



Καλώς Ορίσατε στο CERN



Το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Κέντρο Σωματιδιακής Φυσικής CERN - Σήμερα και στο Μέλλον...

Ευάγγελος ΓΑΖΗΣ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Περιεχόμενα της Ομιλίας

- **Τι είναι το CERN και ποιά η αποστολή του**
- **Οι διαστάσεις του (μικρο-) κόσμου**
- **Πού βρισκόμαστε σήμερα?**
- **Γιατί συνεχώς πιο μεγάλη ενέργεια στις δέσμες των σωματιδίων?**

- **Μεγάλα αναπάντητα ερωτήματα στη Φυσική - Νέες ιδέες**
- **Οι επιταχυντές στο CERN**
- **Ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής LHC**
- **Τα πειράματα στον επιταχυντή LHC**
- **Αποτελέσματα Φυσικής - Το Μποζόνιο HIGGS**

- **Συμπεράσματα**



Η Αποστολή του CERN

- ❑ **Πρωθει** το μέτωπο της ΓΝΩΣΗΣ
π.χ. Τα μυστικά της **Μεγάλης Έκρηξης** ... πώς είναι η ύλη μέσα στις πρώτες στιγμές της ύπαρξης του Σύμπαντος?
- ❑ **Αναπτύσσει** ΝΕΑ Τεχνολογία για **Επιταχυντές και Ανιχνευτές**.
Πληροφορική - Web και GRID
Ιατρική - Διάγνωση και Θεραπεία
- ❑ **Εκπαιδεύει** τους επιστήμονες και τους μηχανικούς του αύριο
- ❑ **Ενώνει** τους ανθρώπους από διαφορετικές χώρες και πολιτισμούς

CERN: ιδρύθηκε το 1954: 12 Ευρωπαϊκά Κράτη

“Science for Peace”

Σήμερα: 21 Κράτη Μέλη

~ 2300 Μόνιμο Προσωπικό
~ 1300 Προσωρινό Προσωπικό
~ 12000 Επισκέπτες-Συνεργάτες
Προϋπολογισμός (2015) ~1000 MCHF

Κράτη Μέλη: Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom

Υποψήφια Κράτη Μέλη: Romania, Serbia

Αναπληρωματικά Κράτη Μέλη: Pakistan, Turkey, Cyprus

Υποψήφια Αναπληρωματικά: Azerbaijan, Brazil, Croatia, India, Russia, Slovenia, Ukraine

Παρατηρητές: India, Japan, Russia, United States of America; European Union, JINR and UNESCO

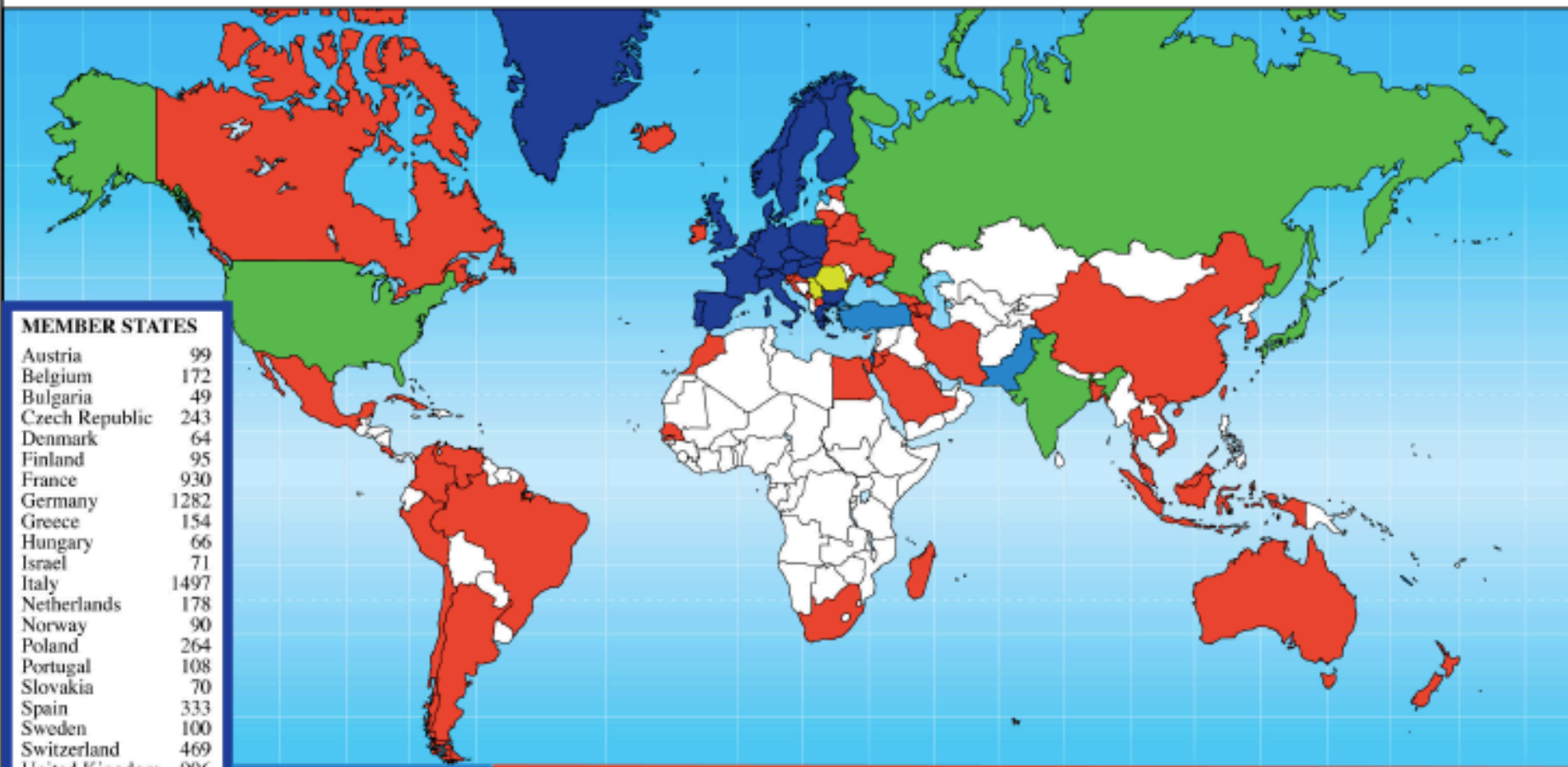
CERN / 30 May 2016





Η Επιστήμη γίνεται Παγκόσμια

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 21 September 2015



MEMBER STATES	
Austria	99
Belgium	172
Bulgaria	49
Czech Republic	243
Denmark	64
Finland	95
France	930
Germany	1282
Greece	154
Hungary	66
Israel	71
Italy	1497
Netherlands	178
Norway	90
Poland	264
Portugal	108
Slovakia	70
Spain	333
Sweden	100
Switzerland	469
United Kingdom	906
7240	

ASSOCIATE MEMBERS	
Pakistan	30
Turkey	128
158	

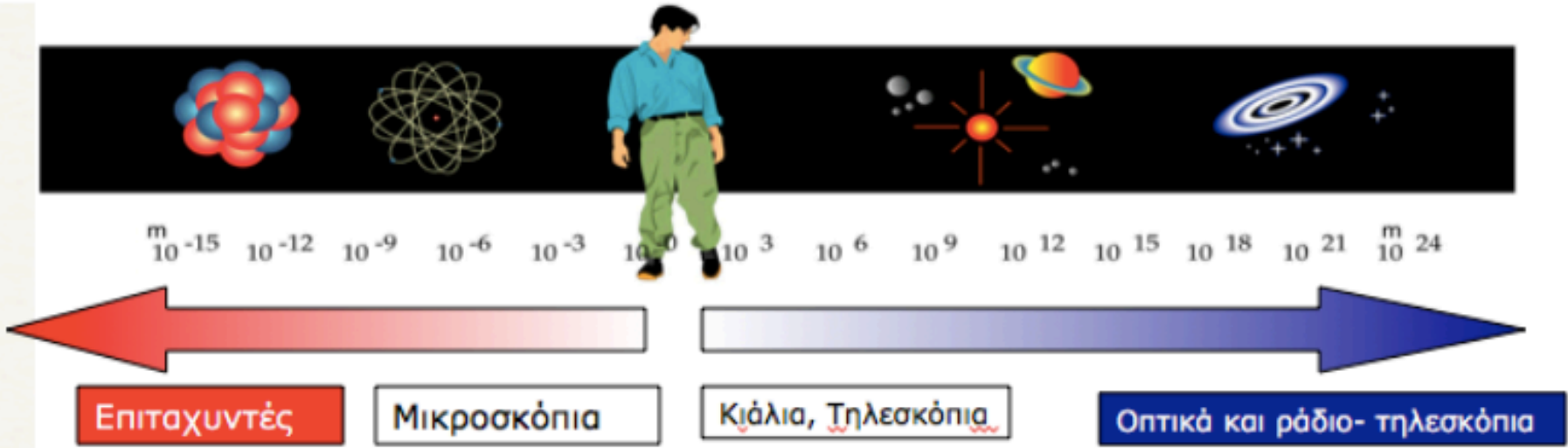
OBSERVERS	
India	180
Japan	270
Russia	941
USA	1890
3281	

