



Το CERN και η Έρευνα Σωματιδιακής Φυσικής

Καθ. Εμμανουήλ Τσεσμελής
CERN και Πανεπιστήμιο Οξφόρδης

19 Απριλίου 2023

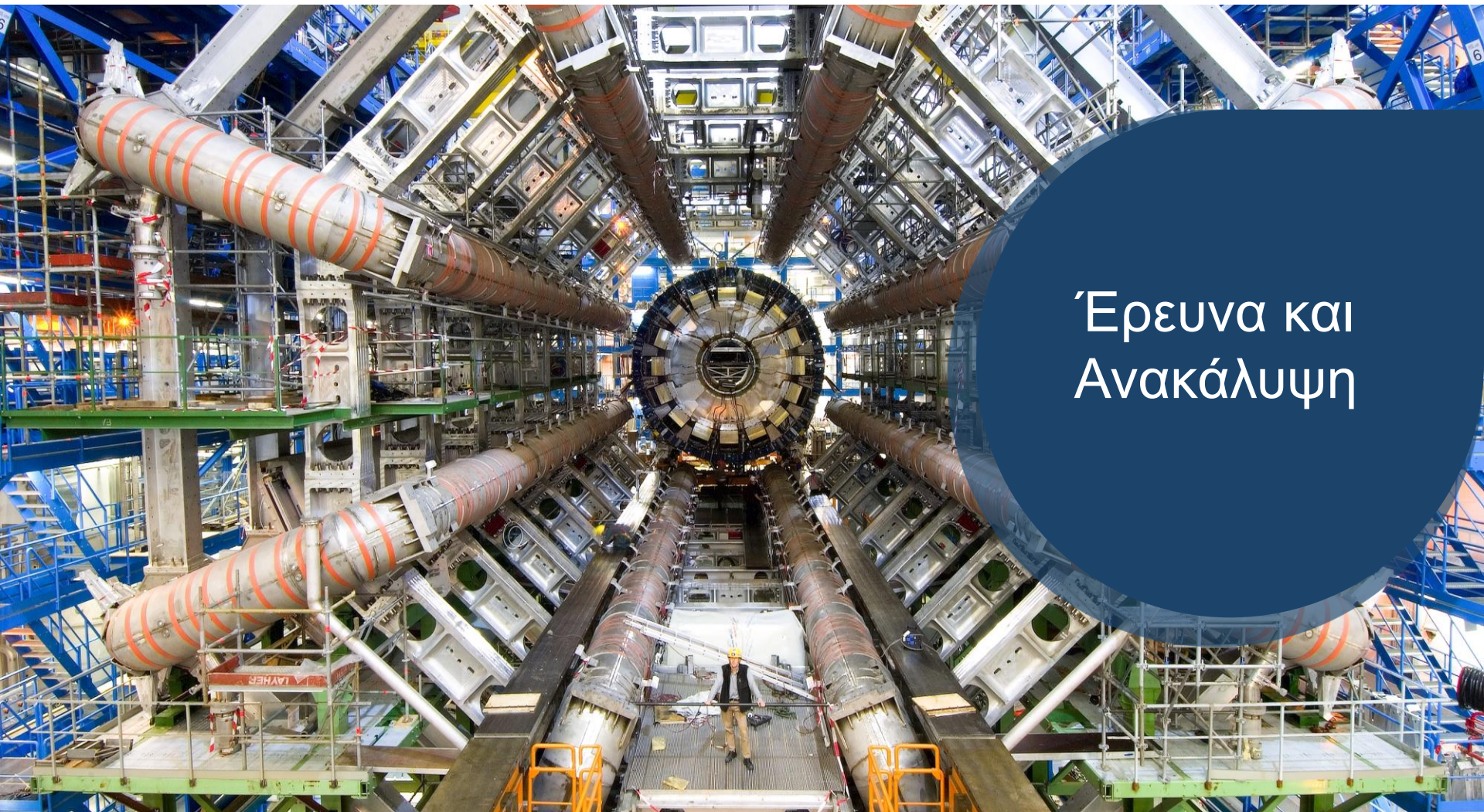


Το CERN είναι το μεγαλύτερο εργαστήριο σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο.

Στόχος μας είναι να κατανοήσουμε τα πιο θεμελιώδη σωματίδια και τους νόμους του σύμπαντος.

Η Αποστολή του CERN





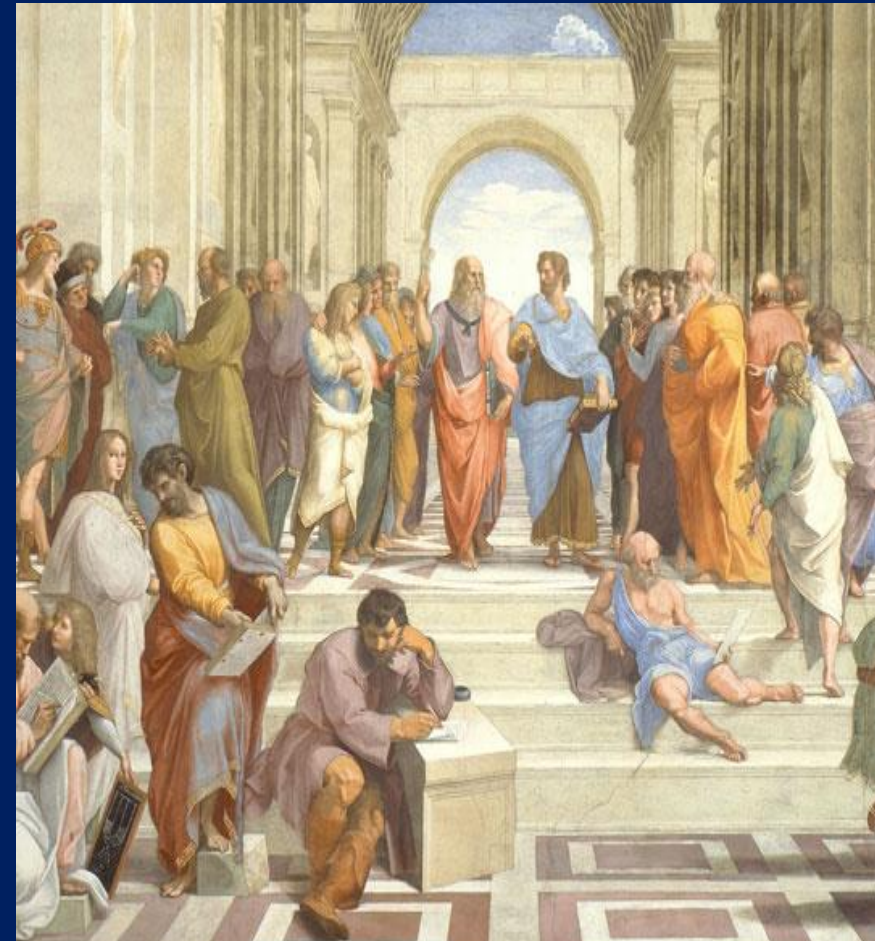
Έρευνα και
Ανακάλυψη

Θεμελιώδη Ερωτήματα

- ▣ Μερικά από τα βασικά ερωτήματα που διατύπωσε σκεπτόμενος ο άνθρωπος από την κλασική αρχαιότητα και νωρίτερα:
 - Ποιός είναι ο κόσμος;
 - Πώς εξελίσσεται;
 - Από που προήλθαμε;
 - Υπάρχουν άλλα σύμπαντα;
 - ; ; ; ; ; ; ;

