



**ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ  
Ή  
ΕΝΑ ΤΑΞΕΙΔΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΜΕΧΡΙ ...  
... ΤΗΝ ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ !!**

**ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Ν. ΓΑΖΗΣ**

Καθηγητής Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων, ΕΜΠ

Αναπληρωτής Εθνικός Εκπρόσωπος στο CERN



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**CERN, 23 Ιουνίου 2008**



## Περιεχόμενα της Ομιλίας



- Θεμελιώδη ερωτήματα του Ανθρώπου
- Οι διαστάσεις του (μικρο-) κόσμου
- Οι Δομικοί Λίθοι της Ύλης, τα Στοιχειώδη Σωματίδια
- Είδη Αλληλεπιδράσεων (Δυνάμεις)
- Τι είναι η Μεγάλη Έκρηξη (Μ.Ε.)?
- Πότε έγινε? Πώς? Τι ερωτήματα υπάρχουν?
- Αναπαράσταση της Μ.Ε. με την Επιστημονική Μεθοδολογία
- Τι είναι ο Οργανισμός CERN
- Τι είναι ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής
- Τι είναι ο ανιχνευτής ATLAS
- Τι Νέα Σωματίδια περιμένουμε?
- Συμπεράσματα

Μερικά από τα πιο βασικά ερωτήματα που διατύπωσε σκεπτόμενος ο άνθρωπος από την κλασική αρχαιότητα και νωρίτερα, είναι:

- Ποιός είναι ο κόσμος?
- Από που προήλθαμε?
- Πώς εξελίσσεται?
- Υπάρχουν άλλα σύμπαντα?
- ...???????

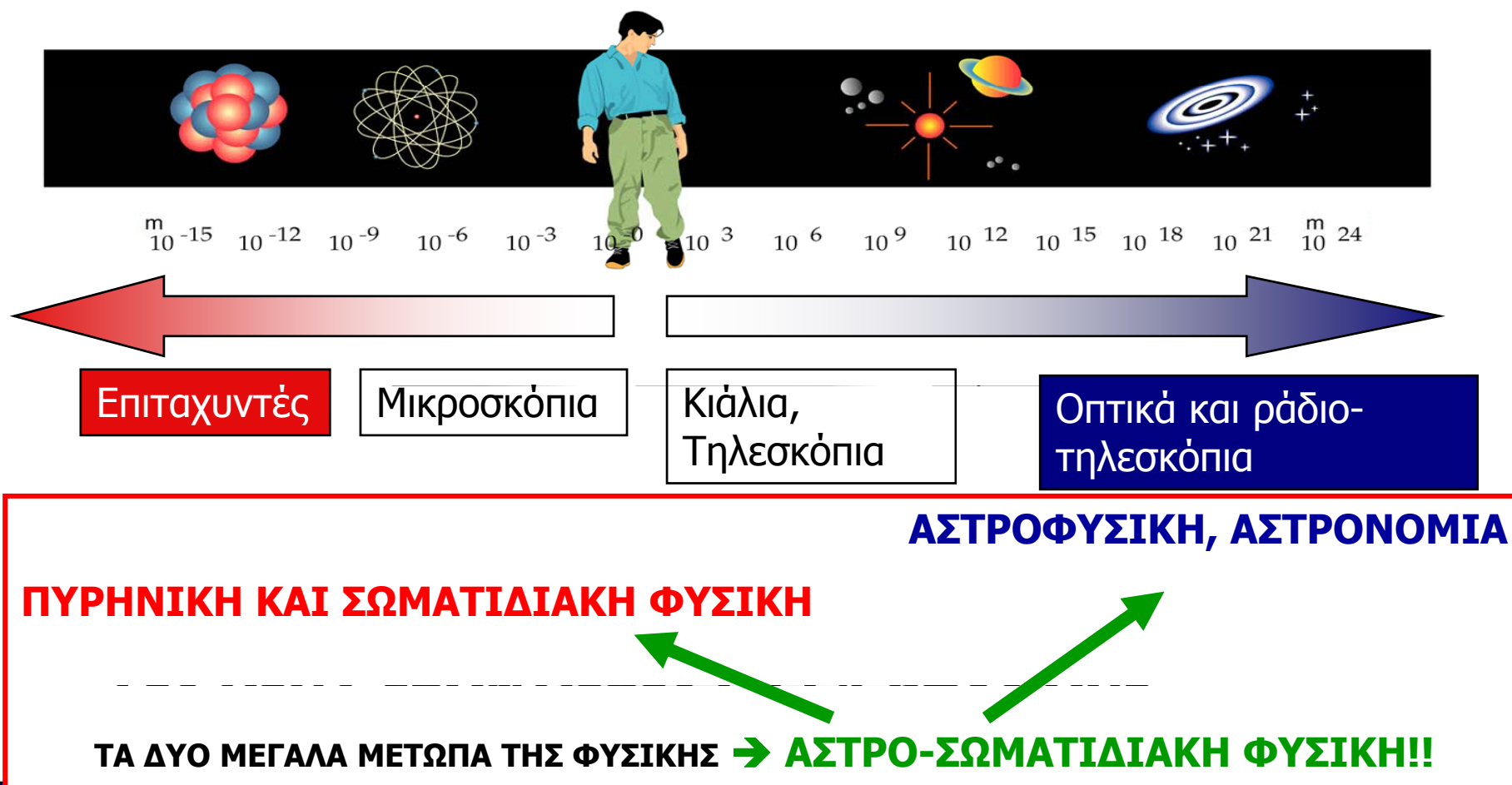
**Απαντήσεις :**

**Θεολογικές, Φιλοσοφικές, Επιστημονικές**

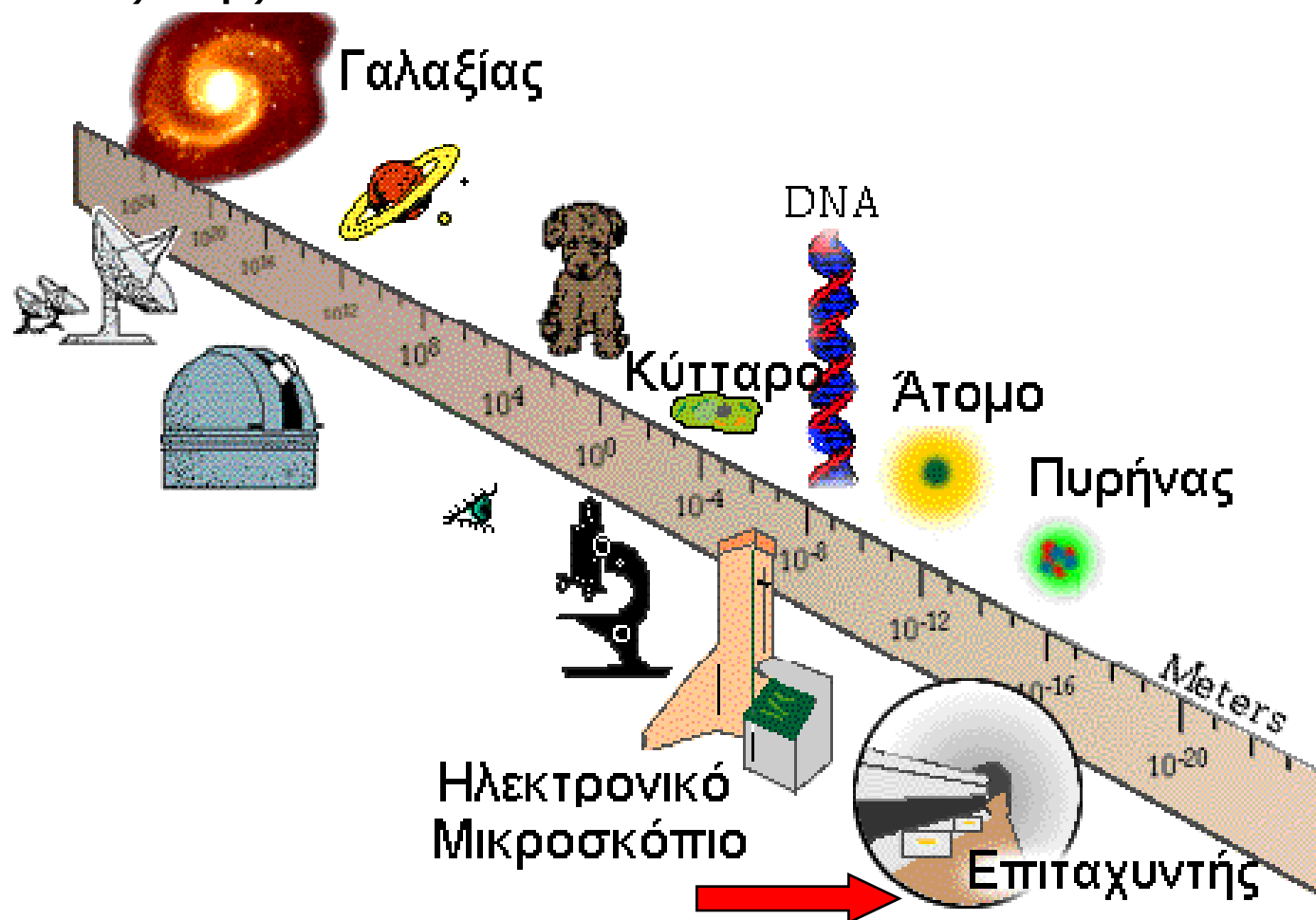


# Οι Διαστάσεις του (μικρο-) κόσμου

Η σωματιδιακή φυσική ερευνά την ύλη στις μικρότερες δυνατές διαστάσεις της:



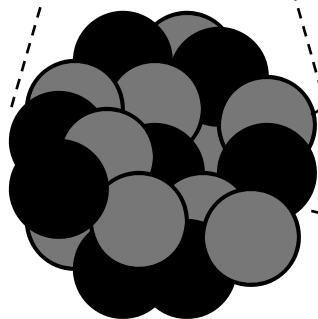
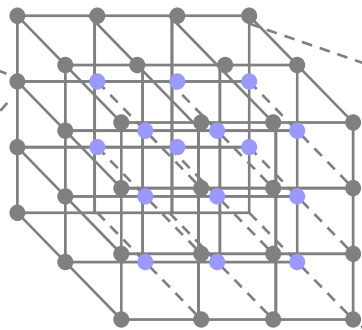
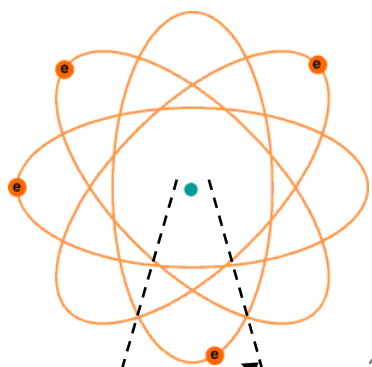
Η σωματιδιακή φυσική ερευνά την ύλη στις μικρότερες διαστάσεις της:



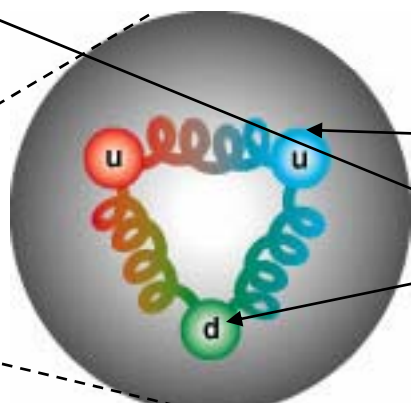
$\sim 10^{-10}$  m

## Δομή της Ύλης

$\sim 1$  m



$\sim 10^{-14}$  m

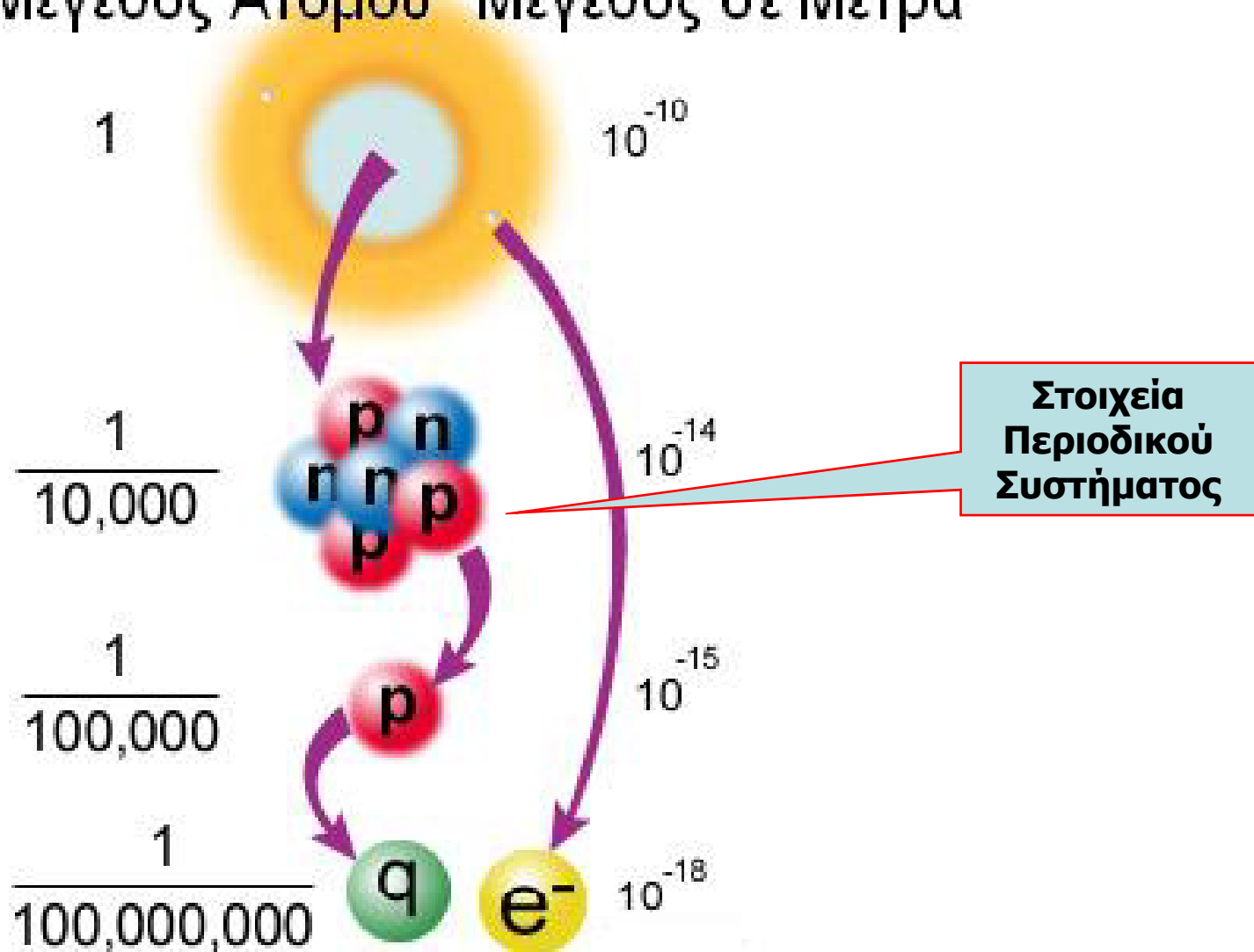


Πρωτόνιο

	Generation →		
Quarks	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$
Leptons	$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$

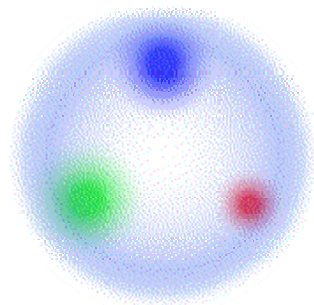
$< 10^{-18}$  m

## Μέγεθος Ατόμου Μέγεθος σε Μέτρα



## Quarks (Gell-Mann) 1964

**ΧΡΩΜΑΤΑ**



**Πρωτόνιο**

### Το σύγχρονο περιοδικό σύστημα των θεμελιωδών λίθων της ύλης

**ΓΕΥΣΕΙΣ**

	Quarks		Λεπτόνια	
3η γενιά	 t υψηλό	 b χαμηλό	 τ ταυ	 ν <sub>τ</sub> νεutrino ταυ
2η γενιά	 c γοητευτικό	 s παράξενο	 μ μιονίο	 ν <sub>μ</sub> νεutrino μιονίου
1η γενιά	 u άνω	 d κάτω	 e ηλεκτρόνιο	 ν <sub>e</sub> νεutrino ηλεκτρονίου



