



Επιταχυντές και Ανιχνευτές Σωματιδίων και τα πειράματα στο CERN



Αναστάσιος Λιόλιος
Καθηγητής τμήματος Φυσικής, ΑΠΘ

Η Ελλάδα είναι ιδρυτικό μέλος του CERN

Το CERN ιδρύθηκε το **1954** από δώδεκα δυτικο-ευρωπαϊκές χώρες: Belgium, Denmark, France, the F.R.Germany, **Greece**, Italy, the Netherlands, Norway, Sweden, Switzerland, the United Kingdom and Yugoslavia.



Σήμερα το CERN αριθμεί 22 κράτη-μέλη

The twenty two Member States of CERN

Member States (date of accession)

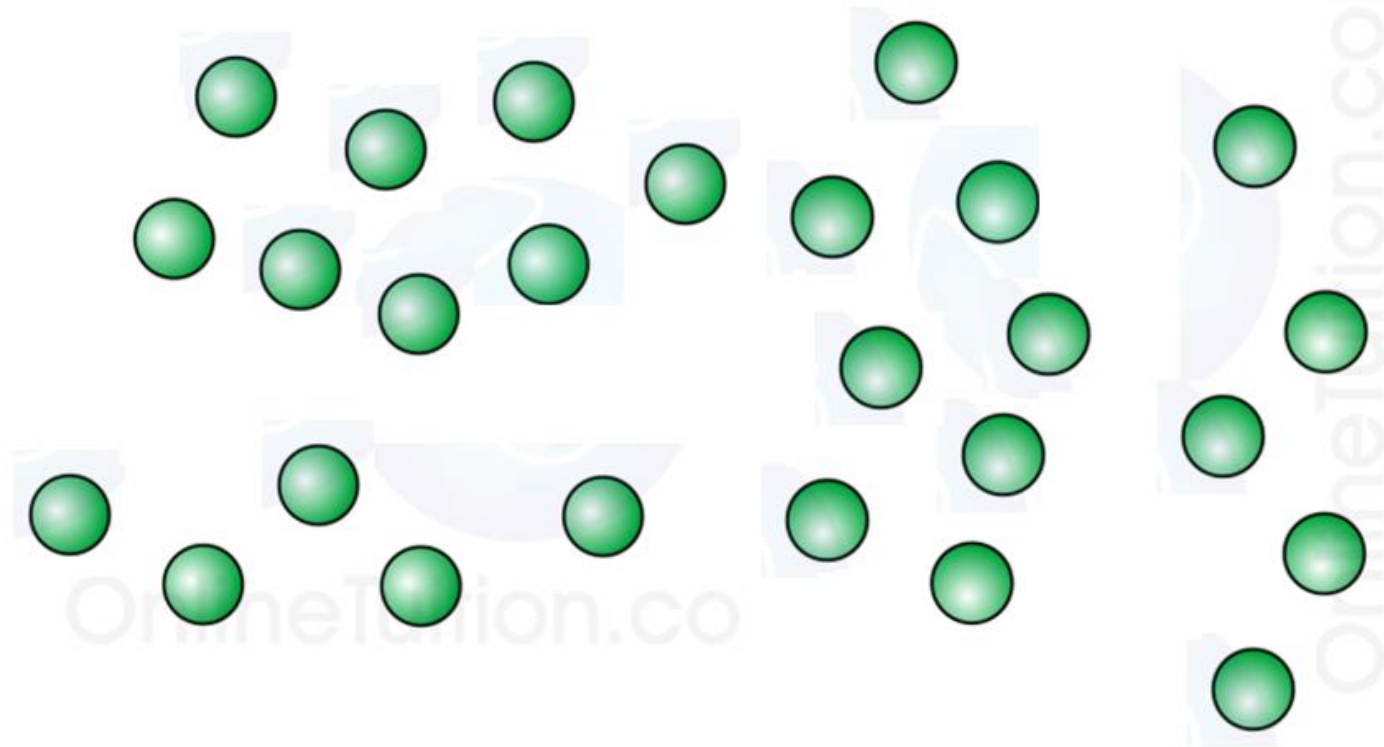
 Austria (1959)	 Romania (2016)
 Belgium (1953)	 Slovakia (1993)
 Bulgaria (1999)	 Spain (1961-1968, 1983-)
 Czech Republic (1993)	 Sweden (1953)
 Denmark (1953)	 Switzerland (1953)
 Finland (1991)	 United Kingdom (1953)
 France (1953)	
 Germany (1953)	
 Greece (1953)	
 Hungary (1992)	
 Israel (2014)	
 Italy (1953)	
 Netherlands (1953)	
 Norway (1953)	
 Poland (1991)	
 Portugal (1986)	



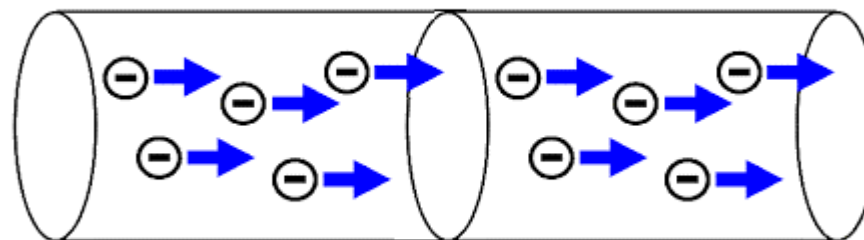
Το CERN απασχολεί περίπου 3.000 μόνιμους εργαζόμενους, ενώ περίπου 6.500 επιστήμονες και μηχανικοί, περίπου το μισό της κοινότητας της σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο, δουλεύουν σε πειράματα που οργανώνονται από το CERN.

Για τους επιταχυντές
σωματιδίων

Ο ΧΩΡΟΣ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΚΕΝΟΣ, ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΑΕΡΑ
Ο αέρας αποτελεί εμπόδιο στην κίνηση των σωματιδίων



Για να μην χάνουν ενέργεια τα σωματίδια και να μπορεί να διατηρηθεί μια δέσμη σωματιδίων με πρακτικά απεριόριστη εμβέλεια, πρέπει τα σωματίδια να κινούνται μέσα σε **πάρα πολύ υψηλό κενό**. Τέτοιο κενό υπάρχει στο διάστημα και στους επιταχυντές!



ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΥΨΗΛΟ ΚΕΝΟ

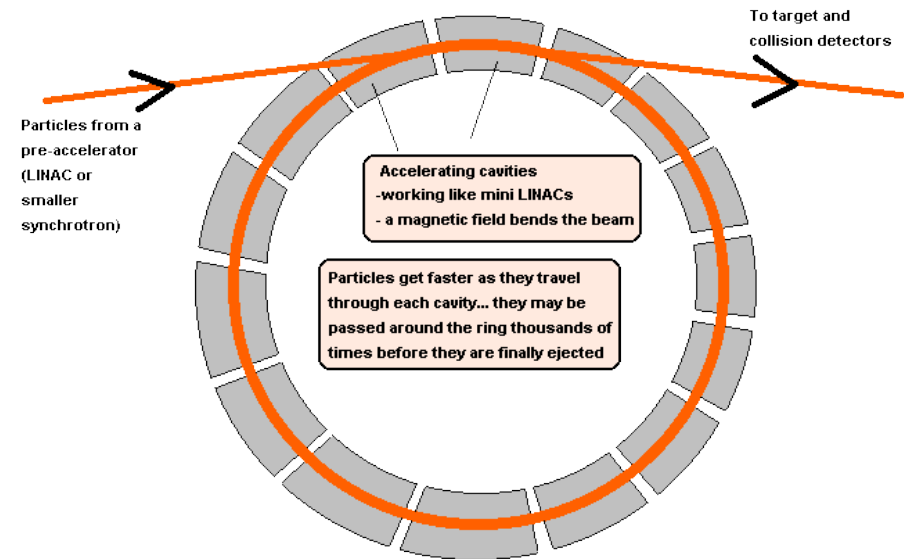
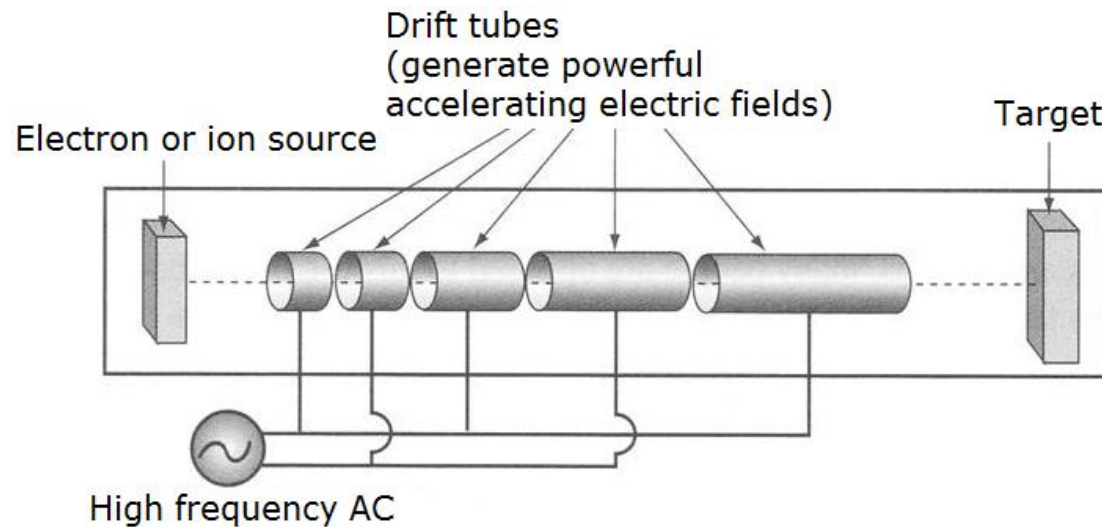
Οι επιταχυντές επιταχύνουν τα σωματίδια μόνο μέσα σε πολύ υψηλό κενό!



Σωλήνες με υψηλό κενό μέσα στους οποίους επιταχύνονται τα σωματίδια.

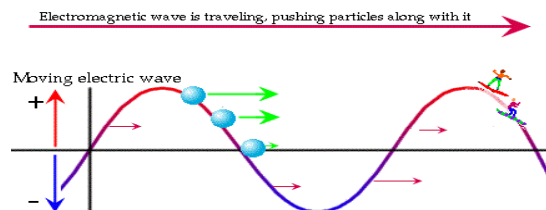
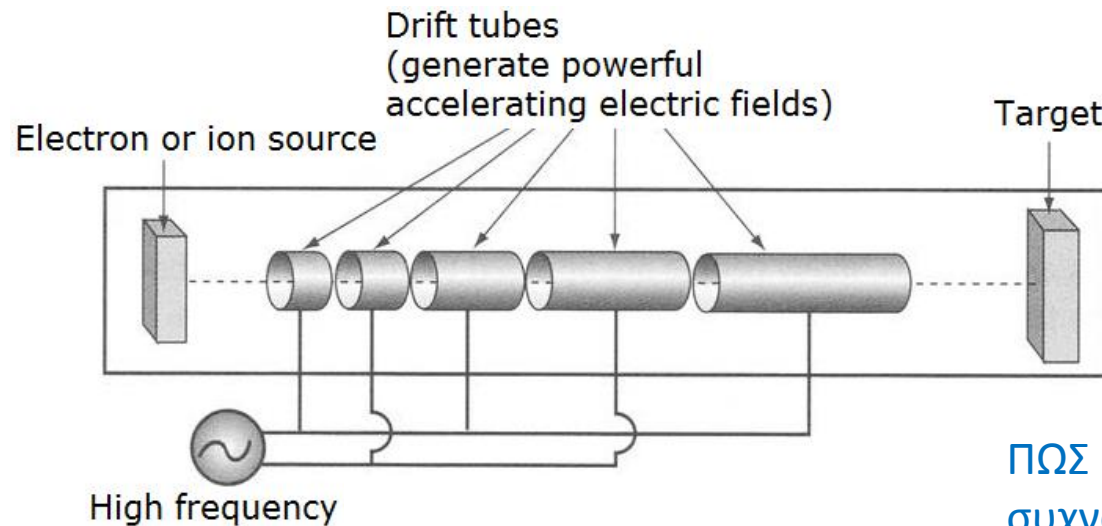
ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΩΝ

Ένας επιταχυντής φορτισμένων σωματιδίων μπορεί να είναι **ευθύγραμμος** (LINEAR ACCELERATOR) ή να είναι (περίπου) **κυκλικός** (CYCLOTRON, SYNCHROTRON,...). Ο LHC στο CERN είναι κυκλικός.



ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΩΝ

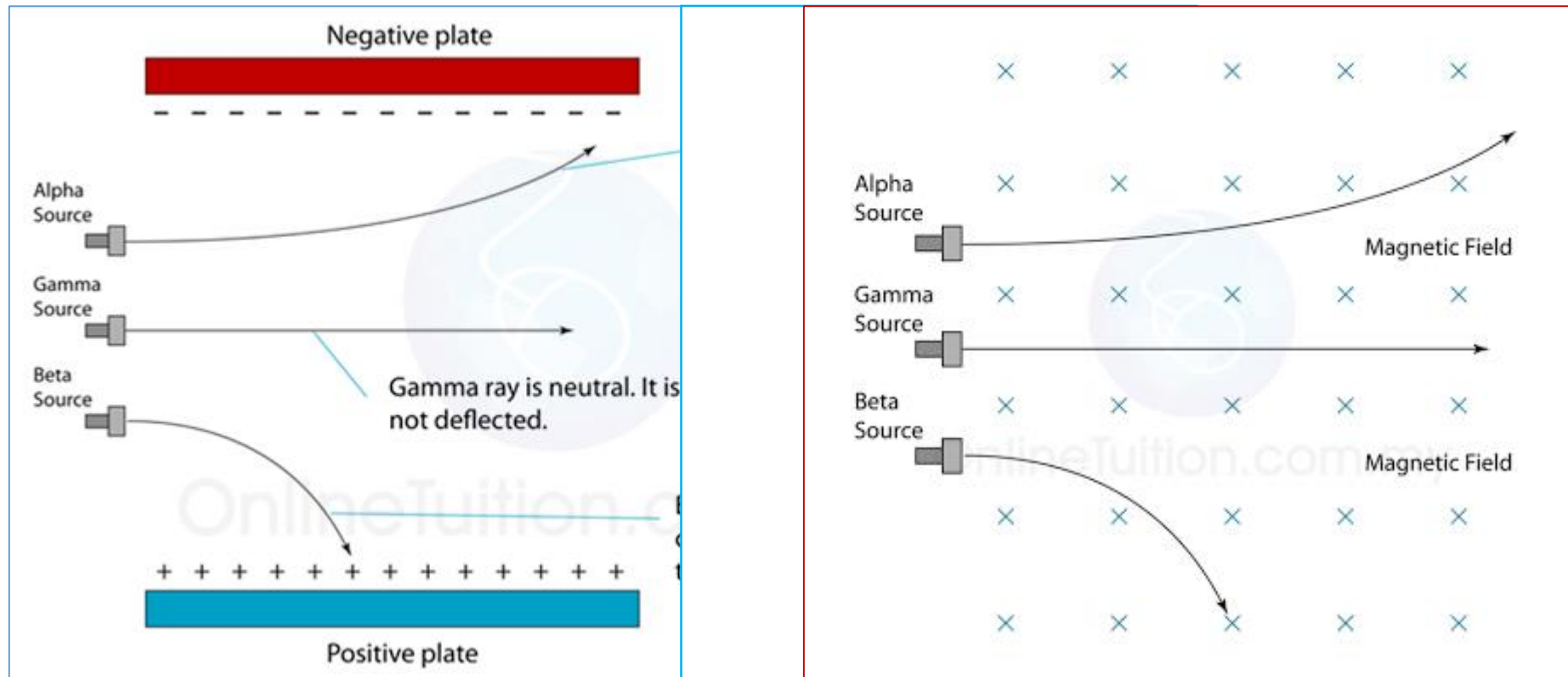
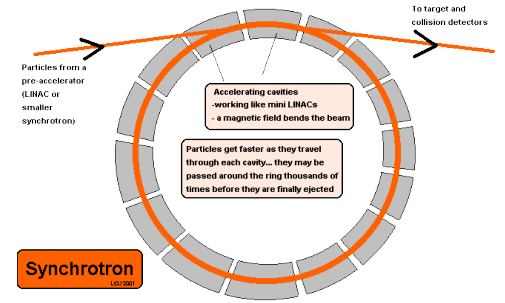
Ένας επιταχυντής φορτισμένων σωματιδίων μπορεί να είναι **ευθύγραμμος** (LINEAR ACCELERATOR) ή να είναι (περίπου) **κυκλικός** (CYCLOTRON, SYNCHROTRON,...). Ο LHC στο CERN είναι κυκλικός.



ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ: Μια γεννήτρια υψηλής συχνότητας (AC) δημιουργεί ένα ηλεκτρομαγνητικό (ΗΜ) κύμα, κινούμενο κατά μήκος του επιταχυντή. Σωματίδια με θετικό φορτίο που θα βρεθούν λίγο μπροστά από την (θετική) κορυφή του ΗΜ κύματος, υφίστανται μια δύναμη που τα ωθεί προς τα εμπρός και τα επιταχύνει.

ΕΡΩΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΟΥΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΕΣ:
Πώς μπορούμε να κάνουμε τα φορτισμένα σωματίδια να ακολουθήσουν **καμπύλη τροχιά**;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ: Εφαρμόζοντας στο χώρο όπου κινούνται ένα **ηλεκτρικό πεδίο** ή ένα **μαγνητικό πεδίο**.

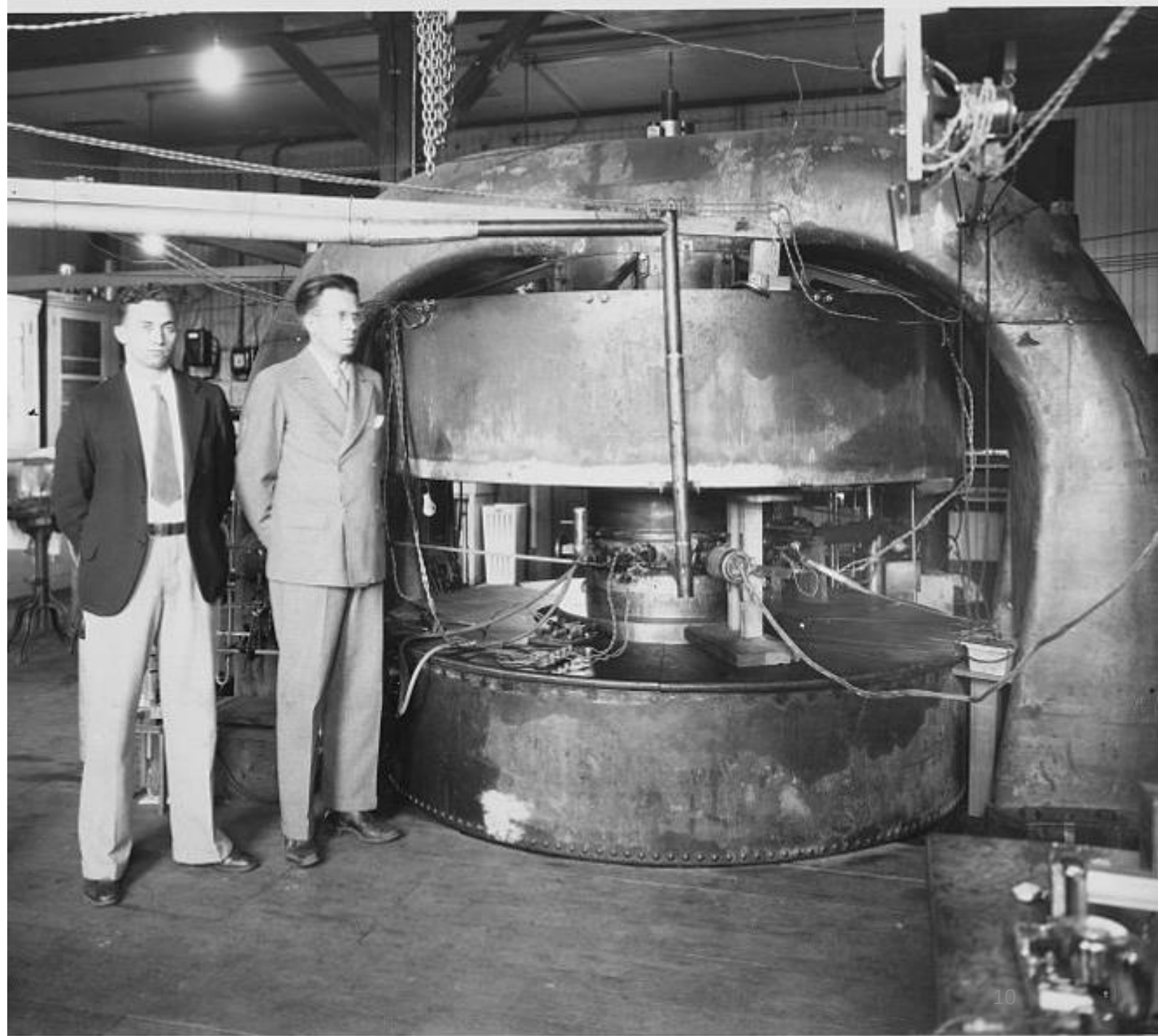


Cyclotron

Το ΚΥΚΛΟΤΡΟΝ είναι ένας τύπος επιταχυντή σωματιδίων με σταθερό ομογενές μαγνητικό πεδίο (a magnetic resonance accelerator). Τα σωματίδια ακολουθούν σπειροειδή τροχιά αυξανόμενης ακτίνας.

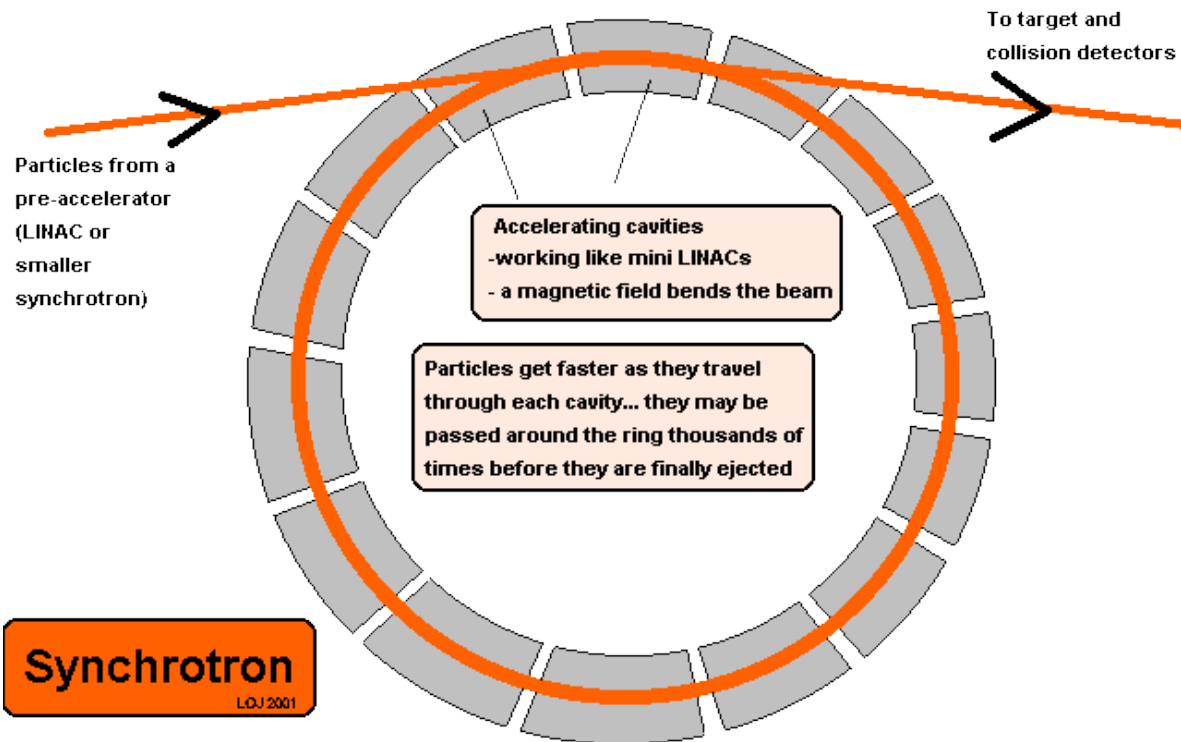
Εφευρέθηκε από τον **Ernest O. Lawrence** (βραβείο **Nobel Φυσικής**, 1939) και κατασκευάστηκε από τον PhD student **Stanley Livingston**, στο Berkeley, California, το 1932. Το κύκλοτρον έδωσε για πρώτη φορά στην ιστορία σωματίδια κινητικής ενέργειας 1.22 MeV.

In the picture, Ernest Lawrence and M. Stanley Livingston in front of the **cyclotron at Berkeley**.