Απαντήσεις:

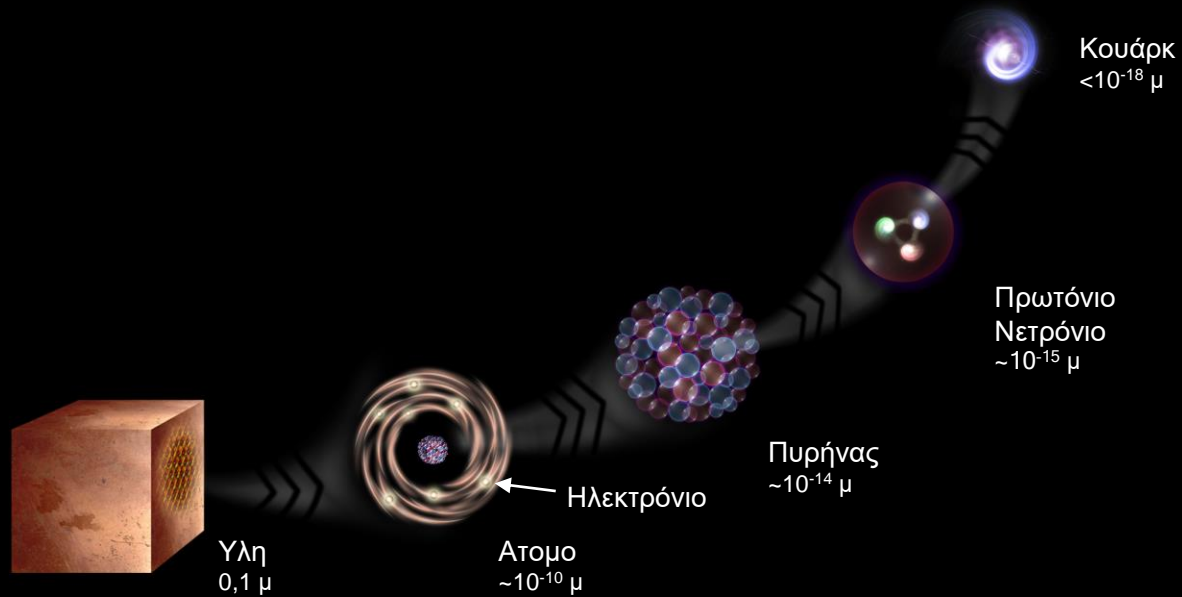
Θεολογικές, Φιλοσοφικές,
Επιστημονικές



Η Σχολή των Αθηνών (Ραφαήλ)

Από τι αποτελείται το σύμπαν;

Μελετάμε τα στοιχειώδη δομικά στοιχεία της ύλης και τις δυνάμεις που ελέγχουν τη συμπεριφορά τους



Το Καθιερωμένο Μοντέλο της Σωματιδιακής Φυσικής

= Κοσμικό DNA

Τα Σωματίδια της Γης



Οι Θεμελιώδεις Αλληλεπιδράσεις



Βαρύτητα

Ηλεκτρομαγνητισμός

Ασθενής Πυρηνική Δύναμη

Ισχυρή Πυρηνική Δύναμη



Πώς ξεκίνησε το σύμπαν;

Αναπαράγουμε τις συνθήκες ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, για να αποκτήσουμε εικόνα για τη δομή και την εξέλιξη του σύμπαντος.

Γιατί τα πράγματα ζυγίζουν;

Νεύτων:

Το βάρος είναι **ανάλογο** με τη μάζα

Αϊνστάιν:

Η ενέργεια **σχετίζεται** με τη μάζα

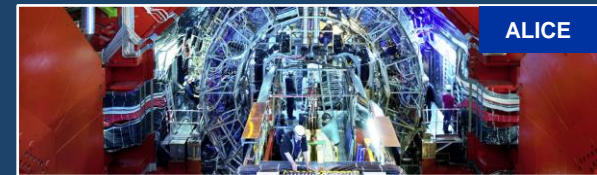
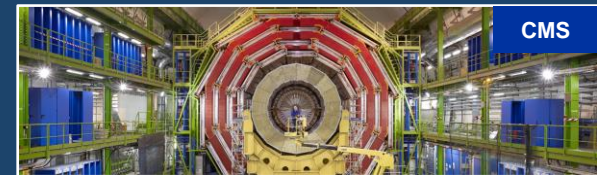
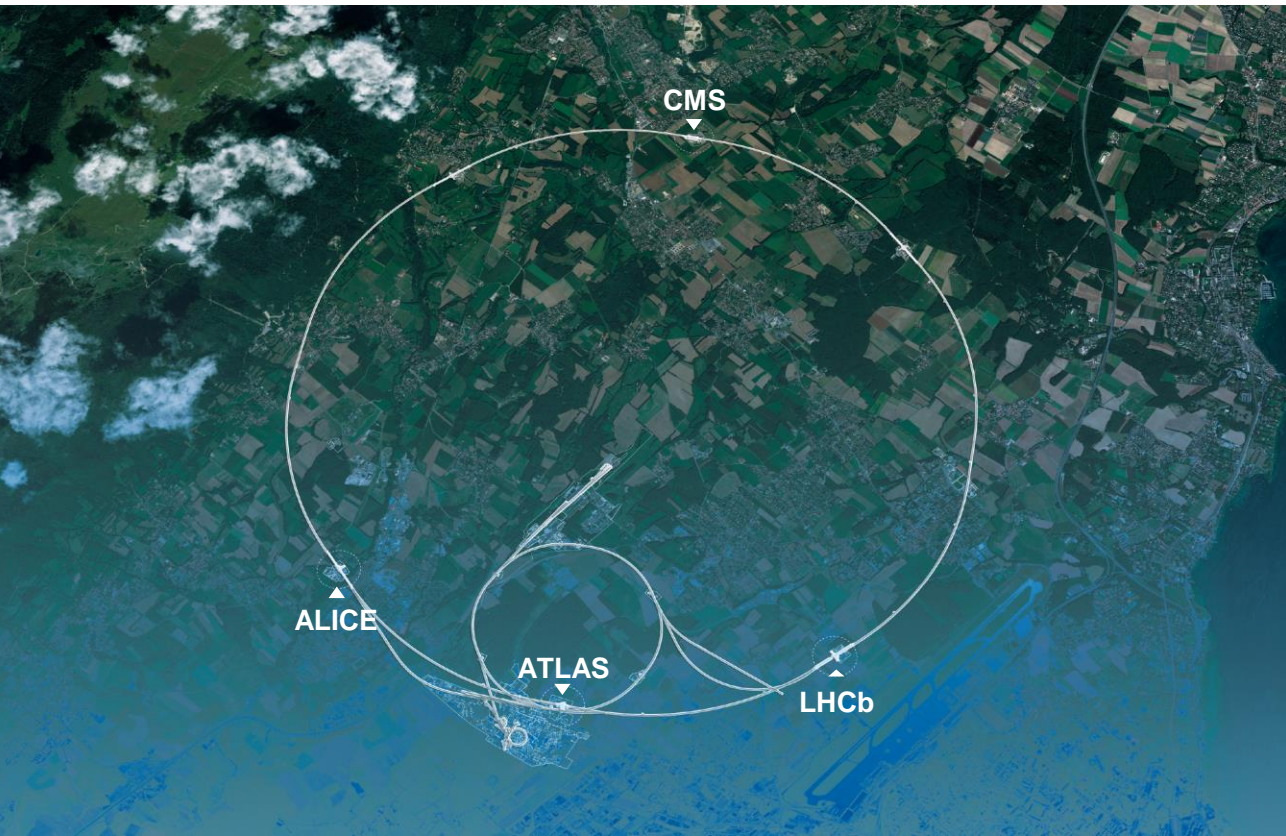
Δεν εξηγούν την προέλευση της μάζας