STATES IN ACCESSION TO MEMBERSHIP	
Romania	103
Serbia	37
140	

OTHERS	
China	191
Argentina	27
Armenia	19
Australia	39
Azerbaijan	3
Bangladesh	2
Belarus	26
Brazil	151
Canada	179
Chile	15
Colombia	15
Costa Rica	1
Croatia	24
Cuba	3
Cyprus	11
Egypt	26
Estonia	16
Georgia	18
Hong Kong	21
Iceland	2
Indonesia	8
Iran	25
Ireland	9
Jordan	7
Korea	142
Lithuania	19
Madagascar	3
Malaysia	10
Malta	5
Mexico	66
Montenegro	1
Morocco	7
New Zealand	6
Peru	3
Saudi Arabia	1
Senegal	1
Singapore	1
Slovenia	19
South Africa	51
Taiwan	84
Thailand	12
TFYROM	2
Ukraine	30
Venezuela	1
Viet Nam	1
1303	

Οι Διαστάσεις του (μικρο-)κόσμου

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



**ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΚΑΙ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ**

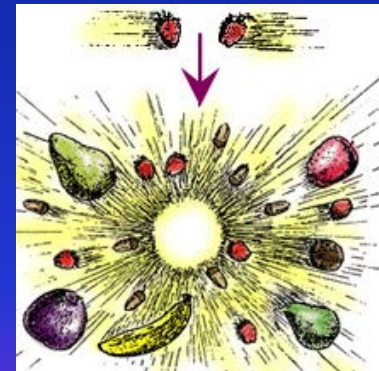
ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ, ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

ΤΑ ΔΥΟ ΜΕΓΑΛΑ ΜΕΤΩΠΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

→ ΑΣΤΡΟ-ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ!!

Γιατί πιο μεγάλη ενέργεια?

- ◆ Η αρχή της γένεσης του Σύμπαντος (**ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ**) προϋποθέτει τη συγκέντρωση μέγιστης ενέργειας σε ελάχιστο χώρο και χρόνο. Με την πάροδο του χρόνου η ενέργεια ελαττώνεται και μεταμορφώνεται σε ύλη.
- ◆ Οι επιταχυντές παρέχουν **φορτισμένα σωματίδια με υψηλή κινητική ενέργεια**, οι συγκρούσεις των οποίων δημιουργούν συνθήκες ενέργειας και ύλης πολύ κοντά στη ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ, για την ακρίβεια μερικά εκατομμυριοστά του ΠΡΩΤΟΥ δευτερολέπτου, μετά την μεγάλη έκρηξη.
- ◆ Για να αυξηθεί η ενέργεια των σωματιδίων της δέσμης, εφαρμόζονται ισχυρά **ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία** που τα επιταχύνουν και συγχρόνως τα εστιάζουν.
- ◆ Οι επιταχυντές έχουν είτε κυκλική μορφή (**ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΕΣ**), όπου τα σωματίδια της δέσμης επιταχύνονται διαγράφοντας επαναλαμβανόμενες κυκλικές τροχιές, είτε ευθεία γραμμή (**ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΕΣ**), όπου η δέσμη ταξιδεύει από την μια άκρη στην άλλη.
- ◆ Οι ανιχνευτές ανιχνεύουν/συλλαμβάνουν τα σωματίδια παράγοντας στις συγκρούσεις, προκειμένου να διερευνηθούν τα πυρήνα του ατόμου και οι δομικοί λίθοι των νουκλεονίων: **λεπτόνια**.