$\left(\frac{2}{3}\right)$   
up



$\left(\frac{2}{3}\right)$   
charm

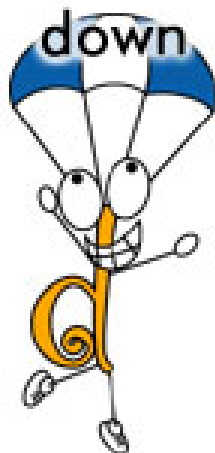


$\left(\frac{2}{3}\right)$   
top



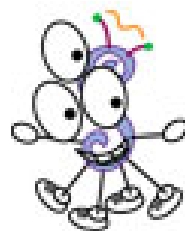
$\left(-\frac{1}{3}\right)$

down



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

strange



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

bottom



**Quarks**

$u$ up	$c$ charm	$t$ top
$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom

**Leptons**

$\nu_e$ e- Neutrino	$\nu_\mu$ μ- Neutrino	$\nu_\tau$ τ- Neutrino
$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

I II III

The Generations of Matter



Mystery



Γιατί τρεις γενιές quarks και λεπτονίων ;

Mystery



Υπερσυμμετρία;

Mystery



Μποζόνιο higgs;

Ίσως, το **LHC** να  
δώσει τη δυνατότητα  
να απαντηθούν  
τέτοιες ερωτήσεις

# Τα βασικά είδη αλληλεπίδρασης

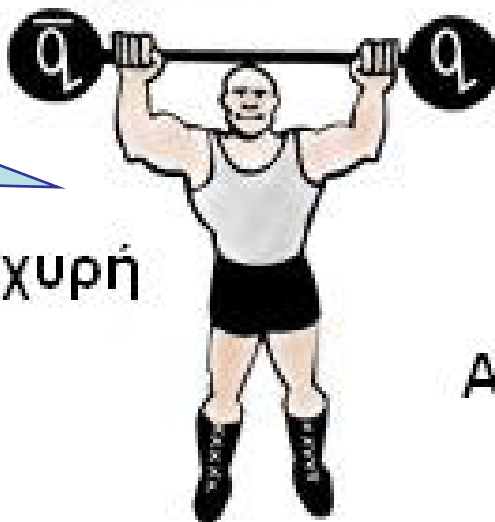
Δυνάμεις  
μεταξύ  
μαζών



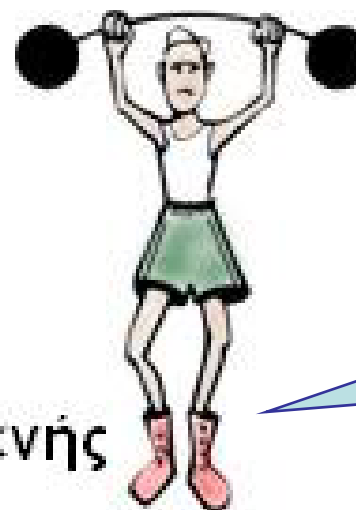
Δυνάμεις  
μεταξύ  
φορτίων



Δυνάμεις  
μεταξύ  
πυρήνων

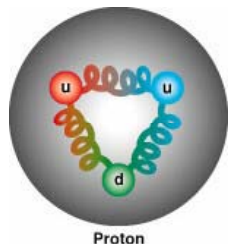
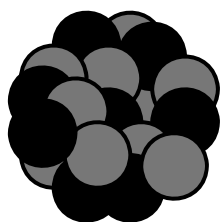


Ασθενής



## Ισχυρές

Μεταδίδονται με τα γκλουόνια

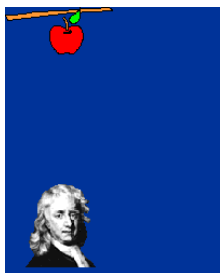


Proton

Συγκρατούν τα πρωτόνια και νετρόνια στον πυρήνα  
Συγκρατούν τα quarks στα πρωτόνια και τα νετρόνια

## Βαρυτικές

Μεταδίδονται με τα γκραβιτόνια



Αναγκάζουν τα αντικείμενα με μάζα να πέφτουν  
Διατηρούν τη γη και τους πλανήτες γύρω από τον ήλιο

## Ασθενείς

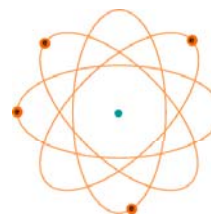
Μεταδίδονται με τα  $W$  &  $Z^0$



Προκαλούν την διάσπαση των ραδιενεργών πυρήνων  
Διαμορφώνουν την ένταση της ηλιακής ενέργειας

## Ηλεκτρομαγνητικές

Μεταδίδονται με φωτόνια



Συγκρατούν τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα  
Ευθύνονται για τις χημικές αντιδράσεις  
Ηλεκτρισμός, Φως, Ακτινοβολία ...



	Βαρύτητα	Ασθενής Ηλεκτρομαγνητική	Ισχυρή
Φορέας	Γκραβιτόνιο	$W^+ W^- Z^0$	Γκλουόνιο
Δρα επάνω σε	Όλα τα Σώματα	Quarks και Λεπτόνια	Quarks και Γκλουόνια
Σχετική Ένταση	$10^{-38}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$
			1



## Τι είναι η Μεγάλη Έκρηξη? Πότε και Πώς έγινε?

Η Μ.Ε. Είναι μια τεραστίου μεγέθους **συμπύκνωση** της συνολικά υπάρχουσας ενέργειας και ύλης περιορισμένη σε ελάχιστο χρονικό και χωρικό διάστημα.

Θεωρητικοί υπολογισμοί υποδεικνύουν ότι η Μ.Ε. προέκυψε σε διάστημα πριν από ... **14,5 δισεκατομύρια χρόνια!**

Σύμφωνα με την κβαντομηχανική θεωρία η Μεγάλη Έκρηξη είναι μια τυχαία (?) **στατιστική διακύμανση** της πυκνότητας ενέργειας.

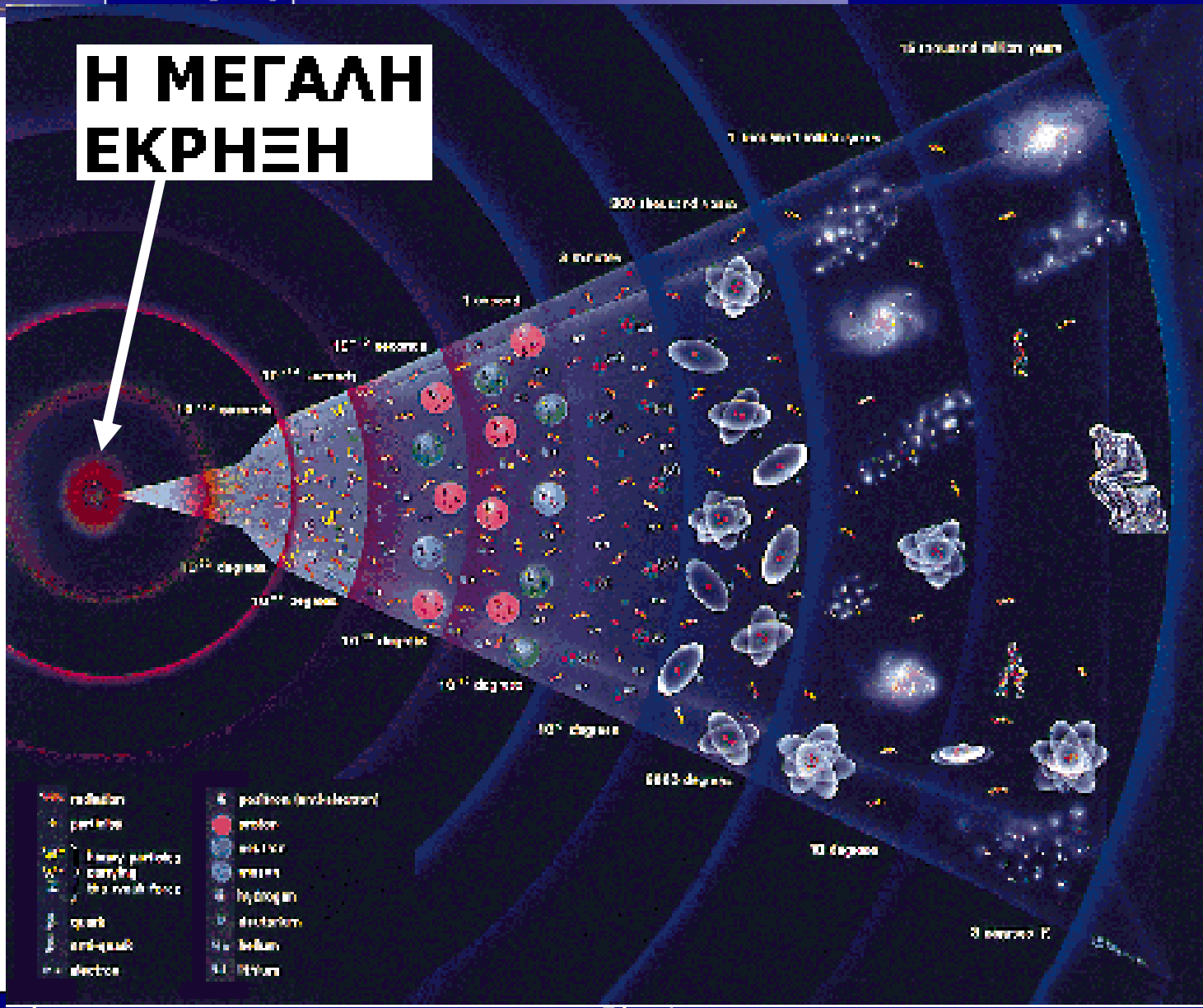


## Γιατί χρειάζονται τα πειράματα και πώς συνδέονται με την Κοσμολογία?

Το σύμπαν δεν ήταν **διαφανές** πριν από την ηλικία των 100 000 ετών!, δηλ. απορροφούσε ή ύλη ΟΛΗ την εκπεμπόμενη ενέργεια και αυξανόταν σε διαστάσεις.

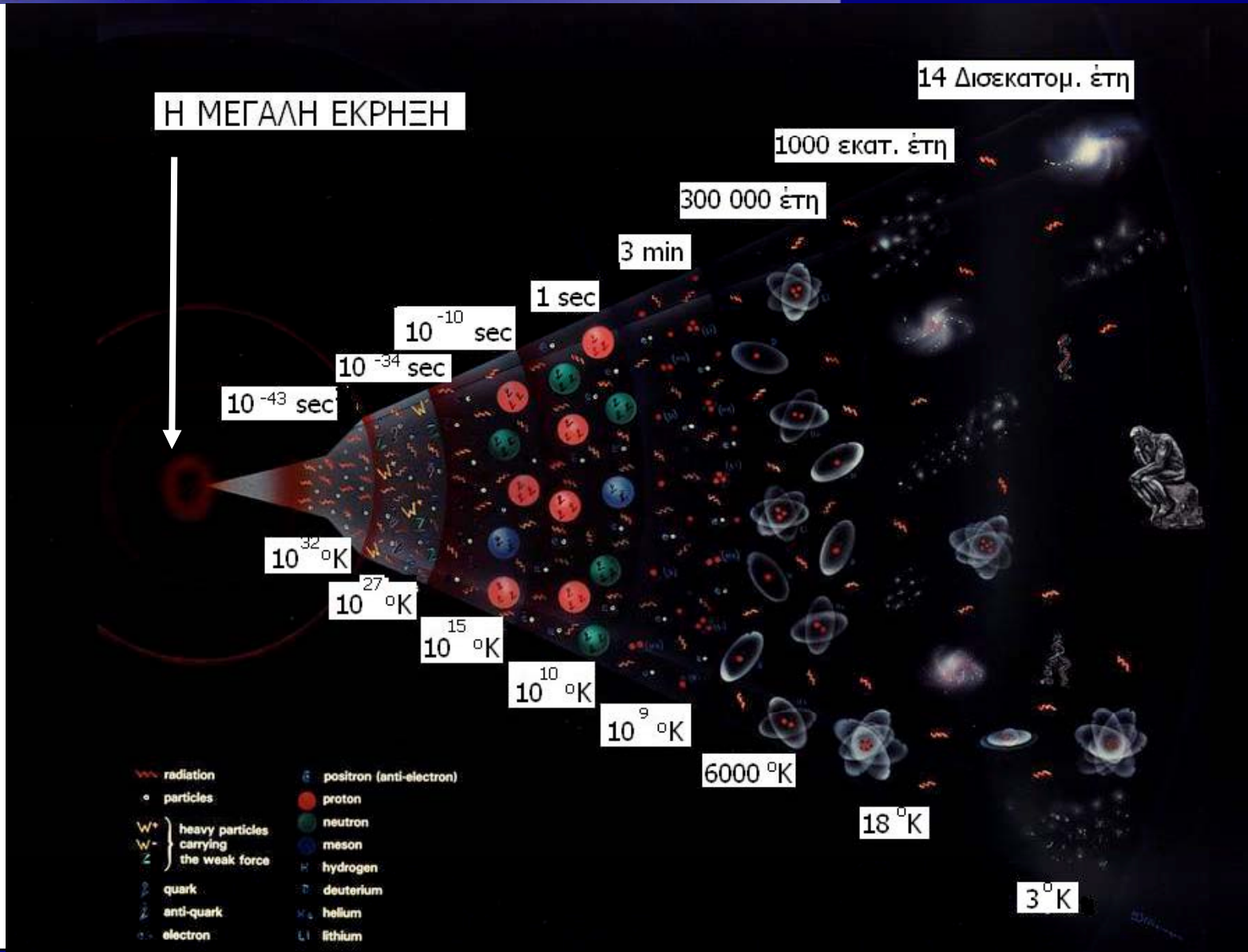
Για την κατανόηση της **«βρεφικής ηλικίας»** του σύμπαντος (πρώτα δευτερόλεπτα μετά την Μ.Ε. !!) απαιτούνται συμπεράσματα που βγαίνουν από την κατανόηση των νόμων της φυσικής!