Από που προέρχεται η μάζα;

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

Οι γιγάντιοι ανιχνευτές καταγράφουν τα σωματίδια που σχηματίζονται στα τέσσερα σημεία σύγκρουσης

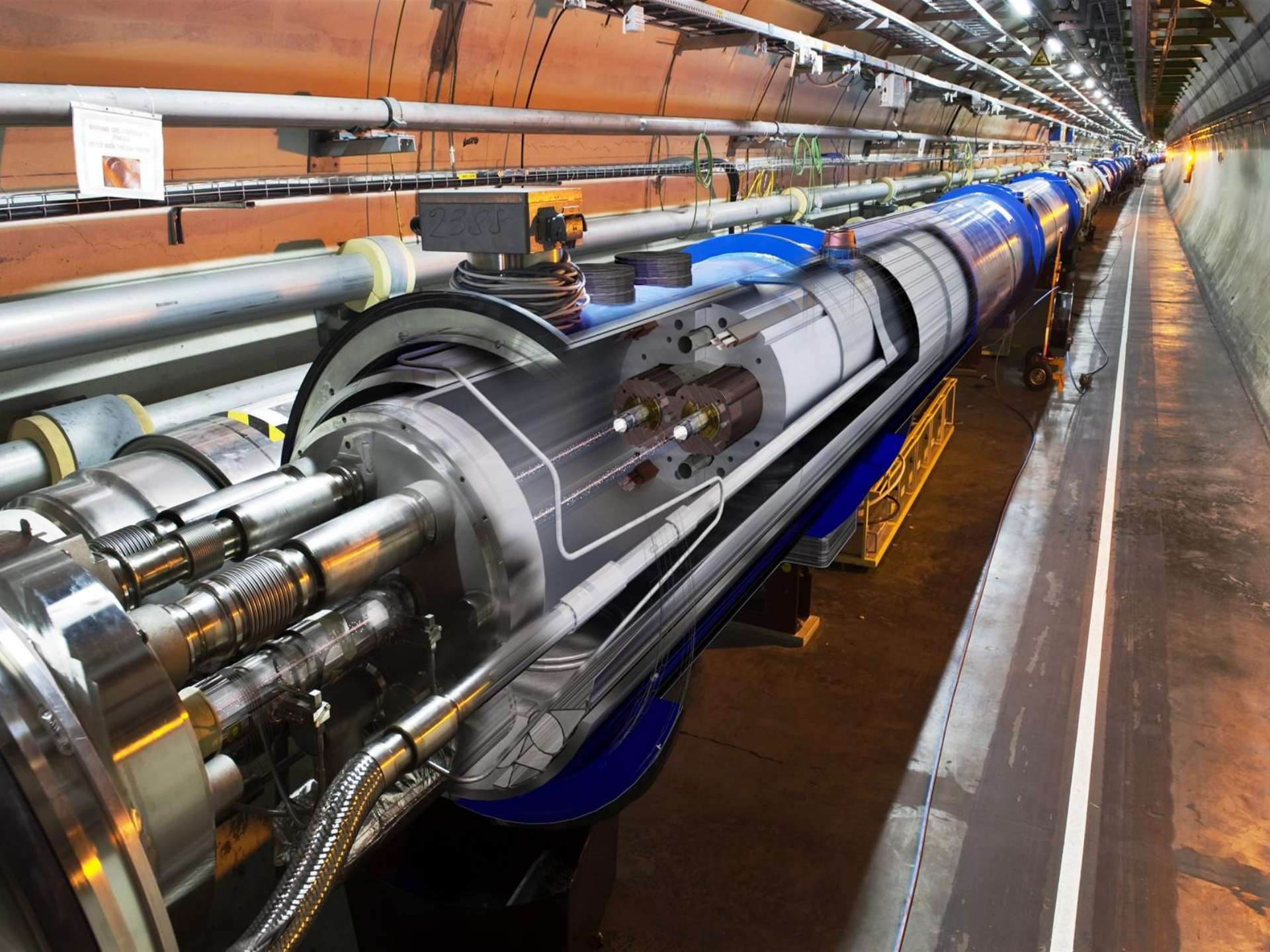


7 TeV p + 7 TeV p



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

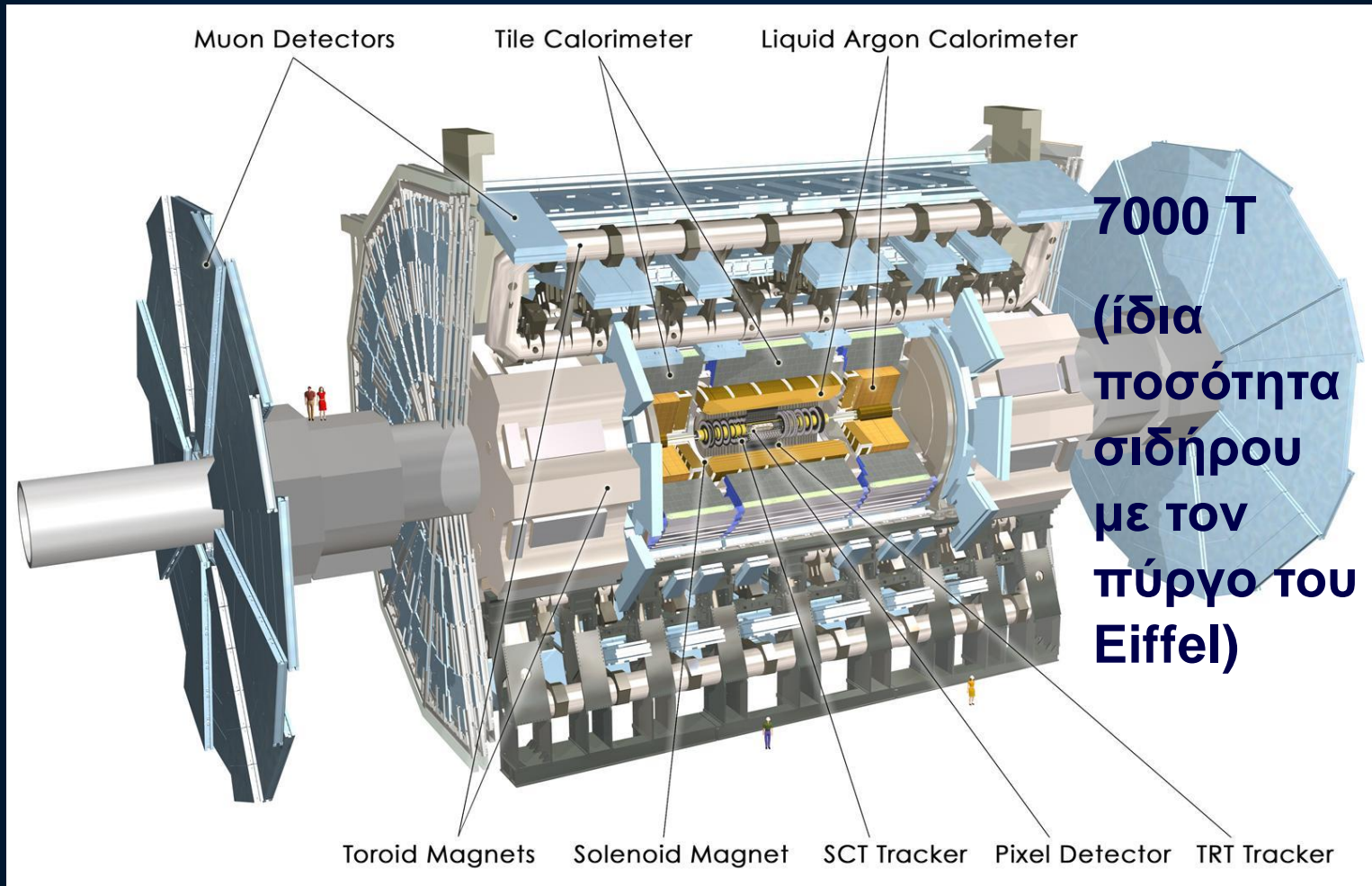
Ο Επιταχυντής LHC



Χρειαζόμαστε Μεγάλους Ανιχνευτές

43 μ

22 μ



7000 T
(ίδια ποσότητα σιδήρου με τον πύργο του Eiffel)

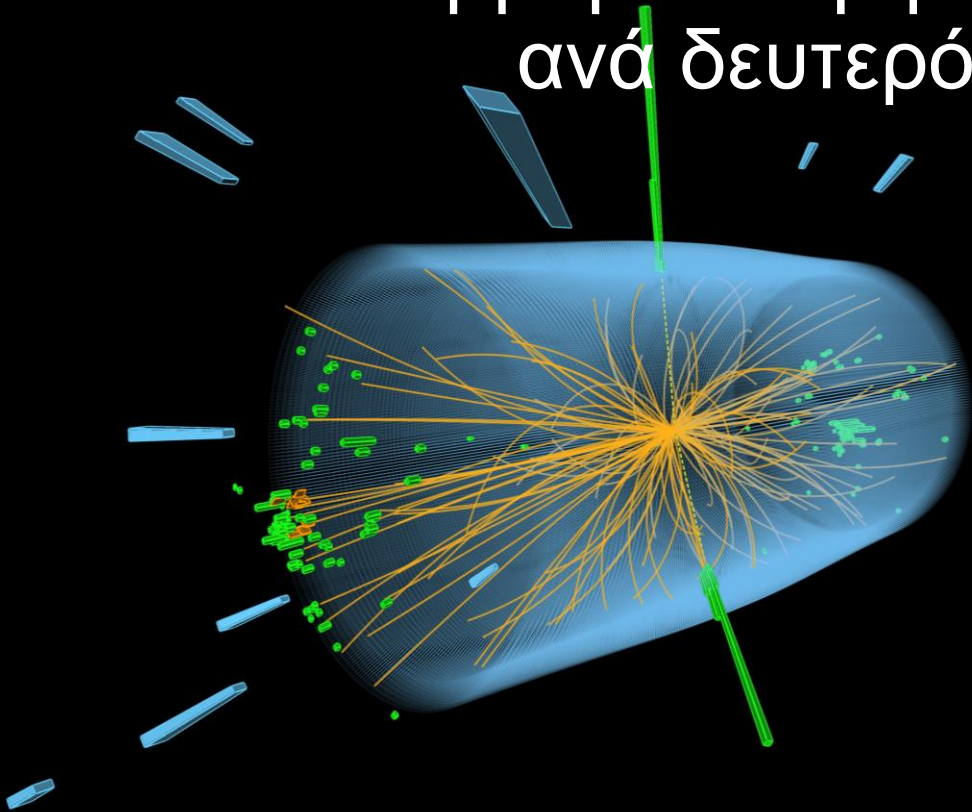
Toroid Magnets Solenoid Magnet SCT Tracker Pixel Detector TRT Tracker

ATLAS



Το Πείραμα ATLAS

Ο LHC παράγει περισσότερες από 1 δισεκατομμύριο συγκρούσεις σωματιδίων ανά δευτερόλεπτο



Η ενέργεια των
σωματιδίων στη
σύγκρουση μετατρέπεται
σε νέα σωματίδια.

