



Το CERN – Μία Πύλη για:

Έρευνα και
Ανακάλυψη

Τεχνολογία και
Καινοτομία

Εκπαίδευση

Συνεργασία

Καθ. Εμμανουήλ Τσεσμελής (CERN και Παν. Οξφόρδης)
CERN High School Student Internship Programme (HSSIP)

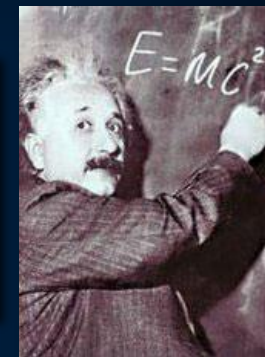
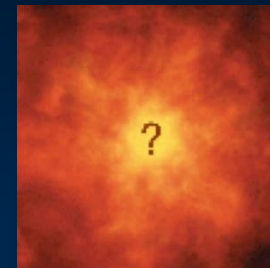
13 Σεπτεμβρίου 2021



Η Αποστολή του CERN

□ Προώθηση της γνώσης για τον κόσμο γύρω μας (περιέργεια)

□ π.χ. τα μυστικά του Big Bang ... πώς ήταν η ύλη στα πρώτα λεπτά της ύπαρξης του Σύμπαντος;



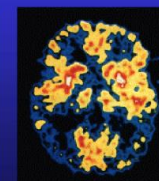
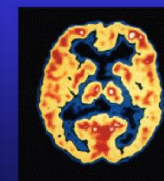
□ Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για επιταχυντές και ανιχνευτές

□ Πληροφορική- το Web και το GRID

□ Ιατρική - διάγνωση και θεραπεία



Brain Metabolism in Alzheimer's Disease: PET Scan



□ Εκπαίδευση και κατάρτιση επιστημόνων και μηχανικών του αύριο



□ Φέρνει κοντά ανθρώπους από διαφορετικές χώρες και πολιτισμούς



Science for peace

CERN was founded in 1954 with 12 European Member States



23 Member States

Austria – Belgium – Bulgaria – Czech Republic
Denmark – Finland – France – Germany – **Greece**
Hungary – Israel – Italy – Netherlands – Norway
Poland – Portugal – Romania – Serbia – Slovakia
Spain – Sweden – Switzerland – United Kingdom

3 Associates Member States in the pre-stage to membership

Cyprus – Estonia – Slovenia

6 Associate Member States

Croatia – India – Latvia – Lithuania – Pakistan – Turkey –
Ukraine

6 Observers

Japan – Russia – USA
European Union – JINR – UNESCO

More than 50 Cooperation Agreements with non-Member States and Territories

Albania – Algeria – Argentina – Armenia – Australia – Azerbaijan – Bangladesh – Belarus – Bolivia
Bosnia and Herzegovina – Brazil – Canada – Chile – Colombia – Costa Rica – Ecuador – Egypt – Georgia – Iceland
Iran – Jordan – Kazakhstan – Latvia – Lebanon – Malta – Mexico – Mongolia – Montenegro – Morocco – Nepal
New Zealand – North Macedonia – Palestine – Paraguay – People's Republic of China – Peru – Philippines – Qatar
Republic of Korea – Saudi Arabia – Sri Lanka – South Africa – Thailand – Tunisia – United Arab Emirates – Vietnam

CERN's annual budget
is 1200 MCHF (equivalent
to a medium-sized European
university)

As of 31 December 2020

Employees:
2635 staff, 756 fellows

Associates:
11 399 users, 1687 others

A laboratory for people around the world

Distribution of all **CERN Users** by the country of their **home institutes** as of **31 December 2020**



Geographical & cultural diversity
Users of **110 nationalities**
~ 23% women



As part of the CERN family,
a global perspective for
scientific collaboration and
technological development
opens up

Member States 6632

Austria 82 – Belgium 122 – Bulgaria 37 – Czech Republic 221
Denmark 35 – Finland 79 – France 794 – Germany 1185
Greece 138 – Hungary 67 – Israel 63 – Italy 1388
Netherlands 166 – Norway 78 – Poland 272 – Portugal 80
Romania 99 – Serbia 35 – Slovakia 66 – Spain 325
Sweden 96 – Switzerland 329 – United Kingdom 875

Associate Member States in the pre-stage to Membership 27

Cyprus 11 – Slovenia 16

Associate Member States 390

Croatia 38 – India 151 – Lithuania 13 – Pakistan 35
Turkey 124 – Ukraine 29

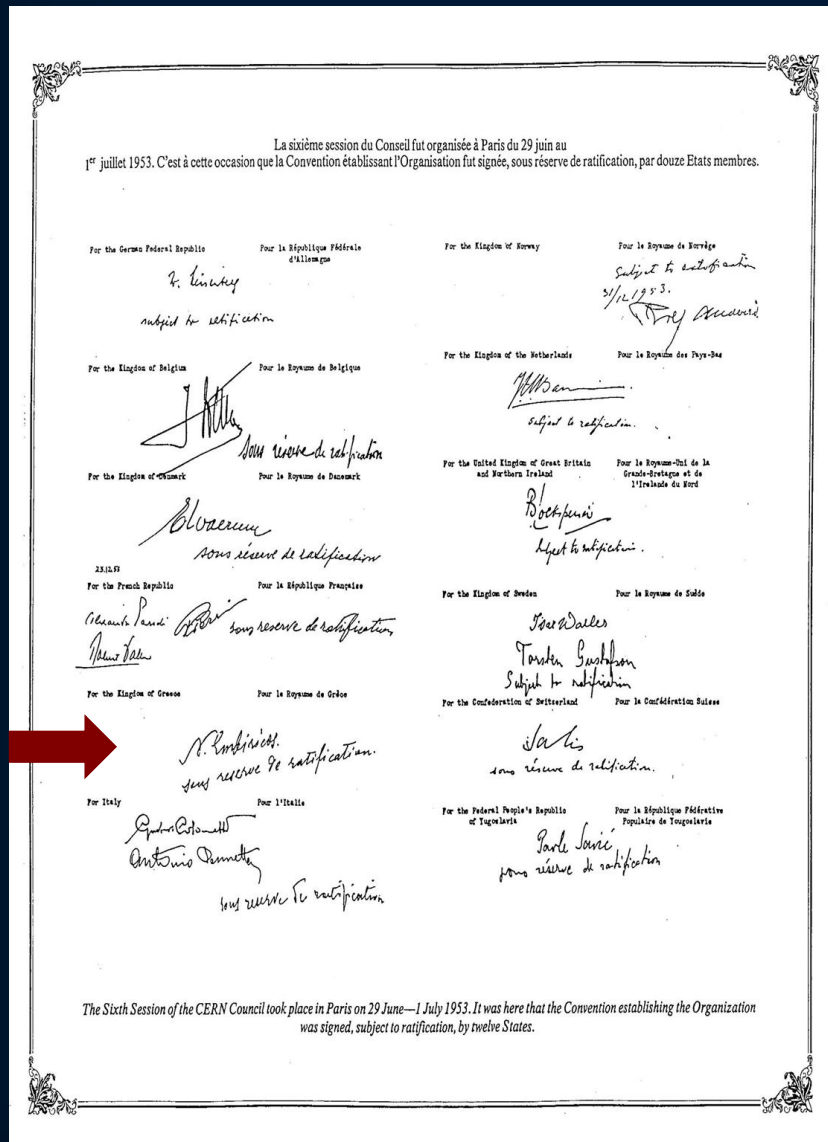
Observers 3071

Japan 211 – Russia 1021 – United States of America 1839

Other countries 1279

Algeria 2 – Argentina 15 – Armenia 10 – Australia 23 – Azerbaijan 2 – Bahrain 2 – Belarus 26 – Brazil 108
Canada 196 – Chile 22 – Colombia 15 – Cuba 3 – Ecuador 4 – Egypt 14 – Estonia 26 – Georgia 35
Hong Kong 20 – Iceland 3 – Indonesia 7 – Iran 13 – Ireland 6 – Kuwait 2 – Latvia 6 – Lebanon 17
Malaysia 4 – Malta 3 – Mexico 49 – Montenegro 5 – Morocco 18 – New Zealand 11 – Oman 1
People's Republic of China 334 – Peru 2 – Puerto Rico 2 – Republic of Korea 132 – Singapore 3
South Africa 57 – Sri Lanka 8 – Taiwan 50 – Thailand 16 – United Arab Emirates 2

Η Συνθήκη του CERN



- Από τη πλευρά της Ελλάδας υπέγραψε ο Καθηγητής Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Ν. Εμπειρικός.

