

CERN: pred in po lovu za Higgsovim bozonom

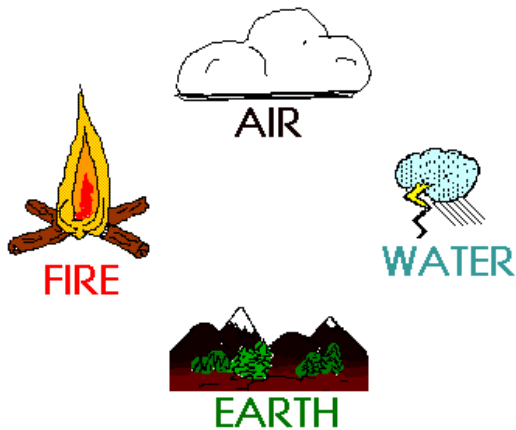
B. Golob, Fakulteta za matematiko in fiziko in
Inštitut Jožef Stefan

(predstavitev: M. Bračko, Univerza v MB in IJS)

- (Zgodovinski) uvod
zoologija osnovnih delcev
- Pospeševalniki
veliki mikroskopi
- Higgsov bozon
kdo za vraga je Higgs
- Iskanje
zdaj ga vidiš, zdaj ne
- Bodočnost
...pripada vam!

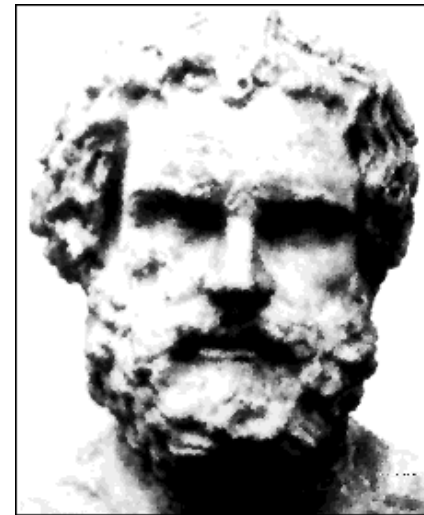
Nekaj zgodovine:

Pojem osnovnih delcev se je spreminjal v toku zgodovine, skladno s človeškim dojetanjem, kasneje opazovanjem, sveta.



Stari Grki so verjeli, da je svet sestavljen iz 4 osnovnih elementov: **zraka**, **ognja**, **vode** in **zemlje**.

Demokrit, 4. stol. p.n.š.: svet je sestavljen iz najmanjših nedeljivih delov - **atomov**



Nekaj zgodovine:

D. Mendeljejev, 1869: periodni sistem elementov

JJ. Thompson, 1897: odkritje elektrona (e-)

študent

Ernest Rutherford, 1911:
Pojasni sestavo atoma z jedrom:
"Kot bi z granato streljal na
kos papirja, pa bi se ta odbila...!"

študenta

Geiger, Marsden: opravila
eksperimentalno delo

V tem laboratoriju 1932 J. Chadwich
odkrije nevtrone

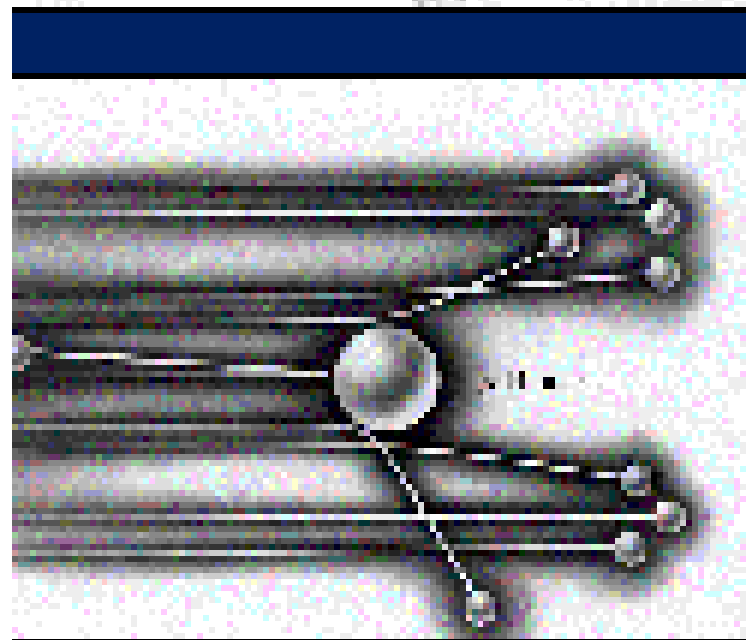
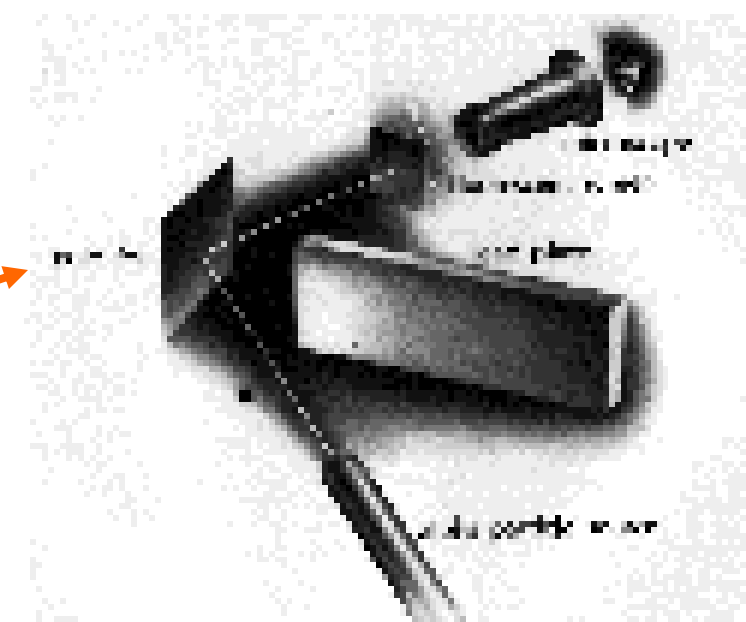


E. Rutherford: "Znanost je fizika, vse
ostalo je navadno zbiranje znamk."

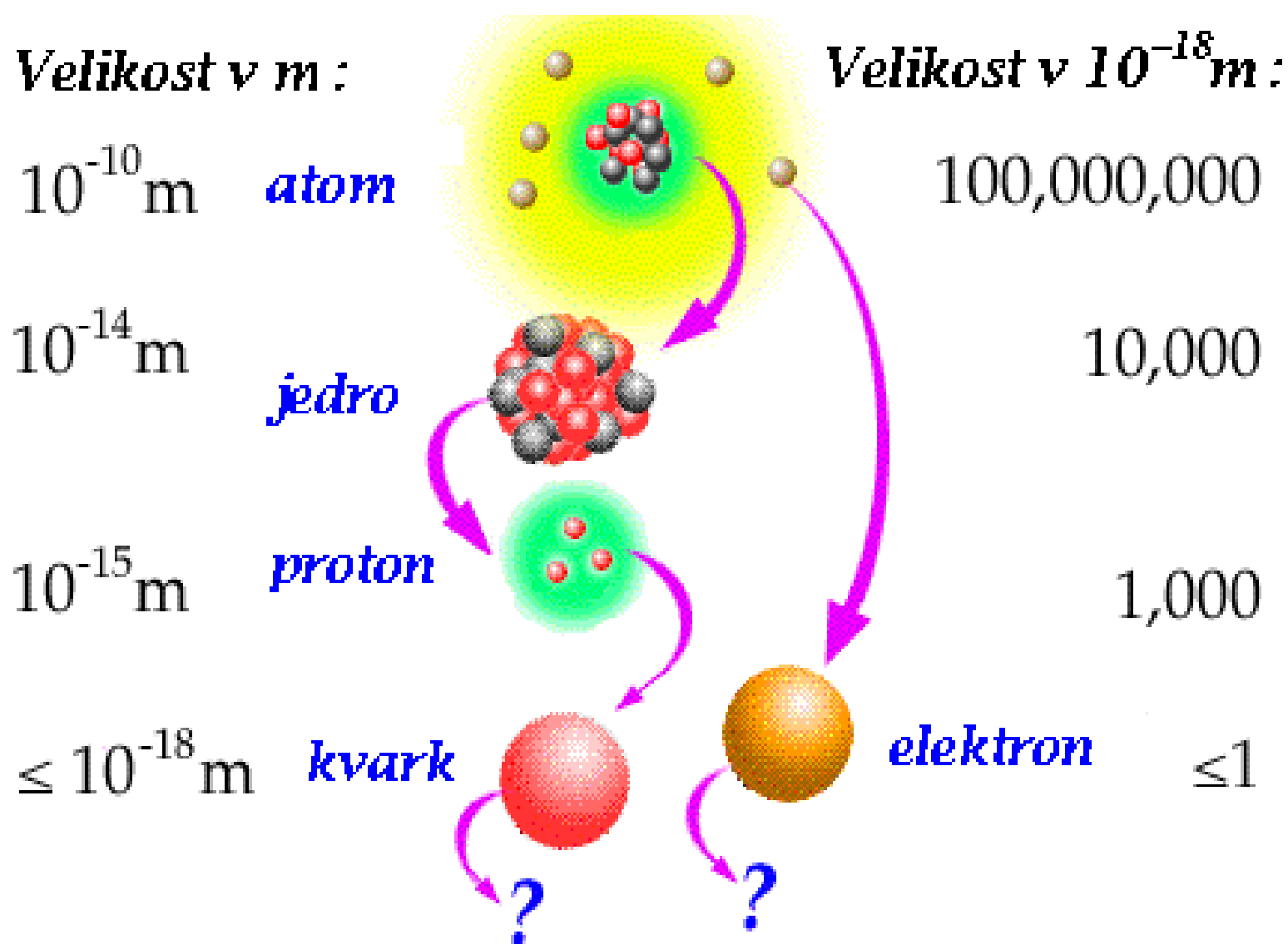
Nekaj zgodovine:

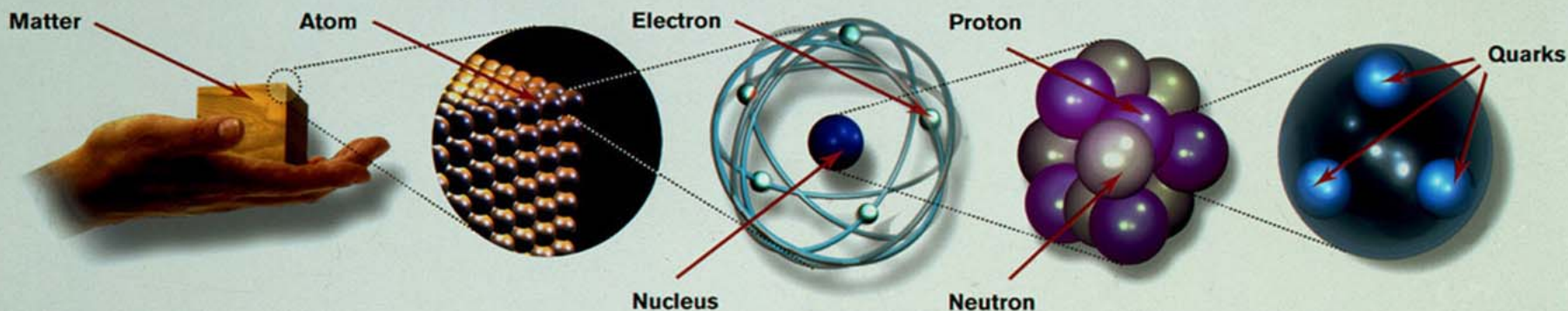
J.I. Friedman, H.W. Kendall in
R. Taylor
v letih 1967-73
"ponovijo" Rutherfordov poskus







eksperimentalno potrdijo
obstoj **kvarkov**
(in živijo še 20 let, da dobijo
Nobelovo nagrado 1990)









Svet, kot ga vidimo dandanes:





Matter particles		LEPTONS	
<p>All ordinary particles belong to this group</p> <p>These particles existed just after the Big Bang. Now they are found only in cosmic rays and accelerators</p>	<p>FIRST FAMILY</p> <p>Electron Responsible for electricity and chemical reactions; it has a charge of -1</p> <p>e</p> 	<p>Electron neutrino Particle with no electric charge, and possibly no mass; billions fly through your body every second</p> <p>ν_e</p> 	
	<p>SECOND FAMILY</p> <p>Muon A heavier relative of the electron; it lives for two-millionths of a second</p> <p>μ</p> 	<p>Muon neutrino Created along with muons when some particles decay</p> <p>ν_μ</p> 	
	<p>THIRD FAMILY</p> <p>Tau Heavier still; it is extremely unstable. It was discovered in 1975</p> <p>τ</p> 	<p>Tau neutrino not yet discovered but believed to exist</p> <p>ν_τ</p> 	

QUARKS	
<p>Up Has an electric charge of plus two-thirds; protons contain two, neutrons contain one</p> <p>u</p> 	<p>Down Has an electric charge of minus one-third; protons contain one, neutrons contain two</p> <p>d</p> 
<p>Charm A heavier relative of the up; found in 1974</p> <p>c</p> 	<p>Strange A heavier relative of the down; found in 1964</p> <p>s</p> 
<p>Top Heavier still</p> <p>t</p> 	<p>Bottom Heavier still; measuring bottom quarks is an important test of electroweak theory</p> <p>b</p> 

Pa še več jih je,....

- vsak ima svoj anti-delec, npr. e^- in e^+
- kvarki sestavljajo težje delce hadrone, npr. $p=uud$

The forces in Nature

4 osnovne sile v naravi:

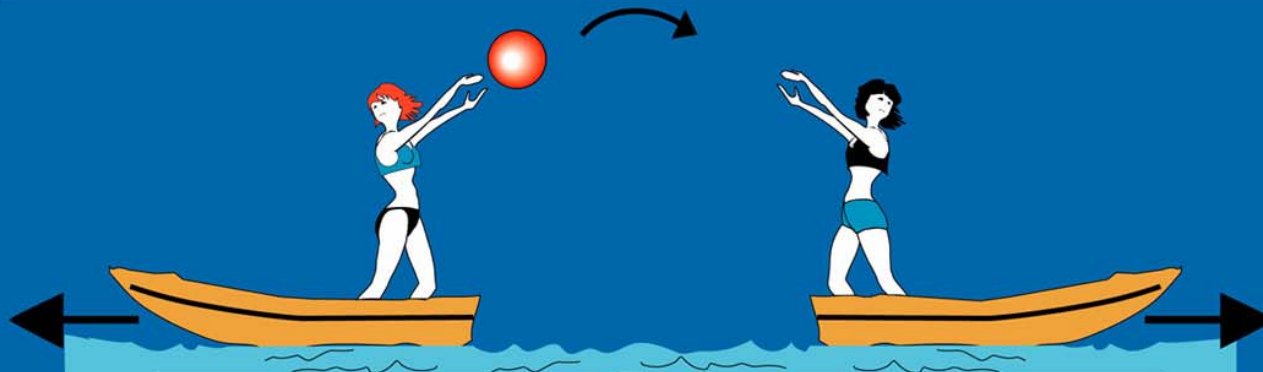
TYPE	INTENSITY OF FORCES (DECREASING ORDER)	BINDING PARTICLE (FIELD QUANTUM)	OCCURS IN :
STRONG NUCLEAR FORCE	~ 1	GLUONS (NO MASS)	ATOMIC NUCLEUS
ELECTRO -MAGNETIC FORCE	$\sim 10^{-3}$	PHOTONS (NO MASS)	ATOMIC SHELL ELECTROTECHNIQUE
WEAK NUCLEAR FORCE	$\sim 10^{-5}$	BOSONS Z^0, W^+, W^- (HEAVY)	RADIOACTIVE BETA DESINTEGRATION
GRAVITATION	$\sim 10^{-38}$	GRAVITONS (?)	HEAVENLY BODIES

Gluoni

Fotoni

Bozoni
 W^\pm, Z^0

Gravitoni(?)



Delca si izmenjujeta nosilce sile in s tem občutita silo

In kako ta (subatomski) svet opazujemo:

majhno

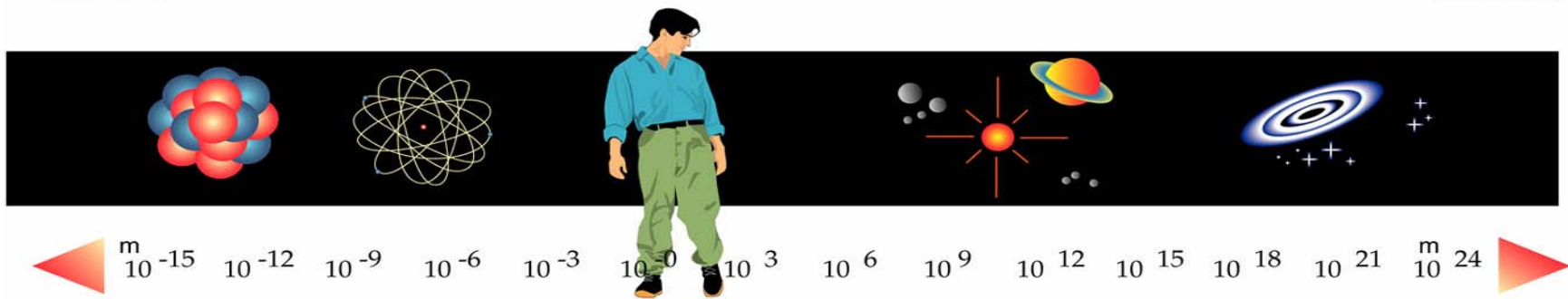
veliko

La physique des particules étudie la matière dans ses dimensions les plus petites.

Particle physics looks at matter in its smallest dimensions.

L'astrophysique étudie la matière dans ses dimensions les plus grandes.

Astrophysics looks at matter in its largest dimensions.



Microscopes
Microscopes

Jumelles
Binoculars

Telescopes optiques & radio
Optical & radio telescopes

Accélérateurs
et détecteurs
Accelerators
and detectors

L'oeil nu.
Naked eye

THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

LES DEUX FRONTIERES DE LA PHYSIQUE

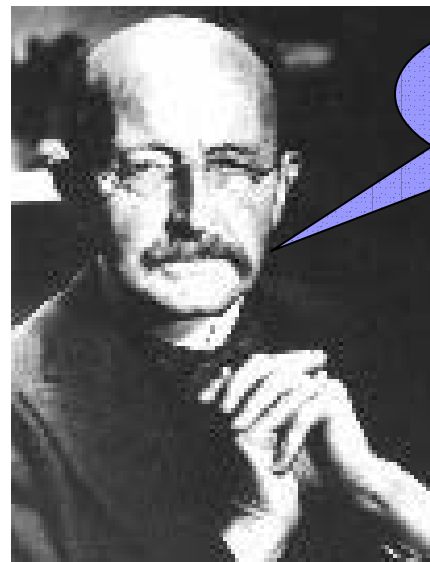
Pospeševalniki delcev:

kvantna mehanika:

delci se obnašajo kot valovanje

M. Planck

$E=hf$ velika energija \rightarrow majhna
valovna dolžina



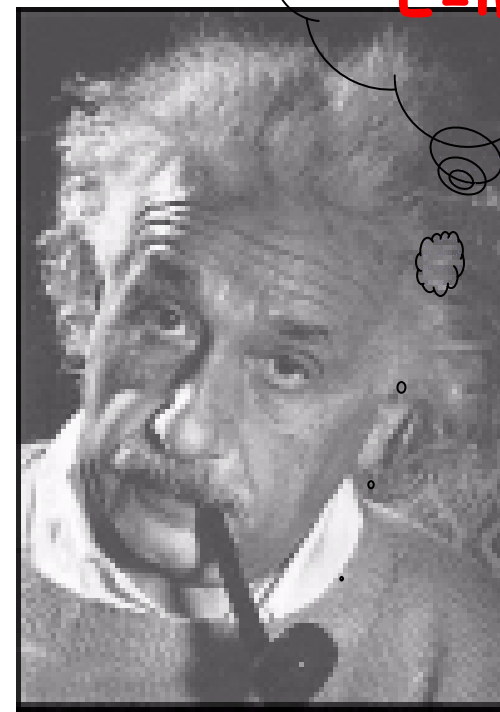
$$E=hf$$

posebna teorija relativnosti:

energija in masa sta izmenljivi

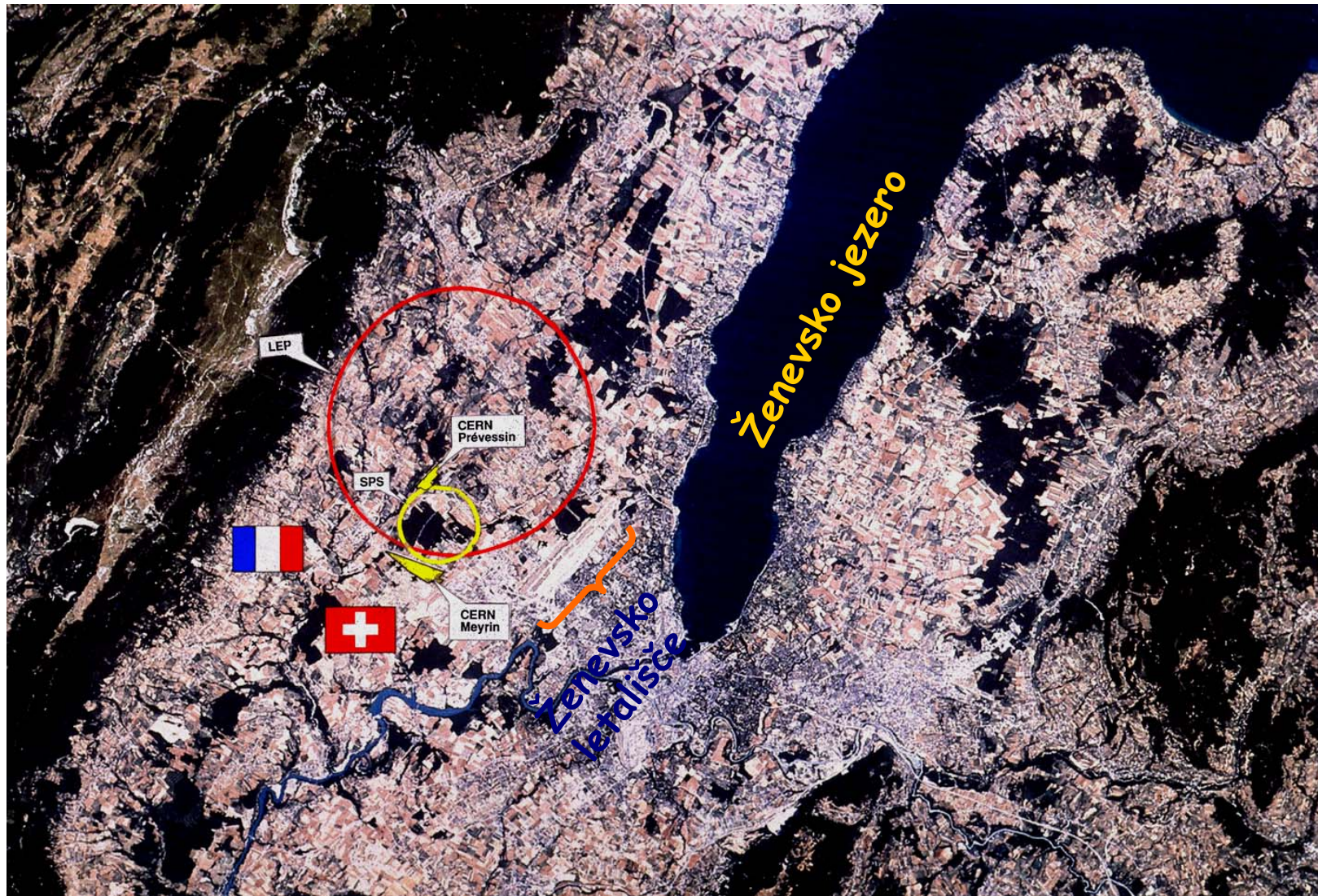
A. Einstein

$$E=mc^2$$

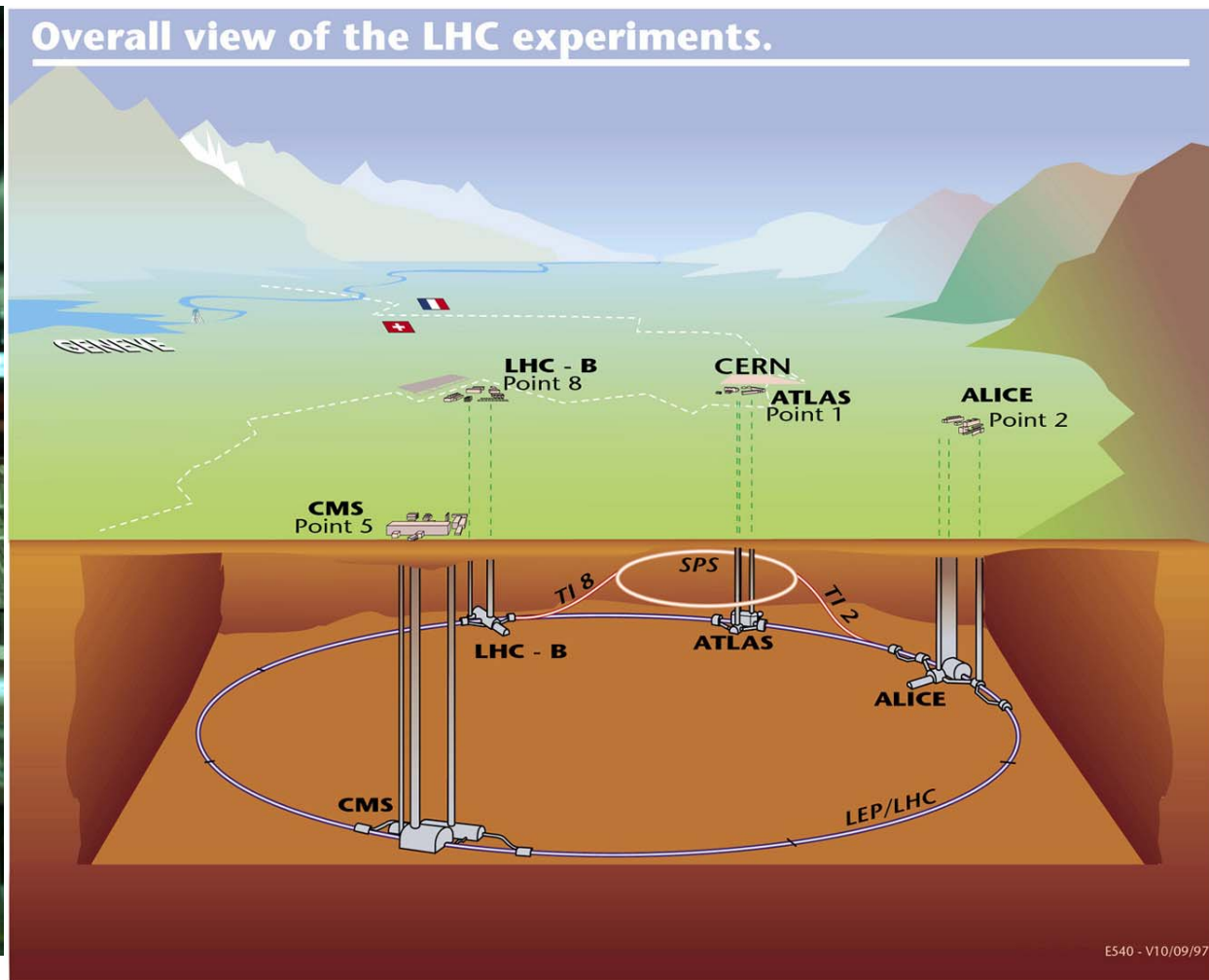


$$E=mc^2$$

Evropski laboratorij za fiziko delcev CERN:



LEP - veliki pospeševalnik elektronov in pozitronov:



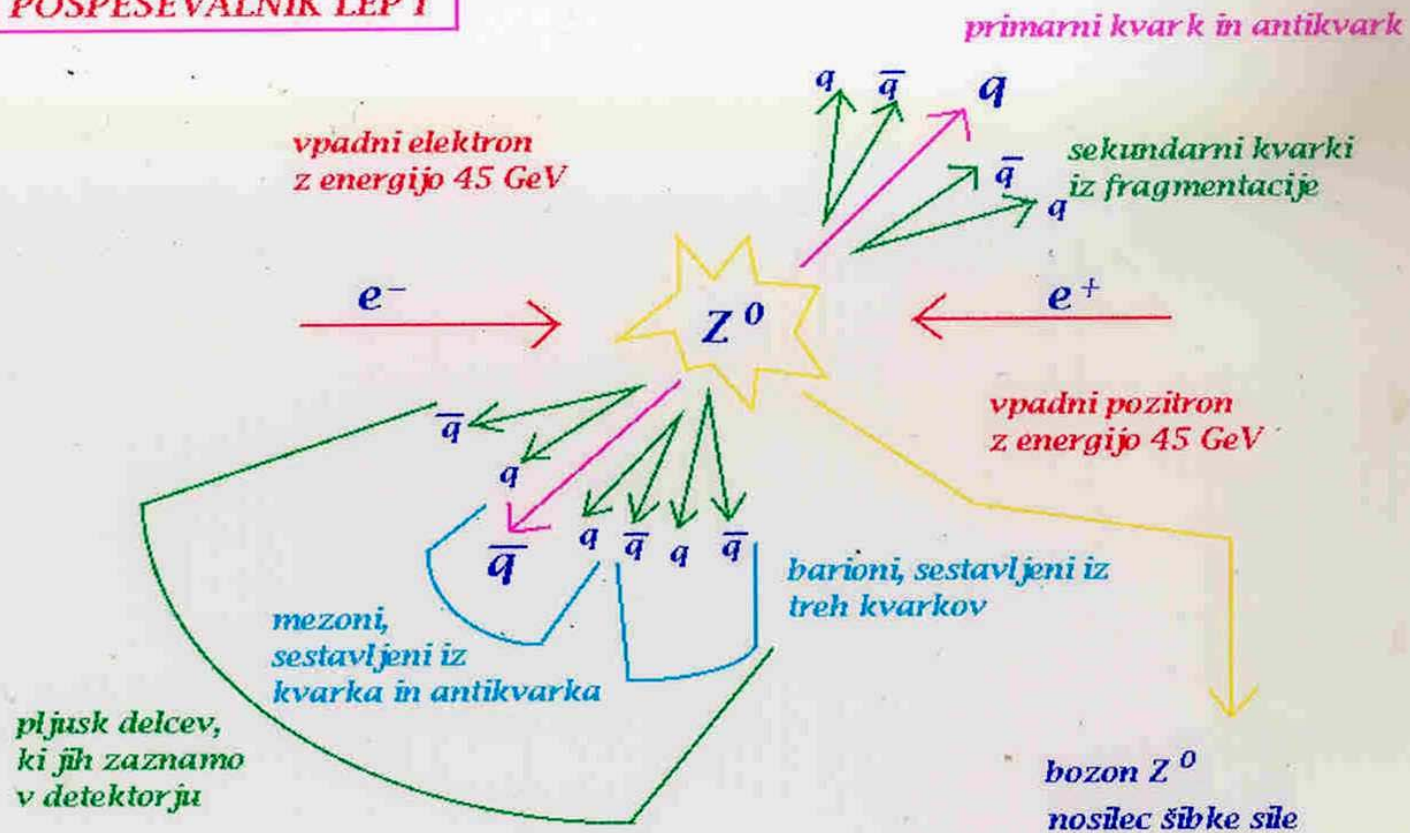
E540 - V10/09/97

e^- in e^+ krožijo v nasprotnih smereh



Uporaba $E=mc^2$:

POSPEŠEVALNIK LEP I

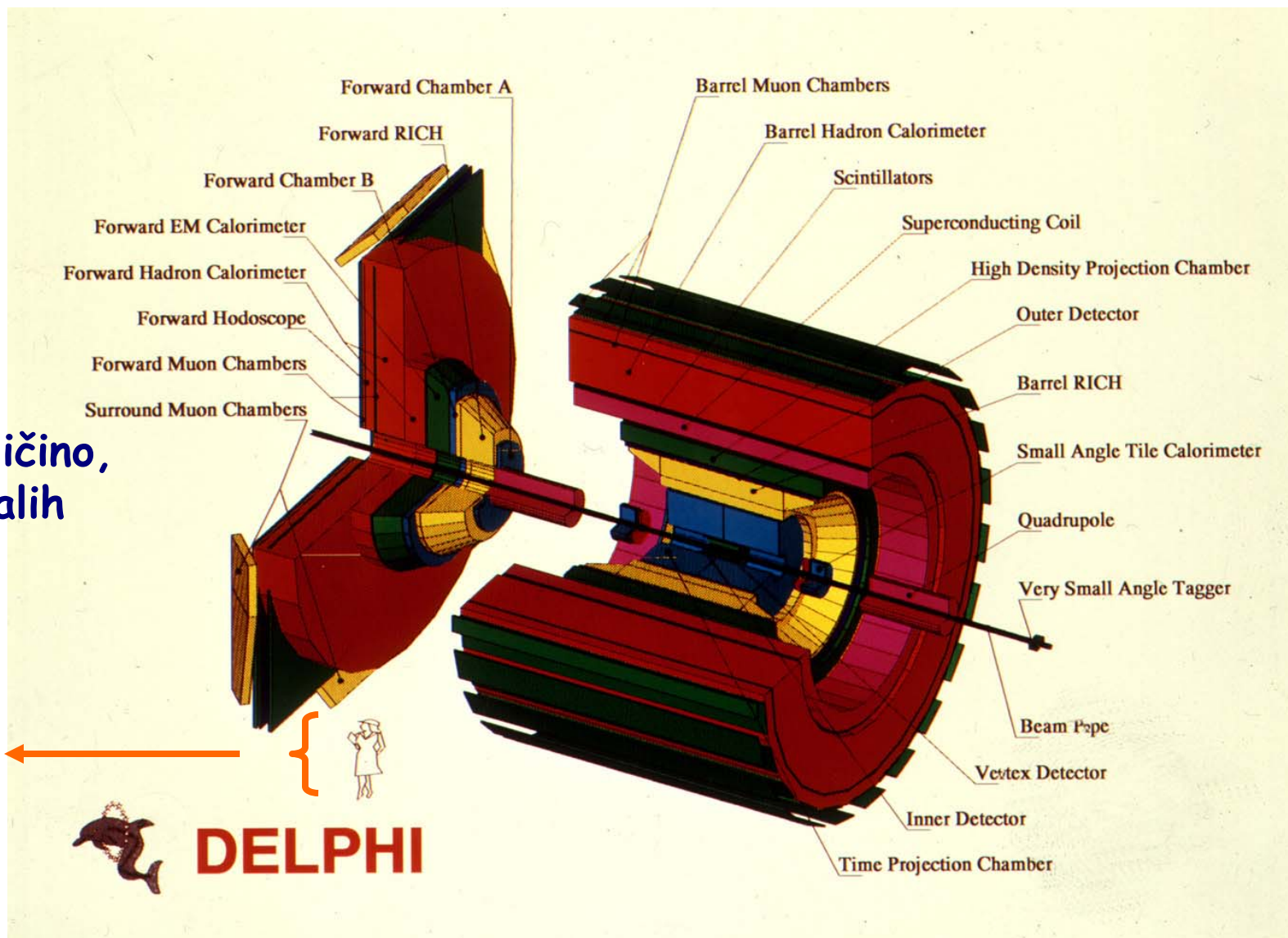


Kako jih opazimo (delce namreč):

Detektorji delcev

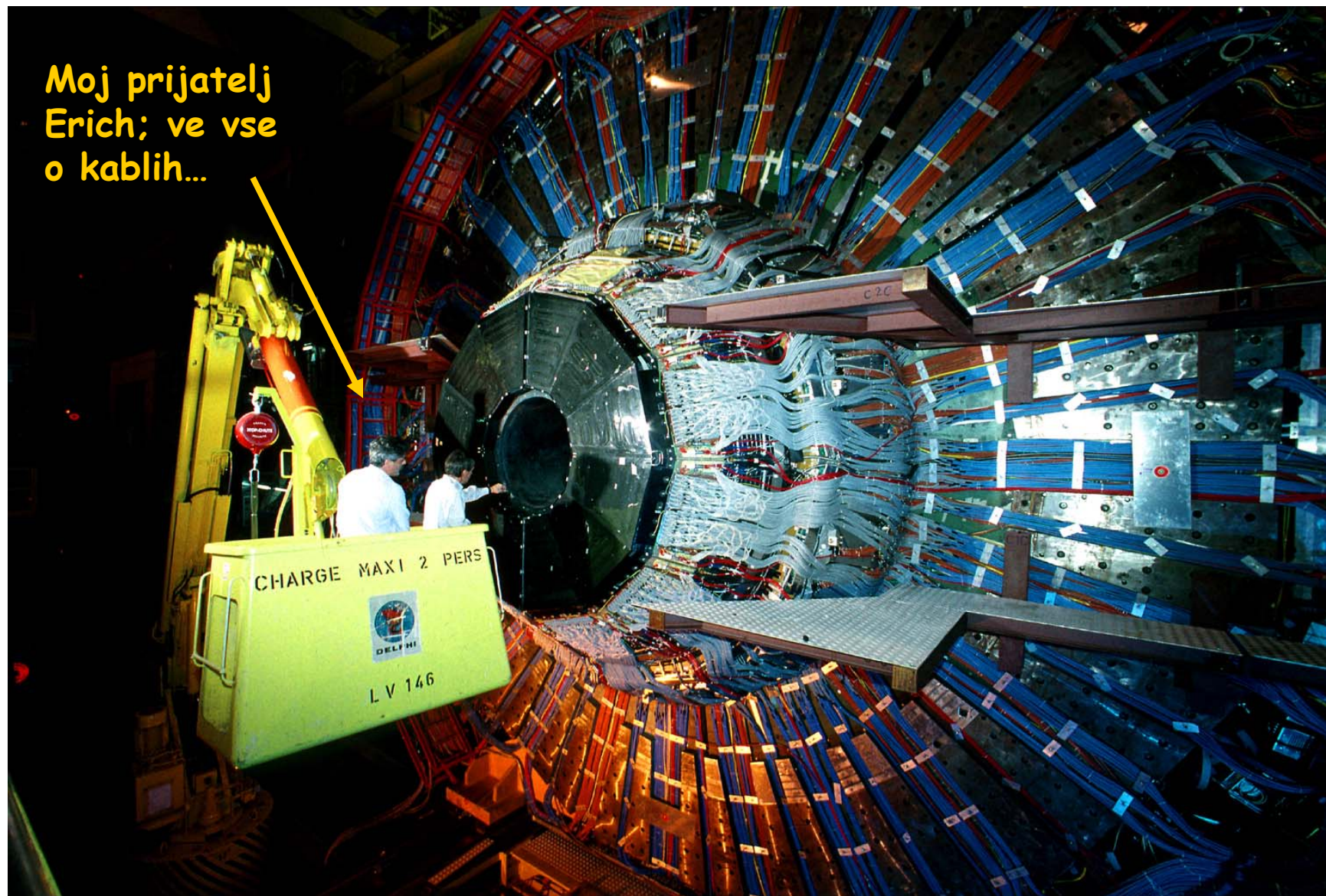
modularna sestava - merimo energijo, gibalno količino, maso nastalih delcev

gospodična



Detektor DELPHI:

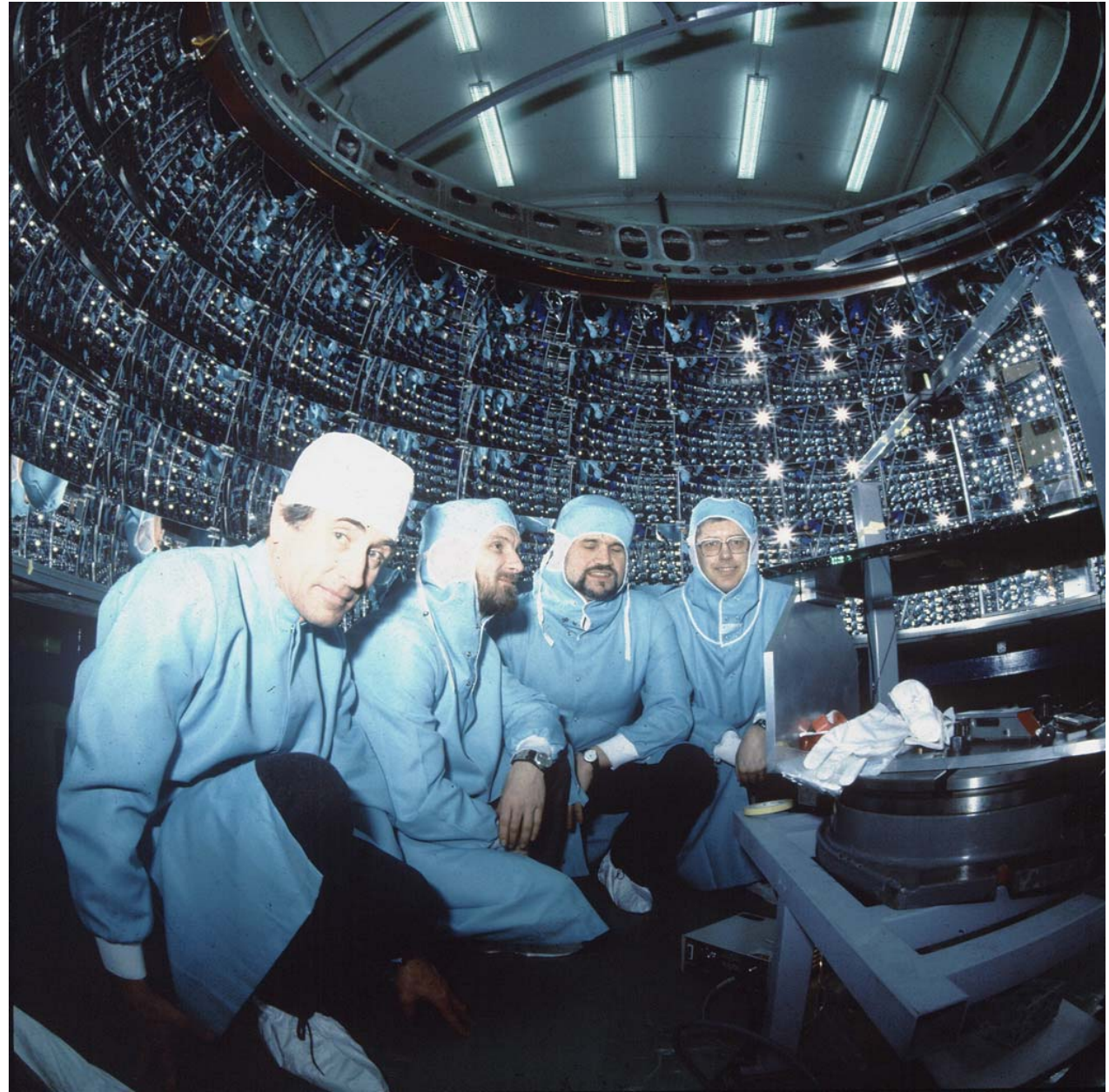
Moj prijatelj
Erich; ve vse
o kablh...