Το Πείραμα CMS

Το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2013

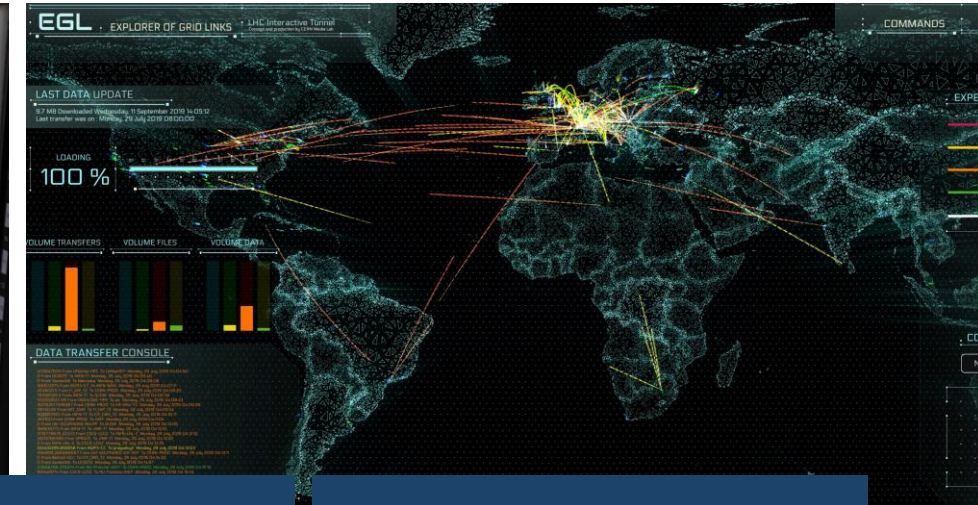


Το βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2013 απονεμήθηκε από κοινού στον Francois Englert και Peter W. Higgs "για τη θεωρητική ανακάλυψη ενός μηχανισμού που συμβάλλει στην κατανόηση της προέλευσης της μάζας των υποατομικών σωματιδίων, η οποία πρόσφατα επιβεβαιώθηκε με την ανακάλυψη του προβλεπόμενου στοιχειώδους σωματιδίου,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

The Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)



Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση, διανομή, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.



1 εκατομμύριο πυρήνες επεξεργασίας σε περίπου 170 κέντρα δεδομένων και 42 χώρες.

