

Masterclass Χανιά 2019

Ανιχνευτές σωματιδίων

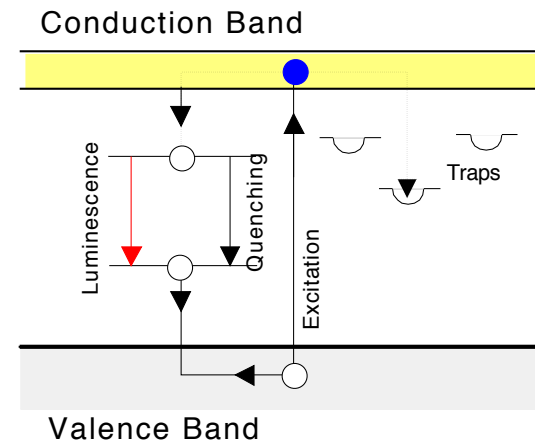
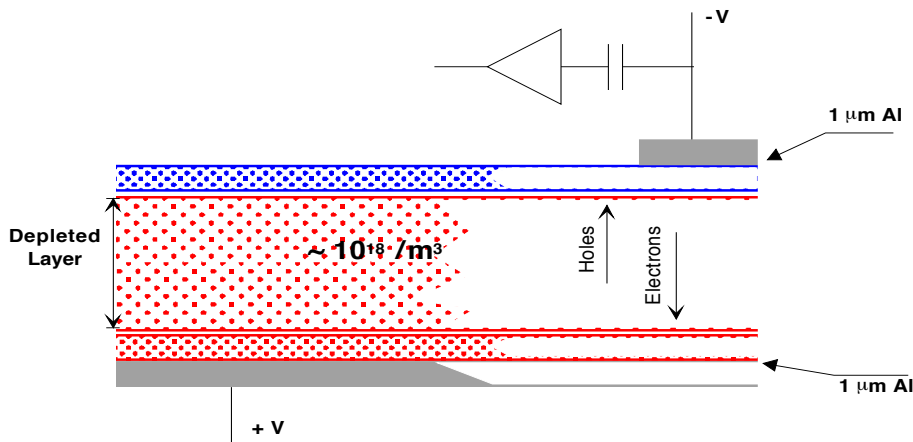
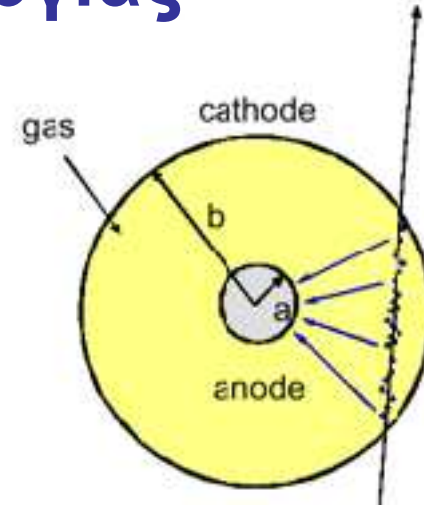
Γιώργος Αναγνώστου

ΙΠΦΣ - Δημόκριτος



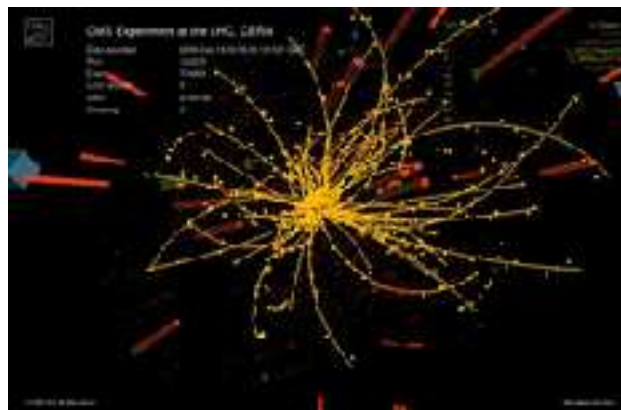
Αρχές λειτουργίας

- 1 Ιονισμός
- 2 Σπινθηριστές
- 3 Ημιαγωγοί

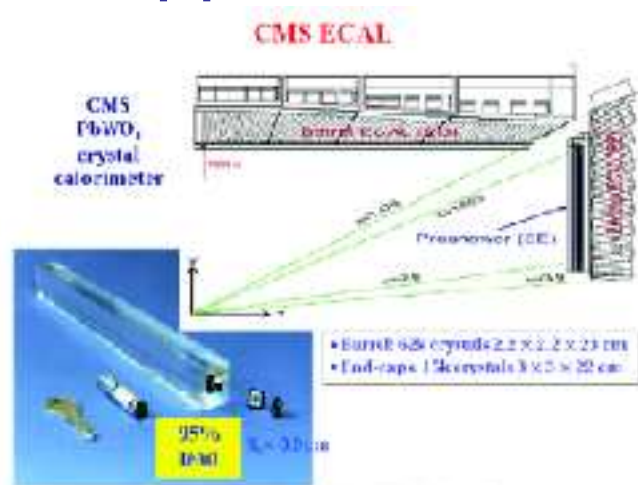


Ανιχνευτές τροχιών – Θερμιδόμετρα

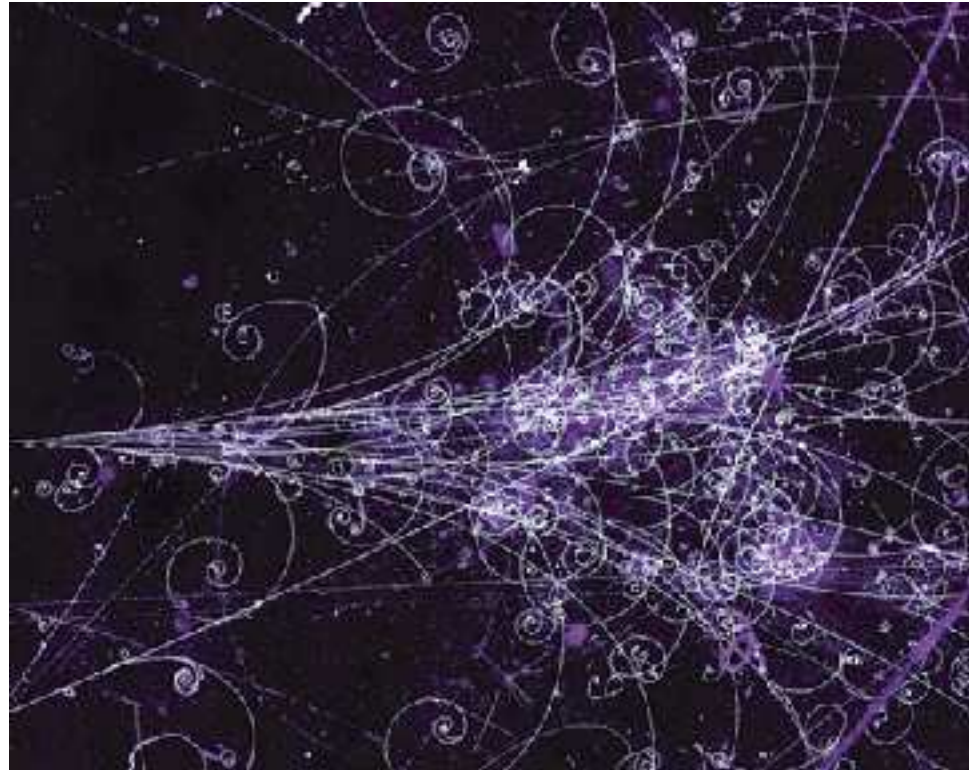
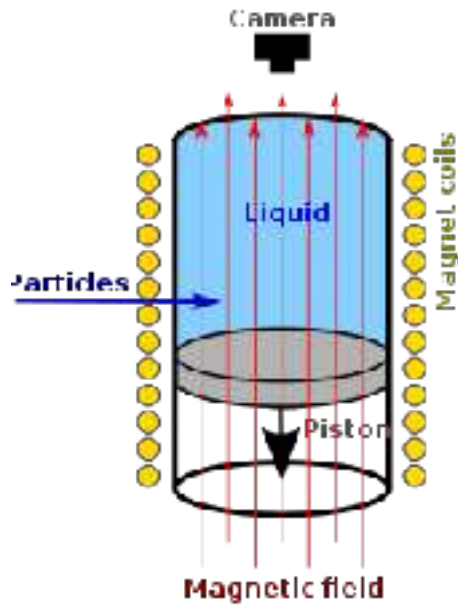
1 Ανιχνευτές τροχιών – Ορμή



2 Θερμιδόμετρα - Ενέργεια

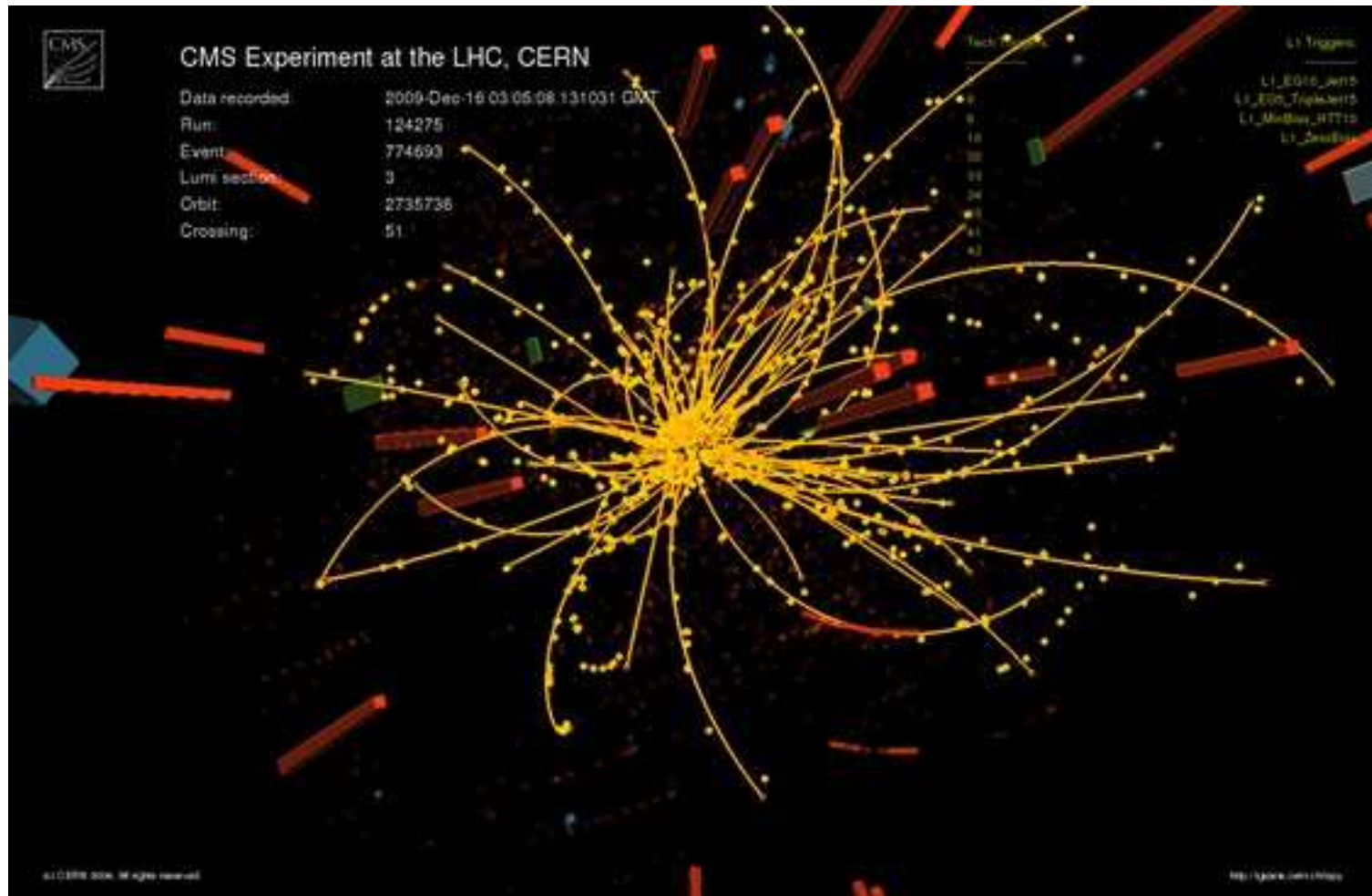


Κάτι από τα παλιά



Τροχιές σωματιδίων σε έναν θάλαμο φυσαλίδων γεμάτο με υγρό υδρογόνο. Ένα φορτισμένο σωματίδιο που διέρχεται από το θάλαμο θα δημιουργήσει μικρές φυσαλίδες μέσα στο υδρογόνο. Αυτές οι φυσαλίδες μοιάζουν με ίχνος κατά μήκος της τροχιάς του σωματιδίου.

