





Επισκόπηση Συμπλέγματος Επιταχυντών του CERN

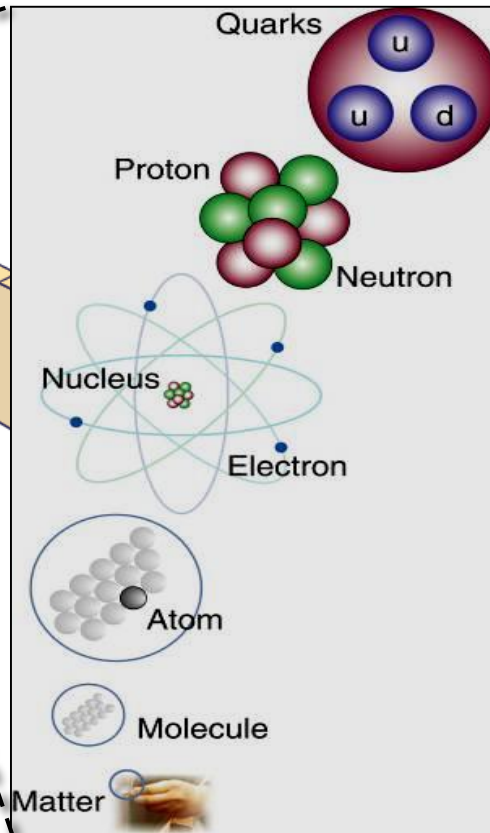
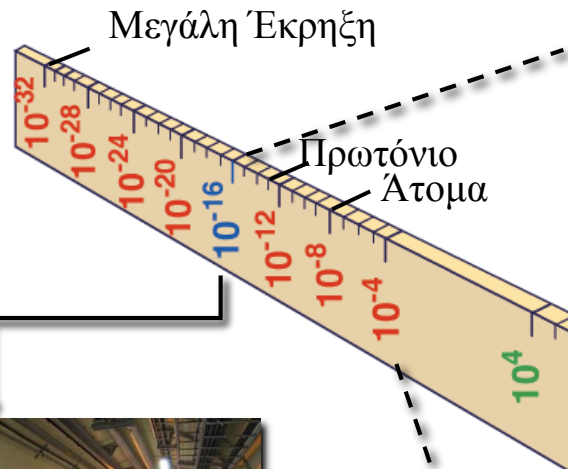
Δρ. Γιάννης ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ

Ομάδα Φυσικής Επιταχυντών, Τμήμα
Δεσμών, CERN
6 Μαρτίου 2021



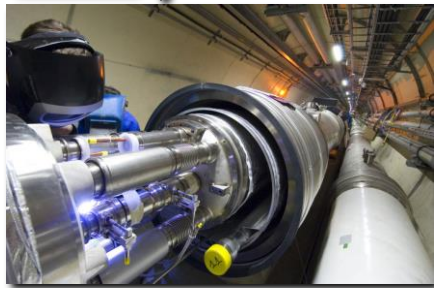
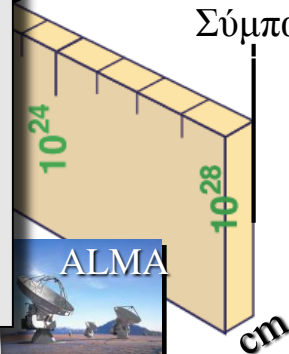


Σωματίδια



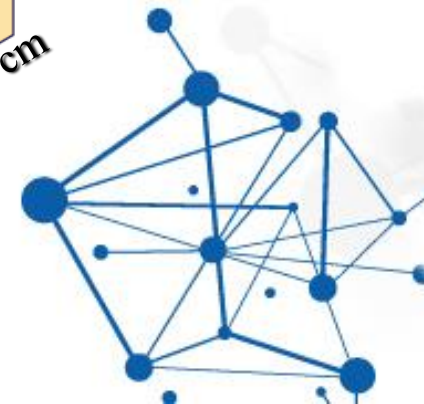
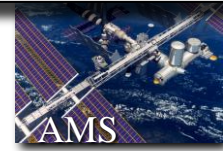
ίου

Ακτίνες των Γαλαξιών
Σύμπαν



Ο Μεγάλος Αδρονικός «Συγκρουστήρας» (Large Hadron Collider - LHC)

Ένα τεράστιο μικροσκόπιο

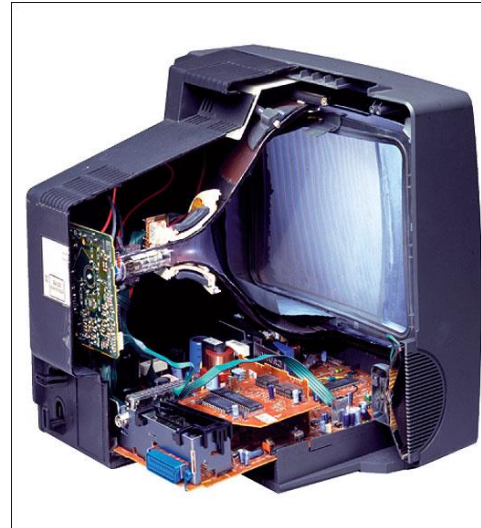
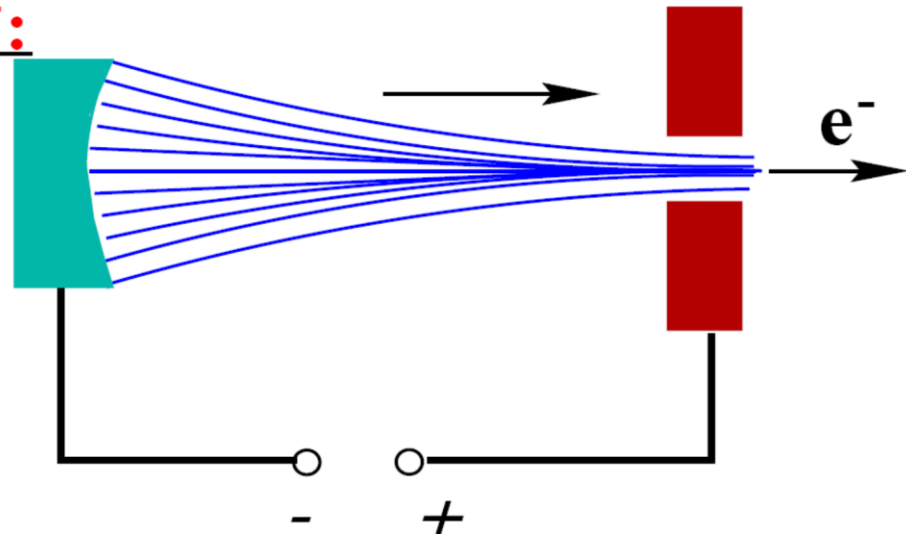