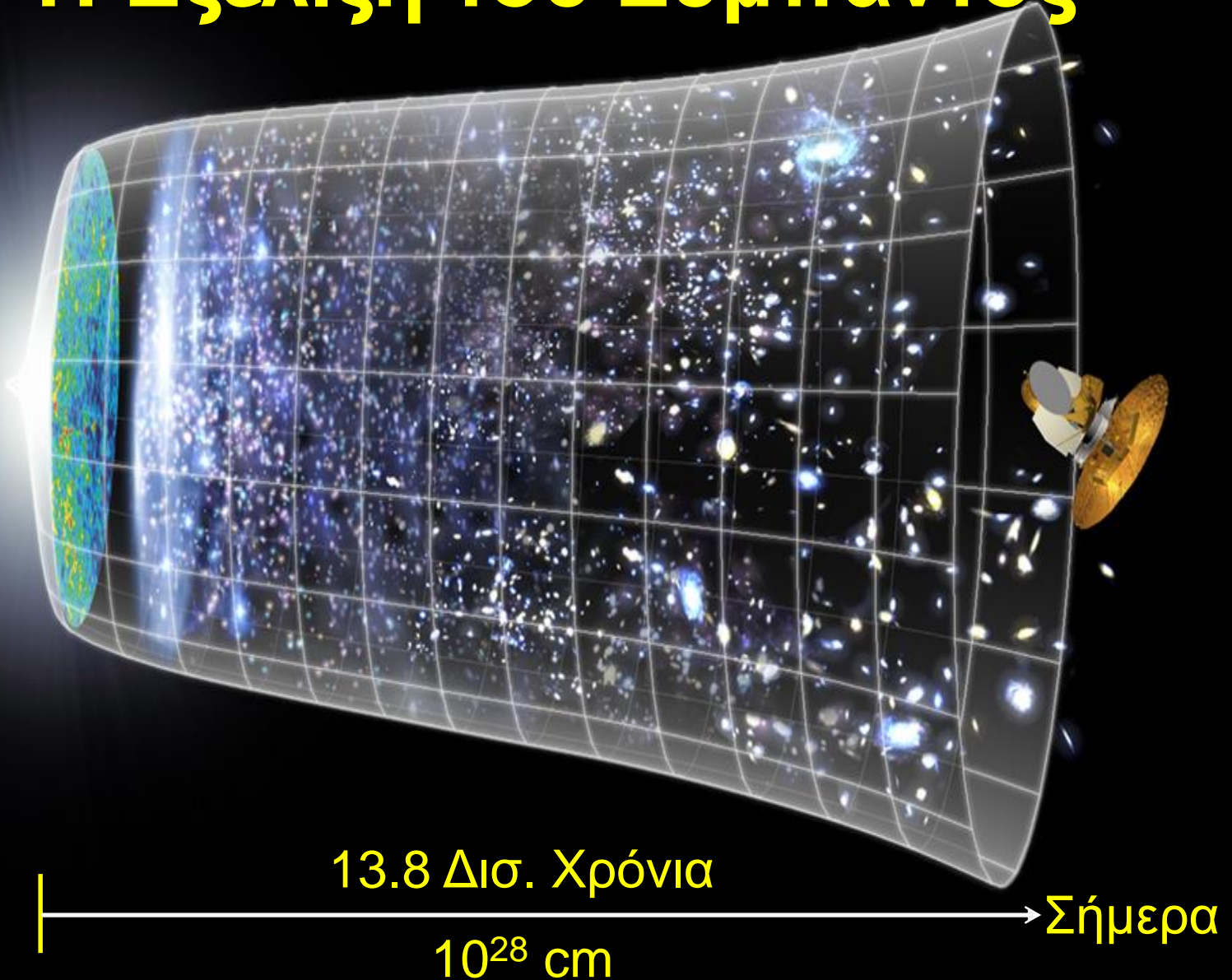
Θεμελιώδη Ερωτήματα



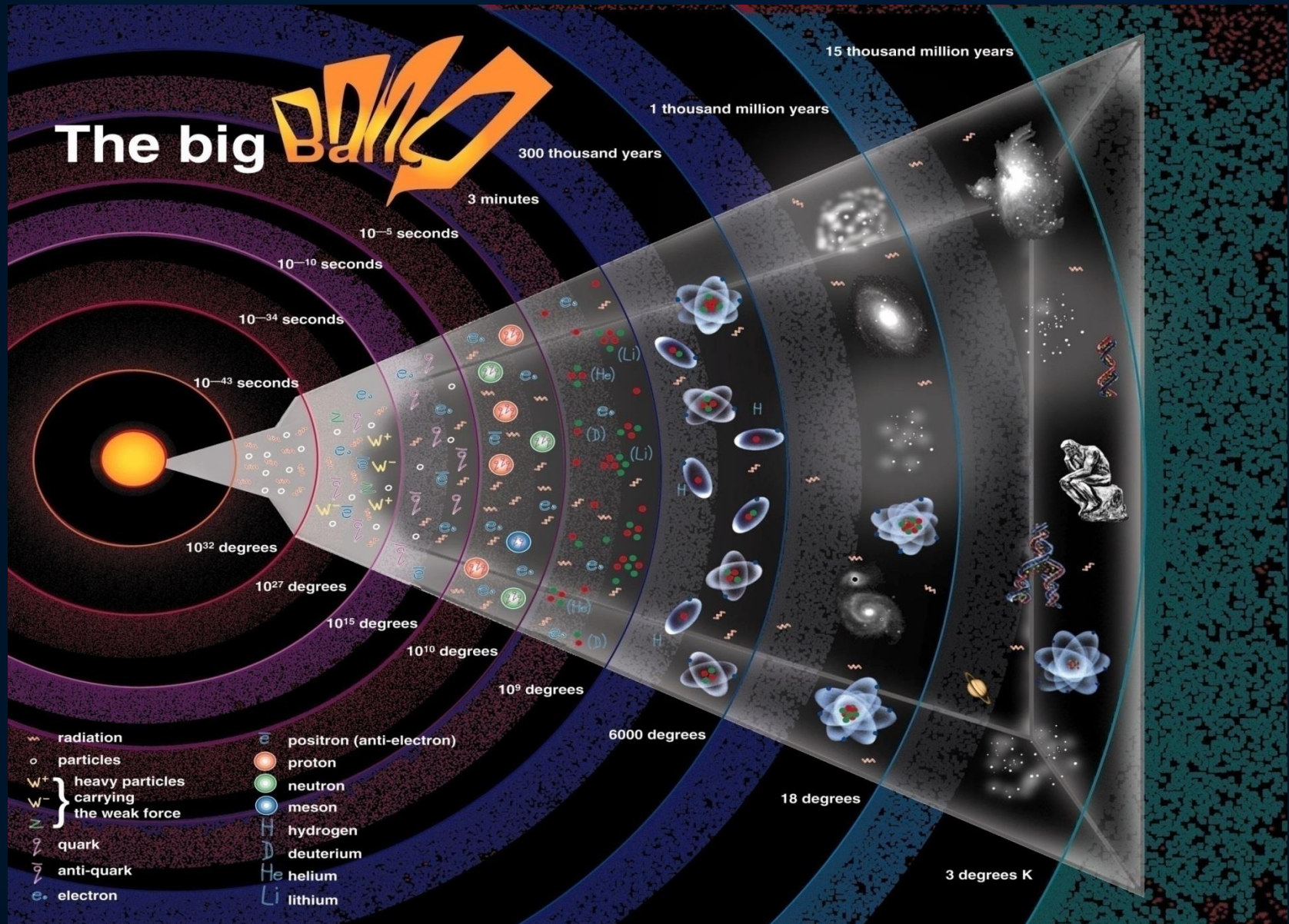
Η Σχολή των Αθηνών (Ραφαήλ)

Η Εξέλιξη του Σύμπαντος

Μεγάλη
Έκρηξη



Το Σύμπαν

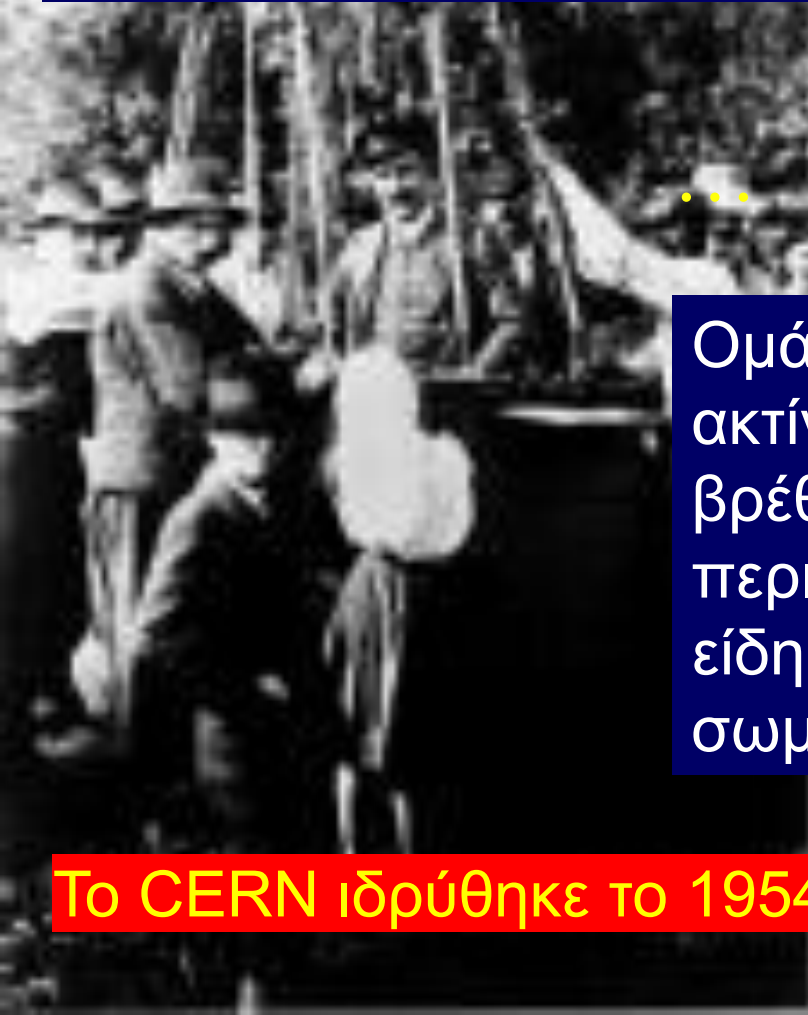


Από τις κοσμικές ακτίνες στο CERN

Ανακαλύφθηκε πριν από έναν αιώνα...

Ομάδες κοσμικών
ακτίνων
βρέθηκαν να
περιέχουν πολλά
είδη
σωματιδίων...