Synchrotron

ΣΥΓΧΡΟΤΡΟΝ είναι ένας τύπος επιταχυντή, διάδοχος του κυκλότρου. Εδώ, η δέσμη των επιταχυνόμενων σωματιδίων κινείται συνεχώς μέσα σε μια καθορισμένη κυκλική διάταξη. Το μαγνητικό πεδίο που απαιτείται για να ακολουθούν τα σωματίδια καμπύλη τροχιά αυξάνεται συνεχώς κατά την διαδικασία επιτάχυνσης με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει **συγχρονισμός** της έντασης του πεδίου με την αυξανόμενη κινητική ενέργεια των σωματιδίων.



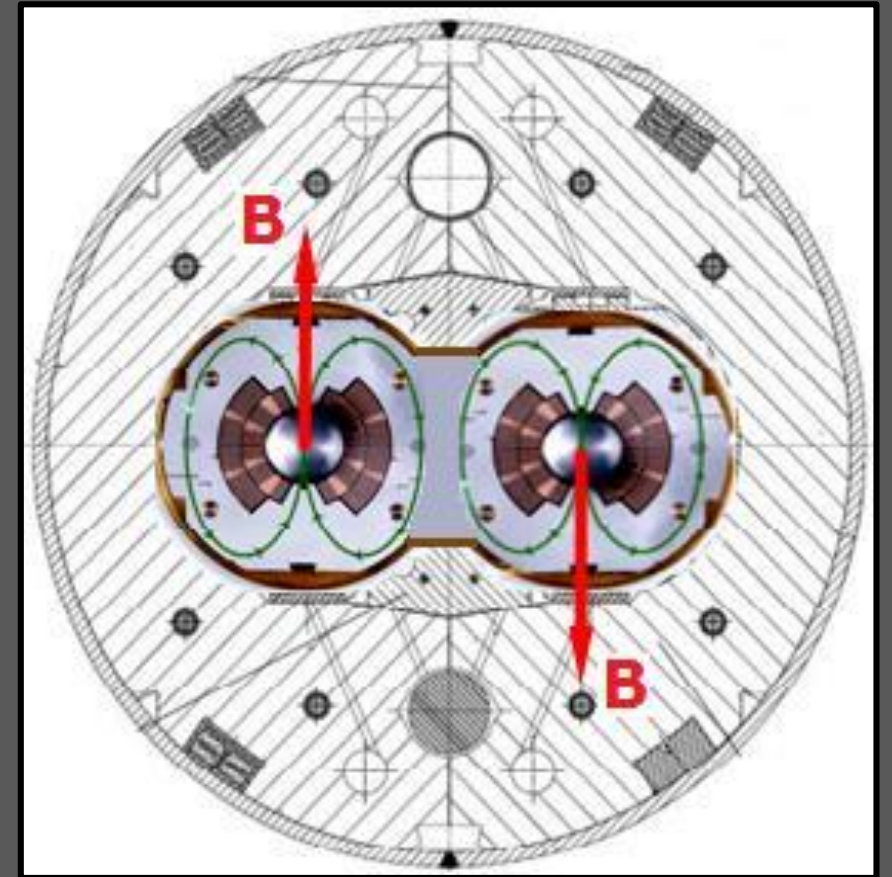
- The synchrotron is one of the first accelerator concepts to enable the **construction of large-scale facilities**, since bending, beam focusing and acceleration can be separated into different components. The most powerful modern particle accelerators use versions of the synchrotron design. The largest synchrotron-type accelerator is the 27 km-circumference **Large Hadron Collider (LHC)** built in 2008 by CERN.
- The synchrotron principle was invented by Vladimir Veksler in 1944. Edwin McMillan constructed the first electron synchrotron in 1945, arriving at the idea independently, having missed Veksler's publication (which was only available in a Soviet journal, although in English). The first proton synchrotron was designed by Sir Marcus Oliphant and built in 1952.

LHC = Large Hadron Collider



Στον LHC,
δύο αντίθετης φοράς δέσμες πρωτονίων κινούνται σε
δύο παράλληλους σωλήνες κενού, οι οποίοι βρίσκονται
συνεχώς μέσα σε αντίθετης φοράς μαγνητικά πεδία.

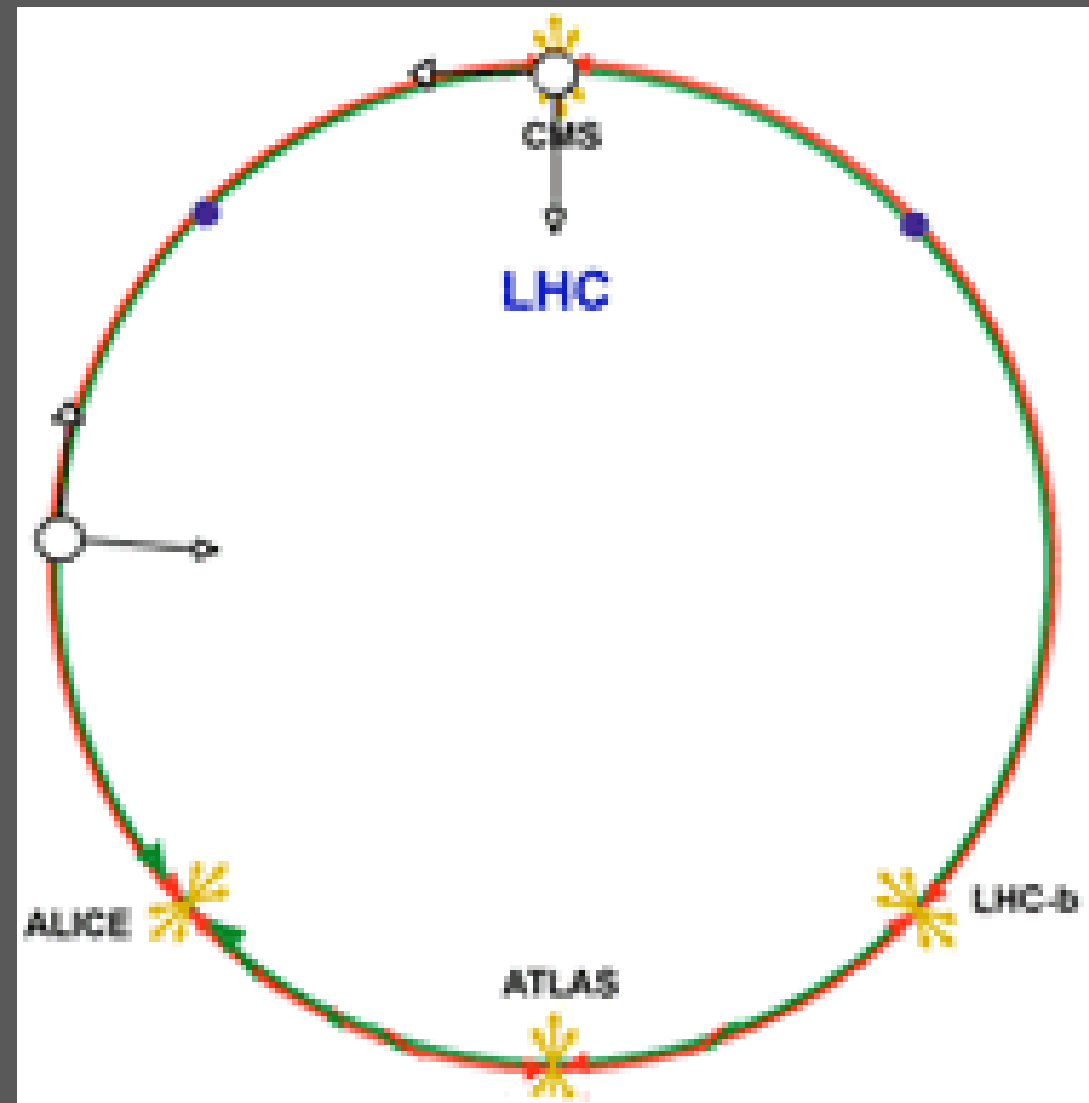
Στα σημεία σύγκρουσης παράγεται **ένα τεράστιο
πλήθος νέων σωματιδίων** και υπάρχουν συστήματα
ανιχνευτών για την καταγραφή τους.



LHC = Large Hadron Collider

Ο LHC είναι ένα σύγχροτρον επιτάχυνσης και **σύγκρουσης πρωτονίων**. Για να επιτυγχάνεται σύγκρουση των πρωτονίων (σε επιλεγμένες θέσεις) χρησιμοποιούνται **δύο δέσμες πρωτονίων αντίθετης φοράς**.

Στα σημεία σύγκρουσης παράγεται ένα τεράστιο **πλήθος ΝΕΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ** και υπάρχουν συστήματα ανιχνευτών για την καταγραφή τους, τα λεγόμενα **«μεγάλα πειράματα»**, δηλ. **ATLAS, CMS, LHCb και ALICE**. Πέραν των 4 μεγάλων πειραμάτων υπάρχουν και μικρότερα πειράματα στον LHC, τα πειράματα **TOTEM, LHCf και MoEDAL**.



Δημιουργία νέων σωματιδίων;
ΝΑΙ!



...όπως σε έναν φανταστικό επιταχυντή ...φρούτων!

Δημιουργία νέων σωματιδίων;
ΝΑΙ!



...όπως σε έναν φανταστικό επιταχυντή ...φρούτων!

Η δυνατότητα δημιουργίας νέων σωματιδίων από ενέργεια γίνεται κατανοητή αν σκεφτούμε την πιο διάσημη εξίσωση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας:

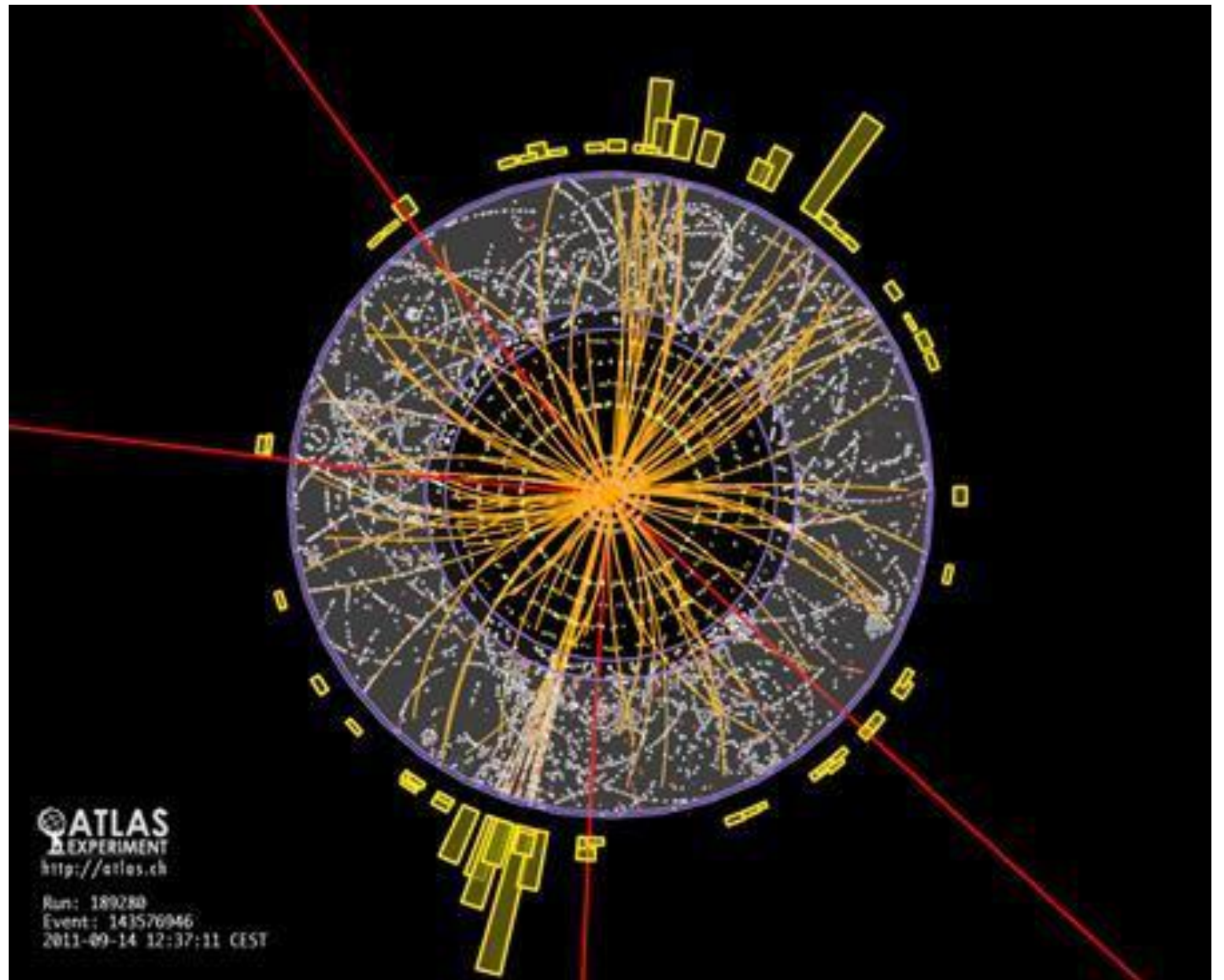
$$E=mc^2$$

Sun consumes about 4 billion kilograms (4 million tons) of its nuclear hydrogen fuel every second. Hydrogen is fused to Helium. Hydrogen's atomic mass is 1.00794, helium's is 4.002602, so the mass loss is 0.0292 (approx) out of 4.003 (approx) which is about 0.73%. So, about 30 million kg of solar mass is transformed to energy every second.