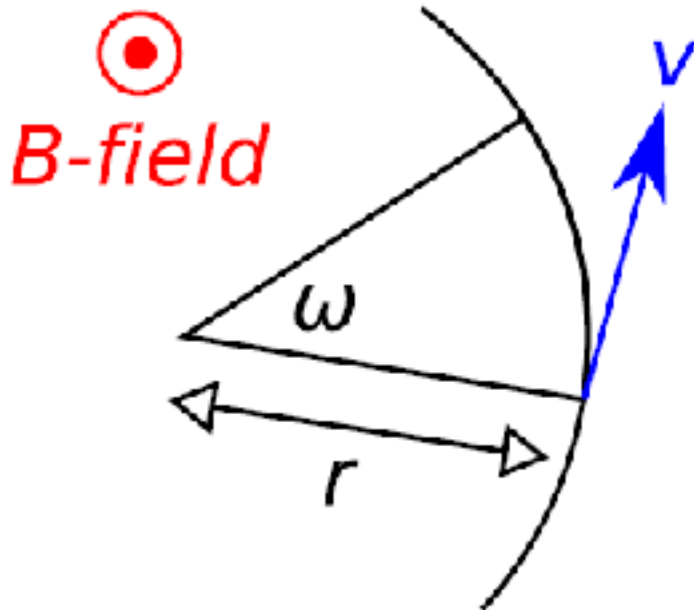
Ανιχνευτές τροχιών



Ανιχνευτές τροχιών - Αρχή λειτουργίας

Οι ανιχνευτές ημιαγωγών αποτελούνται από πυρίτιο ή κάποιο άλλο είδος ημιαγώγιμου υλικού, ενώ οι συρματοφόροι θάλαμοι είναι κατασκευασμένοι από θάλαμους που περιέχουν αέριο και φέρουν στο εσωτερικό τους ένα ή περισσότερα σύρματα κατάλληλα διατεταγμένα.

Κοινό σημείο και για τους δύο τύπους είναι ότι μόνο φορτισμένα σωματίδια μπορούν να ανιχνευτούν.



$$F = qvB$$

$$ma = qvB$$

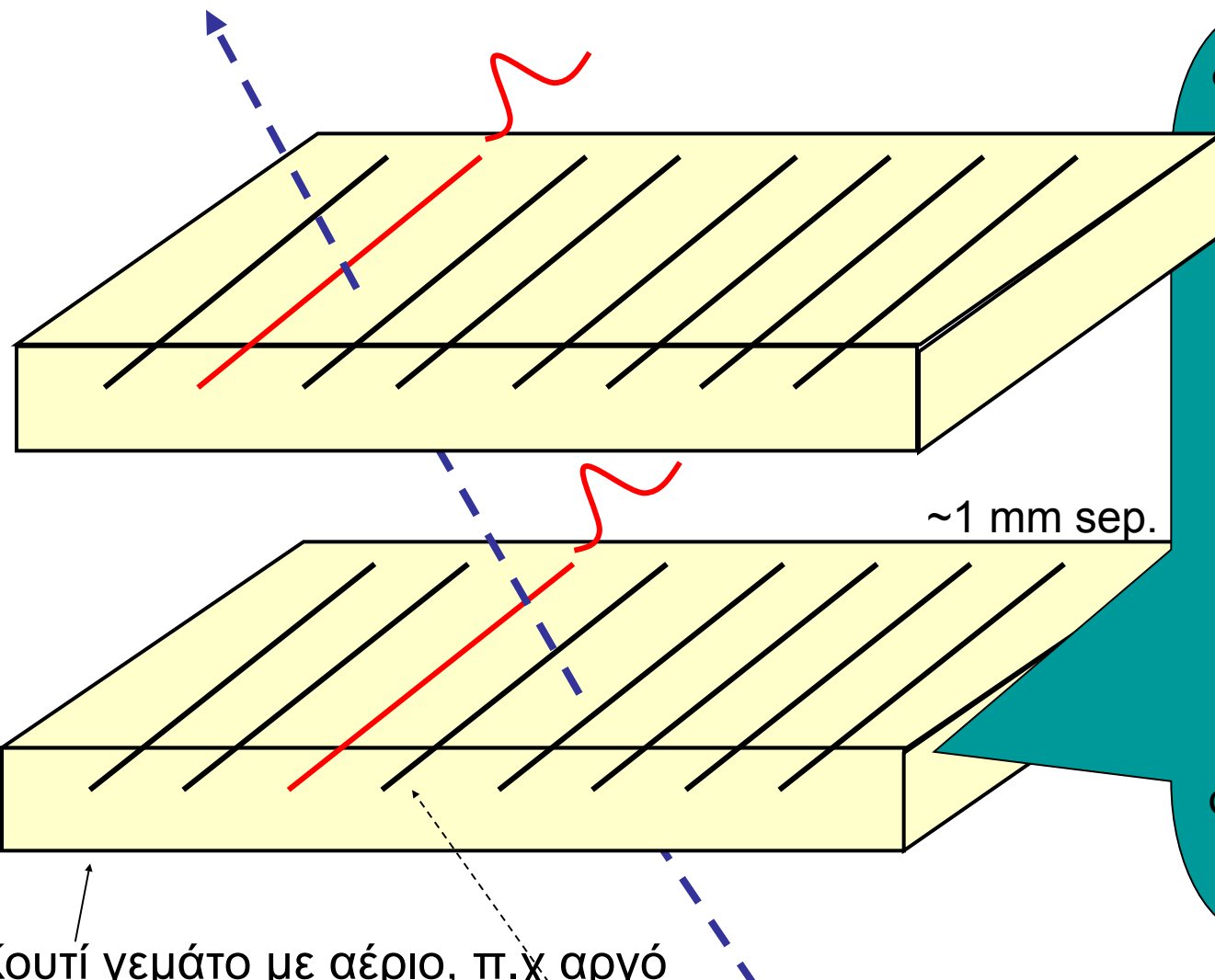
$$m \left(\frac{v^2}{r} \right) = qvB$$

$$\frac{mv}{r} = qB$$

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$$

$$r \propto p$$

Ανιχνευτές τροχιών - αερίου



Φορτισμένα σωματίδια περνούν από το αέριο και το ιονίζουν.

Άρα δημιουργούνται “ελεύθερα” ηλεκτρόνια που έλκονται από το σύρμα με τα 1500 V

Ένας παλμός τάσης δημιουργείται!

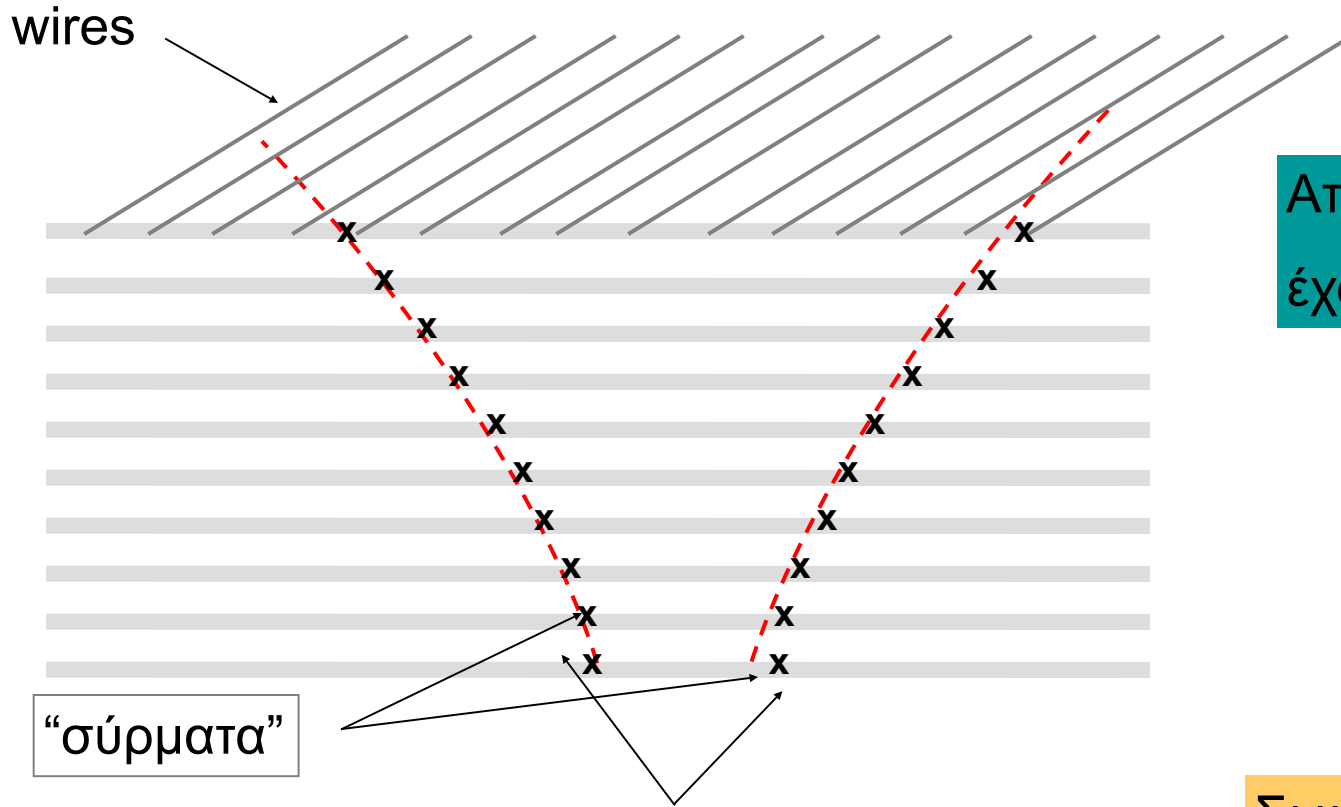
Έτσι ξέρουμε ότι αυτό το σύρμα “είδε” ένα φορτισμένο σωματίδιο!

