

ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΕ

Ανιχνευτές και Μεθοδολογία

Θεόδωρος Η. Αλεξόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ
Ευάγγελος Ν. Γαζής, Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη

- Εισαγωγή και Αντικείμενο Μελέτης
- Ιδιότητες των Στοιχειωδών Σωματιδίων
 - Ποιές ποσότητες μετράμε?
 - Πώς τις μετράμε?
- Ανιχνευτές ΦΥΕ @ CERN
 - Κύρια Ανιχνευτικά Συστήματα
 - Υποδομή

Μελέτη Αλληλεπιδράσεων

□ Με σκέδαση

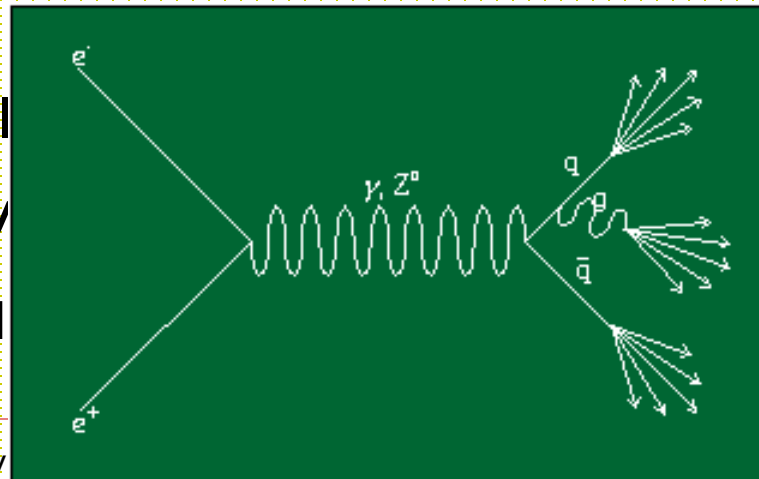
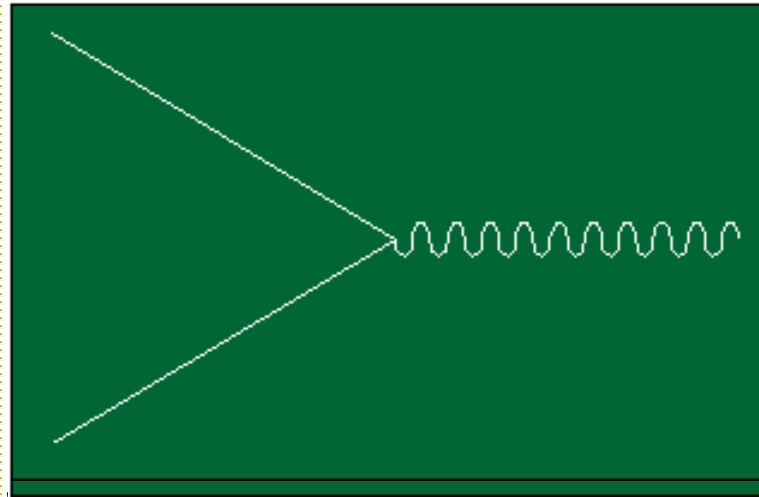
□ Με εξαϋλωση

□ και την παραγωγή νέων σωματιδίων

□ ΟΛΕΣ οι αλληλεπι

■ Πειραμάτων συγ

■ Πειραμάτων στα



μέσω

ή

Υπάρχουν Ιδανικοί Ανιχνευτές?

- Ένας ιδανικός ανιχνευτής, μπορεί να καταγράψει μια πλήρη αλληλεπίδραση, να μετρήσει όλες τις ιδιότητες όλων των παραγόμενων σωματιδίων, και να ανακατασκευάσει πλήρως το γεγονός της αλληλεπίδρασης.
- Αυτό δίδει την δυνατότητα να συγκρίνουμε τα πειραματικά αποτελέσματα απευθείας με θεωρητικές προβλέψεις χωρίς μεγάλες αβεβαιότητες.

Ιδιότητες Σωματιδίων

□ Τι ιδιότητες έχει ένα σωματίδιο?

■ ενέργεια

■ ορμή

■ φορτίο

~~■ μάζα~~

■ χρόνο ζωής

~~■ ιδιοπεριστροφή (spin)~~

■ Διασπάσεις

■ Εσωτερικοί κβαντικοί αριθμοί

□ Ποιά απ' όλα αυτά είναι μετρήσιμα?

$$\vec{p} = \left. \begin{pmatrix} E \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} \right\} \begin{pmatrix} E \\ \vec{p} \end{pmatrix}$$

Ιδιότητες Σωματιδίων

Αν μετρήσουμε
την ενέργεια και
την ορμή

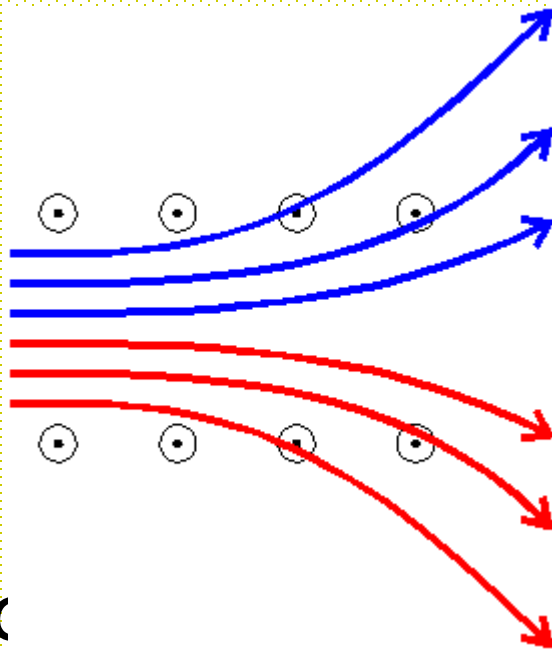
$$\vec{p} = \left. \begin{matrix} E \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{matrix} \right\} \begin{pmatrix} E \\ \vec{p} \end{pmatrix}$$

- Ποιές άλλες ιδιότητες μπορούμε να βρούμε?

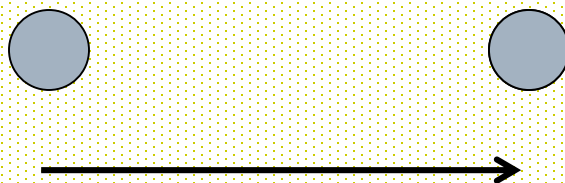
$$E^2 = m^2 \cdot c^4 + \vec{p}^2 c^2 \Rightarrow m = \frac{\sqrt{E^2 - \vec{p}^2 c^2}}{c^2}$$

Ιδιότητες Σωματιδίων

□ φορτίο

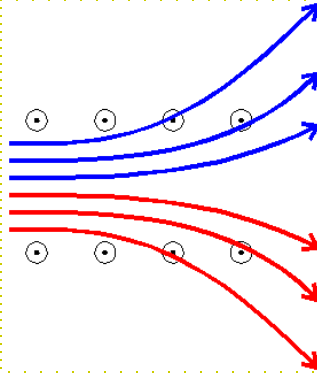


□ Χρόνος ζωής,



Μέτρηση των Ιδιοτήτων των Σωματιδίων

□ ορμή



$$F = q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow q \cdot B \cdot R = m \cdot v = |\vec{p}|$$

□ ταχύτητα

- χρόνος πτήσης
- RICH (Ring Cherenkov Imaging)

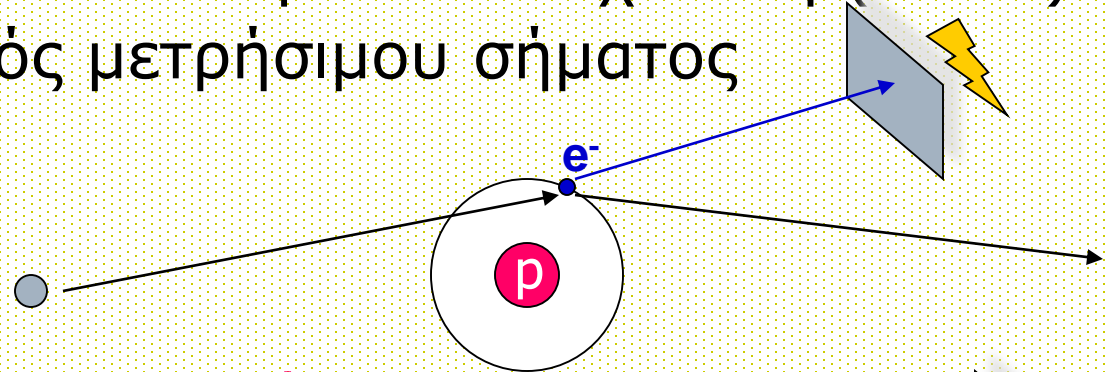
□ ενέργεια

- θερμιδόμετρο

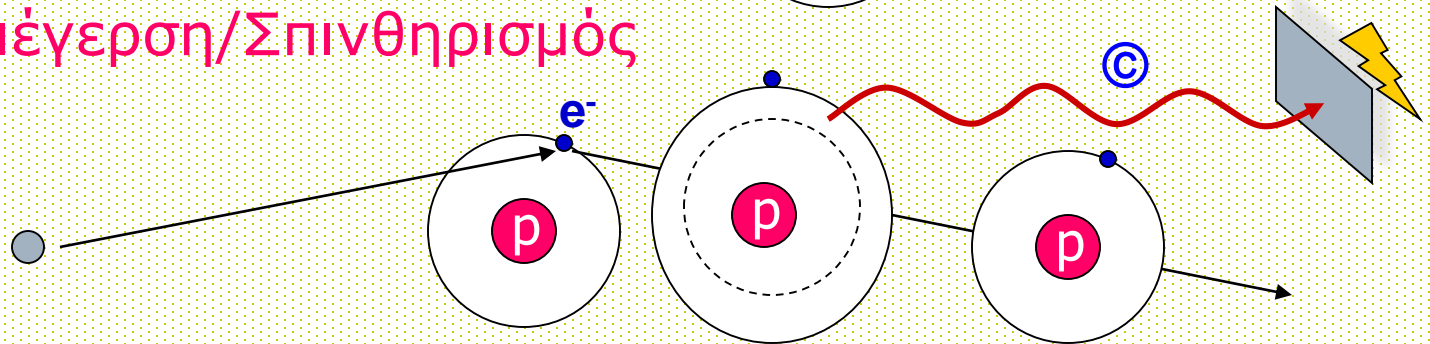
Βασικές Αρχές των Μετρήσεων

- Η μέτρηση γίνεται μέσω της αλληλεπίδρασης (ξανά...) του σωματιδίου με τον ανιχνευτή (υλικό)
 - παραγωγή ενός μετρήσιμου σήματος

- **Ιοντισμός**



- **Διέγερση/Σπινθηρισμός**



- **Αλλαγή της πορείας του σωματιδίου**

- καμπύλωση μέσα σε μαγνητικό πεδίο, απώλεια ενέργειας
- σκέδαση, αλλαγή διεύθυνσης, απορρόφηση

Ποιά Σωματίδια μπορούν να ανιχνευθούν?

- Φορτισμένα Σωματίδια

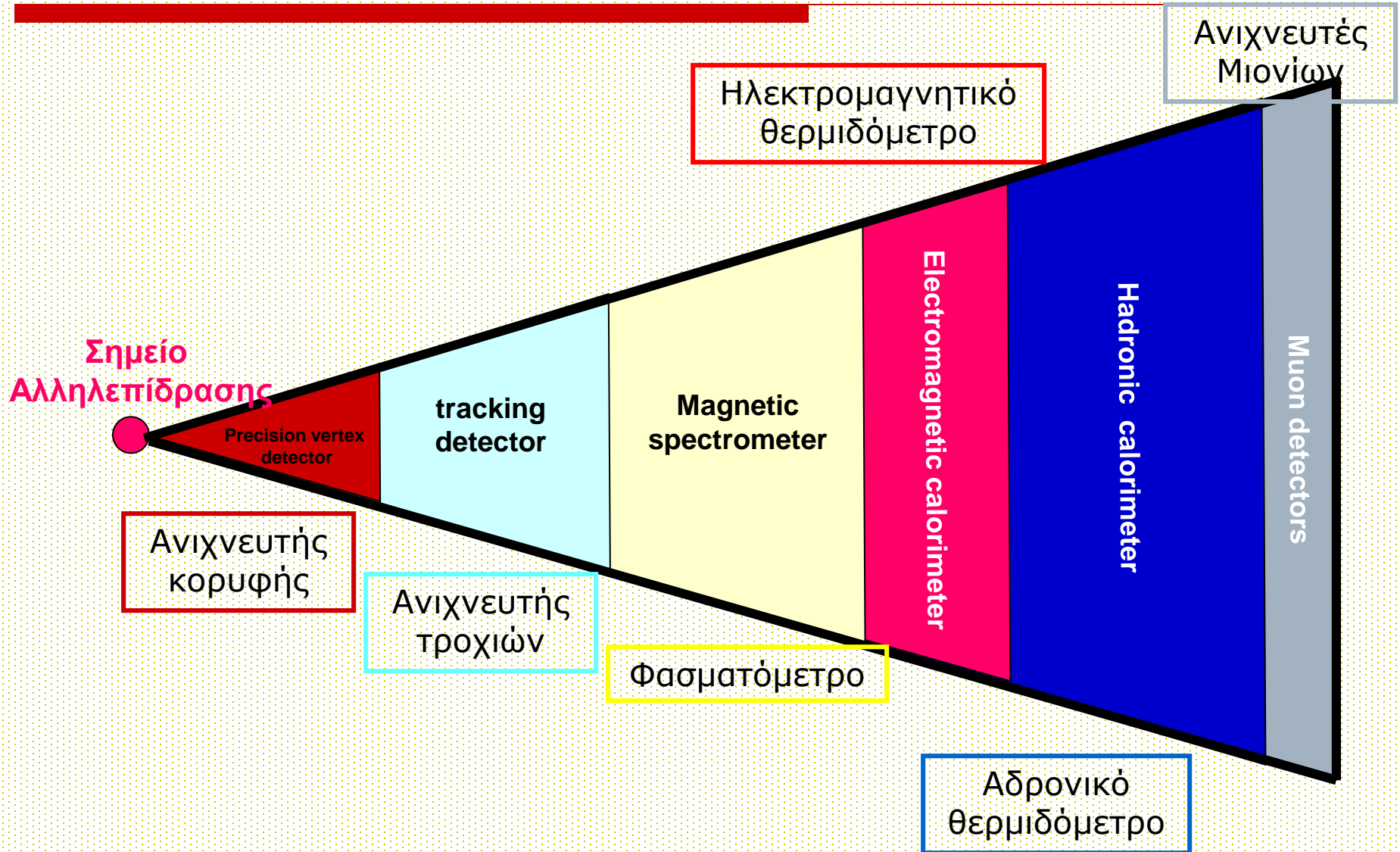
$$e^+, e^-, p, \pi^\pm, \mu^\pm$$

- Ουδέτερα Σωματίδια

$$\gamma, n, \pi^0, \nu$$

- Διαφορετικά σωματίδια αλληλεπιδρούν πολύ διαφορετικά με το υλικό του ανιχνευτή.

Η σύνθεση ενός τυπικού ανιχνευτή

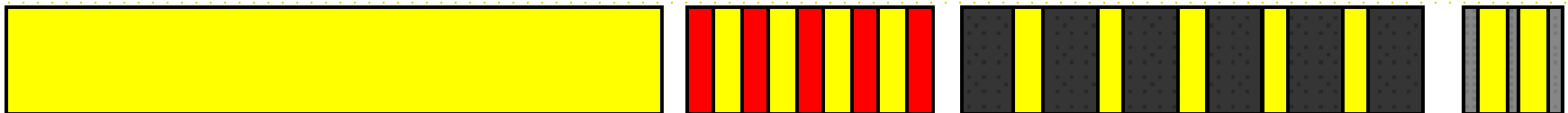


Διαμερίσεις των Υπο-ανιχνευτών

Υποσύστημα Τροχιών


Ηλεκτρομαγνητικό
Θερμιδόμετρο


Αδρονικό Θερμιδόμετρο
Σύστημα
Μιονίων




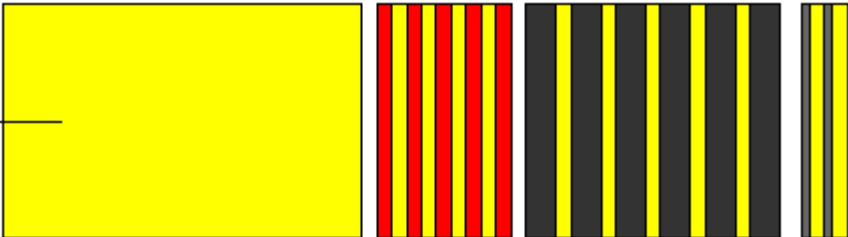
Διάβαση των Σωματιδίων

Ηλεκτρόνια — 

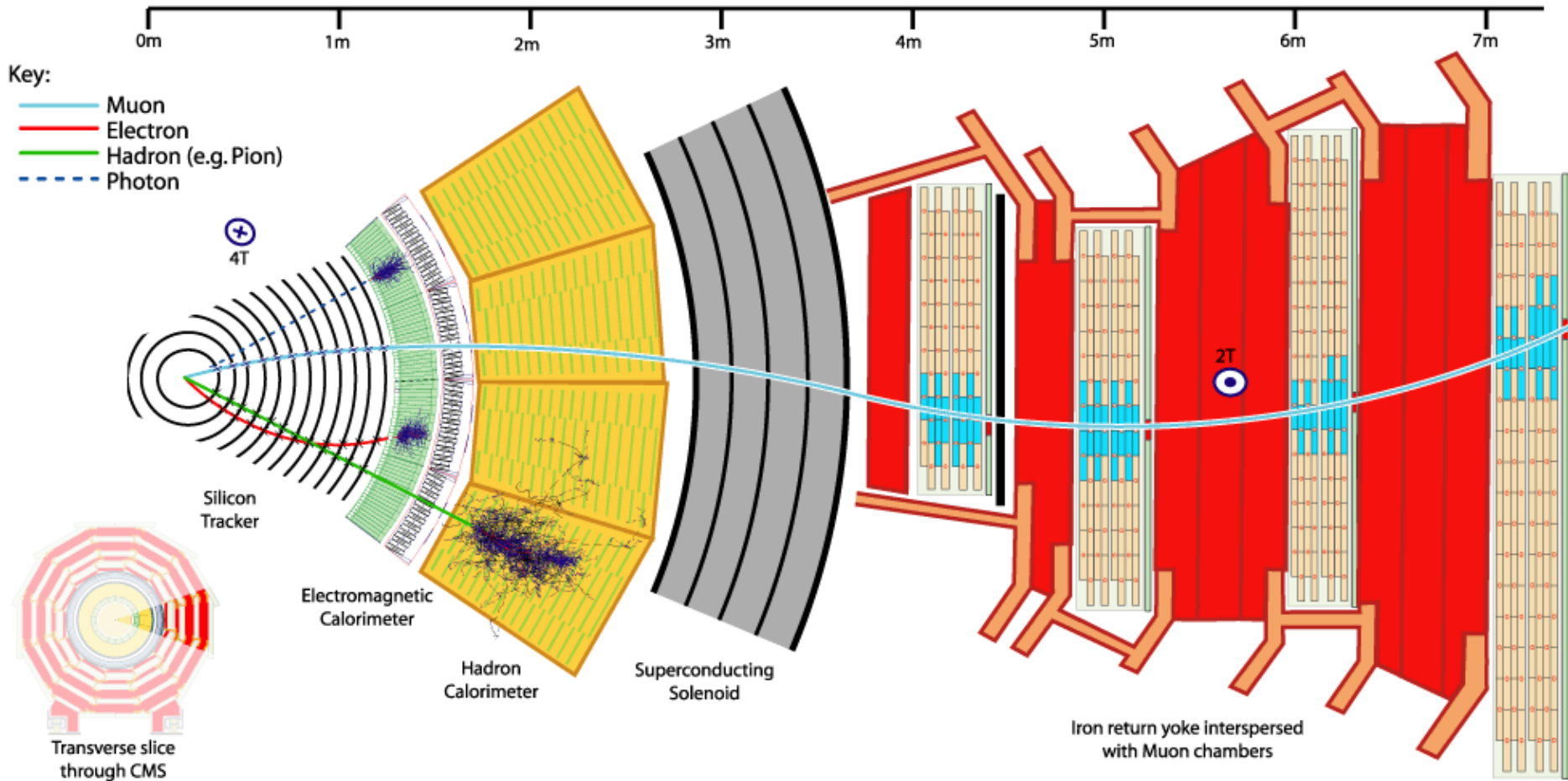
Φωτόνια — 

Αδρόνια — 

Μιόνια — 

Μεσόνια — 

Παράδειγμα: Ανιχνευτής CMS



e^+ / e^-

■ Ionisation
ΙΟΝΤΙΣΜΟΣ



■ Bremsstrahlung
Φαινόμενο πέδησης



γ

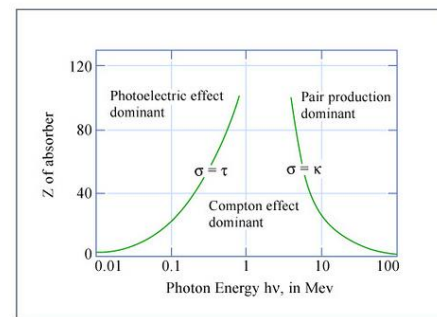
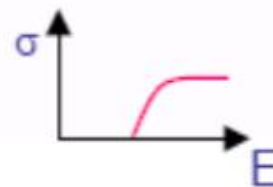
■ Photoelectric effect



■ Compton effect

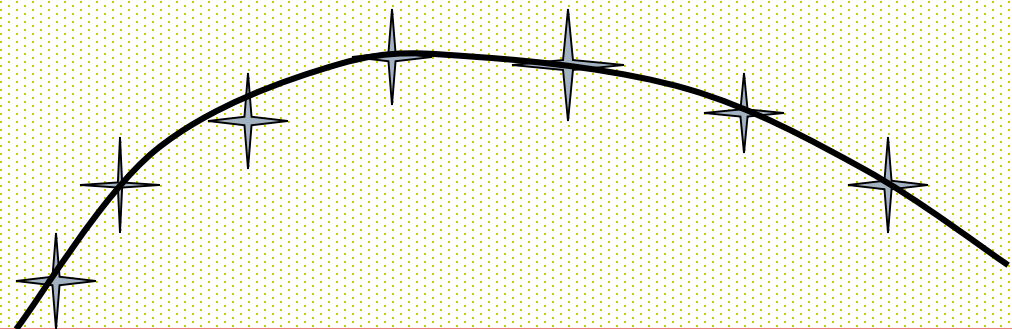
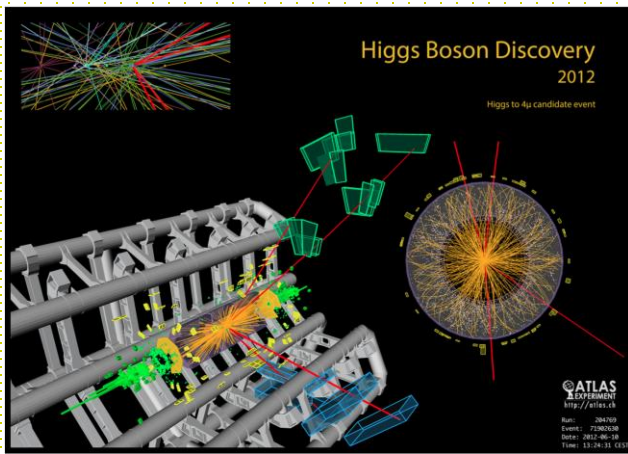
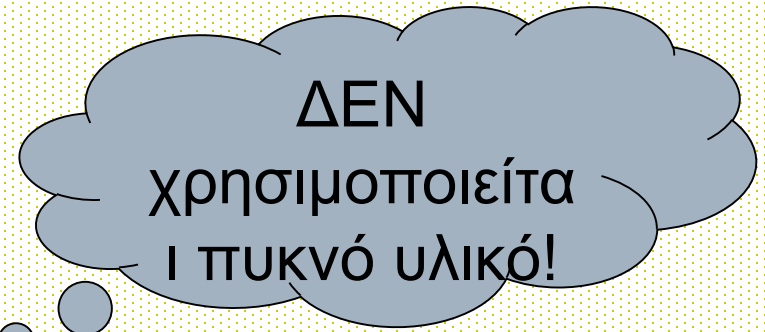


■ Pair production



Ανιχνευτές Τροχιών

- μέτρηση των τροχιών των παραγόμενων σωματιδίων
- προσδιορίζουν
 - φορτίο και
 - ορμήσε συνδυασμό με το μαγνητικό πεδίο
- Οι τροχιές ανακατασκευάζονται από τα μετρηθέντα σημεία του χώρου:



Πώς λειτουργούν οι ανιχνευτές τροχιών?