Το CERN ιδρύθηκε το 1954 για να μελετήσει αυτά τα σωματίδια



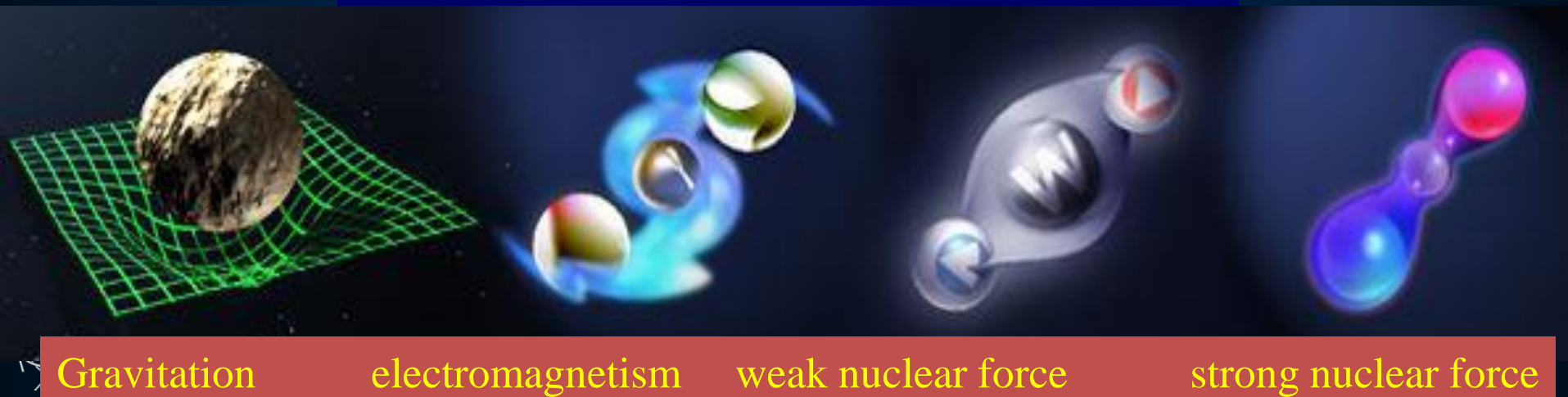
Το Καθιερωμένο Μοντέλο της Σωματιδιακής Φυσικής

= Κοσμικό DNA

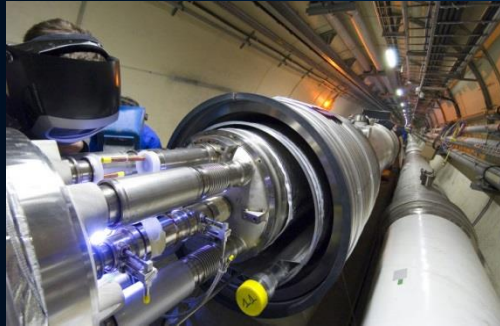
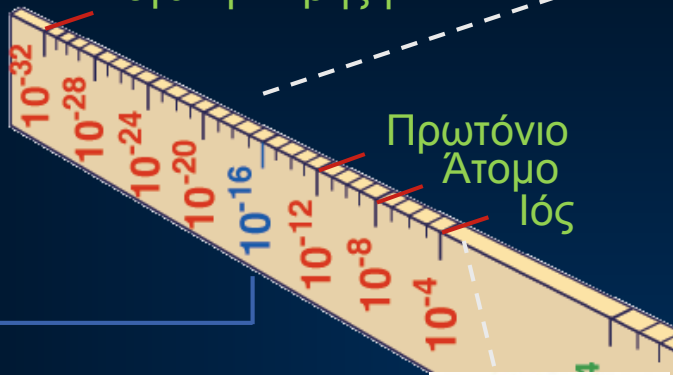
The matter particles



The fundamental interactions



Μεγάλη Έκρηξη



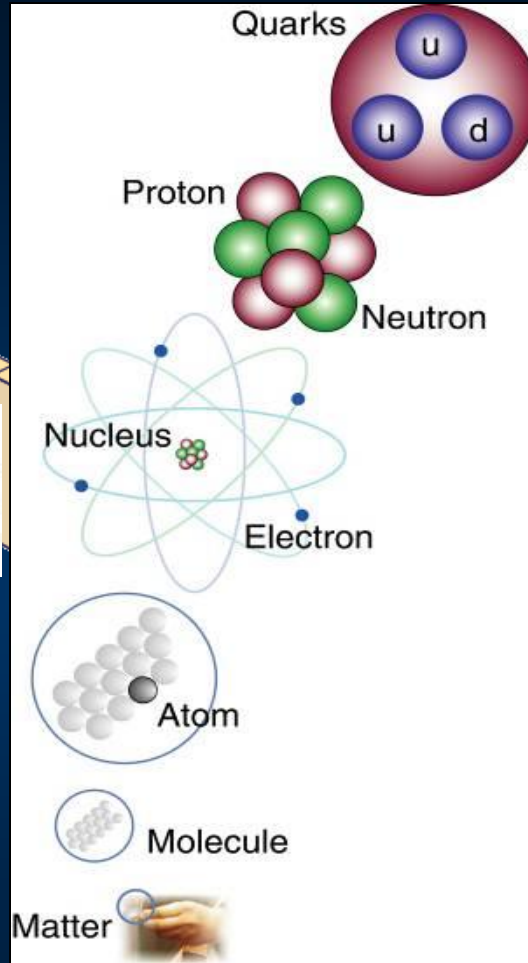
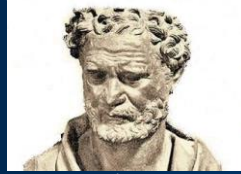
LHC

Super-Μικροσκόπιο



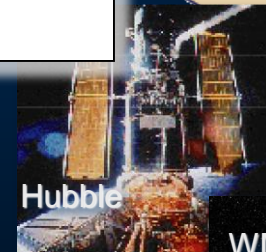
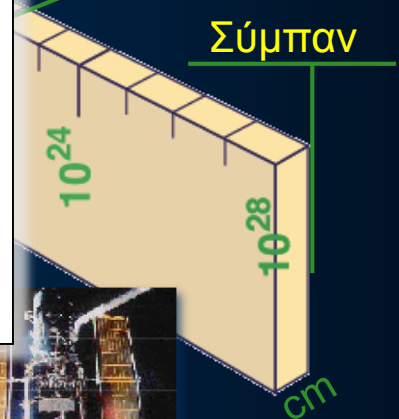
Οι νόμοι της φυσικής στις πρώτες στιγμές μετά την Μεγάλη Έκρηξη.

Επικάλυψη μεταξύ σωματιδιακή φυσική, αστροφυσική, και κοσμολογία.



Γαλαξίες

Σύμπαν



Hubble



WMAP

Γιατί τα πράγματα ζυγίζουν;

Νεύτων:

Το βάρος είναι **ανάλογο** με τη μάζα

Αϊνστάιν:

Η ενέργεια **σχετίζεται** με τη μάζα

Δεν εξηγούν την προέλευση της μάζας



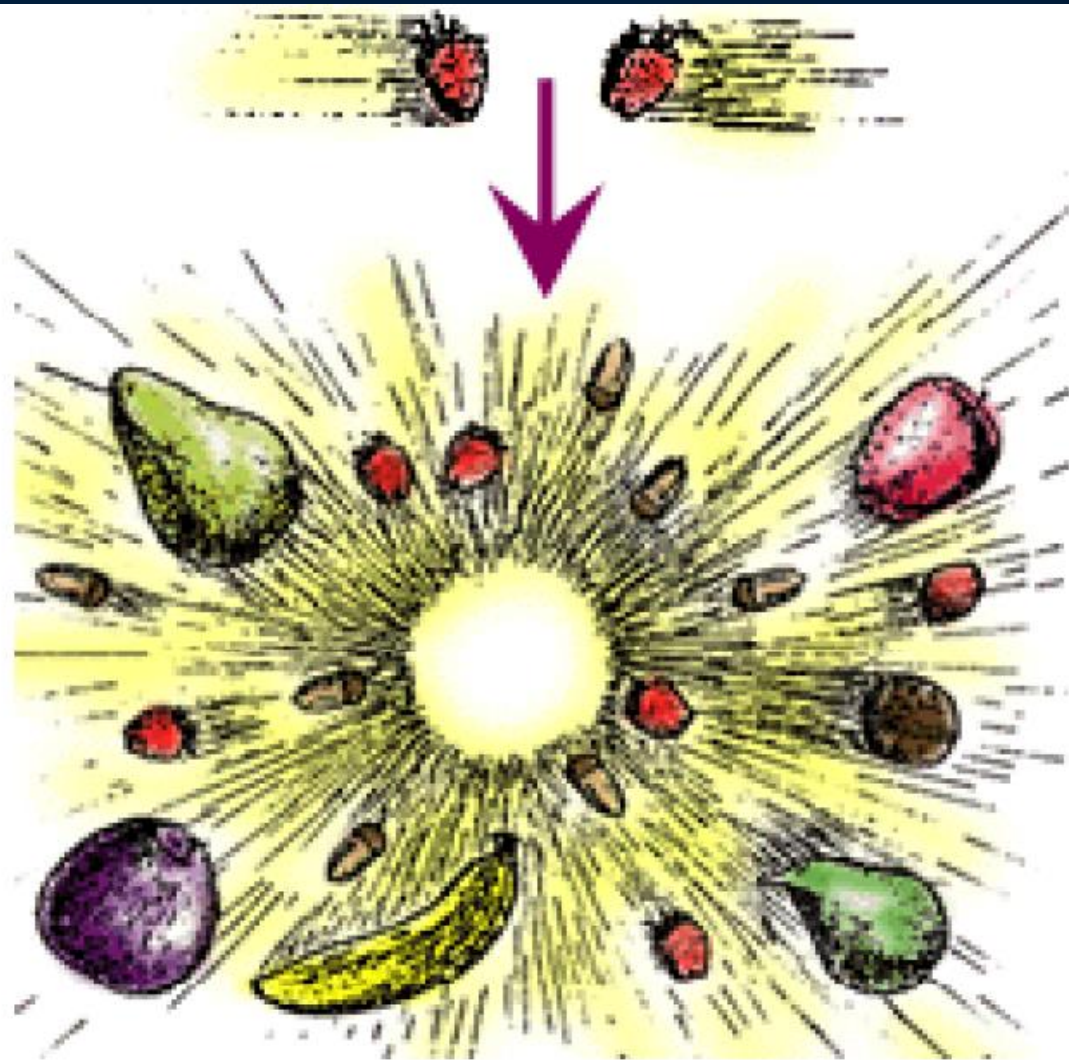
Από που προέρχεται η μάζα;

Λόγω του μηχανισμού Brout-Englert-Higgs (BEH) και του μποζονίου Higgs;