Αν η εξίσωση ισοδυναμίας ενέργειας-μάζας δεν είχε ισχύ, ο Ήλιος και ο κόσμος μας θα είχε σβήσει πριν από δισεκατομμύρια χρόνια!

Δημιουργία πλήθους σωματιδίων από την κινητική ενέργεια πρωτονίων

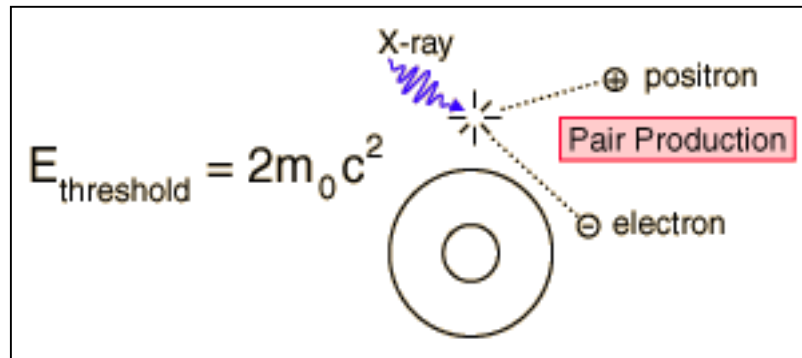
Στην εικόνα βλέπουμε τροχιές ενός μεγάλου πλήθους “νεογέννητων” σωματιδίων τα οποία δημιουργούνται κατά ζεύγη σωματιδίων ύλης & αντι-ύλης (με κόκκινο οι τροχιές 4 μιονίων που μπορεί να προέρχονται από την διάσπαση ενός μποζονίου Higgs).



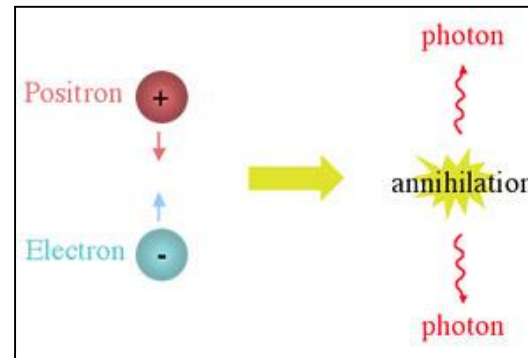
Αντι-ύλη

Η ύπαρξη των αντι-σωματιδίων προβλέφθηκε θεωρητικά (Dirac 1928) και επιβεβαιώθηκε πειραματικά (Anderson 1932). Επιβεβαιώνεται και κάθε μέρα... (π.χ. CERN) και σε εφαρμογές (π.χ. PET).

Χάρη στην ύπαρξη της αντι-ύλης, τα σωματίδια μπορούν να **δημιουργούνται** και να **εξαφανίζονται** (annihilation = εξαΰλωση), **σύμφωνα με το $E=mc^2$** .



Δημιουργία δύο σωματιδίων με μάζα από ένα φωτόνιο



Εξαΰλωση δύο σωματιδίων με μάζα και μετατροπή τους σε φωτόνια

The diagram shows the Standard Model of particle physics. It is divided into four main categories: Quarks, Leptons, Antiquarks, and Antileptons. Each category is represented by a stack of colored blocks. Quarks are shown in red, Leptons in yellow, Antiquarks in red with a bar over the letter, and Antileptons in yellow with a bar over the letter. The blocks are arranged in a 3x3 grid for each category. The labels for the particles are: Quarks (u, c, t, d, s, b), Leptons (ν_e, ν_μ, ν_τ, e, μ, τ), Antiquarks (t̄, c̄, ū, b̄, s̄, d̄), and Antileptons (ν̄_τ, ν̄_μ, ν̄_e, τ̄, μ̄, ē).

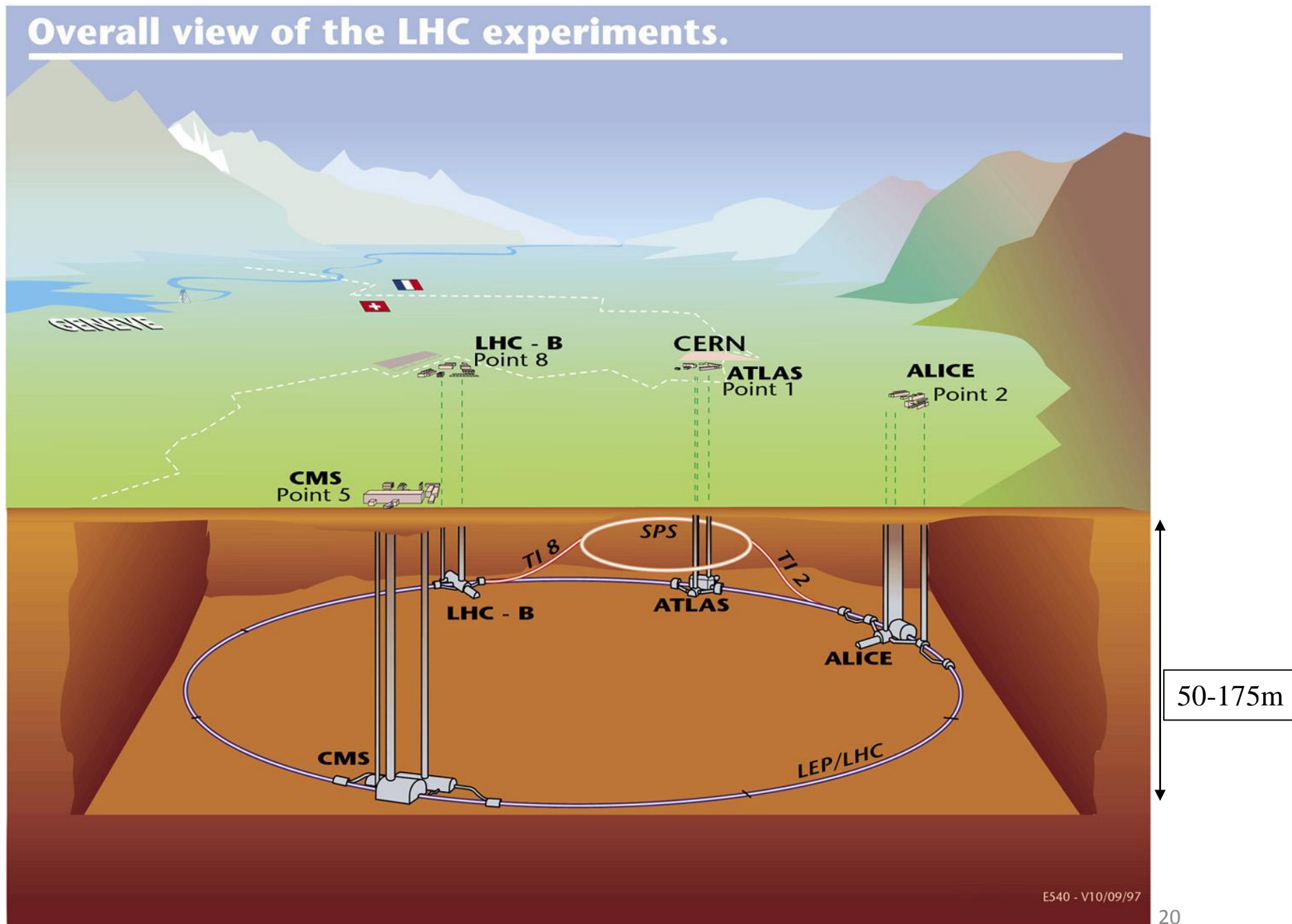
Για κάθε σωματίδιο ύλης, υπάρχει ένα σωματίδιο αντι-ύλης που έχει ακριβώς την ίδια μάζα, αντίθετες όμως άλλες ιδιότητες, όπως το ηλεκτρικό φορτίο και άλλοι κβαντικοί αριθμοί.

Back to CERN

Ο Μεγάλος Επιταχυντής Σύγκρουσης Αδρονίων του CERN

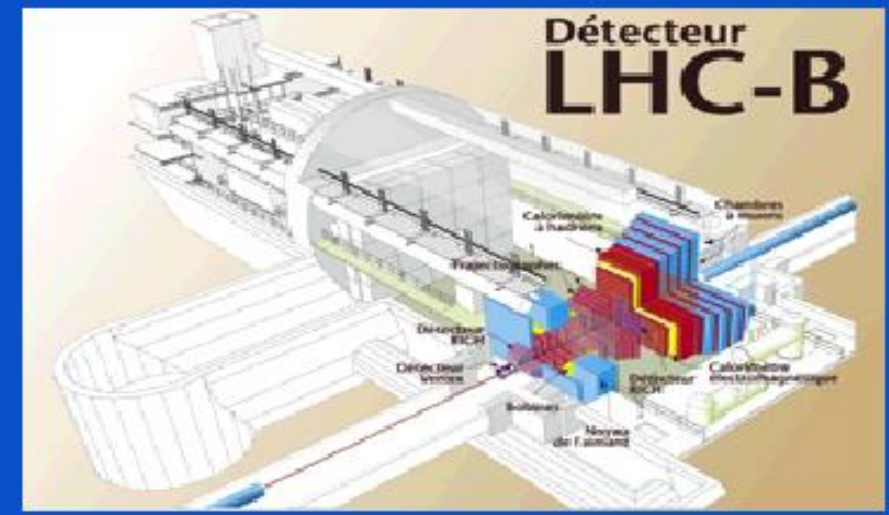
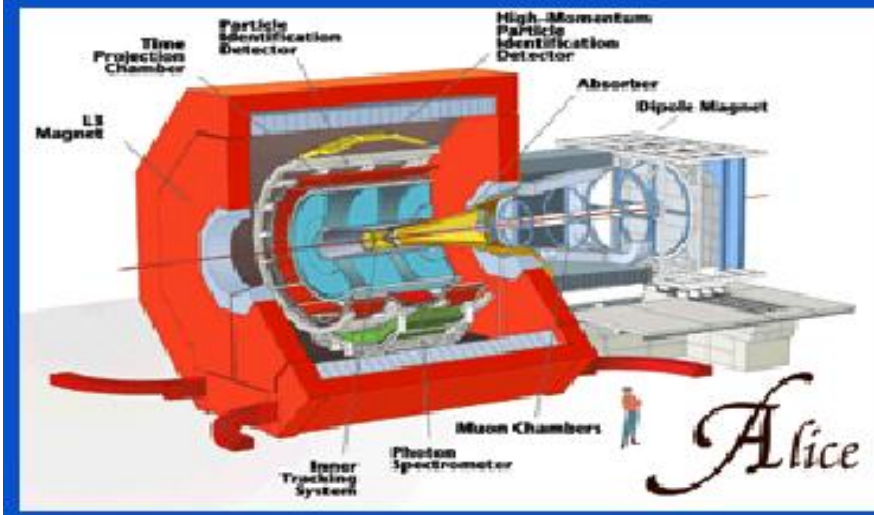
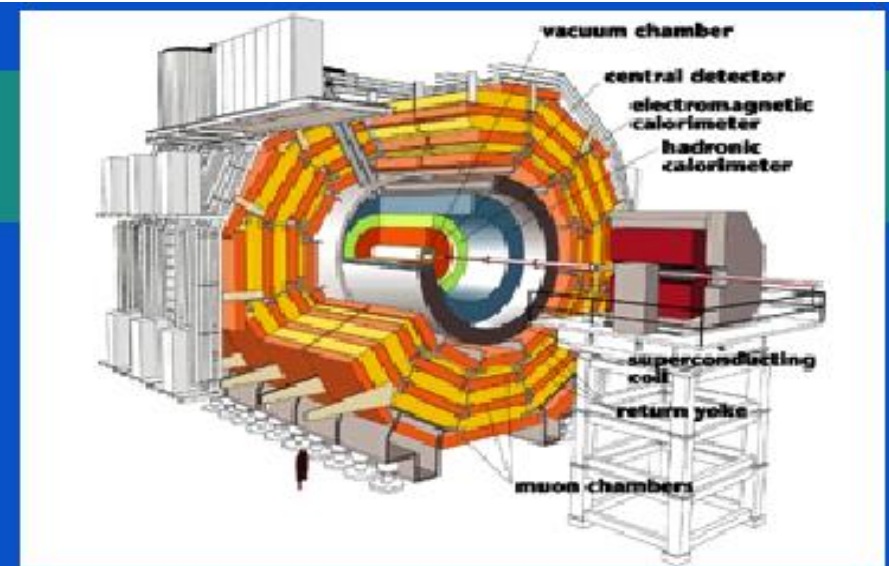
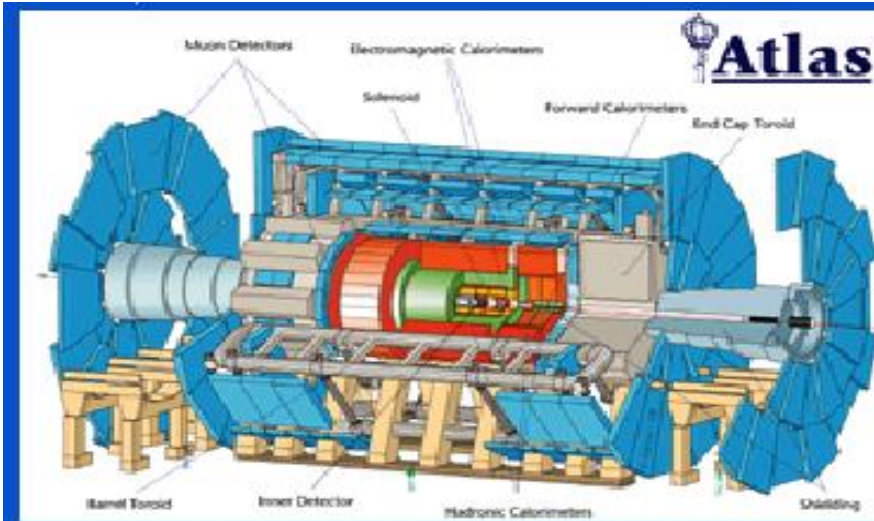
LHC = Large Hadron Collider