□ Δύο βασικές αρχές

■ Ανιχνευτές Ιοντισμού

□ Geiger-Müller counter

□ MWPC

□ TPC

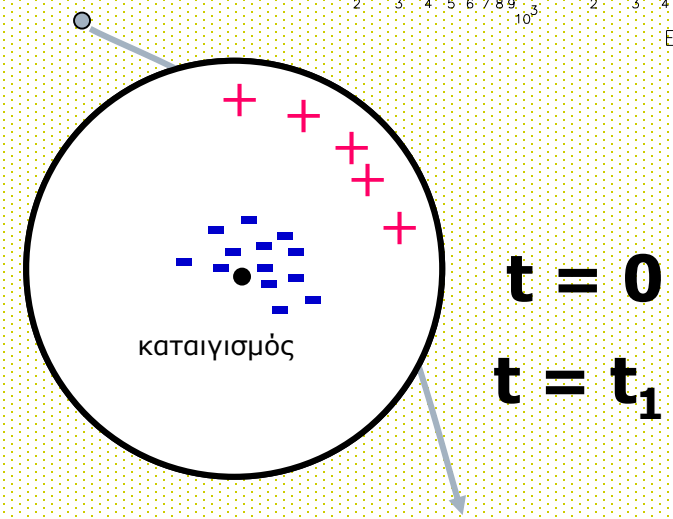
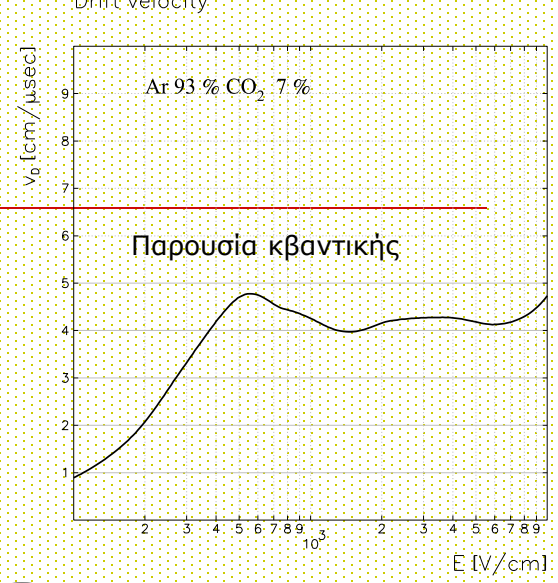
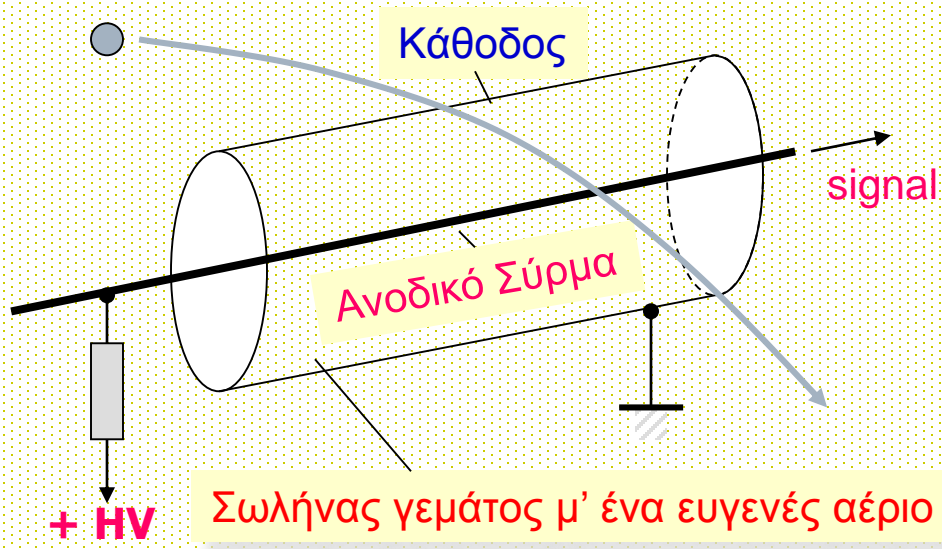
□ silicon detectors

Πολυ-Σύρματος Αναλογικός Θάλαμος
Multi-Wire Proportional Chamber

Θάλαμος Προβολικού Χρόνου
Time Projection Chamber

■ Ανιχνευτές Σπινθηρισμού

Μετρητές Ιοντισμού



Δημιουργία σήματος κατά την κίνηση των e και ιόντων

ATLAS Detector

Muon spectrometer
m Tracking
Toroid Magnet

Precision Tracking:

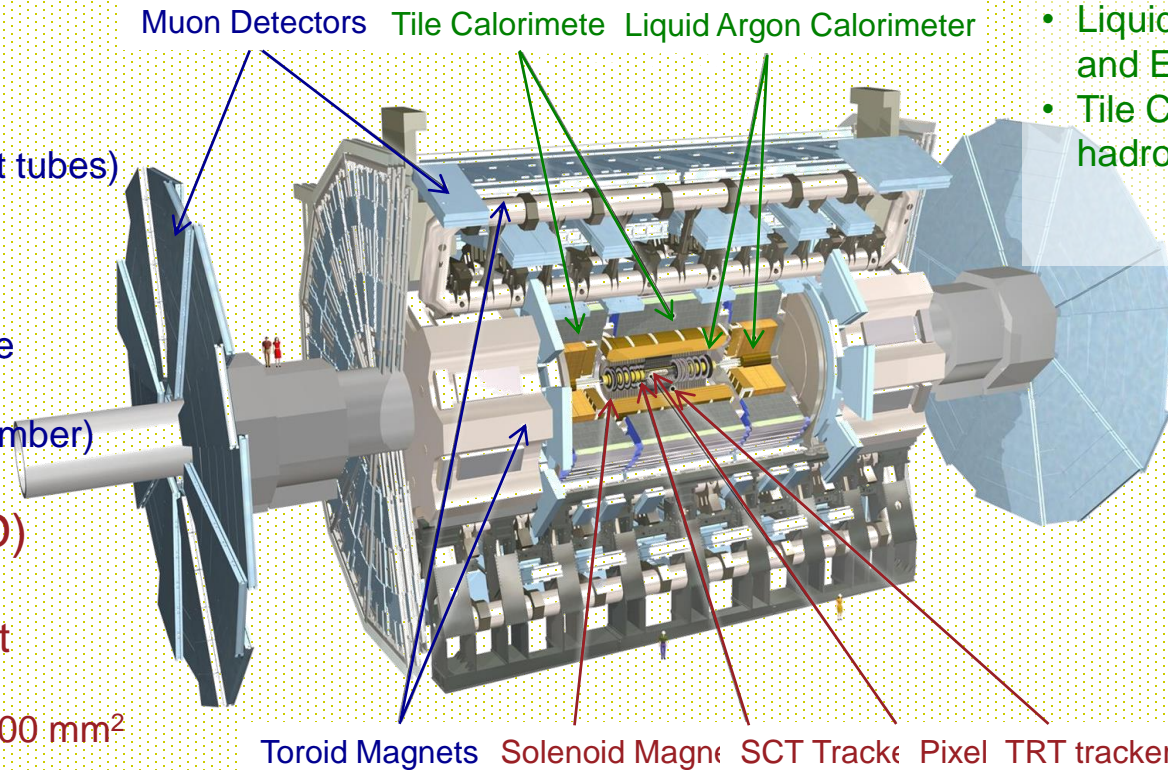
- MDT (Monitored drift tubes)
- CSC (Cathode Strip Chambers)

Trigger:

- RPC (Resistive Plate Chamber)
- TGC (Thin Gas Chamber)

Inner Detector (ID)
Tracking
2T Solenoid Magnet

- Silicon Pixels 50 x 400 mm²
- Silicon Strips (SCT)
- Transition Radiation Tracker (TRT)
up to 36 points/track



Calorimeter system
EM and Hadronic energy

- Liquid Ar (LAr) EM barrel and End-Cap
- Tile Calo (Fe-scintillator) hadronic barrel

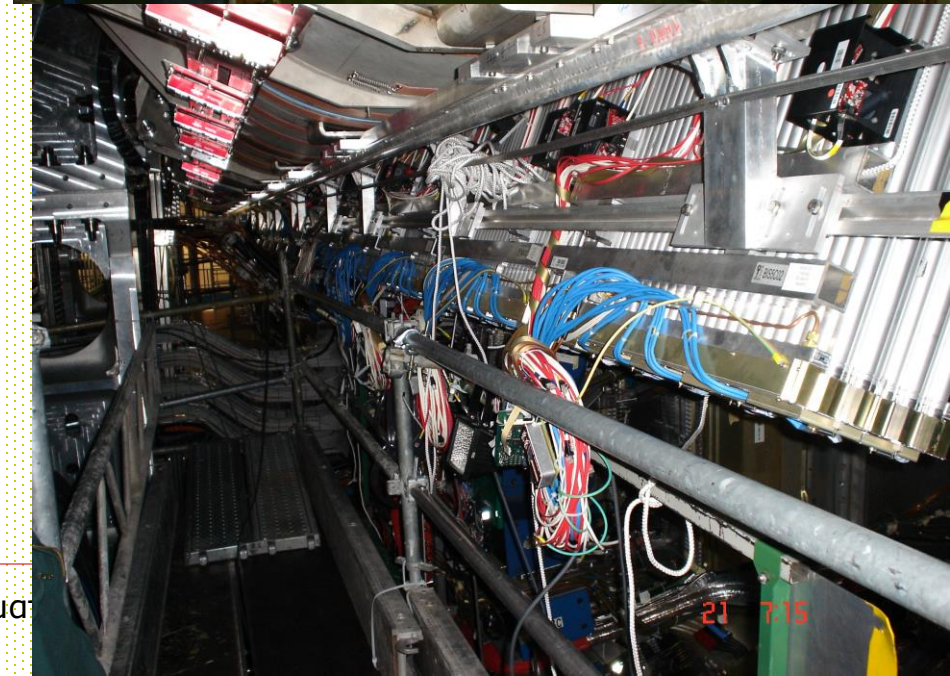
3 Level Trigger system

- L1 – hardware – 100 kHz 2.5 ms latency
- L2 – software – 3-4 kHz 10 ms latency
- L3 – software – 100 Hz 1-2 s latency

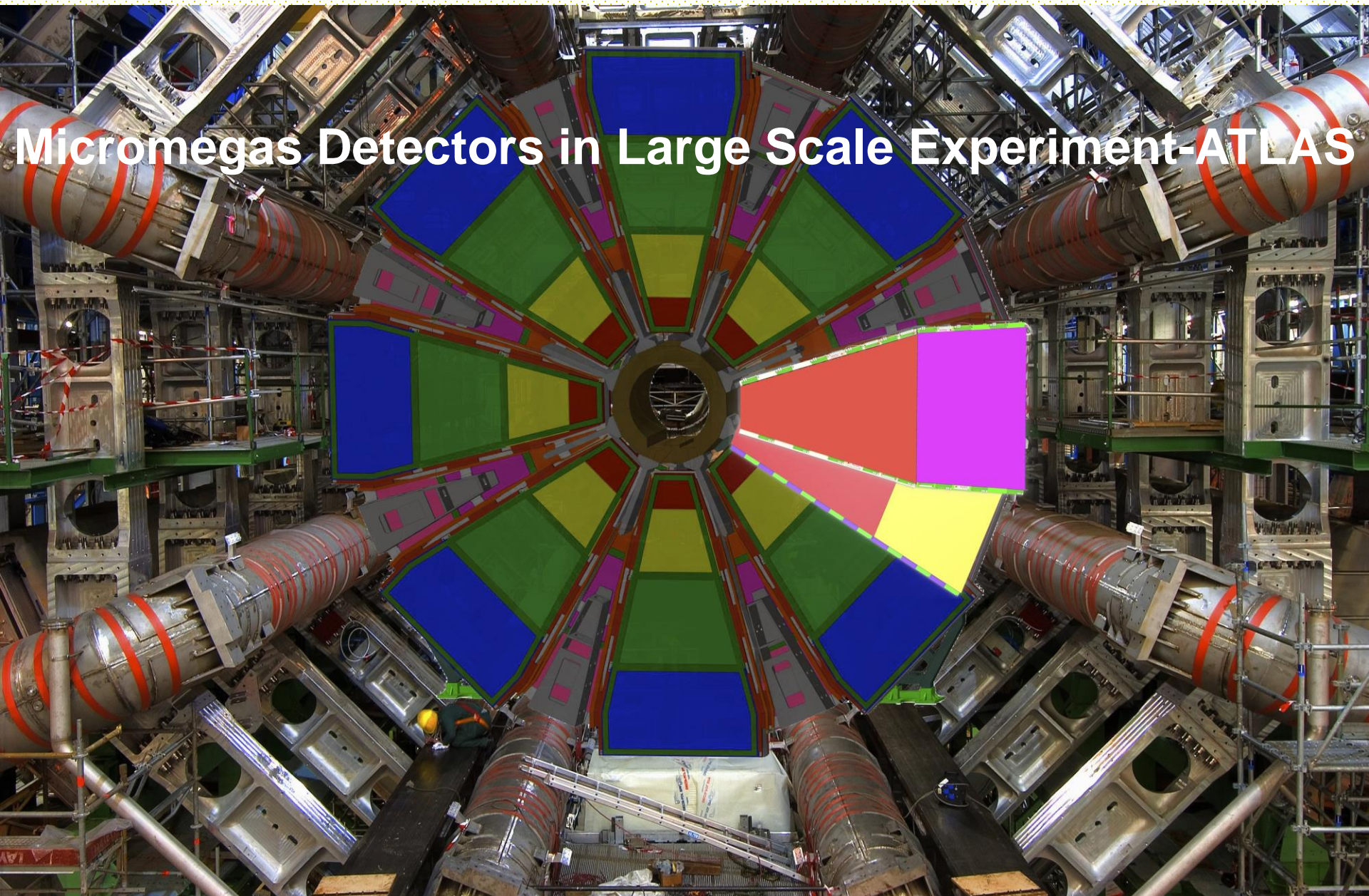
ATLAS



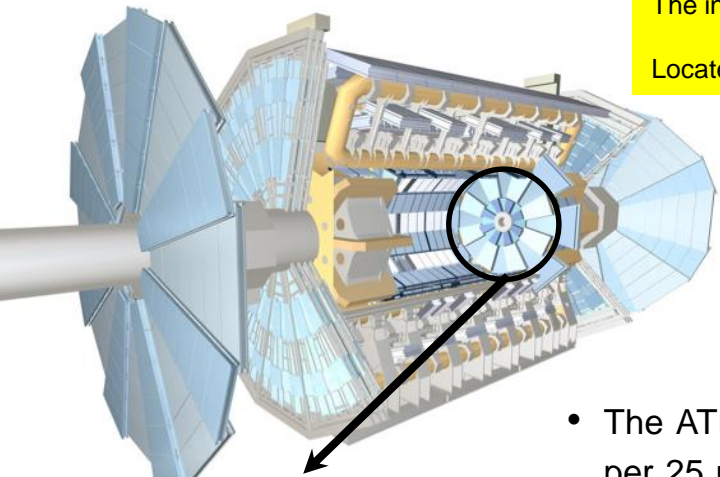
Μετρητές Ιοντισμού του Πειράματος ATLAS



Micromegas Detectors in Large Scale Experiment-ATLAS

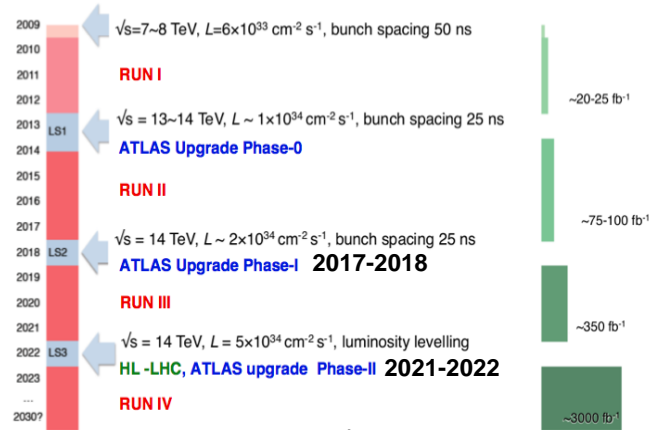


Motivation ATLAS Small Wheel Upgrade 2017-18 (Phase I)

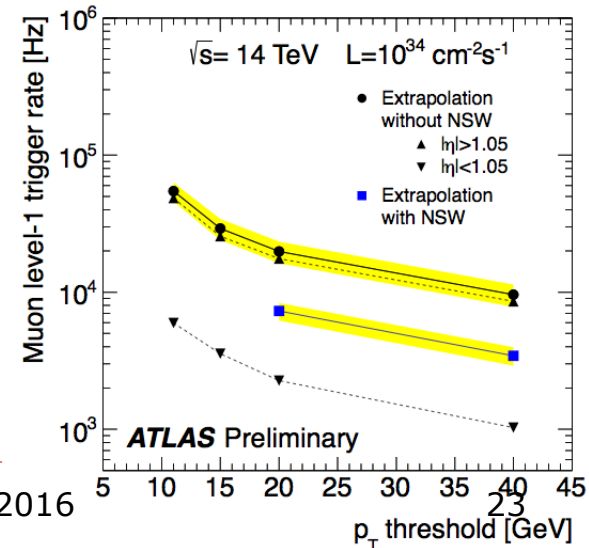
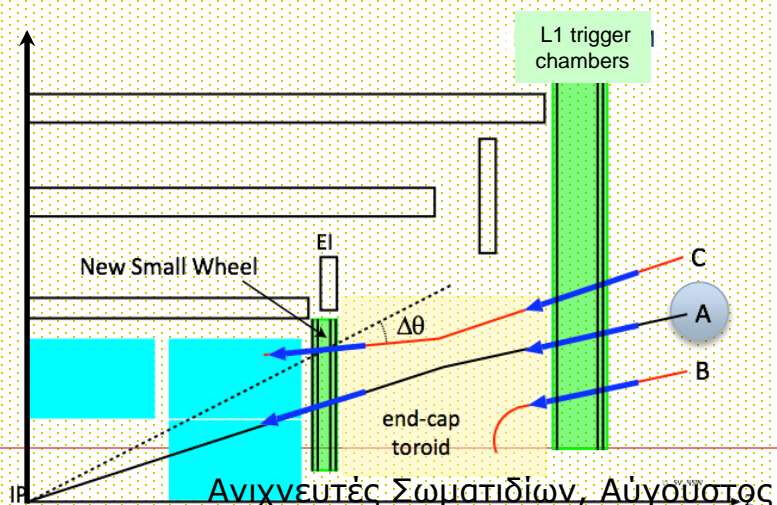
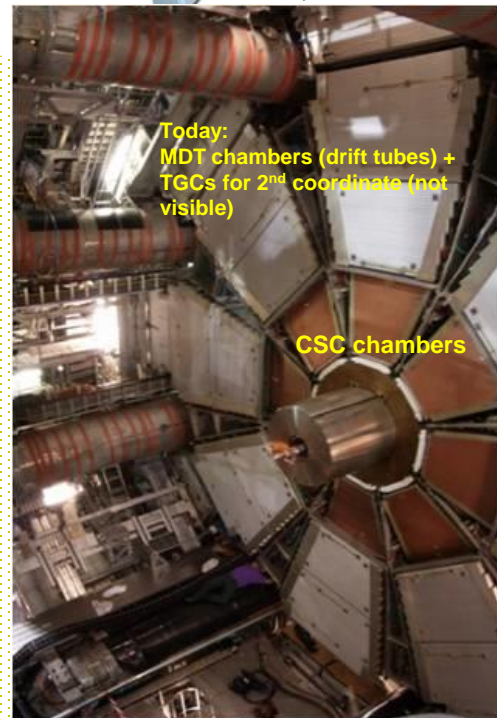


The innermost station of the muon endcap
 Located between endcap calo and toroid

Pseudorapidity coverage:
 $1.3 < |\eta| < 2.7$



- The ATLAS upgrade is motivated primarily by the pile-up rate ($\langle n \rangle = 55$ interactions per 25 ns bunch crossing) that are expected at $L = 2 \times 10^{34}$ cm⁻²s⁻¹. This will lead to an increased particle flux (rate) which the present detectors (MDT + CSC) cannot handle efficiently. Also, added trigger capability.
- Replacing the Small Wheels with a detector that can provide precise tracking and trigger segments will eliminate fake triggers without loss on physics acceptance.

