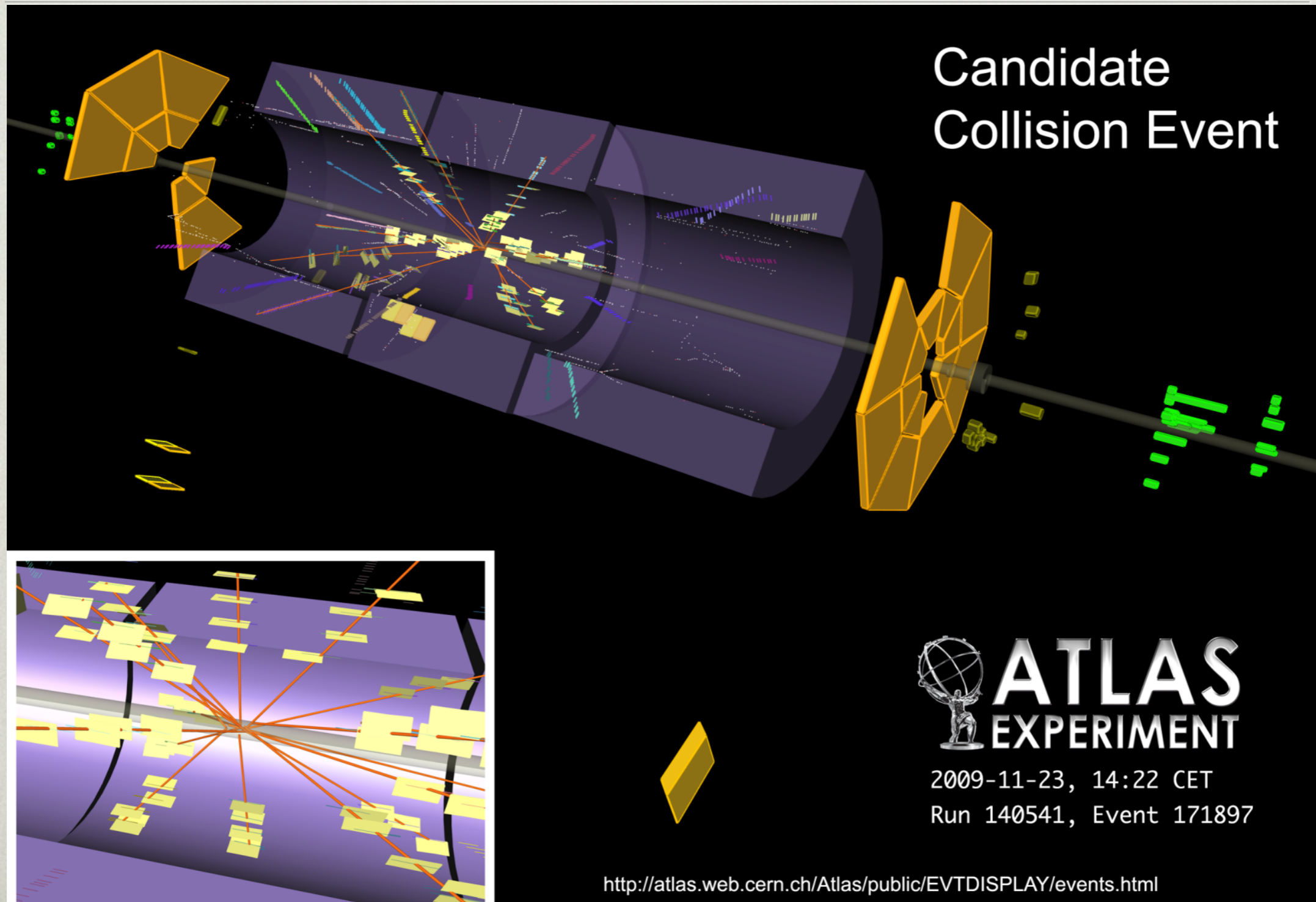
Powering Tests overview



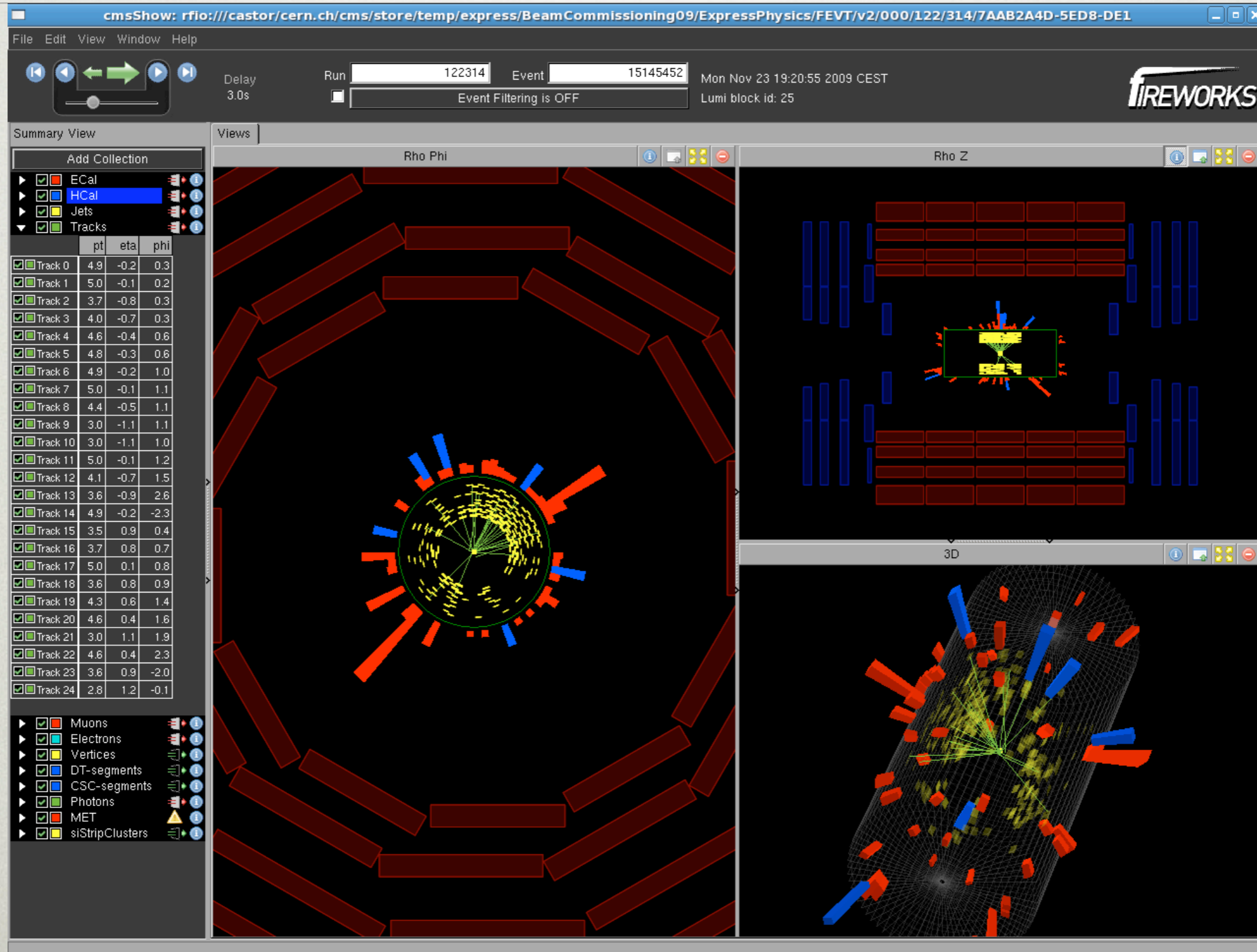
ALICE



ATLAS



CMS



LHCb

LHCb Event Display

23.11. 2009 17:59:29
Run 62558 Event 278