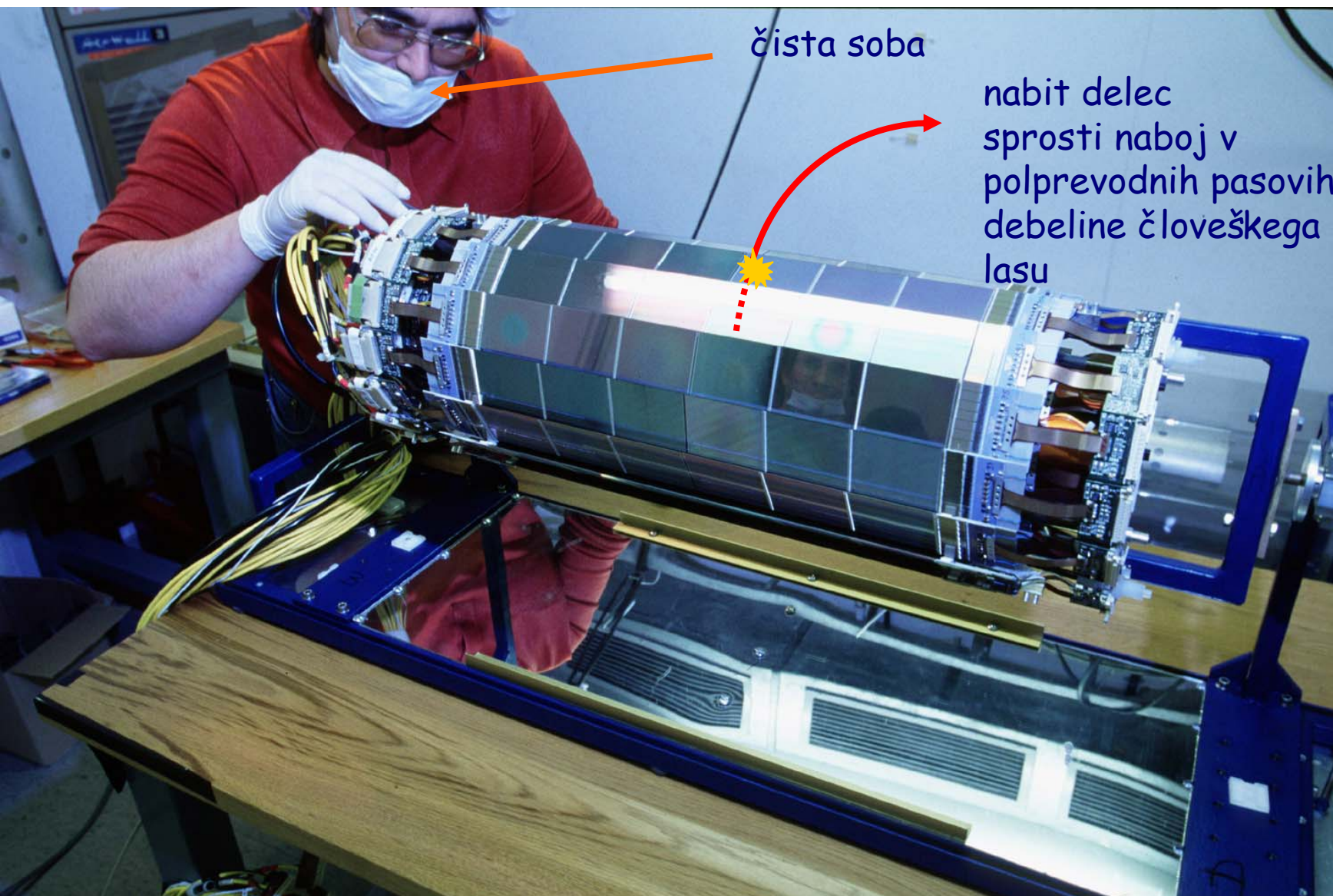
Detektor DELPHI:

Kdo je rekel,
da delci ne morejo
potovati hitreje
od svetlobe?

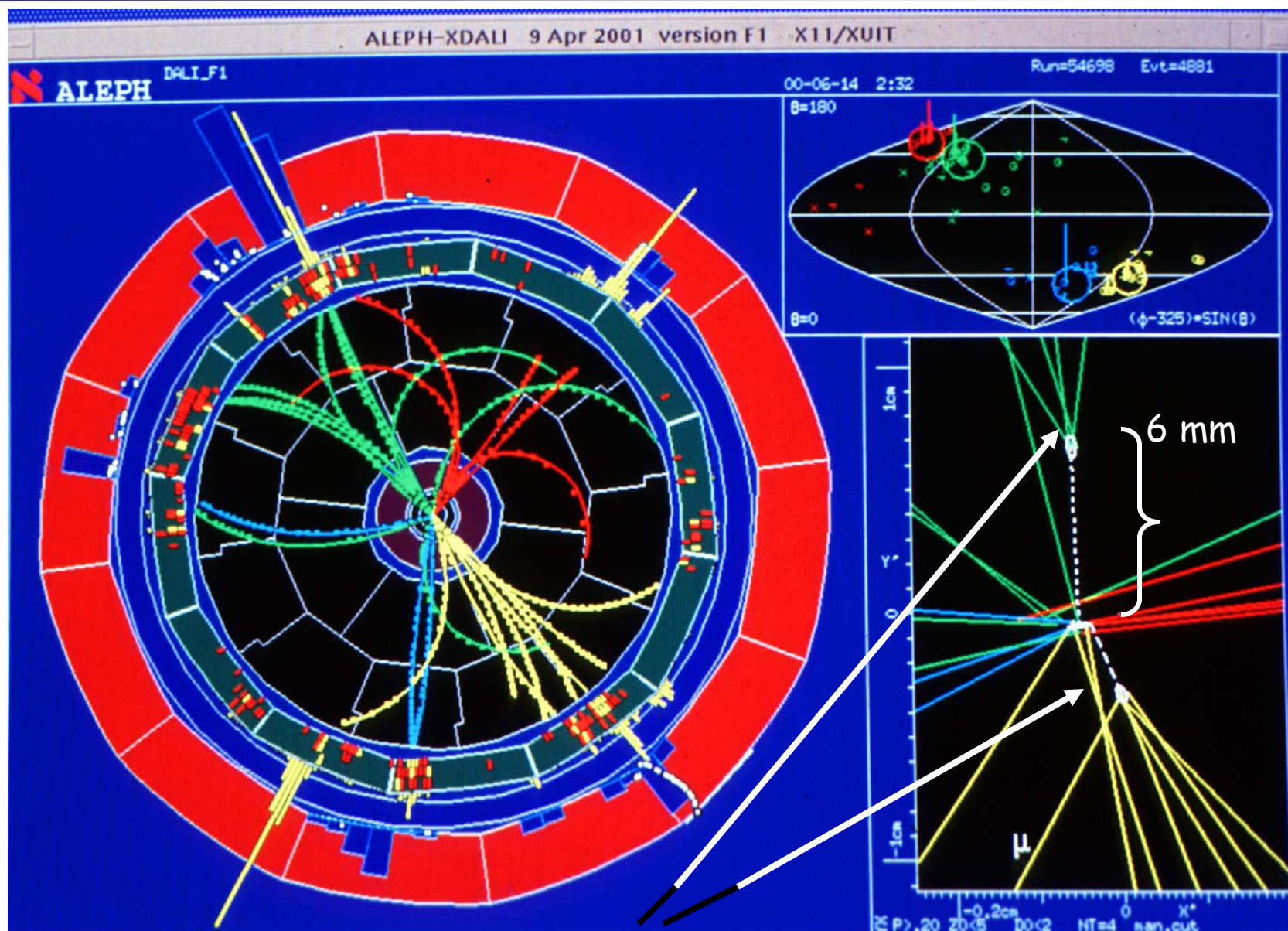
V snovi lahko, pri
tem pa sevajo
svetlobo Čerenkova!



Kako jih opazimo:



Polvodniški detektor sledi



Kvarka $b\bar{b} \rightarrow$ mezona $B \rightarrow$ dolga razpadna razdalja

Kaj pa teorija?

Standardni model (SM) interakcij (sil) med delci

pove in napove (skoraj) vse o

- močni sili
- šibki sili
- elektromagnetni sili

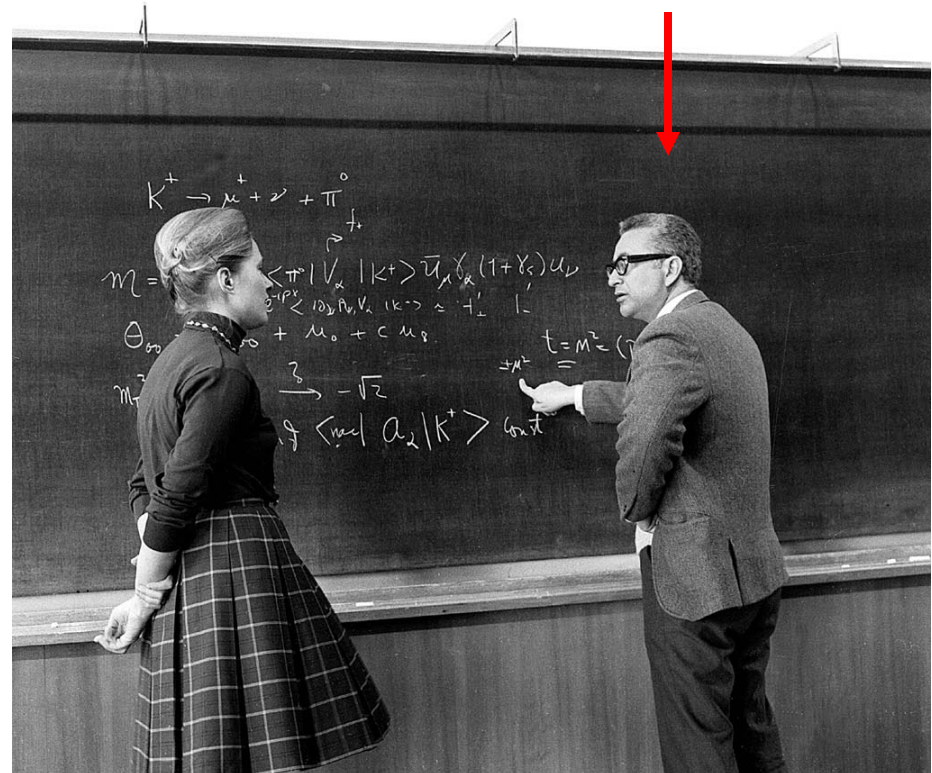
pove veliko o

- lastnostih osnovnih delcev

ne pove nič o

- sili gravitacije
- od kod osnovnim delcem, s tem vsemu okoli nas, **masa!!**

Gell-Mann, Nobelova nagrada za fiziko 1969



Kaj pa teorija?