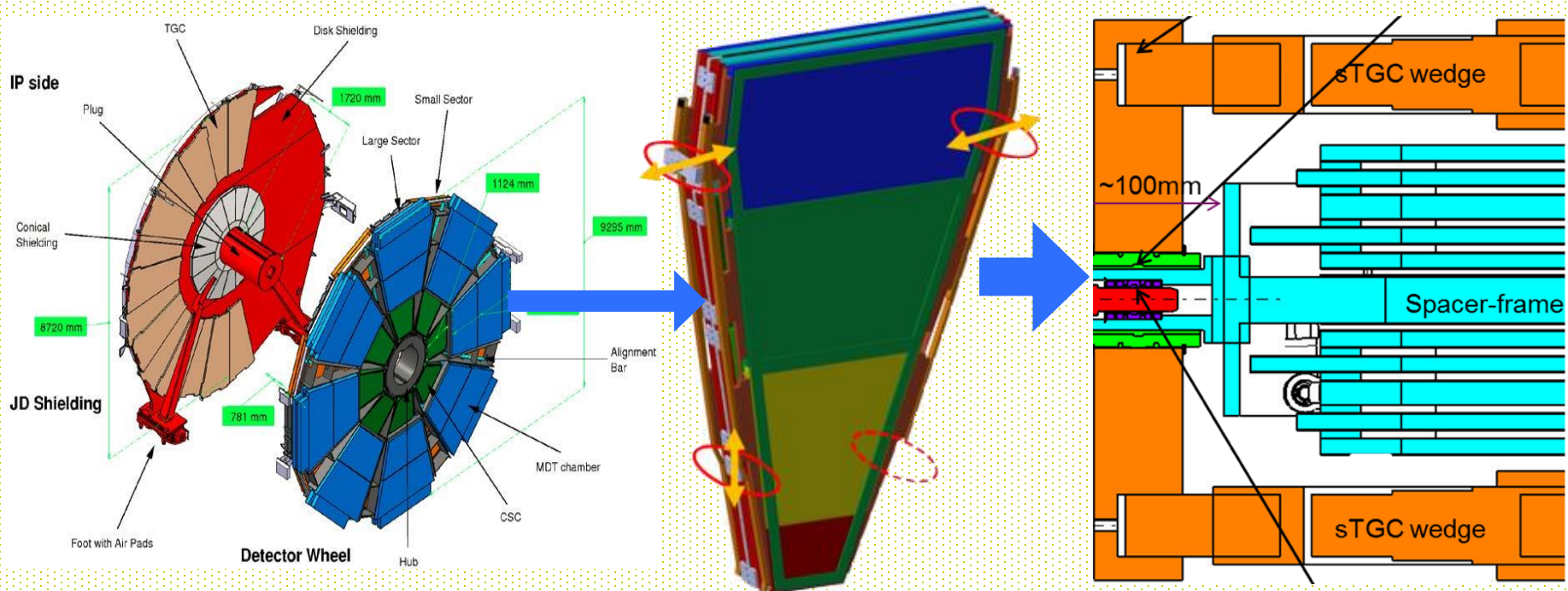


Detector Requirements for the New Small Wheel

- High rate capability: 10–15 kHz/cm² (n, γ , p, μ) at small radii
- Spatial resolution: ≤ 100 μm independent of track angle
- Efficiency: $\geq 95\%$ per plane
- Trigger capability (25 ns bunch identification)
- Radiation tolerance: (100 kRad/year) for ≥ 10 years
- Affordable costs

New Small Wheel (NSW) Layout

- Two technologies: Both Micromegas & sTGC detectors will provide tracking and trigger data
- 16 Sectors per Wheel (8 large, 8 small)
- 2 Multilayers per Sector for Micromegas & 3 Multilayers per Sector for sTGC
- 8 Micromegas Layers & 8 sTGC Layers per Multilayer



Full Development Time-Plan

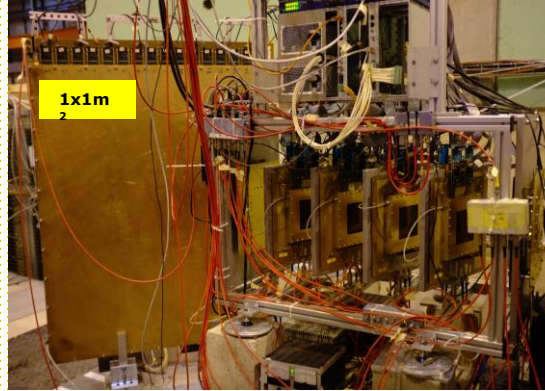
non-resistive MM, SPS/CERN,
Demokritos-GR



2008

2009

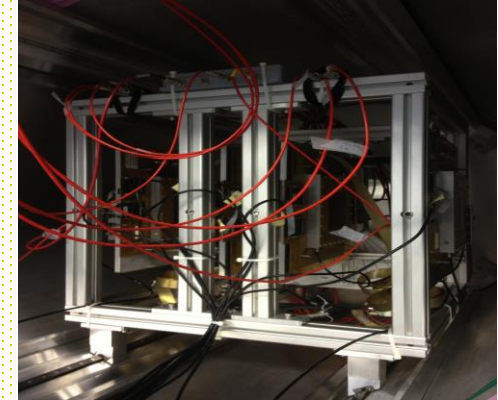
resistive MM, SPS/CERN, Demokritos-GR,
Garching-GE



2010

2011

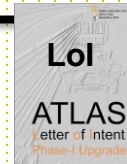
resistive MM, DESY II/DESY,
LNF-IT, CEA-FR



2012

2013

developed new MM
technology



approved by ATLAS

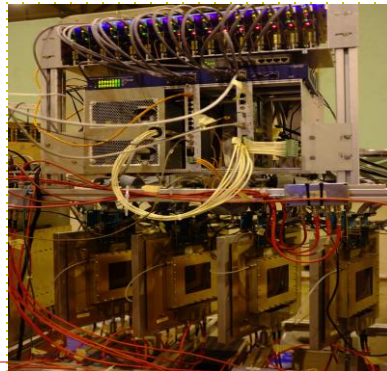


module-0 production
& qualification



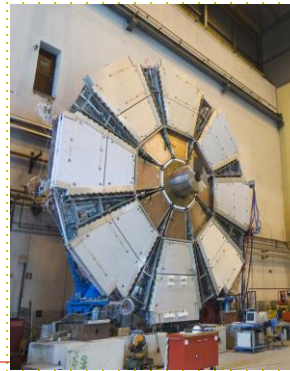
2014

Full-production of
chambers and electronics



2015

Full commissioning
on surface



Ανίχνευτές Σωματιδίων, Αύγουστος 2016

2017

Full installation in cavern

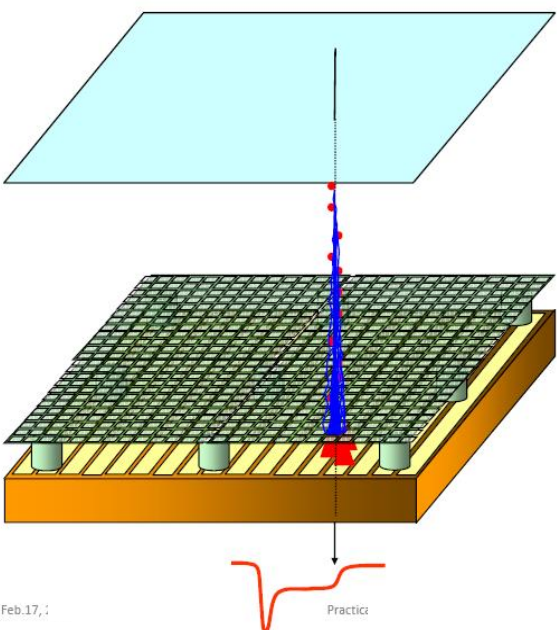


2018

Running...

2019 26

Micromegas technology – History & Birth



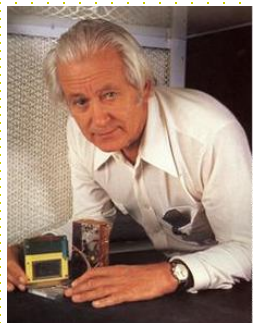
Feb.17,1

Micromegas (MICRO-MEsh GASEous Structure)

Belongs to the family of Micro-Pattern Gas Detector (MPGD), the gaseous detector family born in the 1988 with the Micro-Strip Gas Chamber (A. Oed).

MM are parallel-plate chambers where the amplification (up to 10^5) takes place in a **thin gap, separated from the conversion region by a fine metallic micro-mesh**, supported by $\sim 100 \mu\text{m}$ high insulating pillars.

Charge is collected on the anode readout board, generally realized with suitable segmented standard PCB.

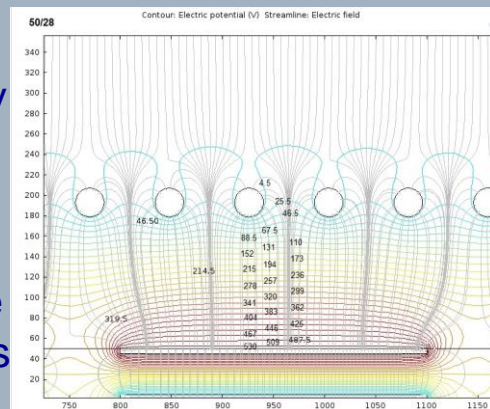


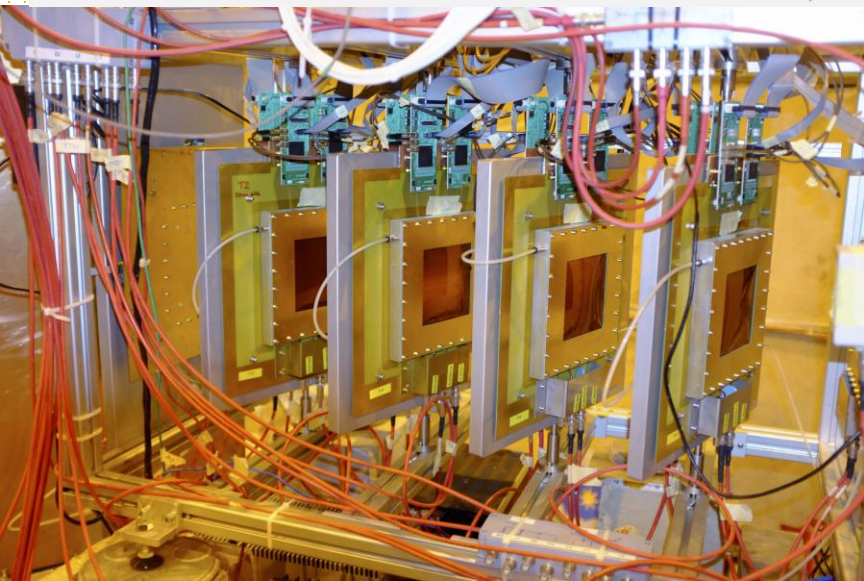
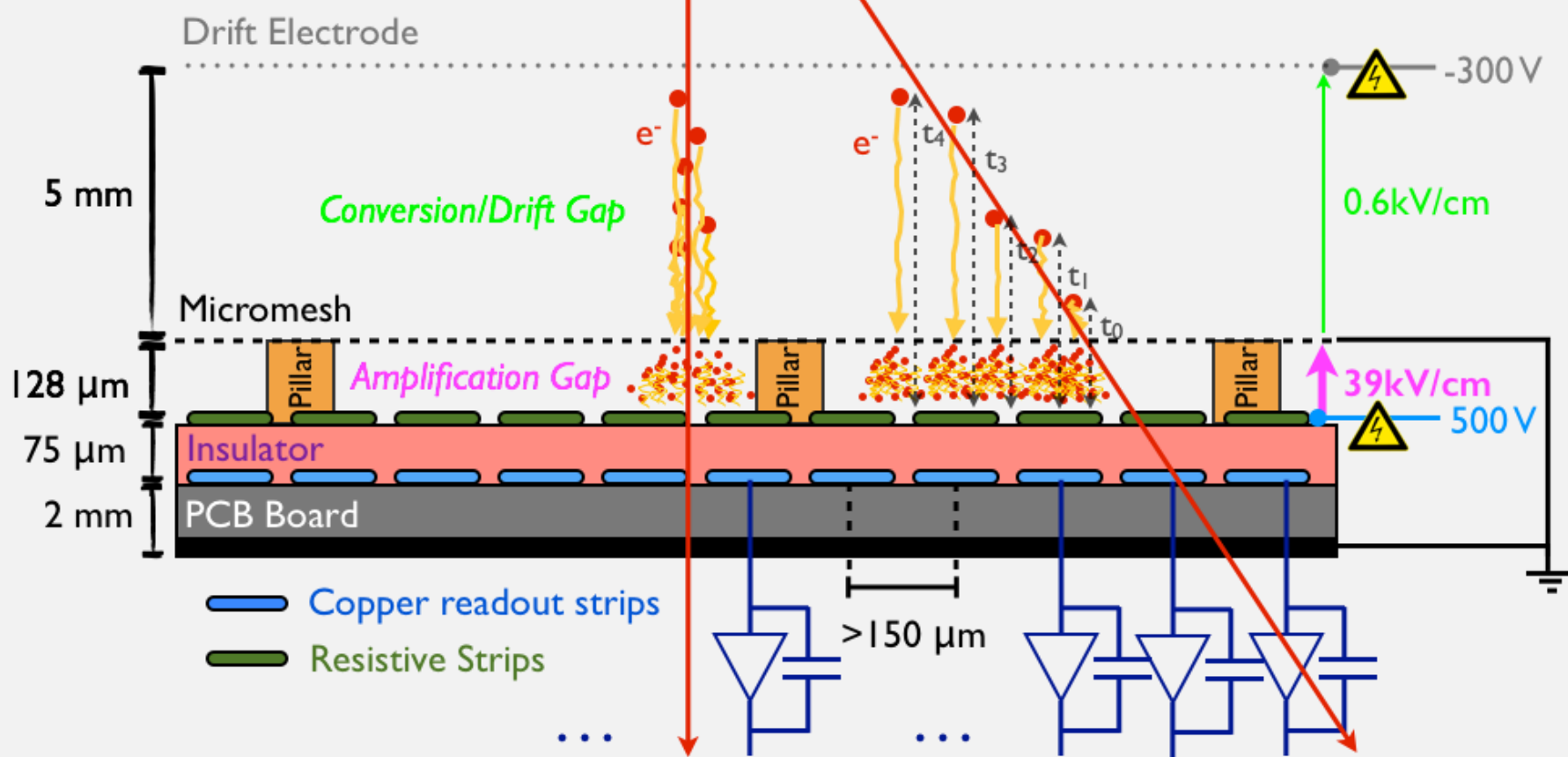
Y. Giomataris,
Ph. Rebourgeard,
JP Robert
and G. Charpak,
NIM A 376 (1996) 29-35

“...our detector combines most of the qualities required for a high-rate position-sensitive particle detector: excellent resolution can be obtained with fine strips printed on a thin G10 substrate or a thin kapton foil.”

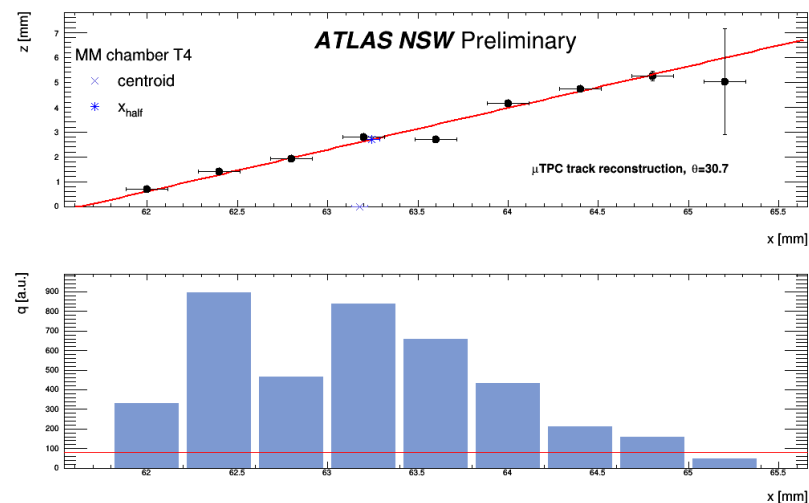
Funnel field lines \rightarrow
electron transparency
very close to 1

Small gap \rightarrow
fast evacuation of the
positive ions ($\sim 100 \text{ ns}$)





Ξς Σωμ



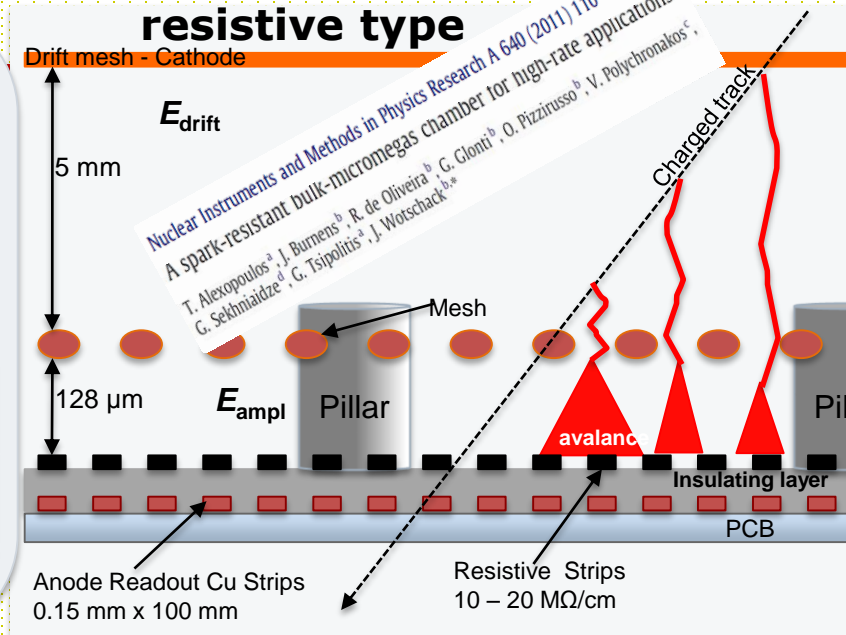
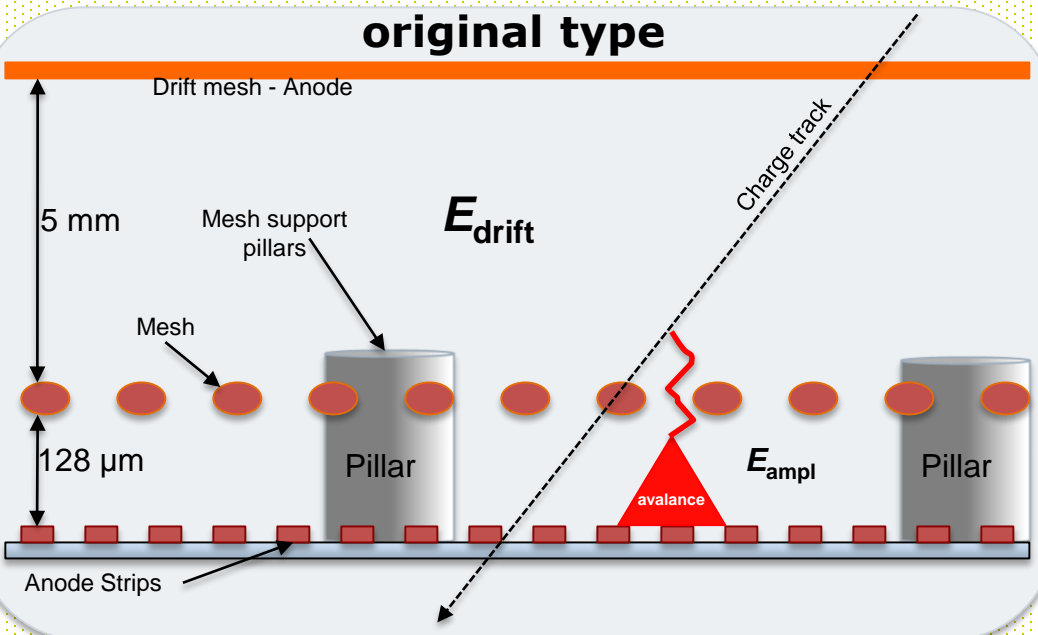
t = 0.05 ns

#electrons: 1

#ions: 0



2010: Making Micromegas Spark Resistant



resistive type

Drift mesh - Cathode

E_{drift}

5 mm

128 μ m

E_{ampl}

Mesh

Pillar

Mesh

Pillar

avalanche

Charged track

Insulating layer

PCB

Anode Readout Cu Strips
0.15 mm x 100 mm

Resistive Strips
10 – 20 M Ω /cm

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 640 (2011) 110-118
A Spark-resistant Bulk-micromegas chamber for high-rate applications
 T. Alexopoulos^a, J. Burnens^b, R. de Oliveira^b, G. Giomi^b, O. Pizzirusso^b, V. Polychronakos^c,
 G. Sekhmiadze^d, G. Tsipolitis^a, J. Wotschack^{b,*,e}

Tested several protection/suppression schemes

- A large variety of resistive coatings of anode strips
 - Did not manage to find a safe solution; damage after few hours or days (sometimes minutes) of operation
 - Problems cured by adding an insulating layer: R11 ++
- Double/triple amplification stages to disperse charge, as used in GEMs (MM+MM, GEM+MM)

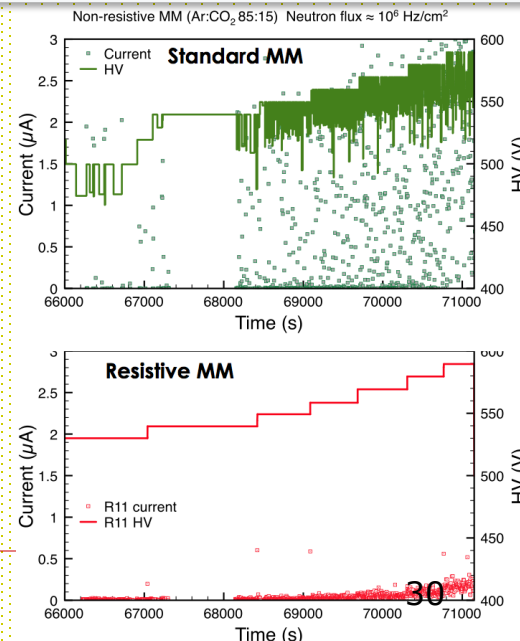
Settled finally on a protection scheme with resistive strips

Tested the concept successfully in the lab (⁵⁵Fe source, Cu X-ray gun, cosmics), H6 pion & muon beam, and with 2.3 MeV and 5.5 MeV neutrons

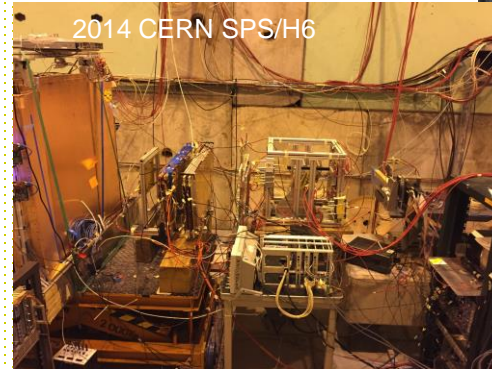
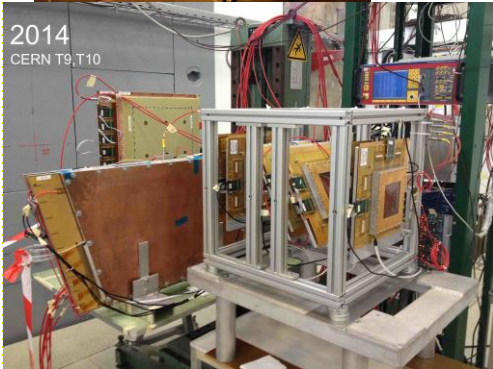
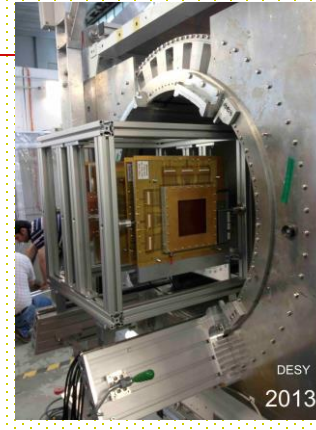
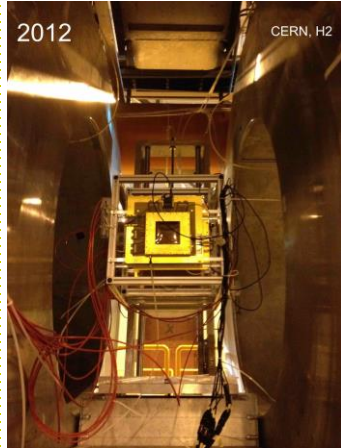
original type MM

resistive type MM

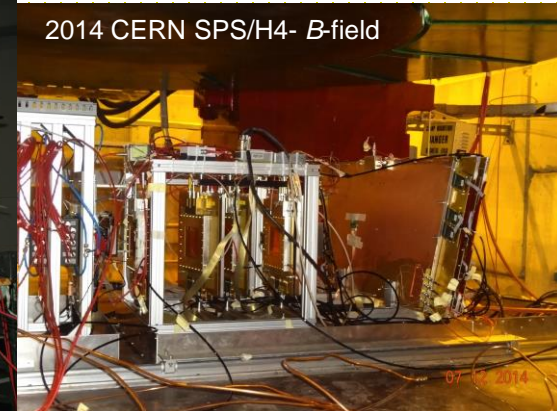
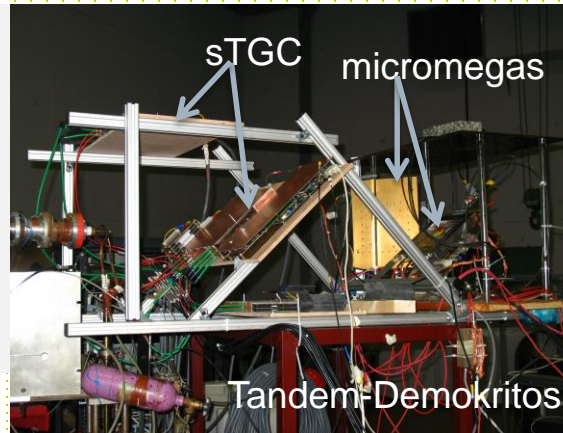
test in neutron beam (10⁶ Hz/cm²)