Επιτάχυνση

Τα φορτισμένα σωματίδια μπορούν e^- :
να επιταχυνθούν με ηλεκτρικά πεδία

Οι πιο απλοί επιταχυντές: Εφαρμογή
τάσης σε δύο ηλεκτρόδια

Ένα καλό παράδειγμα: οι καθοδικοί
σωλήνες μέσα στις παλιές τηλεοράσεις

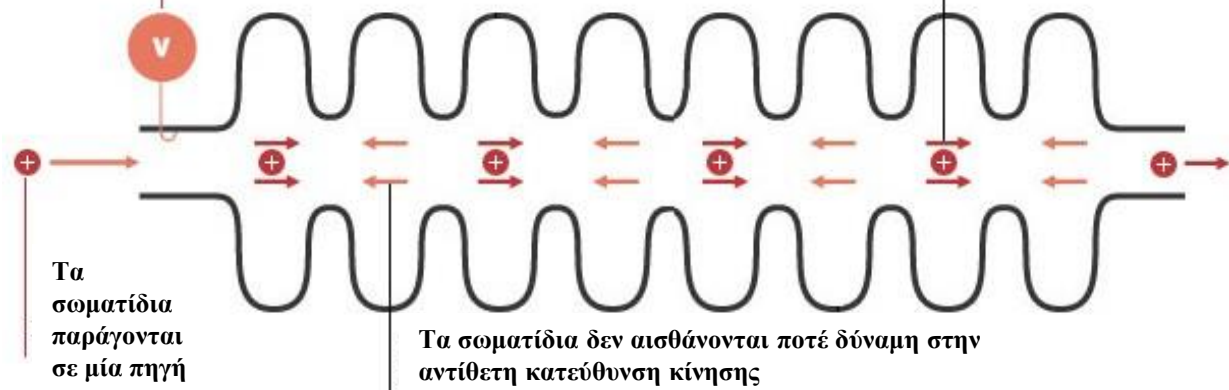




Μοντέρνες μέθοδοι επιτάχυνσης

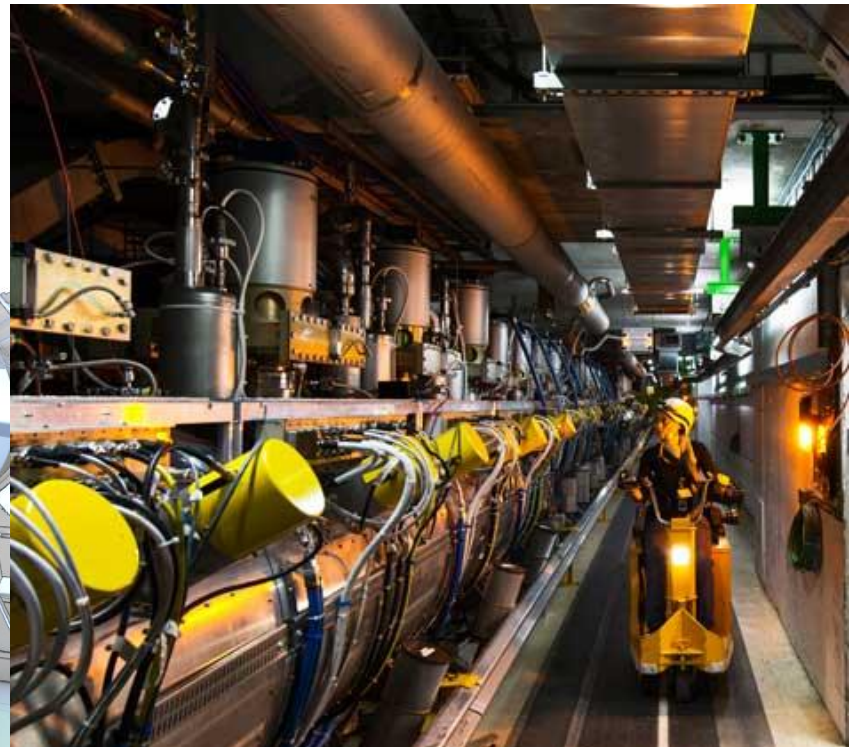
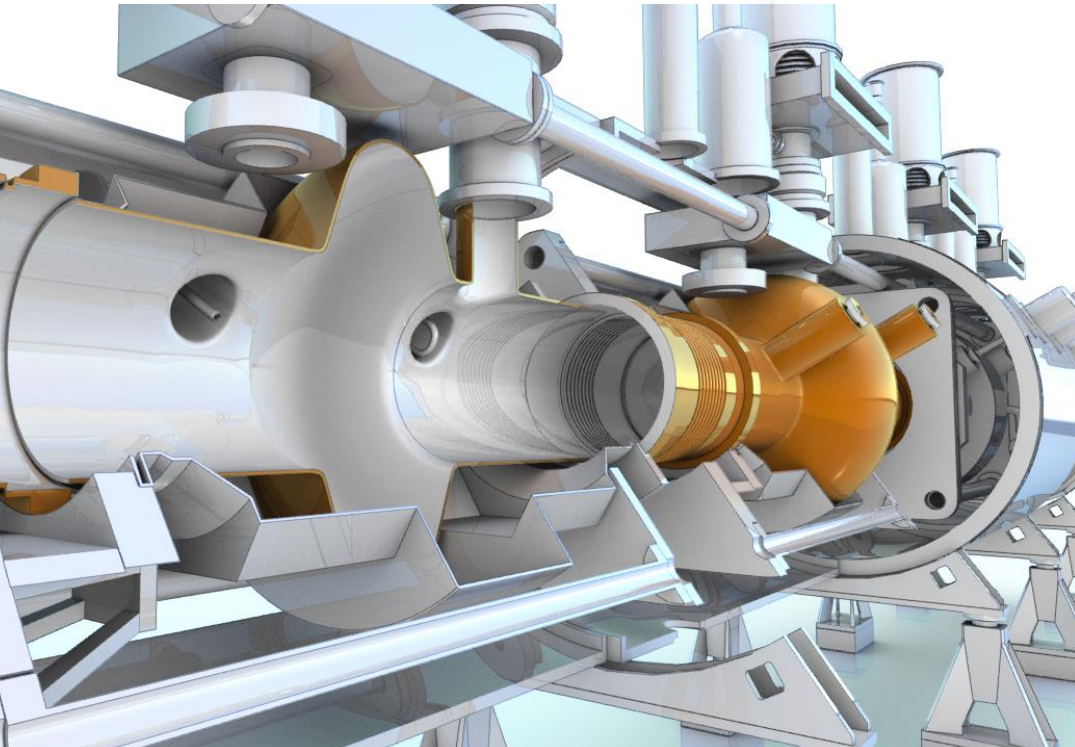
Μία γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης επιφέρει ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στην κοιλότητα Ραδιο-Συχνοτήτων (400 MHz)

Τα σωματίδια αισθάνονται πάντα δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης

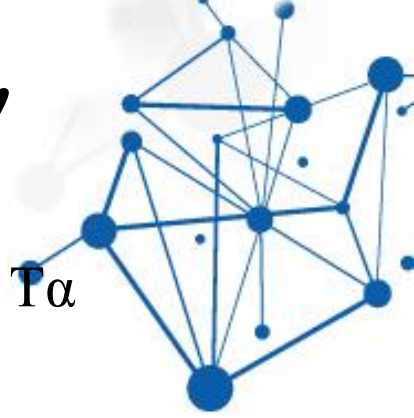


Τα σωματίδια παράγονται σε μία πηγή

Τα σωματίδια δεν αισθάνονται ποτέ δύναμη στην αντίθετη κατεύθυνση κίνησης



Κύριοι τύποι επιταχυντών



- **Γραμμικοί επιταχυντές (Linear accelerators - LINAC):** Τα σωματίδια επιταχύνονται από τις κοιλότητες ... μία φορά!



- **Κυκλικοί επιταχυντές:** Τα σωματίδια επιταχύνονται επανειλημμένα (εκατοντάδες εκατομμύρια φορές στο LHC)
 - Πρέπει τα σωματίδια να επαναφερθούν στην κοιλότητα
 - Σύγχροτρα και κύκλωτρα