Hmm, stvari postanejo tule rahlo abstraktne....

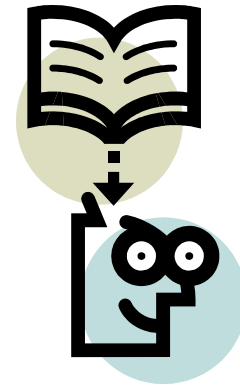
Škotski fizik Peter Higgs, 1964:

Maso delcev lahko pojasnimo, če predpostavimo, da je prostor napolnjen s poljem, seveda - Higgsovim poljem

Elektromagnetno polje - nabit delec (e^-) občuti silo

Higgsovo polje - delci imajo maso

elektromagnetno polje ima svoje delce - fotone
Higgsovo polje ima svoje delce - **Higgsove bozone**



Lov se lahko začne!



Kako razumeti
maso delcev,
ki je posledica
Higgsovega polja.



Samo za intermezzo:

P. Higgs je nekoliko skrivnosten možak....

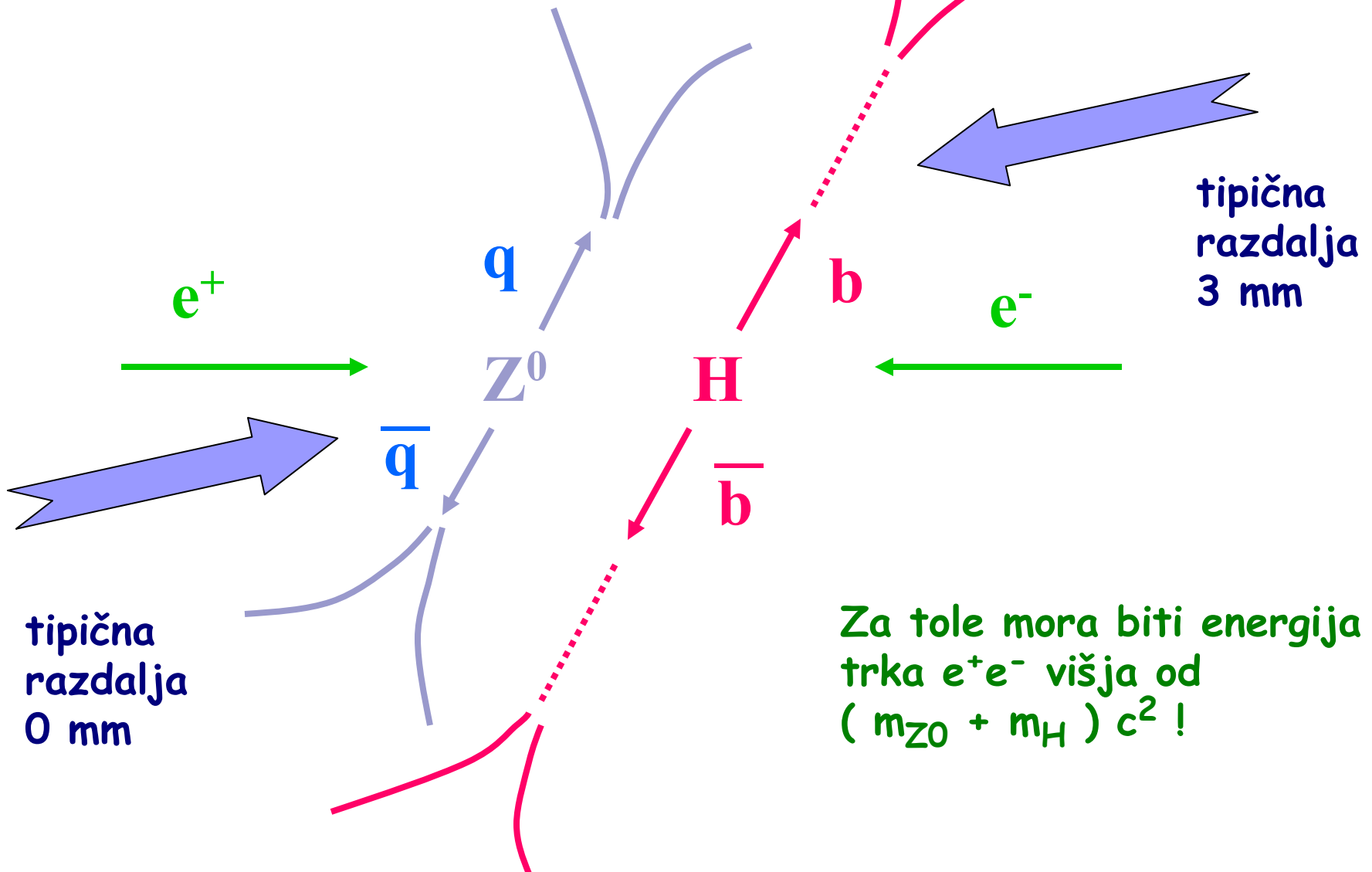
M.Lederman (Nobelova nagrada 1988) v *The God Particle*:

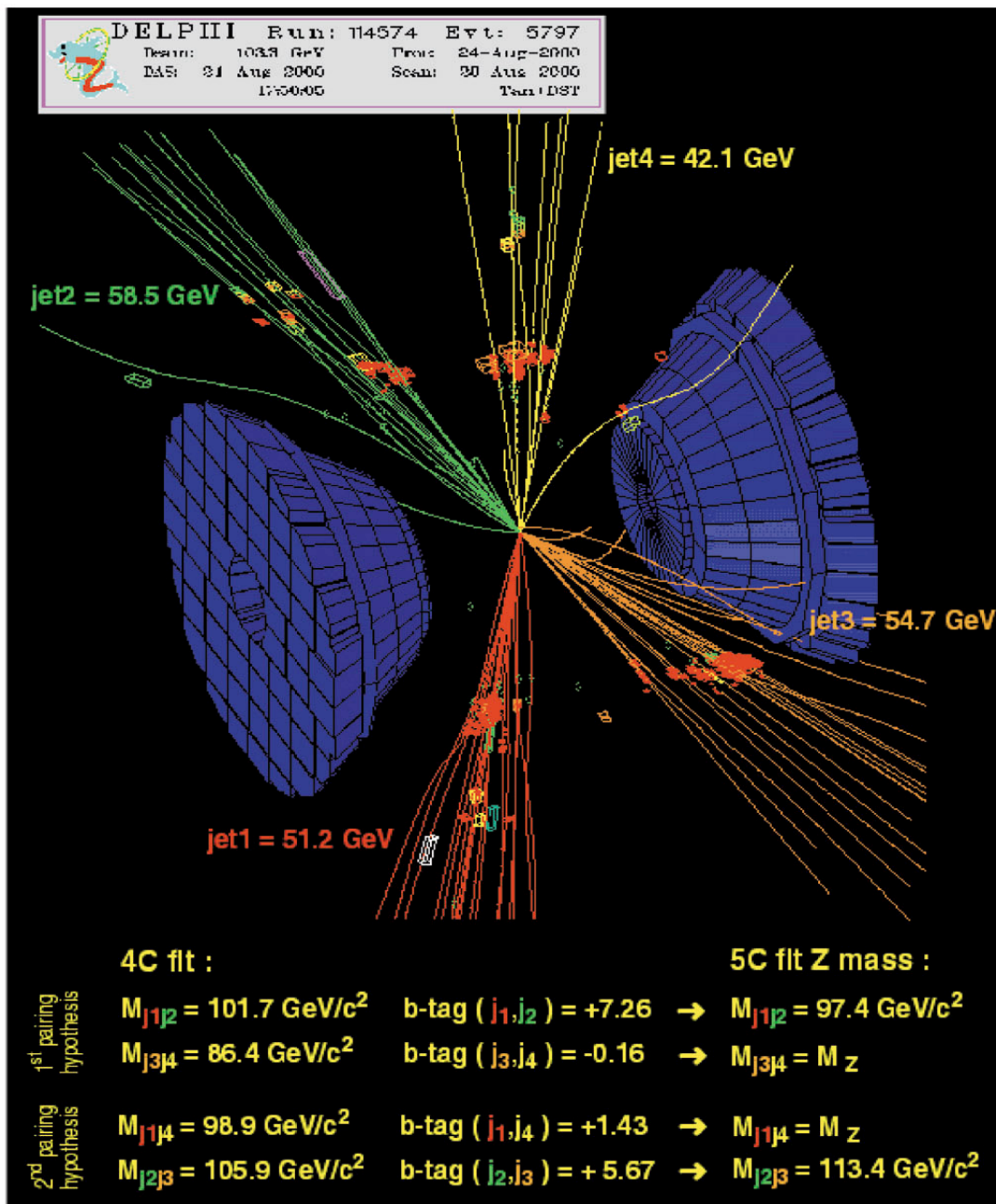
“...v času predlaganja hipoteze je delal na univerzi v Edinburghu...
...sedaj se na univerzi v Manchesteru ukvarja z drugimi stvarmi...”

v podatkovni bazi s področja fizike delcev
ima 8 (osem!) vnosov,
od tega 4 prispevke na konferenci, večinoma vpljudnostna
predavanja....

Še bolj izrabimo $E=mc^2$!

delci, ki jih opazimo
v detektorju





Računalniška
rekonstrukcija
trka e^+e^-
pri energiji 104
GeV.

$$e^+e^- \rightarrow HZ^0$$

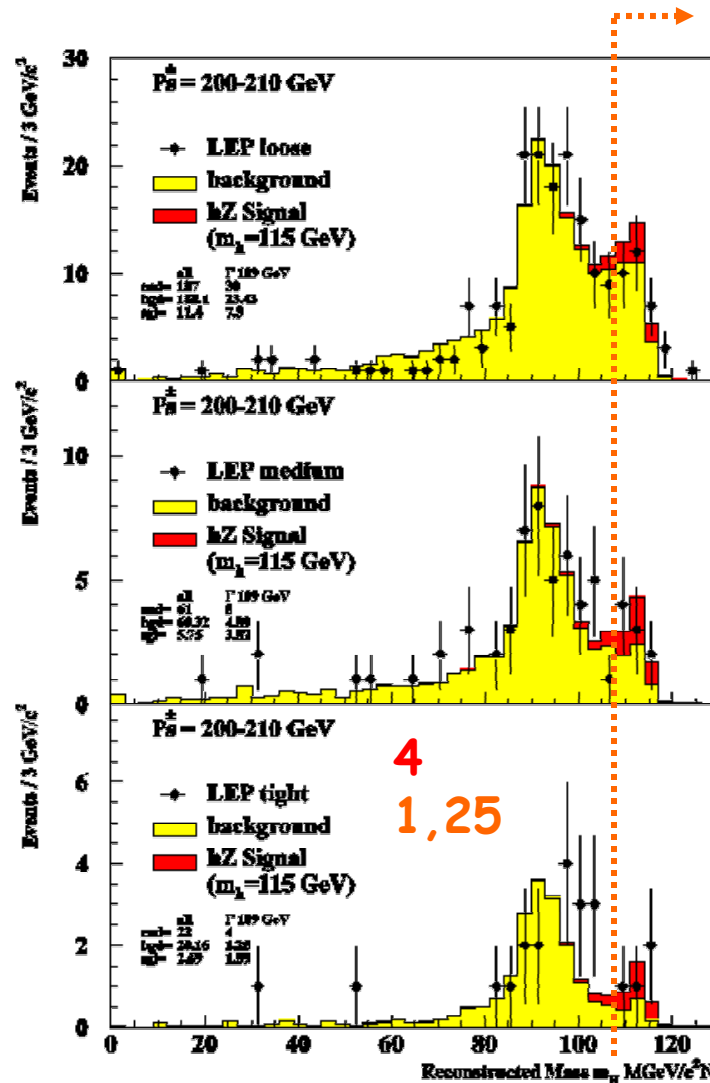
$$H \rightarrow b\bar{b}$$

$$Z^0 \rightarrow q\bar{q}$$

Reconstructed mass distributions

Domači recepti...
 poiščite Higgsov bozon.
 Vzemite dovolj velik
 pospeševalnik....