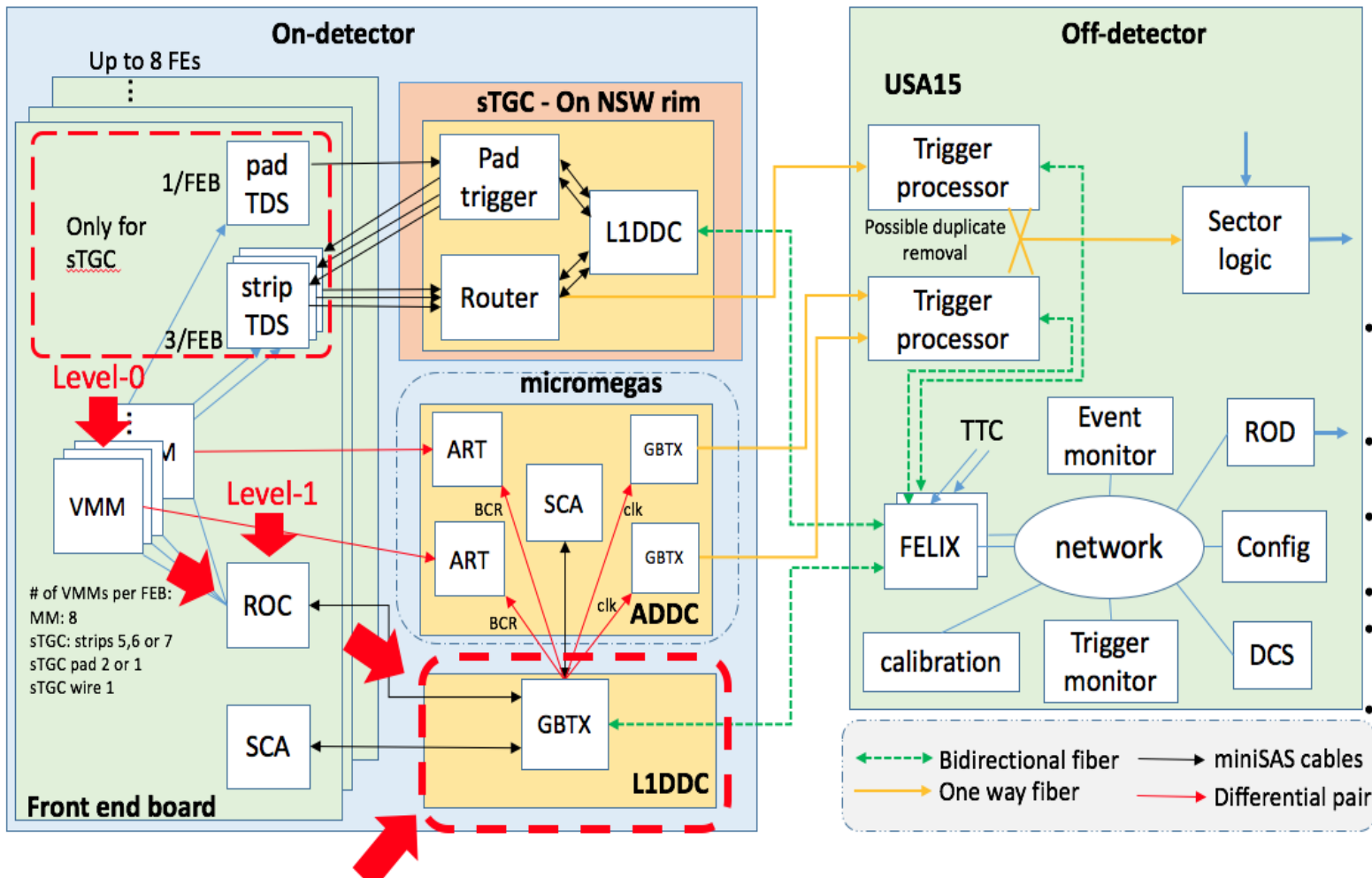
Performance Studies in Testbeams



Several test beam periods (since 2008) studying different Micromegas prototypes ((non)resistive, small, large, multi-readout, multi-layer etc.) in various beam and magnetic field conditions



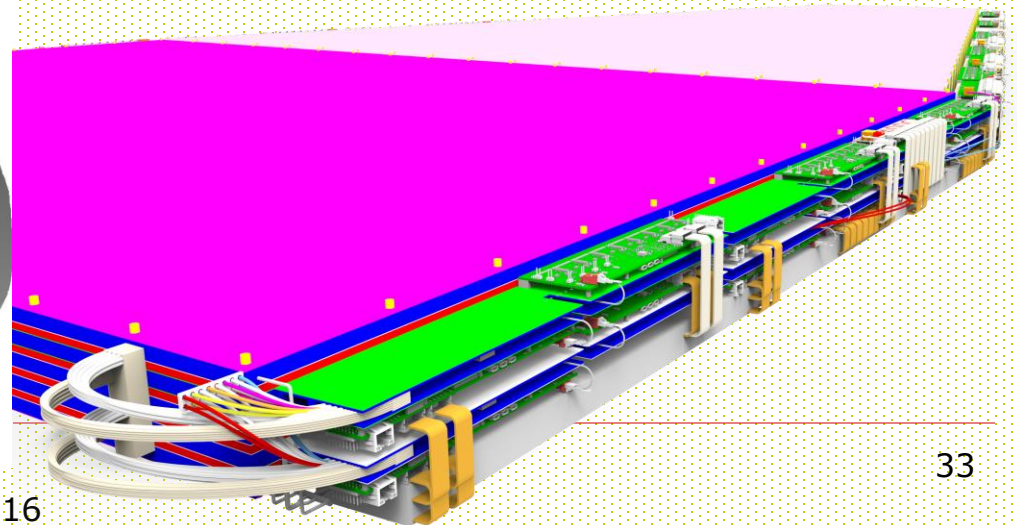
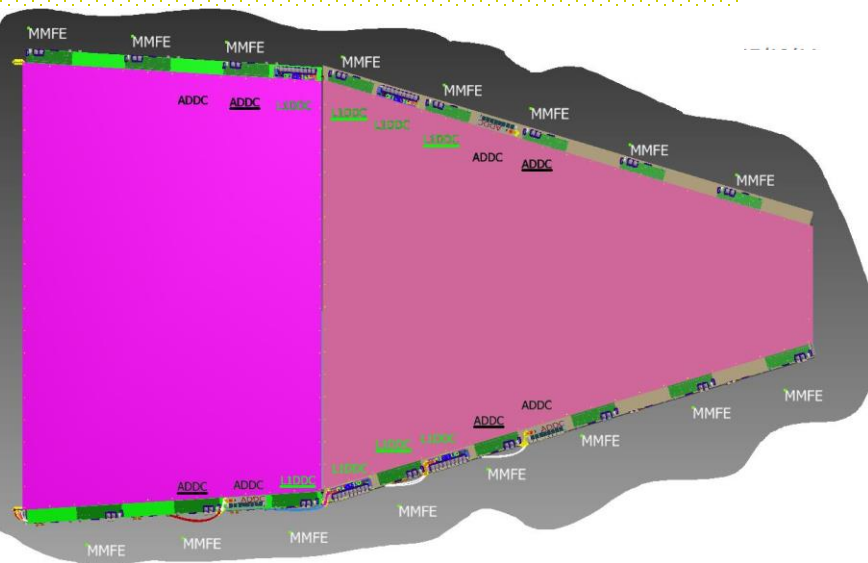
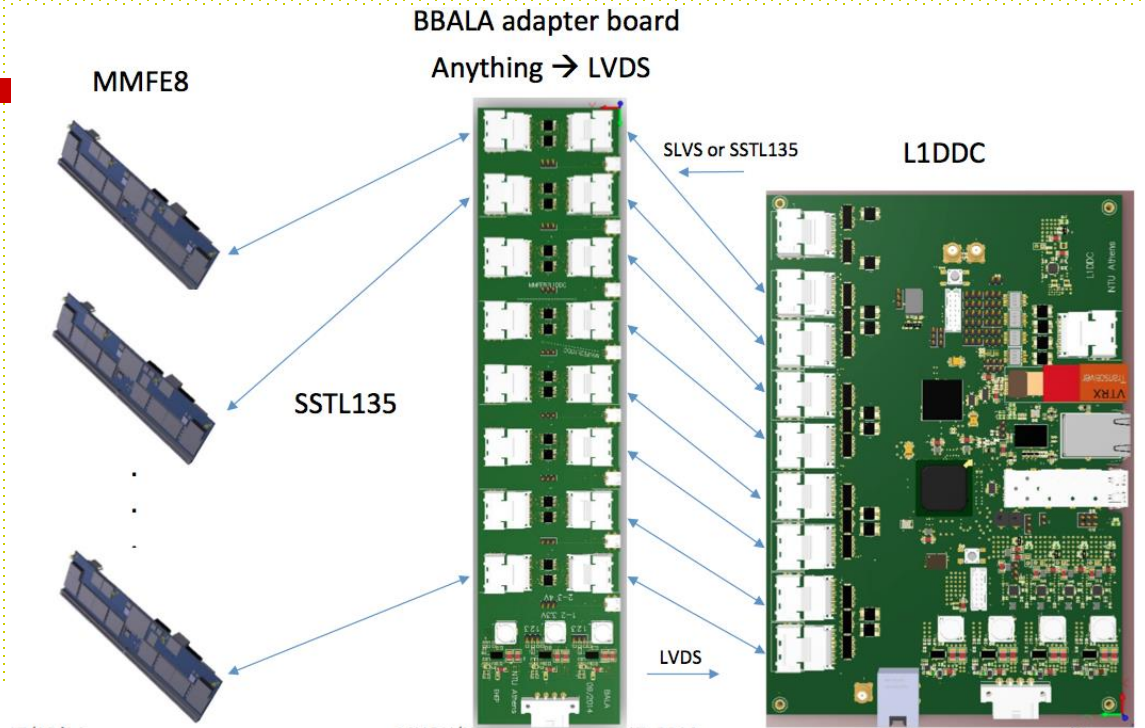
Overall readout and trigger scheme



- Radiation tolerant ASICs
 - Slow Control Adapter (SCA)
 - Read Out Controller (ROC)
 - Address Real Time (ART)
 - GigaBit Transceiver (GBTX)
 - Trigger Data Serializer (TDS)
 - VMM (amplifier, discriminator, shaper)
- Front-End Link eXchange (FELIX) Interface network
- Timing Trigger & Control (TTC)
- Art Data Driver Card (ADDC)
- Read Out Device (ROD)
- Detector Control System (DCS)
- Front-ends (FE)

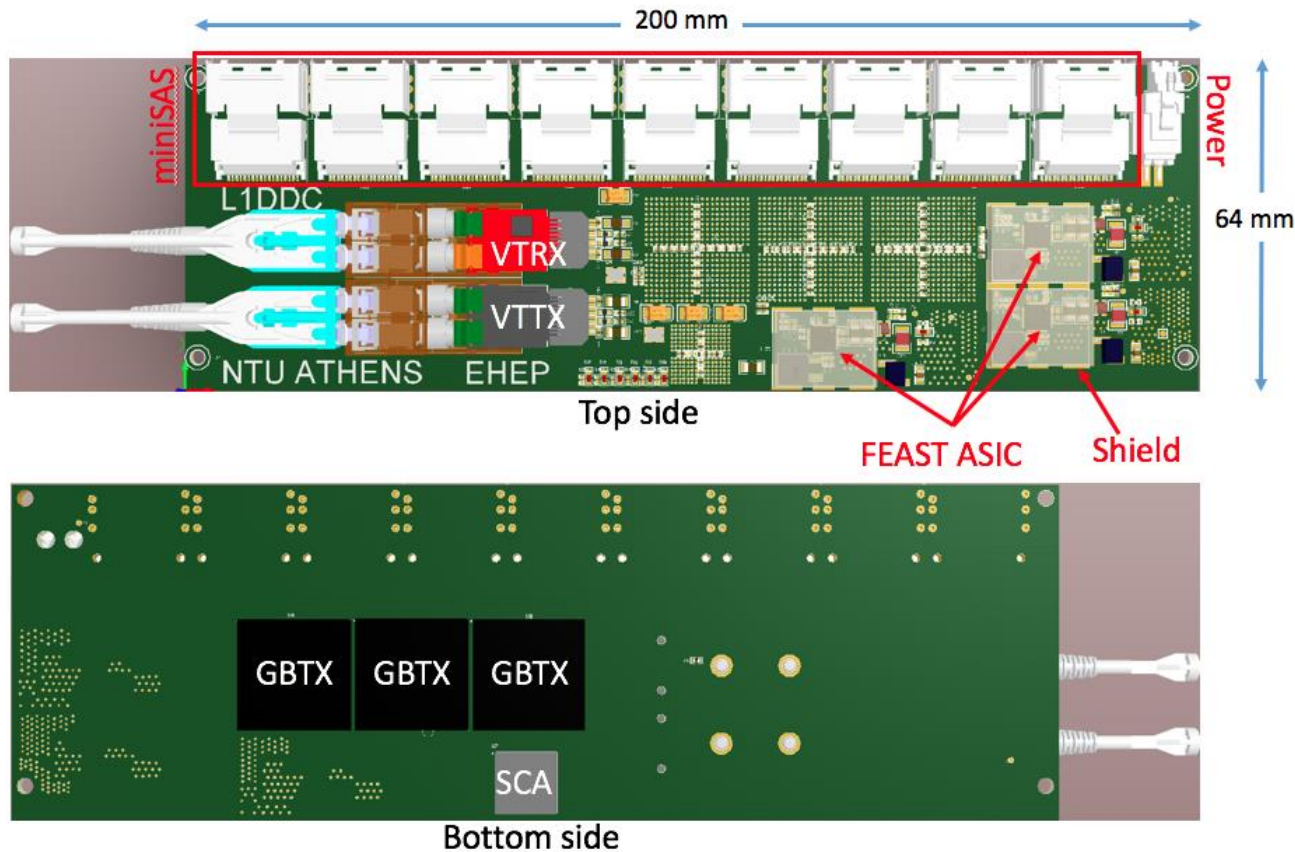
Electronics Readout

Readout system based on L1DDC Data driver cards are being designed by NTUA



Readout Electronics Design in Greece

L1DDC for MMs detectors

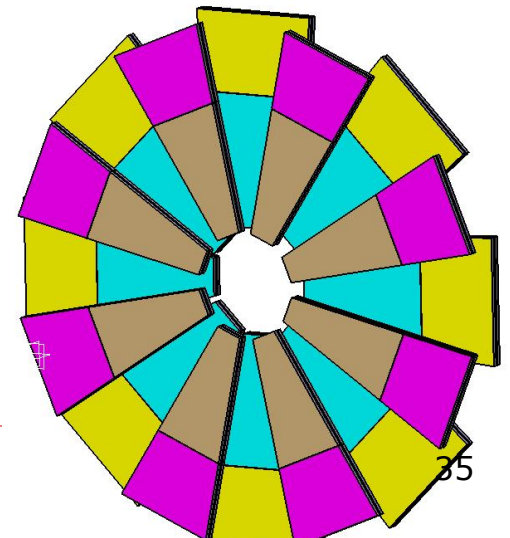
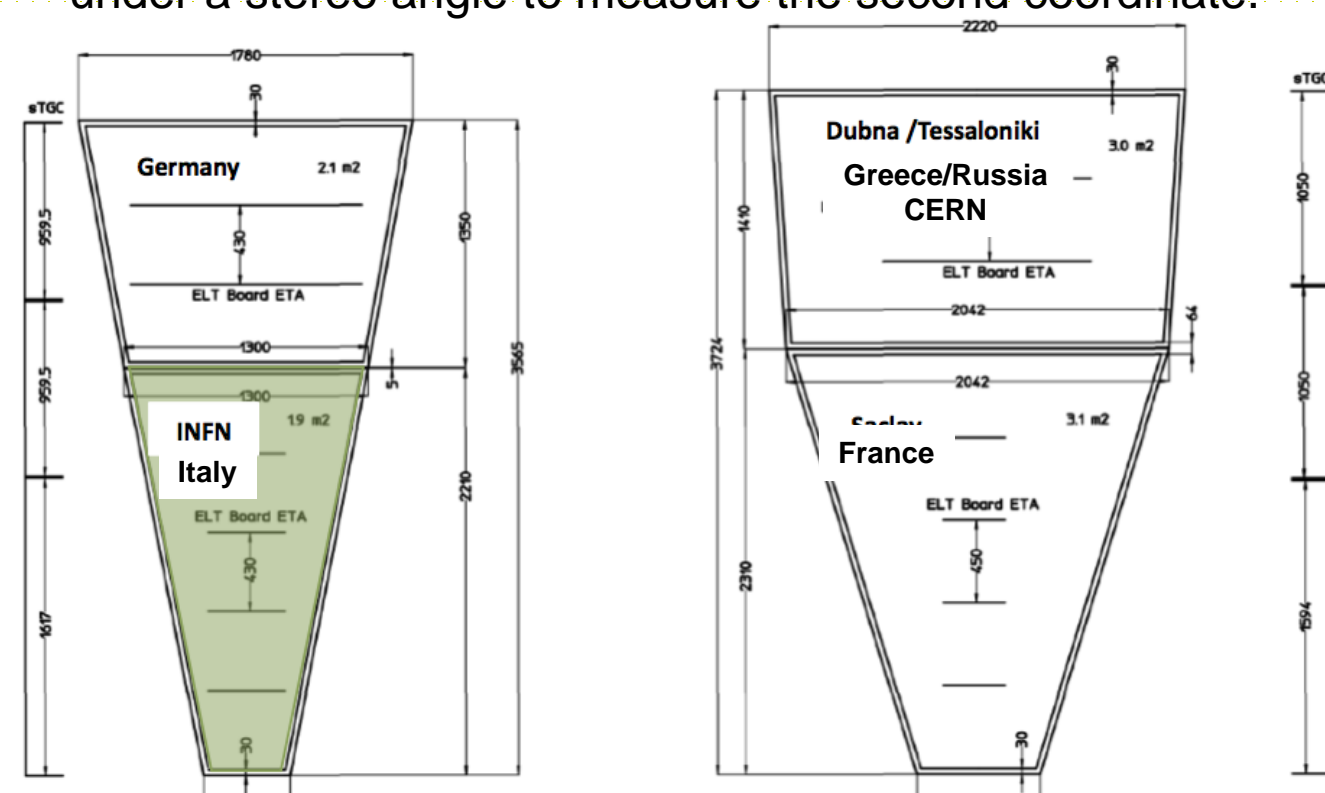


- Dimensions: 200 mm x 64 mm x 15.5 mm (l x w x h)
- 3 GBTX ASICs
- 1 GBT-SCA ASICs
- 1 VTRX transceiver
- 1 VTTX transceiver
- 9 miniSAS connectors
 - 8 for the FEs
 - 1 for the ADDC
- 3 FEAST DC-DC converters
- 2 voltage levels 1.5 V for GBTX and 2.5 V for VVTX and VTRX
- Bottom side of the board will be attached to the cooling channel
- Power consumption ~15 Watts (includes 30% margin and 66% FEAST efficiency)
- Configuration of the 2 GBTX is performed by the SCA

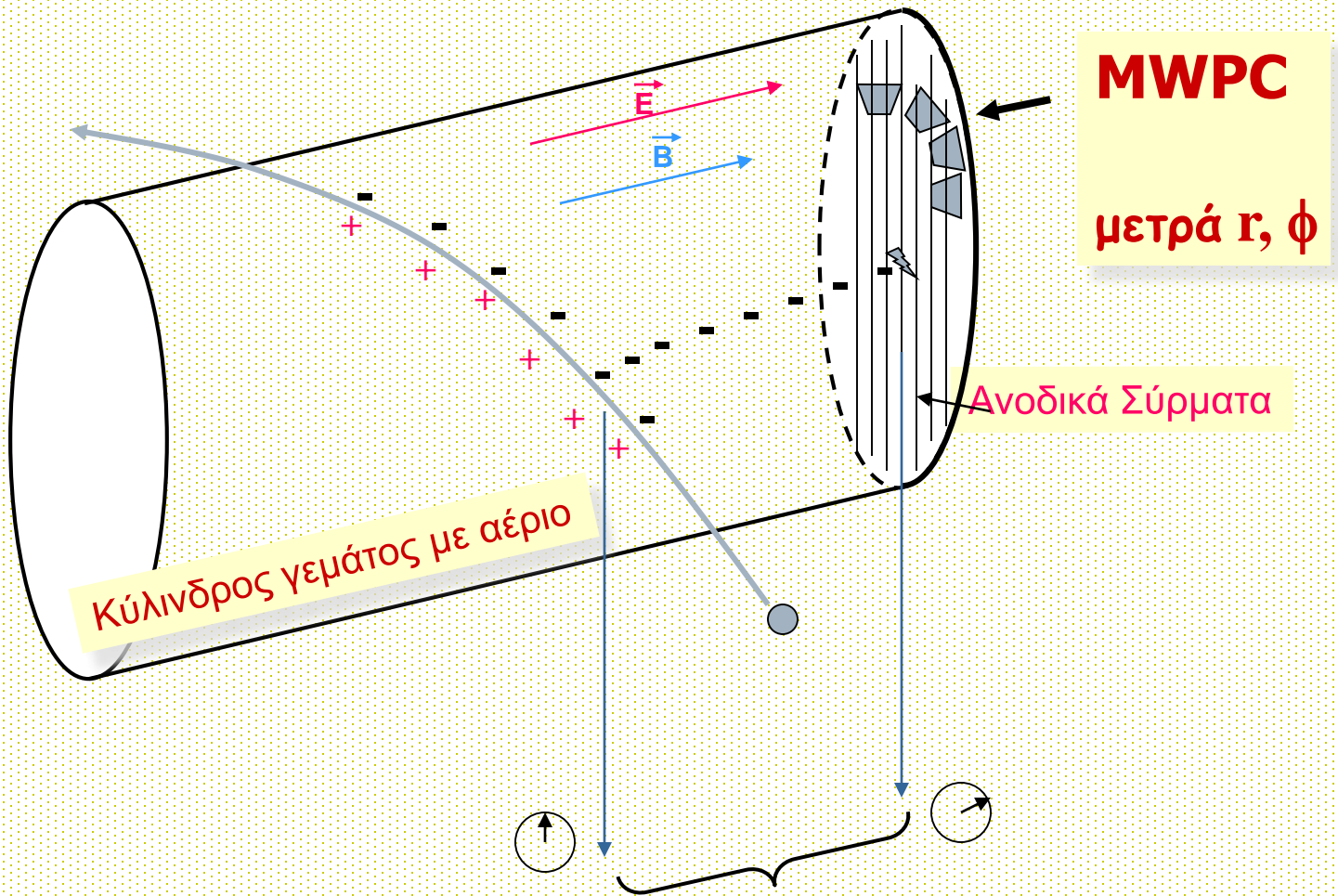
Micromegas Construction

- Mechanics & Electronics** is a multi-national operation; Mechanics: institutes from 6 countries, Electronics: Institutes from 10 countries (USA, Italy, Romania, Netherlands, Italy, Israel, Greece, France, Chile, Taiwan) -- Total: 30 Institutions are involved
- 8 layers of Micromegas detectors will equip each large & small NSW sectors; for half of the layers, the strips will be under a stereo angle to measure the second coordinate.