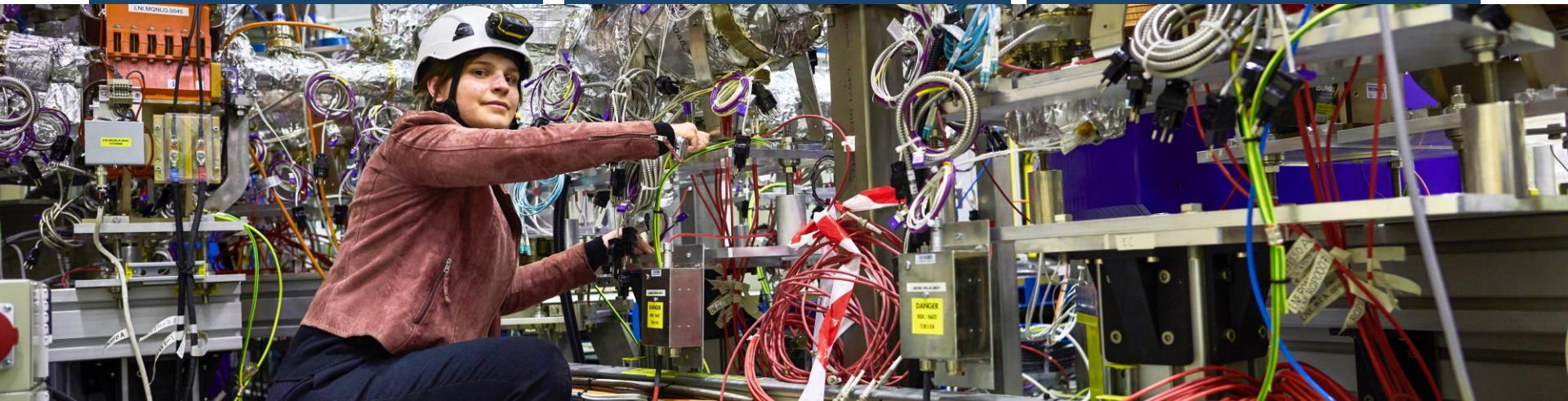
Περισσότερα από 1000 Petabytes δεδομένων από το CERN είναι αποθηκευμένα σε όλο τον κόσμο.

Το CERN έχει ένα ποικίλο επιστημονικό πρόγραμμα

Πυρηνική Φυσική
(ISOLDE)

Έρευνα για την Αντιύλη
(Antiproton Decelerator)

Κοσμικές ακτίνες και σχηματισμός
σύννεφων (CLOUD)



Πειράματα σταθερού στόχου, τα οποία περιλαμβάνουν αναζητήσεις για σπάνια φαινόμενα

Συνεισφορά στην Εγκατάσταση Νετρίνων Long Baseline στις ΗΠΑ (LBNF)

Θεωρητική Φυσική

Υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα στη θεμελιώδη φυσική

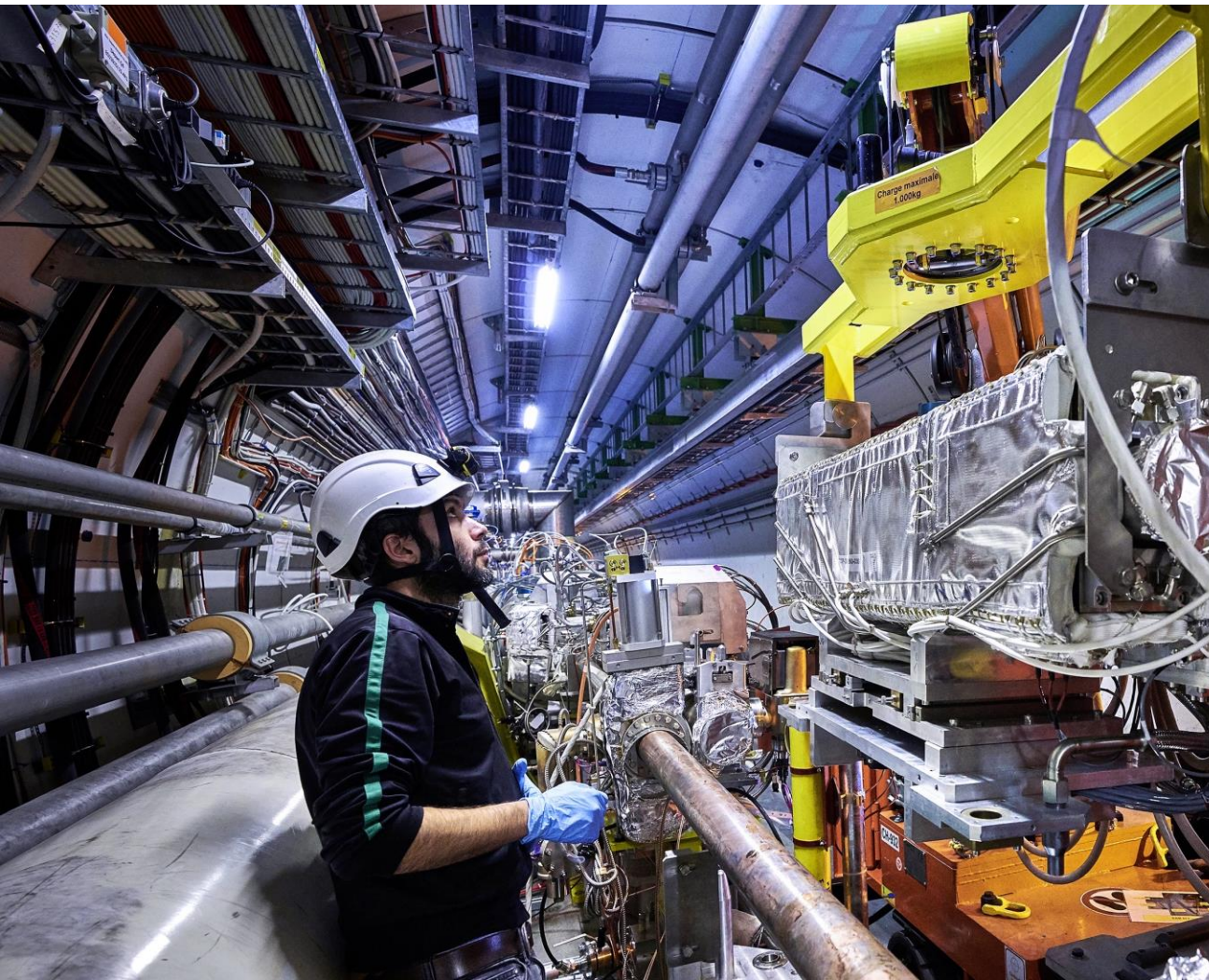
Συμπεριλαμβανομένου

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

Υπάρχει μόνο ένα
μποζόνιο Higgs και
συμπεριφέρεται
ακριβώς όπως
αναμένεται;