Μαγνήτες

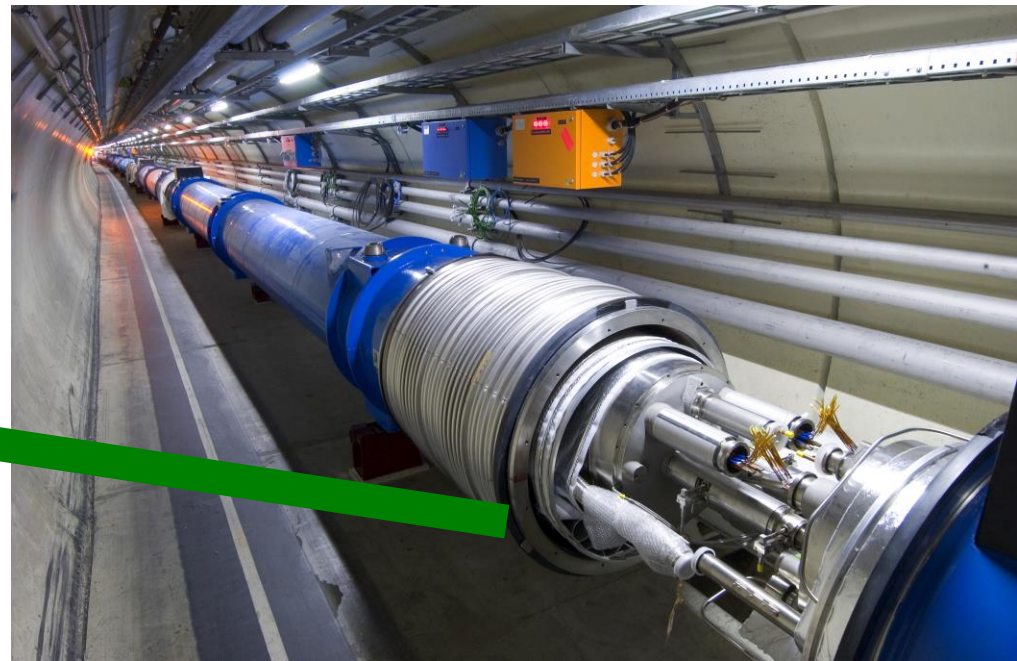
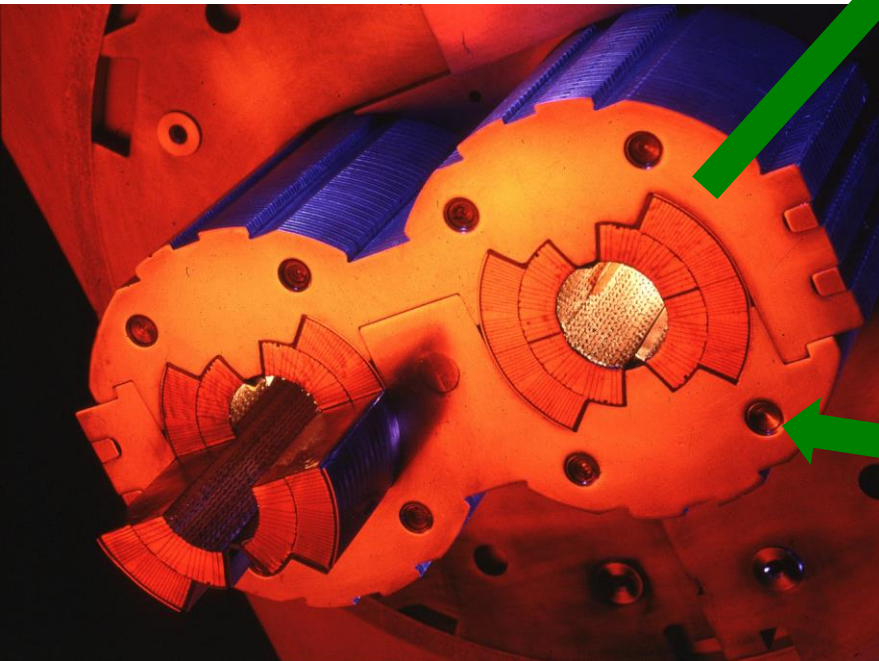
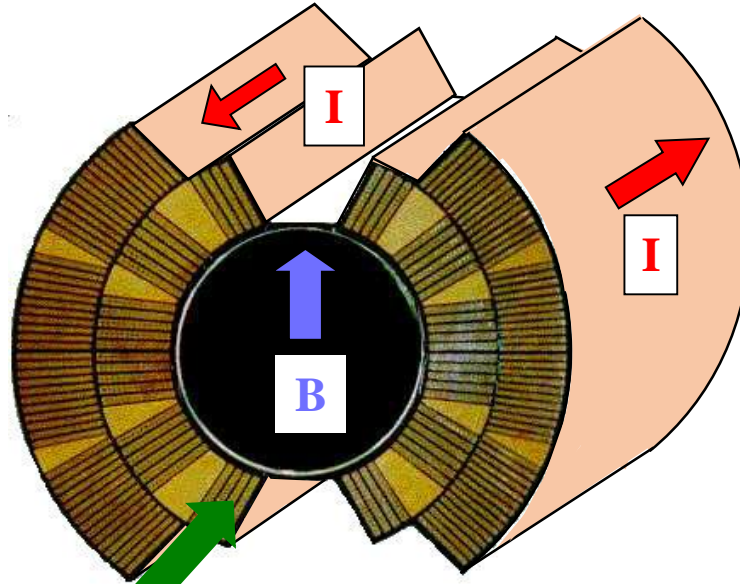


- **Μαγνήτες κάμψης** χρησιμοποιούνται ώστε τα σωματίδια να αποκτήσουν κυκλικές τροχιές
- Η **μέγιστη ενέργεια** ενός επιταχυντή εξαρτάται ανάλογα από την **καμπυλότητα** της σήραγγας και το **μέγιστο μαγνητικό πεδίο** των διπολικών μαγνητών

$$E [GeV] \approx 0.3 B \rho [Tm]$$

- Γι' αυτό, το **μήκος της σήραγγας** του LHC είναι **27 km** και οι **διπολικοί μαγνήτες** είναι **υπεραγώγιμοι** για να φθάσουν σε πολύ υψηλά μαγνητικά πεδία **8 T** και να μπορέσουν να στρέψουν σωματίδια με **ενέργεια 7 TeV**

Διπολικοί μαγνήτες

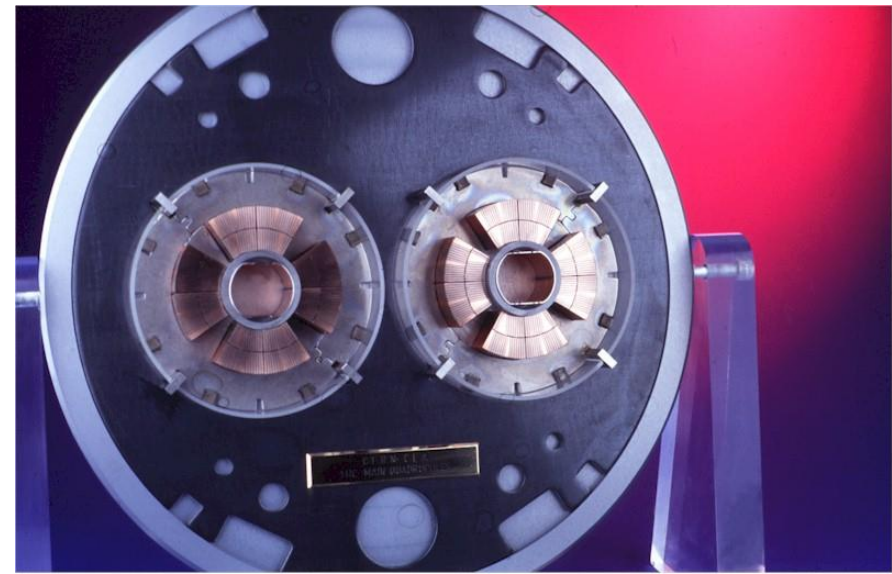
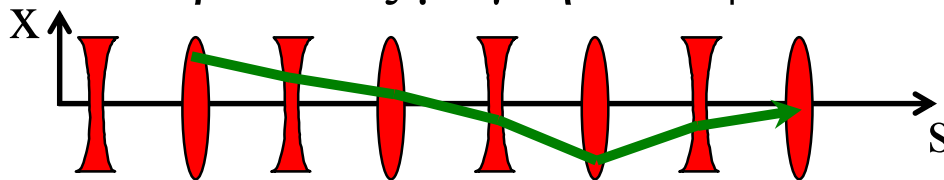


Εστίαση της δέσμης



Η δέσμη χρειάζεται εστίαση

- Για τον έλεγχο της φυσικής απόκλισης της δέσμης
- Για τη συμπίεση της δέσμης σε πολύ μικρή διατομή στα σημεία αλληλεπίδρασης του LHC
- Τετραπολικοί μαγνήτες δρουν ως μαγνητικοί φακοί



N. Χριστόφιλος: Ο εφευρέτης της αρχής ισχυρής εστίασης (1950)



Τι μάθαμε μέχρι στιγμής;



Κυκλικοί επιταχυντές σωματιδίων

- Δέσμη φορτισμένων σωματιδίων (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, βαριά ιόντα)
- Επιτάχυνση μέσω κοιλοτήτων **Ραδιο-Συχνοτήτων (RF)** με εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο
- Σωματίδια εκτελούν κυκλικές τροχιές μέσω **διπολικών μαγνητών**
- **τετράπολοι μαγνήτες** χρησιμοποιούνται για εστίαση της δέσμης