Total Surface	1200 m ²
Total number of MM Channels	2.1 M
Micromegas Strip Pitch	0.445 mm
Gas	Ar:CO ₂ 93:7 atm pressure
Drift Gap	5 mm
Amplification Gap	128 μm
HV on Resistive Strips	550 V
Drift Field	600 V/cm
Resistive Strips	10-20 MΩhm/cm
Stereo Strips on 4/8 Layers	1.5°

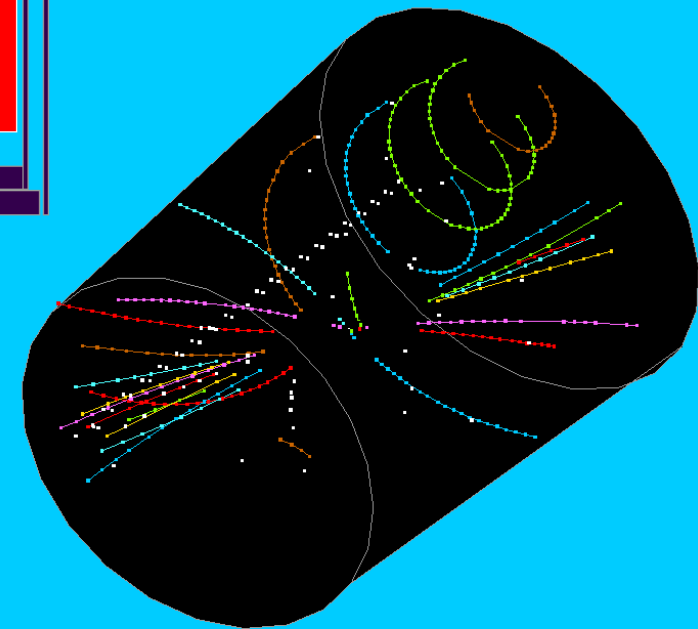
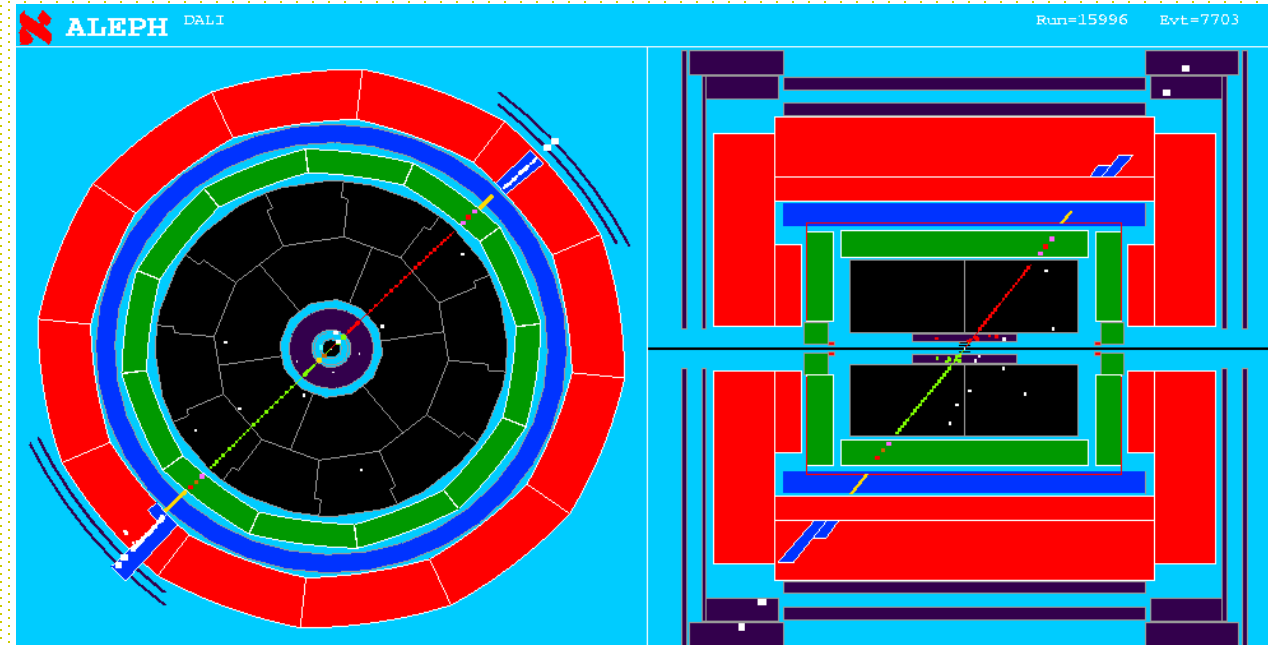


Θάλαμος Προβολικού Χρόνου (Time Projection Chamber)



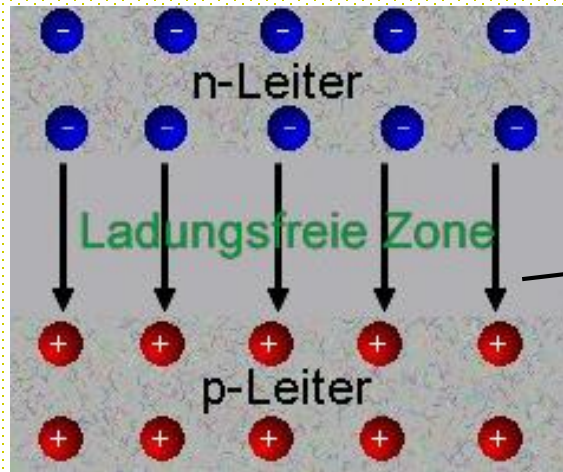
$$z = v_{\text{drift}} t$$

ALEPH TPC

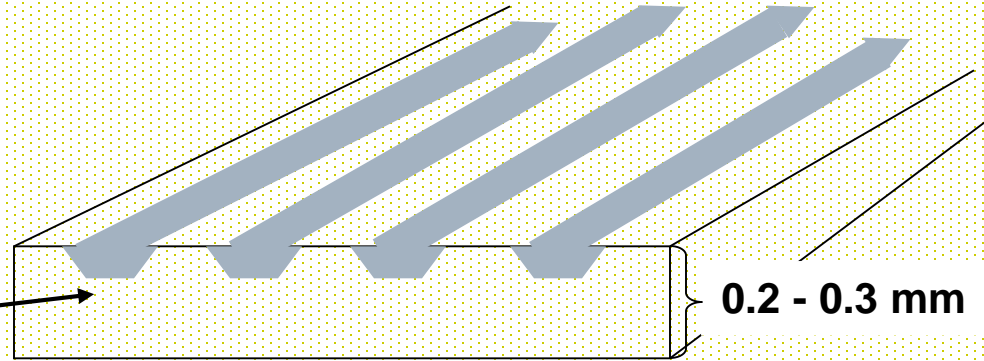


Ανιχνευτές Σωματιδίων, Αύγουστος 2008

Ανιχνευτές Μικρολωρίδων Πυριτίου



Ανιχν. πυριτίου



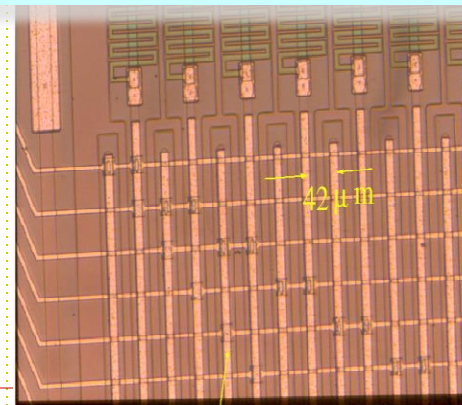
Η ακρίβεια μέτρησης περιορίζεται από την απόσταση των μικροταινιών
10 - 100 μm



Σχηματισμός ζευγών ηλεκτρονίων-οπών από ιοντίζουσα ακτινοβολία

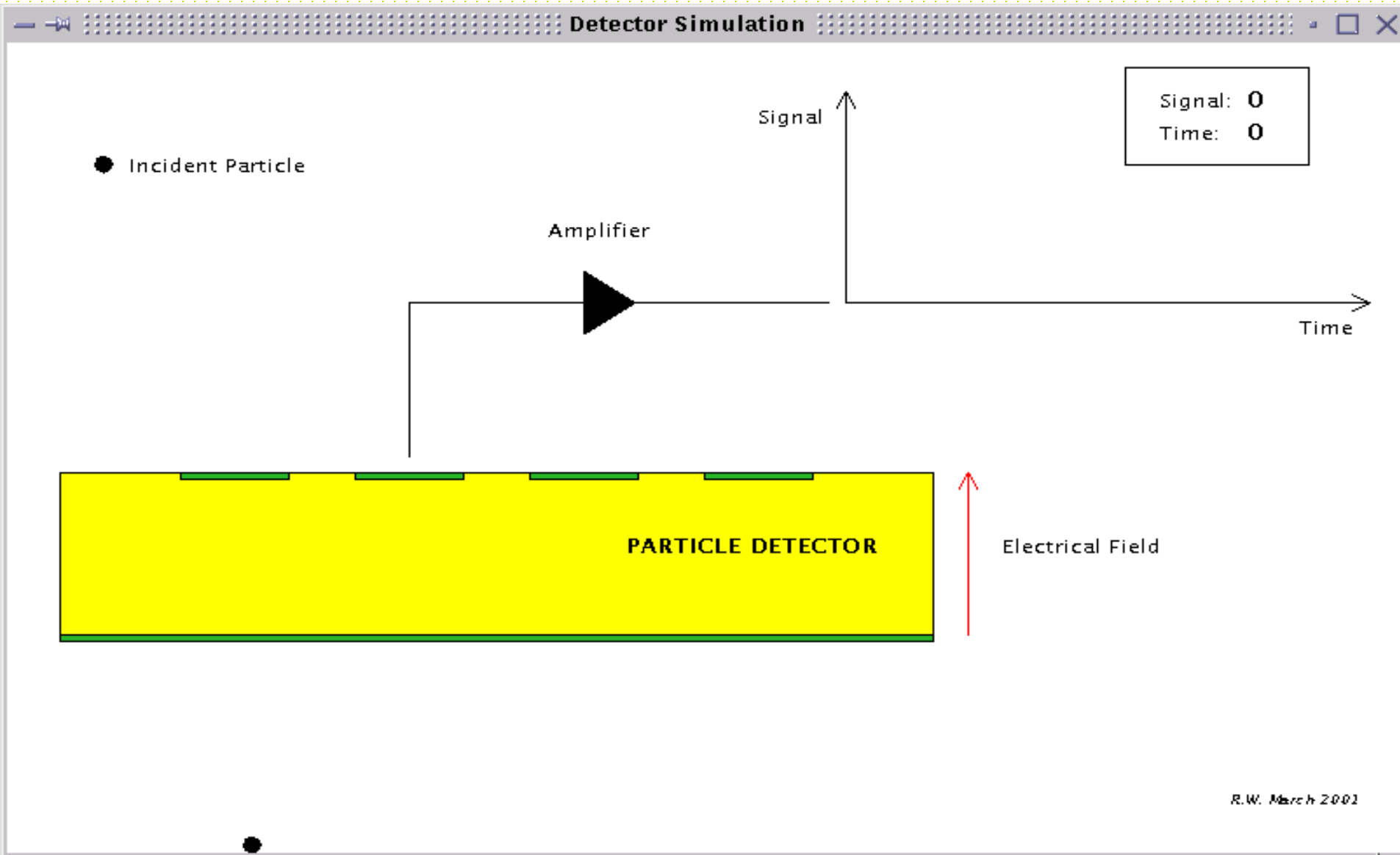
Ανιχνευτές Σωματιδίων

Ίδια αρχή με τους ανιχνευτές αερίου



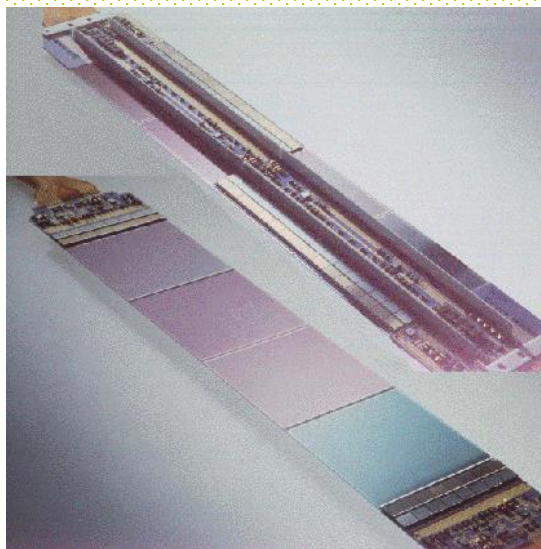
strip

Λειτουργούν κάπως έτσι:

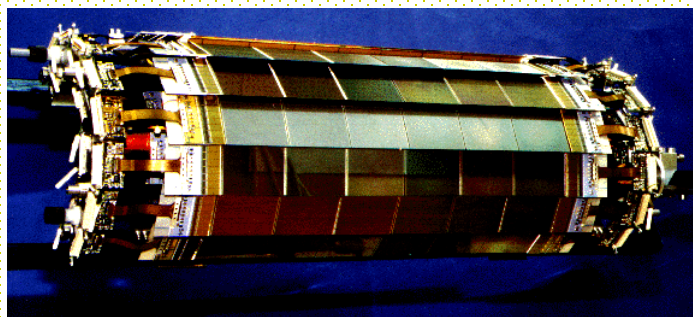


R.W. March 2001

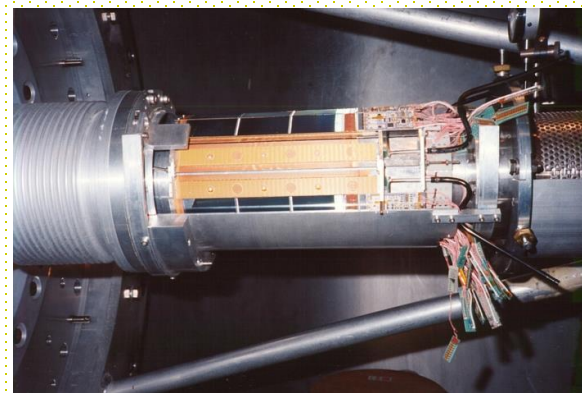
Ανιχνευτές Μικροταινιών Πυριτίου



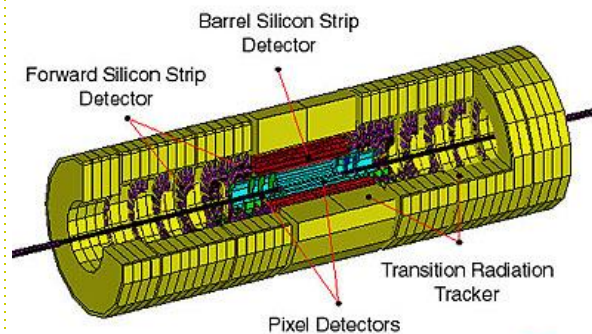
ALEPH VDET



OPAL VDET



Ανιχνευτής τροχιών ATLAS

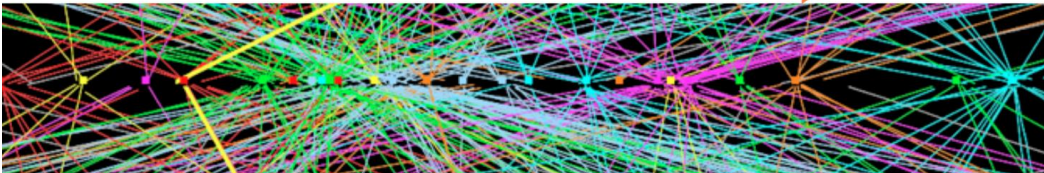
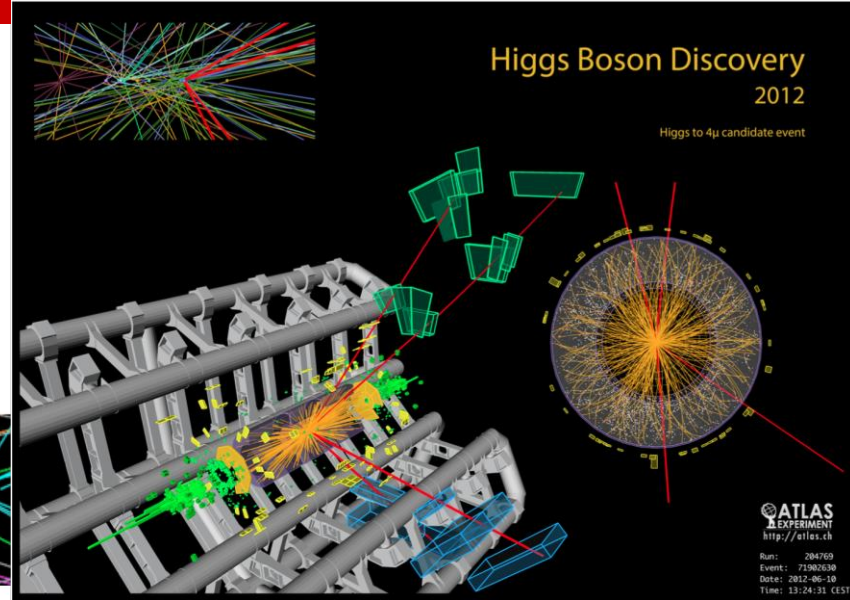
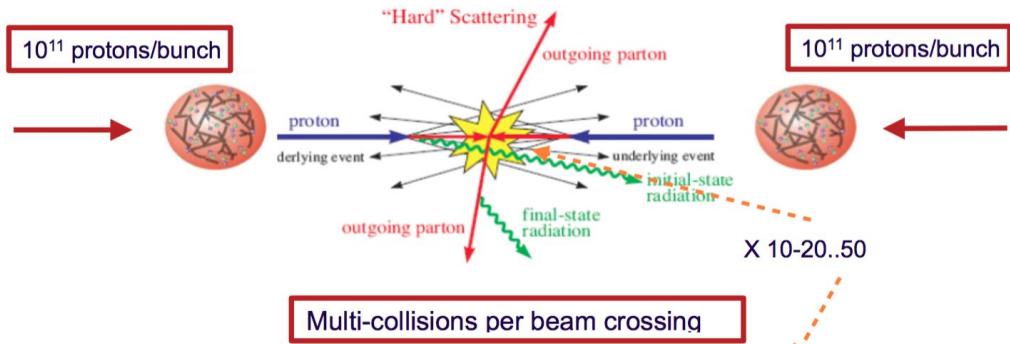


Inner Tracker

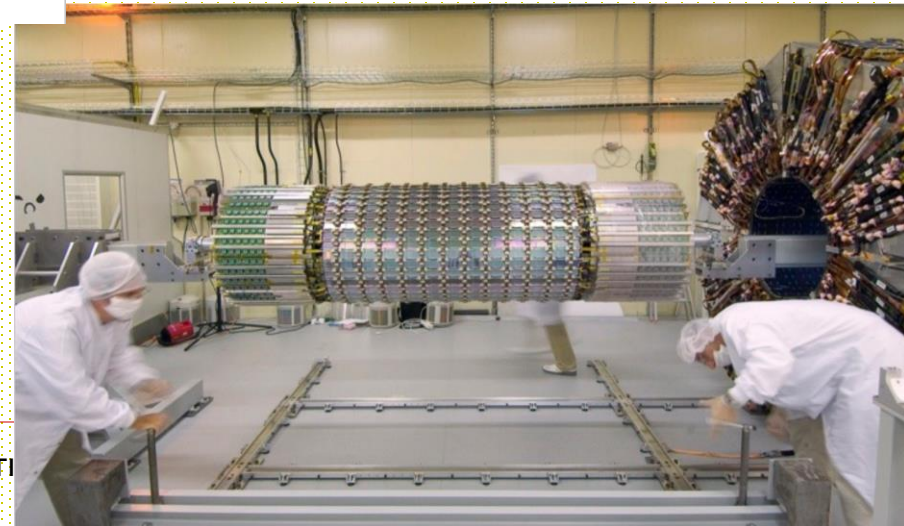
Ανιχνευτές Σωματιδίων, Αύγ



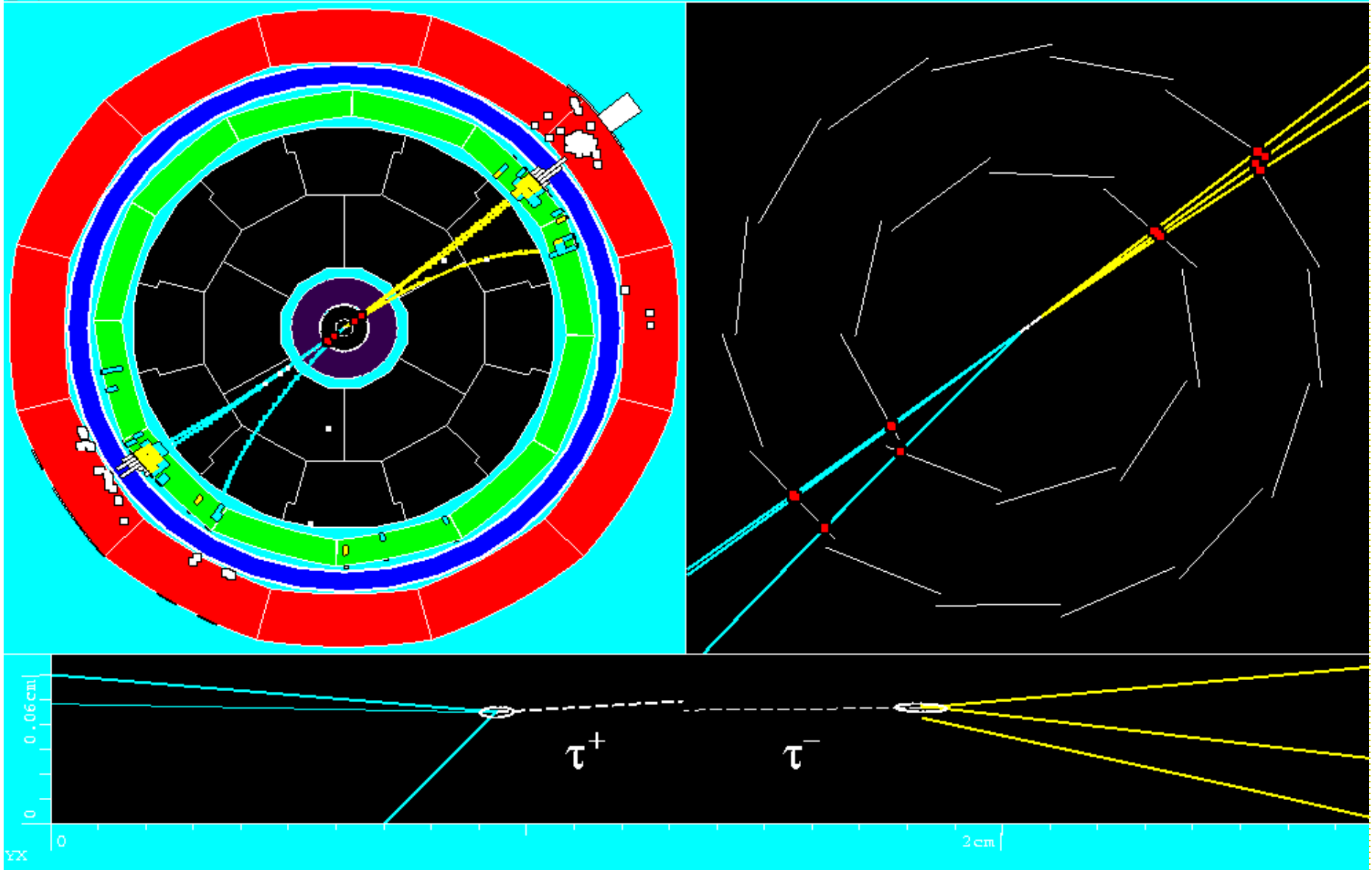
Εξαιρετική Ακρίβεια και ... διάκριση των τροχιών



Ability to separate individual collisions - 40 MHz



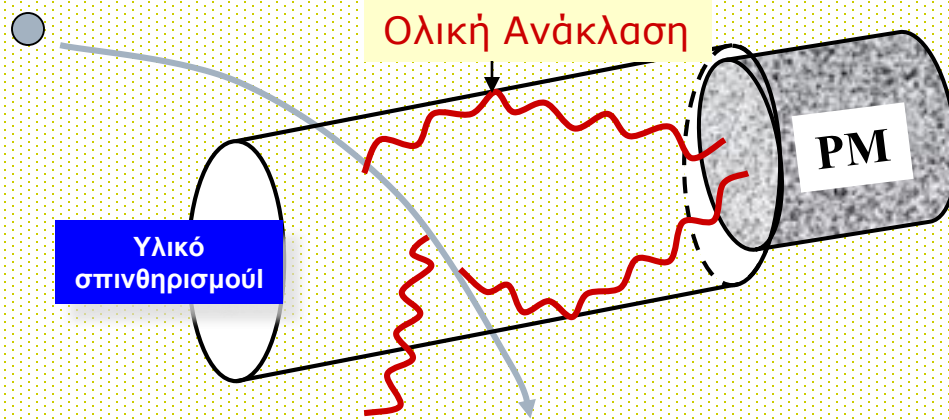
Ανιχνευτές Σωματι



Μέσος χρόνος ημι-ζωής του τ $t=290 \times 10^{-15}$ sec !! --> $ct = 87$ mm !