- Είναι ο μεγαλύτερος και ισχυρότερος επιταχυντής σωματιδίων που κατασκευάστηκε στον κόσμο μέχρι σήμερα.
- Επιταχύνει πρωτόνια μέσα σε δύο γειτονικούς σωλήνες κενού, που έχουν περιφέρεια 27 km.
- Τα πρωτόνια στον LHC αποκτούν τελική ενέργεια 7 TeV, που αντιστοιχεί σε ταχύτητα 0.999999991 c.
- Ταχύτητα του φωτός στο κενό:
 $c = 299\,792\,458$ m/s
- Ταχύτητα των πρωτονίων 7 TeV (LHC): $v = 299\,792\,455$ m/s





Τα 4 μεγάλα πειράματα στον LHC



ATLAS:
Το πιο μεγάλο
πείραμα του CERN
με σημαντική
ελληνική
συνεισφορά
(μιονικό
φασματόμετρο)

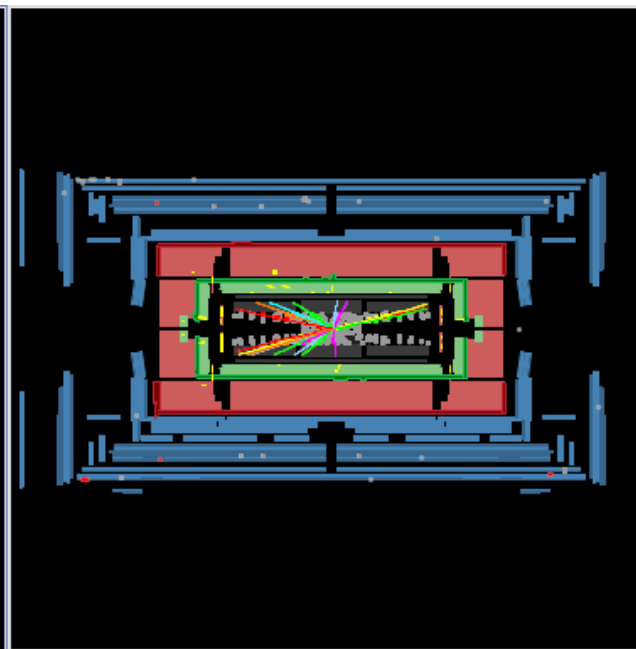
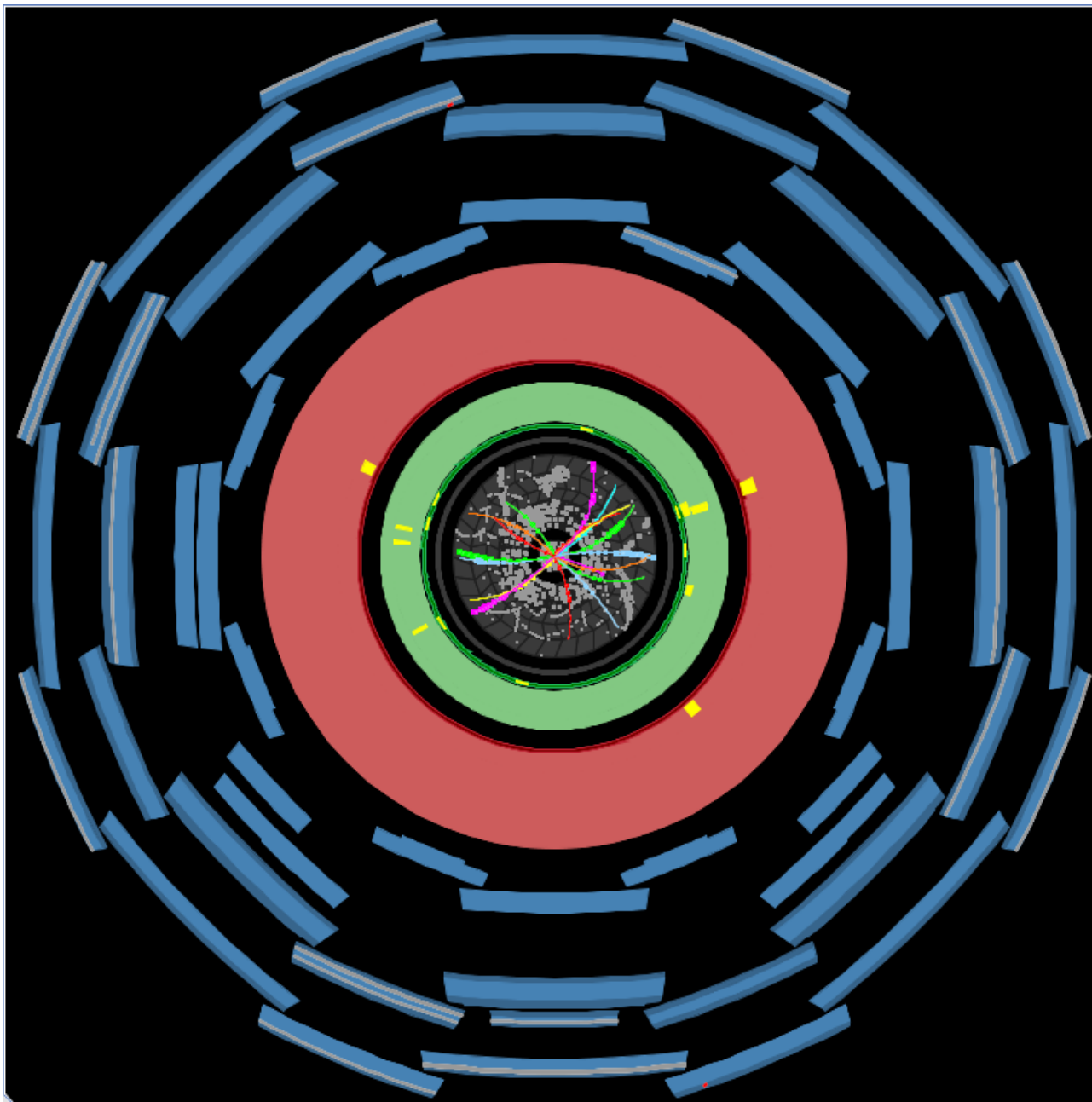


Κουρκουμέλη και Πετρίδου,
καθηγήτριες στα Πανεπ.
Αθηνών και Θεσσαλονίκης



Κτήριο εισόδου στο ATLAS και control room

Το πείραμα ATLAS είναι ένα πολύπλοκο σύστημα ανιχνευτών, που έχει σκοπό να «δει» σχεδόν όλα τα σωματίδια που παράγονται γύρω από ένα σημείο σύγκρουσης των δεσμών πρωτονίων από τον LCH.