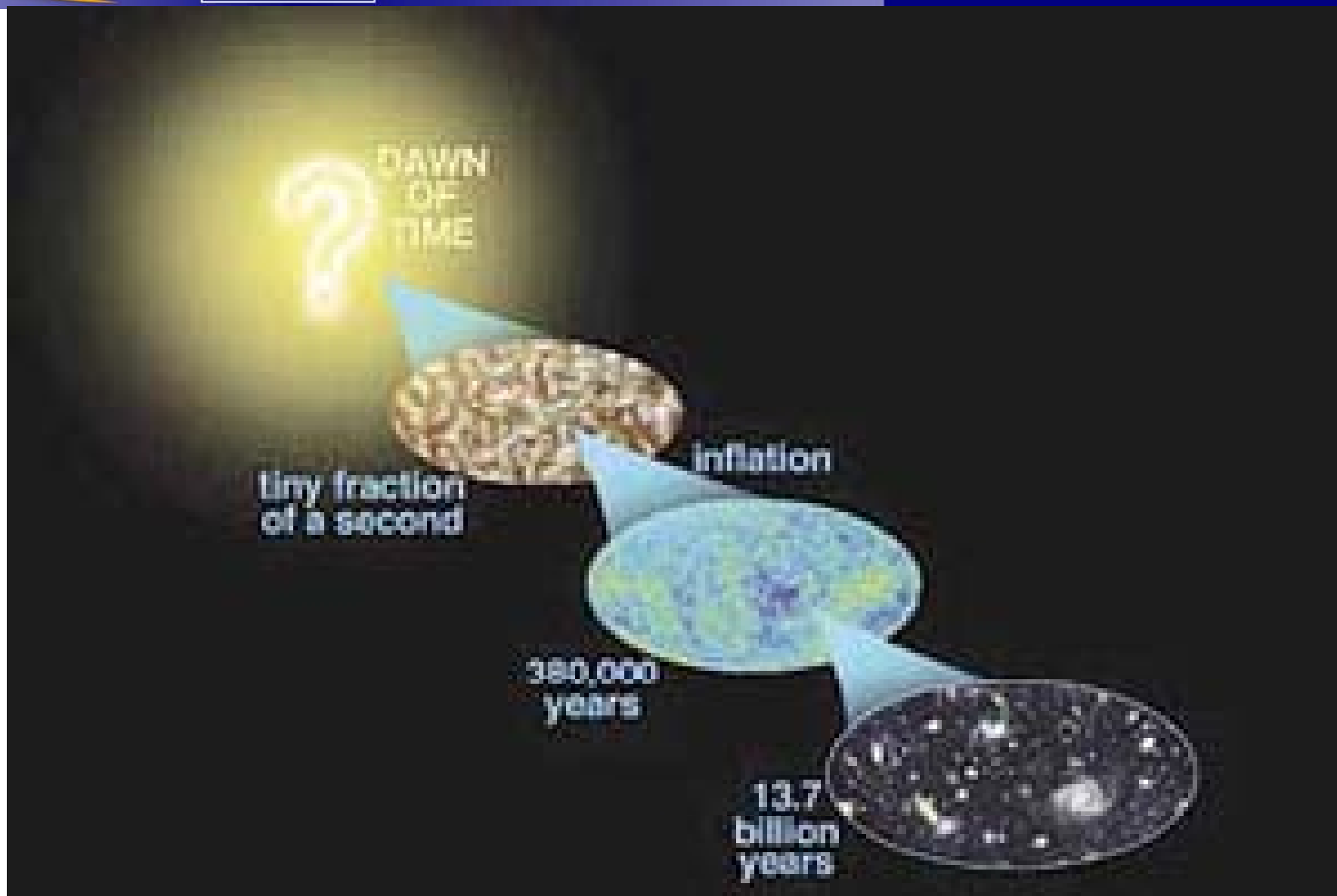
Για την πλήρη κατανόηση των νόμων της φυσικής σε εξαιρετικές συνθήκες (**Μεγάλη Έκρηξη**) απαιτούνται συνεπώς μελέτες σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, δηλ. απαιτείται **ΠΕΙΡΑΜΑ!**



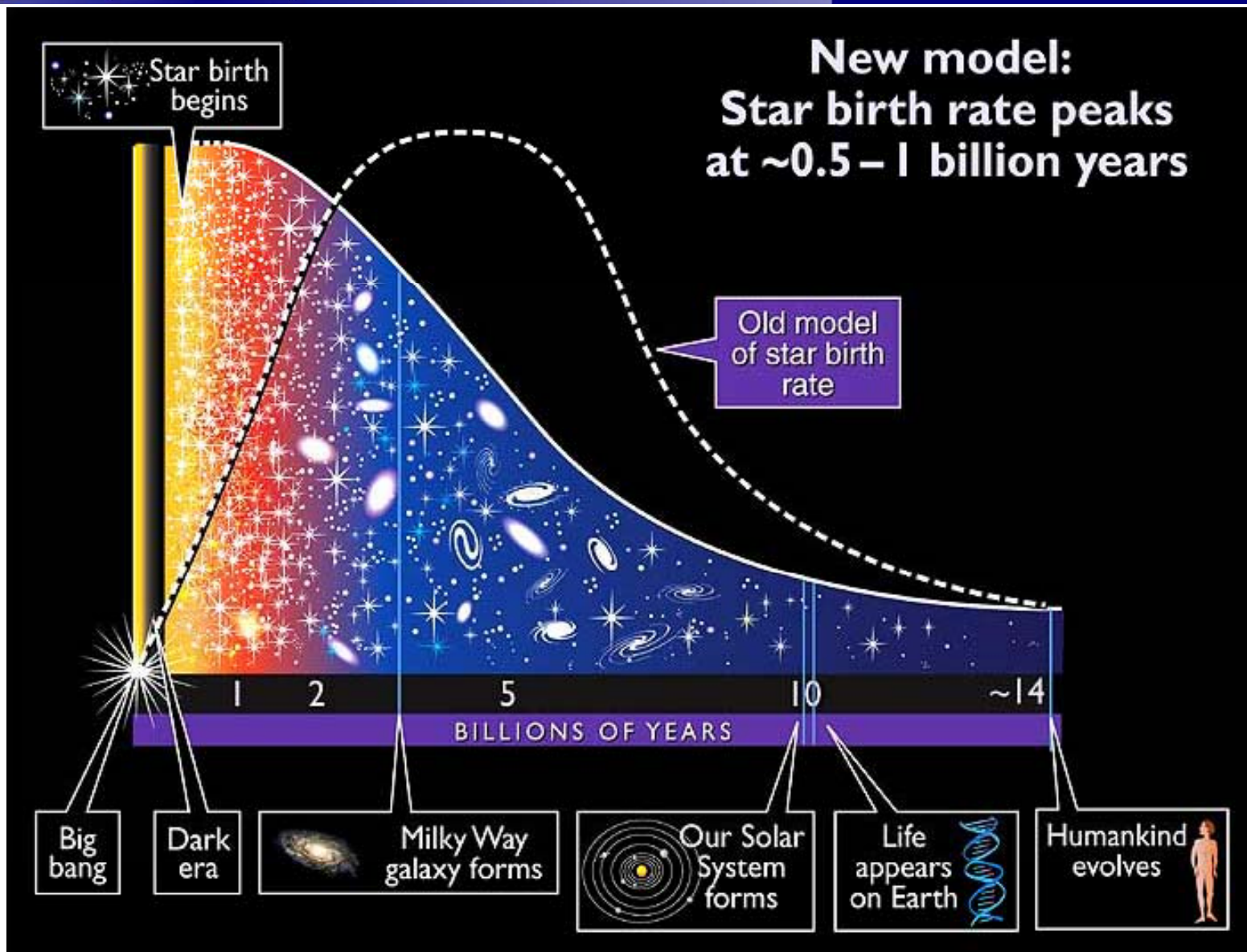


# Το Σύμπαν





# Το Σύμπαν



Ποιά είναι η προέλευση της μάζας ?

Γιατί δεν υπάρχει ισοδύναμη αντι-ύλη?

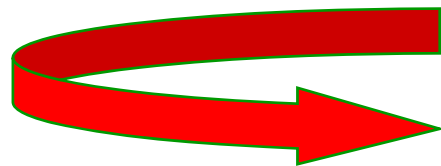
Τί είναι η αθέατη ή σκοτεινή ύλη?

Ενώνονται όλες οι δυνάμεις μαζί?

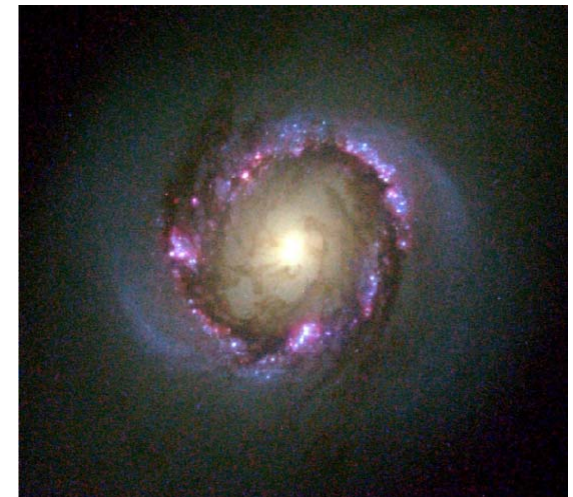
Υπάρχει Υπερσυμμετρία?

Υπάρχουν άλλα είδη δυνάμεων?

Υπάρχει το σωματίδιο higgs?