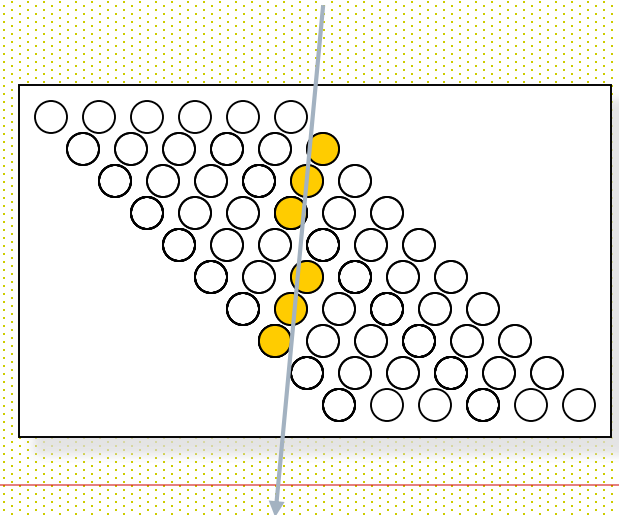
Ανιχνευτές Σωματιδίων, Αύγουστος 2016

Ανιχνευτές Σπινθηρισμού

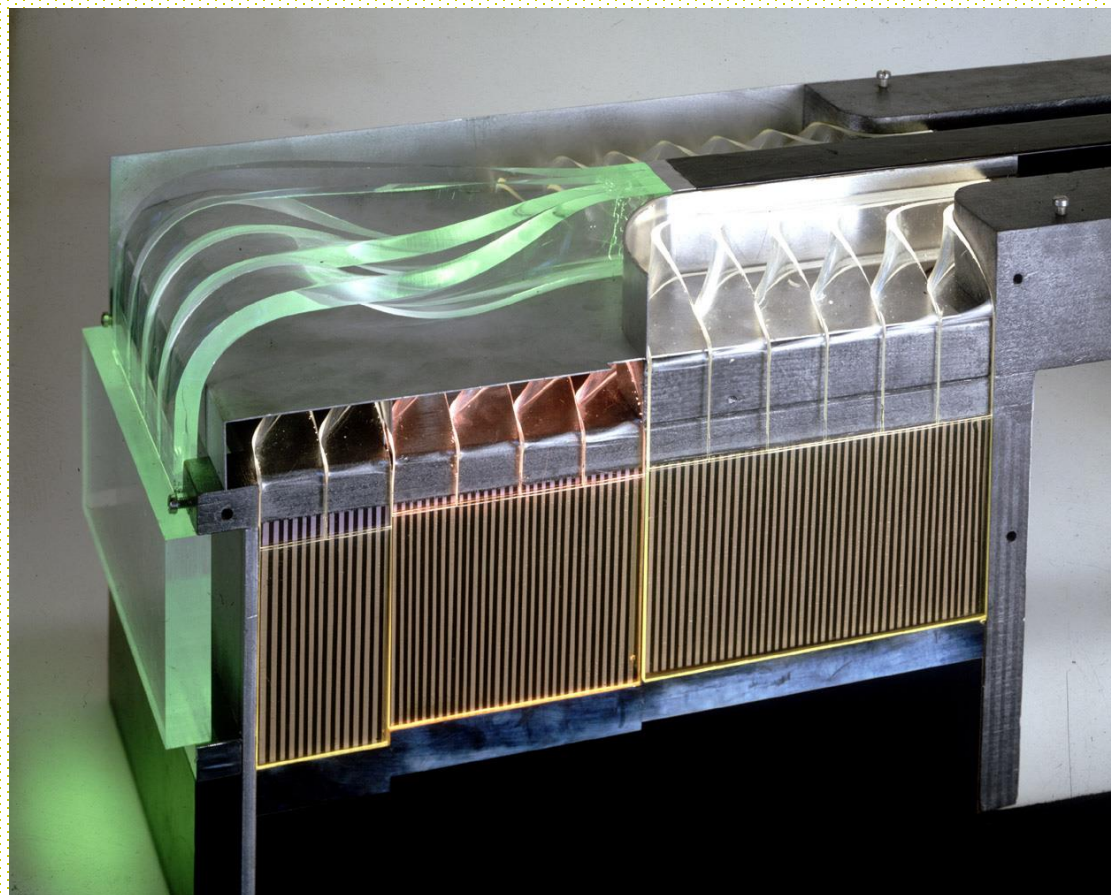
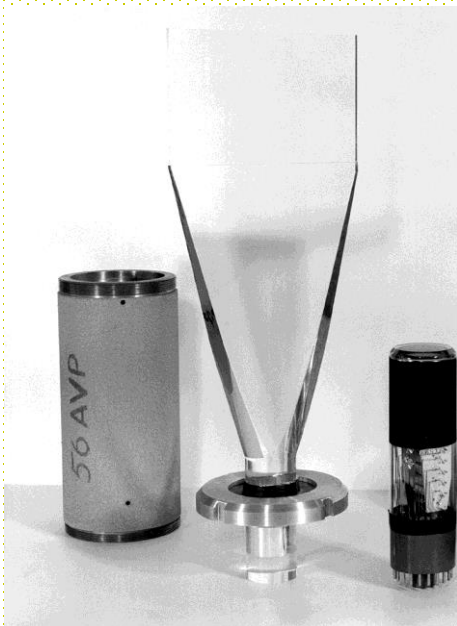


Φωτοπολλαπλασιαστής: μετατρέπει το φως σε σήμα ηλεκτρονίων

Χρησιμοποιώντας πολλές οπτικές ίνες πολύ κοντά
--> Γίνεται η τροχιά ορατή



Τώρα είμαστε έτοιμοι να ανιχνεύσουμε τις ακτινοβολίες:
Cherenkov και Διέλευσης



Ανιχνευτές Σωματιδίων,
Αύγουστος 2016

Ακτινοβολία Cherenkov



- Τα σωματίδια μέσα σε ένα υλικό ταξιδεύουν **με ταχύτητα μεγαλύτερη από εκείνη του φωτός** και εκπέμπουν ακτινοβολία:

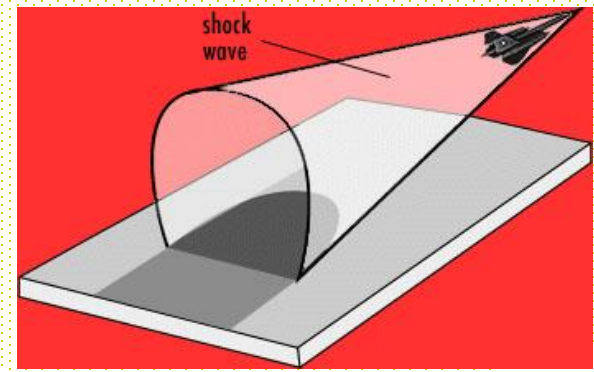
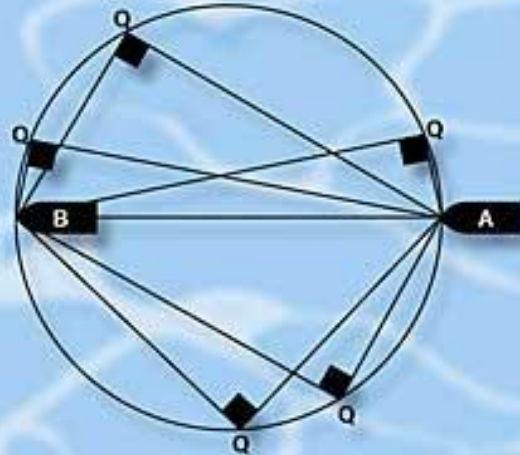
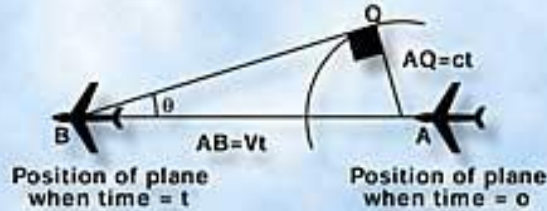
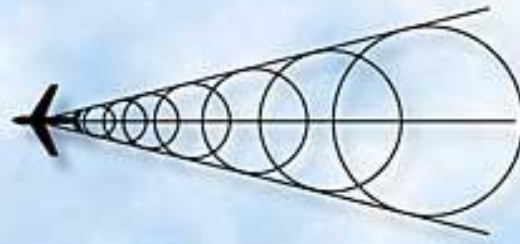
Ακτινοβολία Cherenkov

$$\sin a = \frac{c}{v} = \frac{c_0}{n v} \Rightarrow \frac{c_0}{n v} = 0.5 \Rightarrow$$
$$v = \frac{c_0}{1.5 \cdot 0.5} = \frac{2c_0}{1.5} > c_0$$

Αν έστω $\sin a = 0.5$ ($a = 30^\circ$)
και $n = 1.5$
 $c_0 =$ ταχύτητα φωτός στο κενό

Ακτινοβολία Cherenkov

και
άλλα
κρουστικά
κύματα

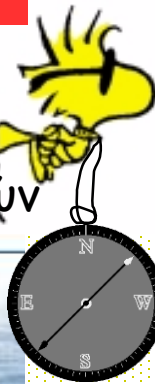


Τα κρουστικά κύματα
αλλοιώνουν τον
προσανατολισμό των πουλιών

**SONIC JET
DELTA**



Ίσως και τα
αντίστοιχα των
ψαριών?



Scram jet

UV,

<http://www.newscientist.com/lastword/answers/1wa674bubbles.html>

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/barrier/>

Θερμιδόμετρα

- Βασική Αρχή Λειτουργίας:
 - Κατά την αλληλεπίδραση του σωματιδίου με πυκνό υλικό ΟΛΗ, σχεδόν η ενέργειά του μετατρέπεται σε *δευτερογενή σωματίδια ή σε θερμότητα*.
 - Αυτά τα δευτερογενή σωματίδια καταγράφονται
 - πχ. Αριθμός, Ενέργεια, Πυκνότητα δευτερογενών
 - που είναι *ανάλογα με* την **αρχική** ενέργεια



Reminder: basic electromagnetic interactions

e^+ / e^-

■ Ionisation



■ Bremsstrahlung



γ

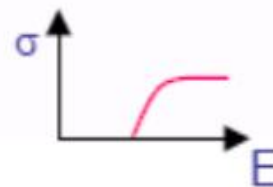
■ Photoelectric effect



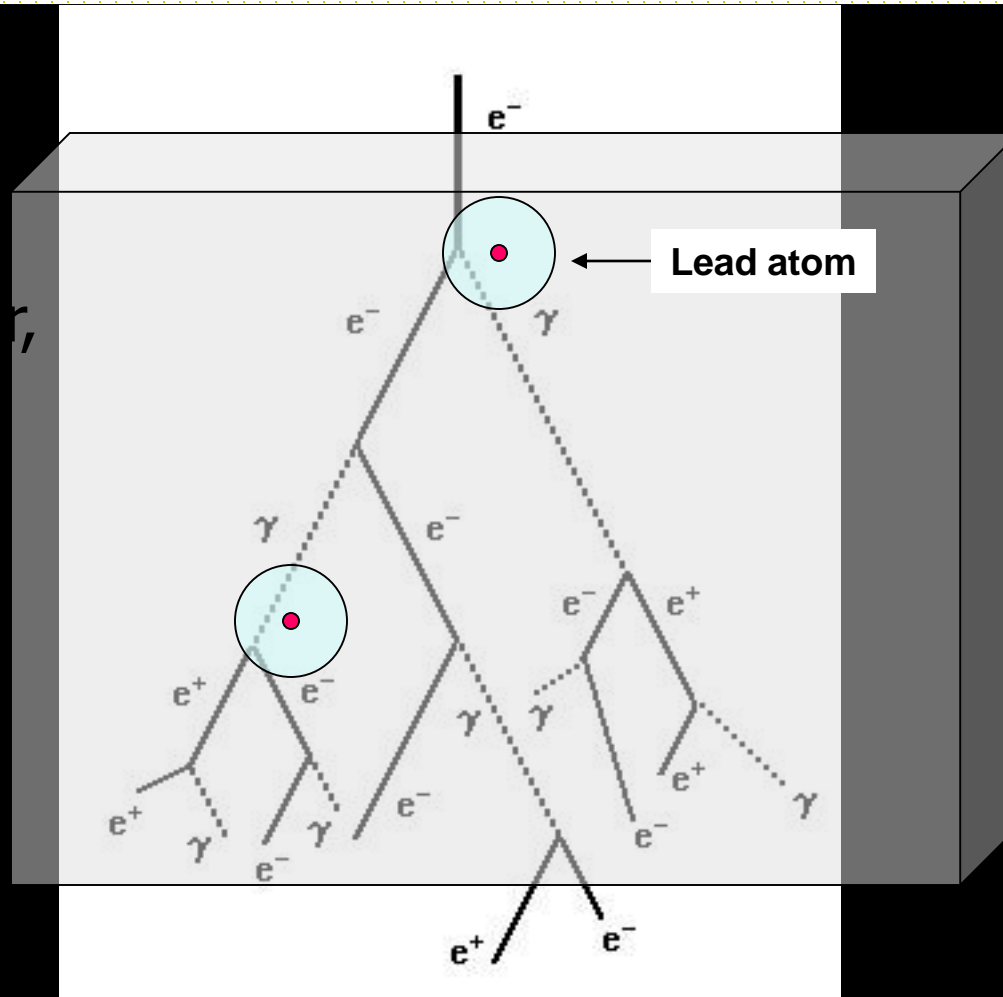
■ Compton effect



■ Pair production

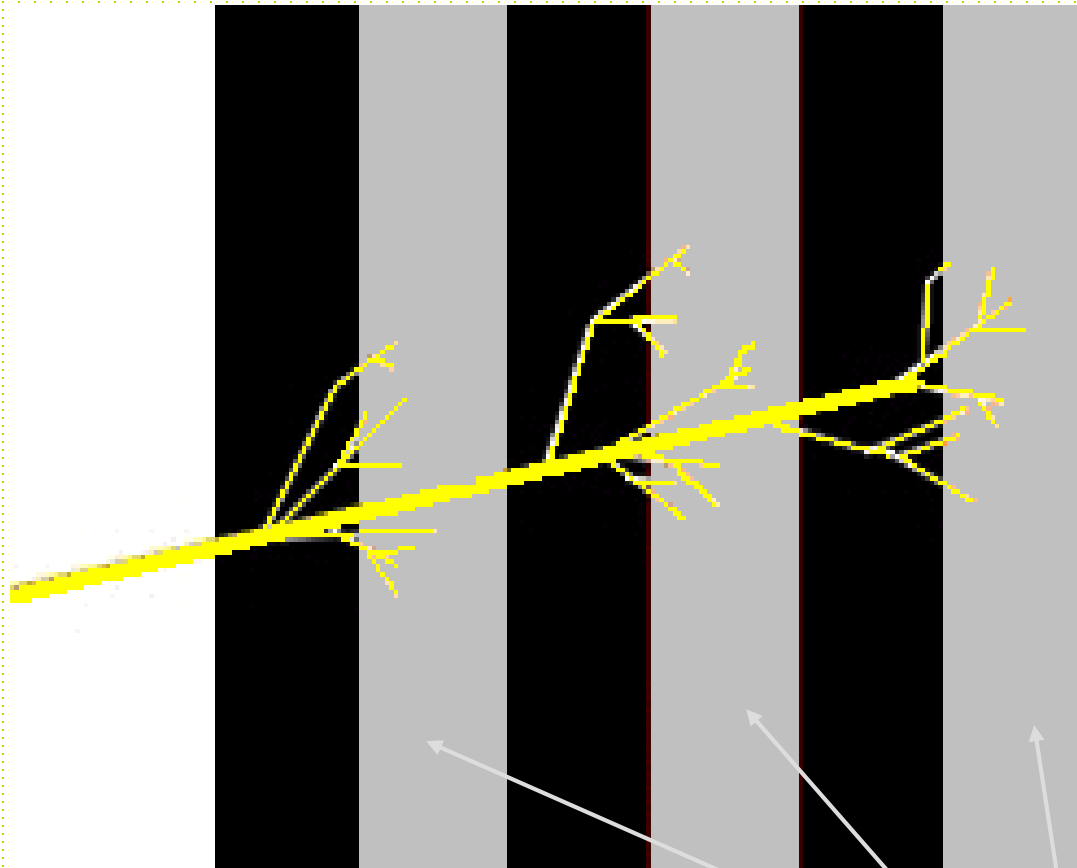


Ηλεκτρομαγνητικοί Καταιγισμοί



Πώς μετράμε τα δευτερογενή σωματίδια?

- 1. Με **τα θερμιδόμετρα δειγματοσιμού**:



Δομή Sandwich !!!

Το συνολικό ποσό σημάτων είναι ανάλογο της προσπίπτουσας ενέργειας

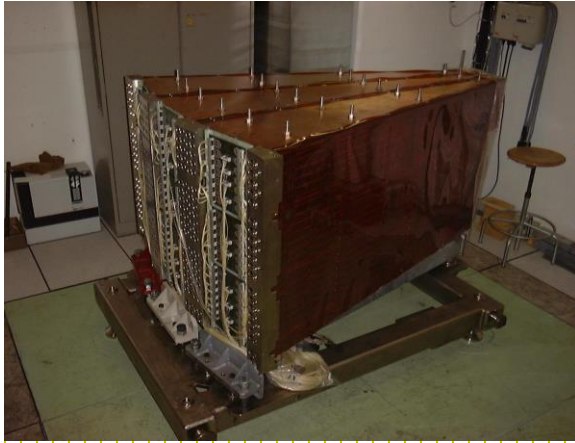
Αλλά χρειάζεται να βαθμονομηθεί με δέσμες γνωστής ενέργειας!

Πυκνό υλικό, π.χ. Μόλυβδος

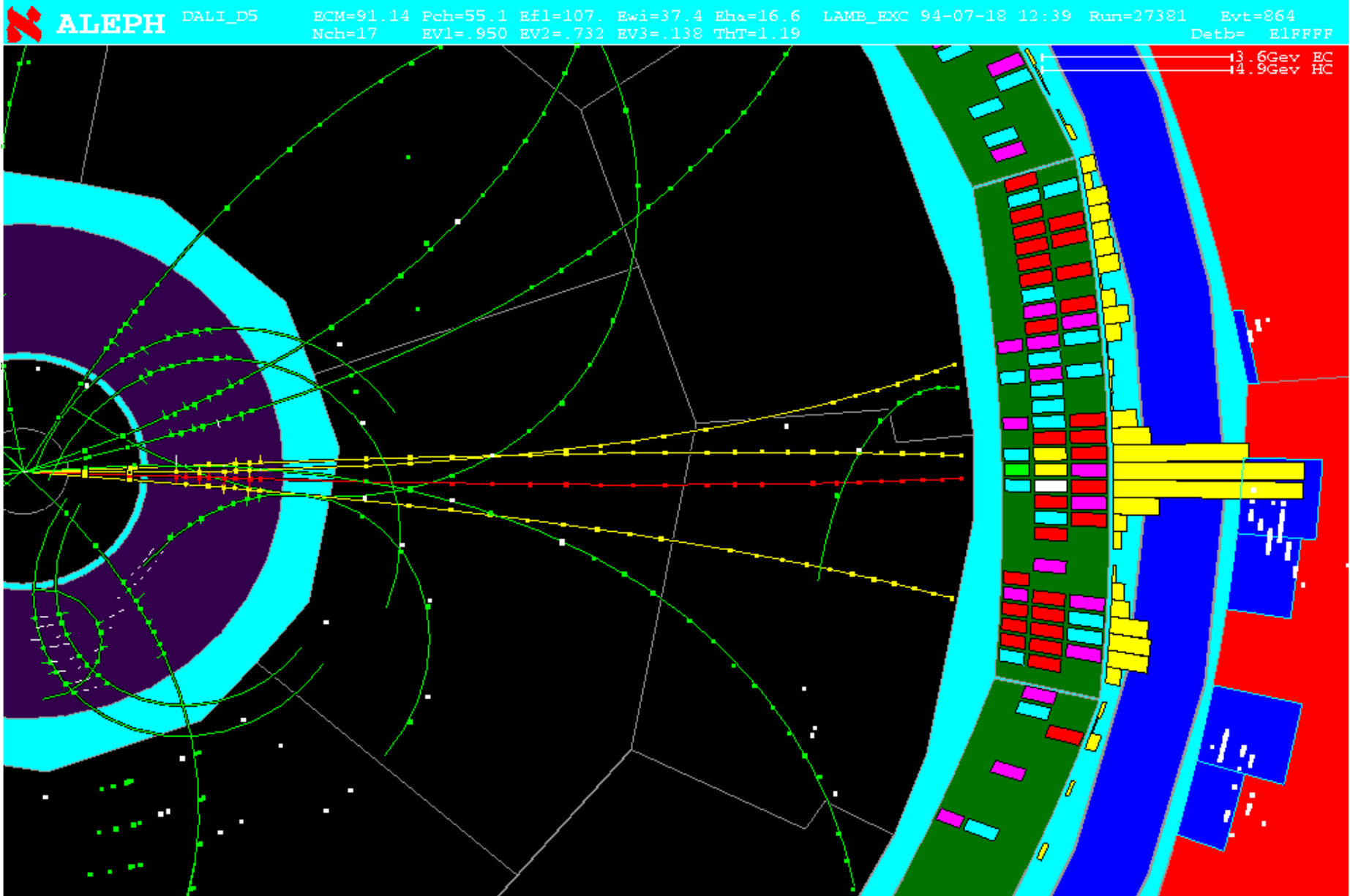
Ανιχνευτές Σωματιδίων, Α

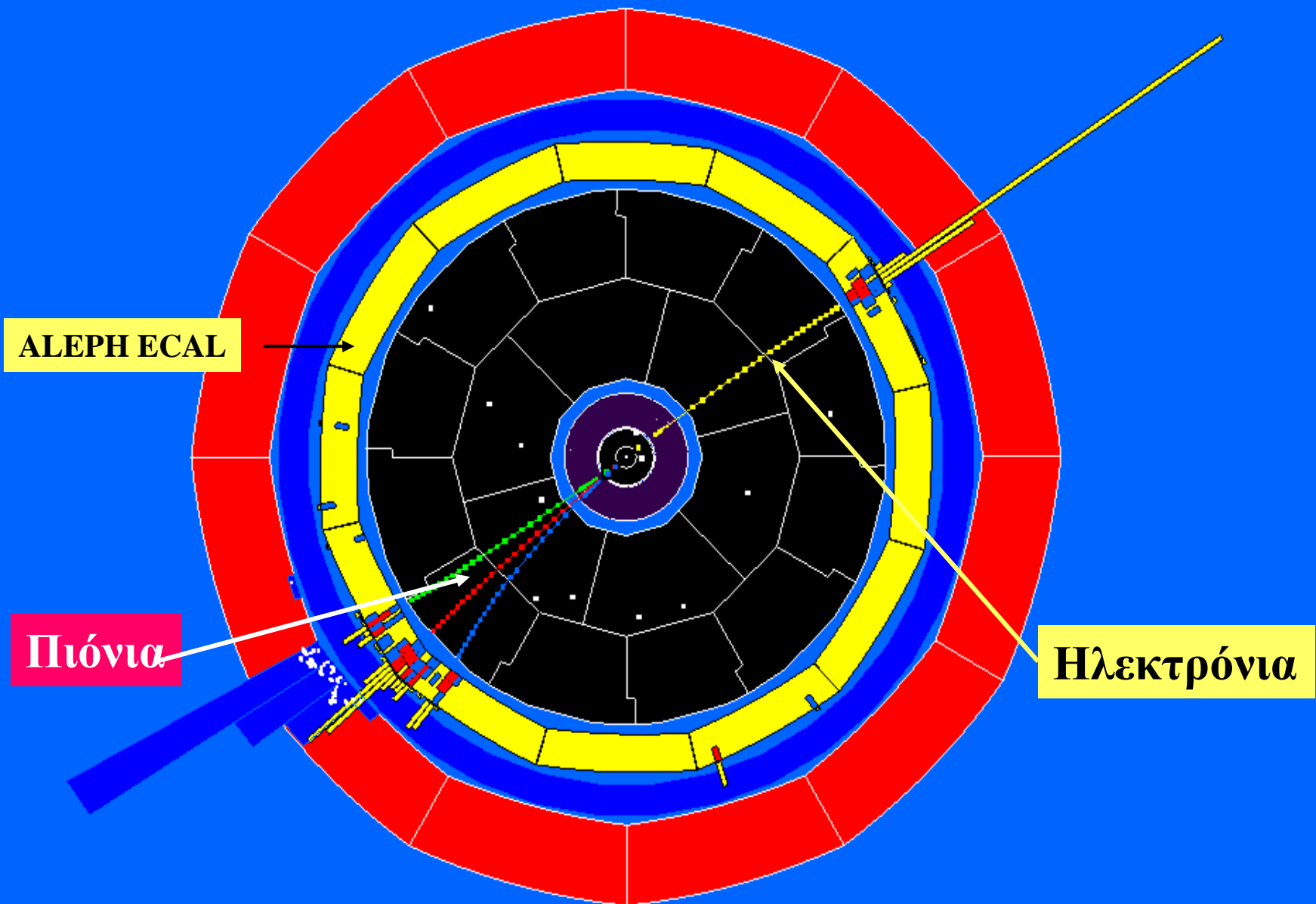
Ανιχνευτές, όπως θάλαμοι αερίου, ή σπινθηριστές