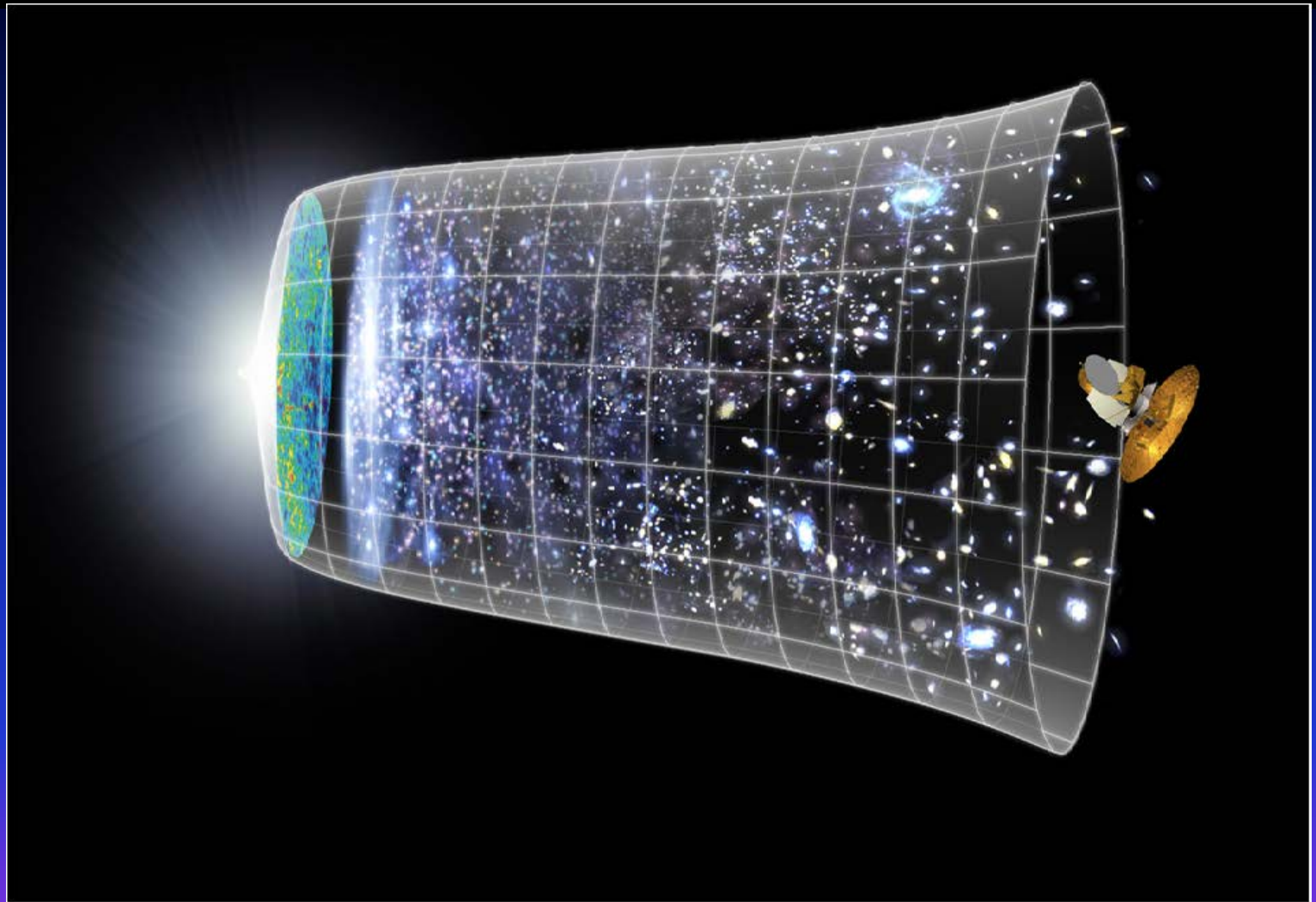


Σχέση του Einstein

$$E = mc^2 \Rightarrow m = E/c^2$$

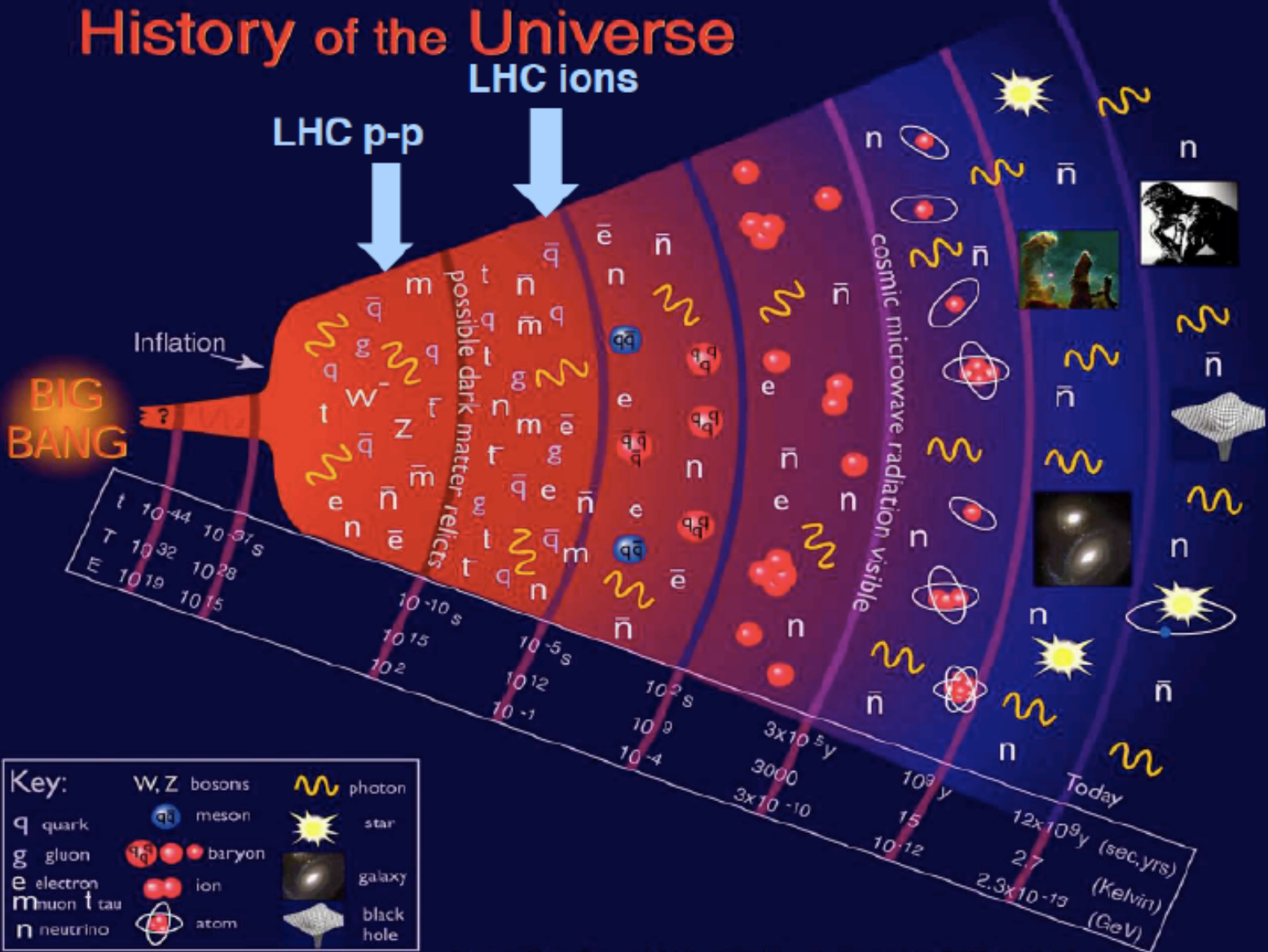
Η Εξέλιξη του Σύμπαντος

Μεγάλη
Έκρηξη



→ Σήμερα
 10^{28} cm

Η ΕΞΕΛΙΞΗ του Σύμπαντος



Μεγάλα και Αναπάντητα Ερωτήματα

Ποιά είναι η προέλευση της μάζας ?

Γιατί δεν υπάρχει ισοδύναμη αντι-ύλη?

Τί είναι η αθέατη ή σκοτεινή ύλη?

Ενώνονται όλες οι δυνάμεις μαζί?

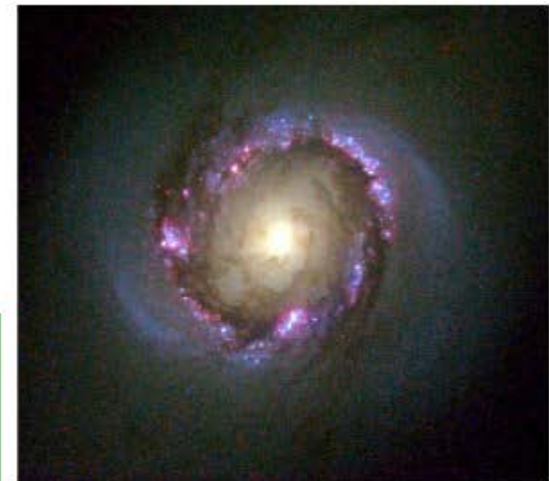
Υπάρχει Υπερσυμμετρία?

Υπάρχουν άλλα είδη δυνάμεων?

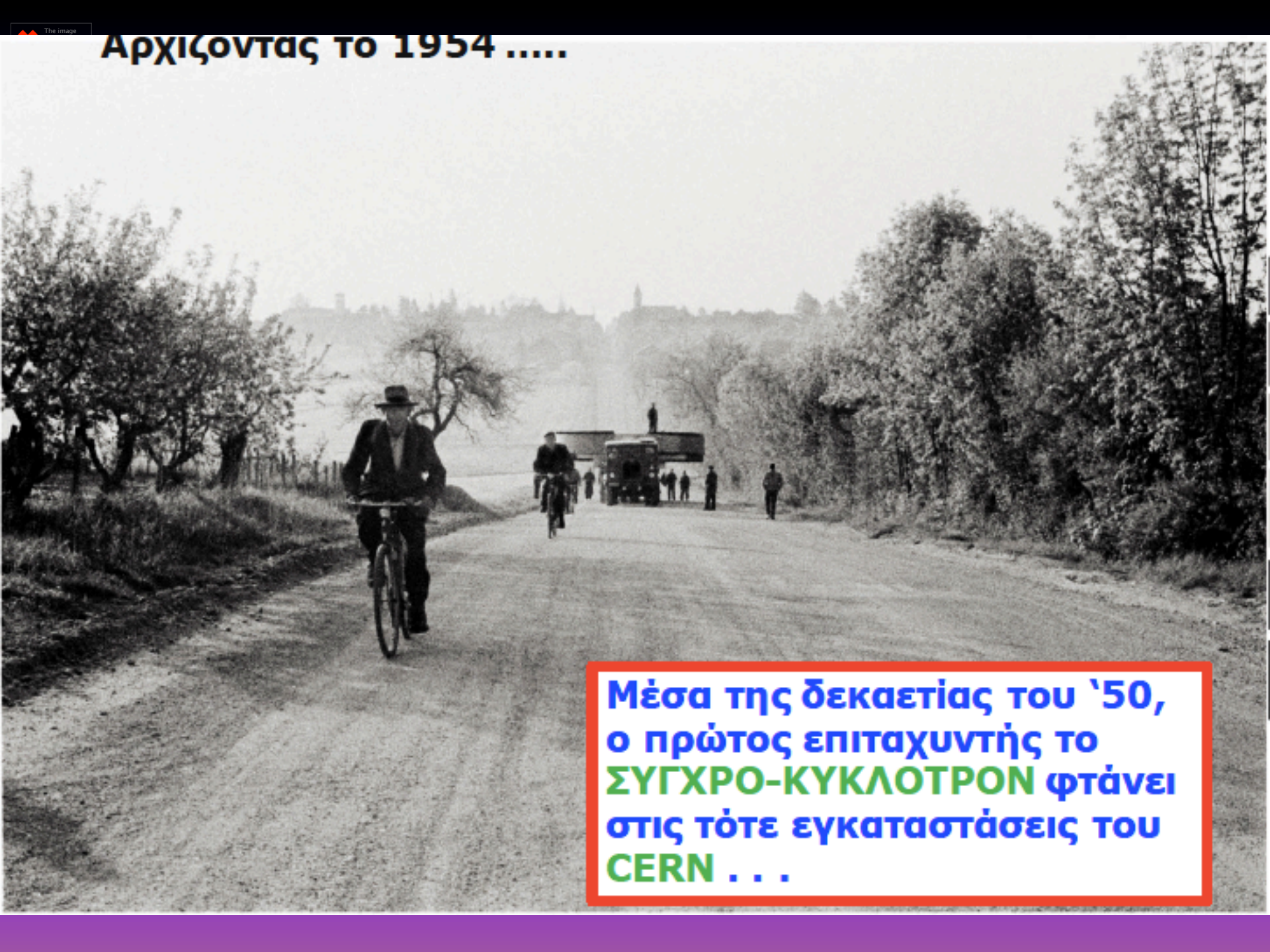
Υπάρχει το σωματίδιο higgs?