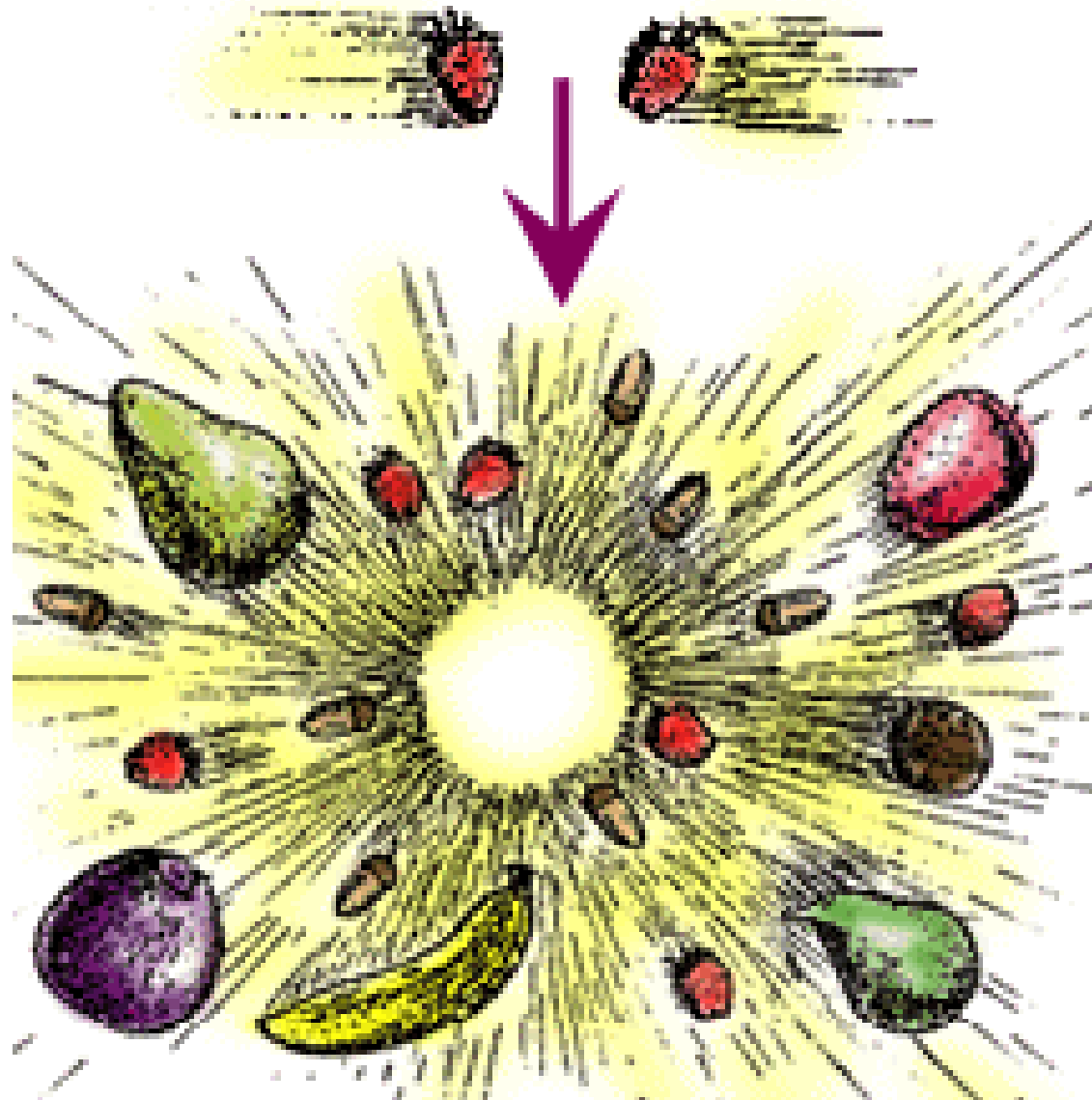


**Το LHC θα βοηθήσει να απαντηθούν τέτοιες ερωτήσεις**

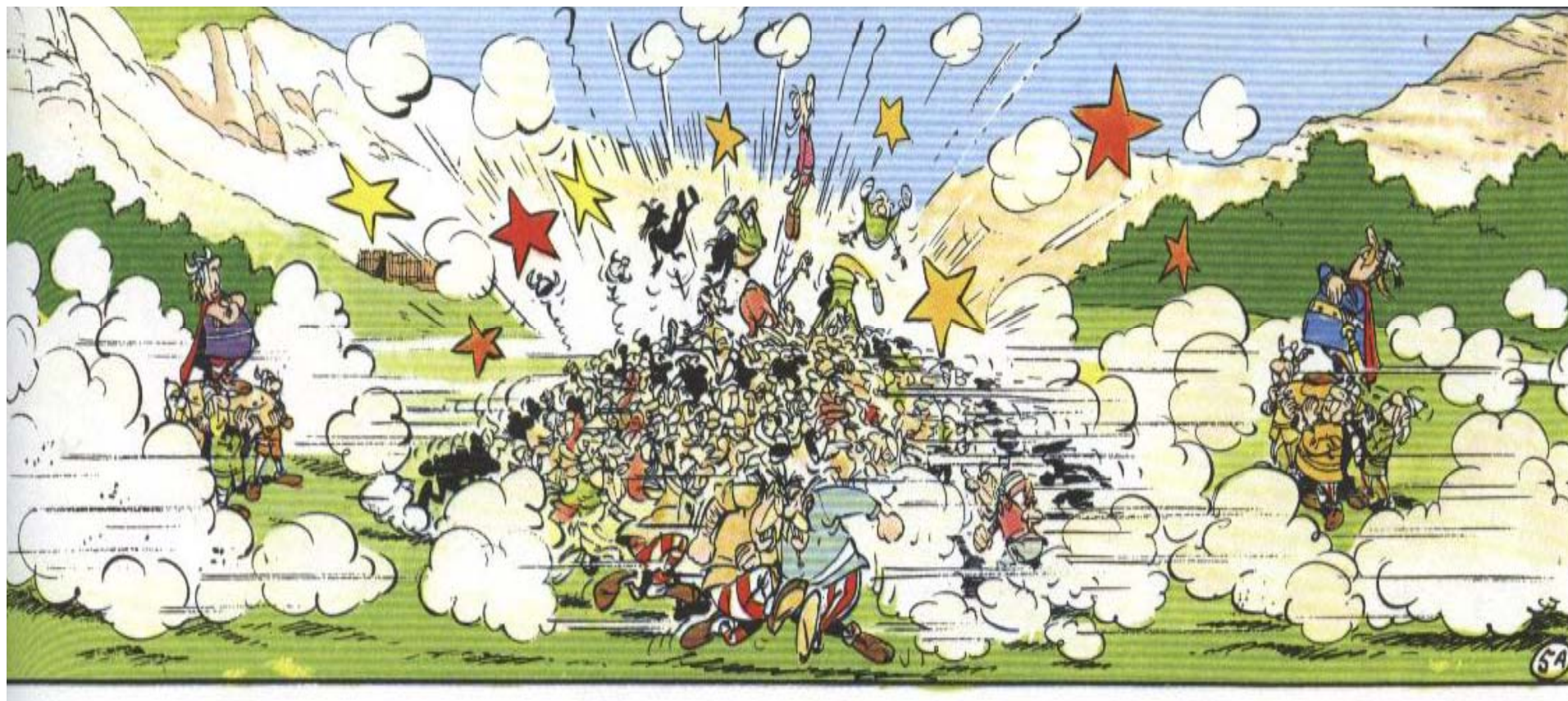


Σχέση του  
Einstein

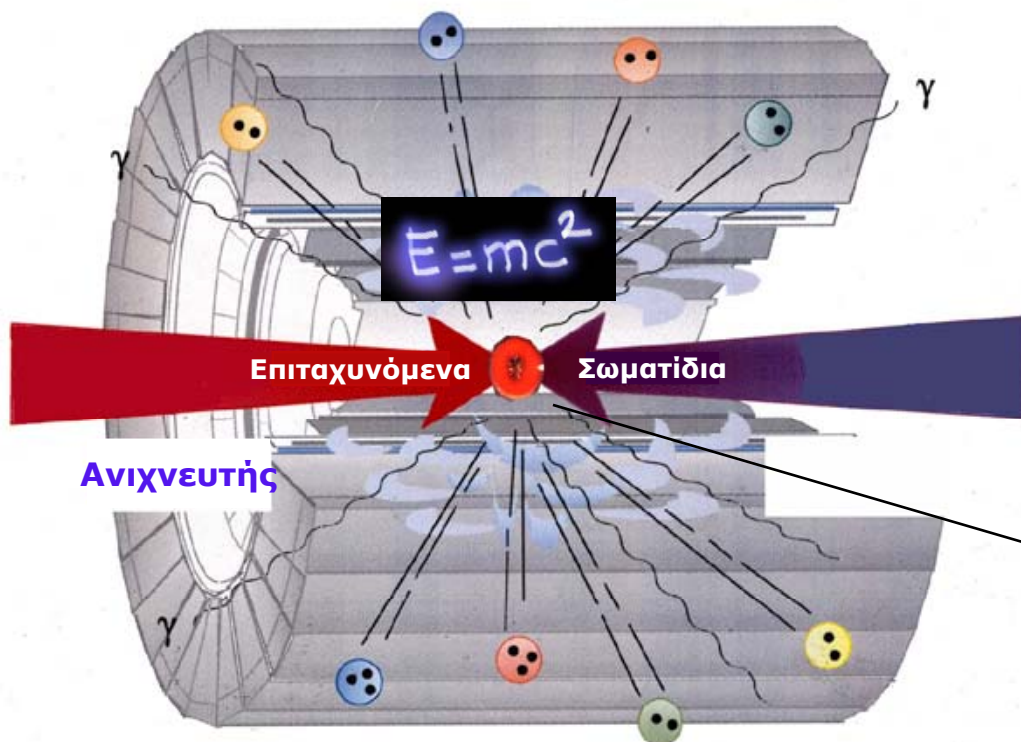
$$E = mc^2$$



# Μέθοδος της σωματιδιακής φυσικής ?



**ΟΧΙ !!**



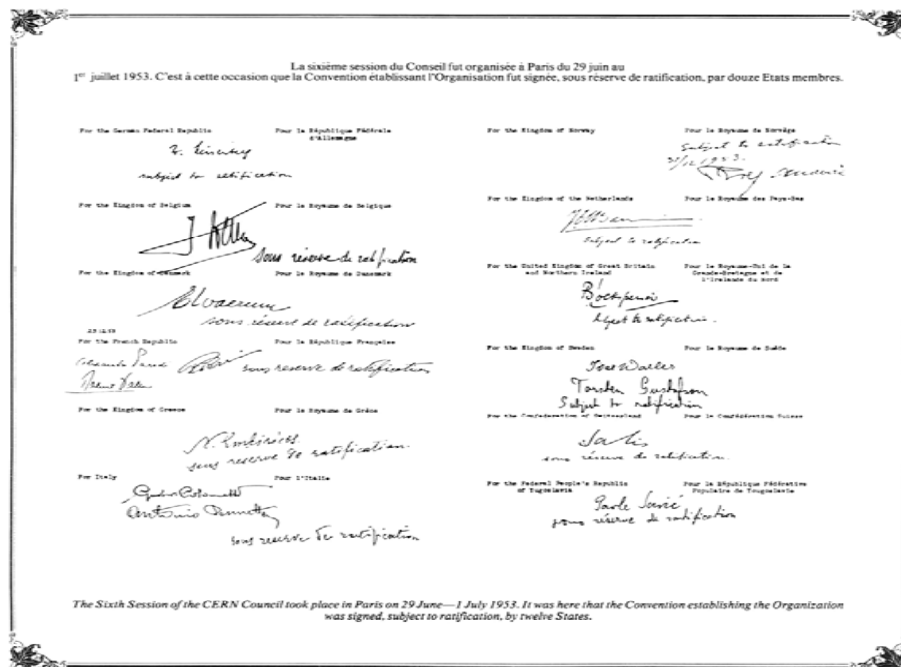
1) Συγκέντρωση ενέργειας στα σωματίδια (**επιταχυντής**)

2) **Σύγκρουση** σωματιδίων (δημιουργία συνθηκών ανάλογων του Big Bang)

3) Αναγνώριση παραγόμενων σωματιδίων από τον **Ανιχνευτή** (έρευνα για νέα φαινόμενα)

**ΝΑΙ !!**

- Ιδρύθηκε το **1954** από 12 ιδρυτικά-κράτη (**ΕΛΛΑΔΑ**)
- Σήμερα **2005**: 20 Κράτη-Μέλη
- Περισσότεροι από 7000 ερευνητές από όλο τον κόσμο
- ~1000 εκ.CHF (660 εκ.€) ο ετήσιος προϋπολογισμός



**1954:** Η συνθήκη ίδρυσης του οργανισμού – αυθεντικές υπογραφές

**2004:** 20 Κράτη-Μέλη



## Τα ιστορικά ορόσημα των 50 χρόνων επιστήμης

— 1954

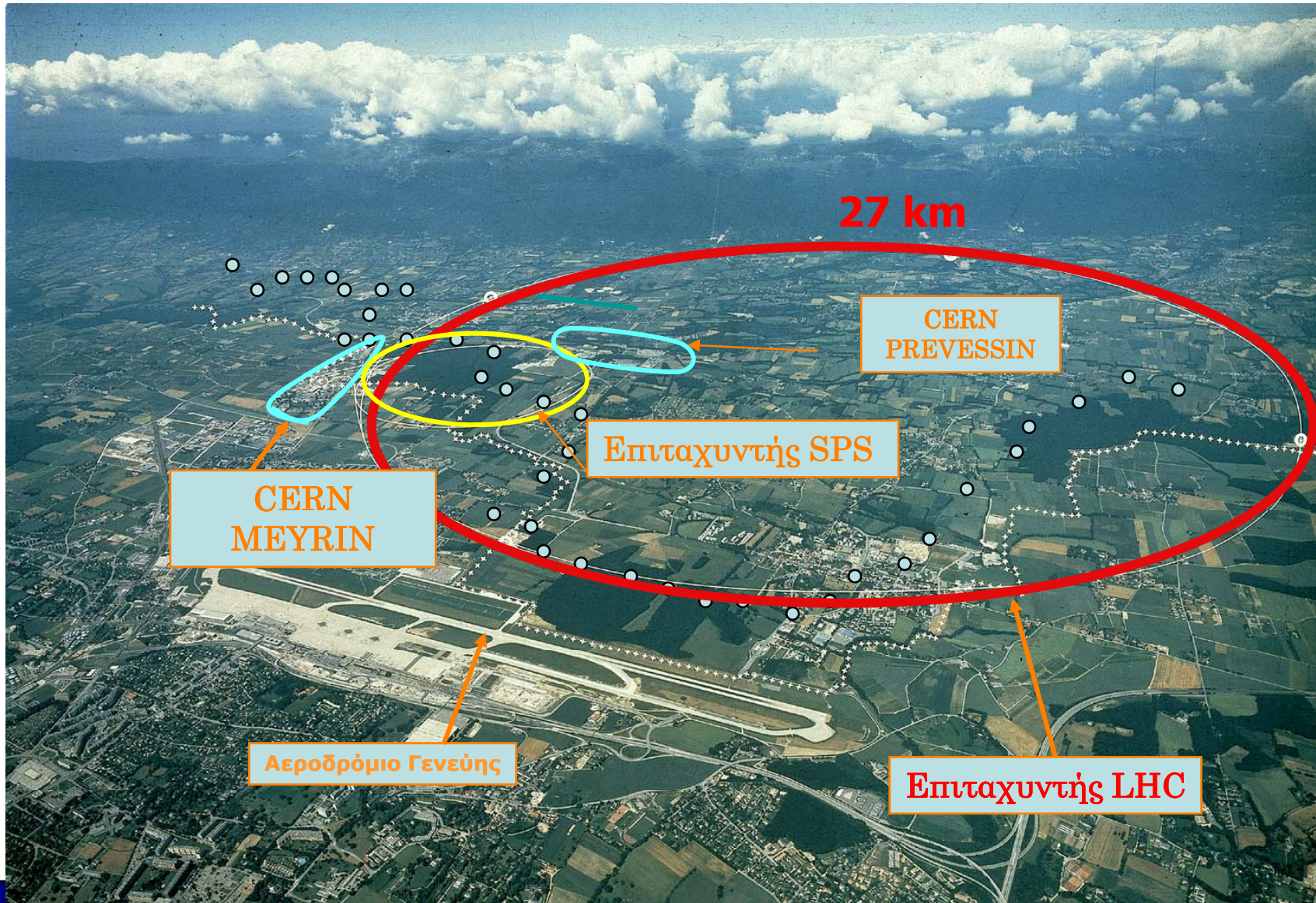
### 1954 - Meyrin site – Εργασίες εκσκαφών για το CERN



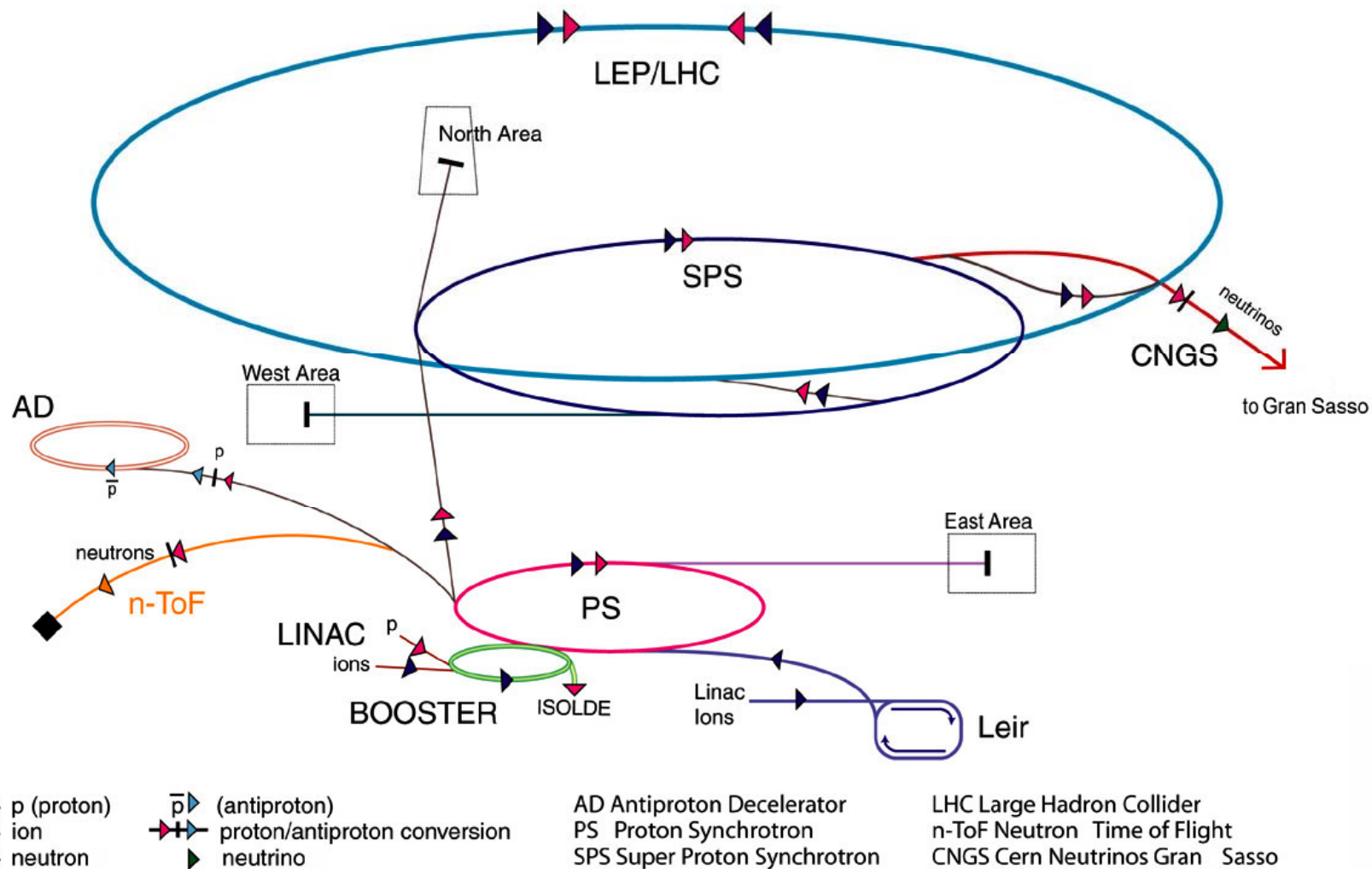
Η **ΓΕΝΕΥΗ** επελέγη για έδρα του Εργαστηρίου του CERN Laboratory κατά την τρίτη συνεδρίαση του Συμβουλίου Προώθησης το **1952**.

Αυτή η επιλογή επικυρώθηκε με δημοψήφισμα από το Καντόνι της Γενεύης τον **Ιούνιο** του **1953** με 16539 ψήφους ΥΠΕΡ έναντι 7332 ΚΑΤΑ.

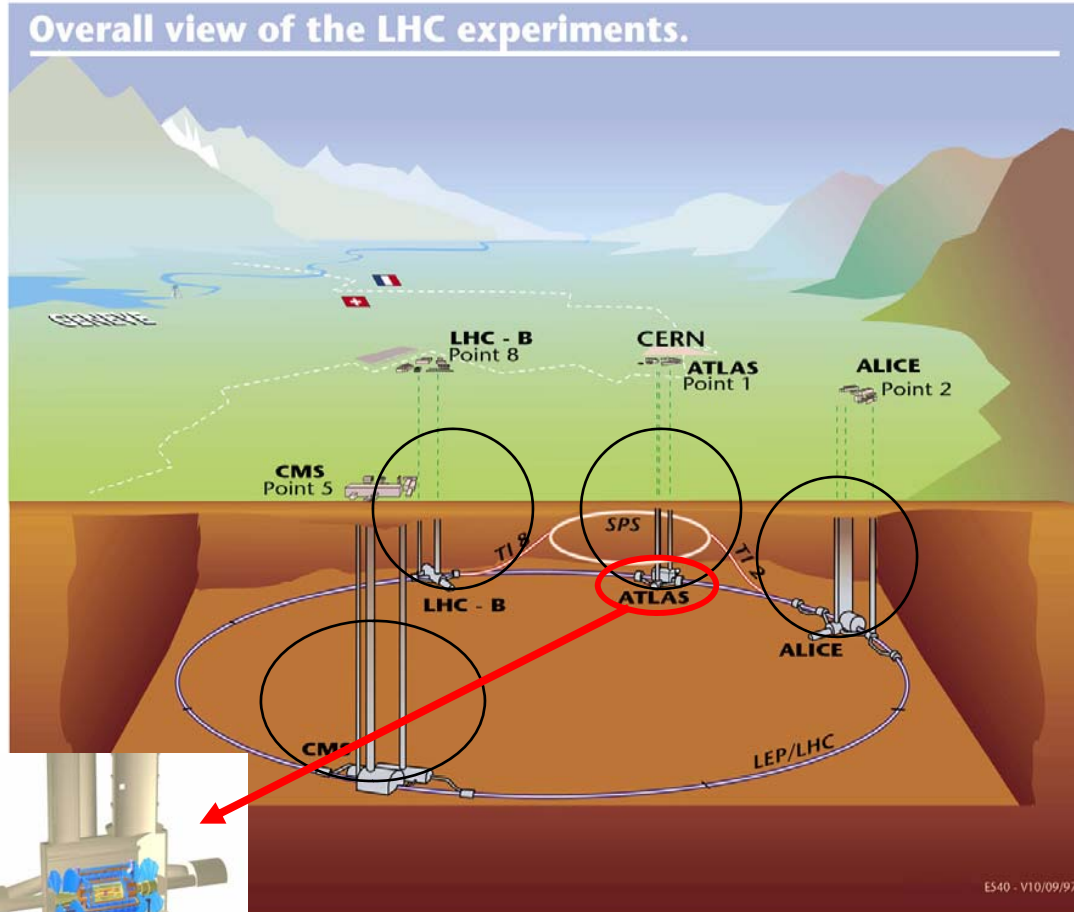
Στις **17 Μαΐου 1954**, άρχισαν οι εργασίες στο Meyrin υπό την άγρυπνη παρουσία των αξιωματούχων του Καντονίου της Γενεύης και προσωπικού του CERN.