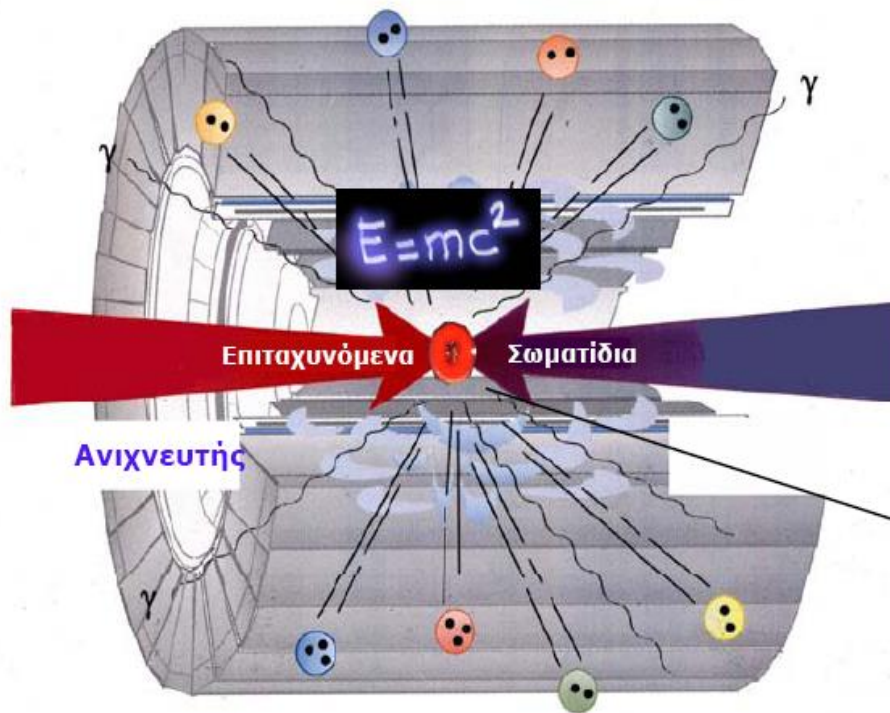
Μέθοδοι της Σωματιδιακής Φυσικής

Σχέση του
Einstein

$$E = mc^2$$



Μέθοδοι της Σωματιδιακής Φυσικής



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

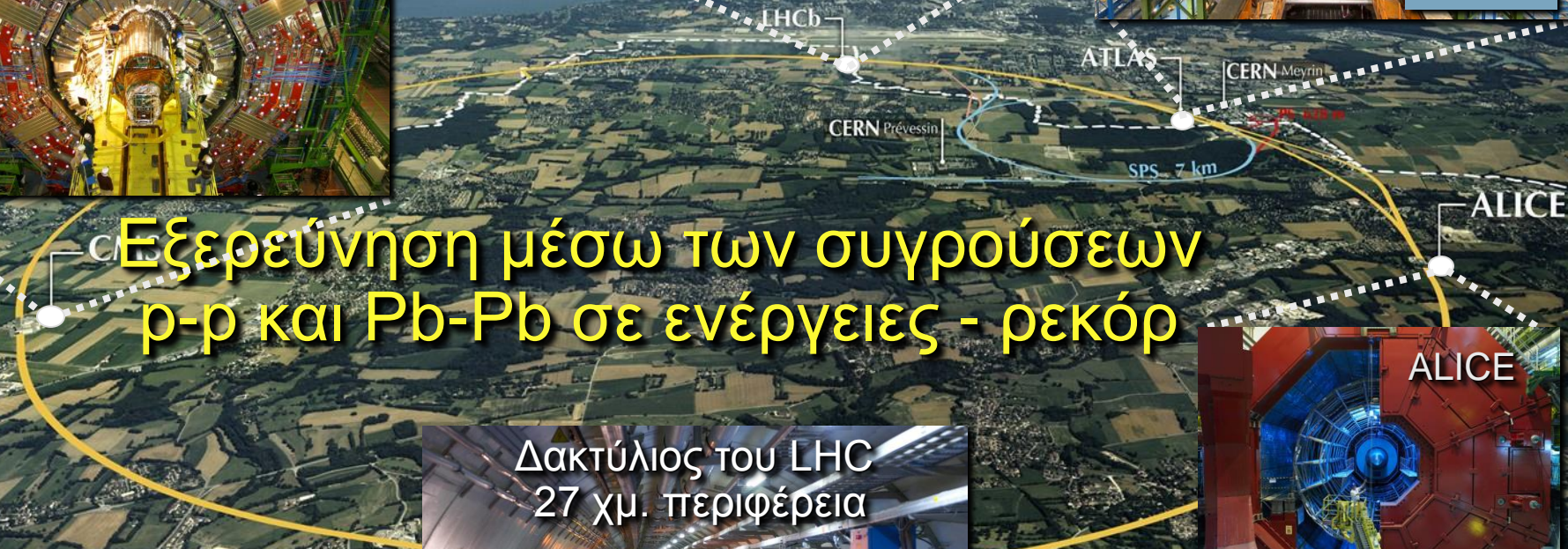
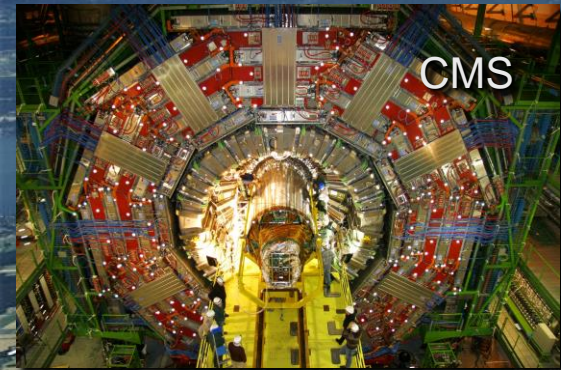
2) **Σύγκρουση** σωματιδίων (δημιουργία συνθηκών ανάλογων του Big Bang)