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

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



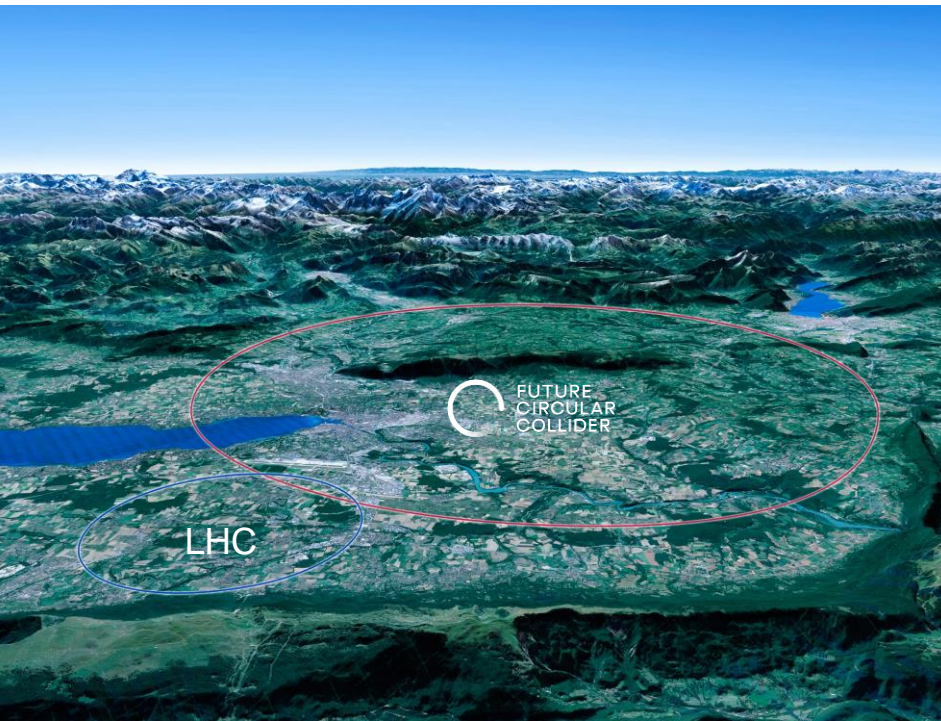
Η αναβάθμιση του LHC σε υψηλή φωτεινότητα βρίσκεται σε εξέλιξη

- Το HL-LHC θα χρησιμοποιήσει νέες τεχνολογίες για να παρέχει 10 φορές περισσότερες συγκρούσεις από το LHC.
- Θα δώσει πρόσβαση σε σπάνια φαινόμενα, μεγαλύτερη ακρίβεια και δυνατότητες ανακάλυψης.
- Θα ξεκινήσει να λειτουργεί το 2029 και θα διαρκέσει έως το 2040.

Επιστημονικές προτεραιότητες για το μέλλον

Εφαρμογή των συστάσεων της
επικαιροποίησης του 2020 της **Ευρωπαϊκής
Στρατηγικής για τη Σωματιδιακή Φυσική:**

- Πλήρη εκμετάλλευση του LHC και HL-LHC.
- Οικοδόμηση εργοστασίου Higgs για να κατανοήσουμε περαιτέρω αυτό το μοναδικό σωματίδιο.
- Διερεύνηση της τεχνικής και οικονομικής σκοπιμότητας ενός μελλοντικού επιταχυντή ενεργειακών συνόρων 100 km στο CERN.
- Ενίσχυση της σχετικής Ε&Α.
- Συνεχή υποστήριξη έργων σε όλο τον κόσμο.



Συνεργασία



Επιστήμη για την Ειρήνη

Το CERN ιδρύθηκε το 1954 με 12 ευρωπαϊκά κράτη μέλη



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

7 Associate Member States

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

6 Observers

Japan – Russia (suspended) – 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 – 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

Ο ετήσιος προϋπολογισμός
του CERN είναι 1200 MCHF
(ισοδύναμο με ένα μεσαίου
μεγέθους ευρωπαϊκό
πανεπιστήμιο)

Στις 31 Δεκεμβρίου 2021:

Υπαλλήλους:
2676 προσωπικό, 783 υπότροφοι

Συνεργάτες:
11 175 χρήστες, 1556 άλλοι

Ένα εργαστήριο για άτομα από όλο τον κόσμο

Κατανομή όλων των χρηστών του CERN ανά χώρα των ιδρυμάτων προέλευσής τους στις 31 Δεκεμβρίου 2021



Γεωγραφική και πολιτιστική πολυμορφία
Χρήστες 110 εθνικοτήτων
19,4% γυναίκες

Member States 6642

Austria 74 – Belgium 122 – Bulgaria 39 – Czech Republic 227
Denmark 42 – Finland 71 – France 811 – Germany 1129
Greece 133 – Hungary 69 – Israel 67 – Italy 1423
Netherlands 157 – Norway 69 – Poland 278 – Portugal 89
Romania 105 – Serbia 36 – Slovakia 66 – Spain 328
Sweden 88 – Switzerland 372 – United Kingdom 847

Associate Member States

in the pre-stage to membership 55

Cyprus 10 – Estonia 24 – Slovenia 21

Associate Member States 367

Croatia 36 – India 130 – Latvia 11 – Lithuania 12 – Pakistan 30
Turkey 122 – Ukraine 26

Observers 2917

Japan 189 – Russia (suspended) 971 – United States of America 1757



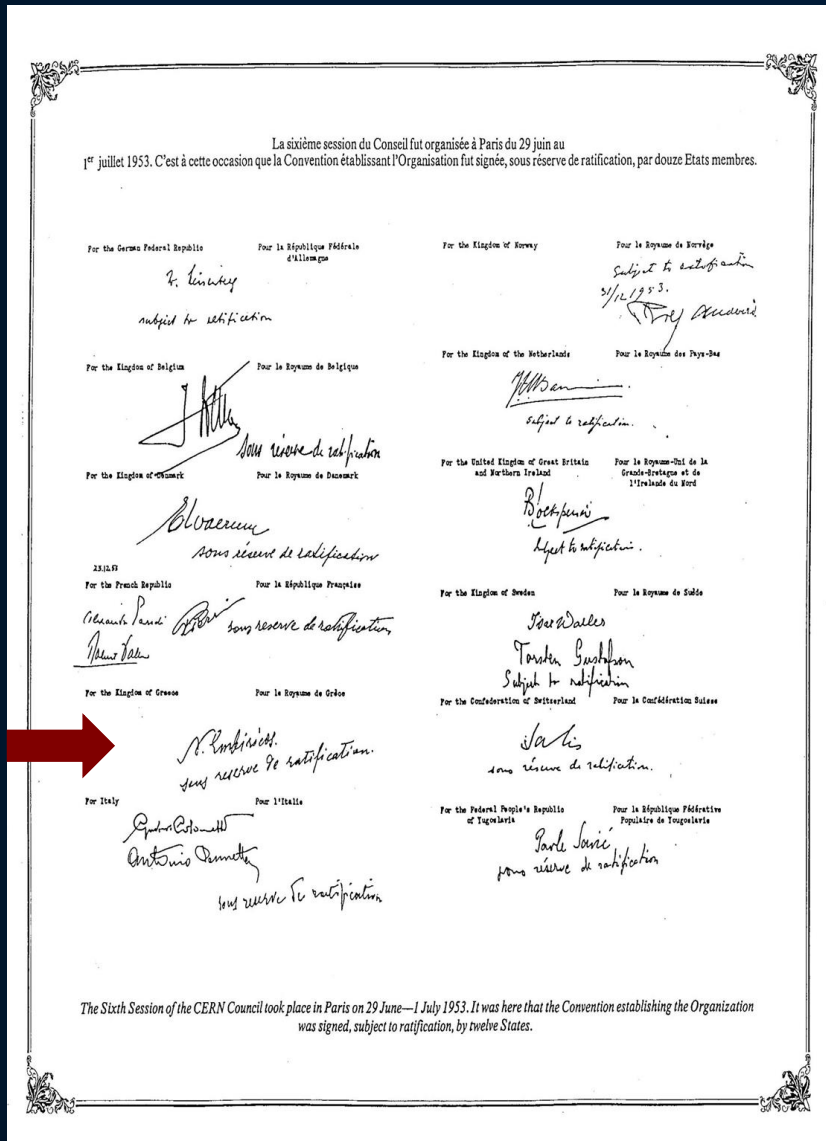
Αριθμοί για την Ελλάδα

- 1 Δεκεμβρίου 2021
 - 57 Staff
 - 50 Fellows
 - 13 Doct. Students
 - 23 Tech. Students
 - 2 Admin. Students