## Το σύστημα επιταχυντών στο CERN



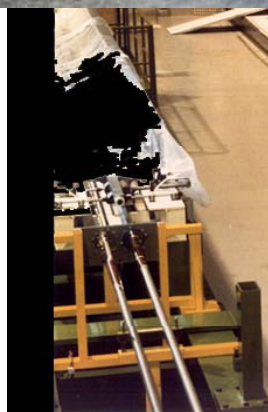
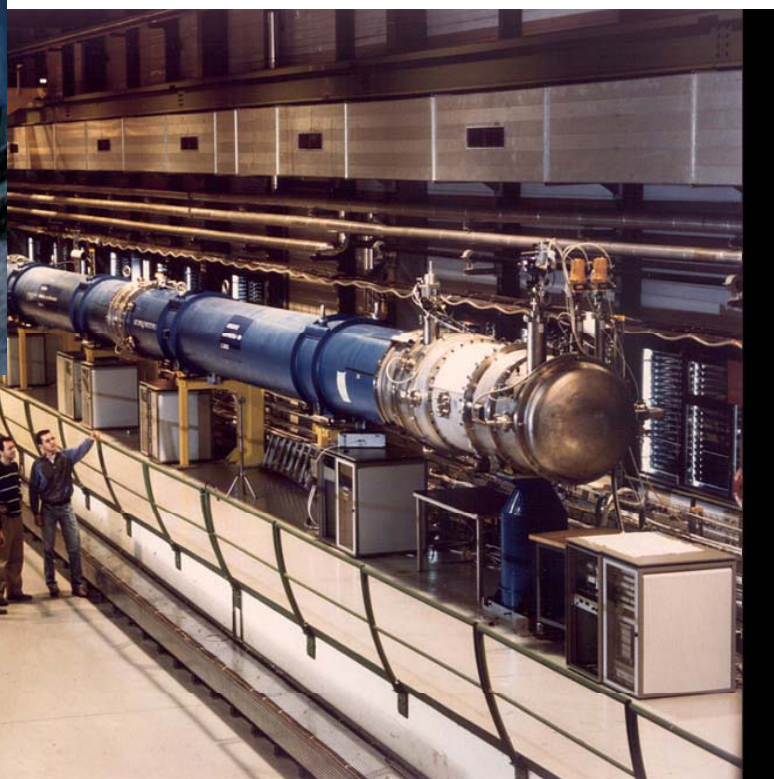
**Ο Μεγάλος Επιταχυντής Συγκρουόμενων Δεσμών Αδρονίων (Large Hadron Collider = LHC)** θα αποτελέσει την πιο ισχυρή συσκευή που κατασκευάστηκε ποτέ για την έρευνα των θεμελιωδών ιδιοτήτων των σωματιδίων.



- Τέσσερις **γιγάντιοι υπόγειοι θάλαμοι** θα φιλοξενήσουν τους ανιχνευτές
- Θα επιτευχθεί η **υψηλότερη στον κόσμο ενέργεια** για επιταχυντή
- Θα δημιουργηθεί η **ισχυρότερη δέσμη** συγκρουόμενων σωματιδίων
- Θα λειτουργήσει σε θερμοκρασία **μικρότερη** αυτής του διαστήματος



27 km μήκος περιφέρειας  
100 m κάτω από τη γη





**1238** υπεραγωγίμα μαγνητικά δίπολα, βάρους **35 τόνων** το καθένα κατασκευάστηκαν και συναρμολογήθηκαν για τον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή, με περίμετρο **27 χιλιόμετρα!**

Αν χρησιμοποιούσαμε συμβατικούς μαγνήτες θα χρειαζόμασταν περίμετρο επιταχυντού με **120 χιλιόμετρα !!!** για να έχουμε την ίδια τελική ενέργεια.



Το ΠΡΩΤΟ μαγνητικά δίπολο, μήκους 15 μέτρων και βάρους 35 τόνων κατεβαίνει σε **100 μέτρα βάθος** για να συναρμολογηθεί στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή



# Ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής LHC

2006

Η θερμοκρασία ψύξης των μαγνητικών διπόλων στους **1.9 °K (= -271.1 °C)** στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή





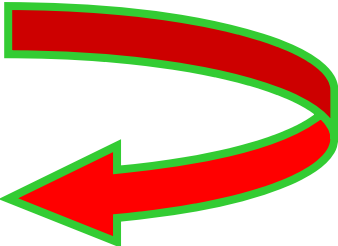
# Ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής LHC

**LHC - THE LARGE HADRON COLLIDER**

EDMS | CDD | MTF | SEARCH | [LHC dashboard](#) | [LHC Operation](#) | [LHC NEWS](#) | [Design report](#) | [LHC Co-ordination schedule and status](#) | [Golden Hadron Awards](#)

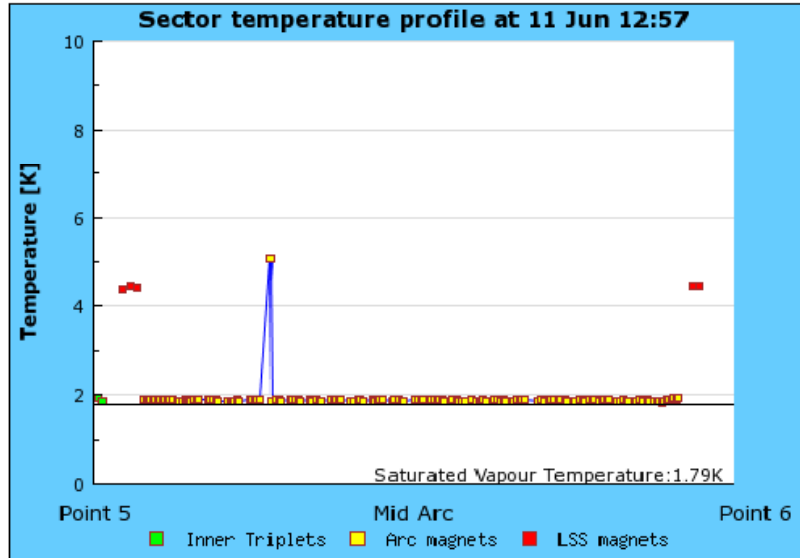
[General Information and Outreach](#) | [Beam Parameters](#) | [LHC@interactions.org](#) | [Lattice and Optics](#) | [Organization and Committees](#) | [Baseline Documentation](#) | [Quality Assurance](#) | [Equipment Catalogues](#) | [Publications](#) | [Naming and Conventions](#) | [Seminars and Workshops](#) | [Layouts](#) | [Presentations](#) | [Integration](#) | [Images](#) | [Installation](#) | [Surface Sites](#) | [Hardware Commissioning](#) | [Underground Sites](#) | [Sector Test](#)

2008

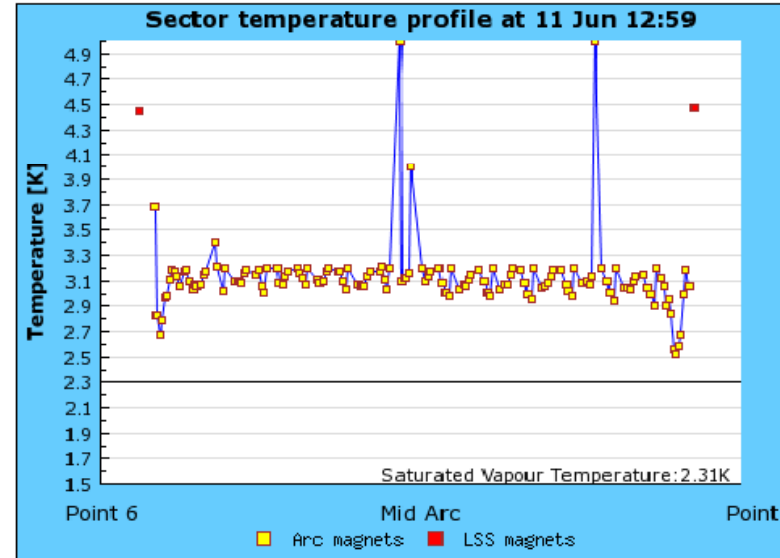


Η θερμοκρασία ψύξης των μαγνητικών διπόλων στους **1.9 °K (= -271.1 °C)** στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή

Sector 5-6

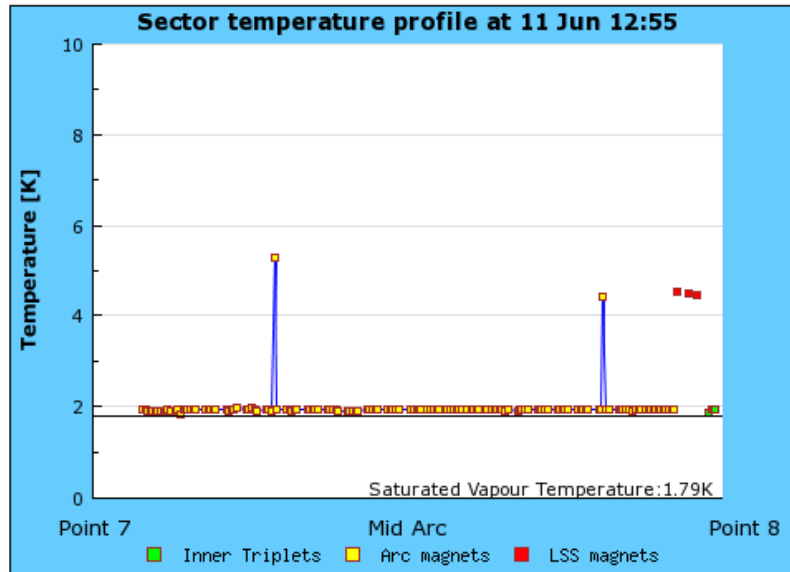


Sector 6-7

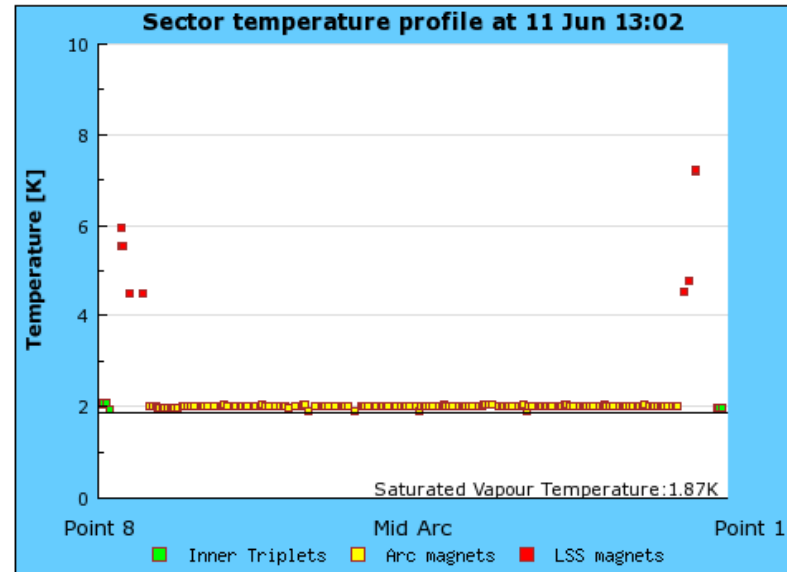


2008

Sector 7-8



Sector 8-1

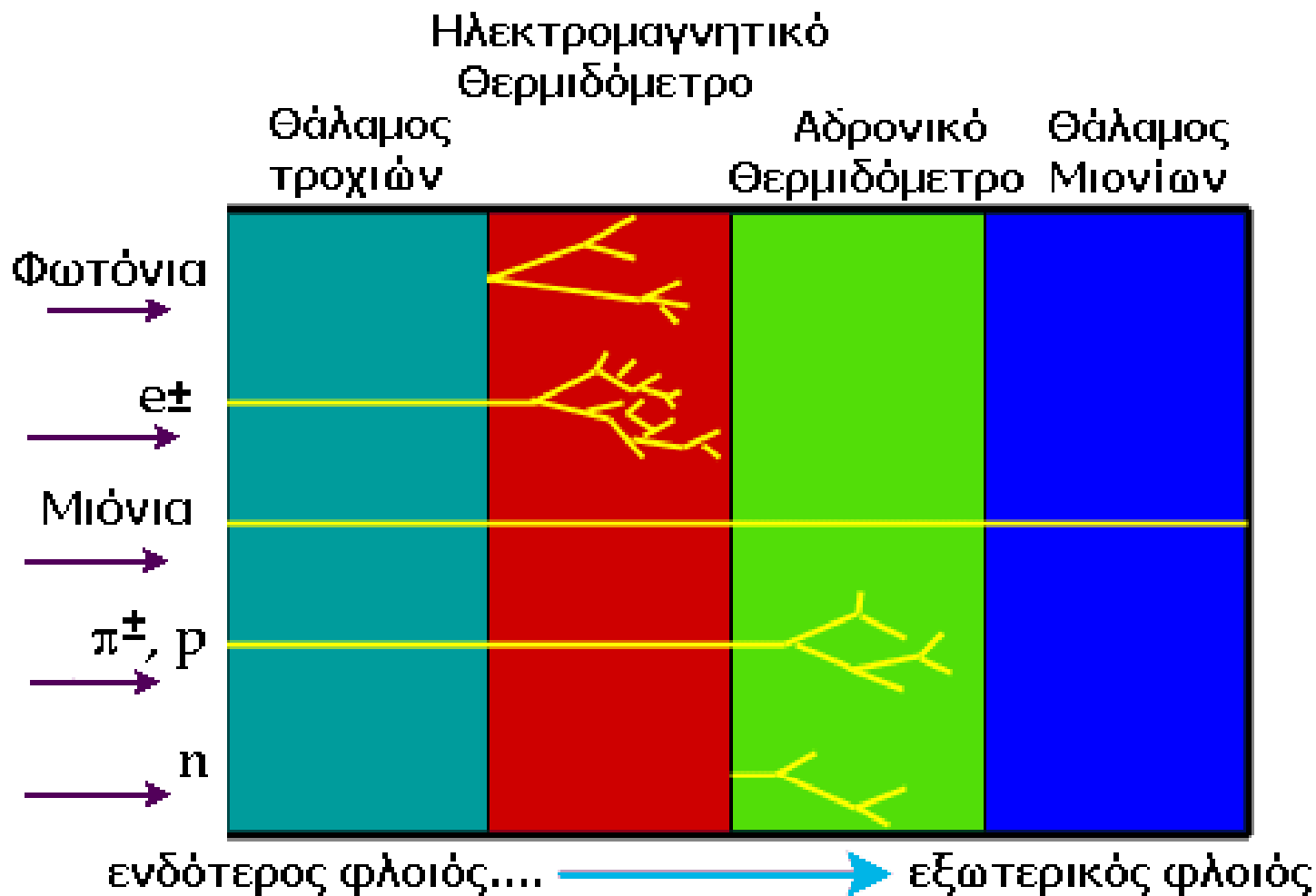


- ◆ **Μέτρηση** : φορτισμένα σωματίδια (+, -)  
(διεύθυνση, ορμών, πολικότητα)
- ◆ **Μέτρηση** της Ενέργειας  
(σε κάθε διεύθυνση από το σημείο σύγκρουσης)
- ◆ **Μέτρηση** του είδους του σωματιδίου.
- ◆ **Επεξεργάζεται** τα ηλεκτρονικά σήματα ΔΕΔΟΜΕΝΑ (DATA) για να επισημάνουν περίπου 10-100 ανά second **σωματίδια** με ενδιαφέρον ΣΕ ΣΥΝΟΛΟ δισεκατομμυρίων καταγεγραμμένων συγκρούσεων ανά second.