Κουτί γεμάτο με αέριο, π.χ αργό

Σύρματα στα
+1500 V

Φορτισμένο σωματίδιο π.χ πρωτόνιο ή π^+

Ανιχνευτές τροχιών - Αερίου



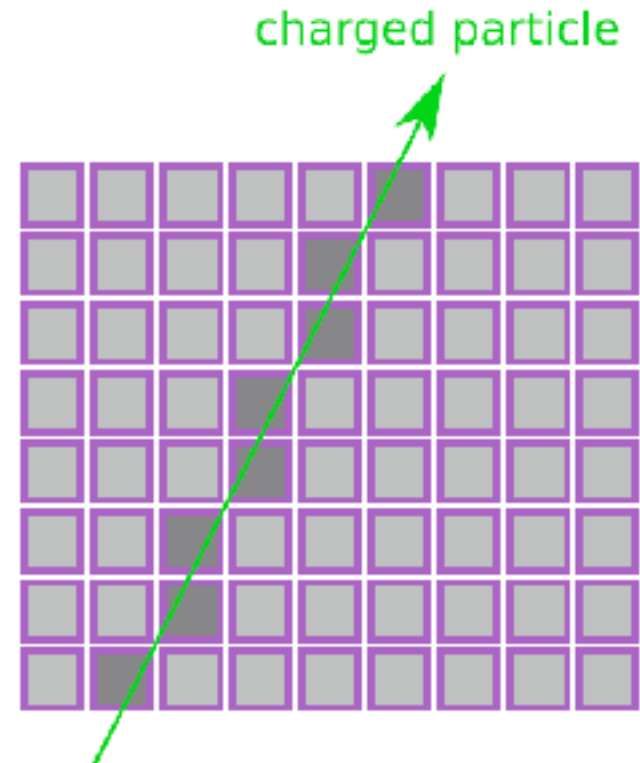
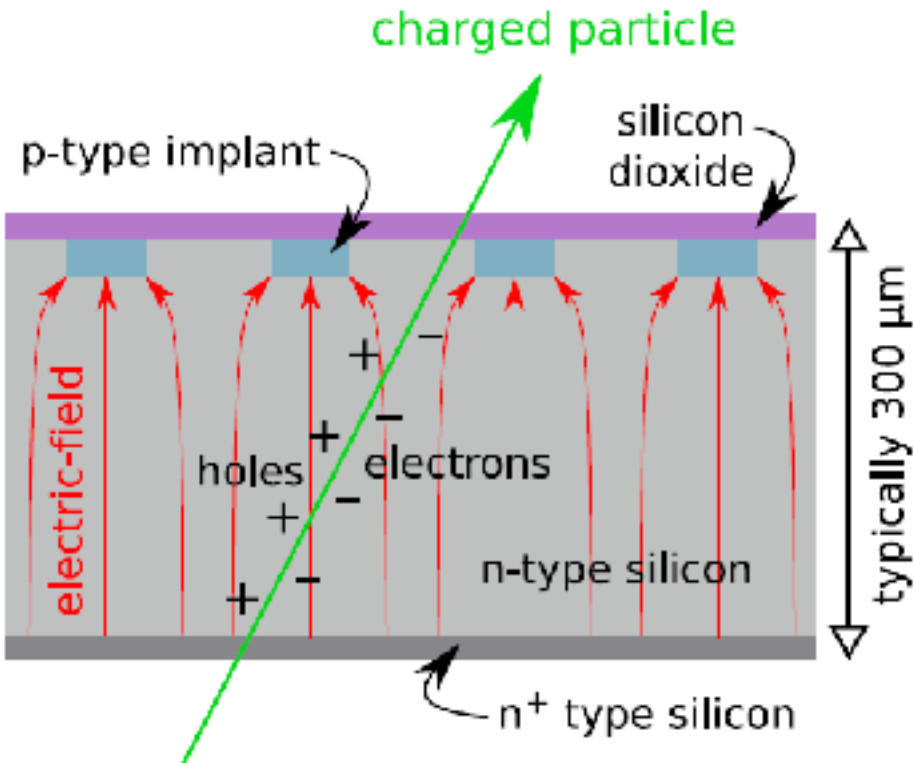
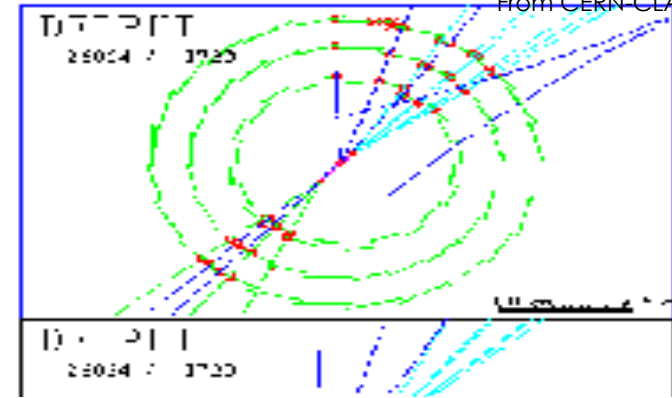
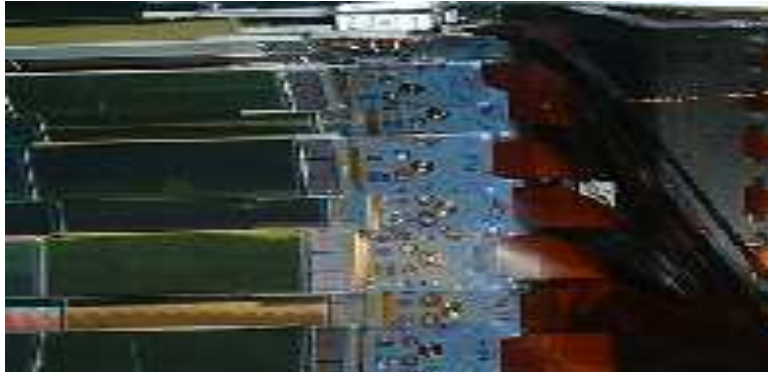
Από πολλά σημεία
έχουμε μία τροχιά

“ανακατασκευή” τροχιάς με αλγόριθμους
“pattern recognition”

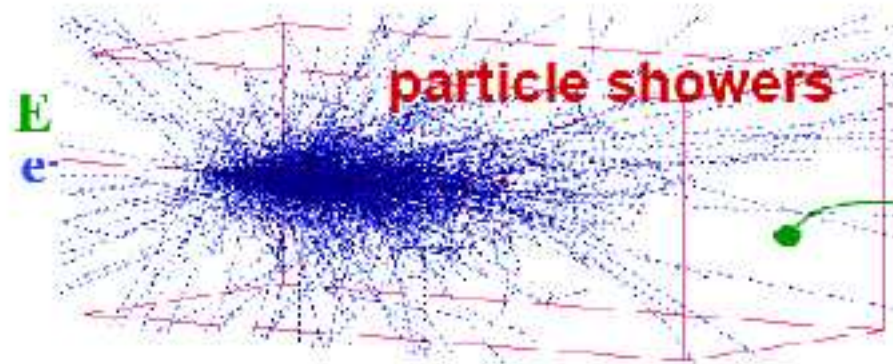
Σωματίδια με διαφορετικό
φορτίο έχουν καμπύλωση
σε διαφορετική μεριά

Ανιχνευτές τροχιών - ημιαγωγοί

The DELPHI Vertex Detector



Θερμιδόμετρα - Αρχή λειτουργίας



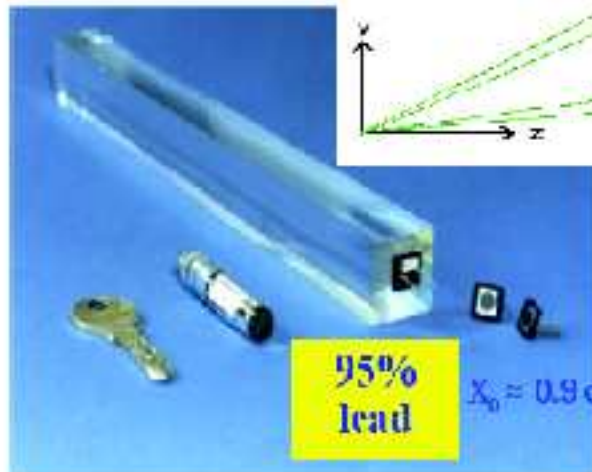
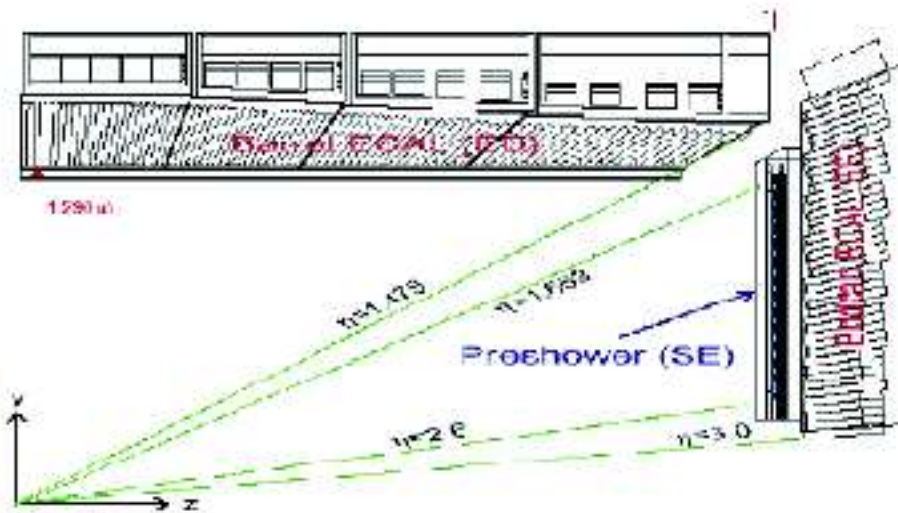
Η συνολική ενέργεια των ουδέτερων και φορτισμένων σωματιδίων μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας θερμιδόμετρα.

Όταν ένα σωματίδιο εισέρχεται σε ένα θερμιδόμετρο συγκρούεται με το πυκνό υλικό του ανιχνευτή. Οι συγκρούσεις γεννούν ένα καταιγισμό δευτερογενών σωματιδίων και η ενέργεια του αρχικού σωματιδίου απορροφάται από τον ανιχνευτή.

Θερμιδόμετρα – CMS Ecal

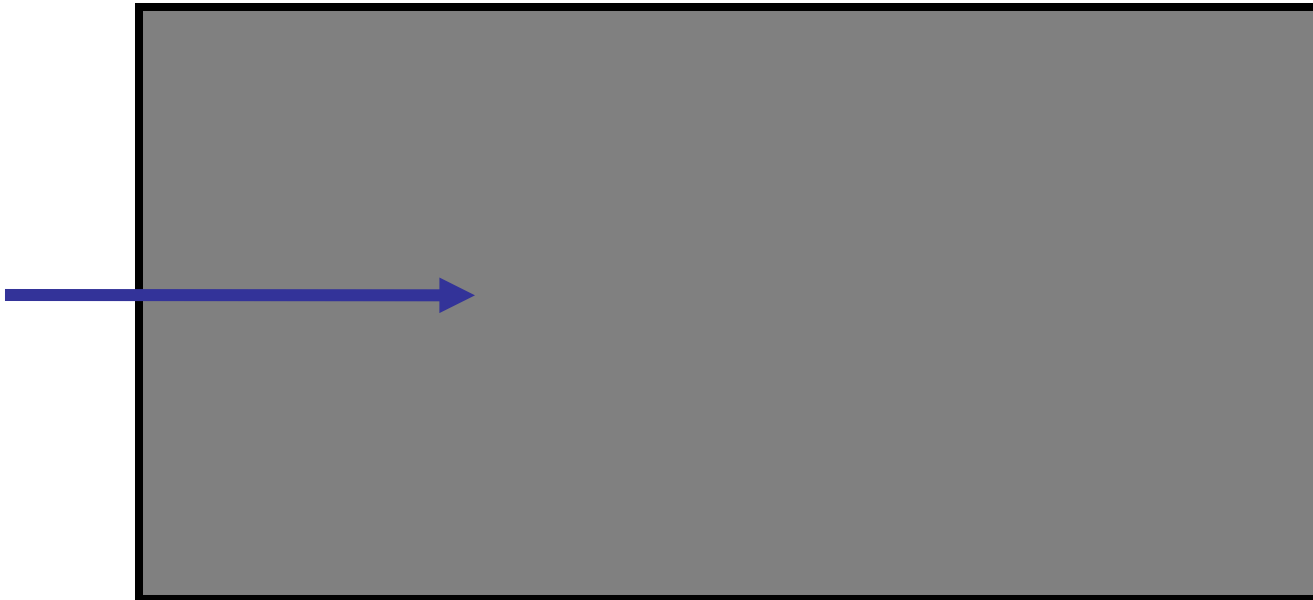
CMS ECAL

CMS
 PbWO_4
 crystal
 calorimeter



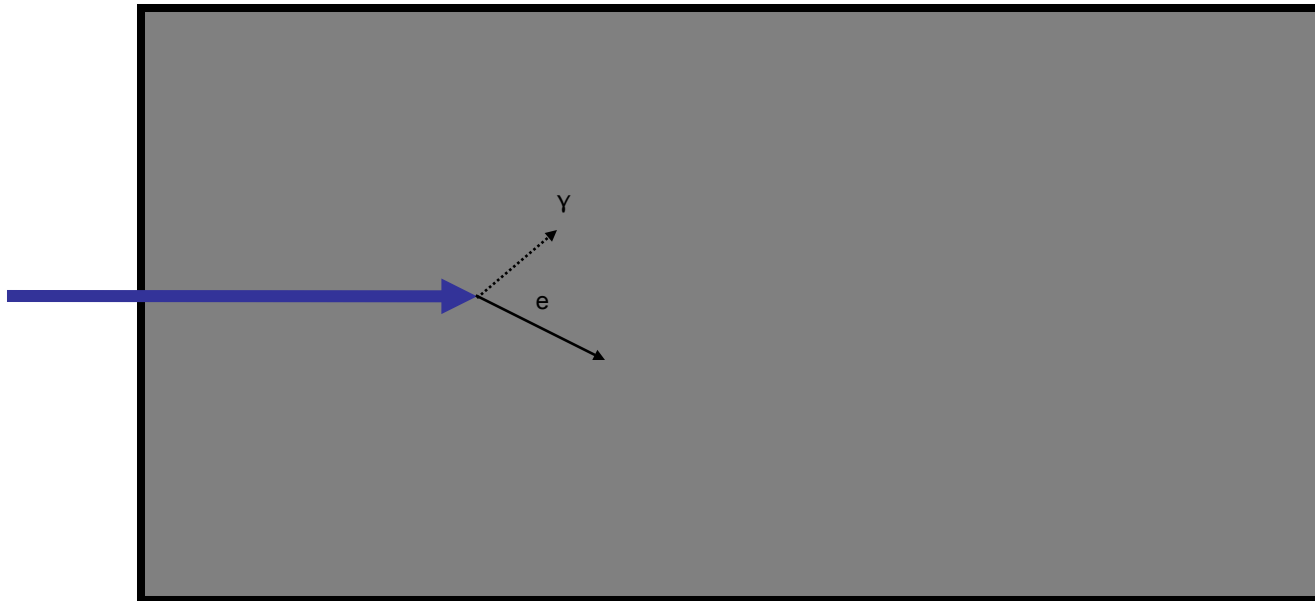
- Barrel: 62k crystals $2.2 \times 2.2 \times 23$ cm
- End-caps: 15k crystals $3 \times 3 \times 22$ cm