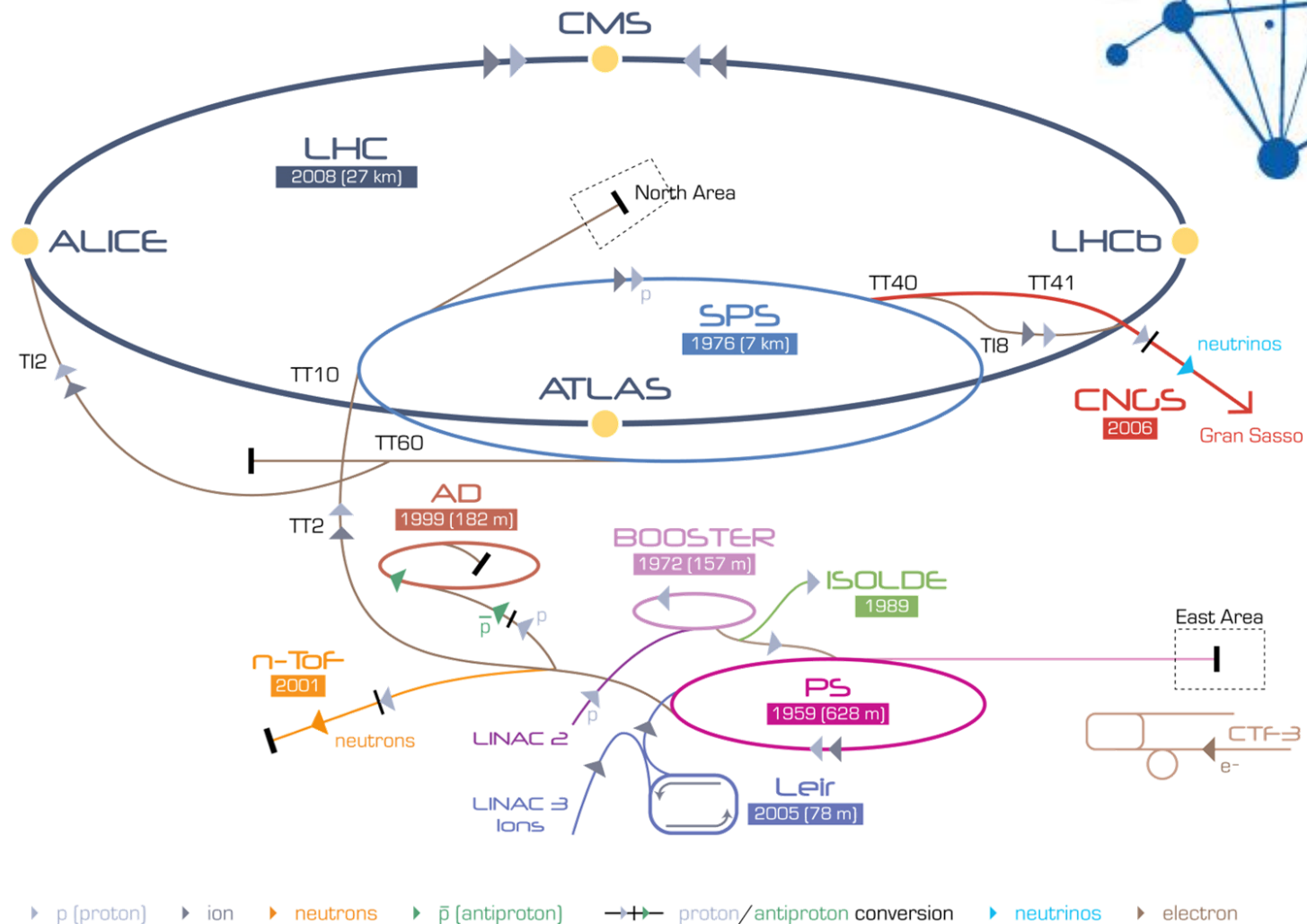
Ποιοι είναι οι επιταχυντές του CERN;

Ποια είναι η χρήση τους;





Σύμπλεγμα επιταχυντών



LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF-3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight



The CERN Accelerator Complex



Πώς είναι στην πραγματικότητα;



Μεγάλος Αδρονικός «Συγκρουστήρας» Large Hadron Collider - LHC



11245 περιστροφές
ανά δευτερόλεπτο

26658 m
περιφέρεια

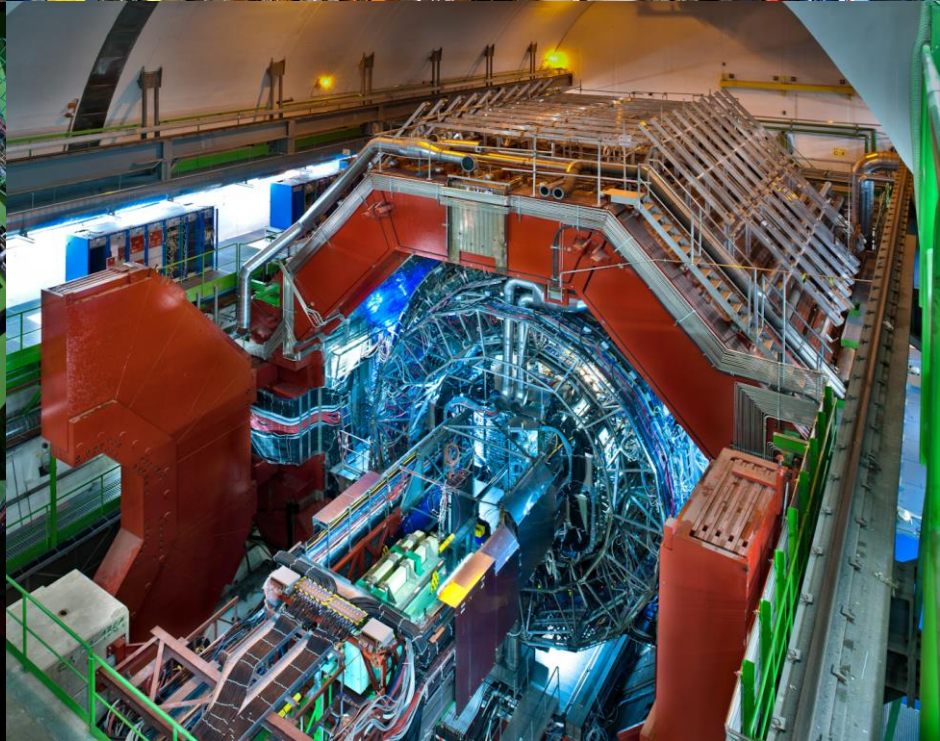
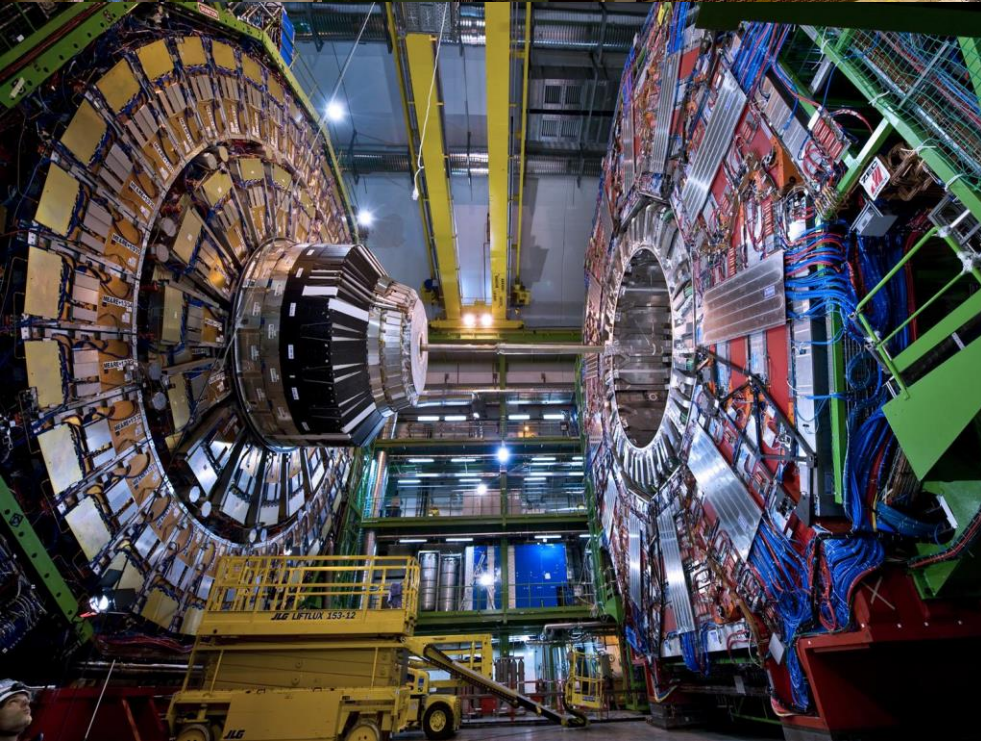
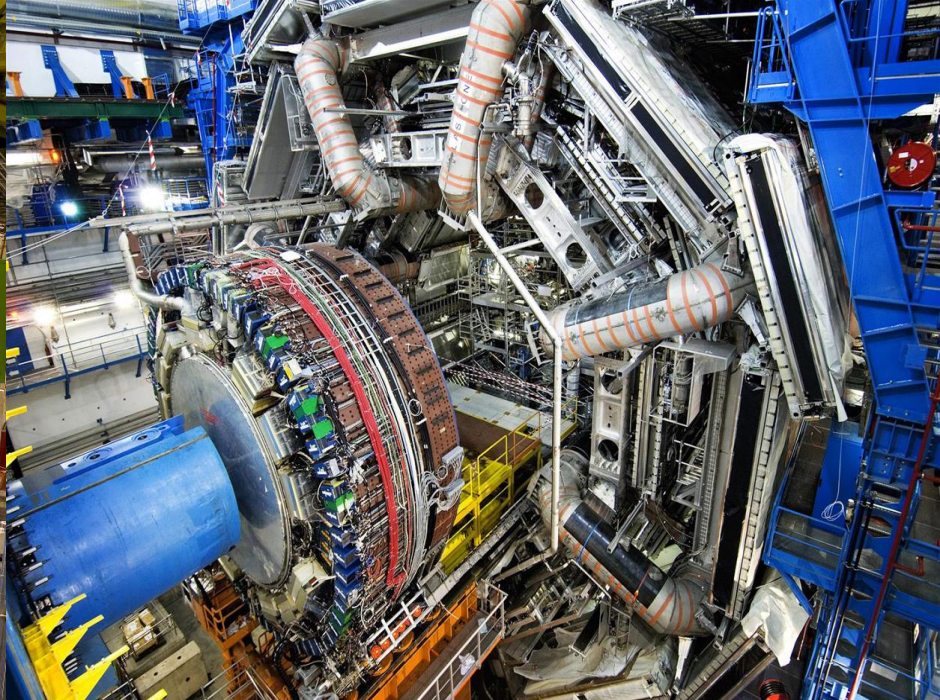
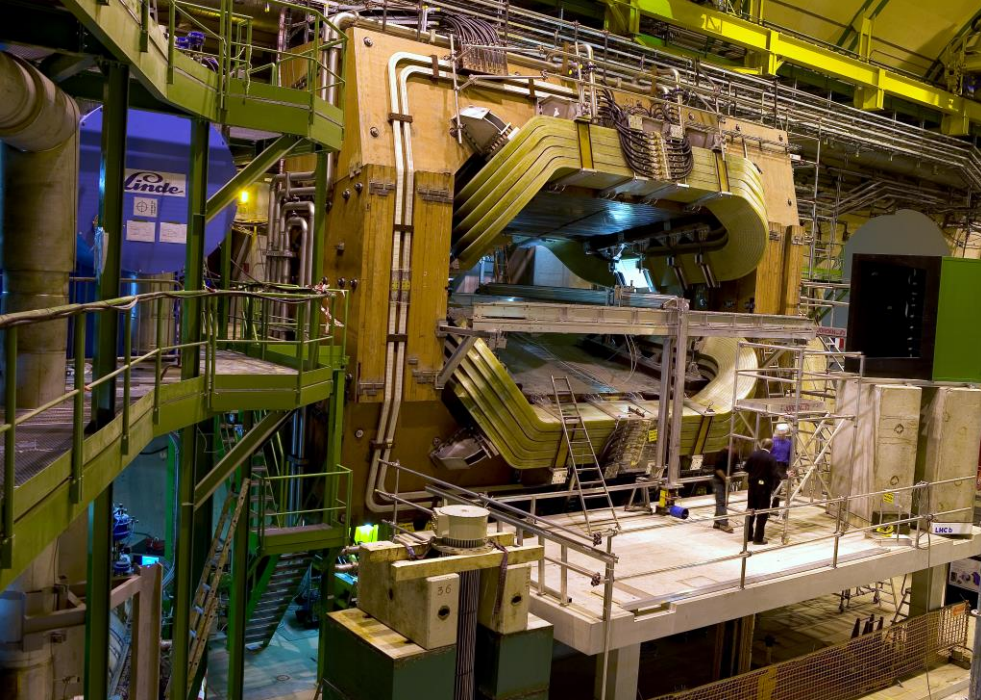
SPS