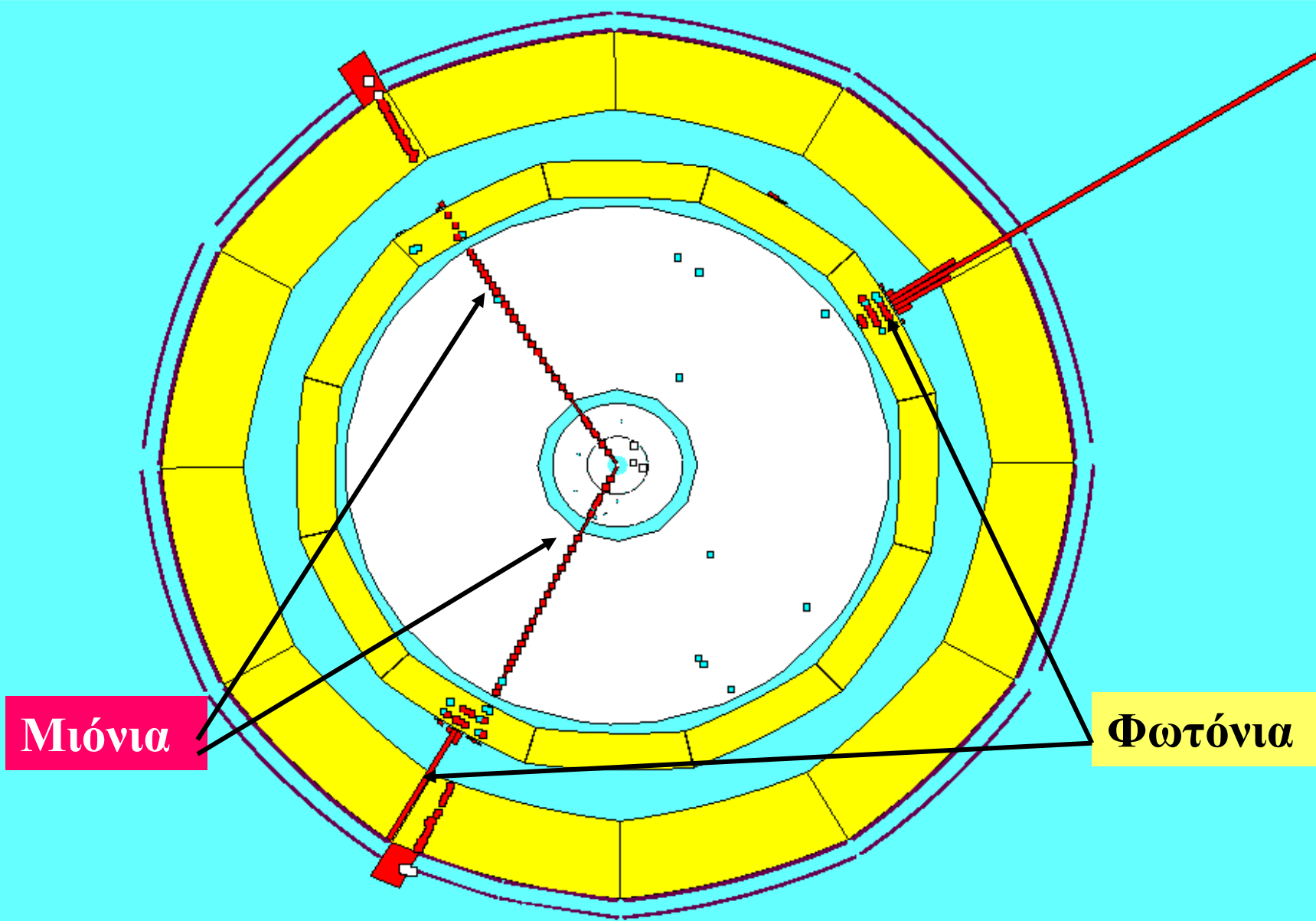
Θερμιδόμετρα Δειγματοσμού



Ανιχνευτές Σωματιδίων, Αυγούστος 2016





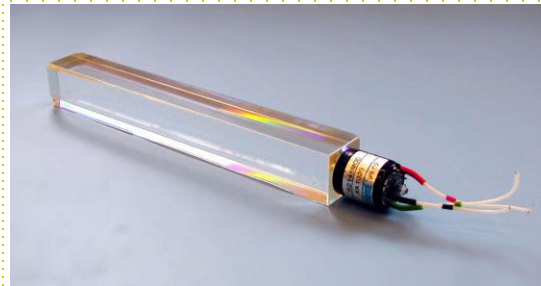
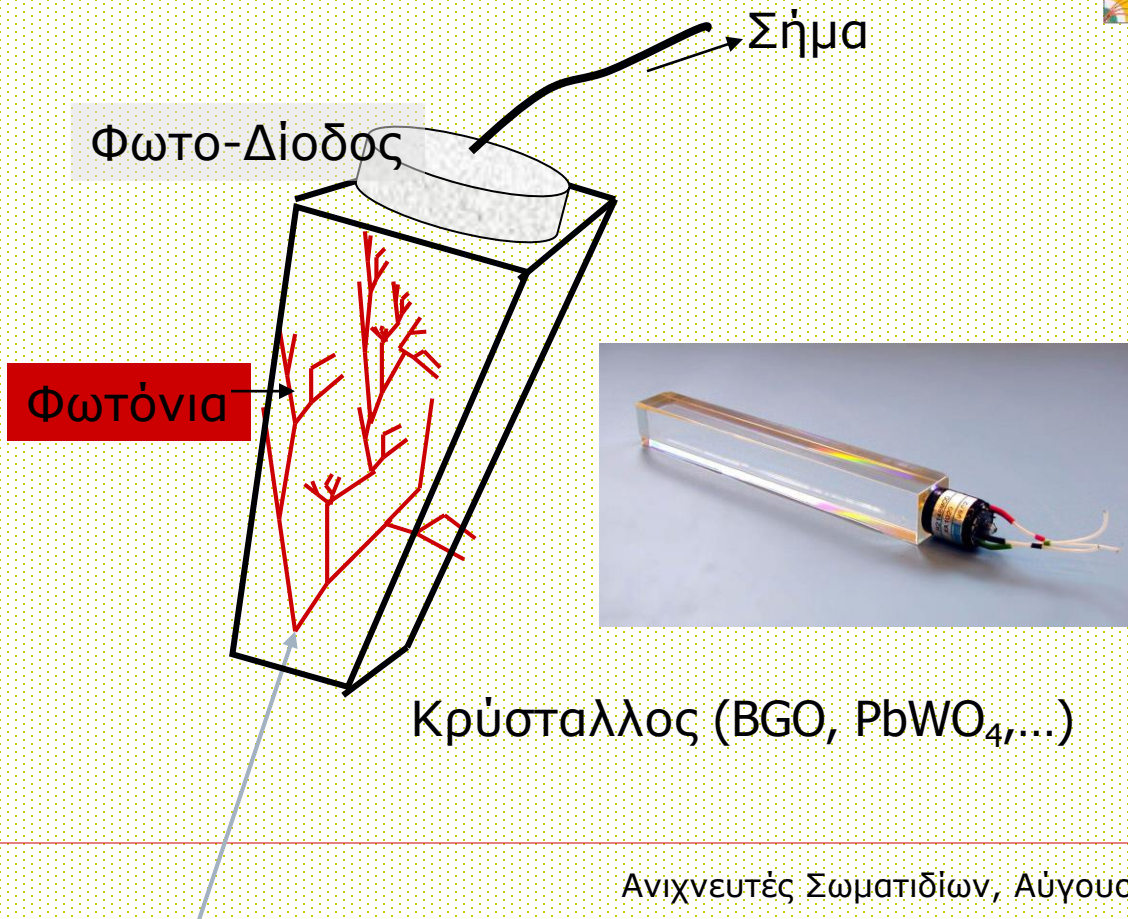


Μιόνια

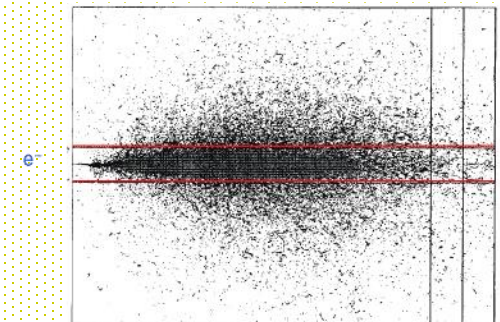
Φωτόνια

Πώς μετράμε τα δευτερογενή σωματίδια?

- 2. Με **ομογενή θερμιδόμετρα, όπως τα θερμιδόμετρα κρυστάλλων**:

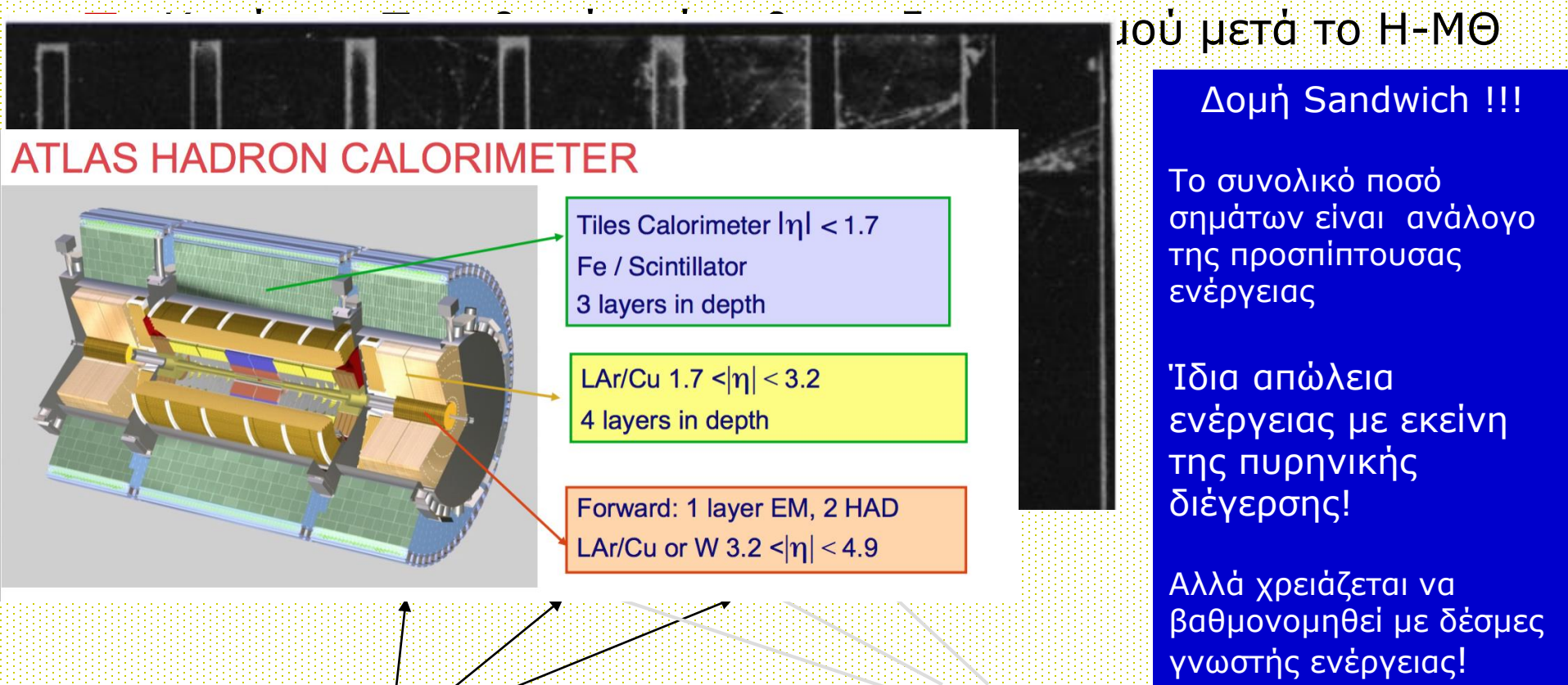


Lead Tungstate Crystals



Αδρονικά Θερμιδόμετρα (Α-Θ)

- Τα Αδρονικά σωματίδια (πρωτόνια, νετρόνια, πιόνια) μπορούν να διέρχονται από τα ηλεκτρομαγνητικά θερμιδόμετρα (Η-ΜΘ). Μπορούν επίσης να αλληλεπιδρούν μέσω **πυρηνικών αντιδράσεων** !



ίου μετά το Η-ΜΘ

Δομή Sandwich !!!

Το συνολικό ποσό σημάτων είναι ανάλογο της προσπίπτουσας ενέργειας

Ίδια απώλεια ενέργειας με εκείνη της πυρηνικής διέγερσης!

Αλλά χρειάζεται να βαθμονομηθεί με δέσμες γνωστής ενέργειας!

Πυκνό υλικό, π.χ. Σίδηρος, Ουράνιο

Ανιχνευτές, όπως Ανιχν. θάλαμοι αερίου, ή Σπινθηριστές

Ταυτοποίηση Σωματιδίων

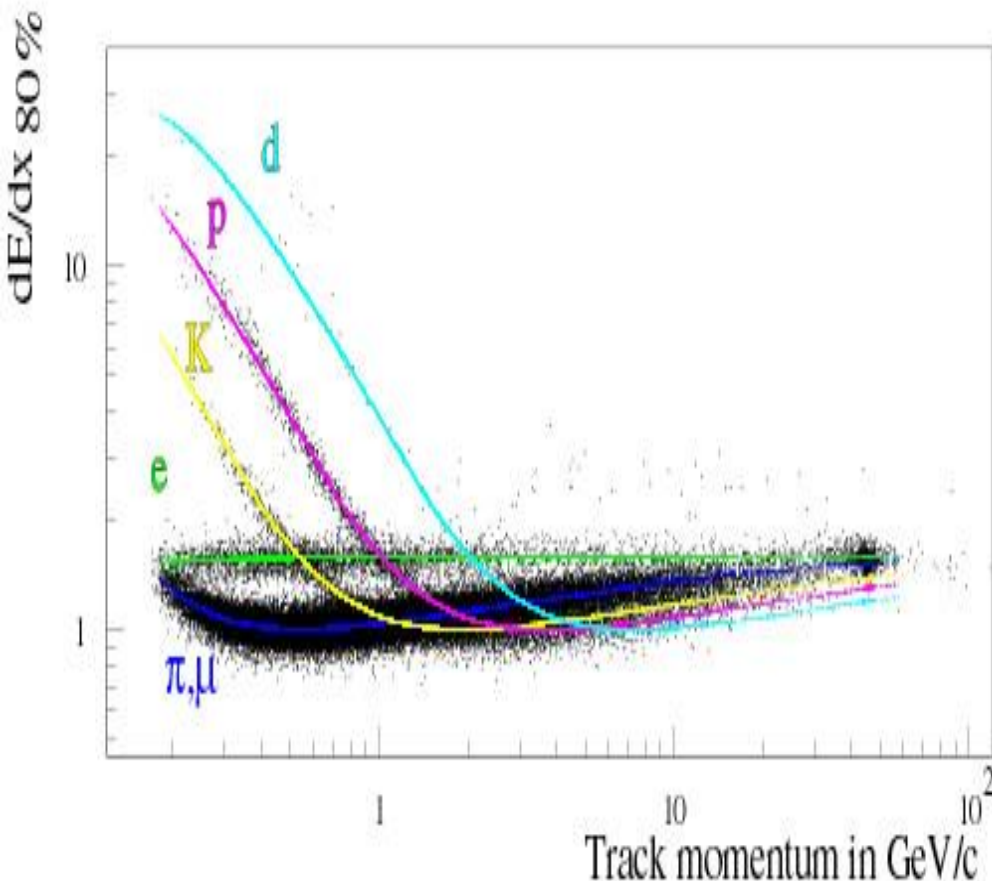
- Βασικές Αρχές:
 - μέσω διαφορετικών αλληλεπιδράσεων με την ύλη
 - με την μέτρηση της μάζας από τα προϊόντα διάσπασης
 - με την μέτρηση της ταχύτητας και **ανεξάρτητα (!)** της ορμής
 - Μετρήσεις **που σχετίζονται με την ταχύτητα:**
 - Μέση απώλεια ενέργειας
 - Ακτινοβολία Cherenkov

Μέση Απώλεια Ενέργειας

- Τα σωματίδια που διέρχονται από ένα αέριο χάνουν ενέργεια, π.χ. **μέσω ιοντισμού:**

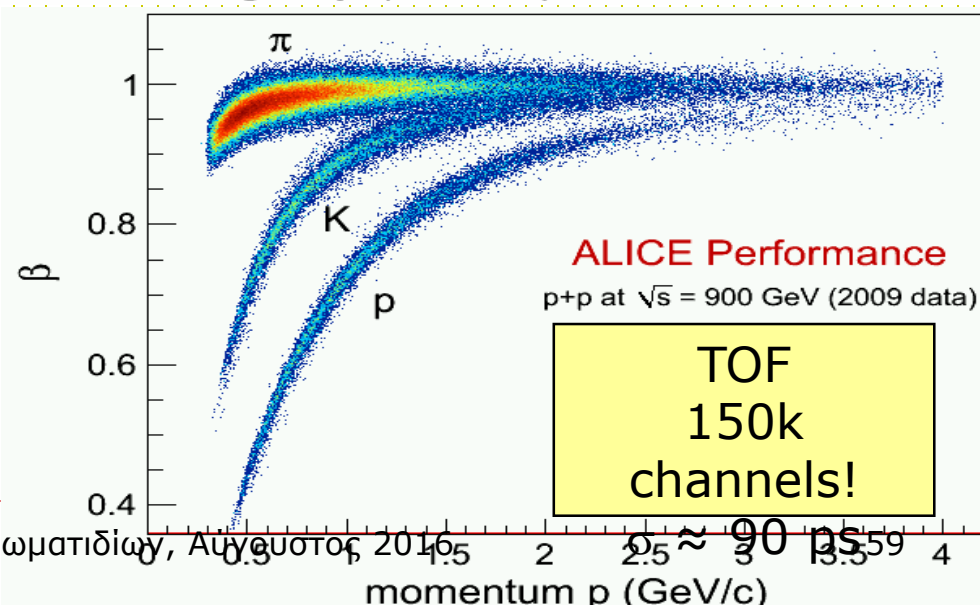
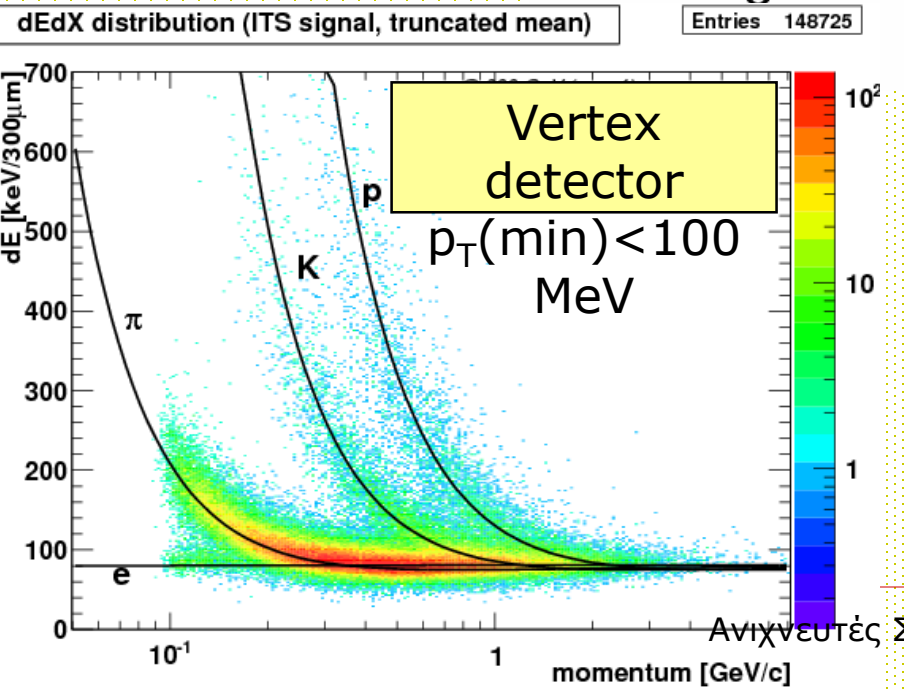
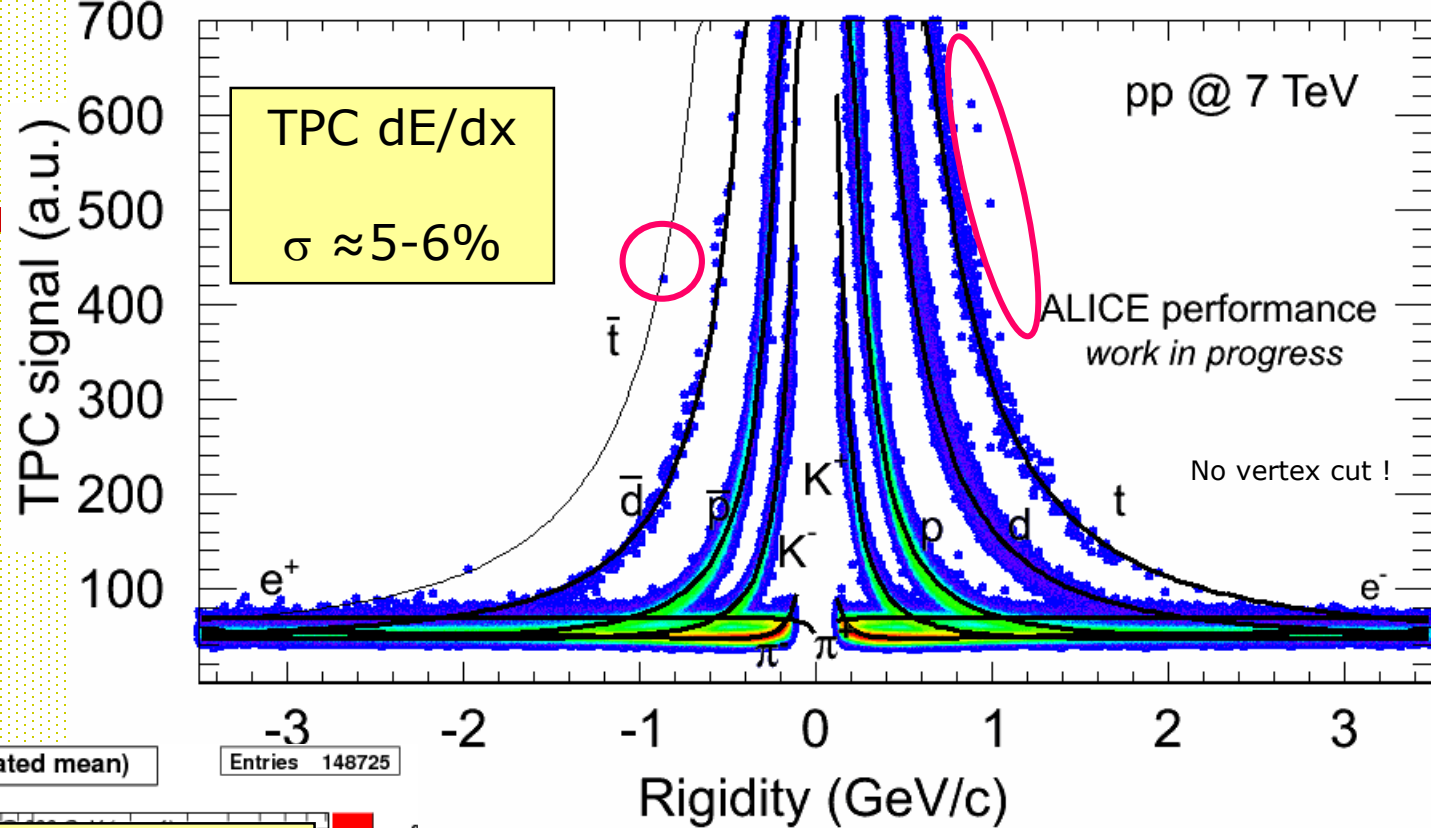
$$E_{\text{απώλ.}} / \text{Μήκος Διαδρομής} \sim \text{Ταχύτητα Σωμ.} \sim v/c$$

$E_{\text{lost}} \sim$ ποσό ιοντισμού \sim μέγεθος σημάτων στα ανοδικά σύρματα



Η σχεδίαση ως προς ταχύτητα (v) και **όχι** ως προς ορμή (p) θα έδινε ΟΛΕΣ τις ζώνες πάνω στη ίδια θέση!