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

Οι Εγκαταστάσεις του CERN



2010: μια Νέα Εποχή για την Θεμελιώδη Επιστήμη



Εξερεύνηση μέσω των συγκρούσεων
 p - p και Pb - Pb σε ενέργειες - ρεκόρ

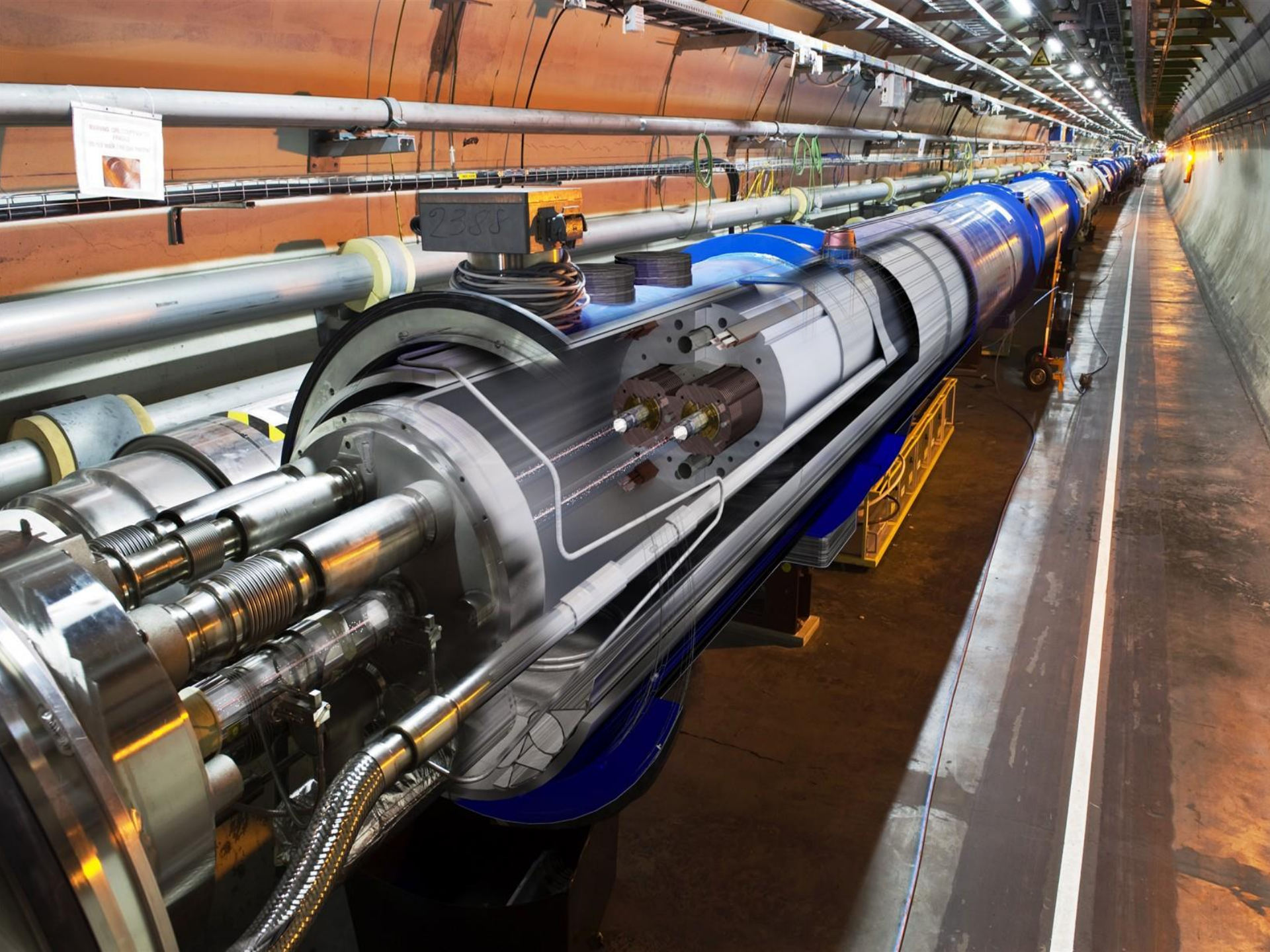


7 TeV p + 7 TeV p



Φωτεινότητα =
 $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$

Ο Επιταχυντής LHC



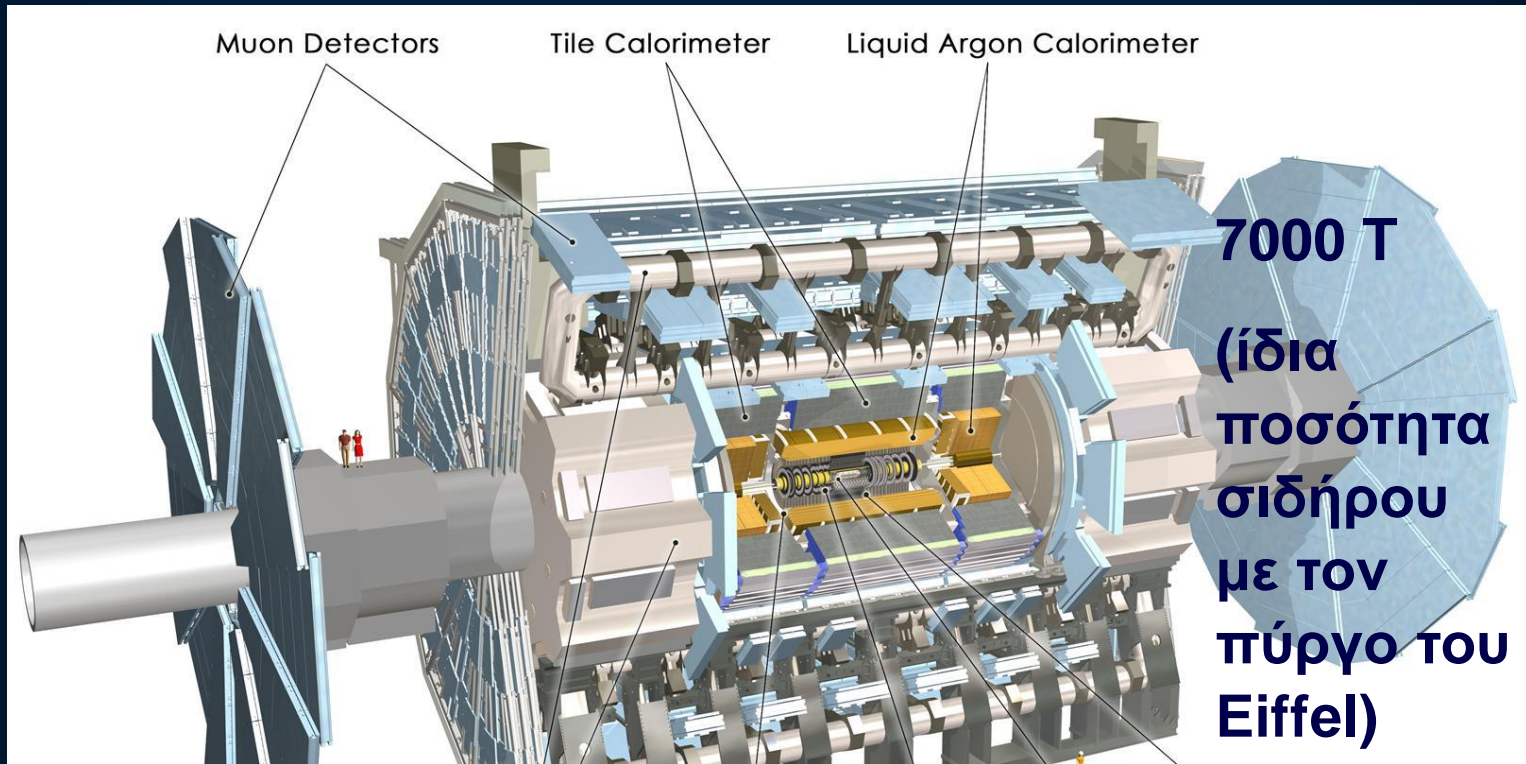
WARNING: DO NOT TOUCH
THIS AREA IS HIGHLY RADIATION
DANGEROUS

2388

Χρειαζόμαστε Μεγάλους Ανιχνευτές

43 μ

22 μ



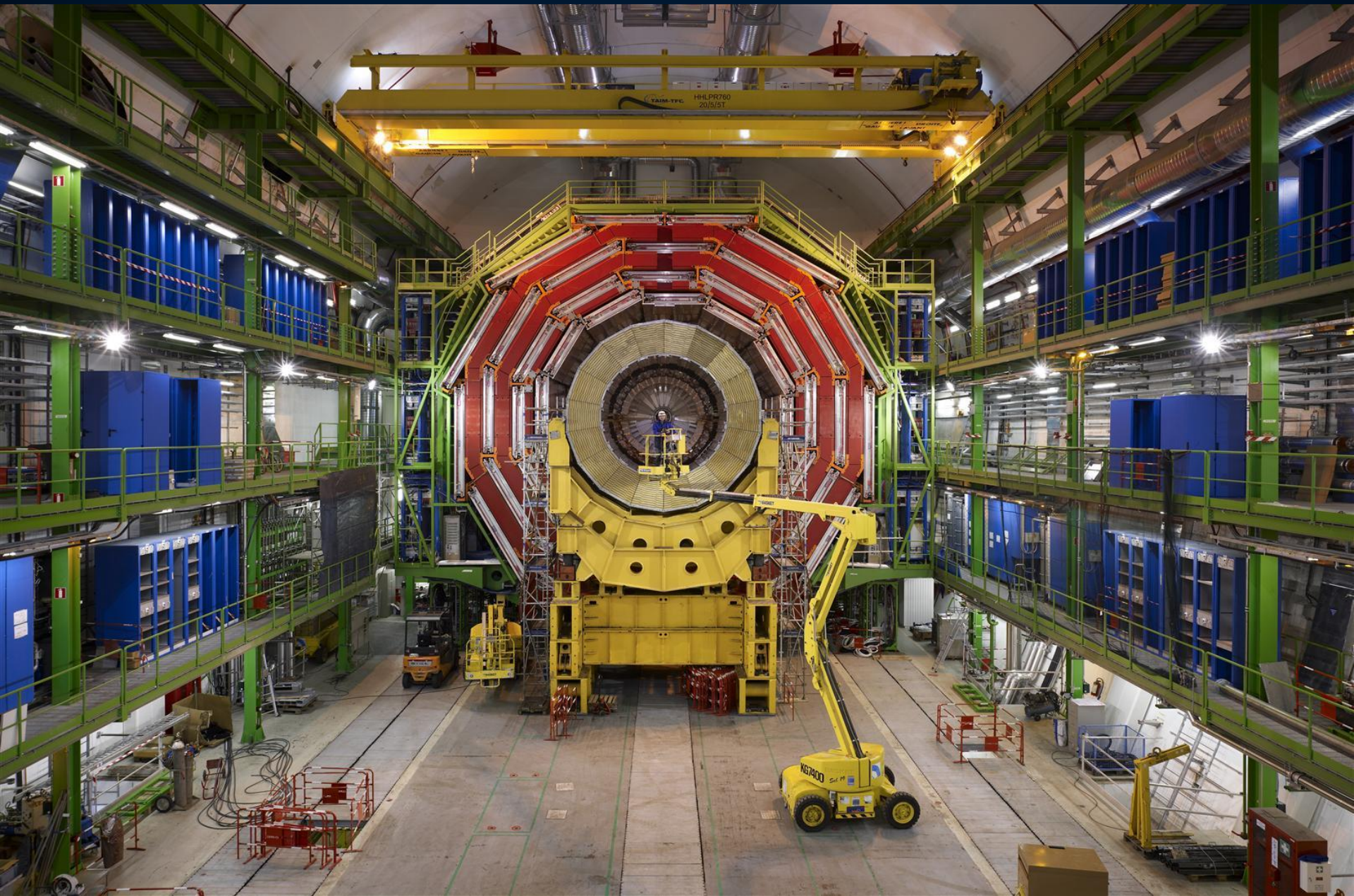
~ 3000 επιστήμονες (~1000 φοιτητές), 181 ινστιτούτα, 41 χώρες

Toroid Magnets Solenoid Magnet SCT Tracker Pixel Detector TRT Tracker



Το Πείραμα ATLAS

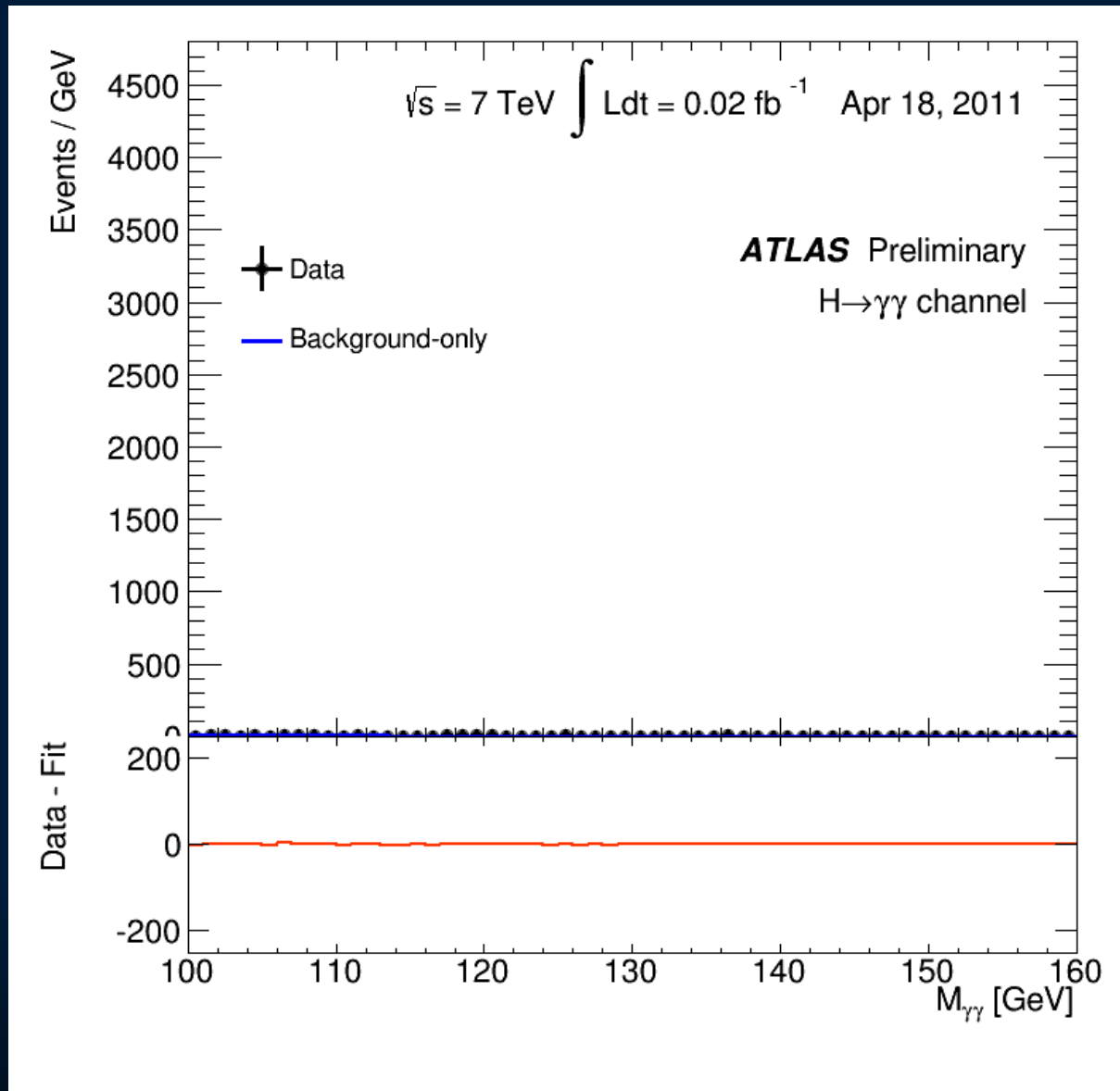
CMS





Ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι
παρακολούθησαν στην τηλεόραση

ATLAS Μποζόνιο Higgs



Το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2013



Το βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2013 απονεμήθηκε από κοινού στον Francois Englert και Peter W. Higgs "για τη θεωρητική ανακάλυψη ενός μηχανισμού που συμβάλλει στην κατανόηση της προέλευσης της μάζας των υποατομικών σωματιδίων, η οποία πρόσφατα επιβεβαιώθηκε με την ανακάλυψη του προβλεπόμενου στοιχειώδους σωματιδίου, από τα πειράματα **ATLAS** και **CMS** στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (**LHC**) του **CERN**."