Ηλεκτρομαγνητικός καταϊγισμός



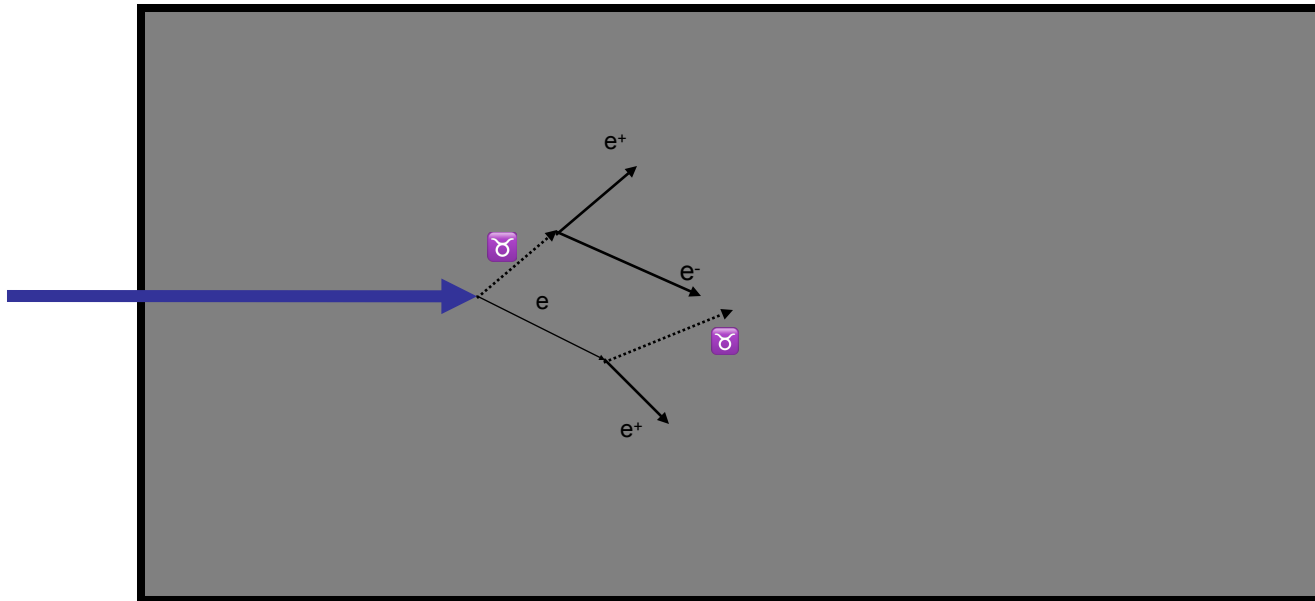
- Το υψηλής ενέργειας σωματίδιο διασχίζει το υλικό

Ηλεκτρομαγνητικός καταίγισμός



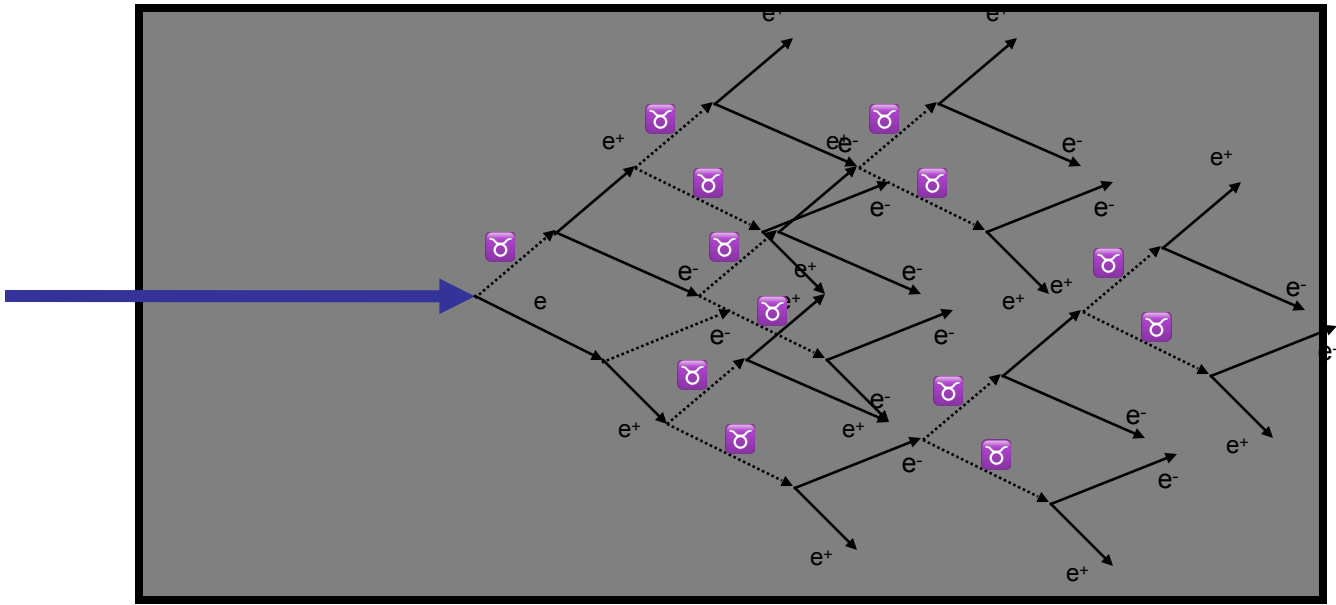
- Δύο νέα σωματίδια

Ηλεκτρομαγνητικός καταϊγισμός



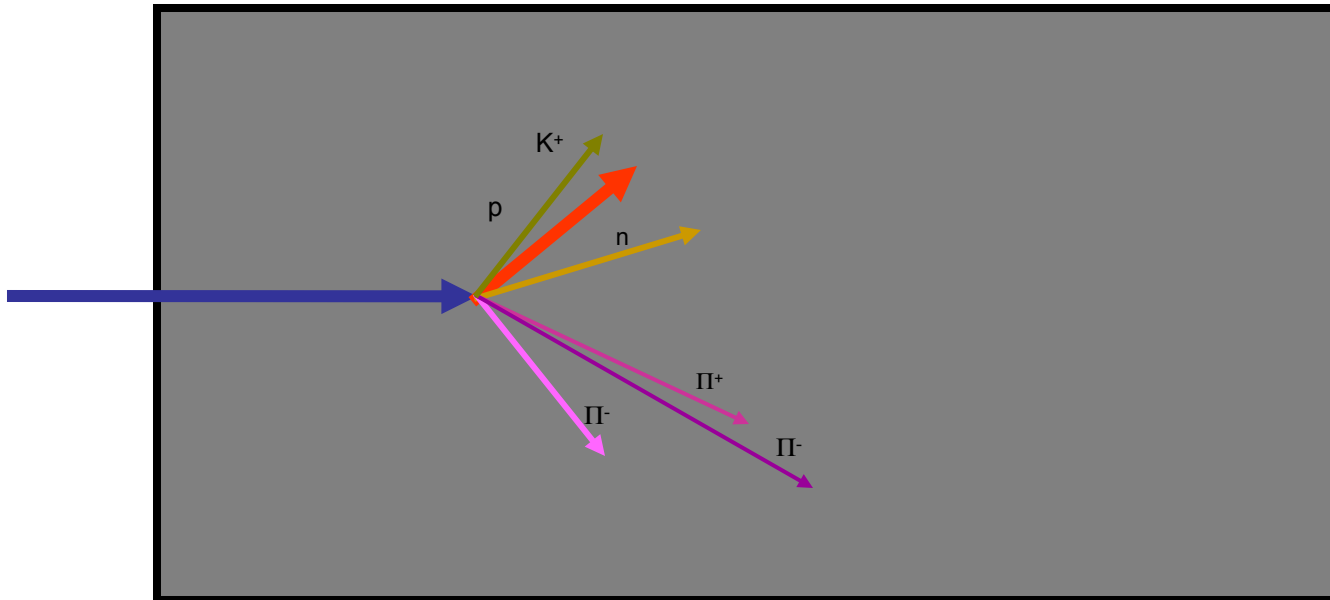
- Φωτόνια στη γειτονιά ατόμου αλληλεπιδρούν και παράγουν ένα ζεύγος electron (e^-) / positron (e^+)

Ηλεκτρομαγνητικός καταίγισμός



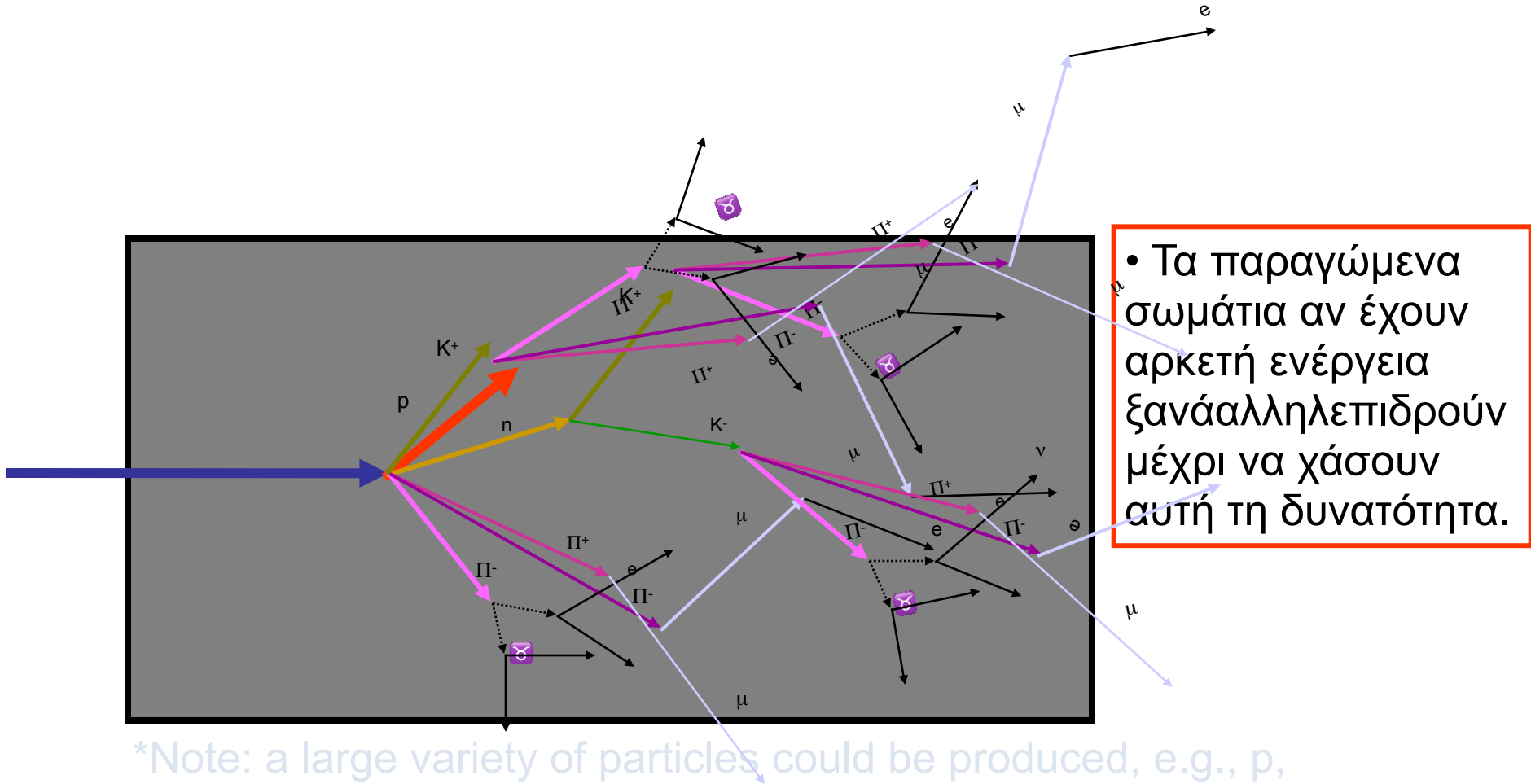
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και δημιουργείται “χιονοστιβάδα” μέχρι τα σωματίδια να μην έχουν άλλη ενέργεια