- poiščemo delce, ki nastanejo iz $q\bar{q}$
- poiščemo delce, ki nastanejo iz $b\bar{b}$ (daljša razpadna razdalja)
- izračunamo (iz energije in gibalne količine) skupno maso vseh teh delcev



●
 izmerjeni podatki

■
 "ozadje" (drugi procesi)

■
 morebiten prispevek Higgsovega bozona

In dalje je zgolj verjetnost.....

verjetnost

da detektiramo...

razpadov	od pričakovanih	Je
30	23,4	9%
8	4,9	12%
4	1,3	4%

Premalo

za 10^6 \$
in nekaj slave.....

Malo drugače in poenostavljeno:

če bi... bilo 6 namesto 4....
bi bilo vse drugače.

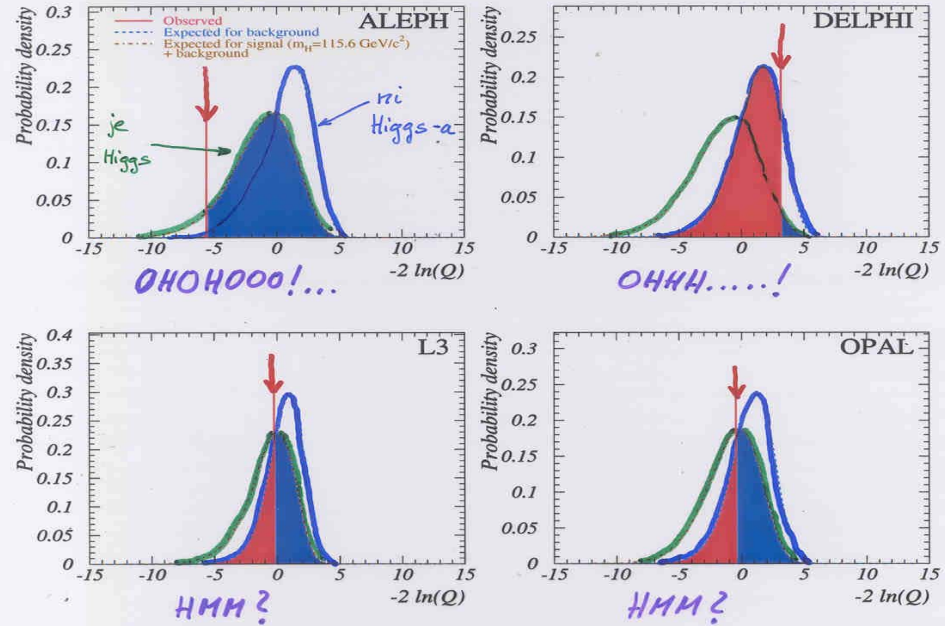
Kako je sreča porazdeljena?

...neenakomerno,
kot je pričakovati.

Observation vs. simulated experiments

b-only, b+s ($m_h = 115.6$ GeV)

by experiment:



→ separation of curves:
 \propto sensitivity to $m_h = 115.6$ GeV hypothesis

Show must go on!

LHC - veliki hadronski trkalnik

ATLAS: ~ 2000 fizikov s celega sveta (in Slovenije)

CMS: ~ 2000 fizikov s skoraj celega sveta....

➤ če smo imeli na LEPu smolo:

potrditev signala z verjetnostjo $1-10^{-6}$

potrditev signala z verjetnostjo...hmmm, zanesljivo

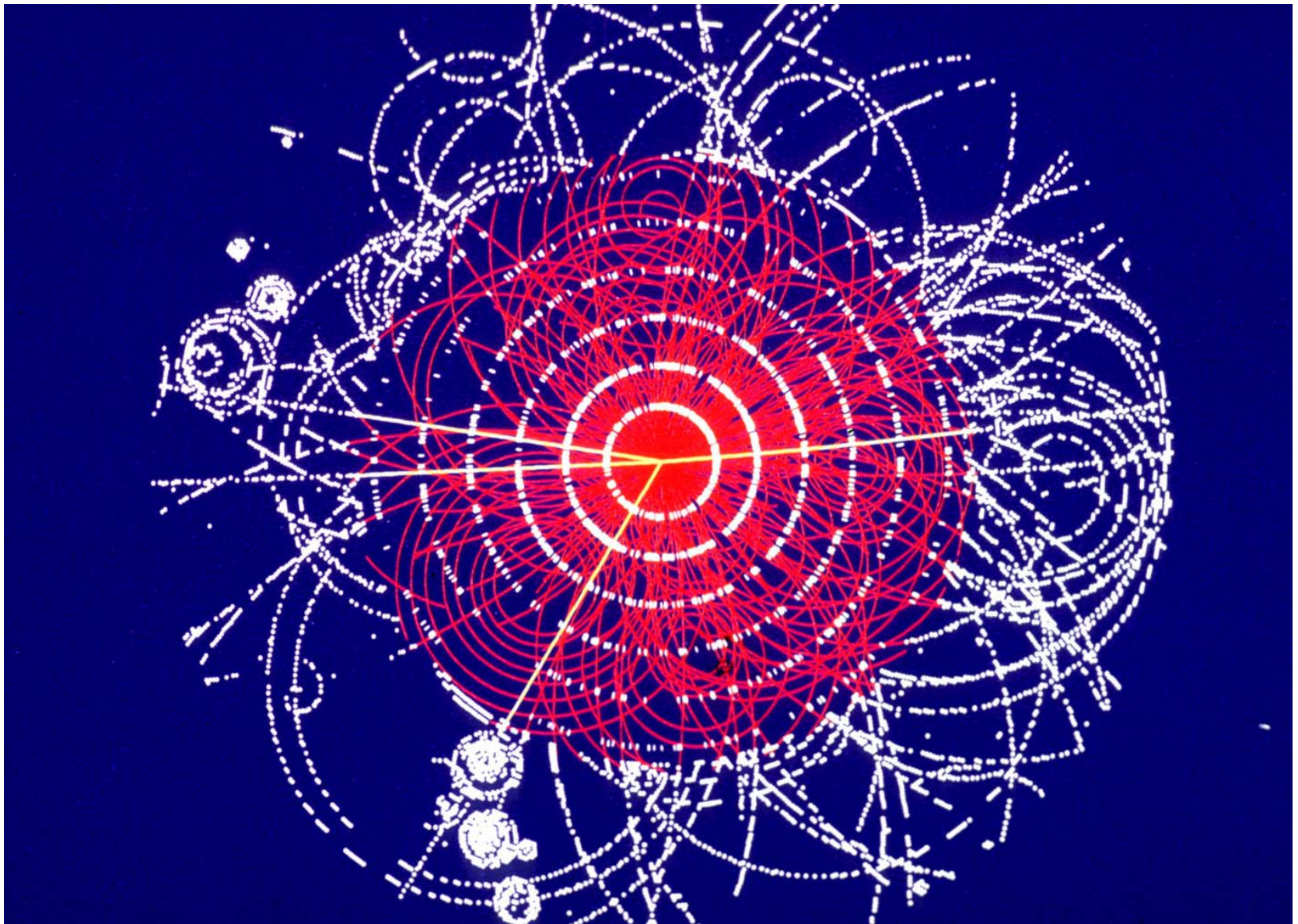
3 leta delovanja pri nižji intenziteti

nadaljnje leto pri višji intenziteti

➤ če smo na LEPu videli prikazni:

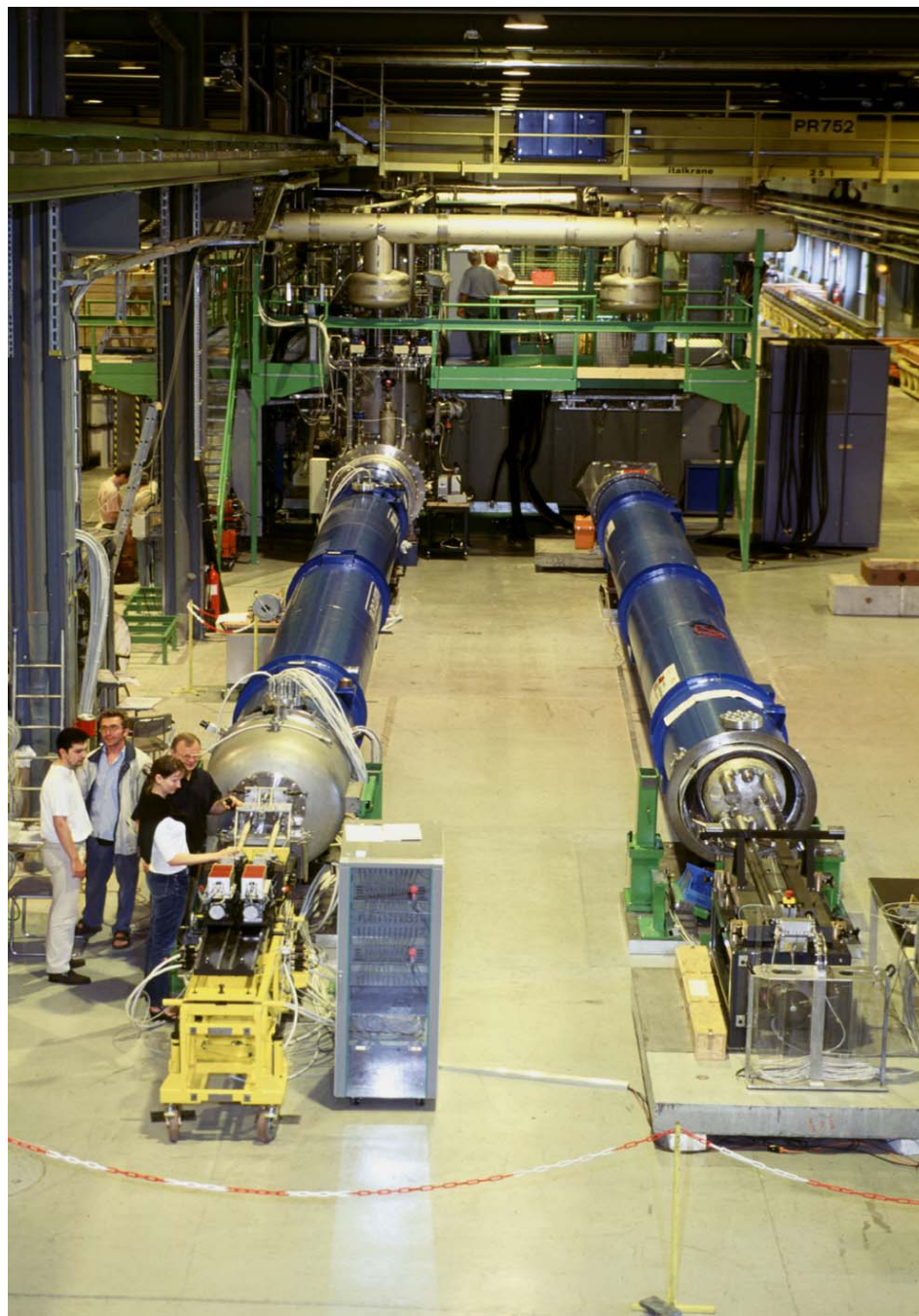
pa še z večjo verjetnostjo!

začetek obratovanja: ?2007?