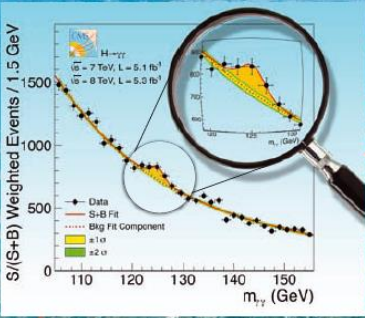
Το αποκορύφωμα ενός αξιόλογου έτος 2012

Volume 712, Issue 3, 6 June 2012 ISSN 0370-2693

ELSEVIER

PHYSICS LETTERS B

Available online at www.sciencedirect.com
SciVerse ScienceDirect

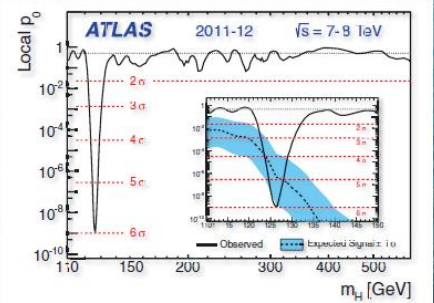


$S/(S+B)$ Weighted Events / 1.5 GeV

m_H (GeV)

Legend:
• Data
— S+B Fit
--- Big Fit Component
■ 1 σ
■ 2 σ

Parameters:
 $\sqrt{s} = 7$ TeV, $L = 5.1 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8$ TeV, $L = 5.3 \text{ fb}^{-1}$



ATLAS 2011-12 $\sqrt{s} = 7-8 \text{ TeV}$

Local p_0

m_H [GeV]

Legend:
— Observed
— Expected Signal: 1 σ

Significance levels: 2 σ , 3 σ , 4 σ , 5 σ , 6 σ

<http://www.elsevier.com/locate/physletb>

The Economist

JULY 7TH - 13TH 2012 Economist.com

In praise of charter schools
Britain's banking scandal spreads
Volkswagen overtakes the rest
A power struggle at the Vatican
When Lonesome George met Nora

A giant leap for science



Finding the Higgs boson



Μελετώντας το μποζόνιο Higgs...



Υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα στη θεμελιώδη φυσική

Συμπεριλαμβανομένου

Το 95% της μάζας και της ενέργειας του σύμπαντος είναι άγνωστο.

Υπάρχει μόνο ένα μποζόνιο Higgs και συμπεριφέρεται ακριβώς όπως αναμενόταν;

Γιατί το σύμπαν αποτελείται μόνο από ύλη, με σχεδόν καθόλου αντιύλη;

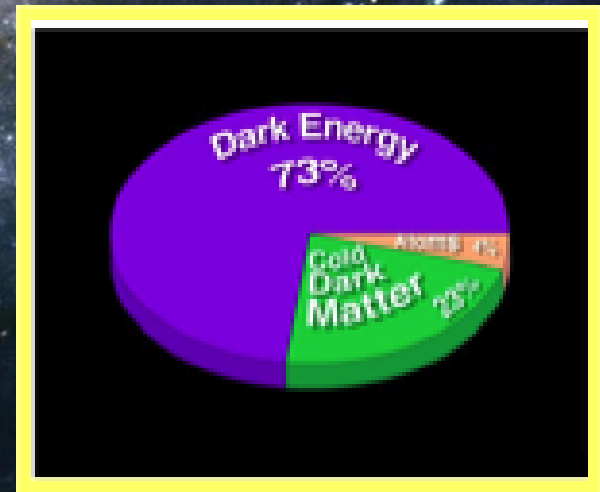
Γιατί η βαρύτητα είναι τόσο αδύναμη σε σύγκριση με τις άλλες δυνάμεις;

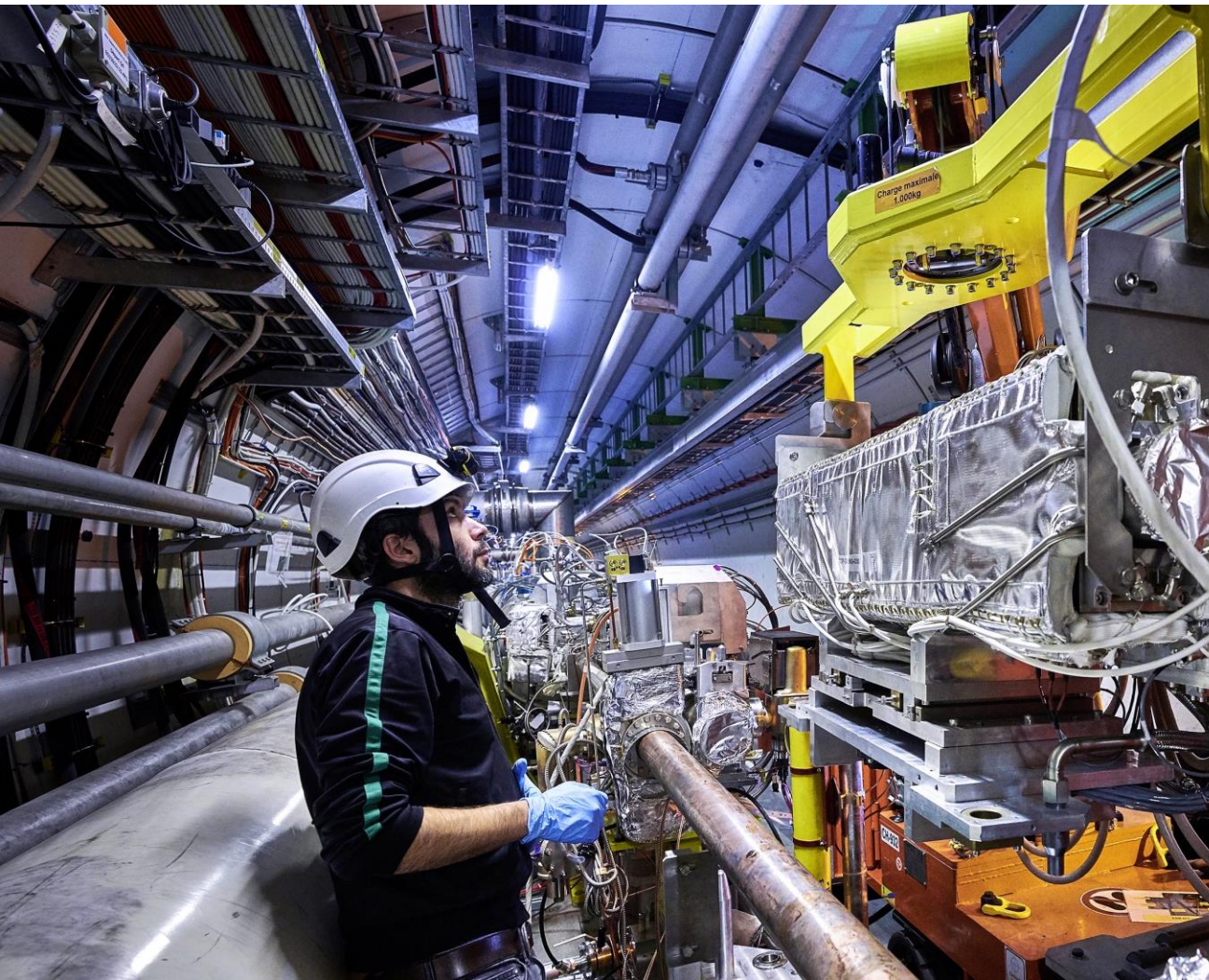
Σκοτεινή Ύλη του Σύμπαντος

Οι αστρονόμοι μας λένε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ύλης στο Σύμπαν είναι αόρατο.

Υπερσυμμετρία

Θα το αναζητήσουμε στον LHC.





Η αναβάθμιση του High-Luminosity LHC βρίσκεται σε εξέλιξη

- Το HL-LHC θα χρησιμοποιήσει νέες τεχνολογίες για να προσφέρει 10 φορές περισσότερες συγκρούσεις από το LHC.
- Θα δώσει πρόσβαση σε σπάνια φαινόμενα, μεγαλύτερη ακρίβεια και δυνατότητες ανακάλυψης.
- Θα ξεκινήσει να λειτουργεί το 2027 και θα διαρκέσει έως το 2040.

Επιστημονικές προτεραιότητες για το μέλλον

Εφαρμογή των συστάσεων της Ενημέρωσης 2020 της
Ευρωπαϊκής Στρατηγικής για τη Φυσική των
Σωματιδίων:

- Πλήρης εκμετάλλευση του HL-LHC.
- Κατασκευή ενός «εργοστασίου» Higgs για την περαιτέρω κατανόηση αυτού του μοναδικού σωματιδίου.
- Διερεύνηση της τεχνικής και οικονομικής σκοπιμότητας ενός μελλοντικού κυκλικού επιταχυντή 100 χιλιομέτρων στο CERN.
- Ενίσχυση της σχετικής E&A.
- Συνέχιση της υποστήριξης άλλων έργων σε όλο τον κόσμο.