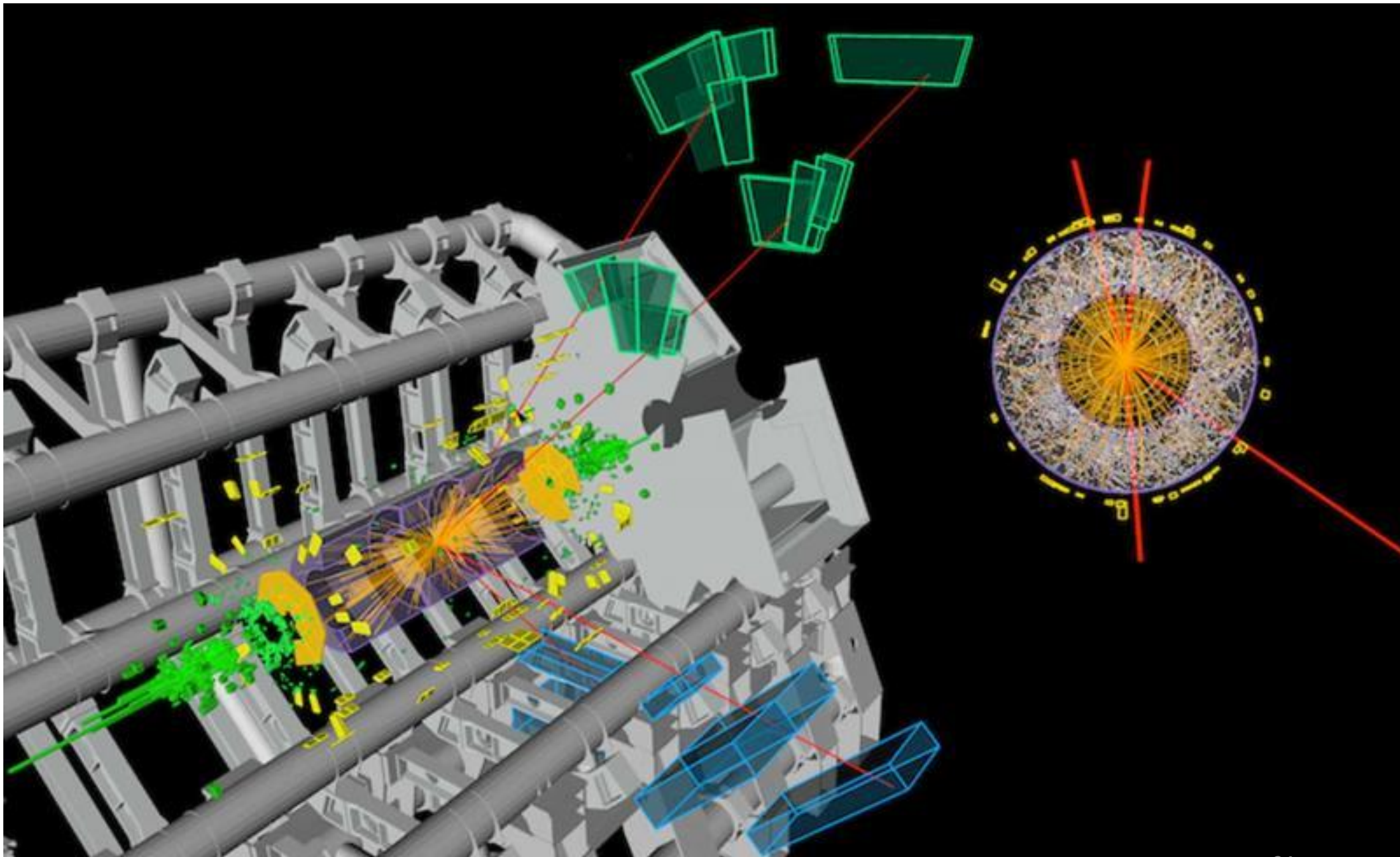


Run Number: 314199, Event Number: 704340322

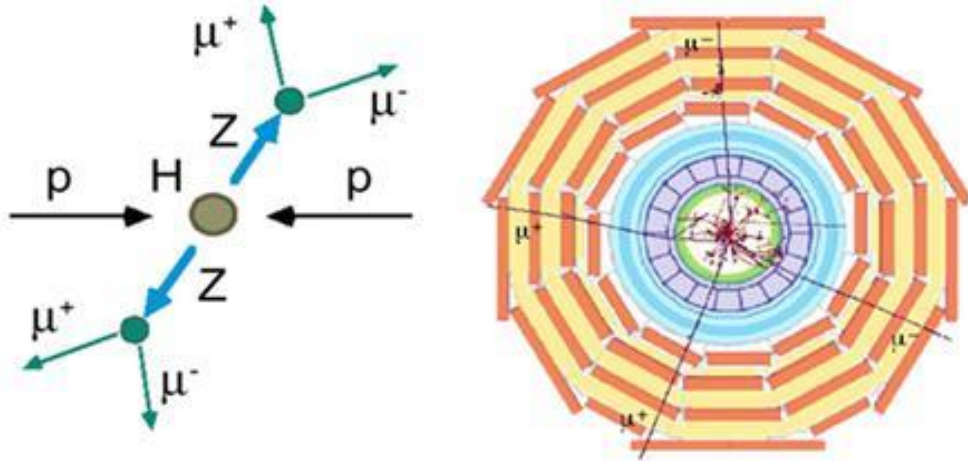
Date: 2016-12-05 05:48:11 CET

Snapshot of a proton-ion collision
directly from the ATLAS experiment

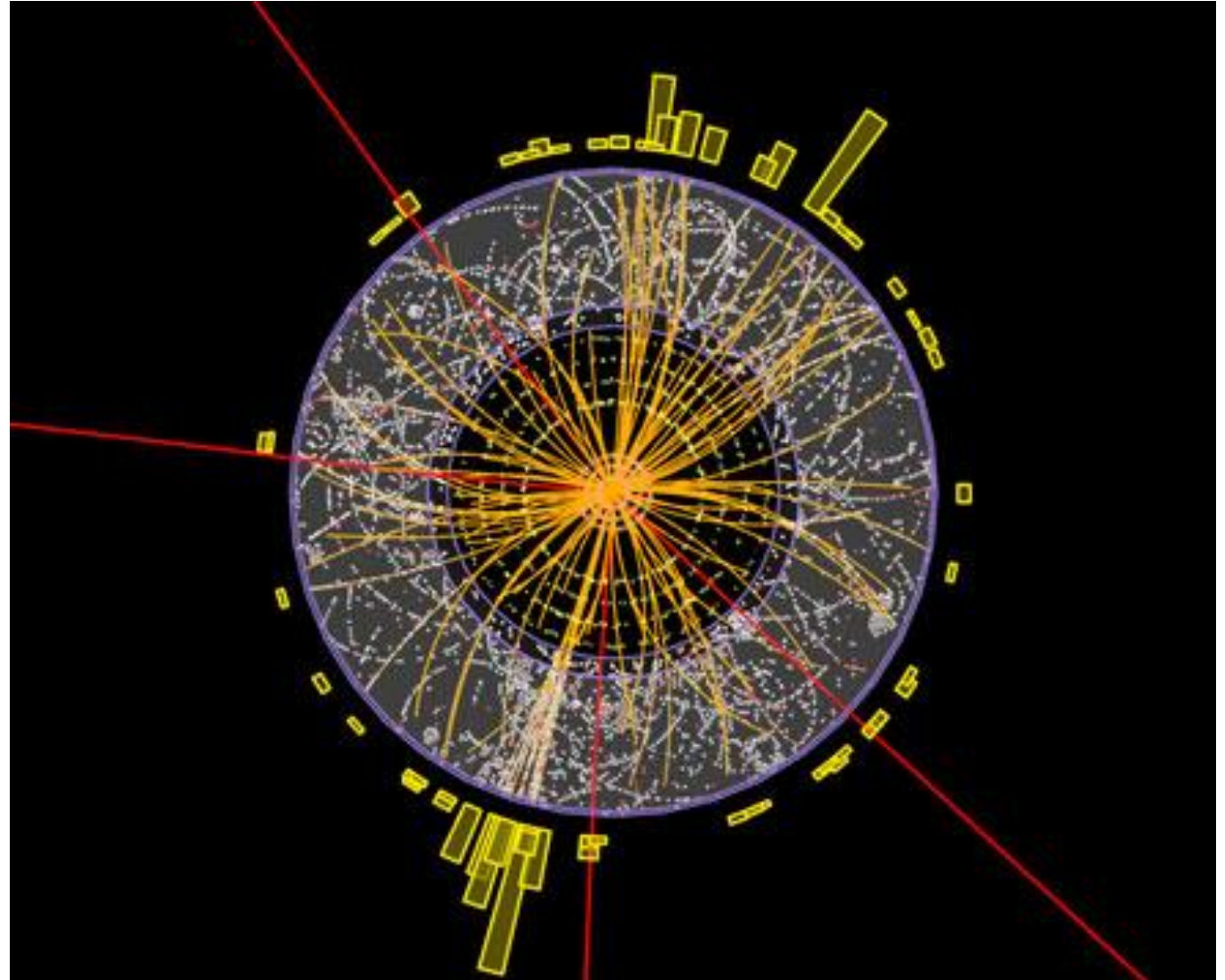
Το πείραμα ATLAS “βλέπει” τροχιές σωματιδίων και τα χαρακτηρι- στικά τους. Το σύνολο των τροχιών και γενικά της πληροφορίας που καταγράφουν οι ανιχνευτές από μια σύγκρουση, το λέμε **“γεγονός” (event)**.



Πώς βλέπει το πείραμα ATLAS ένα “γεγονός”, υποψήφιο για διάσπαση μποζονίου Higgs



Ένα “γεγονός” σύγκρουσης δύο πρωτονίων που δίνει 4 μόνια μεγάλης ενέργειας. Το γεγονός αυτό είναι ένας πολύ καλός υποψήφιος για διάσπαση μποζονίου Higgs σε 4 μ .



Η επαφή με το πείραμα (όταν είναι εν λειτουργία), γίνεται από την αίθουσα ελέγχου του κάθε πειράματος.

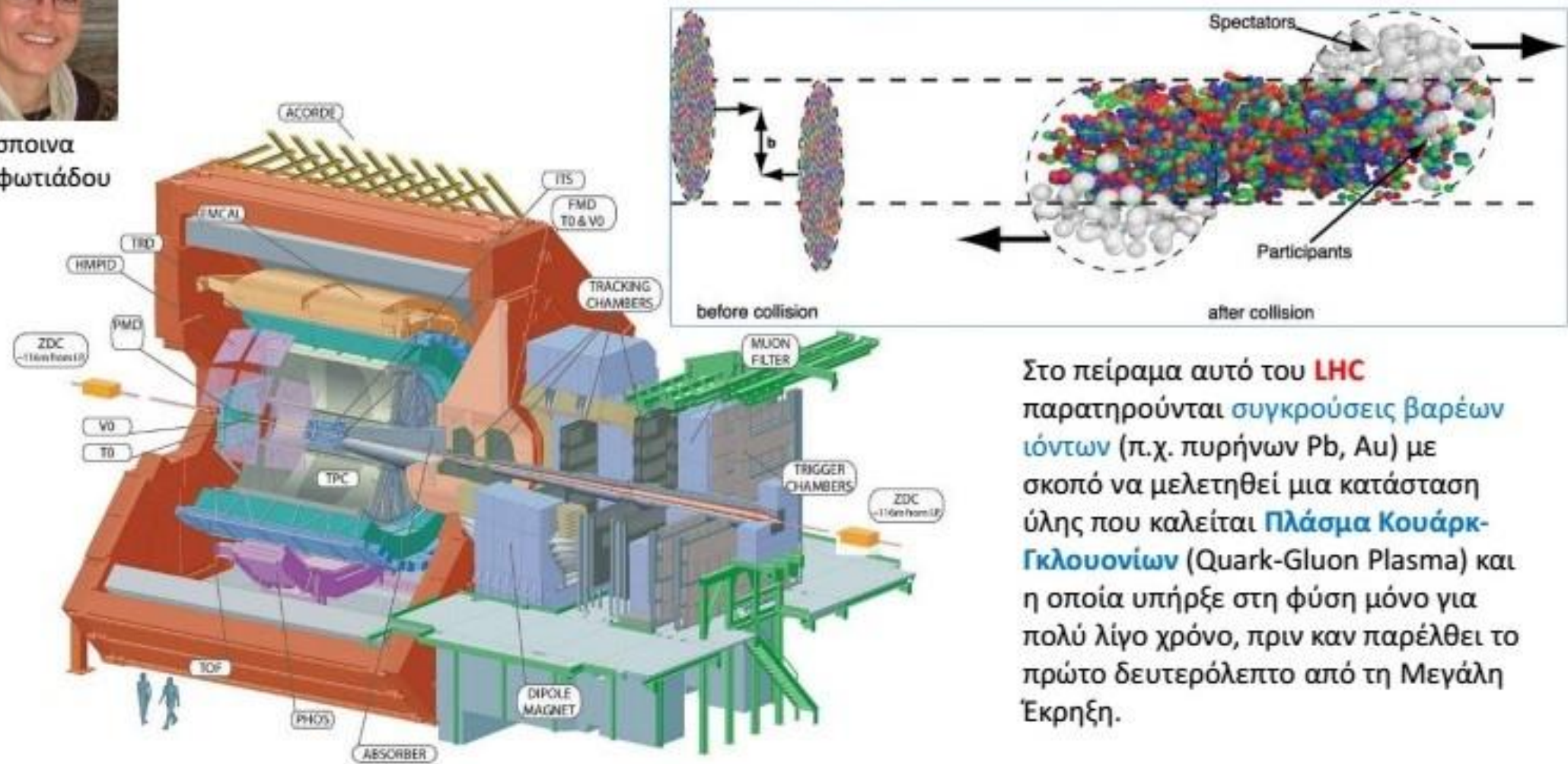
Εδώ, το **Control Room** του **ATLAS**, ένα από τα «μεγάλα» πειράματα στον **LHC**.





Δέσποινα
Χατζηφωτιάδου

ALICE: A Large Ion Collider Experiment



Στο πείραμα αυτό του **LHC** παρατηρούνται συγκρούσεις βαρέων ιόντων (π.χ. πυρήνων Pb, Au) με σκοπό να μελετηθεί μια κατάσταση ύλης που καλείται **Πλάσμα Κουάρκ-Γκλουονίων** (Quark-Gluon Plasma) και η οποία υπήρξε στη φύση μόνο για πολύ λίγο χρόνο, πριν καν παρέλθει το πρώτο δευτερόλεπτο από τη Μεγάλη Έκρηξη.

Η επαφή με το πείραμα (όταν είναι εν λειτουργία), γίνεται από την αίθουσα ελέγχου του κάθε πειράματος.