LHC

**Τα σωματίδια
ταξιδεύουν στην
απόσταση Γη - Ήλιος 7
φορές την ώρα !!**

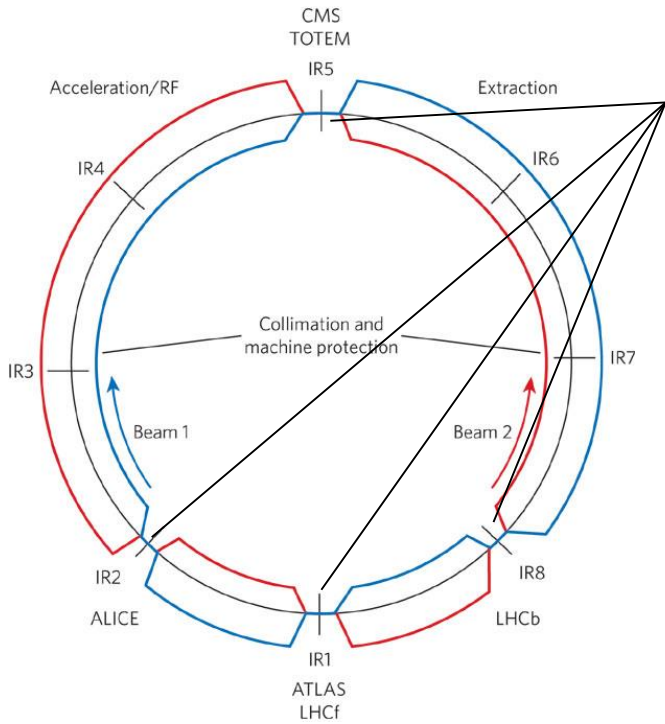


- 1232 δίπολα με μέγιστο ρεύμα 11850 A
- θερμοκρασία εντός των διπόλων: 1,9 K = - 271,25 ° C

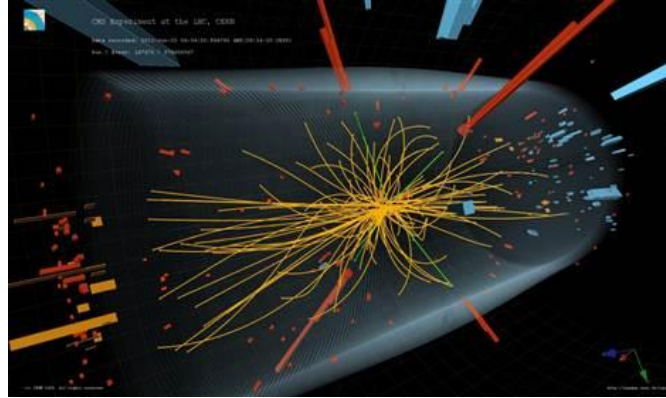




Συγκρούσεις στον LHC



Σωματίδια συγκρούονται σε 4 σημεία αλληλεπίδρασης



Φωτεινότητα

- συντελεστής απόδοσης για συγκρουόμενες δέσμες
- καθορίζει το ποσοστό σύγκρουσης για τα πειράματα

$$\text{φωτεινότητα} \propto \frac{\text{αριθμός συγκρουόμενων σωματιδίων ανά πακέτο}^2}{\text{διατομή της δέσμης}^2}$$

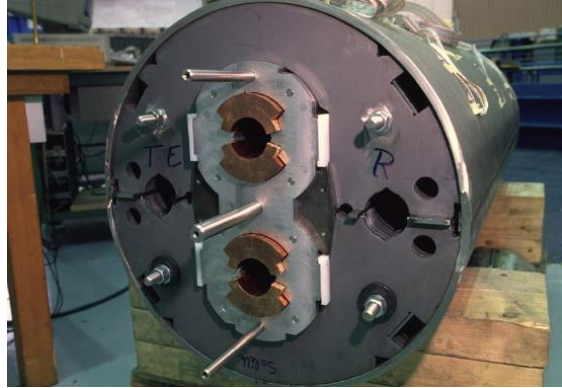




Μερικές ενδιαφέρουσες ποσότητες

Διπολικός μαγνήτης του LHC

η ροή ρεύματος προκαλεί δύναμη ίση με το βάρος των **400 τόνων** σε κάθε μέτρο των πηνίων

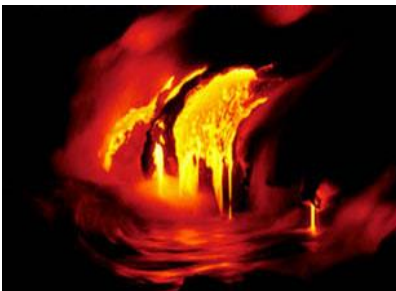


Ενέργεια αποθηκευμένη μέσα στην ίδια την δέσμη

6000000000000000 (= 600 τρισεκατομμύρια) σωματίδια περιστρέφονται στον LHC

→ **670 MJ** αποθηκευμένης ενέργειας, που ισοδυναμεί με:

ενέργεια για να λιώσει έναν τόνο χαλκού



αεροπλανοφόρο με ταχύτητα 13 km/h



Τρένο με ταχύτητα 200 km/h



2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert Peter W. Higgs



© The Nobel Foundation. Photo: Lovisa Engblom.