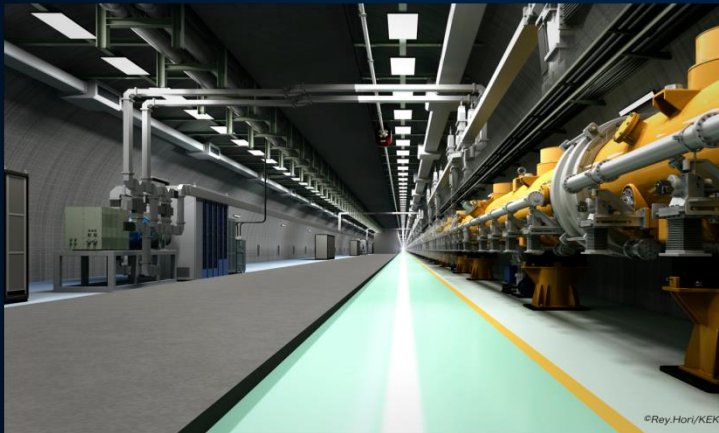


Πέρα από το LHC
Νέες σήραγγες 80-100 χμ. περιφέρεια

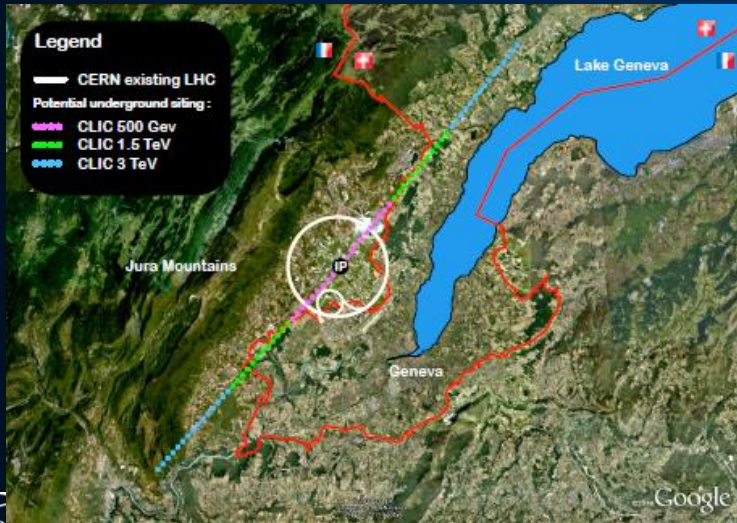
Future Circular Collider (FCC)



Γραμμικοί Επιταχυντές e^+e^-



Διεθνής Γραμμικός Επιταχυντής
International Linear Collider (ILC)



Συμπαγές Γραμμικός Επιταχυντής
Compact Linear Collider (CLIC)



CERN: Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων και η Καινοτομία

- **Διασύνδεση** μεταξύ των θεμελιωδών επιστημών και των σημαντικών τεχνολογικών εξελίξεων



- **Τεχνολογίες και Καινοτομία στο CERN**



Επιταχύνοντας
δέσμες σωματιδίων



Ανίχνευση
σωματιδίων



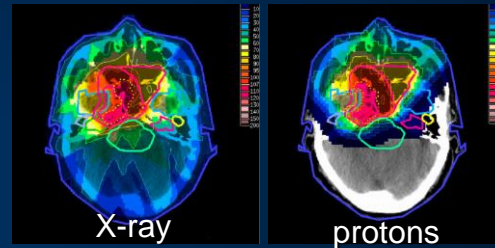
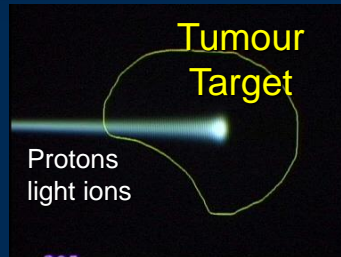
Υπολογιστές
μεγάλης κλίμακας
(Grid)

Εφαρμογή στην ιατρική σαν ένα παράδειγμα μεταφοράς τεχνολογίας

Συνδυάζοντας φυσική, πληροφορική, βιολογία και ιατρική για την καταπολέμηση του καρκίνου



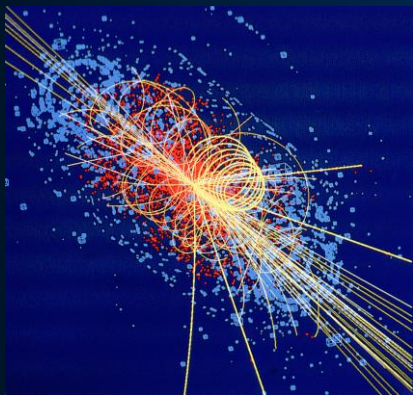
Θεραπεία με αδρόνια (Hadron Therapy)



Ηγεσία για θεραπεία με αδρόνια τώρα στην Ευρώπη και την Ιαπωνία

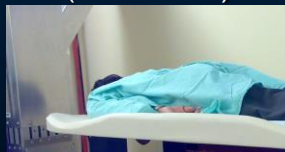
Επιταχύνοντας σωματίδια

~30'000 επιταχυντές σε όλο τον κόσμο
~17'000 χρησιμοποιούνται για ιατρική

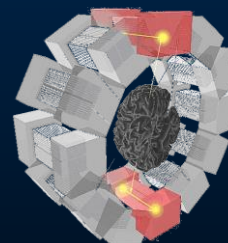


Απεικόνιση

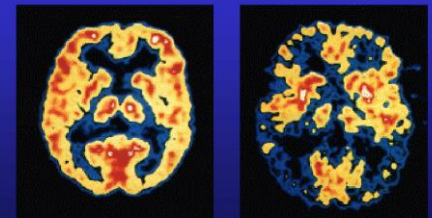
Κλινική δοκιμή στην Πορτογαλία, τη Γαλλία και την Ιταλία για το νέο σύστημα απεικόνισης του μαστού (ClearPEM)



PET Scanner



Brain Metabolism in Alzheimer's Disease: PET Scan



Ανίχνευση σωματιδίων



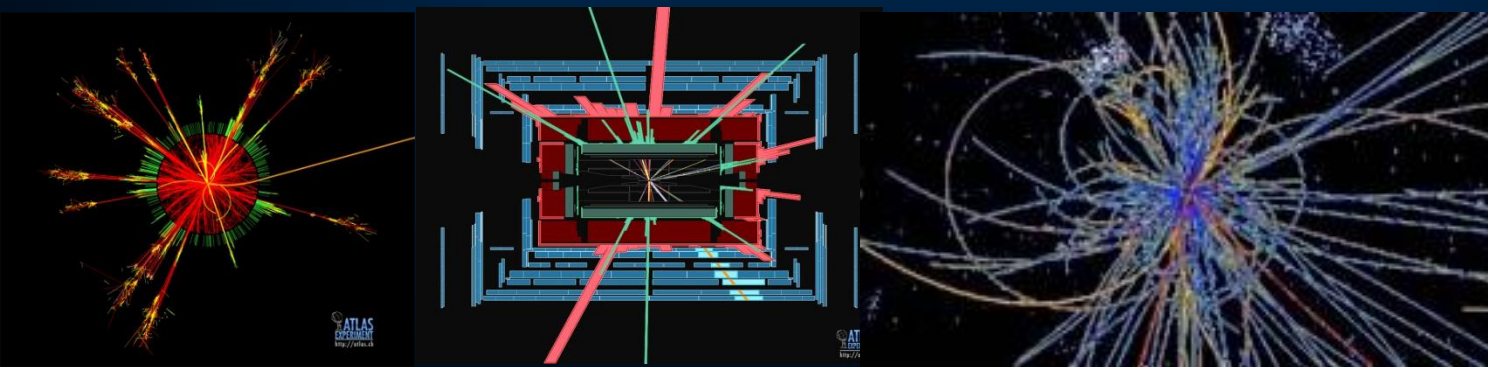
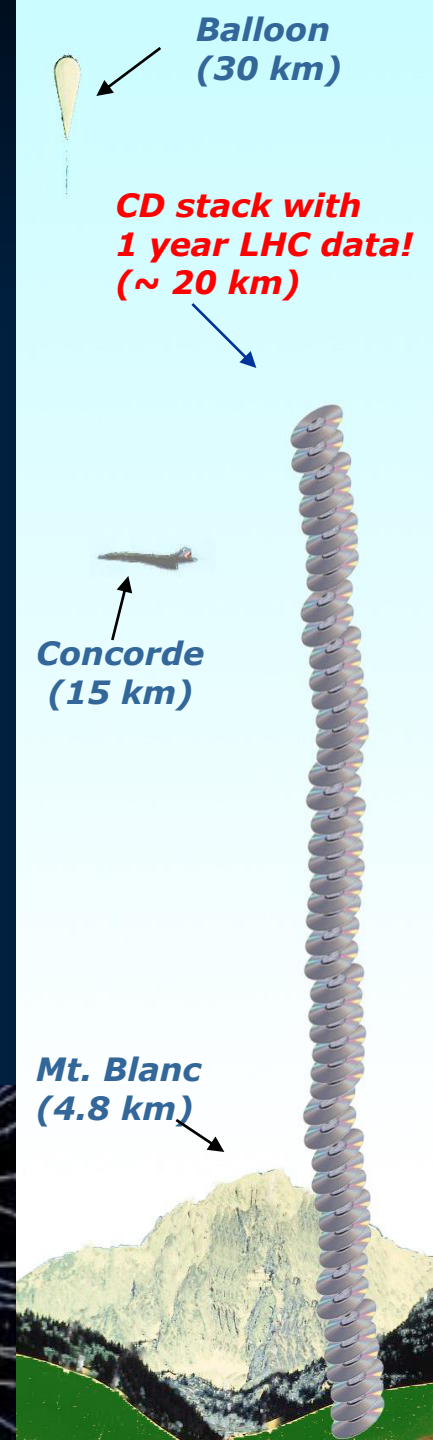
Σπάζοντας το τείχος της επικοινωνίας Πριν από 30 χρόνια: γεννήθηκε το Web στο CERN



... και σήμερα;