Εδώ, **το Control Room του ALICE.**

Εδώ η Γιώτα Φωκά (απόφοιτη του ΑΠΘ)



Το πείραμα CAST – ένα «μικρό» πείραμα του CERN για τη σκοτεινή ύλη και για την ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση

- CAST – CERN Axion Solar Telescope

A Solar Axion Search Using a Decommissioned LHC Test Magnet



Κ. Ζιούτας

Ερωτήματα και επιστημονικές αναζητήσεις

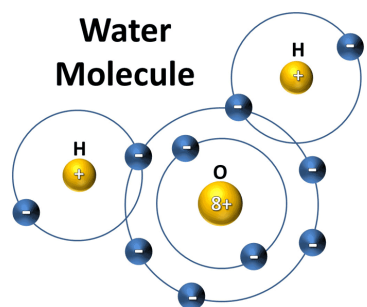
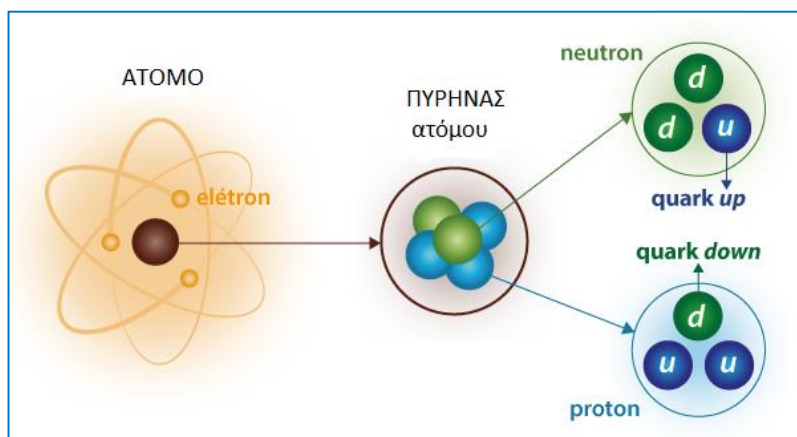
Τι γνωρίζουμε σήμερα (Standard Model)

- Σύμφωνα με το Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model) των Στοιχειωδών Σωματιδίων, υπάρχουν:
- τα “σωματίδια ύλης”, που είναι **6 κουάρκ** και **6 λεπτόνια**,
- οι “φορείς δύναμης”, που είναι 4 μποζόνια βαθμίδας (το **φωτόνιο** για την ΗΜ δύναμη, τα **W και Z** για την ασθενή δύναμη και το **γκλουόνιο** για την ισχυρή δύναμη).
- το **μποζόνιο Higgs**, που ερμηνεύει γιατί τα σωματίδια έχουν μάζα.
- Η ύπαρξη όλων αυτών έχει επιβεβαιωθεί **πειραματικά!**

QUARKS			GAUGE BOSONS	
UP mass 2,3 MeV/c ² charge 2/3 spin 1/2 u	CHARM 1,275 GeV/c ² 2/3 1/2 c	TOP 173,07 GeV/c ² 2/3 1/2 t	GLUON 0 0 1 g	HIGGS BOSON 126 GeV/c ² 0 0 H
DOWN 4,8 MeV/c ² -1/3 1/2 d	STRANGE 95 MeV/c ² -1/3 1/2 s	BOTTOM 4,18 GeV/c ² -1/3 1/2 b	PHOTON 0 0 1 γ	
LEPTONS			Z BOSON 91,2 GeV/c ² 0 1 Z	
ELECTRON 0,511 MeV/c ² -1 1/2 e	MUON 105,7 MeV/c ² -1 1/2 μ	TAU 1,777 GeV/c ² -1 1/2 τ	W BOSON 80,4 GeV/c ² ±1 1 W	
ELECTRON NEUTRINO <2,2 eV/c ² 0 1/2 ν_e	MUON NEUTRINO <0,17 MeV/c ² 0 1/2 ν_μ	TAU NEUTRINO <15,5 MeV/c ² 0 1/2 ν_τ		

Το Καθιερωμένο Πρότυπο των Στοιχειωδών Σωματιδίων

Η σταθερή ύλη από την οποία αποτελούμαστε εμείς και το περιβάλλον μας, αποτελείται από **πρωτόνια**, **νετρόνια** και **ηλεκτρόνια**, ή αλλιώς από κουάρκ-**up**, κουάρκ-**down** και **ηλεκτρόνια**.



STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES

QUARKS			GAUGE BOSSONS			
QUARKS	UP mass $2,3 \text{ MeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ u	CHARM $1,275 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c	TOP $173,07 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t	GLUON 0 0 1 g	HIGGS BOSON $126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 H	
	DOWN $4,8 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d	STRANGE $95 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s	BOTTOM $4,18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b	PHOTON 0 0 1 γ	GAUGE BOSSONS	
	LEPTONS	ELECTRON $0,511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e	MUON $105,7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ	TAU $1,777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ		Z BOSON $91,2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z
		ELECTRON NEUTRINO $<2,2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν _e	MUON NEUTRINO $<0,17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν _μ	TAU NEUTRINO $<15,5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν _τ		W BOSON $80,4 \text{ GeV}/c^2$ ±1 1 W

Το Καθιερωμένο Πρότυπο των Στοιχειωδών Σωματιδίων

ΕΡΩΤΗΜΑ:

- Το Καθιερωμένο Πρότυπο των Στοιχειωδών Σωματιδίων, ισχύει απολύτως;
- Υπάρχει “Φυσική” και πέρα από το SM; (Physics beyond Standard Model). Πώς μπορούμε να το μάθουμε;

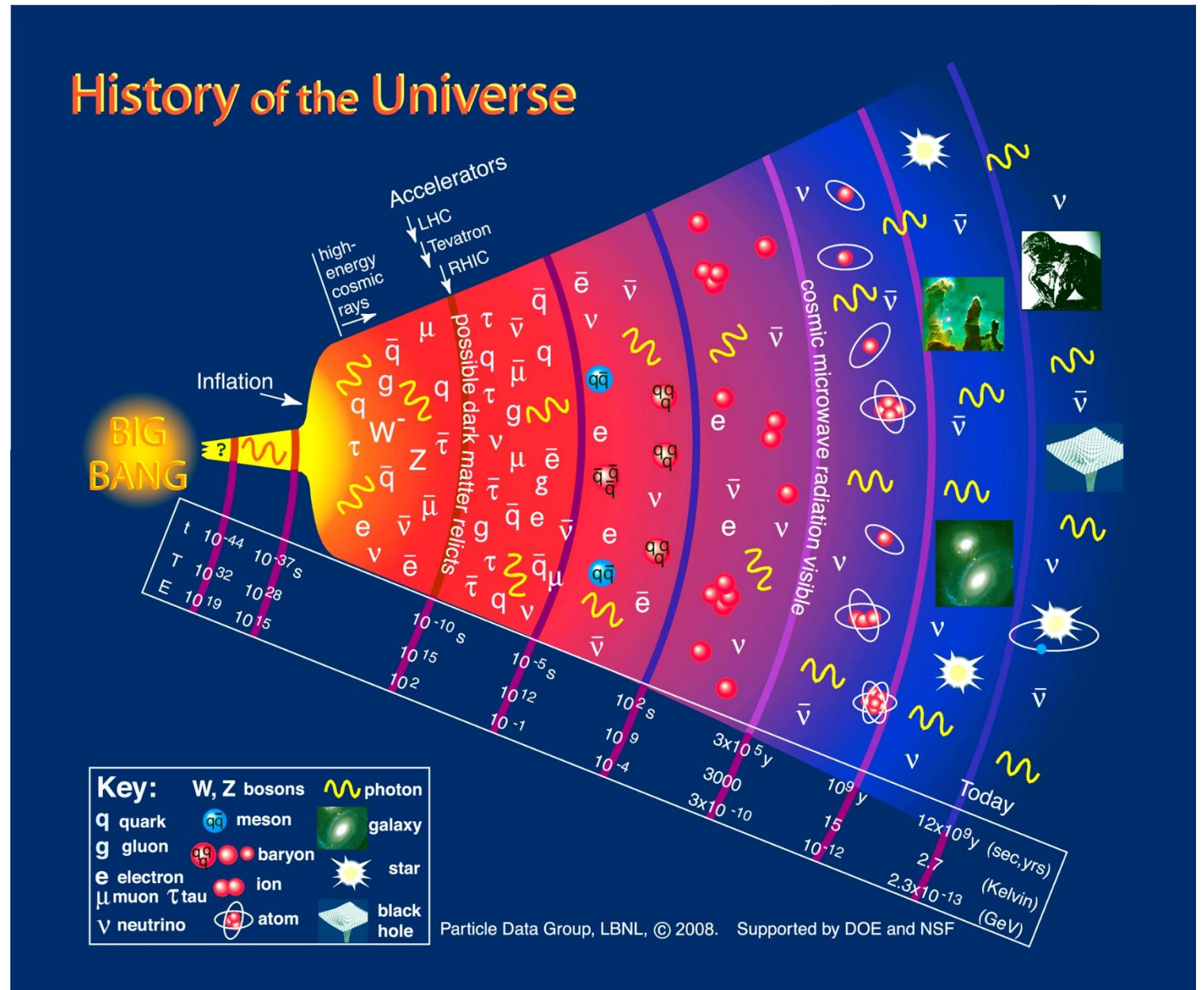
STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES



Το Καθιερωμένο Πρότυπο των Στοιχειωδών Σωματιδίων

Μια συλλογή ερωτημάτων που καλούνται να απαντήσουν οι επιστήμονες του CERN

- Από τι είναι φτιαγμένο το σύμπαν; Ποια είναι τα συστατικά του σύμπαντος;
- Το σύμπαν έχει ιστορία! Πώς αντλούμε γνώση από τα πειράματα του CERN για το πολύ πρώιμο σύμπαν;



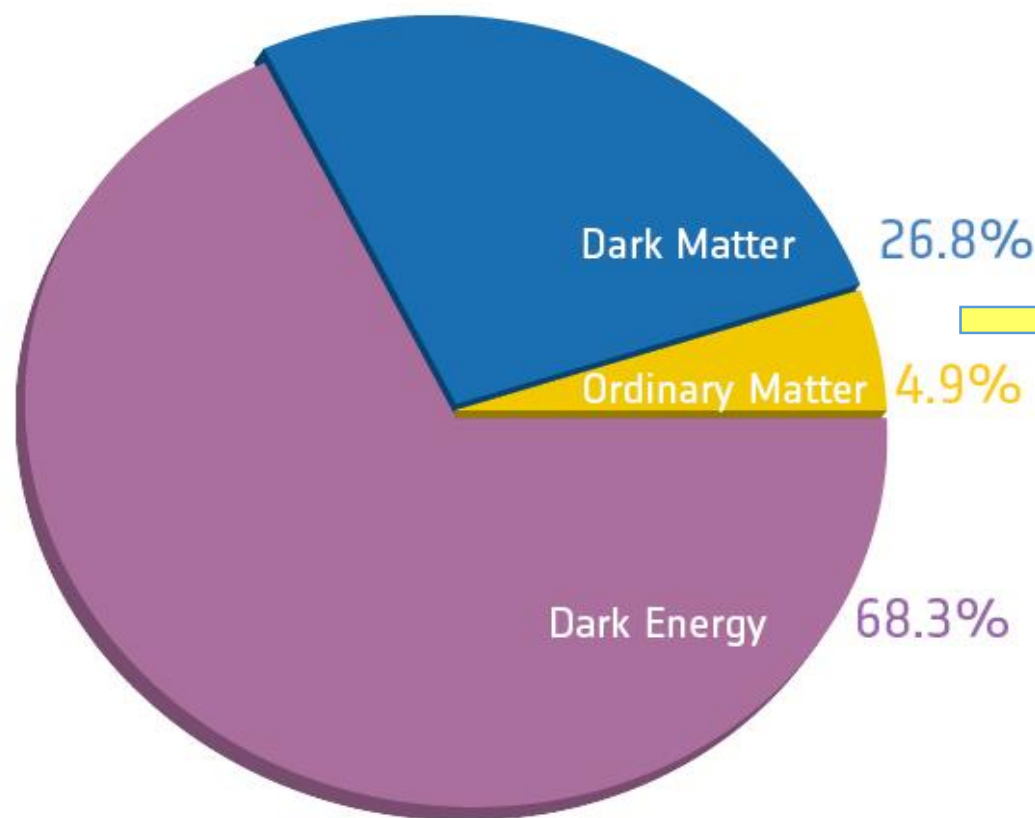
Η σύσταση του σύμπαντος

(σύμφωνα με τα δεδομένα του Planck mission)

Το σύμπαν, εκτός από τη γνωστή μας ύλη, περιλαμβάνει:

σκοτεινή ύλη (26,8 %) και σκοτεινή ενέργεια (68,3 %).

Δεν γνωρίζουμε τίποτα για την φύση των “εξωτικών” αυτών συστατικών του σύμπαντος και την αναζητούμε.



A small, detailed periodic table of elements, showing the standard layout with element symbols, atomic numbers, and names. It includes the Lanthanide and Actinide series at the bottom.