Non-Member States and Territories 1194

Algeria 3 – Argentina 16 – Armenia 10 – Australia 20 – Azerbaijan 3 – Bahrain 2 – Belarus 24 – Brazil 106
Canada 189 – Chile 23 – Colombia 18 – Cuba 3 – Ecuador 6 – Egypt 16 – Georgia 36 – Hong Kong 17
Iceland 3 – Indonesia 6 – Iran 11 – Ireland 6 – Jordan 5 – Kuwait 5 – Lebanon 15 – Madagascar 1
Malaysia 4 – Malta 2 – Mexico 48 – Montenegro 5 – Morocco 18 – New Zealand 8 – Oman 1 – People's
Republic of China 314 – Peru 2 – Philippines 1 – Republic of Korea 113 – Singapore 3 – South Africa 52
Sri Lanka 10 – Taiwan 45 – Thailand 18 – United Arab Emirates 6

Η Συνθήκη του CERN



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



Τεχνολογία και Καινοτομία

Οι τεχνολογικές καινοτομίες του CERN έχουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς

Το CERN είναι η γενέτειρα του World Wide Web

Και υπάρχουν πολλά ακόμη παραδείγματα

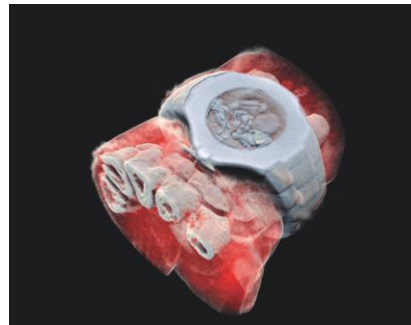
Ιατρική απεικόνιση, θεραπεία καρκίνου, επιστήμη των υλικών, πολιτιστική κληρονομιά, αεροδιαστημική, αυτοκινητοβιομηχανία, περιβάλλον, υγεία και ασφάλεια, βιομηχανικές διαδικασίες.

Οι τεχνολογικές καινοτομίες του CERN έχουν σημαντικές εφαρμογές στην ιατρική και την υγειονομική περίθαλψη



Τεχνολογίες που εφαρμόζονται στο CERN χρησιμοποιούνται επίσης στο PET, για ιατρική απεικόνιση και διαγνωστικά.

Οι τεχνολογίες επιταχυντών εφαρμόζονται στην ακτινοθεραπεία του καρκίνου με πρωτόνια, ιόντα και ηλεκτρόνια.



Οι τεχνολογίες ανιχνευτών Pixel χρησιμοποιούνται για τρισδιάστατη έγχρωμη απεικόνιση ακτίνων X υψηλής ανάλυσης.

Το CERN παράγει καινοτόμα ραδιοϊσότοπα για έρευνα στην πυρηνική ιατρική.



A group of students in a laboratory or workshop setting. They are wearing hard hats (yellow and blue) and safety glasses. One student in the foreground is adjusting a large black cylindrical component mounted on a metal frame. Other students are observing and assisting. A teal circular graphic is overlaid on the left side of the image, containing the text "Εκπαίδευση και Κατάρτιση".

Εκπαίδευση και Κατάρτιση

Το CERN ως Εκπαιδευτικό Κέντρο

Apprentices

Accelerator School

Doctoral Students

Academic Training

Physics School

Computing School

Exhibitions

Γενναιόδωρη και σημαντική υποστήριξη



IKY

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΤΡΟΦΙΩΝ
STATE SCHOLARSHIPS FOUNDATION



Κοινωφελές Ίδρυμα
Ιωάννη Σ. Λάτση

Technical Students

Outreach

Microcosm

Technical Training

Language Training

Teachers

Communications Training

Conferences

Management Training

Τα εκπαιδευτικά προγράμματα προσεγγίζουν χιλιάδες καθηγητές και μαθητές από όλο τον κόσμο κάθε χρόνο

300 προπτυχιακοί φοιτητές σε **Θερινά προγράμματα**
>3000 εγγεγραμμένοι **διδάκτορες**.

>1000 **υπότροφοι, τεχνικοί και διδακτορικοί φοιτητές** στην έρευνα και την εφαρμοσμένη φυσική, τη μηχανική και την πληροφορική.

13.304 **εκπαιδευτικοί** από το 1998 και 2000 συμμετέχοντες στο διαδικτυακό σεμινάριο από το 2020.



151.000 **επισκέπτες** σε ξεναγήσεις στο CERN το 2019, από 95 χώρες.

Το CERN συνεργάζεται με πολίτες σε όλο τον κόσμο: επιτόπιες και ταξιδιωτικές **εκθέσεις** σε 15 χώρες, > 1 εκατομμύριο επισκέπτες

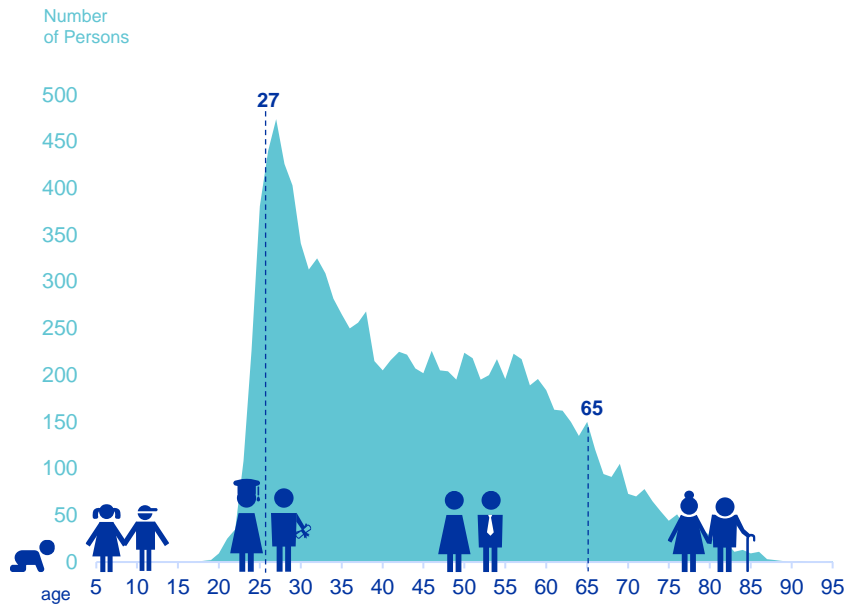
Το **Science Gateway** θα ανοίξει το 2023, επεκτείνοντας την προσέγγιση και τον αντίκτυπο του CERN, σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο.