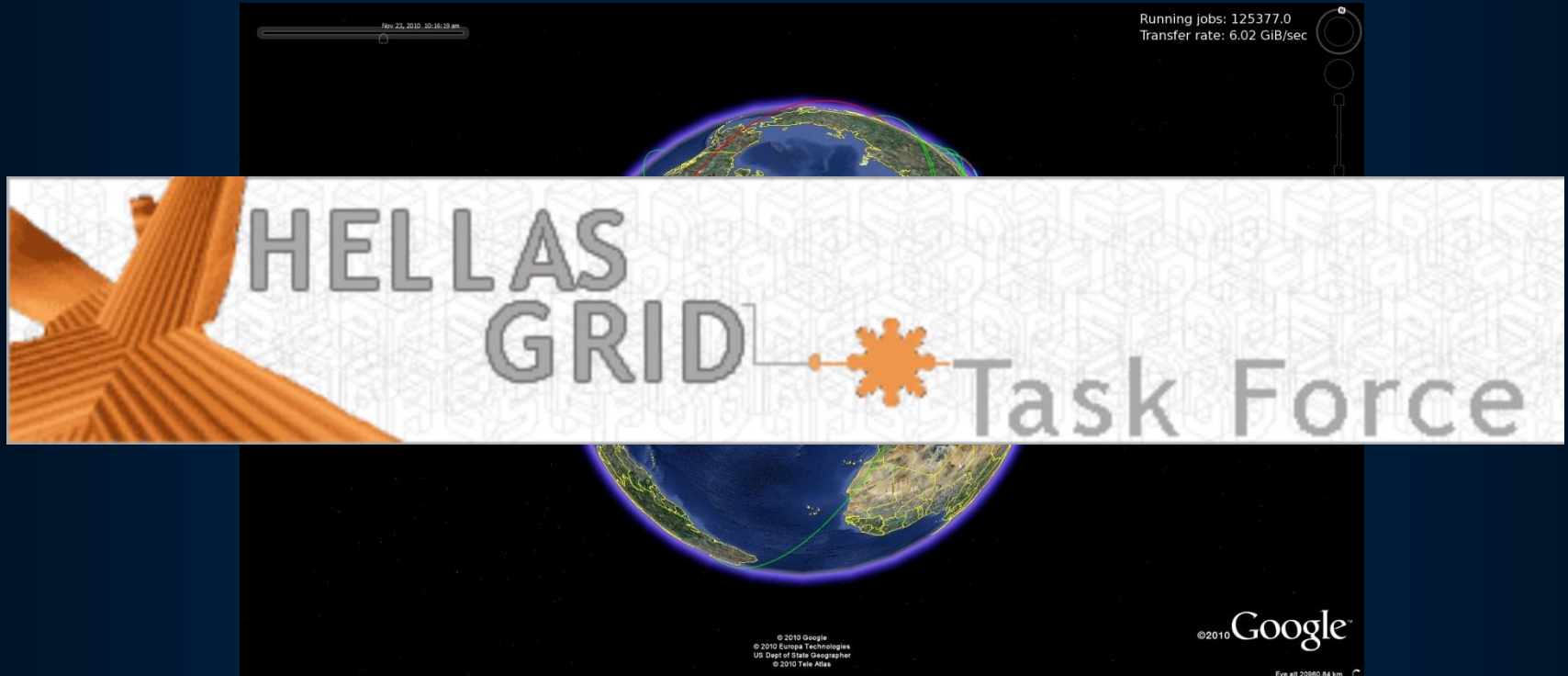
Τα Δεδομένα του LHC

- 40 εκ. γεγονότα (φωτογραφίες) ανά δευτερόλεπτο.
- Επιλογή (on the fly) ~ 200 ενδιαφέροντα γεγονότα ανά δευτερόλεπτο για εγγραφή σε ταινία.
- "Ανασυγκρότηση" δεδομένων και ανάλυση: δεδομένα φυσικής [το GRID...]



Σπάζοντας το τείχος της επικοινωνίας: χθες το Web, σήμερα το GRID

Ένα από τα πιο εκτεταμένα συστήματα υπολογιστών στον κόσμο ...



Για την ανάλυση των δεδομένων, δεκάδες χιλιάδες υπολογιστές σε όλο τον κόσμο αξιοποιούνται στο Grid. Το εργαστήριο που έδωσε στον κόσμο το Web, σήμερα κάνει ένα μεγάλο βήμα μπροστά με το Grid.

Το CERN ως Εκπαιδευτικό Κέντρο

Apprentices

Accelerator School

Doctoral Students

Academic Training

Fellows

Physics School

Exhibitions

CERN-Latin America School

Computing School

Visits

Γενναιόδωρη και σημαντική υποστήριξη



Summer Schools

Technical Students

Outreach

Microcosm

Technical Training

Science

Language Training

Teachers programmes

Communications Training

Conferences

Management Training

Το CERN εκπαιδεύει την επόμενη γενιά φυσικών, μηχανικών και τεχνικών

>3000 PhD students are registered at CERN.

600 PhD theses are completed each year.

300 undergraduate students in Summer programmes.



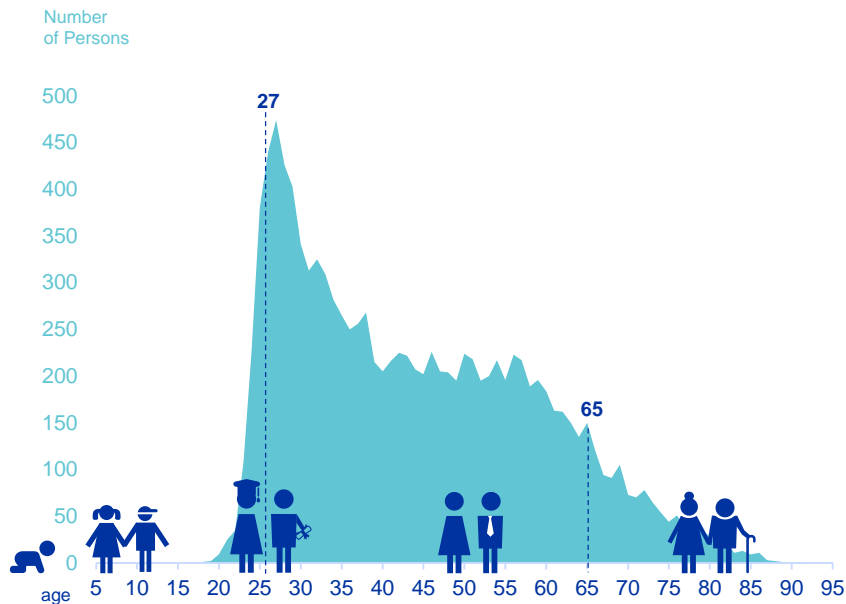
~800 fellows in research and applied physics, engineering and computing.

~200 Technical and Doctoral Students in applied physics, engineering and computing.

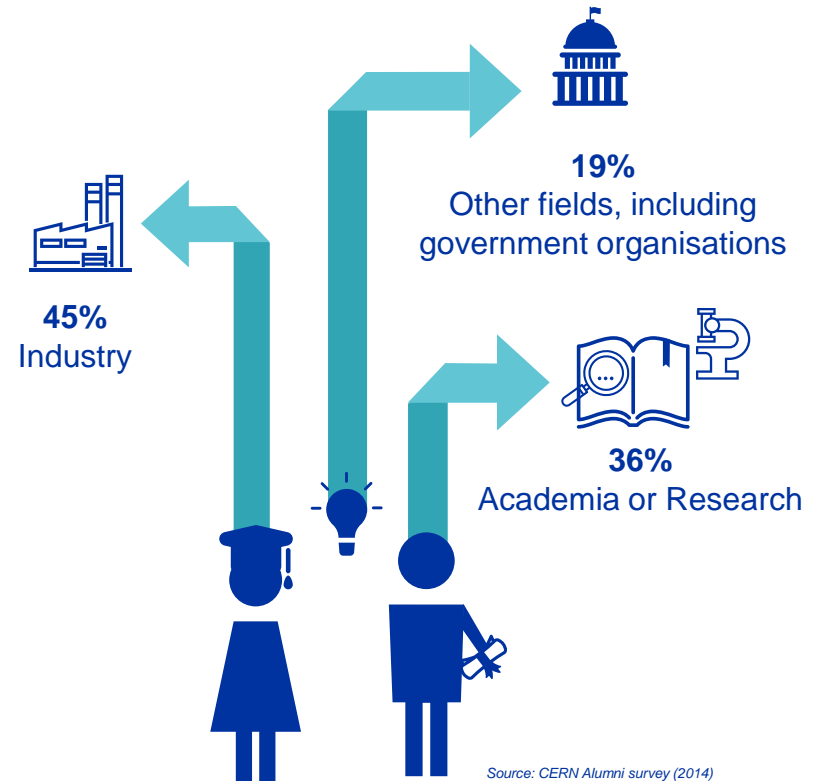
CERN organises schools for undergraduates and postgraduates, in all regions.

Ηλικιακή Κατανομή

Το CERN ανοίγει έναν κόσμο ευκαιριών καριέρας



Age Distribution of Scientists working at CERN



PhD and Technical students leaving CERN

Source: CERN Alumni survey (2014)



Η Ελλάδα και το CERN



- Η Ελλάδα είναι ένα από τα **12 ιδρυτικά Κράτη Μέλη** του CERN (1954)
- Έλληνες ερευνητές (από την Ελλάδα και το εξωτερικό) έχουν σημαντική συνεισφορά στην **πειραματική και θεωρητική σωματιδιακή φυσική**.
- Σήμερα, **πολλά πανεπιστήμια και ινστιτούτα** από την Ελλάδα συμμετέχουν σε προγράμματα σωματιδιακής φυσικής στο CERN.

Με την ισχυρή και συνεχή υποστήριξη του Υπουργείου Παιδείας και της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας





Η Ελλάδα και το CERN



- Ισχυρή συμμετοχή για LHC (ATLAS, CMS & ALICE)
- Επίσης και σε άλλα πειράματα (CAST, RD50, RD51, nTOF, ISOLDE, Neutrino Platform)
- Επιστήμη και τεχνολογία επιταχυντών LHC, HL-LHC, CLIC, FCC



ATLAS: Ελληνικοί Θάλαμοι Μιονίων



CMS: Ανιχνευτής Preshower



Επίσκεψη του Προέδρου της Δημοκρατίας στο CERN



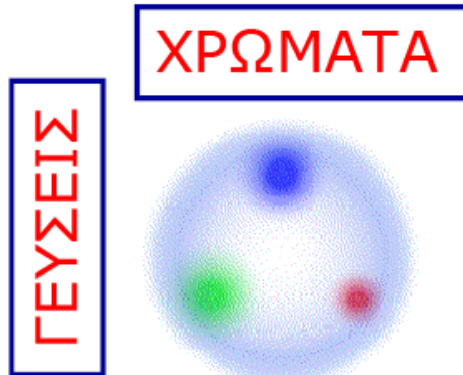
3 Μαΐου 2014



Επίλογος

Νόμωι γαρ χροιή, νόμωι γλυκύ, νόμωι πικρόν,
'ετεῆι 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.