Αδρονικός καταίγισμός



- Το υψηλής ενέργειας σωματίδιο αλληλεπιδρά “ισχυρά” με τους πυρήνες του υλικού

Αδρονικός καταίγισμός



*Note: a large variety of particles could be produced, e.g., p , n , π , ν , Λ , K , Ξ

Super Proton Synchrotron (SPS)

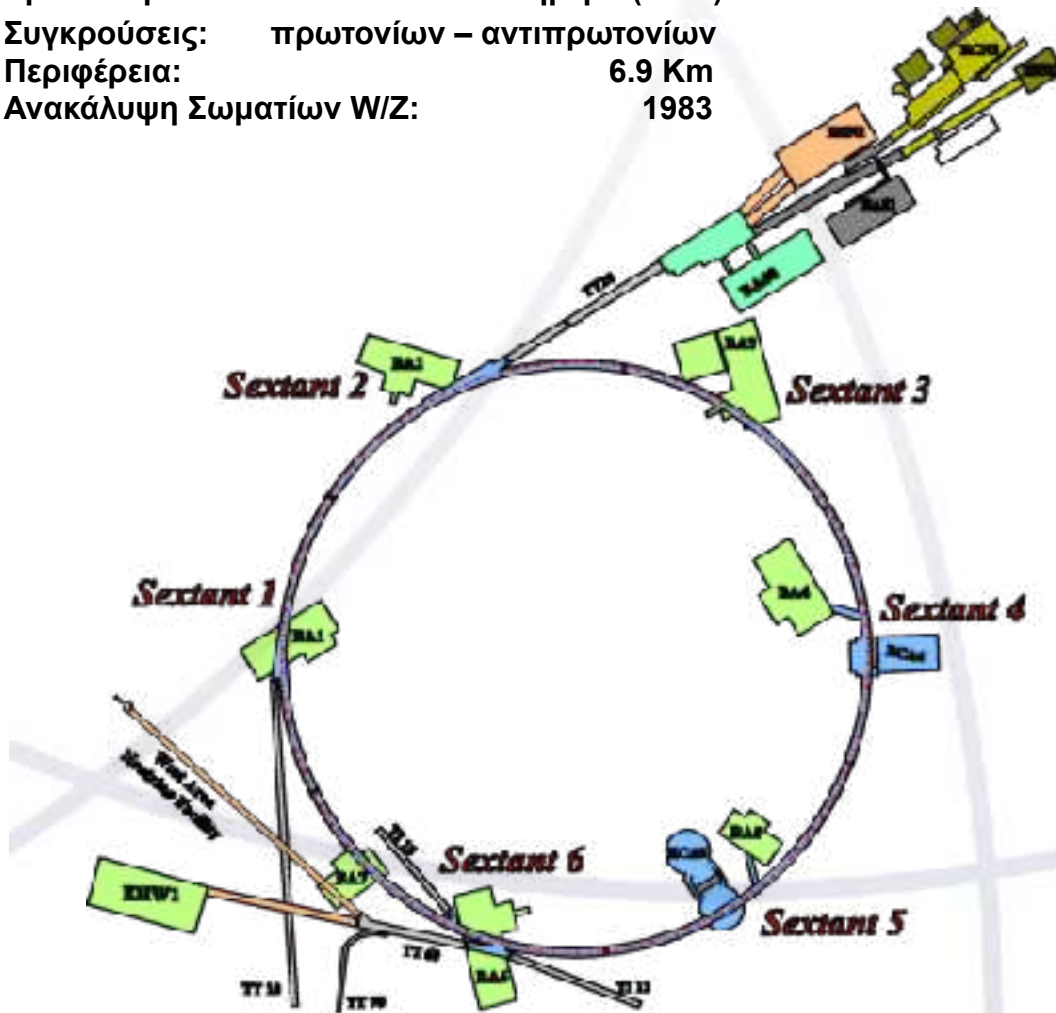
Τοποθεσία: Σύνορα Γαλλίας-Ελβετίας
Χρονολογία: 1976 – σήμερα (1979)
Συγκρούσεις: πρωτονίων – αντιπρωτονίων
Περιφέρεια: 6.9 Km
Ανακάλυψη Σωματίων W/Z: 1983



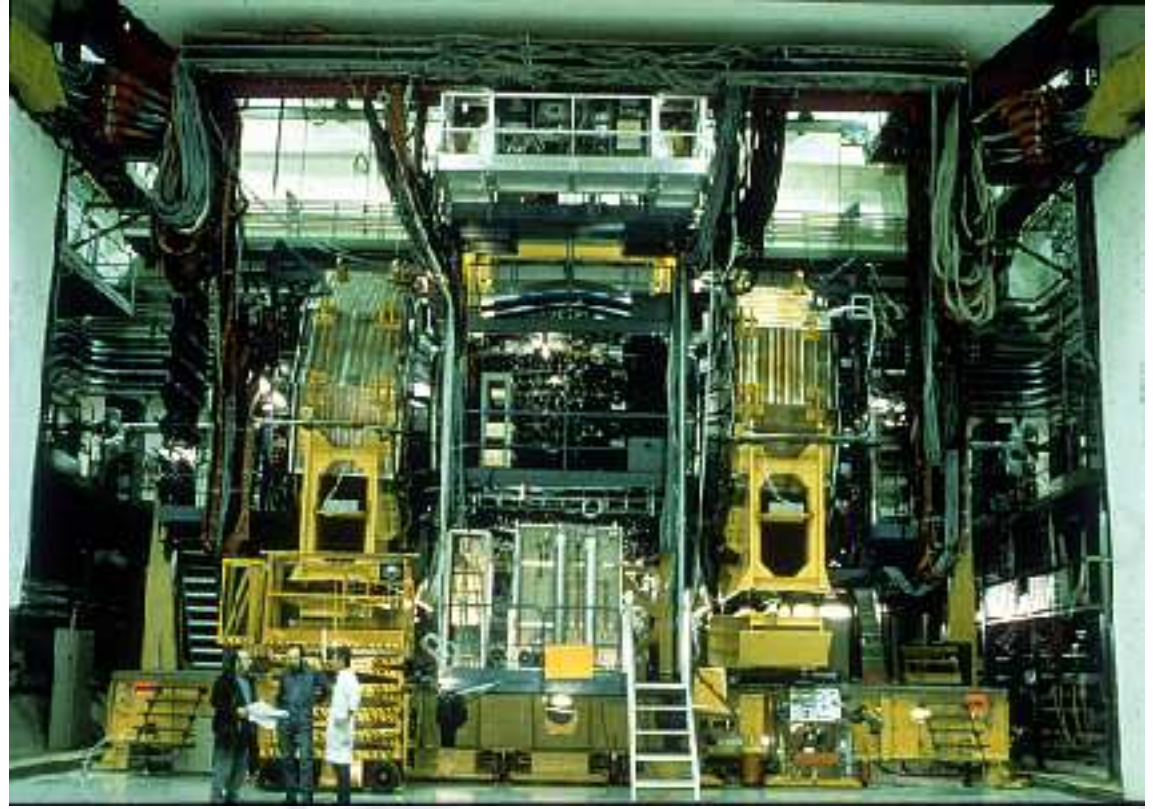
Carlo Rubbia Simon van der Meer

Βραβείο Nobel Φυσικής 1984

"for their decisive contributions to the large project, which led to the discovery of the field particles W and Z, communicators of weak interaction"

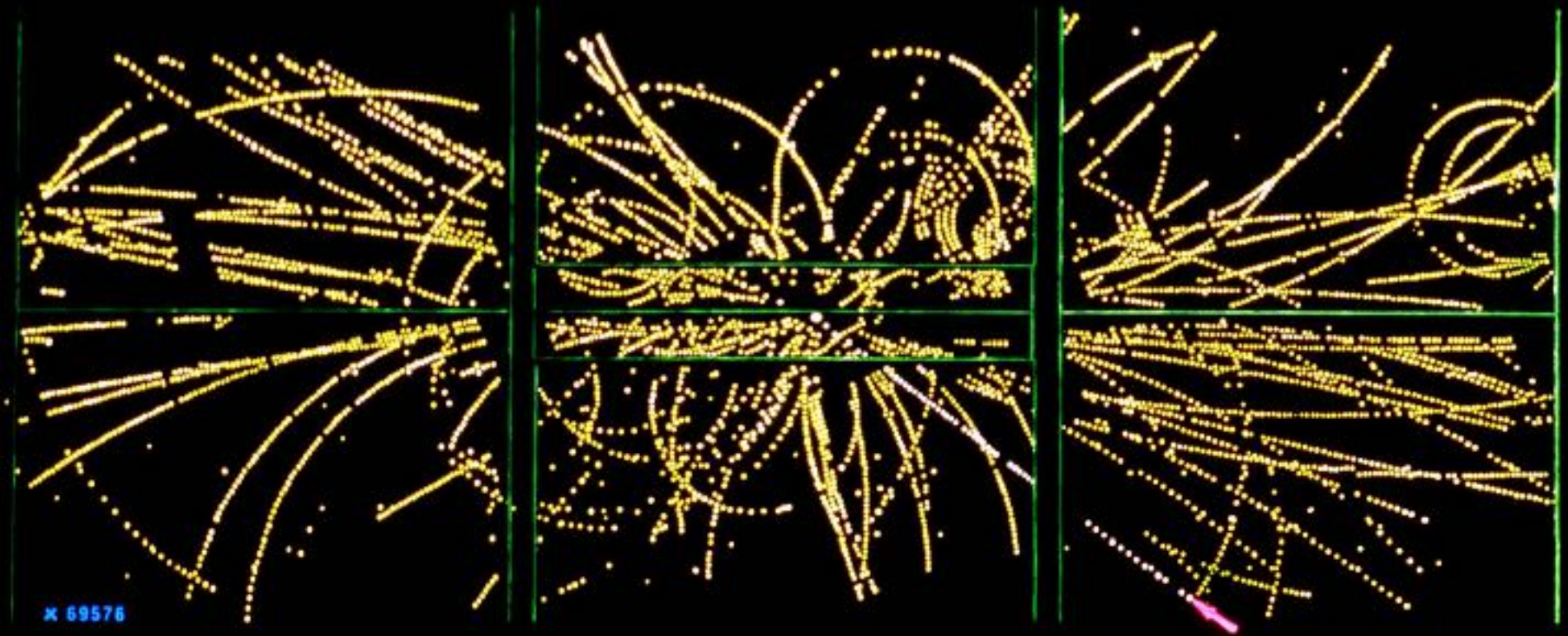


Underground Areas 1 and 2 (UA1 and UA2)