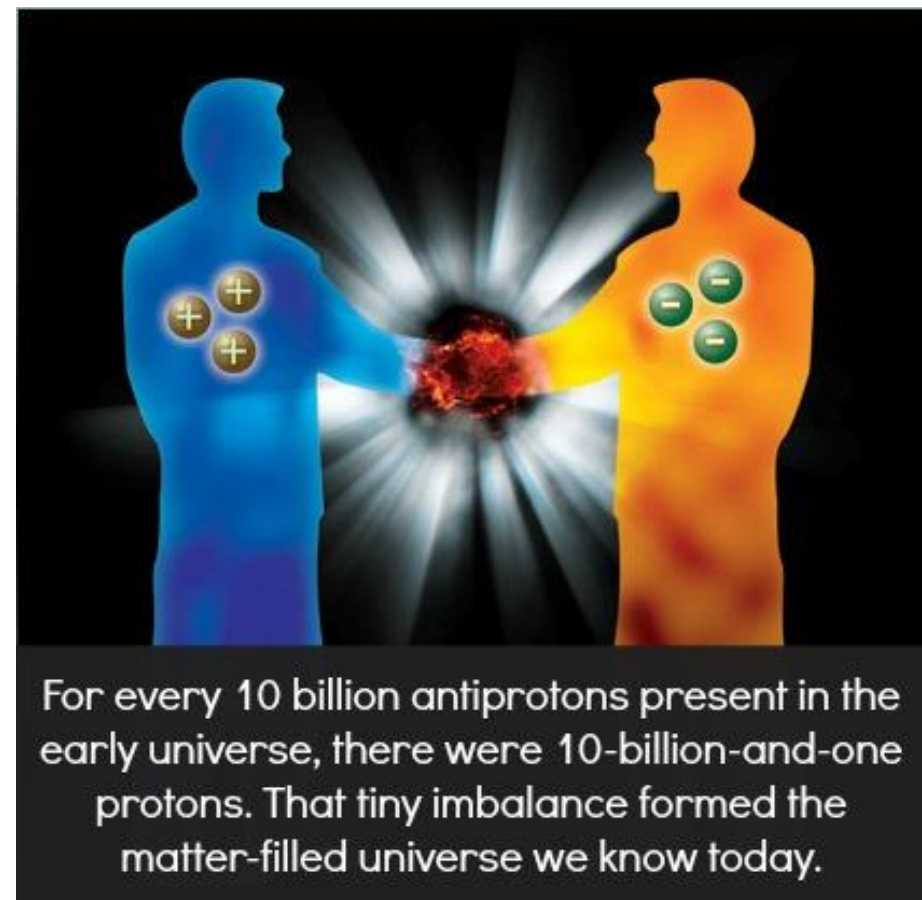
ΑΝΤΙ-ΥΛΗ:

Γιατί υπάρχει ελάχιστη αντι-ύλη στο σύμπαν;



Ένας από το CERN λέει στον υπάλληλο του Γραφείου Απολεσθέντων Αντικειμένων:

- Έχει εξαφανιστεί η αντι-ύλη!
- Πότε συνέβη αυτό, κύριε;
- Πριν από μερικά δισεκατομύρια χρόνια...



For every 10 billion antiprotons present in the early universe, there were 10-billion-and-one protons. That tiny imbalance formed the matter-filled universe we know today.

Για κάθε 10.000.000.000 αντιπρωτόνια, υπήρχαν 10.000.000.000 +1 πρωτόνια στο πρώιμο σύμπαν. Η αμοιβαία εξαύλωσή τους άφησε στο σύμπαν πολύ ΗΜ-ακτινοβολία και 1 πρωτόνιο.

Συμμετρίες

Ισχύουν οι υπερ-συμμετρικές θεωρίες;



Τι συμβαίνει με τις
συμμετρίες της Φύσης;

Standard particles



- Quarks
- Leptons
- Force particles

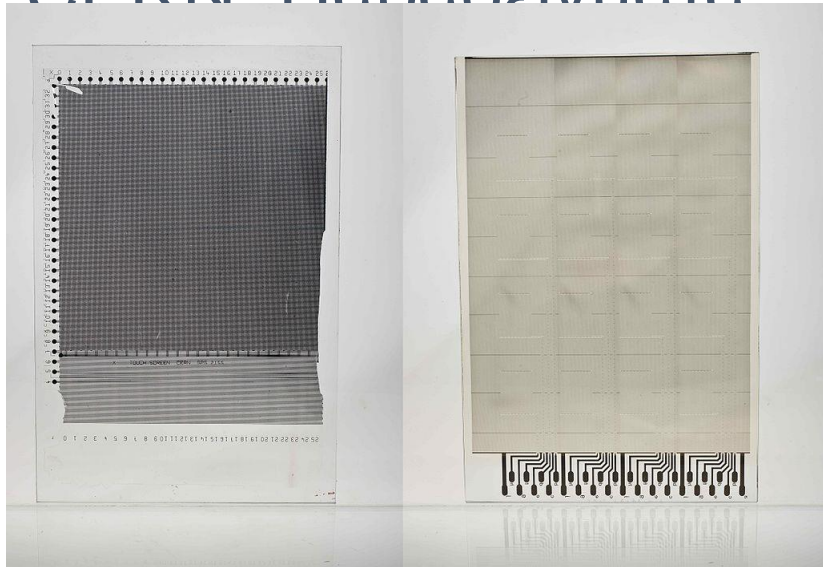
Supersymmetry particles



- Squarks
- Sleptons
- Neutralinos & Charginos

Οφέλη για τον απλό άνθρωπο

Αν και η έρευνα για τα βασικά επιστημονικά ερωτήματα της Φυσικής δεν αποσκοπεί στην παραγωγή “προϊόντων” άμεσης χρησιμότητας, εντούτοις πολλές εφευρέσεις ωφέλιμες για τον απλό άνθρωπο ξεκίνησαν από την έρευνα της φυσικής στο CERN. Παραδείγματα:



**ΟΘΟΝΗ ΕΠΑΦΗΣ
(touchscreen)**

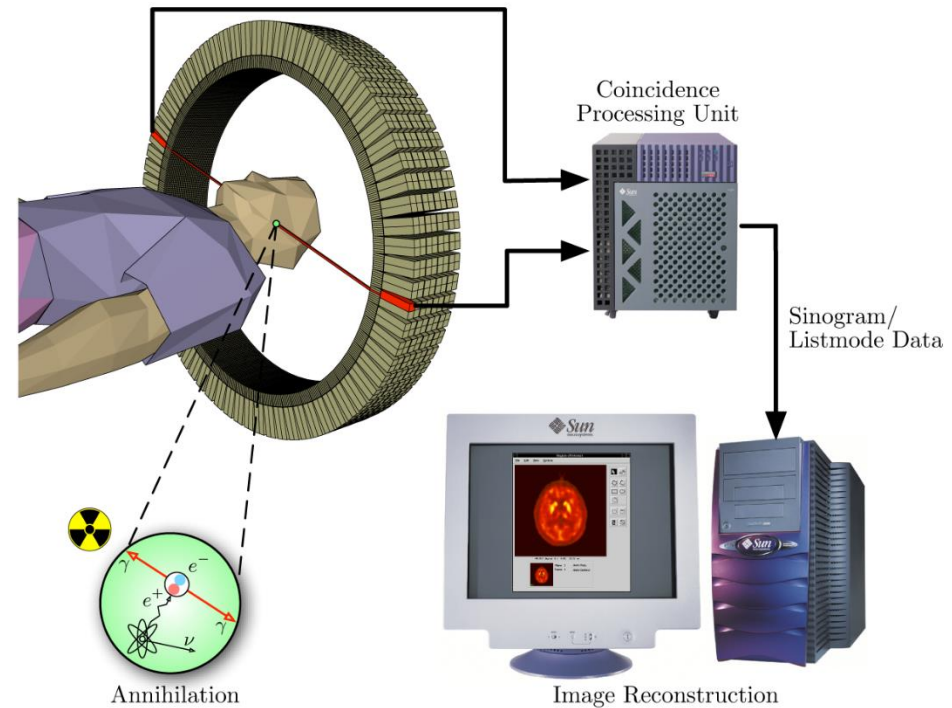
The prototype x-y mutual capacitance **touchscreen** developed at CERN in 1977 by Bent Stumpe, a Danish electronics engineer, for the control room of CERN’s accelerator SPS.

Οφέλη για τον απλό άνθρωπο

Αν και η έρευνα για τα βασικά επιστημονικά ερωτήματα της Φυσικής δεν αποσκοπεί στην παραγωγή “προϊόντων” άμεσης χρησιμότητας, εντούτοις πολλές εφευρέσεις ωφέλιμες για τον απλό άνθρωπο ξεκίνησαν από την έρευνα της φυσικής στο CERN. Παραδείγματα:

PET scan

As part of the preparations for the experimental program for CERN's Large Hadron Collider (LHC), the Crystal Clear research and development collaboration was established in 1990 by Paul Lecoq from CERN to look into the development of new scintillating materials. In the Crystal Clear collaboration, YAP, lead tungstate and lutetium aluminate are all being investigated for their possible use in **small PET scanners**.



Οφέλη για τον απλό άνθρωπο

Αν και η έρευνα για τα βασικά επιστημονικά ερωτήματα της Φυσικής δεν αποσκοπεί στην παραγωγή “προϊόντων” άμεσης χρησιμότητας, εντούτοις πολλές εφευρέσεις ωφέλιμες για τον απλό άνθρωπο ξεκίνησαν από την έρευνα της φυσικής στο CERN. Παραδείγματα:

The World Wide Web (WWW)

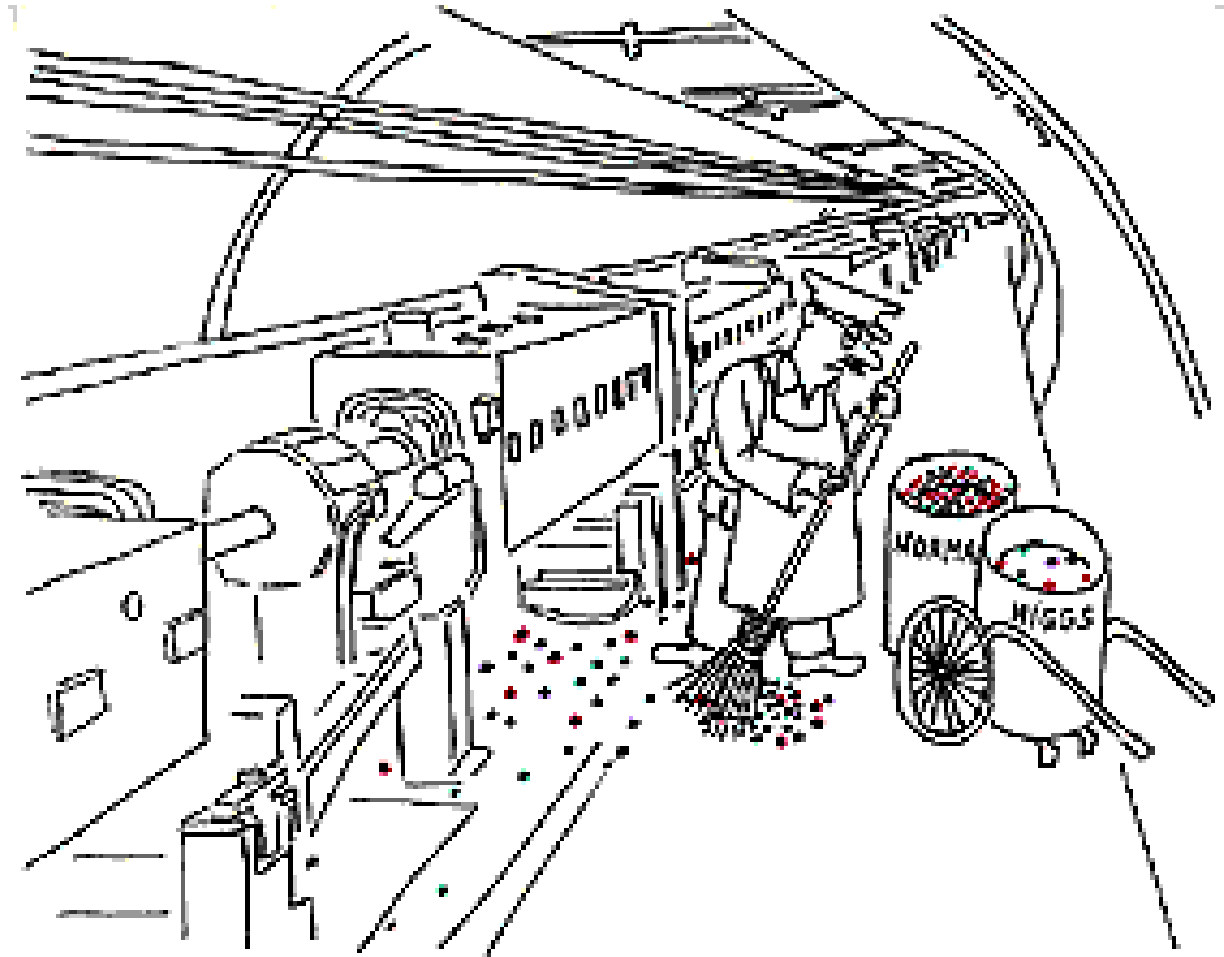
Tim Berners-Lee, a British scientist at CERN, invented the **World Wide Web (WWW)** in 1989. The web was originally conceived and developed to meet the demand for automatic information-sharing between scientists in universities and institutes around the world.

The first website at CERN - and in the world - was dedicated to the World Wide Web project itself and was hosted on Berners-Lee's NeXT computer. The website described the basic features of the web; how to access other people's documents and how to set up your own server. The NeXT machine - the original web server - is still at CERN.



Tim Berners-Lee

Σας
ευχαριστώ
για την
προσοχή
σας!



Σωματίδια! Παντού σωματίδια!