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



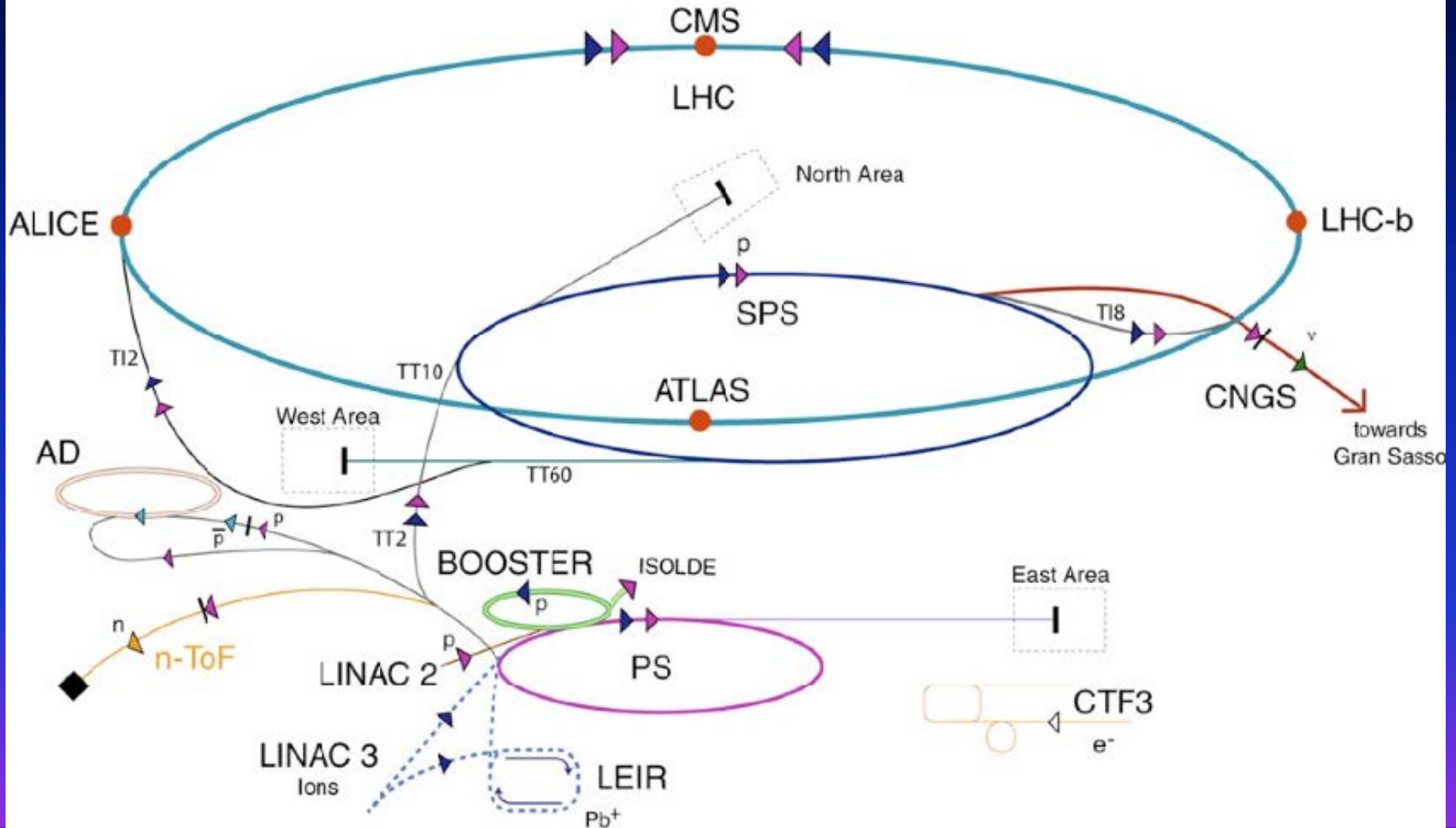
Αρχίζοντας το 1954



Μέσα της δεκαετίας του '50,
ο πρώτος επιταχυντής το
ΣΥΓΧΡΟ-ΚΥΚΛΟΤΡΟΝ φτάνει
στις τότε εγκαταστάσεις του
CERN . . .

Το σύμπλεγμα ~20 επιταχυντών του CERN ΣΗΜΕΡΑ

Accelerator chain of CERN (operating or approved projects)



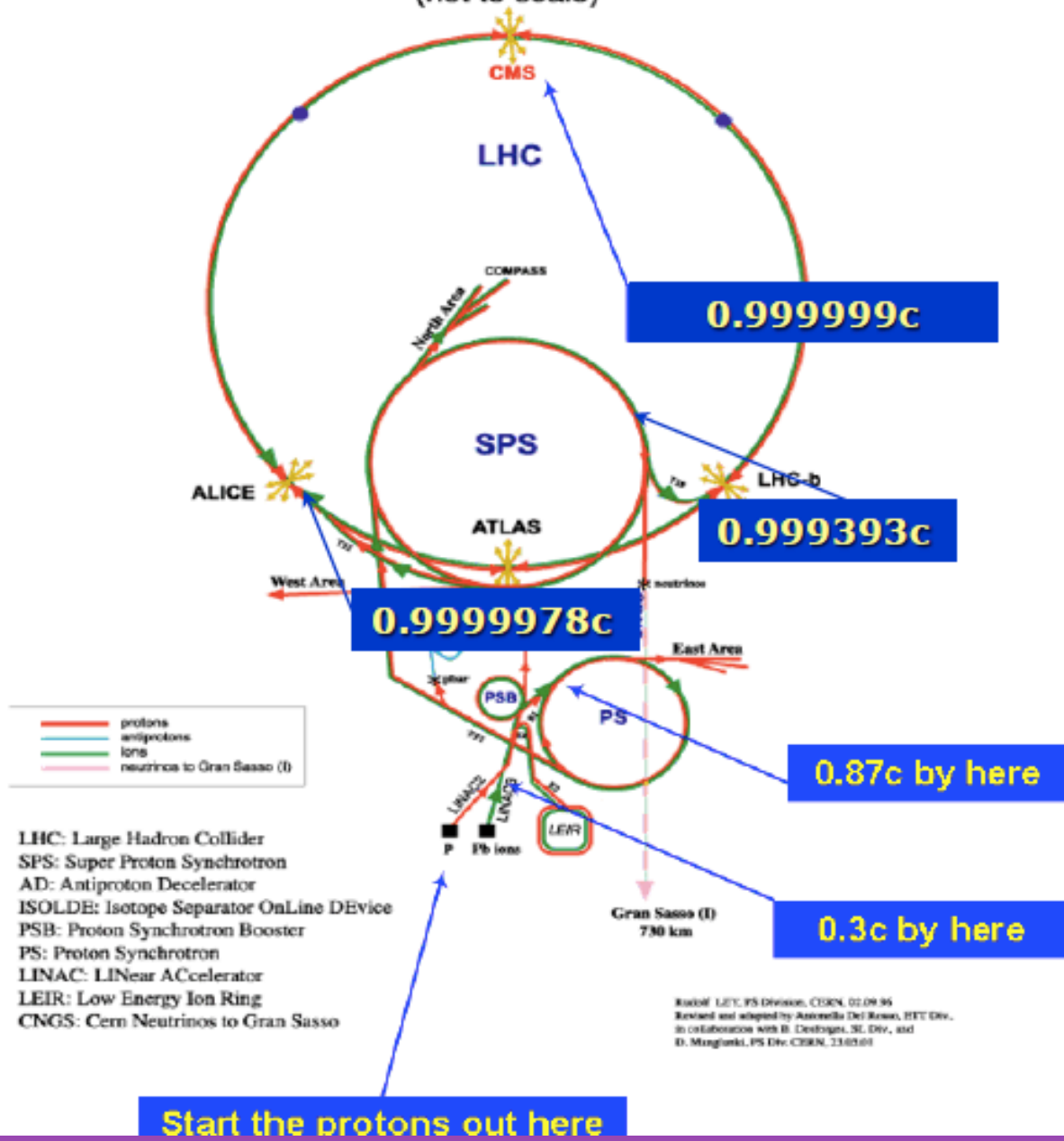
- | | | | |
|------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|
| ▶ protons | ▶ antiprotons | AD Antiproton Decelerator | LHC Large Hadron Collider |
| ▶ ions | ▶ electrons | PS Proton Synchrotron | n-ToF Neutron Time of Flight |
| ▶ neutrons | ▶ neutrinos | SPS Super Proton Synchrotron | CNGS CERN Neutrinos Gran Sasso |
| | | | CTF3 CLIC Test Facility 3 |