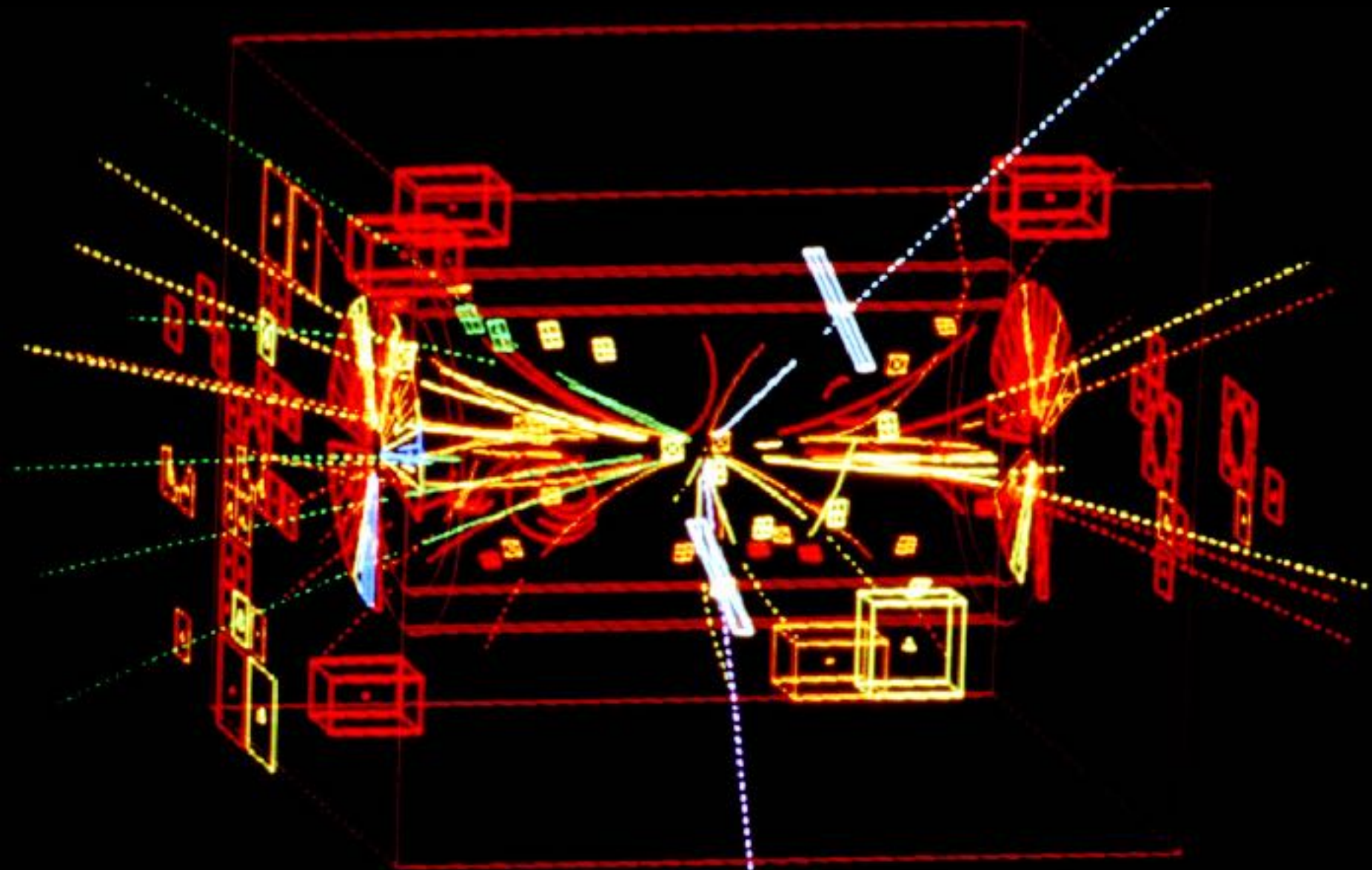


The discovery of the W particle in the UA1 detector from the October-December 1982 run of the proton-antiproton collider, producing a high transverse energy electron (arrowed). This particle is produced back-to-back with 'missing energy', indicative of the emission of an invisible neutrino.

EVENT 2958. 1278.



x 69576



This image taken by the UA1 experiment on 30 April 1983 was the first detection of a Z^0 particle. The Z^0 decays very quickly so cannot be seen, but the electron-proton pair produced in the decay can be seen in blue.

European Organization for Nuclear Research (CERN)

Τοποθεσία: Σύνορα Γαλλίας-Ελβετίας
Χρονολογία: 1954 – σήμερα
Συγκρούσεις: πρωτονίων
Περιφέρεια: 27 Km



CMS



Tunnel View

LHC - 4.25 Km



SPS



ALICE



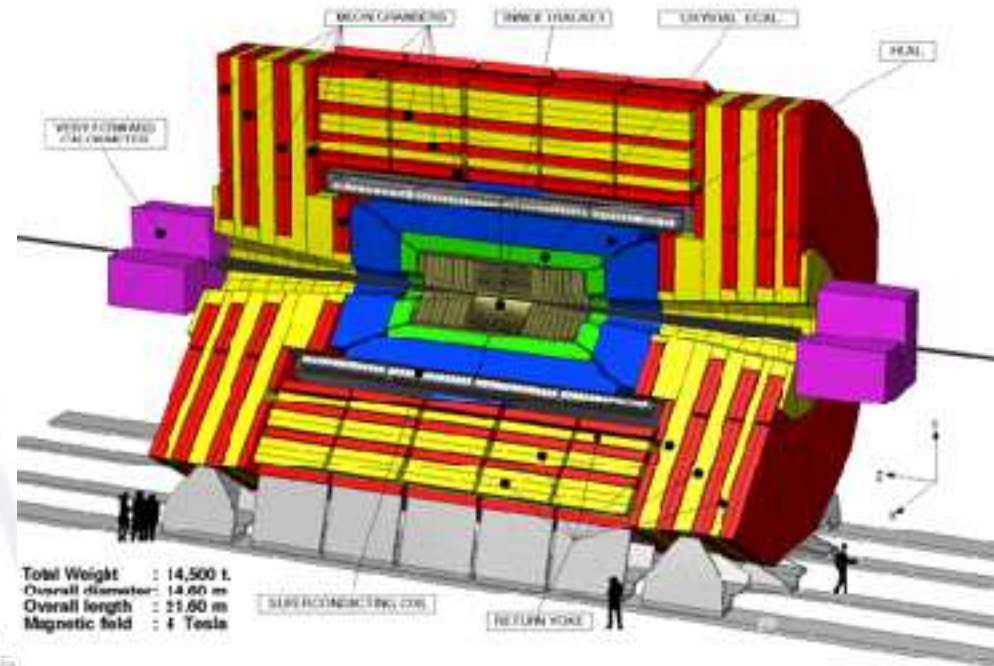
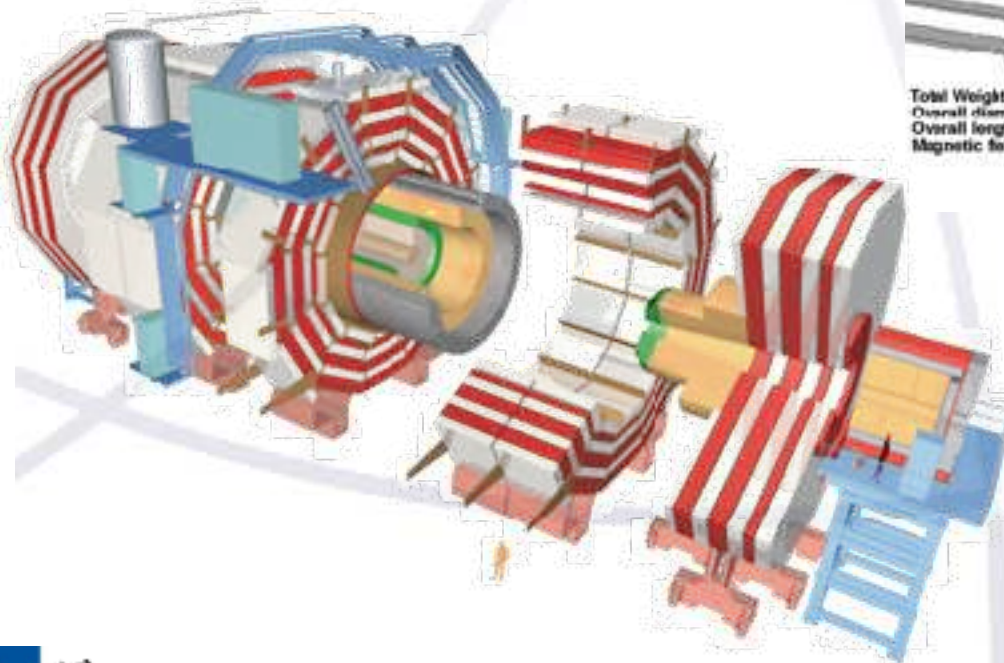
ATLAS



LHCb

Compact Muon Solenoid (CMS)

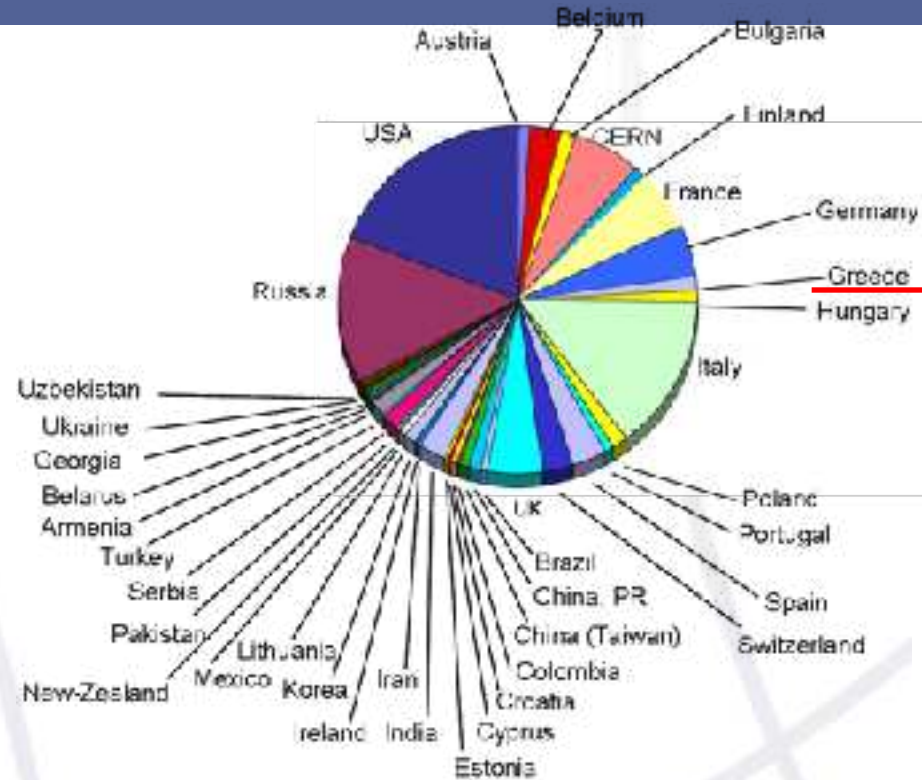
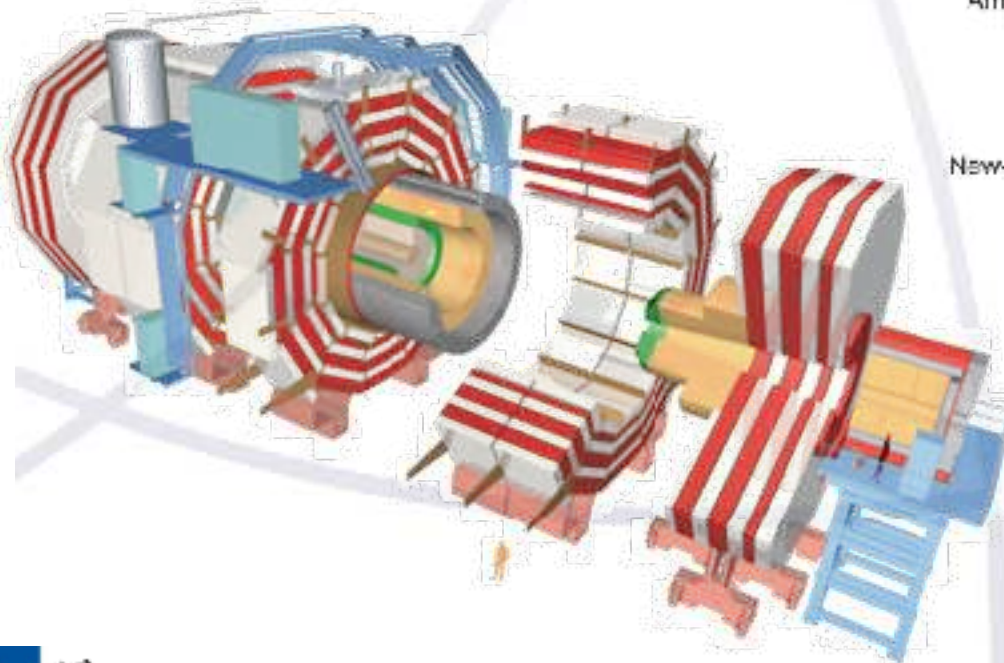
- Ανιχνευτής Γενικής Χρήσης
- Μαγν. Πεδίο: 4 Tesla
- Μήκος: 21 μέτρα
- Διάμετρος: 15 μέτρα
- Ύψος: 15 μέτρα
- Βάρος: 14,500 τόνοι



- Τοποθεσία: Cessy, France
- Κατασκευή: 1998-2008
- Εργαζόμενοι: 4065
- Ινστιτούτα: 179
- Χώρες: 41
- Κόστος: 500 εκατομύρια CHF

Compact Muon Solenoid (CMS)

- Ανιχνευτής Γενικής Χρήσης
- Μαγν. Πεδίο: 4 Tesla
- Μήκος: 21 μέτρα
- Διάμετρος: 15 μέτρα
- Ύψος: 15 μέτρα
- Βάρος: 14,500 τόνοι