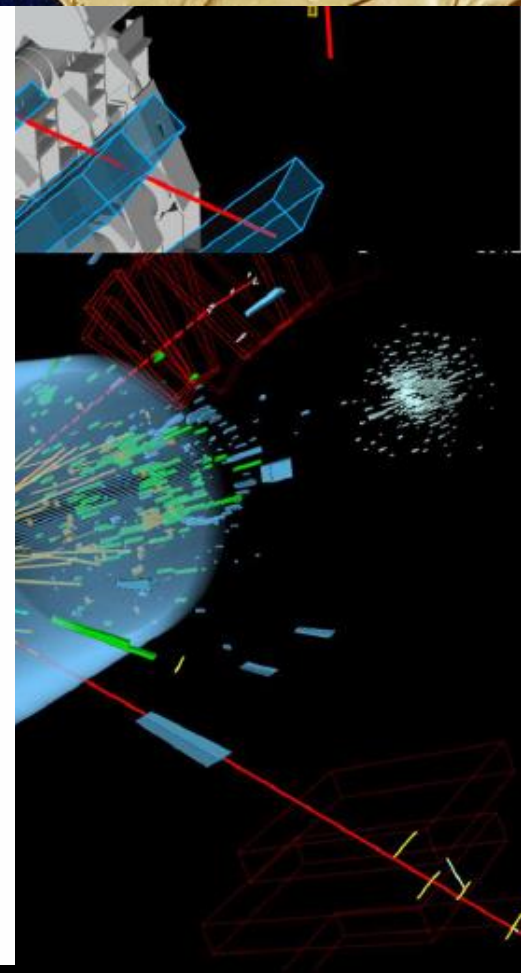
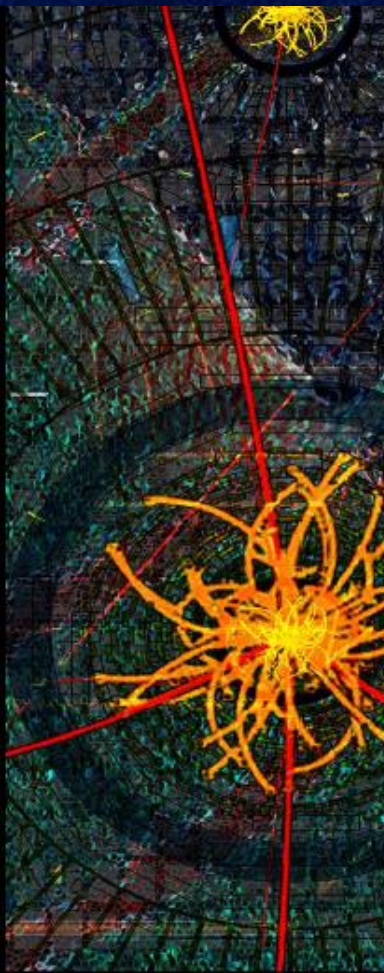
Photo: A. Mahmoud
François Englert
Prize share: 1/2



Photo: A. Mahmoud
Peter W. Higgs
Prize share: 1/2

The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs *"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"*

Photos: Copyright © The Nobel Foundation





Η αποστολή του CERN

Επέκταση των συνόρων της γνώσης

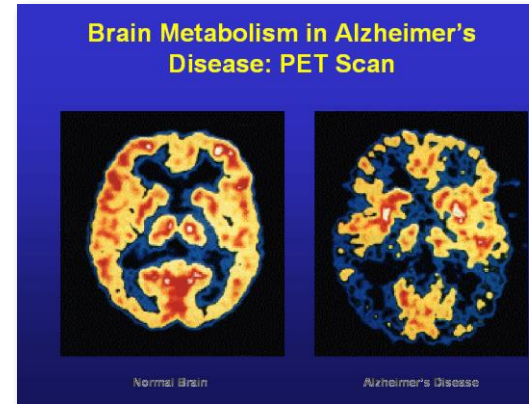
Π.χ. τα μυστικά της Μεγάλης Έκρηξης ... Πως ήταν η ύλη κατά τις πρώτες στιγμές της ύπαρξης του Σύμπαντος;

Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για επιταχυντές και ανιχνευτές

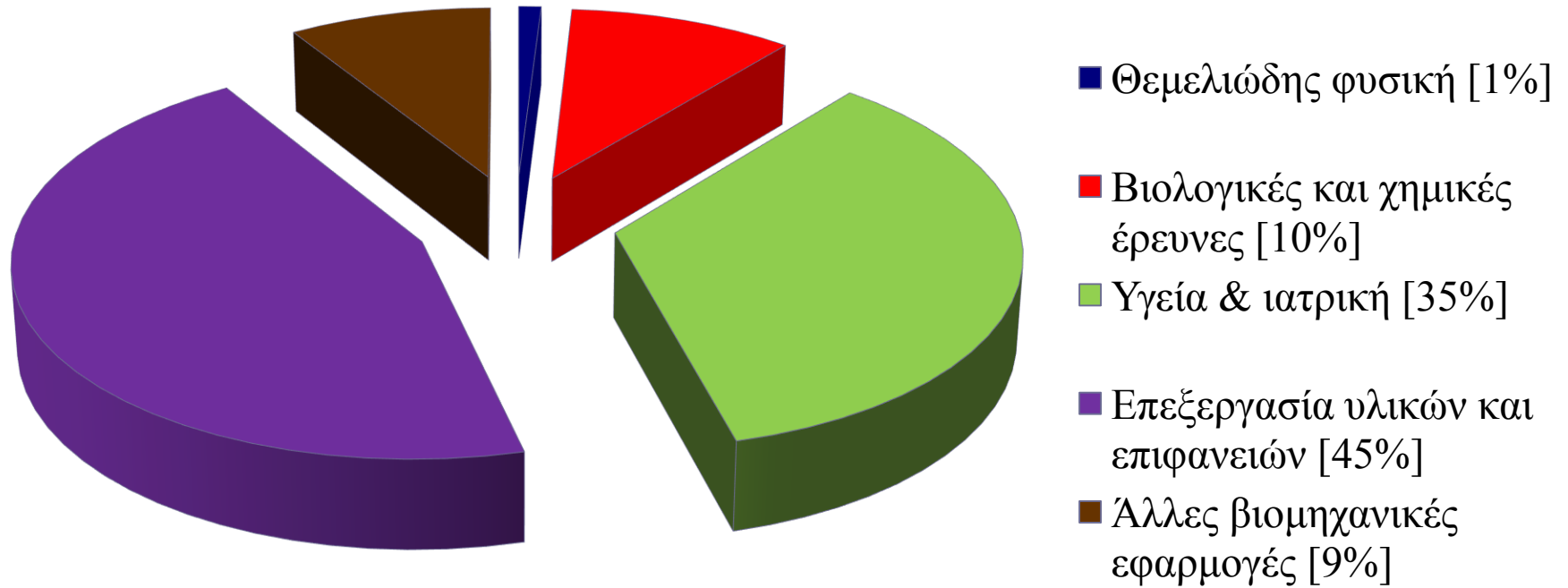
Τεχνολογία πληροφοριών, Ιατρική - διάγνωση και θεραπεία

Εκπαίδευση των επιστημόνων και των μηχανικών του αύριο

Σύνδεση ανθρώπων από διαφορετικές χώρες και πολιτισμούς



Εφαρμογές των επιταχυντών





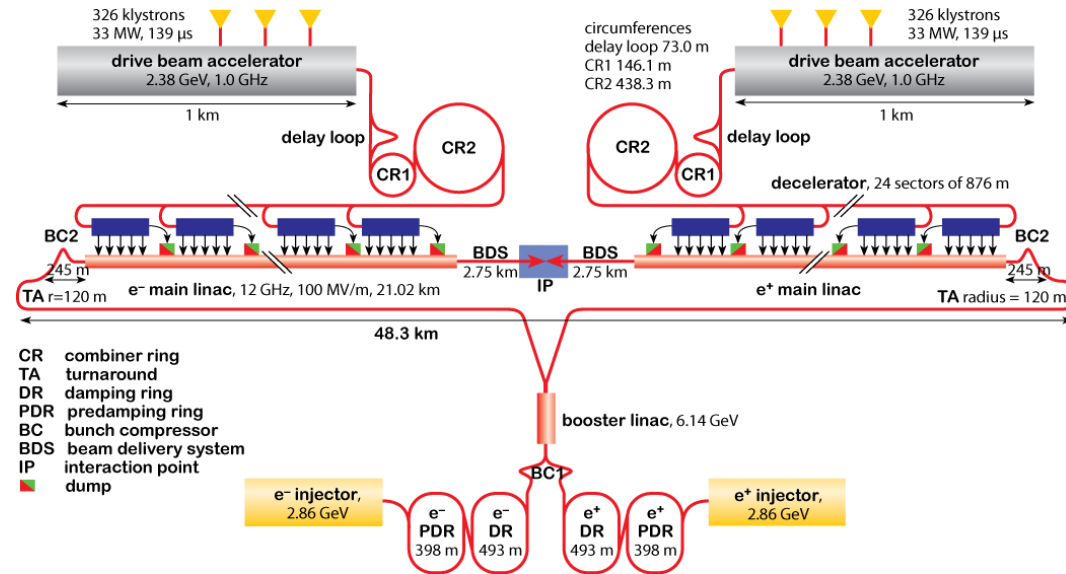
Το μέλλον;