Επιταχυντές για εισαγωγή δέσμης στον LHC

- Linac2 (p, 50 MeV, 1978)
- PSB (1.4 GeV, 1972)
- PS (28 GeV, 1959)
- SPS (450 GeV, 1976)

CERN Accelerators (not to scale)



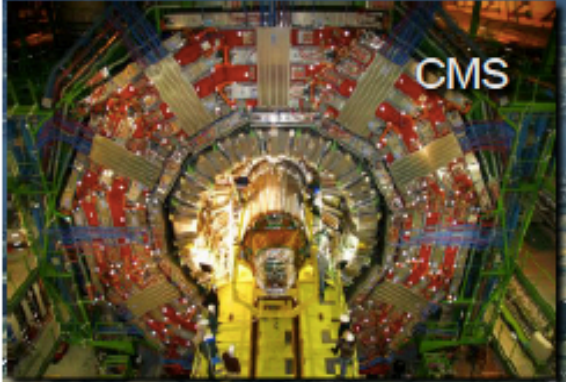
— protons
— antiprotons
— ions
— neutrinos to Gran Sasso (G)

LHC: Large Hadron Collider
 SPS: Super Proton Synchrotron
 AD: Antiproton Decelerator
 ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice
 PSB: Proton Synchrotron Booster
 PS: Proton Synchrotron
 LINAC: LINear ACcelerator
 LEIR: Low Energy Ion Ring
 CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

Rudolf LEIC, PS Division, CERN, 02.09.95
 Revised and adapted by Antonella Del Rio, BEC Div.,
 in collaboration with B. Deshayes, SE Div., and
 D. Margoni, PS Div, CERN, 23.05.01