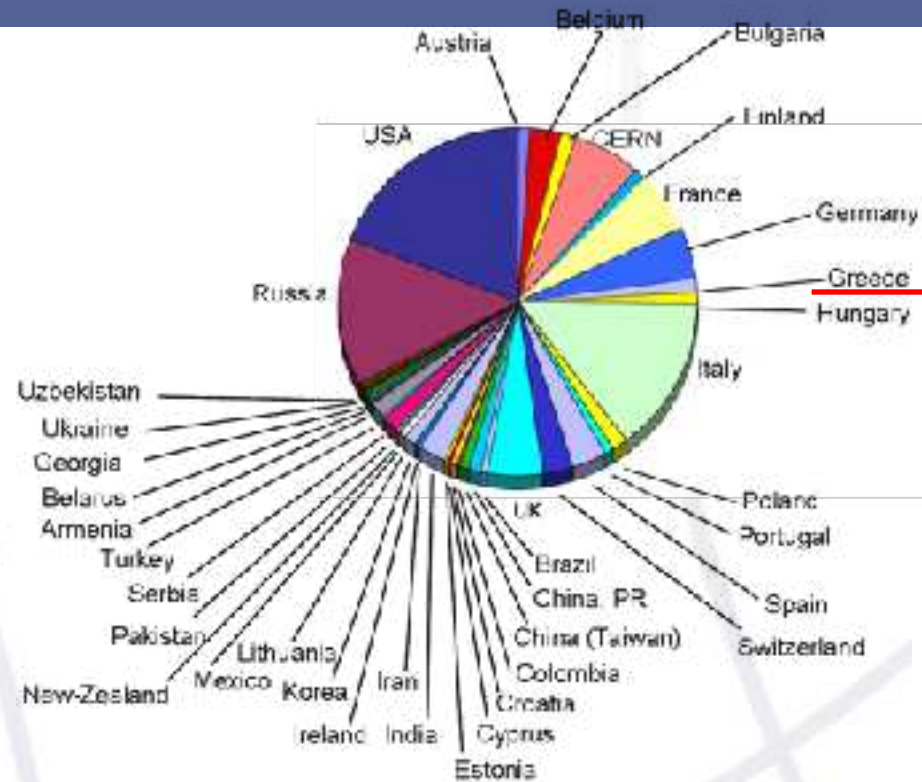
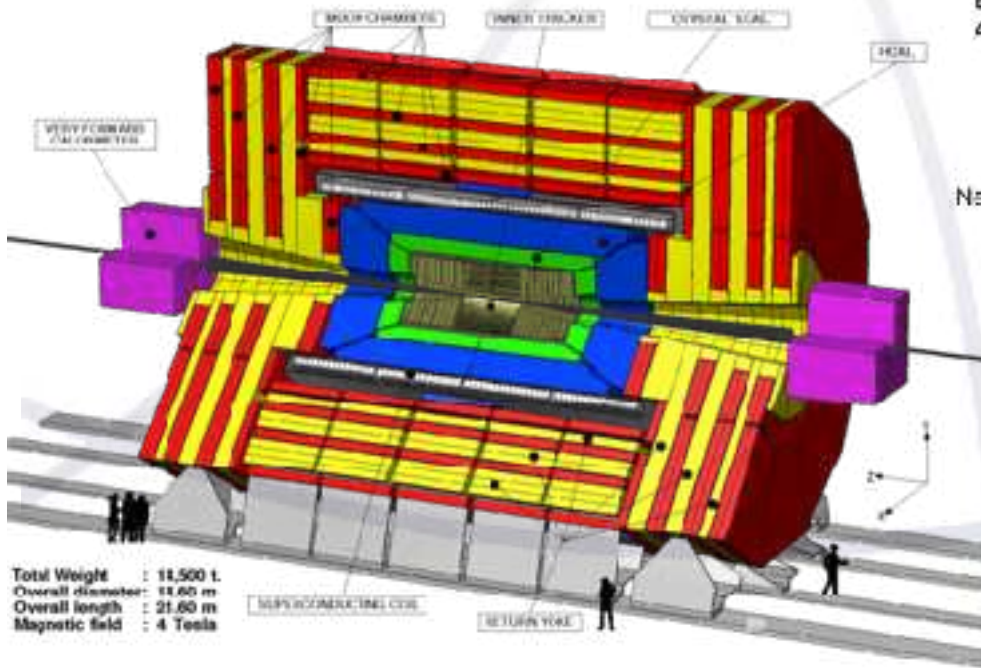


- Τοποθεσία: Cessy, France
- Κατασκευή: 1998-2008
- Εργαζόμενοι: 4065
- Ινστιτούτα: 179
- Χώρες: 41
- Κόστος: 500 εκατομύρια CHF



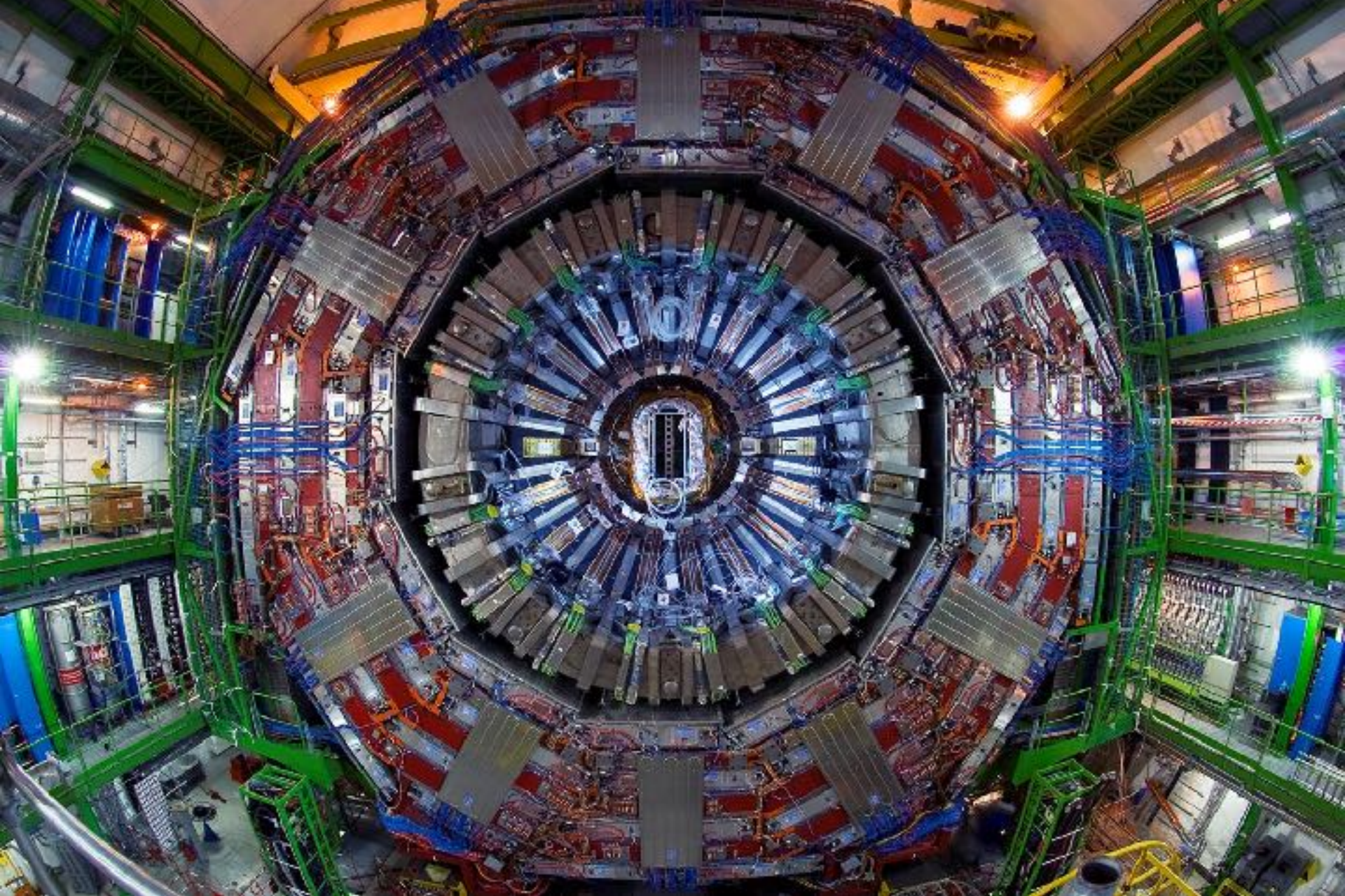
Compact Muon Solenoid (CMS)

- Ανιχνευτής Γενικής Χρήσης
- Μαγν. Πεδίο: 4 Tesla
- Μήκος: 21 μέτρα
- Διάμετρος: 15 μέτρα
- Υψος: 15 μέτρα
- Βάρος: 14,500 τόνοι

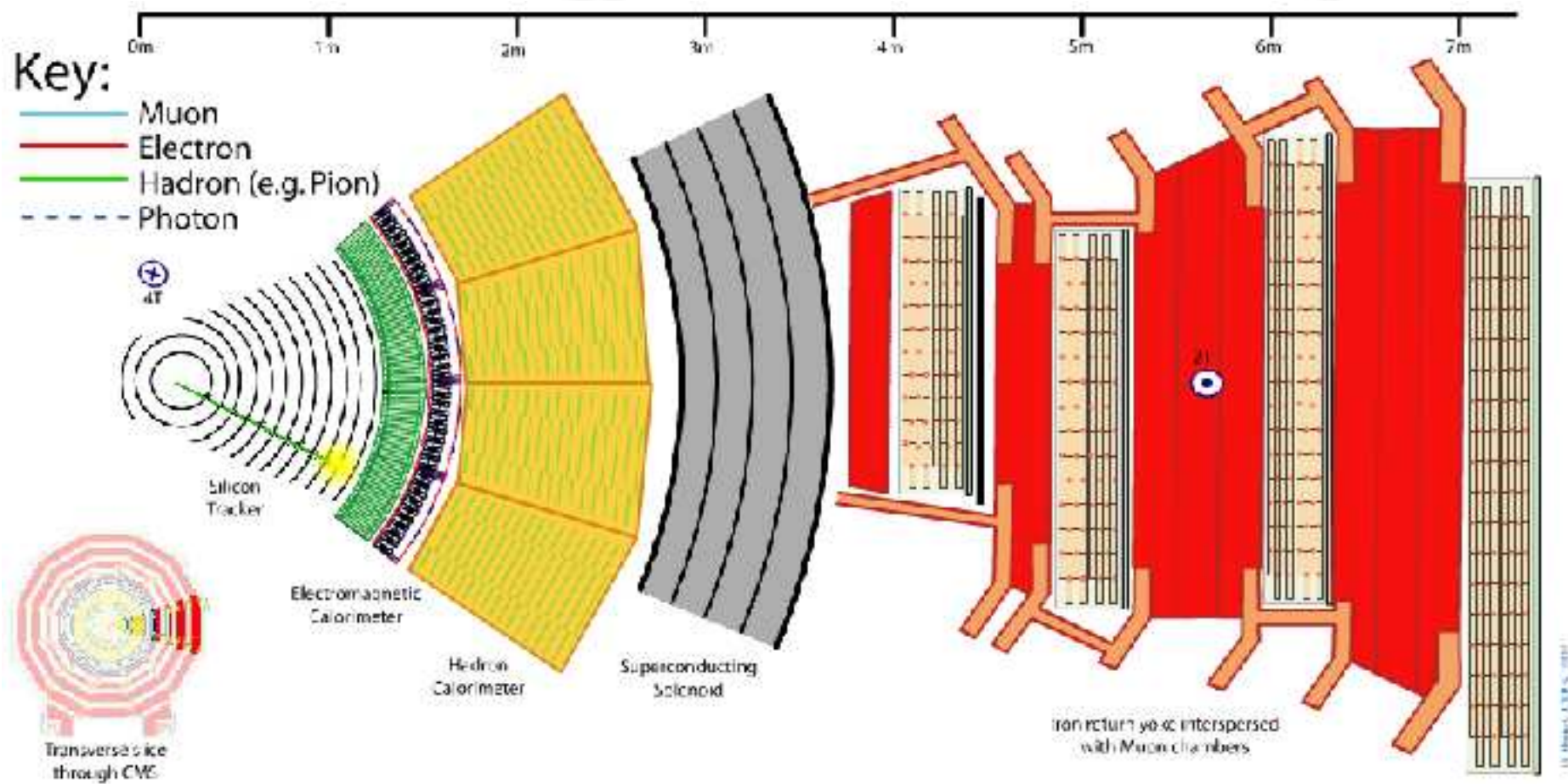


- Τοποθεσία: Cessy, France
- Κατασκευή: 1998-2008
- Εργαζόμενοι: 4065
- Ινστιτούτα: 179
- Χώρες: 41
- Κόστος: 500 εκατομύρια CHF