Αριθμοί για την Ελλάδα

- 5 summer students during 2019
- 882 teachers in Teacher Programmes since 1998
- 51 teams in BL4S competition since 2014
- 665 students participating in S'Cool LAB since 2015
- 8312 Greek visitors in 2019

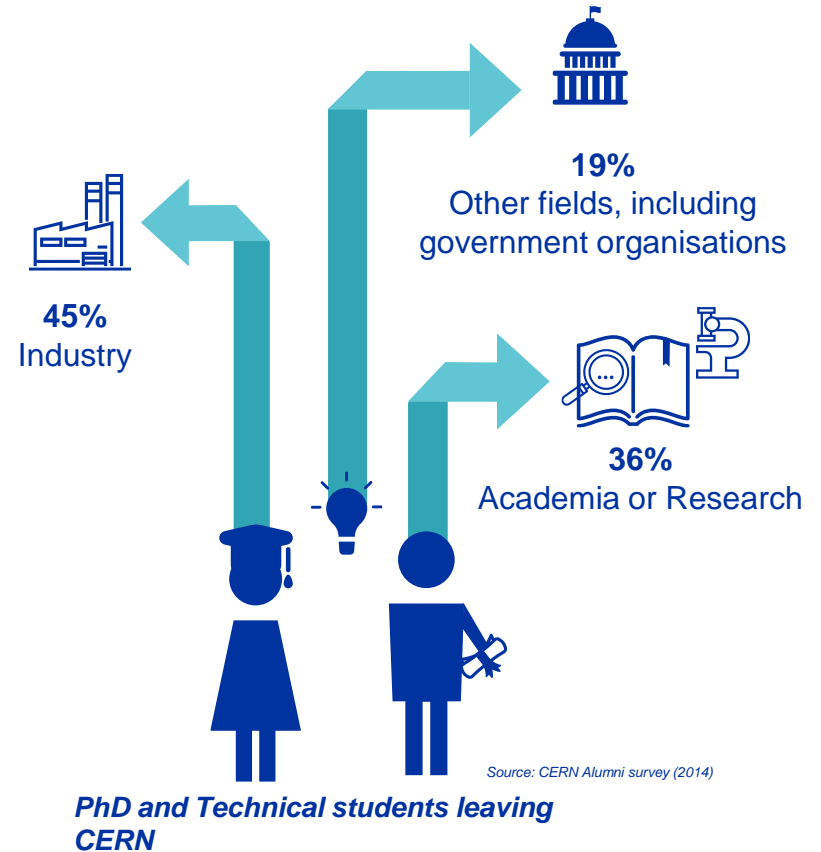


Το CERN ανοίγει έναν κόσμο ευκαιριών σταδιοδρομίας



Age Distribution of Scientists working at CERN

Presentation Greece



Η Ελλάδα έχει μια ισχυρή παράδοση στη σωματιδιακή φυσική

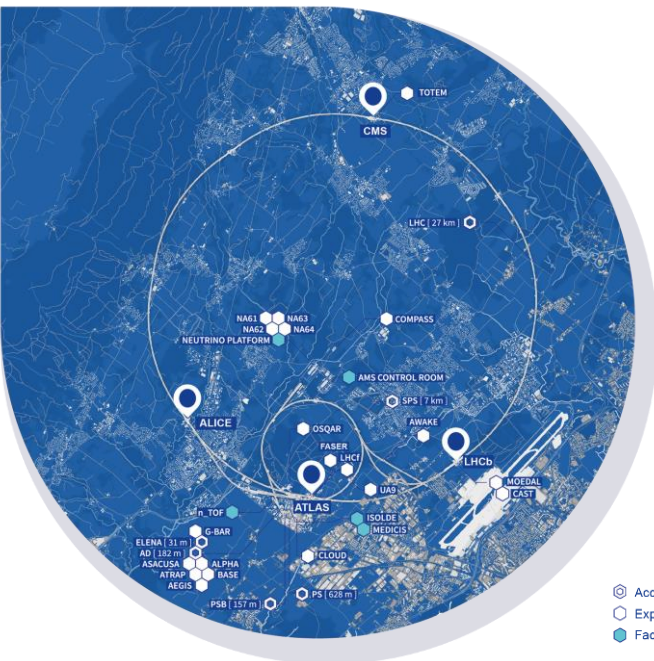


3 Μαΐου 2014: Ο Πρόεδρος της Ελληνικής Δημοκρατίας, ο Αυτού Εξοχότης Κάρολος Παπούλιας επισκέφθηκε το CERN.

- Η Ελλάδα ήταν ένα από τα 12 ιδρυτικά κράτη μέλη του CERN (1954).
- Η Ελλάδα έχει συμμετάσχει σε όλο το φάσμα των ερευνητικών δραστηριοτήτων στο CERN, από την ανάπτυξη ανιχνευτών και υπολογιστών έως πολυάριθμα πειράματα στις εγκαταστάσεις PS, SPS, ISR, SPS Collider & LEP του CERN.
- Οι Έλληνες ερευνητές έχουν κάνει αξιοσημείωτη συμβολή στην πειραματική και θεωρητική φυσική των σωματιδίων.
- Σήμερα, 11 ελληνικά πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα συμμετέχουν σε προγράμματα στο CERN.

Με την ισχυρή και συνεχή υποστήριξη του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων και της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Καινοτομίας

Η Ελλάδα συμμετέχει στο πειραματικό πρόγραμμα του CERN



LHC EXPERIMENTS:

- ALICE** 1 Institute, 6 members
- ATLAS** 7 Institutes, 84 members
- CMS** 4 Institutes, 69 members

FIXED TARGET EXPERIMENTS

- **CAST** 4 institutes
- **nTOF** 3 institutes
- **NA61** 1 institute
- **Neutrino Platform 2** institutes

ISOLDE

4 institutes

Η Ελλάδα συμμετέχει στο **WLCG** με δύο κέντρα Tier-2 (υπό μνημόνιο συνεργασίας):

- Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Τεχνολογικό Ινστιτούτο Καβάλας

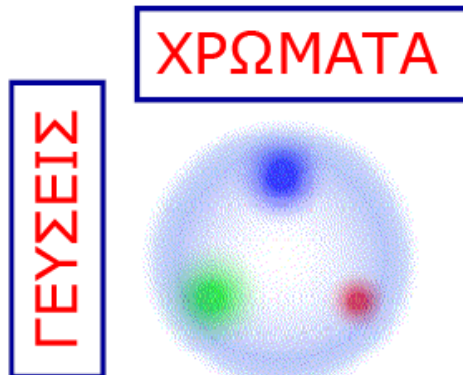
Συνεργασία σε Επιταχυντές

Ελληνικά ινστιτούτα εμπλέκονται ενεργά στην E&A και τις μελέτες για μελλοντικούς επιταχυντές (CLIC, FCC) καθώς και συνεισφέροντας σε μεγάλο βαθμό σε υπάρχοντα έργα (LHC, HL-LHC).

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.