Συμπαγής Γραμμικός Συγκρουστήρας (Compact Linear Collider - CLIC)

- Γραμμικός συγκρουστήρας ηλεκτρονίων/ποζιτρονίων έως **3 TeV**
- Επιταχυντικές **κοιλότητες κανονικής αγωγιμότητας** και υψηλής τάσης 100 MV/m, συχνότητας 12 GHz
- Αρχή επιτάχυνσης δύο δεσμών
- Παρόμοιοι παράμετροι με τον Διεθνή Γραμμικό Συγκρουστήρα (International Linear Collider)



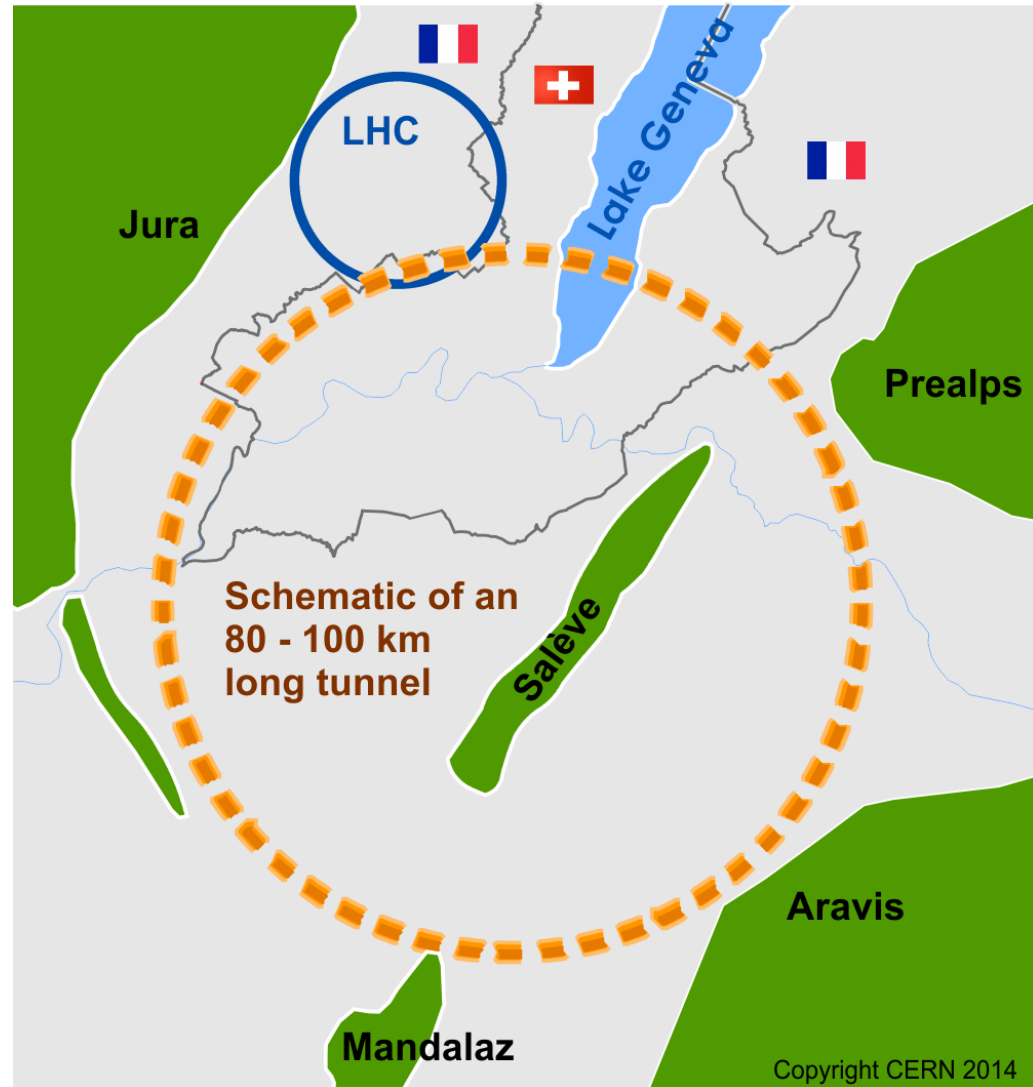


Μελλοντικός Κυκλικός Συγκρουστήρας (Future Circular Collider)

- Περίμετρος **100 km**
- Συγκρουστήρας αδρονίων (**FCC-hh**)

~16 T \Rightarrow 100 TeV pp σε 100 km

- Συγκρουστήρας λεπτονίων (**FCC-ee**) ως ενδιάμεσος επιταχυντής

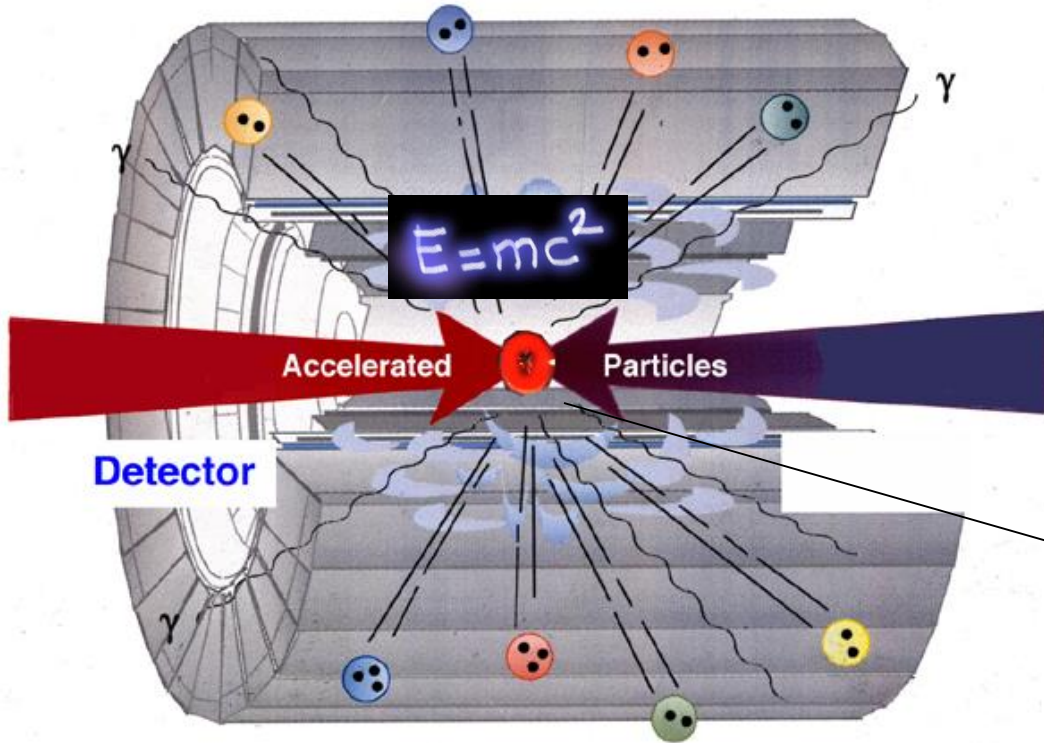




**Σας ευχαριστώ για την
προσοχή σας!**



Μέθοδοι της Σωματιδιακής Φυσικής



Δημιουργία πολύ ενεργητικών σωματιδίων (επιταχυντές)