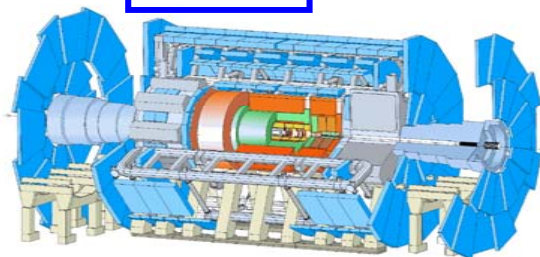
**ΙΣΧΥΡΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ !!!**

# Πώς δουλεύει ένας Ανιχνευτής ??

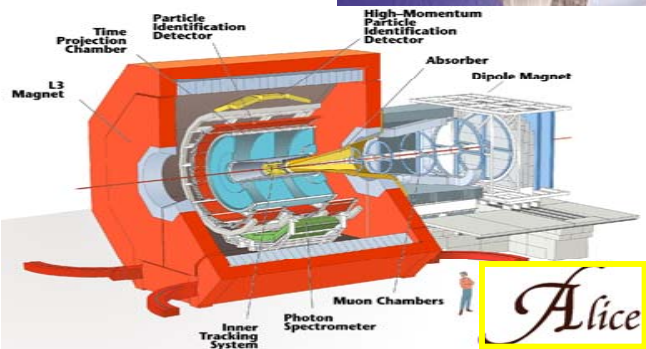
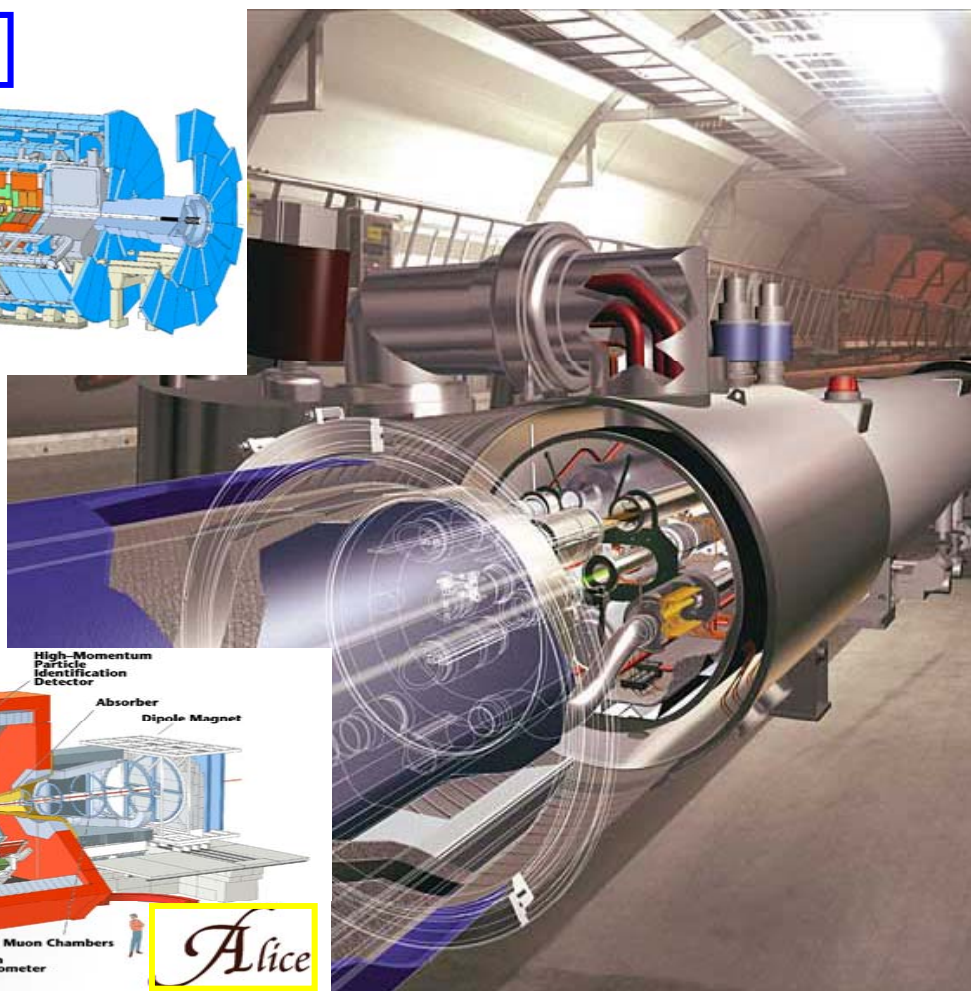
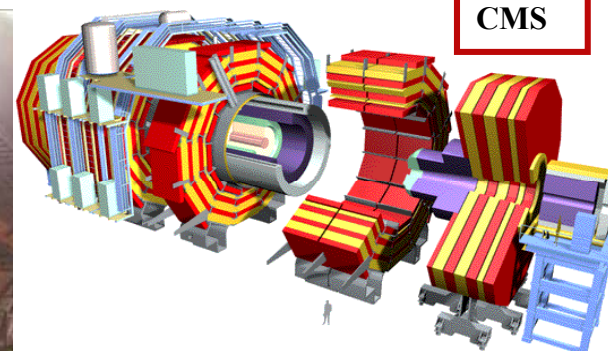


Το LHC θα λειτουργήσει το **2007**. Είναι βέβαιο ότι θα αλλάξει τις απόψεις μας για την Ύλη, τη Φύση και το Σύμπαν!

ATLAS

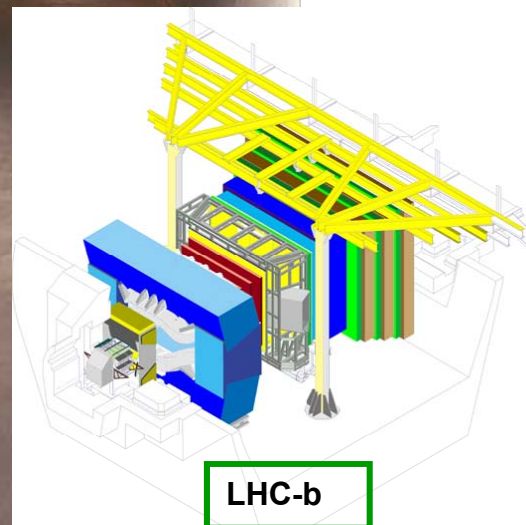


CMS



*Alice*

LHC-b

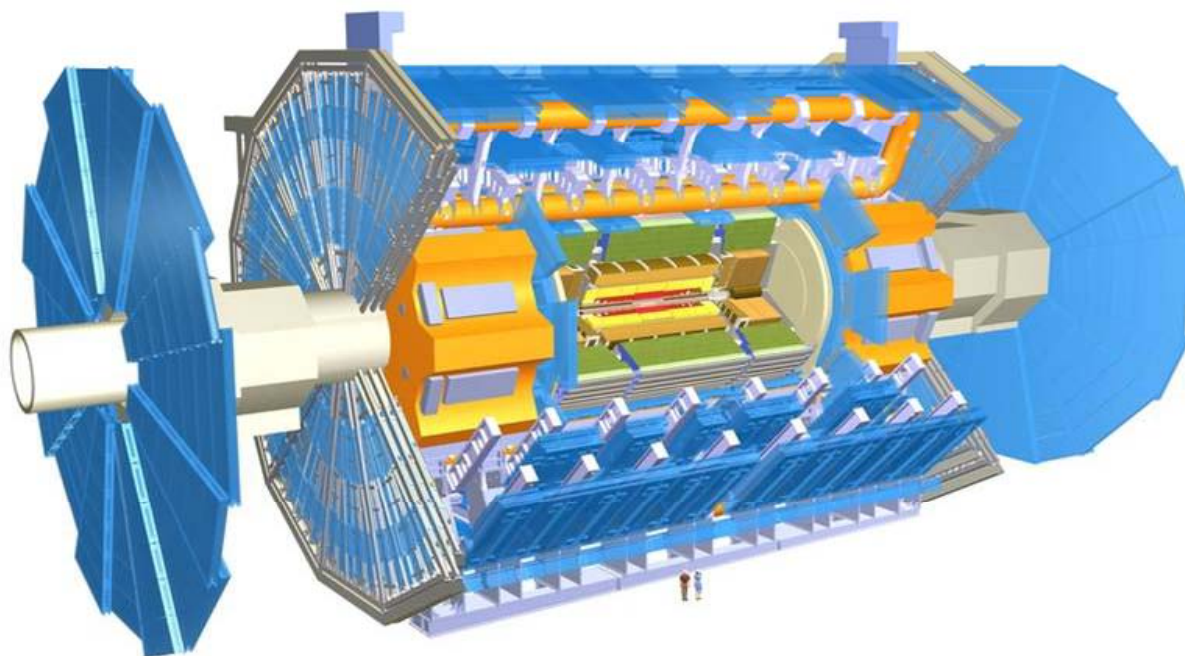






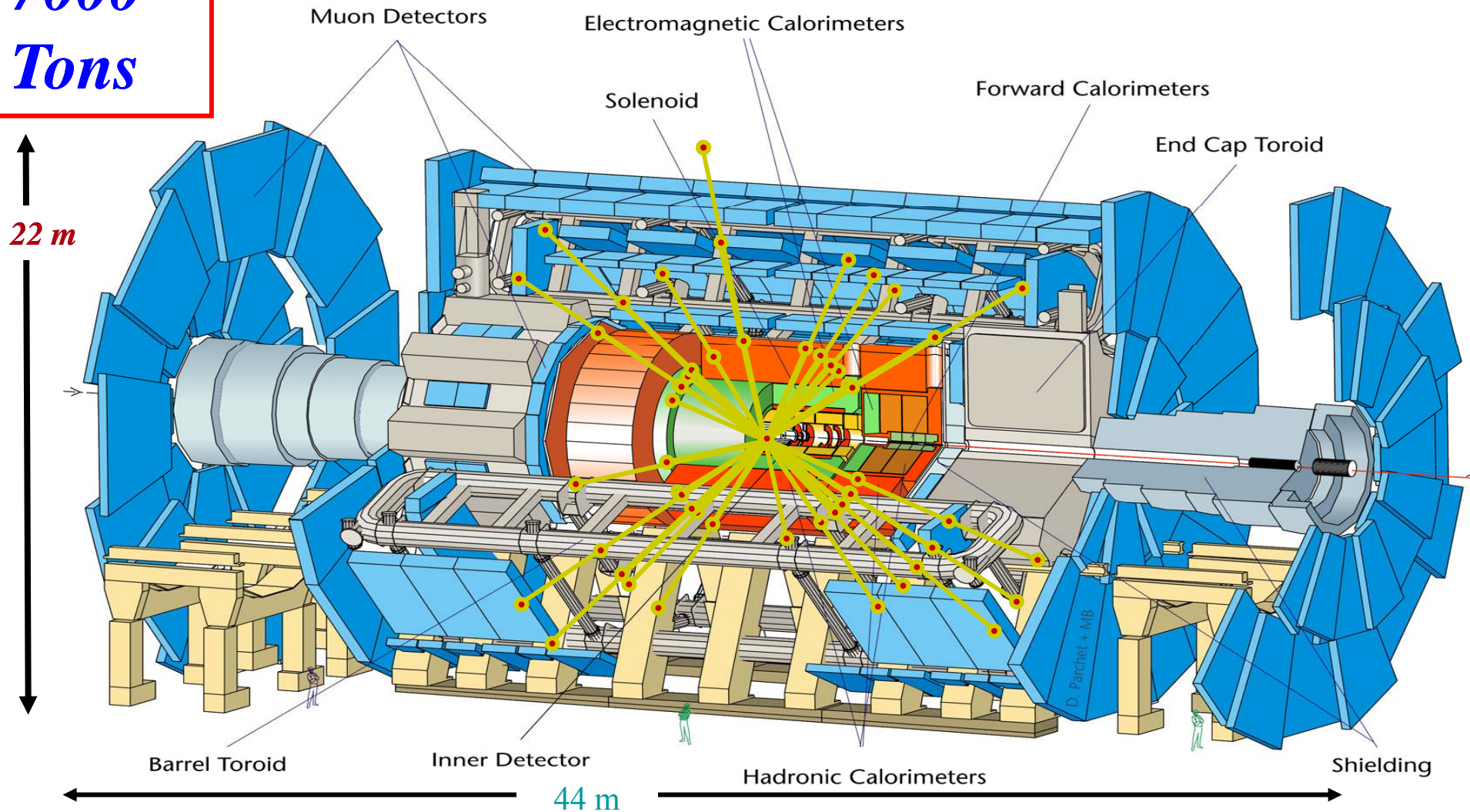
Ο ανιχνευτής ATLAS ανάμεσα στις πτέρυγες του 6-όροφου κτιρίου 40 CERN

Διάμετρος	25 m
Μήκος Τοροειδούς	26 m
Συνολικό μήκος	46 m
Συνολικό βάρος	7000 Tons