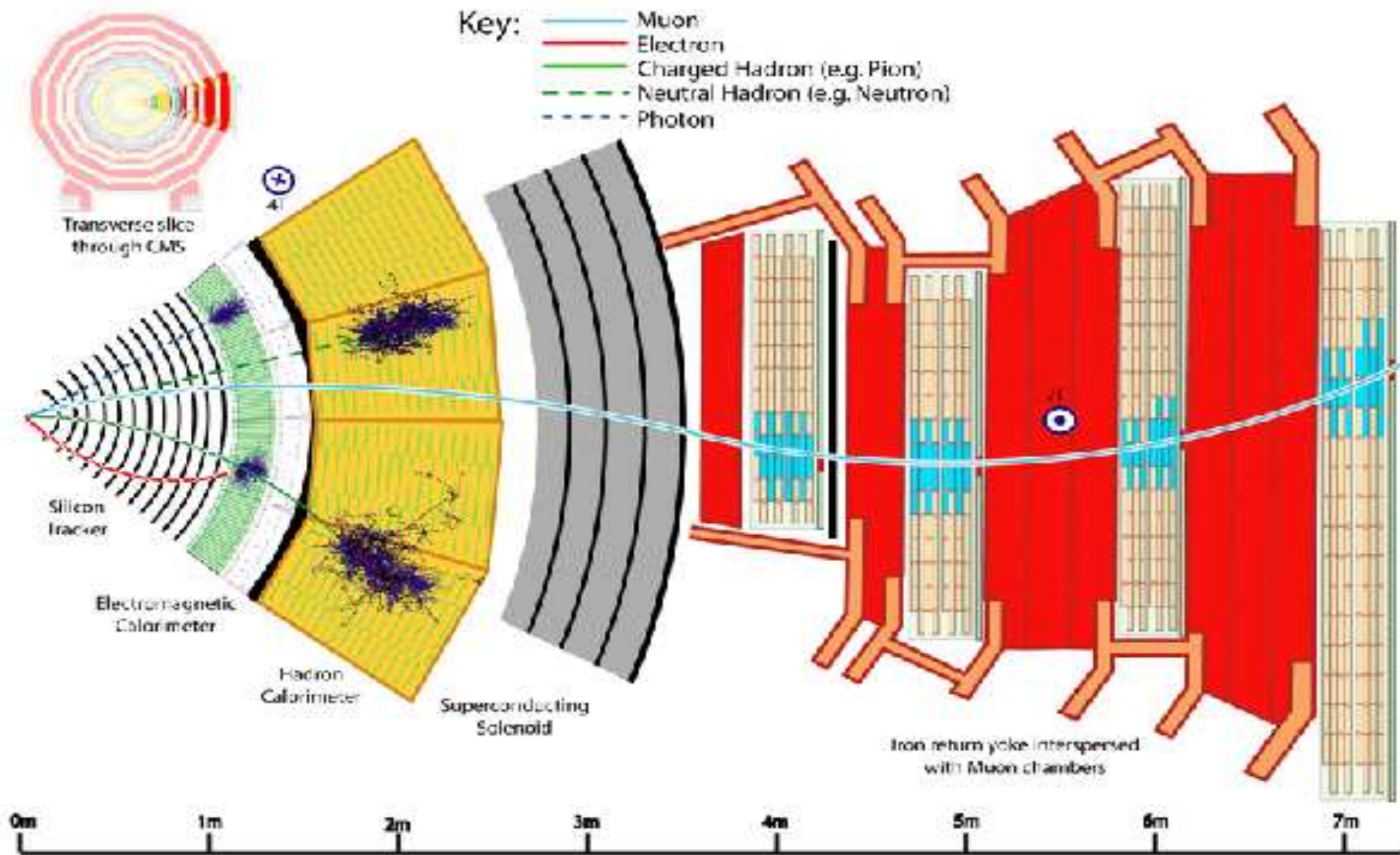




Compact Muon Solenoid (CMS)



Compact Muon Solenoid (CMS)



The ATLAS Detector: Huge Camera

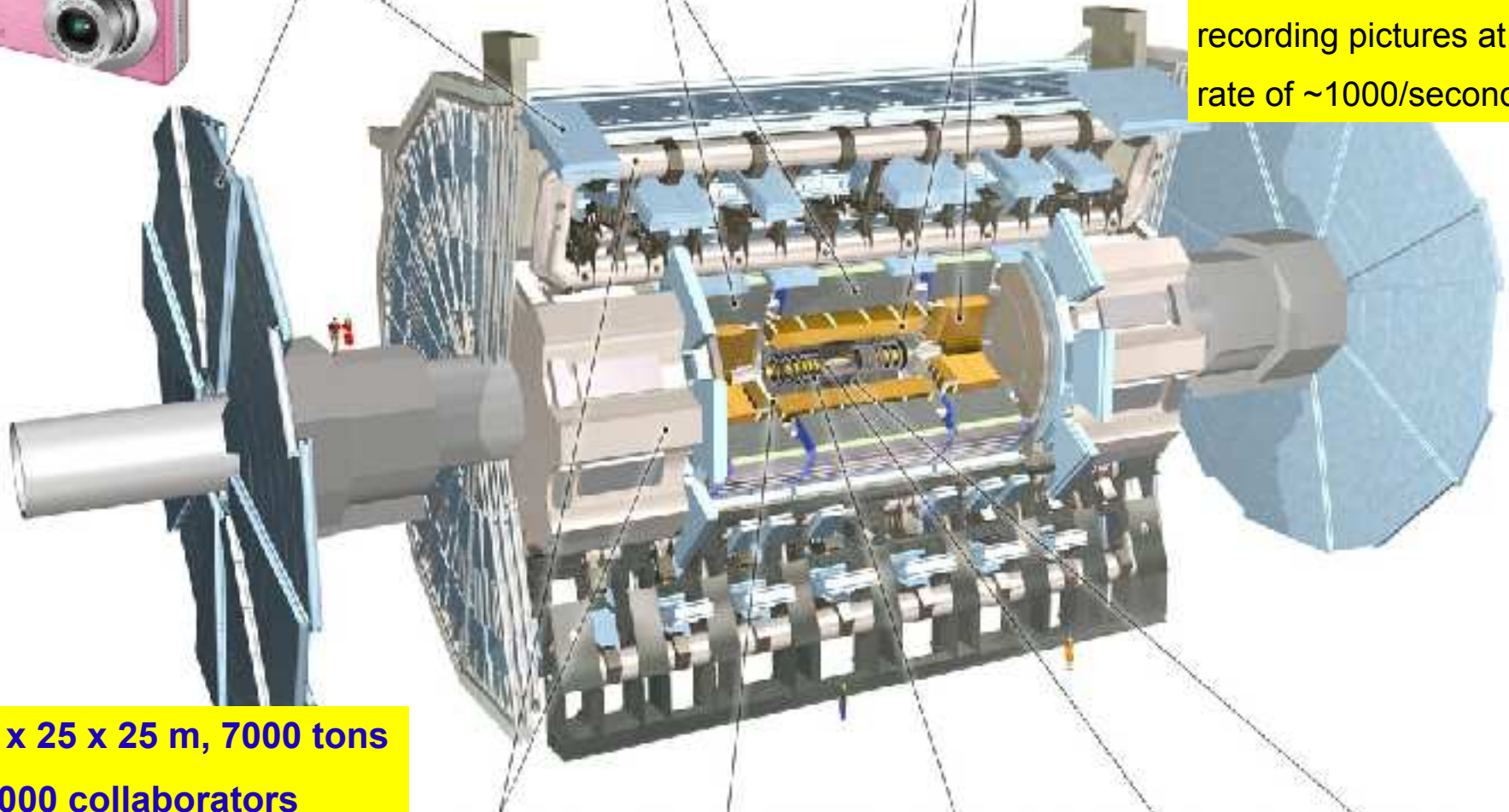


Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter

Taking pictures at a rate of 40 Million/s and recording pictures at a rate of ~1000/second



Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

Pixel Detector

TRT Tracker

46 x 25 x 25 m, 7000 tons
~3000 collaborators

The ATLAS Detector: Huge Camera

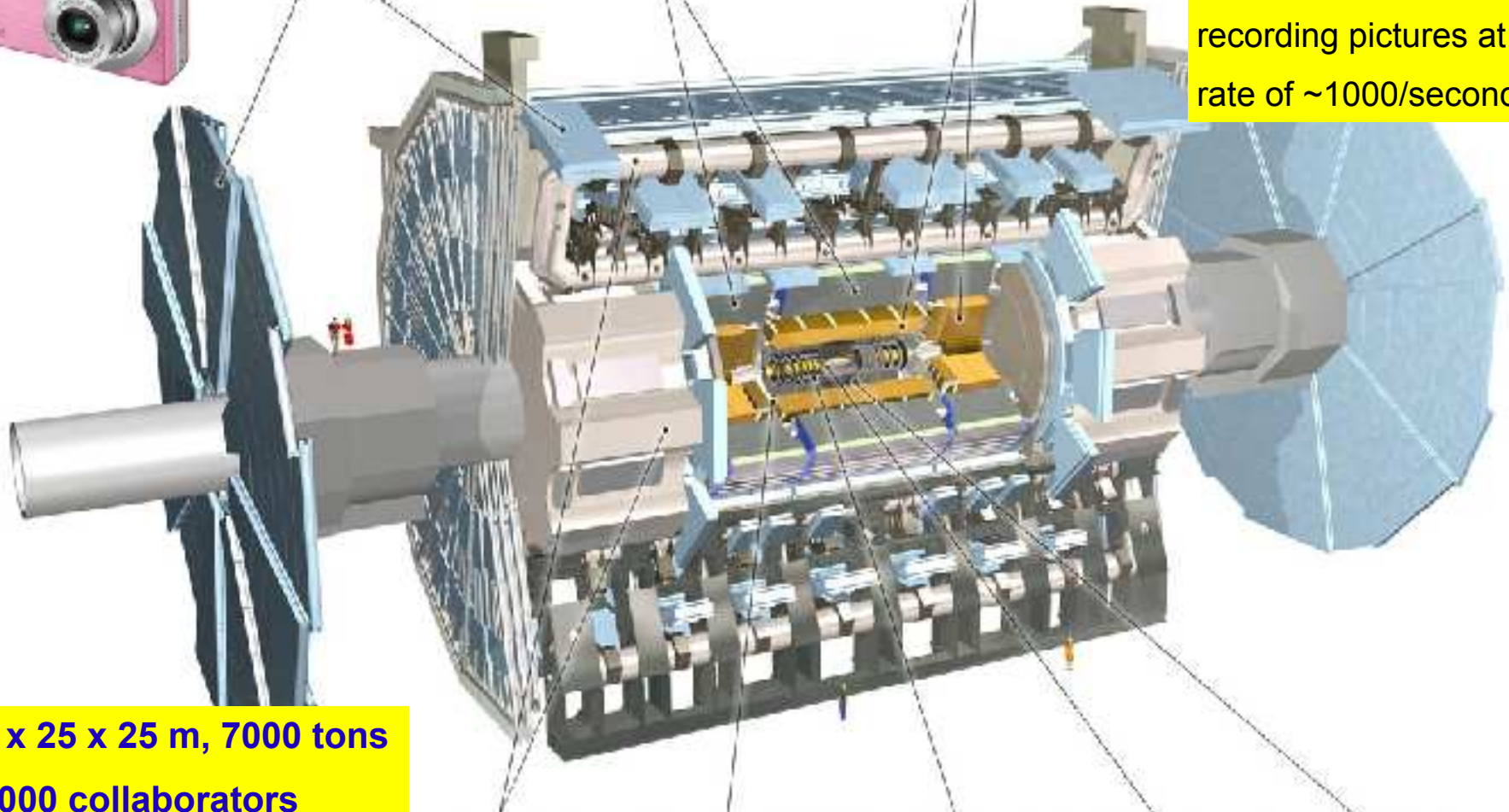


Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter

Taking pictures at a rate of 40 Million/s and recording pictures at a rate of ~1000/second



46 x 25 x 25 m, 7000 tons
~3000 collaborators

Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

Pixel Detector

TRT Tracker