Start the protons out here





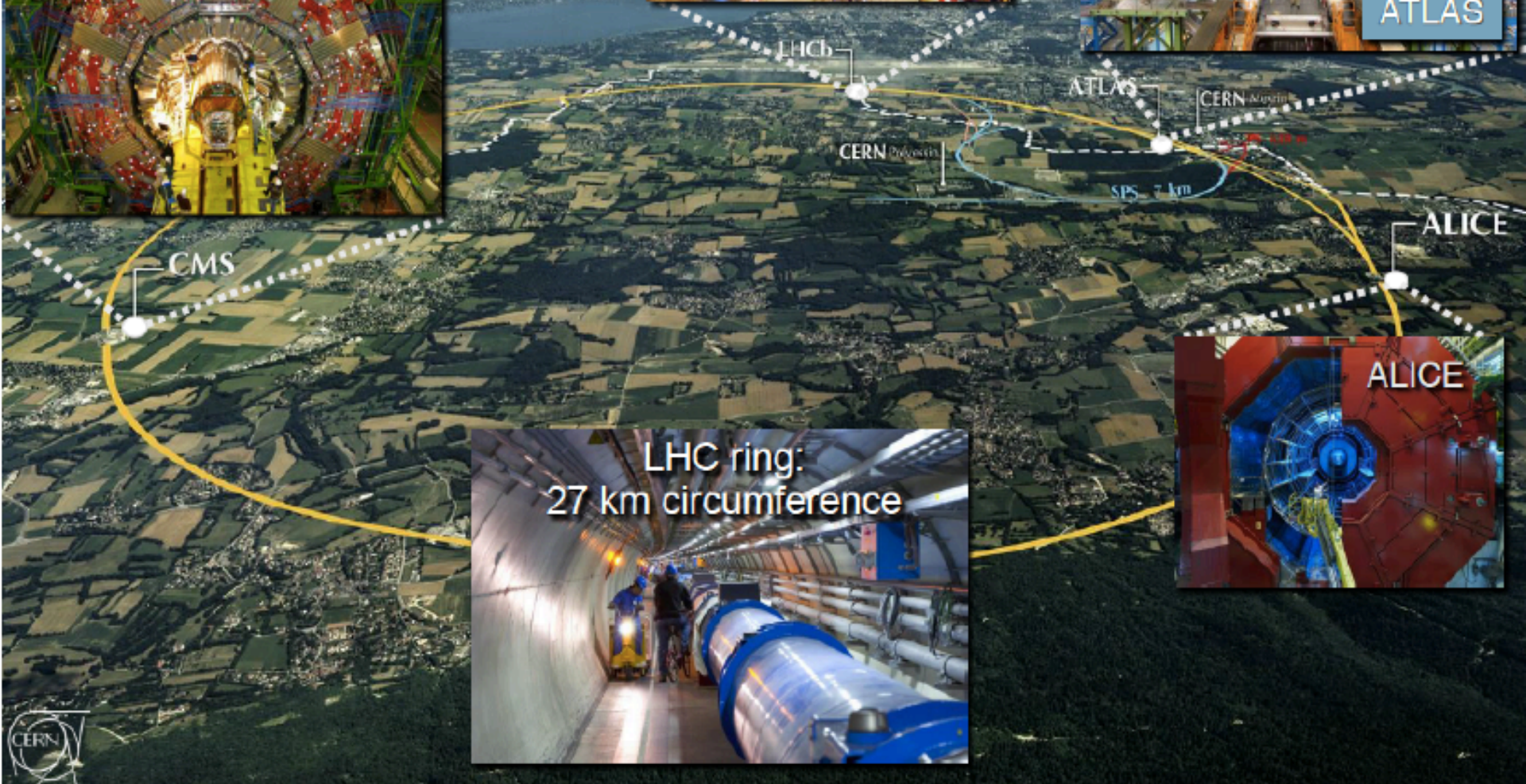
CMS



LHCb



ATLAS



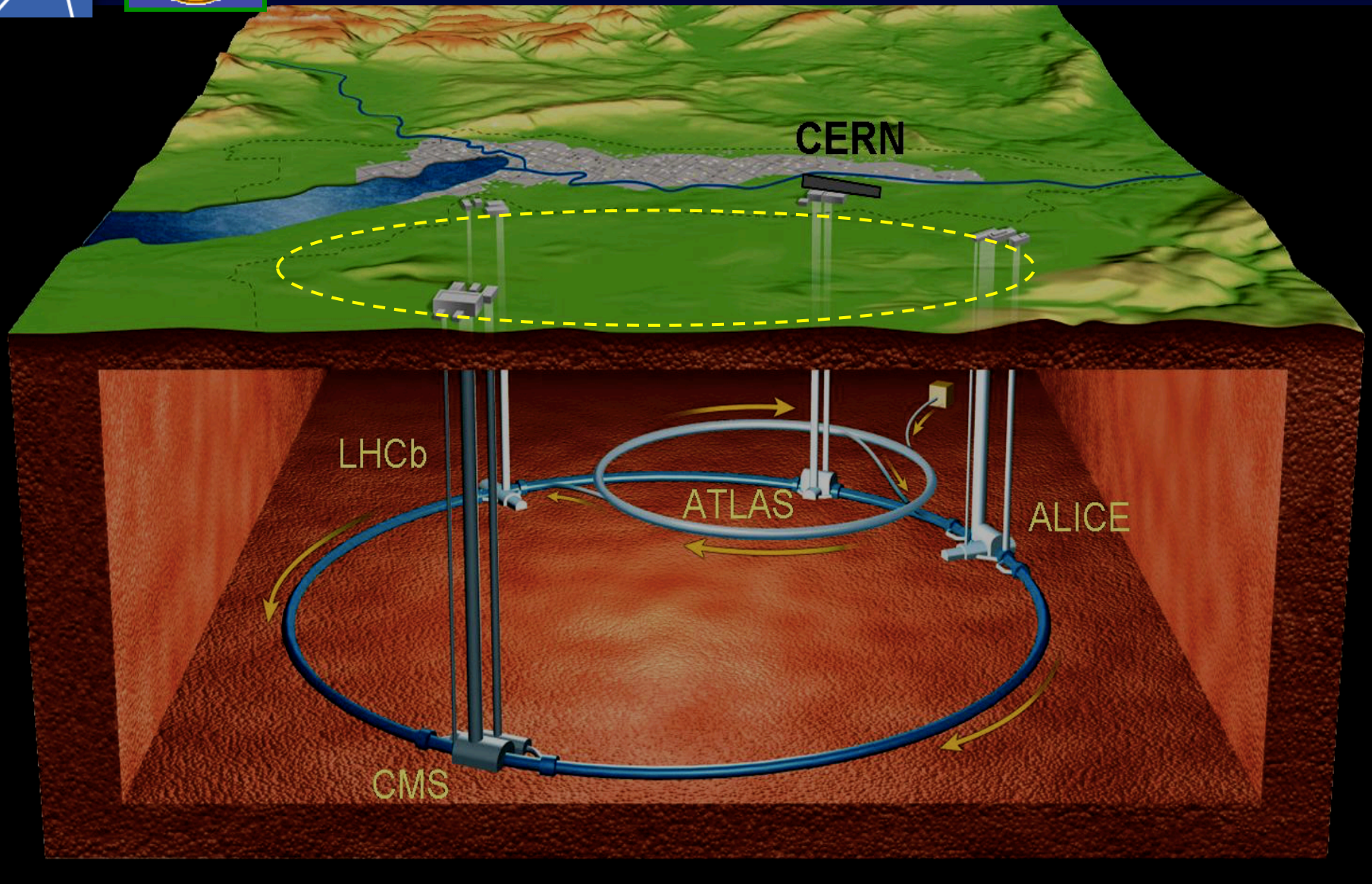
LHC ring:
27 km circumference



ALICE



LHC – Large Hadron Collider



Ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής LHC



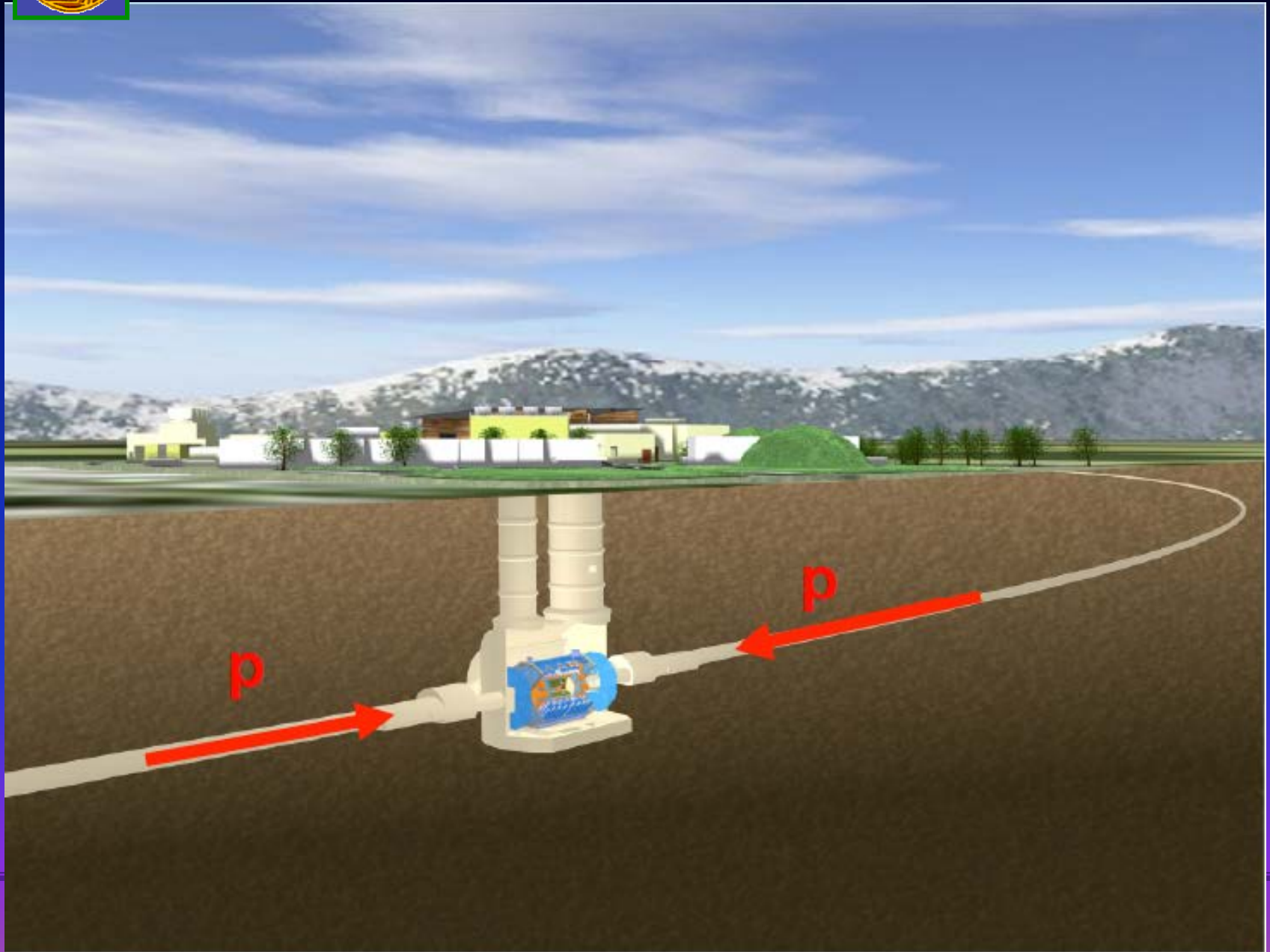
1238 υπεραγωγίμα μαγνητικά δίπολα, βάρους **35 τόνων** το καθένα κατασκευάστηκαν και συναρμολογήθηκαν για τον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή, με περίμετρο **27 χιλιόμετρα!**