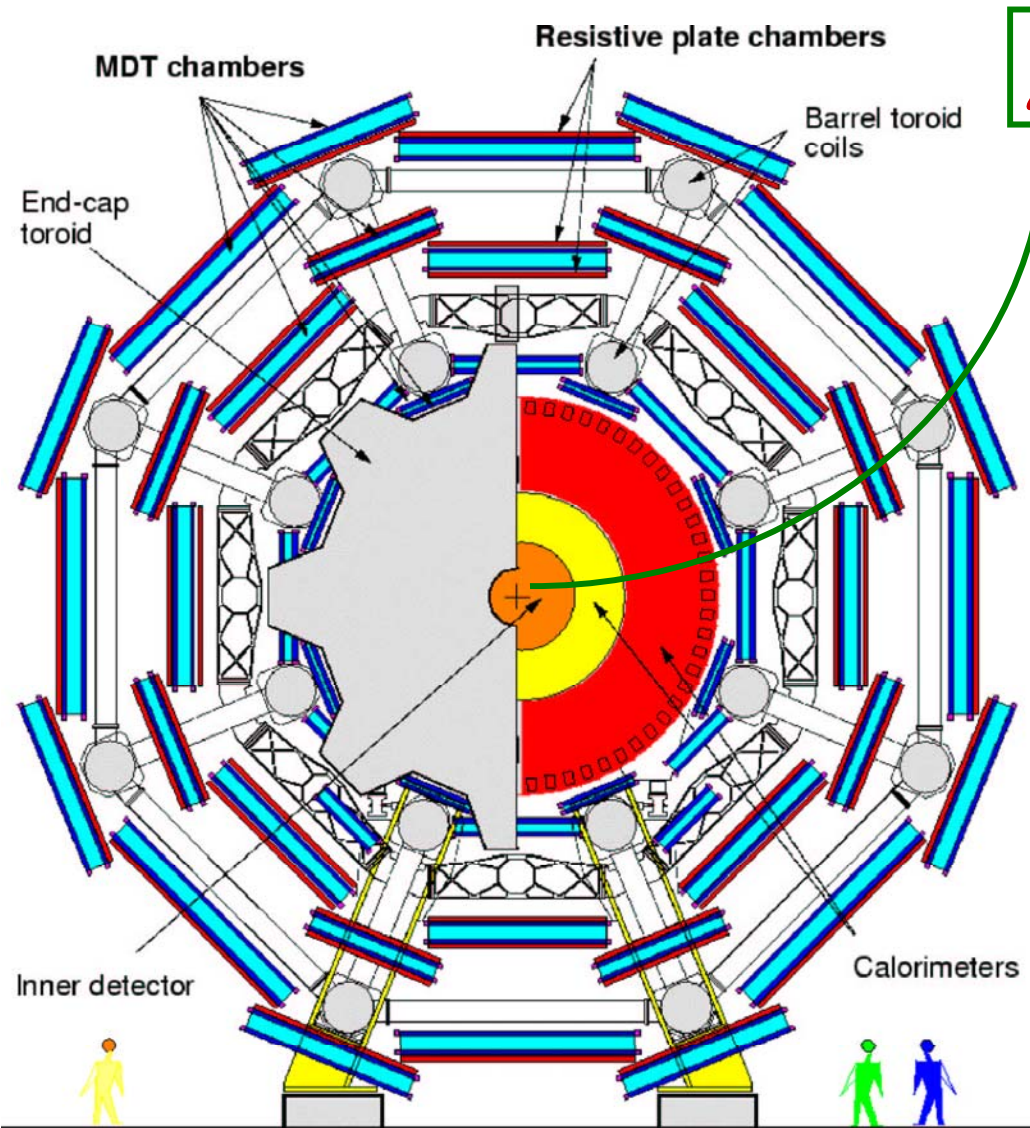


# Ο Ανιχνευτής ATLAS

D712/mb-26/06/97  
**7000  
Tons**







**μ**

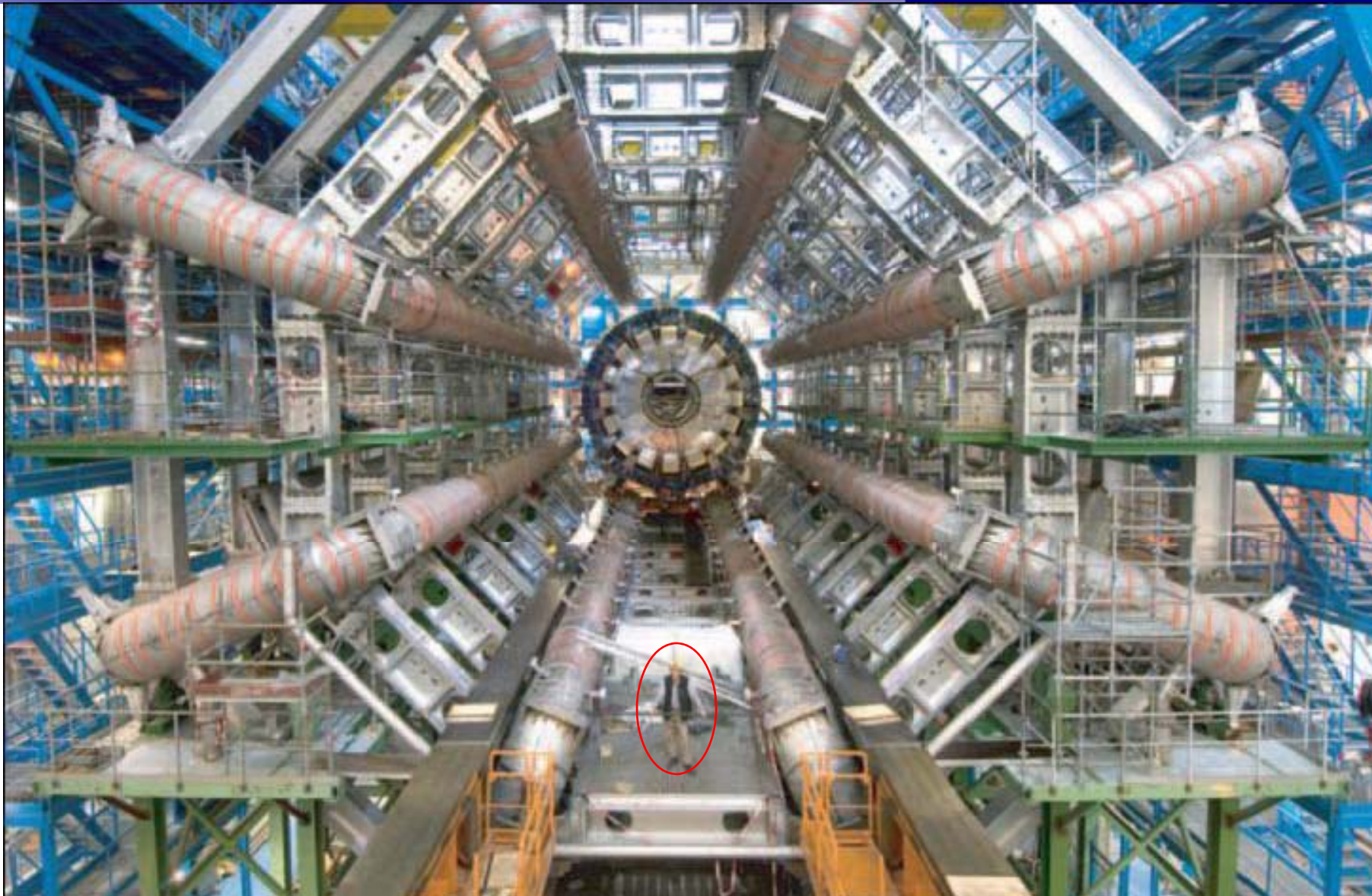
## Ανακατασκευή Τροχιάς Μιονίου

Κάθε τροχιά που διέρχεται από το ΦΜ μετρείται από 3 σταθμούς *Monitored Drift Tubes (MDT)* και *Cathode Strip Chambers (CSC)* με συνολική ακρίβεια καλύτερη των 50 μm

## Σύστημα Σκανδαλισμού Μιονίων

*Resistive Plate Chambers (RPC)*  
*Thin Gap Chambers (TGC)*

# Το εσωτερικό του Ανιχνευτή ATLAS





Ο  
Καθηγητής  
**Steve  
Hawkings**  
με τον υπ.  
P. Jenni

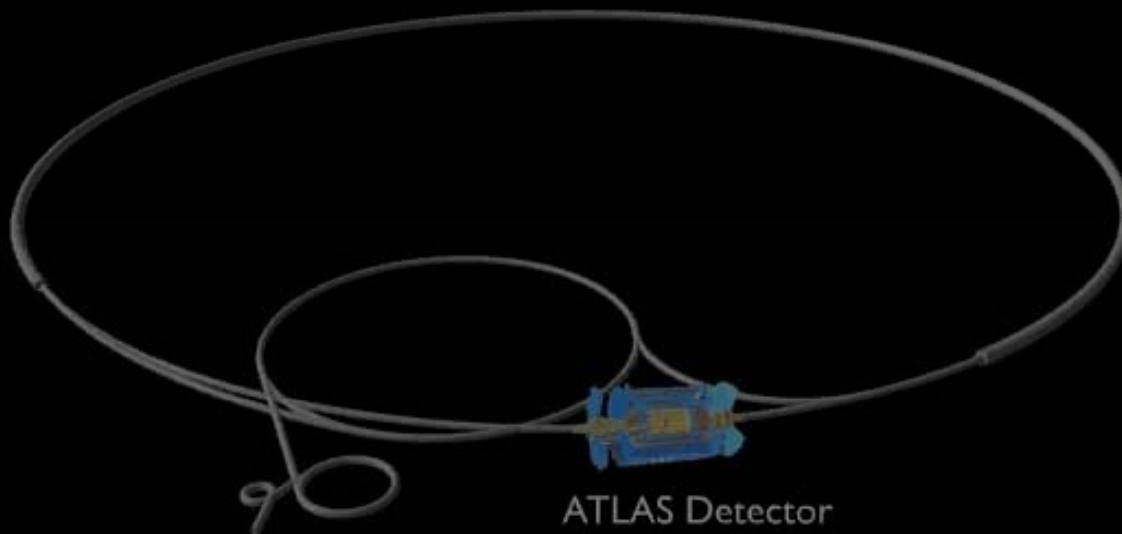




**Δ. Νανόπουλος** Καθηγητής-Ακαδημαϊκός και **Ε. Γαζής** Καθηγητής,  
Εθνικοί Εκπρόσωποι της Ελλάδας στο CERN, Δεκέμβρης 2006.

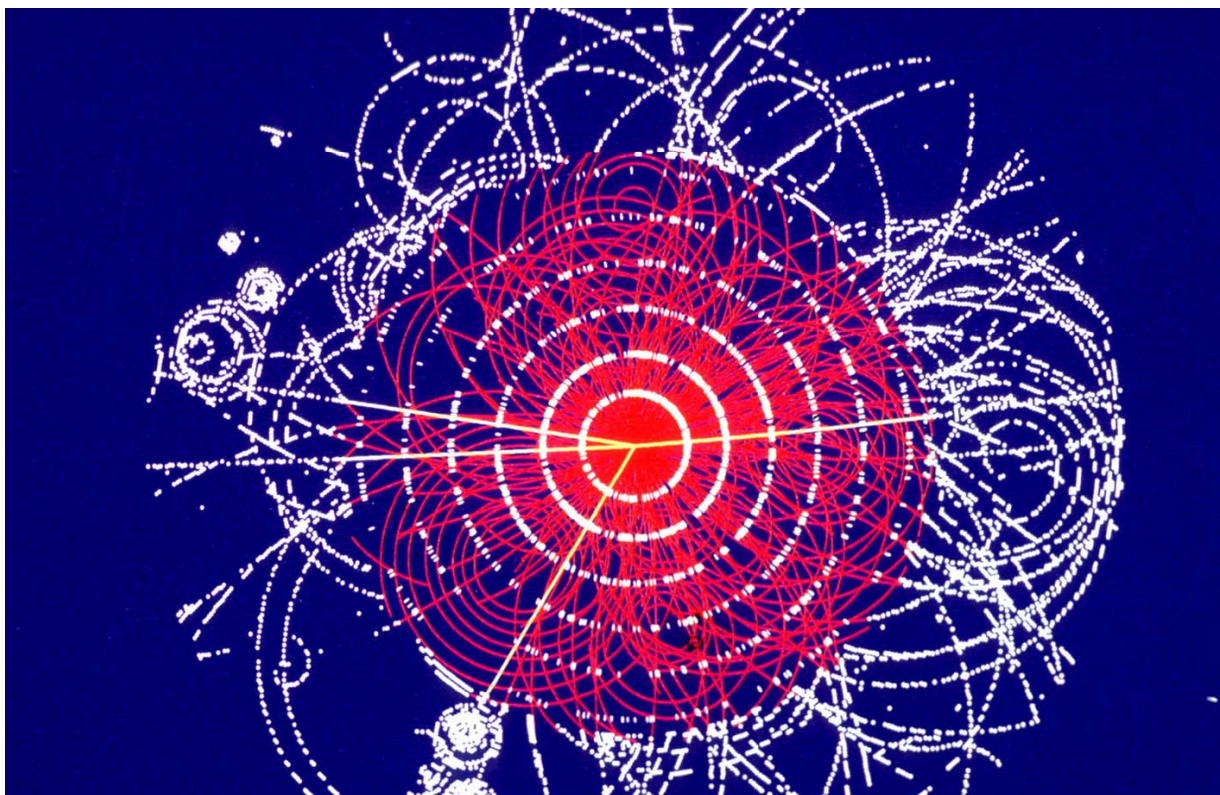
PLAY ▶

Large Hadron Collider



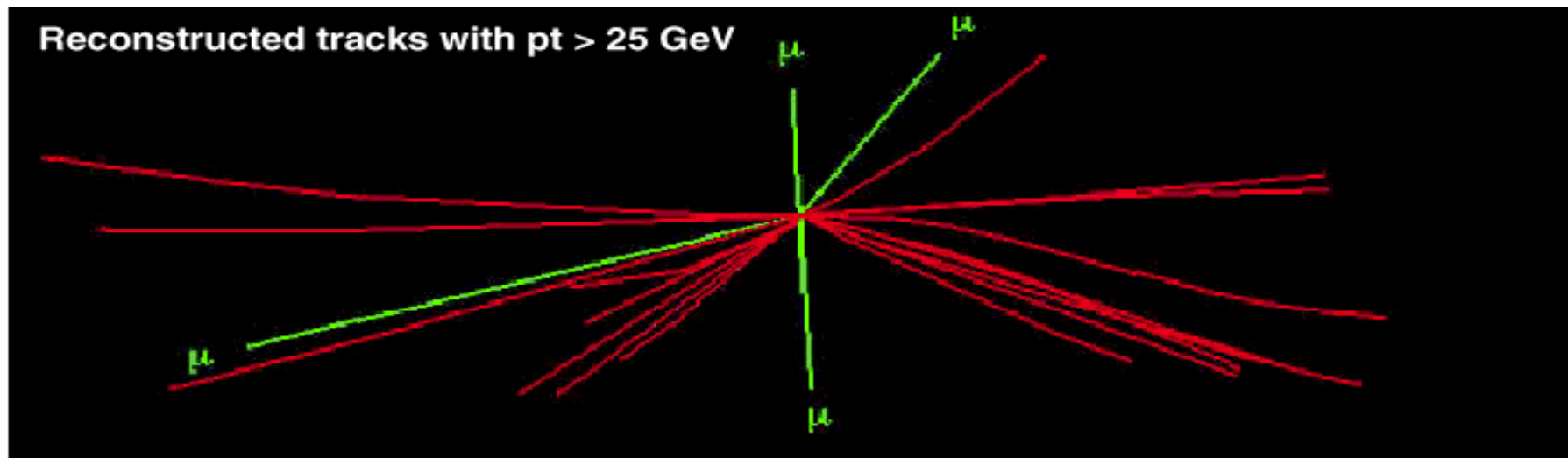
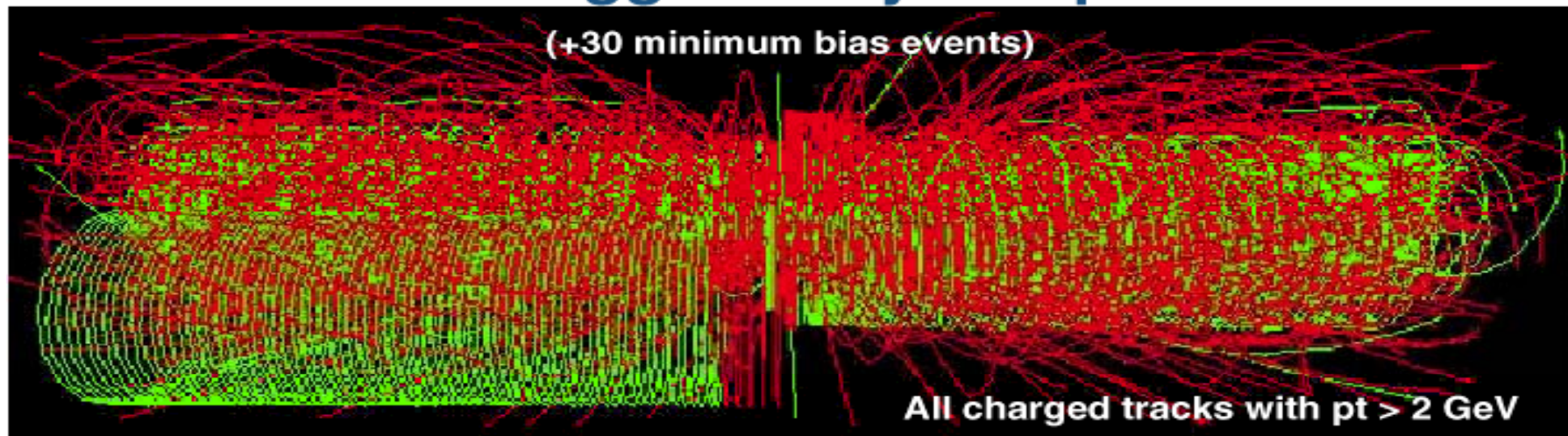
ATLAS Detector

Οι δύο δέσμες πρωτονίων στον LHC θα συγκρούονται 800 χιλιάδες φορές το δευτερόλεπτο

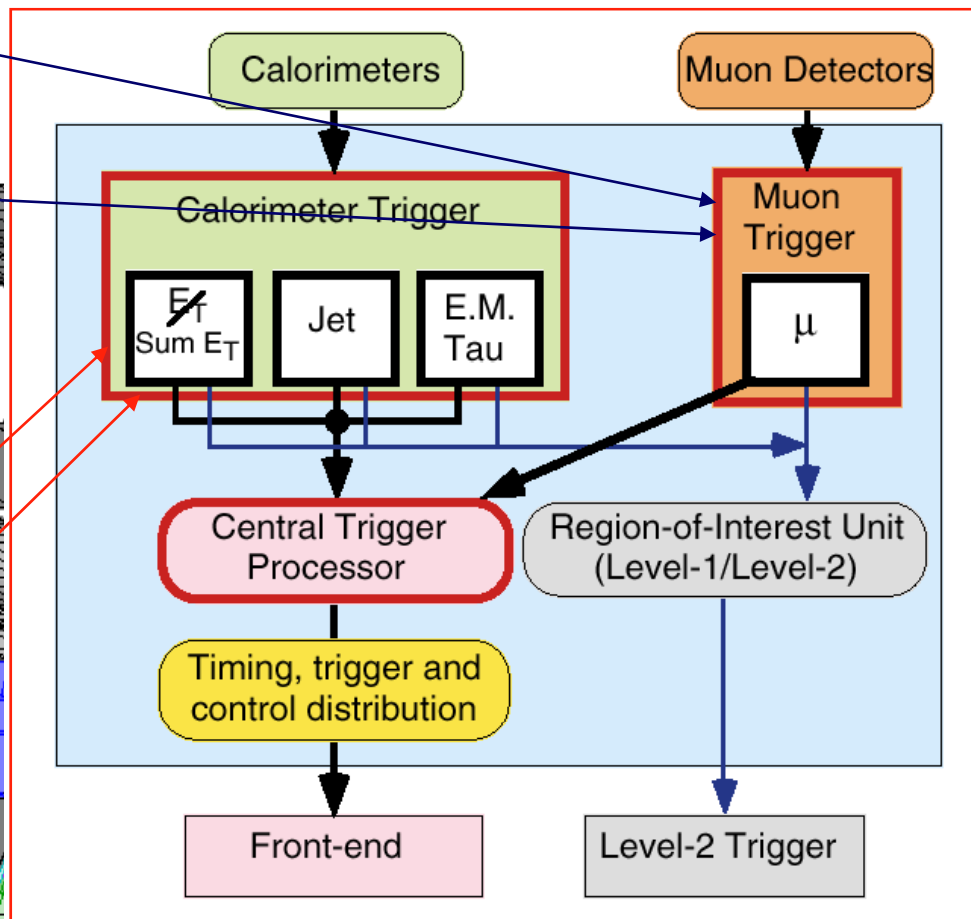
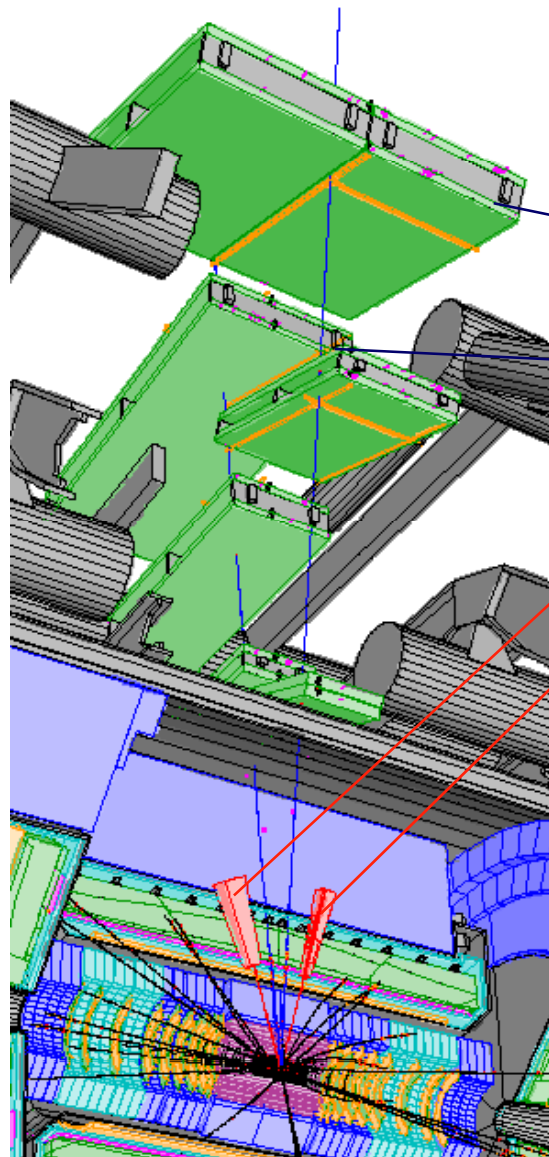