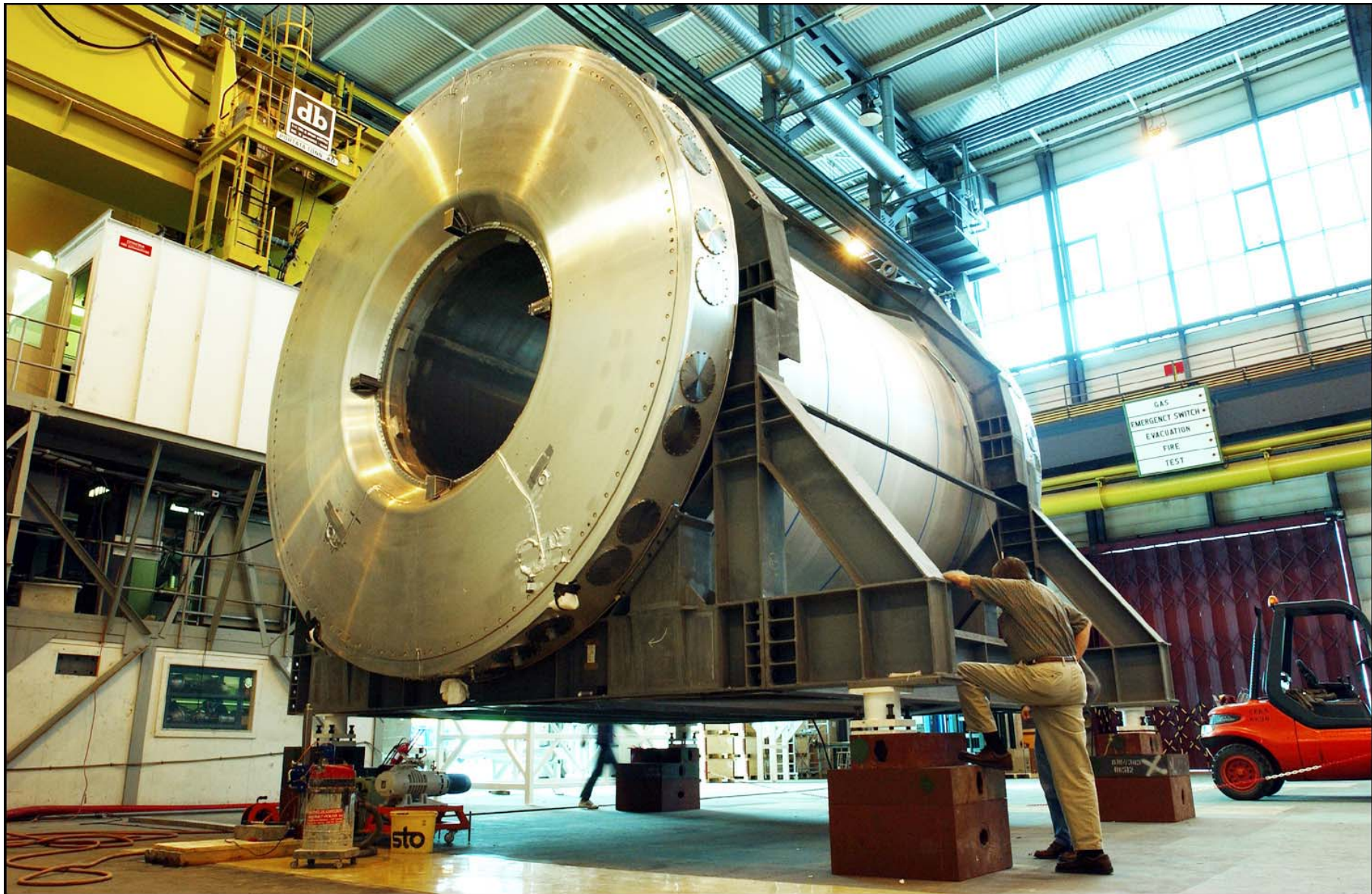
Računalniška simulacija: $H \rightarrow 4\text{ m}$ (ATLAS)

Odseki
žarkovne
cevi
z magneti za
trkalnik LHC.




Superprevodni
(kvadrupolni)
magnet
za LHC.



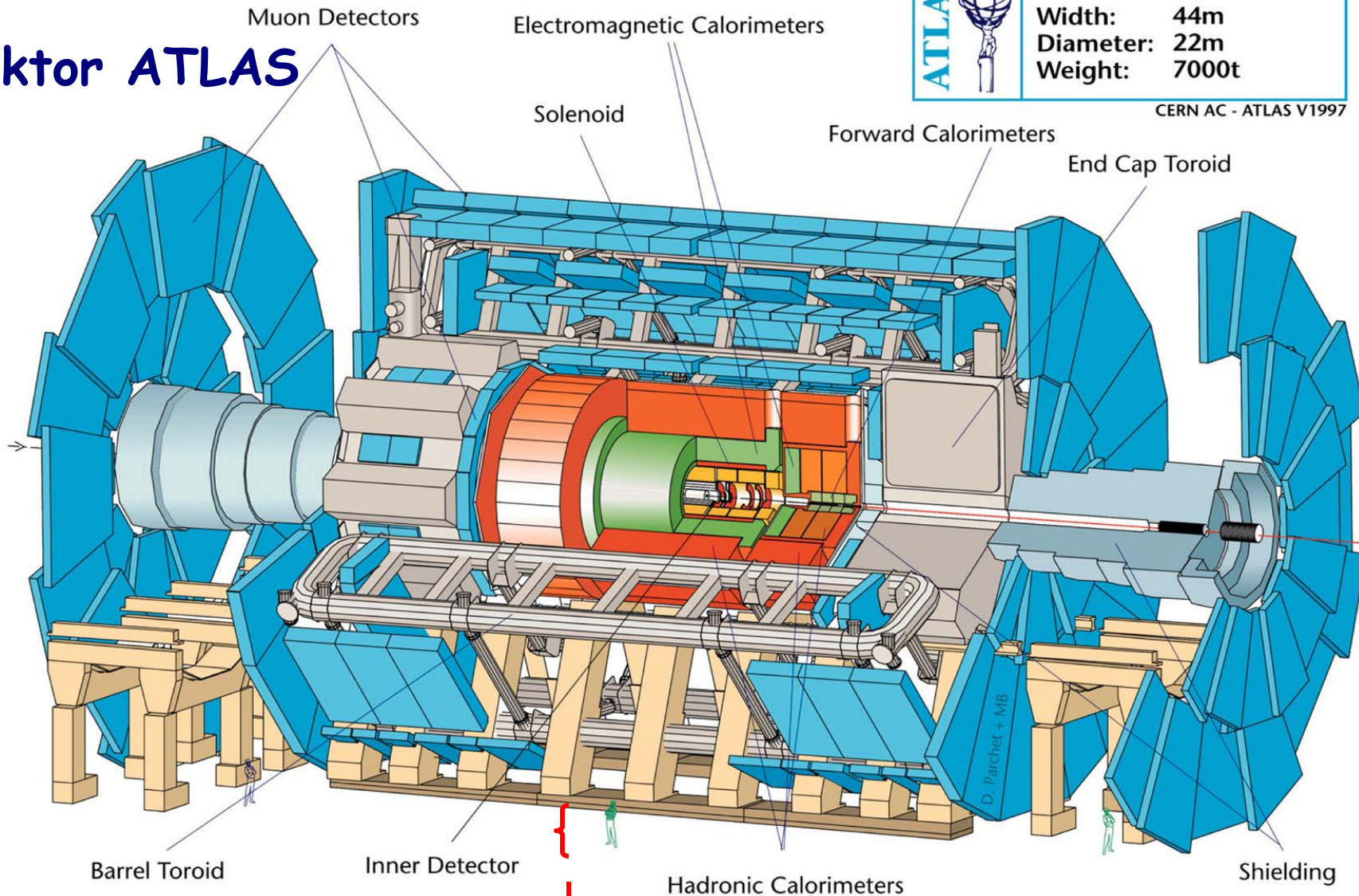


Kriostat za hlajenje kalorimetra detektorja ATLAS.

Detektor ATLAS

ATLAS 	Detector characteristics	
	Width:	44m
	Diameter:	22m
	Weight:	7000t

CERN AC - ATLAS V1997



možak..tukaj...

Tržno gospodarstvo

konkurenca se imenuje

Trkalnik
Tevatron

p p;
energija
žarka: 1 TeV
obseg: ~ 6 km

izkušnje in slava

1994-95:

odkritje kvarka **top (t)**



do l. 2003: $1000 \times H \rightarrow bb$

do l. 2007: H z verjetnostjo $> 1-10^{-6}$

Namesto zaključka

Jack Steinberger, Nobelova nagrada 1988 za odkritje
mionskega nevtrina
(skupaj z L. Ledermanom in M. Schwartzom),
v pokoju....

“Stare stvari so res drage...”

Potrebujemo mlade fizike,

ki bodo nekoč stari Nobelovi nagrajenci!

Energija protona	Delež hitrosti svetlobe
1 eV	0,00005
1 MeV (10^6 eV)	0,046
1 GeV (10^9 eV)	0,875
1 TeV (10^{12} eV)	0,99999956
7 TeV (7×10^{12} eV)	0,999999991

1 eV: energija, ki jo dobi elektron, ko ga pospešimo z napetostjo 1 V;

10^{12} eV: ena baterija za vsako zvezdo v naši galaksiji