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



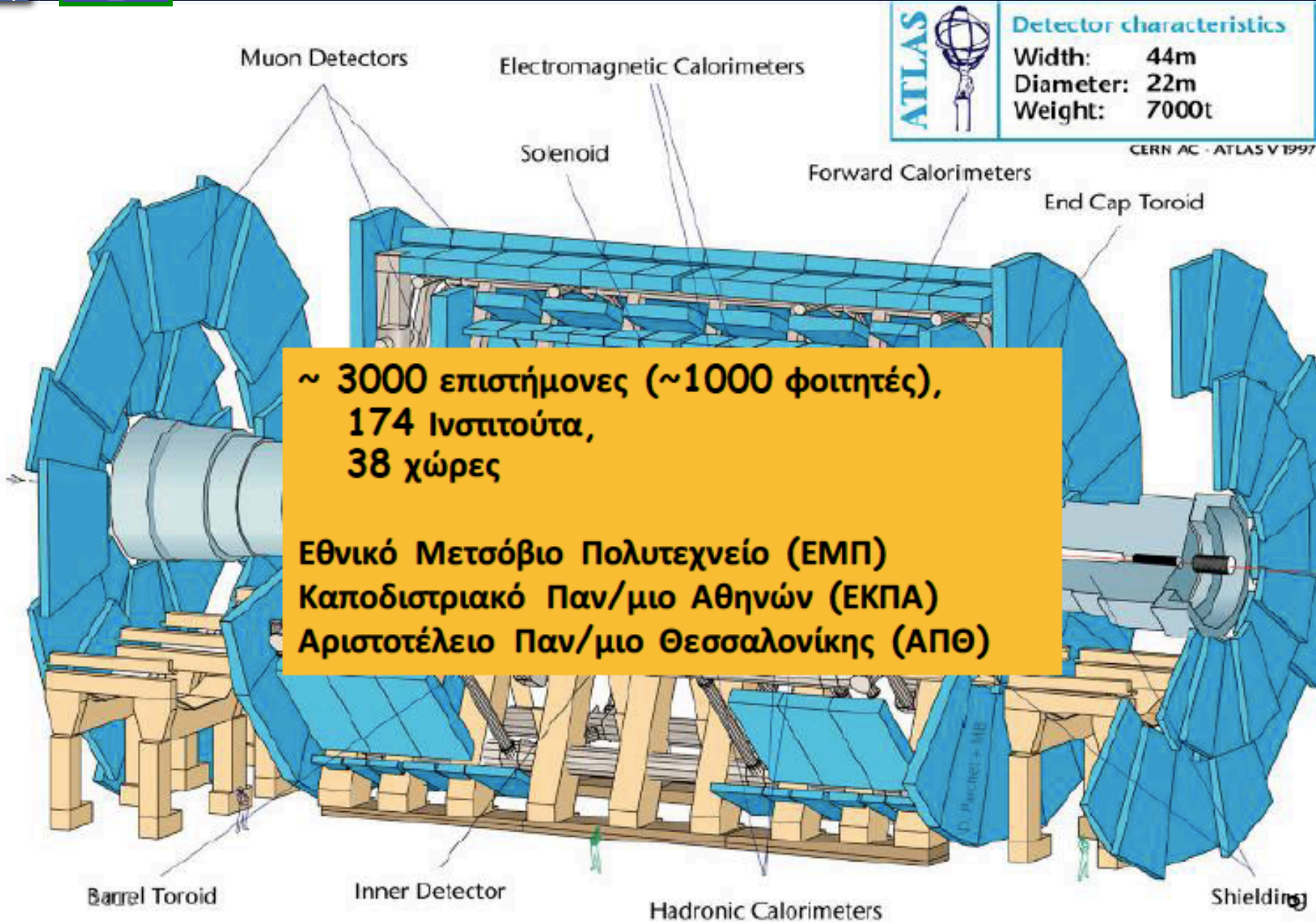


Πείραμα ATLAS – Large Hadron Collider



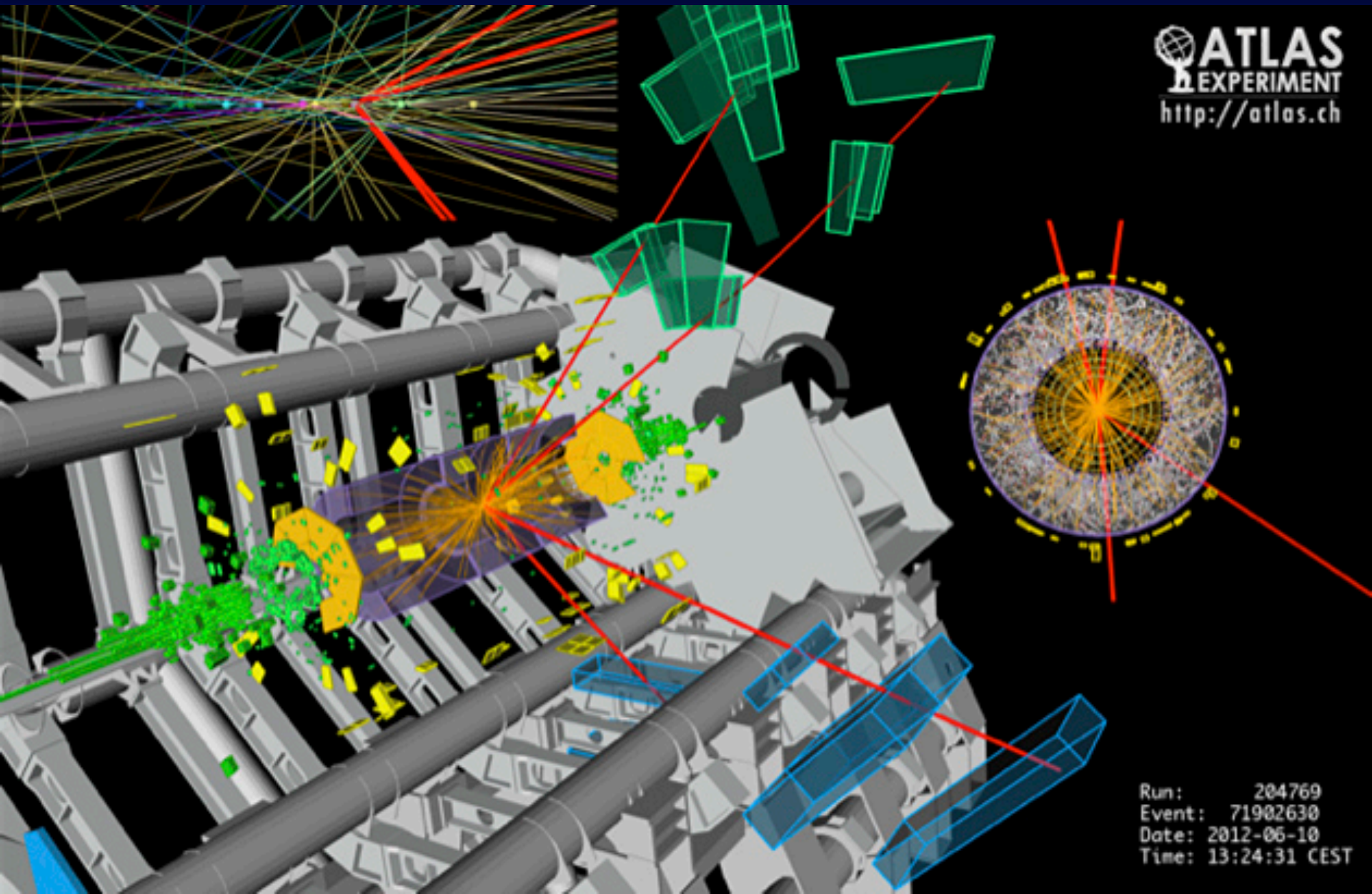


Πείραμα ATLAS – Large Hadron Collider





Υποψήφιο Γεγονός Μποζόνιο Higgs



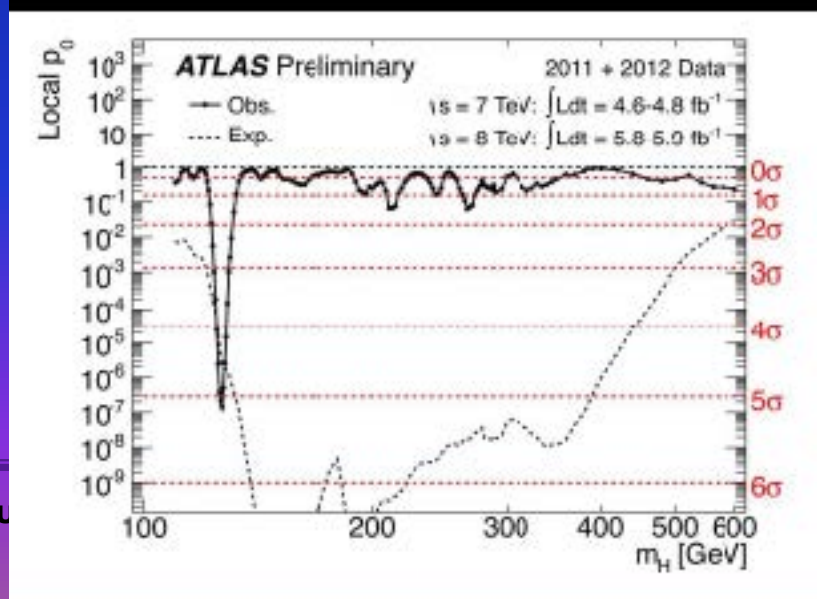
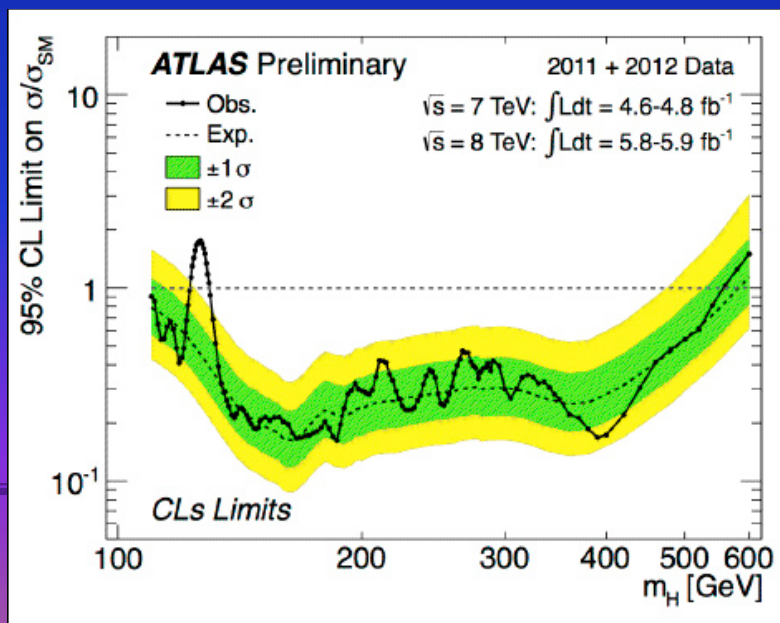
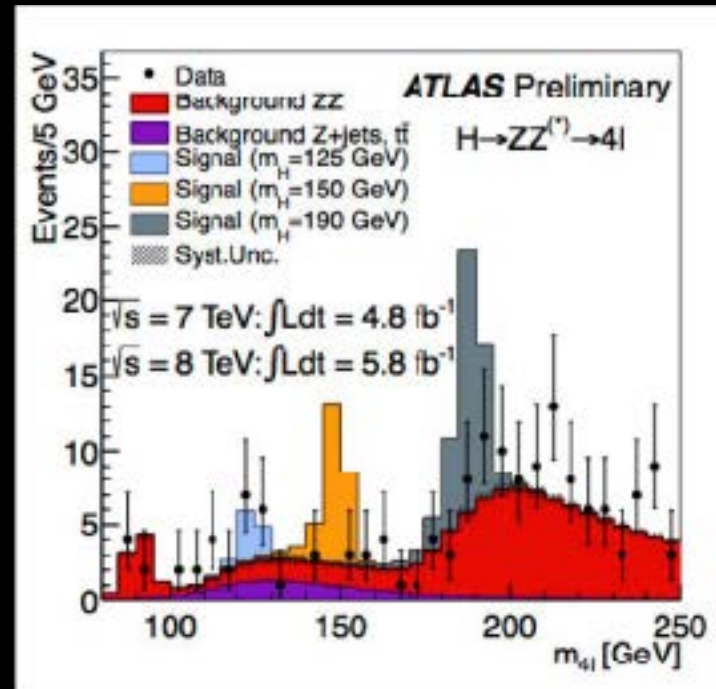
ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Run: 204769
Event: 71902630
Date: 2012-06-10
Time: 13:24:31 CEST



Αναζήτηση του Μποζονίου Higgs

- Ανακατασκευή της αναλλοίωτης μάζας του μποζονίου Higgs
- Αναζήτηση κορυφών πάνω από το υπόβαθρο άλλων αντιδράσεων: 1, 2, 3
- Στατιστική ανάλυση για την ανεύρεση της σπουδαιότητας της εξέχουσας: 3 κορυφές
- Μάζα Higgs = 125.5 ± 0.4 GeV



αυγούστου

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert Peter W. Higgs



© The Nobel Foundation, Photo: Lovisa Engblom.

Το βραβείο Nobel Φυσικής του 2013 απονέμεται από κοινού στους **François Englert** και **Peter W. Higgs**

«για την θεωρητική ανακάλυψη του μηχανισμού που συνεισφέρει για την κατανόηση της προέλευσης της μάζας των υποατομικών σωματιδίων, και ο οποίος επαληθεύτηκε πρόσφατα με την ανακάλυψη **παραγόμενου θεμελιώδους σωματιδίου**, στα πειράματα **ATLAS** και **CMS** στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή του **CERN**»

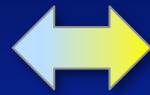


Οι Ιατρικές Εφαρμογές ένα άριστο παράδειγμα Spin-off της Σωματιδιακής Φυσικής