**Περιμένουμε μόνο 1 HIGGS για κάθε  
1 000 000 000 000 γεγονότα**

## Higgs decay in $4\mu$

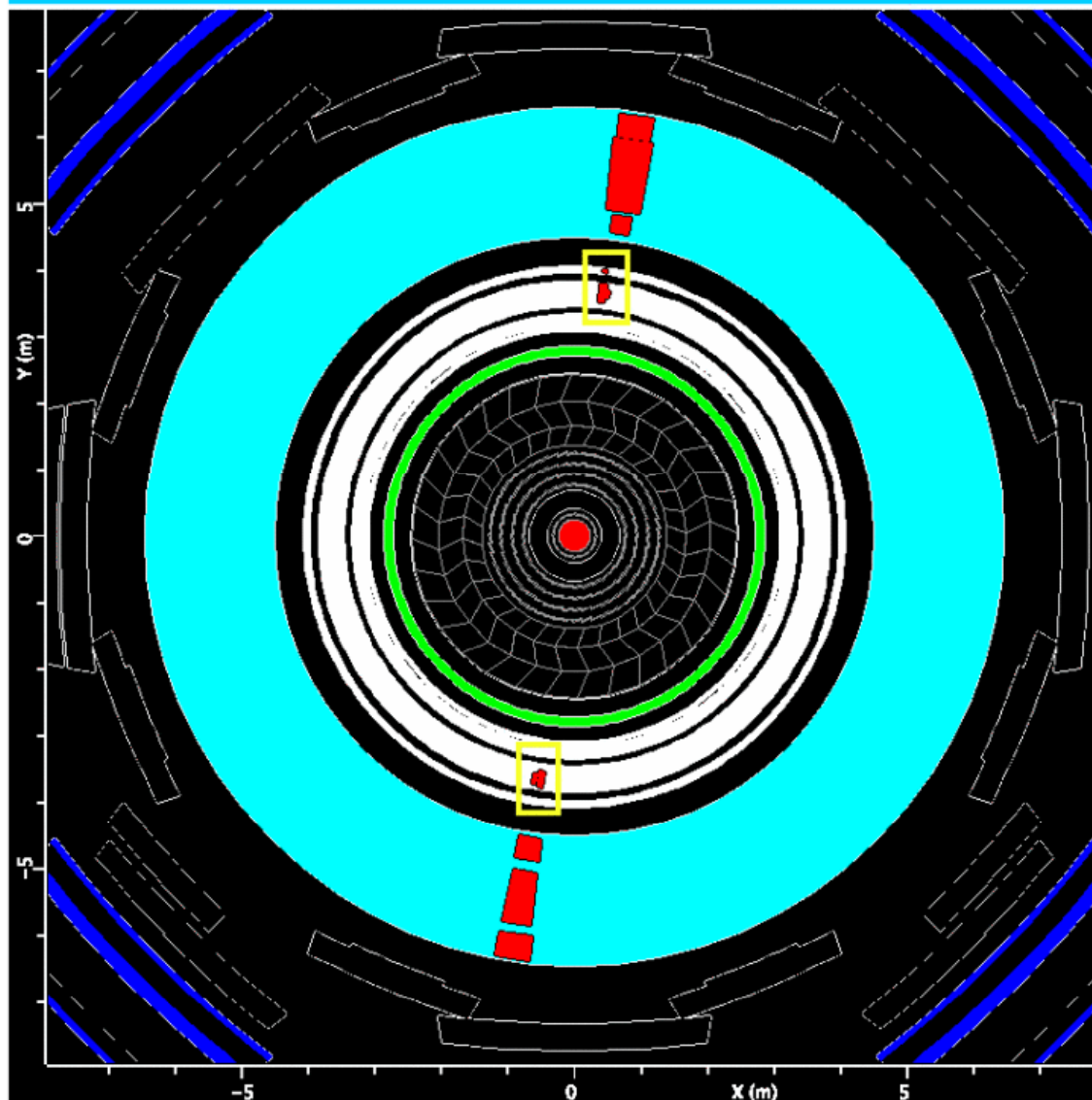


# Το σωματίδιο Higgs στον LHC

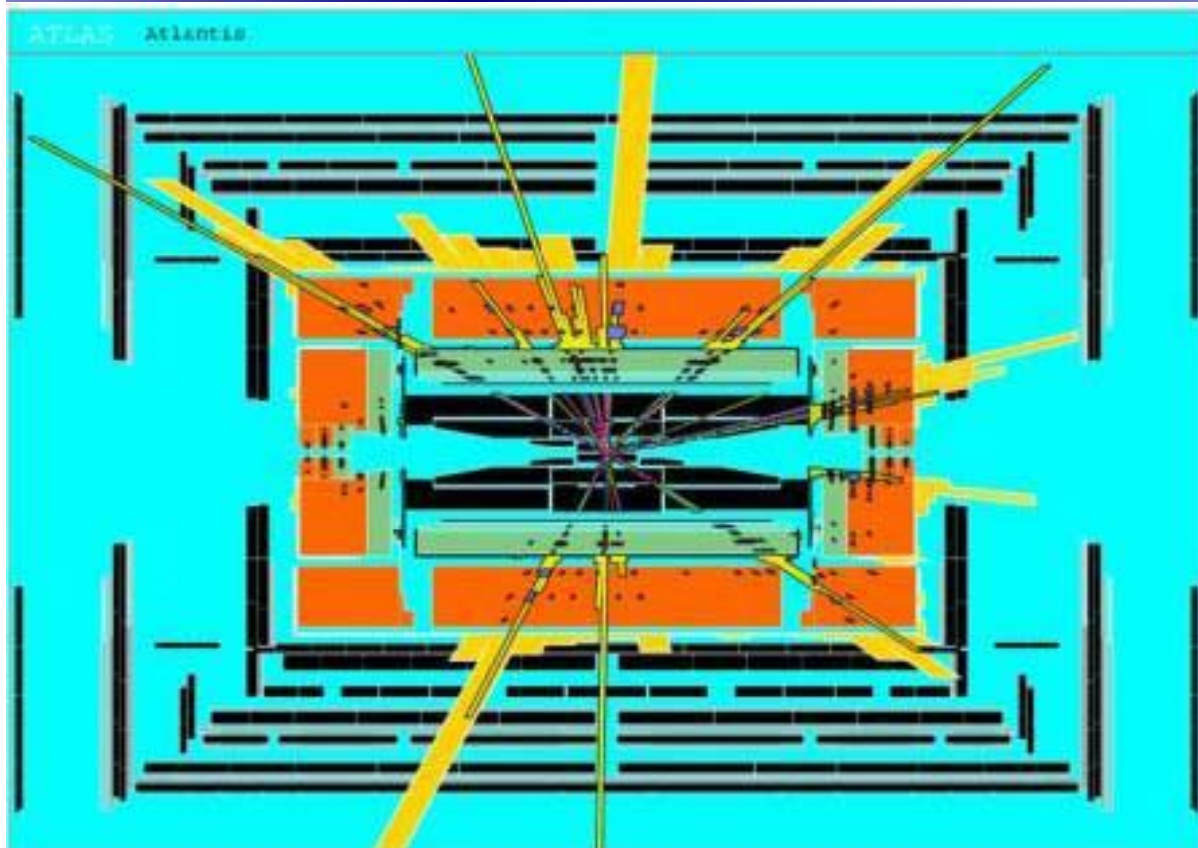




ATLAS Atlantis 2006-10-12 19:59:35 CEST Event: JiveXML\_8077\_00549 Run: 8077 Event: 549



Σχηματικό  
διάγραμμα από  
**πραγματική**  
ανίχνευση  
κοσμικών  
ακτίνων, 2006



Σχηματικό  
διάγραμμα  
από  
προσομοίωση  
ανίχνευσης  
μαύρης οπής



## Το **GRID**: μια πιθανή λύση στις υπολογιστικές ανάγκες του CERN

Το GRID είναι ένα πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από την Ε.Ε.

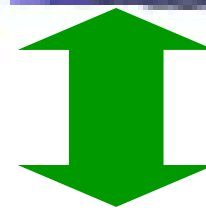
Σκοπός του είναι η κατασκευή ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ νέας γενιάς η οποία θα έχει την ικανότητα παροχής εντατικής υπολογιστικής ισχύος και ανάλυσης

Εφαρμογές για την καθημερινή πραγματικότητα





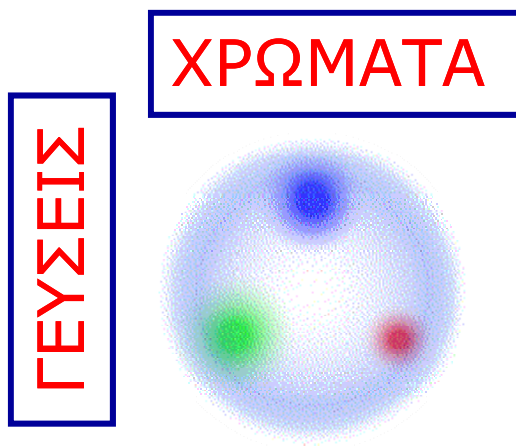
Επομένως κάθετι είναι φτιαγμένο από quarks και λεπτόνια. Αλήθεια!, ποιός θα μπορούσε να σκεφτεί κάτι τόσο απλό !!



- Ανώτερα Μαθηματικά & Κβαντομηχανική
- Βαρέα υλικά για την ανίχνευση των στοιχειωδών σωματιδίων

**Νόμωι γαρ χροιή, νόμωι γλυκύ, νόμωι πικρόν,  
'ετεήι δ' άτομα και κενόν**

Συμβατικά υπάρχει το χρώμα, συμβατικά το γλυκό  
και το πικρό, ενώ στην πραγματικότητα υπάρχουν  
μόνο τα άτομα και το κενό.



**Δημόκριτος 400 π.Χ.**



## Κάλεσμα .....

Η επιστημονική κοινότητα θα ζήσει μοναδικές συναρπαστικές στιγμές ανακάλυψης **νέων** φαινομένων φυσικής με τη λειτουργία του Μεγάλου Αδρονικού Επιταχυντή LHC!!

Ελπίζουμε ότι πολλοί από εσάς θα εμπνεύσετε στην τάξη σας τους,

**ΝΕΑΡΟΥΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ !!!,**

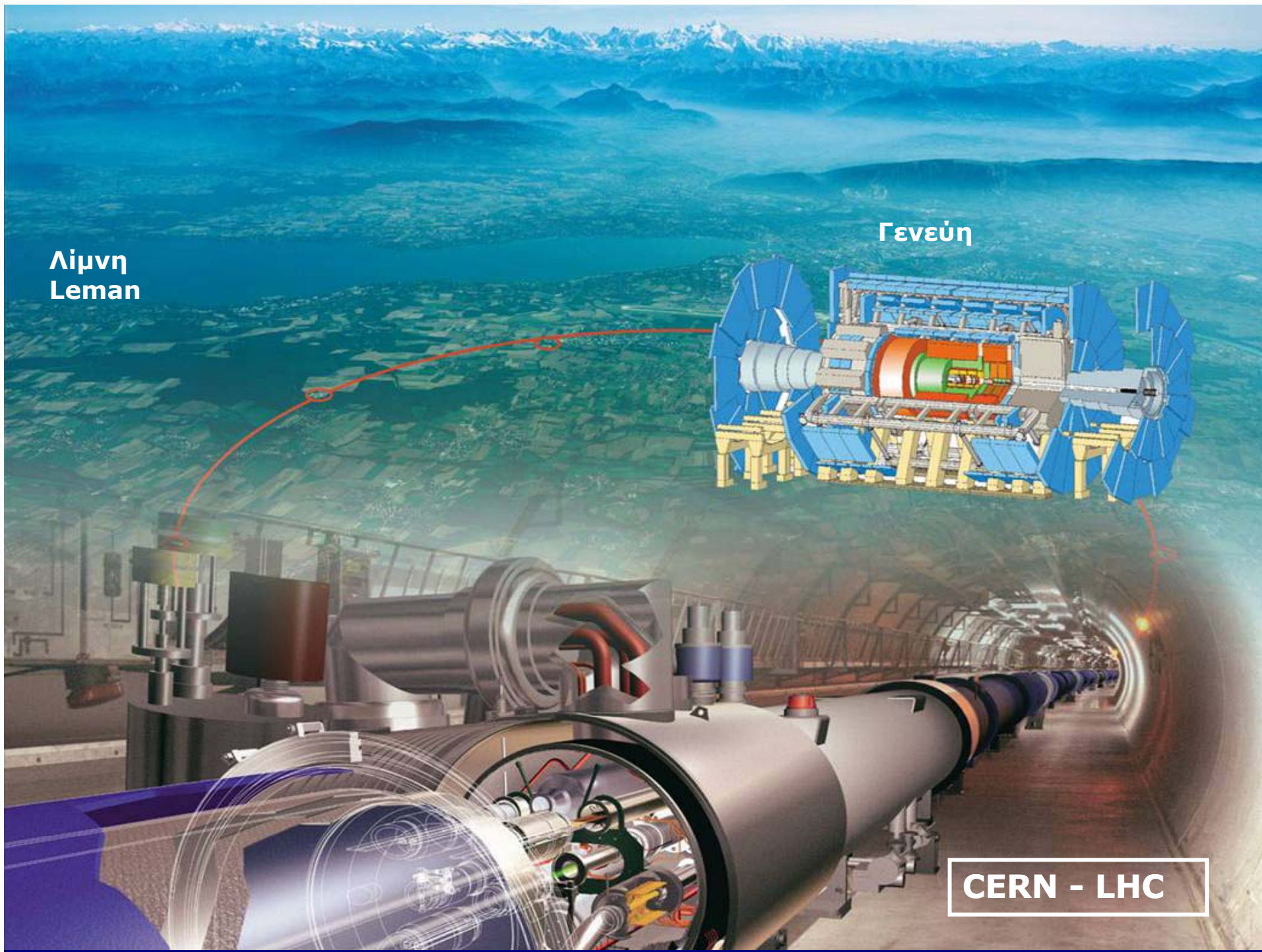
Που θα μας συνοδεύσουν σε αυτή την περιπέτεια των **νέων** ανακαλύψεων !!



Λίμνη  
Leman

Γενεύη

CERN - LHC



## Τα πρωτόνια που συγκρούονται μέσα στο πείραμα ATLAS, ΠΟΣΟ γρήγορα κινούνται?

### Ενέργεια πρωτονίου

### Ποσοστό Ταχύτητας του φωτός

<b>1 eV</b>	<b>0.00005</b>
<b>1 MeV = 1 000 eV</b>	<b>0.046</b>
<b>1 GeV = 1 000 000 eV</b>	<b>0.875</b>
<b>1 TeV = 1 000 000 000 eV</b>	<b>0.99999956</b>
<b>7 TeV = 7 000 000 000 eV</b>	<b>0.9999999991</b>

**MeV=  $10^6$  eV**

**GeV=  $10^9$  eV**

**TeV=  $10^{12}$  eV**