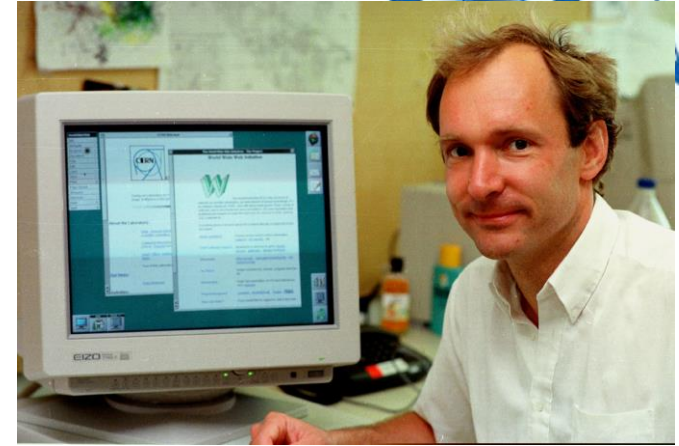
Σύγκρουση σωματιδίων (συνθήκες της Μεγάλης Έκρηξης – Big Bang)

Προσδιορισμός των παραγόμενων σωματιδίων με **Ανιχνευτές**



Το CERN, το Διαδίκτυο και ο Παγκόσμιος Ιστός - WWW

- Γεννήθηκε στο CERN το 1989
 - Δημιουργός του ήταν ο Tim Berners-Lee
 - Για να καλύψει τις ανάγκες των φυσικών παγκοσμίως για ανταλλαγή πληροφοριών και απόψεων



Η πρώτη σελίδα που “ανέβηκε” στο διαδίκτυο: <http://info.cern.ch/>



Ο υπολογιστής NeXT του Tim Berners-Lee ήταν ο πρώτος web server

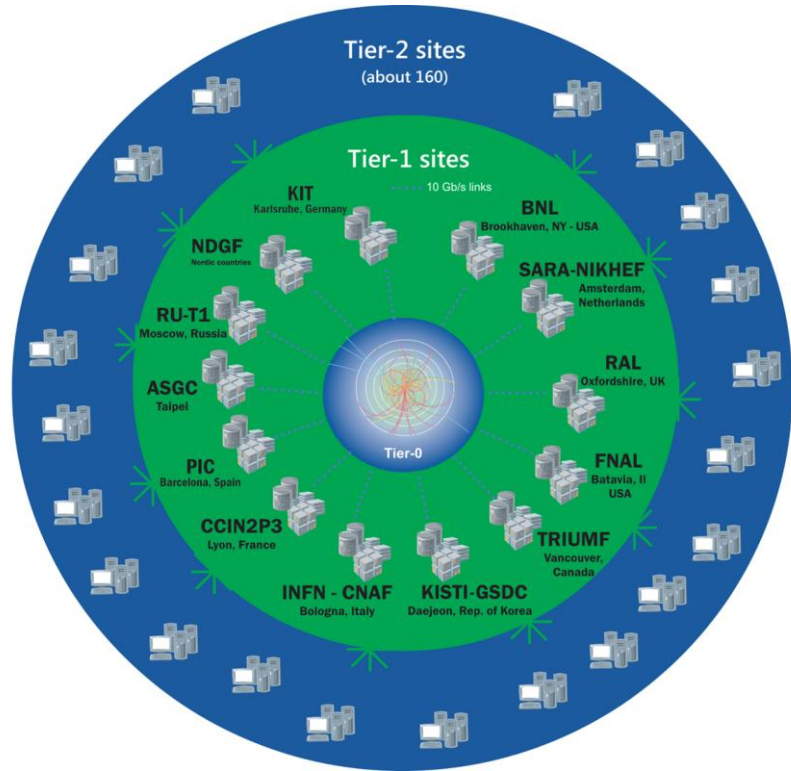


Παγκόσμιο υπολογιστικό πλέγμα για το LHC (World LHC Computing GRID)

- Κατανεμημένη υποδομή υπολογιστικών κέντρων («βαθμίδες» - tiers) για πρόσβαση στα δεδομένα του LHC, σε πάνω από 10.000 φυσικούς, σε πραγματικό χρόνο



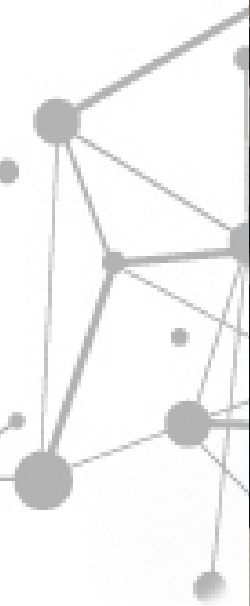
- Πλατφόρμα από εθελοντές που παρέχουν πρόσβαση στους προσωπικούς τους υπολογιστές για προσομοιώσεις και ανάλυση δεδομένων του LHC





Ιατρικές Εφαρμογές της Φυσικής των σωματιδίων

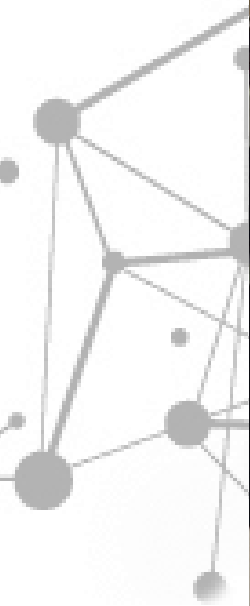
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων
(Positron Emission Tomography – PET)





Ιατρικές Εφαρμογές της Φυσικής των σωματιδίων

Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων
(Positron Emission Tomography – PET)





Πηγές ακτινοβολίας Συγχρότρου

Ευρωπαϊκό Κέντρο Ακτινοβολίας Συγχρότρου (European Synchrotron Radiation Facility – ESRF)

- Στη Grenoble, Γαλλία
- Η κυκλική τροχιά των ηλεκτρονίων προκαλεί εκπομπή ακτινοβολίας
- Χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς στη φυσική, τη χημεία και τη βιολογία



Ινστιτούτο Paul Scherrer - PSI

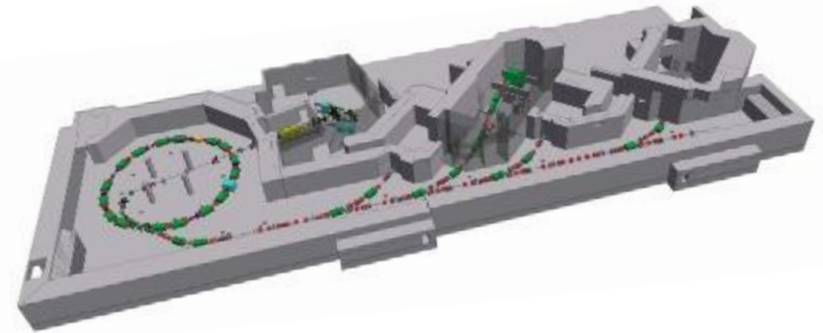
- Στο Villigen, Ελβετία
- Λειτουργία επιπρόσθετων επιταχυντών σωματιδίων για την πραγματοποίηση έρευνας στους τομείς των υλικών, του περιβάλλοντος, της υγείας, ..



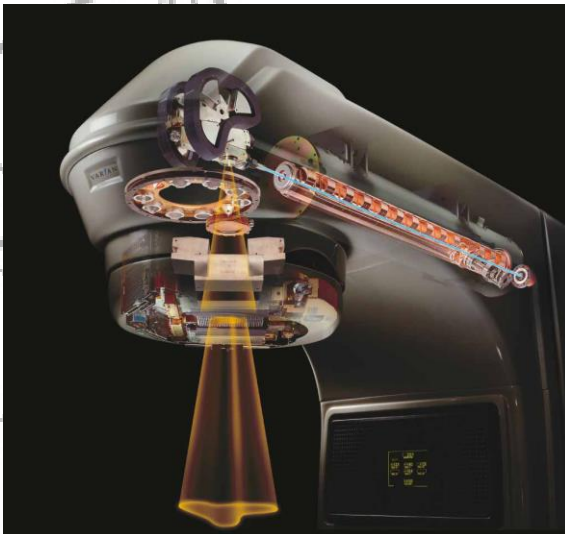
Ιατρικοί επιταχυντές

MedAustron

- Κέντρο που βασίζεται σε σύγχροτρο για ακτινοθεραπεία χρησιμοποιώντας πρωτόνια και ιόντα άνθρακα (Αυστρία)
- Σχεδιασμός και κατασκευή του επιταχυντή στο CERN (μεταφορά τεχνολογίας)



Ακτινοθεραπεία με ηλεκτρόνια και φωτόνια



- **Γραμμικοί επιταχυντές** χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση των ηλεκτρονίων και τη δημιουργία φωτονίων
- Εργαλείο για τη **θεραπεία** του καρκίνου σε νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο



Ιατρικός γερανός (Gantry) στο κέντρο ιατρικής θεραπείας με δέσμη ιόντων στη Χαϊδελβέργη