Συνδυάζονται: Φυσική, Πληροφορική, Βιολογία και Ιατρικοί για την καταπολέμηση του καρκίνου



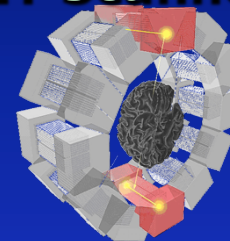
Σωματίδια



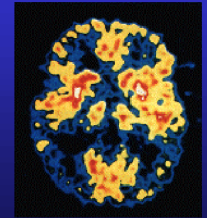
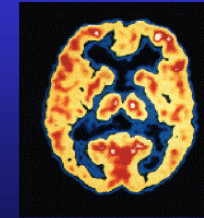
Απεικόνιση

PET Scanner

Κλινική απεικόνιση μαστού (ClearPEM)

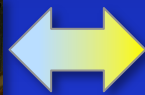


Brain Metabolism in Alzheimer's Disease: PET Scan

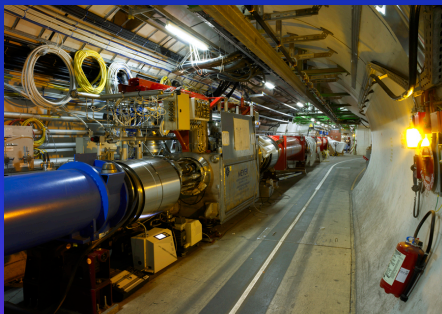


Normal Brain

Alzheimer's Disease



Αδρονική Θεραπεία



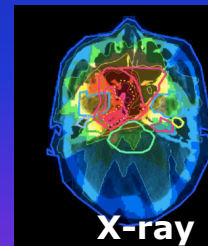
Επιτάχυνση δεσμών

~30'000 επιταχυντές παγκοσμίως
~17'000 για ιατρική

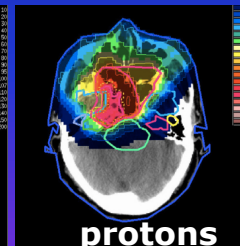


Κακοήθης Όγκος

Πρωτόνια
Ελαφρά ιόντα



X-ray



protons

Πρωτοπορία στη θεραπεία ιόντων στην Ευρώπη και Αμερική

>70'000 ασθενείς θεραπεύτηκαν (30 υποδομές)

>21'000 ασθενείς θεραπεύτηκαν στην Ευρώπη (9 υποδομές)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η **απήχηση** στην παγκόσμια οικονομία και κοινωνία των ερευνητικών αποτελεσμάτων του **CERN**, επιστημονικών και τεχνολογικών έχει αναγνωριστεί από επίσημους διεθνείς οργανισμούς (**ΟΑΣΑ, ΟΗΕ, ΟΥΝΕΣΚΟ**)
- Η **οικονομική και κοινωνική επίδραση** σε πολυσχιδή μορφή, αλλά κυρίως μέσω του διαλόγου των διαφορετικών εθνοτήτων και κρατών, οδηγεί σε ήπιες αλλά στέρεες διακρατικές σχέσεις, αποτελώντας **πρότυπο διπλωματικής πρακτικής**
- Το CERN παράγει ουσιαστικά και πολύπλευρα **ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ!!**