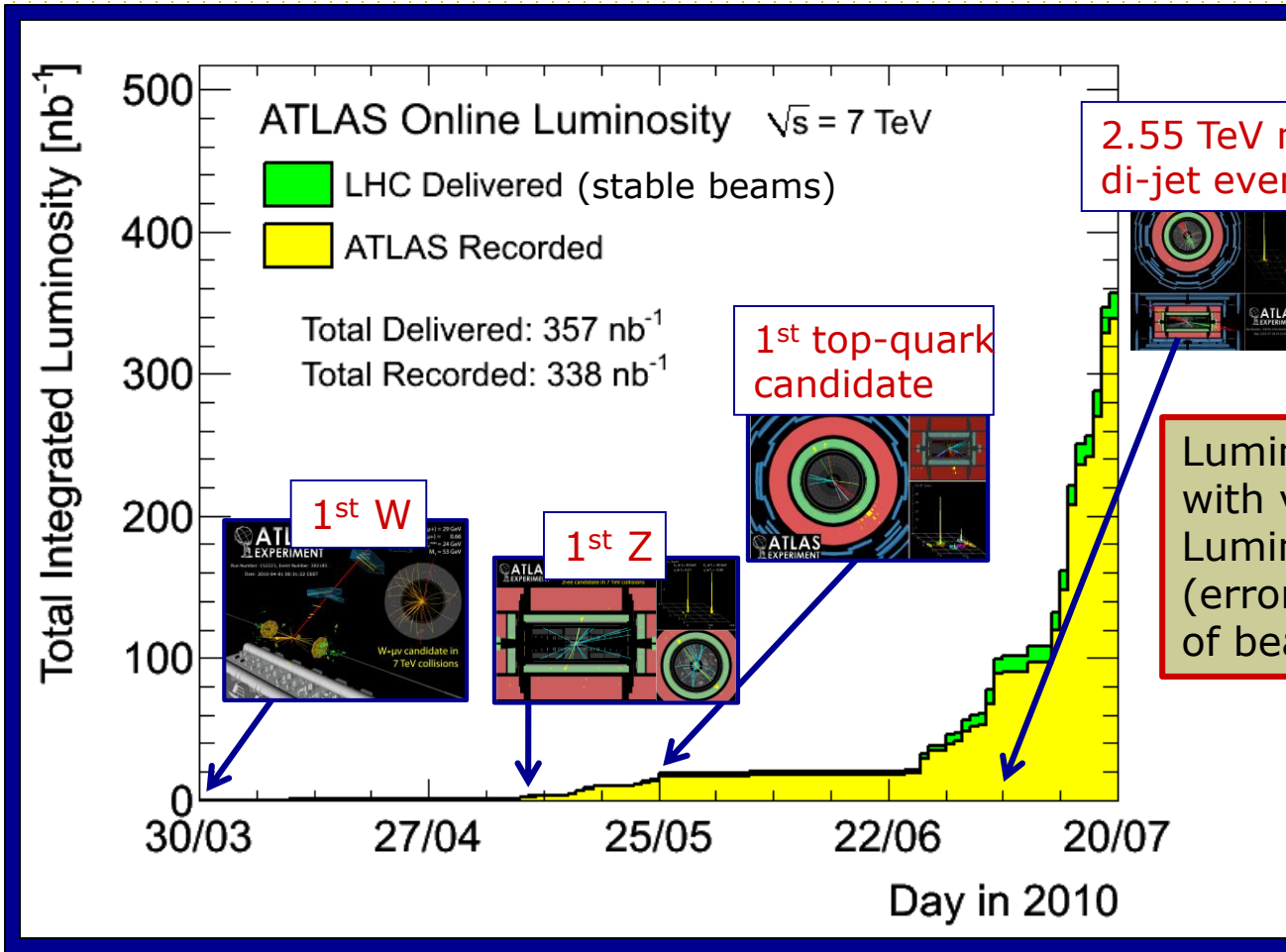
ALICE: PID detectors



BACKUP SLIDES

Integrated luminosity vs time

(from first $\sqrt{s} = 7$ TeV collisions on 30 March to beginning of ICHEP on 22 July)



Luminosity detectors calibrated with van der Meer scans.
Luminosity known today to 11%
(error dominated by knowledge of beam currents)

Peak luminosity in ATLAS
 $L \sim 1.6 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Overall data taking efficiency (with full detector on): 95%

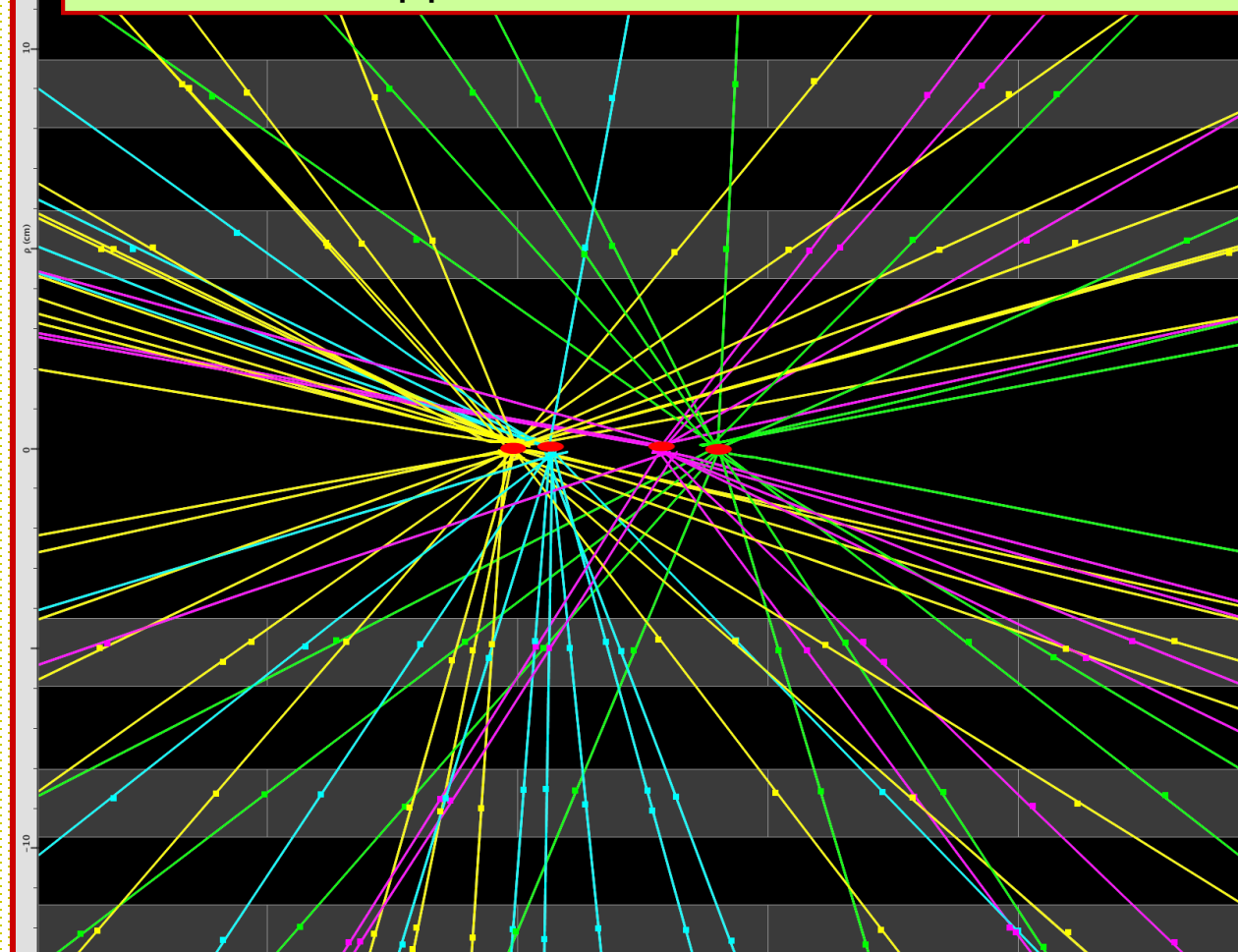
Results presented here based in many cases on whole data sample recorded until the beginning of ICHEP

Max peak luminosity: $L \sim 1.6 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

→ average number of pp interactions per bunch-crossing: up to 1.3

→ “pile-up” ($\sim 40\%$ of the events have > 1 pp interaction per crossing)

Event with 4 pp interactions in the same bunch-crossing

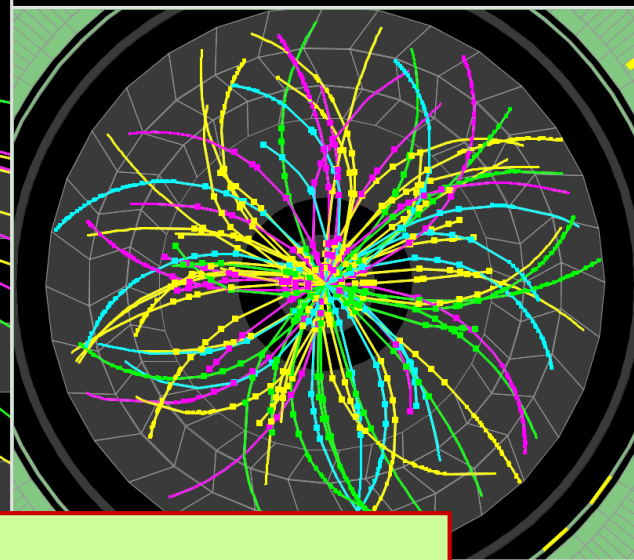


ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 153565, Event Number: 4487360

Date: 2010-04-24 04:18:53 CEST

Event with 4 Pileup Vertices in 7 TeV Collisions

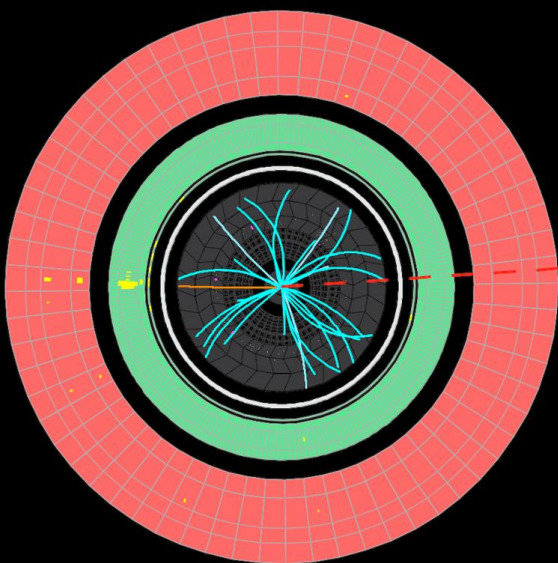


$\sim 10\text{-}45$ tracks with $p_T > 150 \text{ MeV}$ per vertex

Vertex z-positions : $-3.2, -2.3, 0.5, 1.9 \text{ cm}$ (vertex resolution better than $\sim 200 \mu\text{m}$)

W → τν candidate

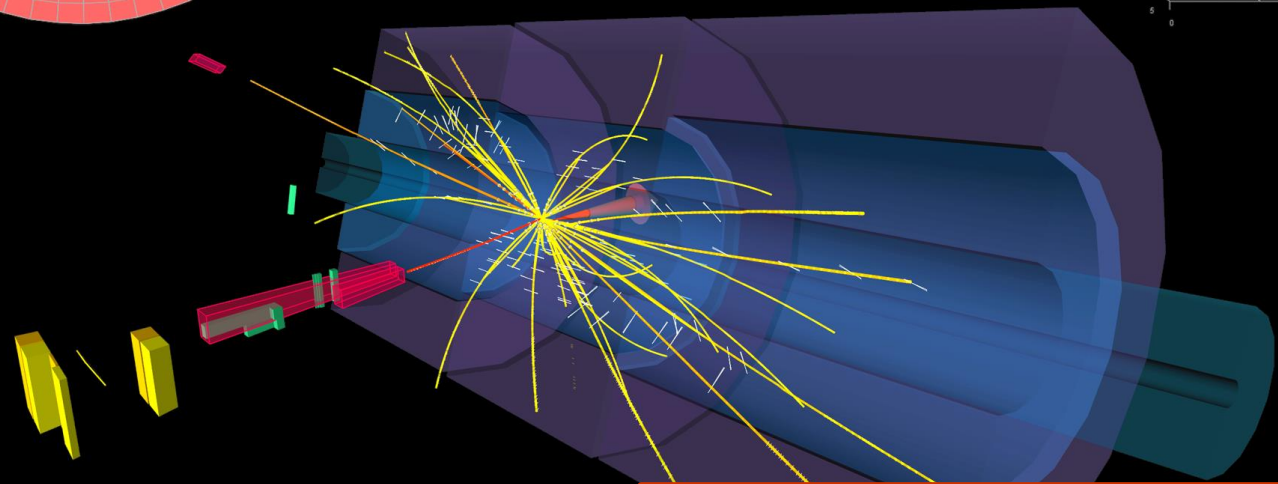
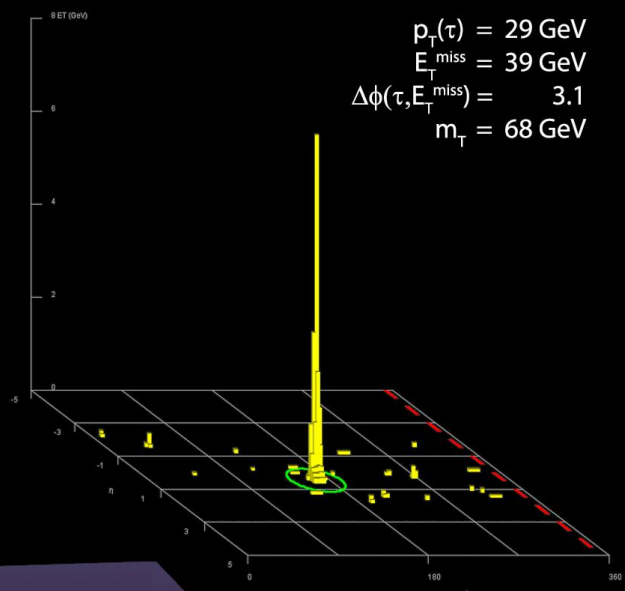
W → τν signal more difficult to observe due to softer spectrum and larger backgrounds (jets, W → eν, Z → ττ):
signal efficiency < 1%, S/B ~ 7



ATLAS
EXPERIMENT

Run 155697, Event 6769403
Time 2010-05-24, 17:38 CEST

W → τν candidate in
7 TeV collisions



1-prong τ-candidate
 Passes tight τ-selection cuts, fails loose
 Second hardest track: $p_T \sim 3 \text{ GeV}$

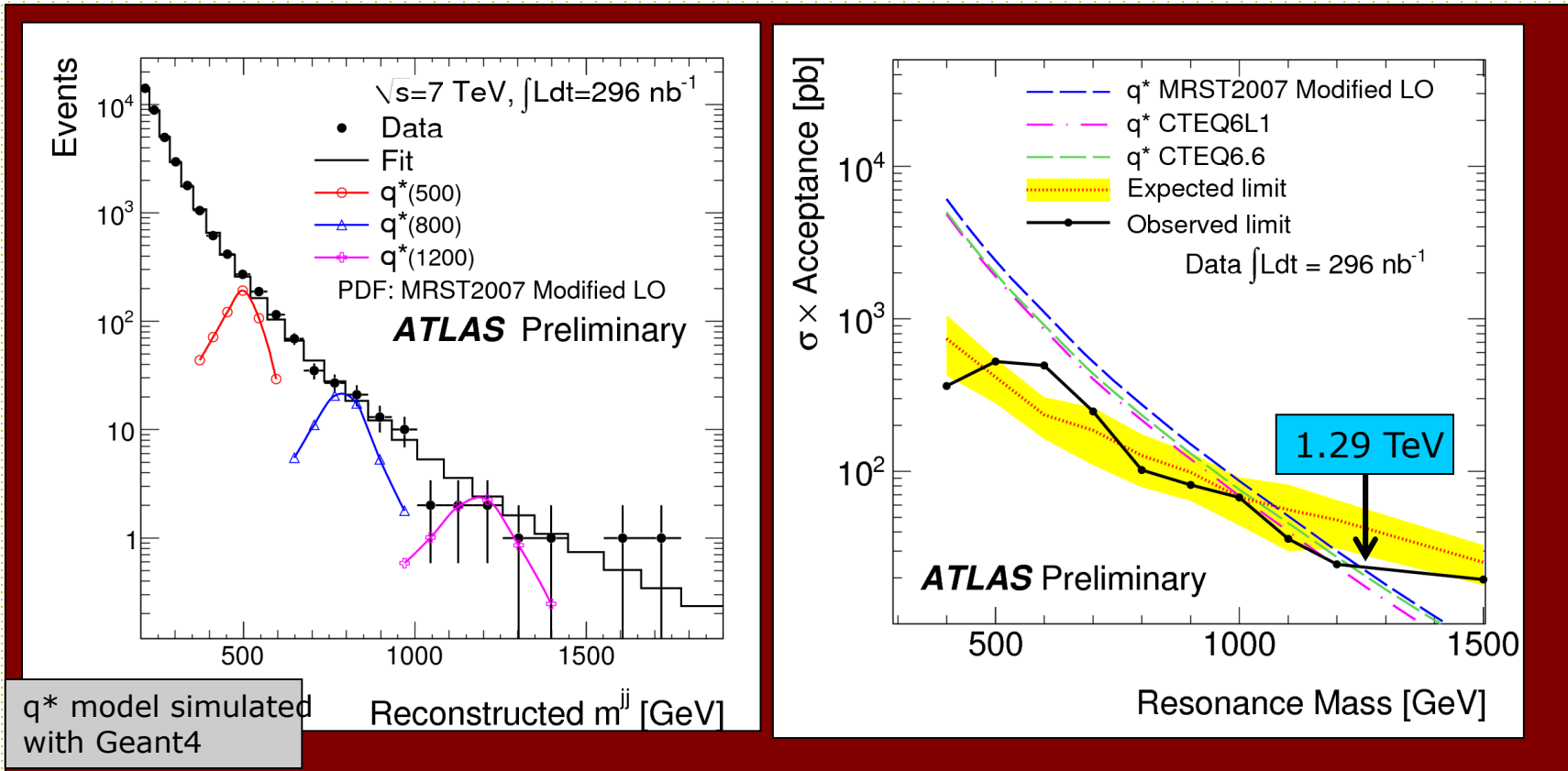
Searches for excited quarks: $q^* \rightarrow jj$

Full data sample analysed

Looked for di-jet resonance in the measured $M(jj)$ distribution
 → spectrum compatible with a smooth monotonic function → no bumps

→ $0.4 < M(q^*) < 1.29 \text{ TeV}$ excluded at 95% C.L.

Latest published limit:
 CDF: $260 < M(q^*) < 870 \text{ GeV}$



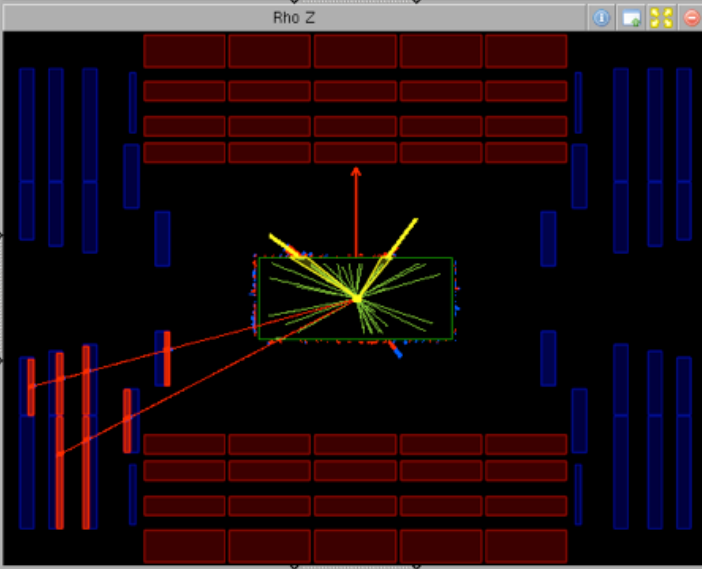
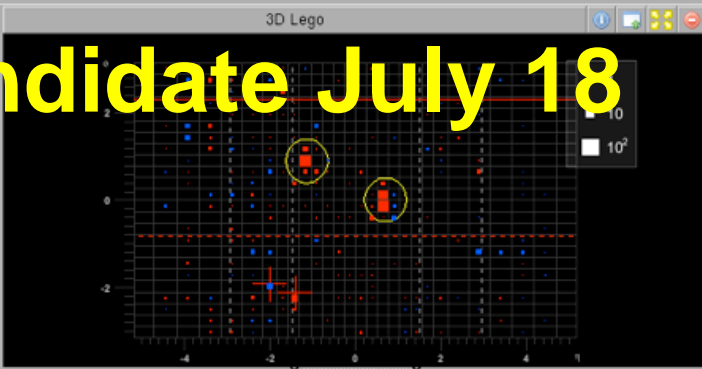
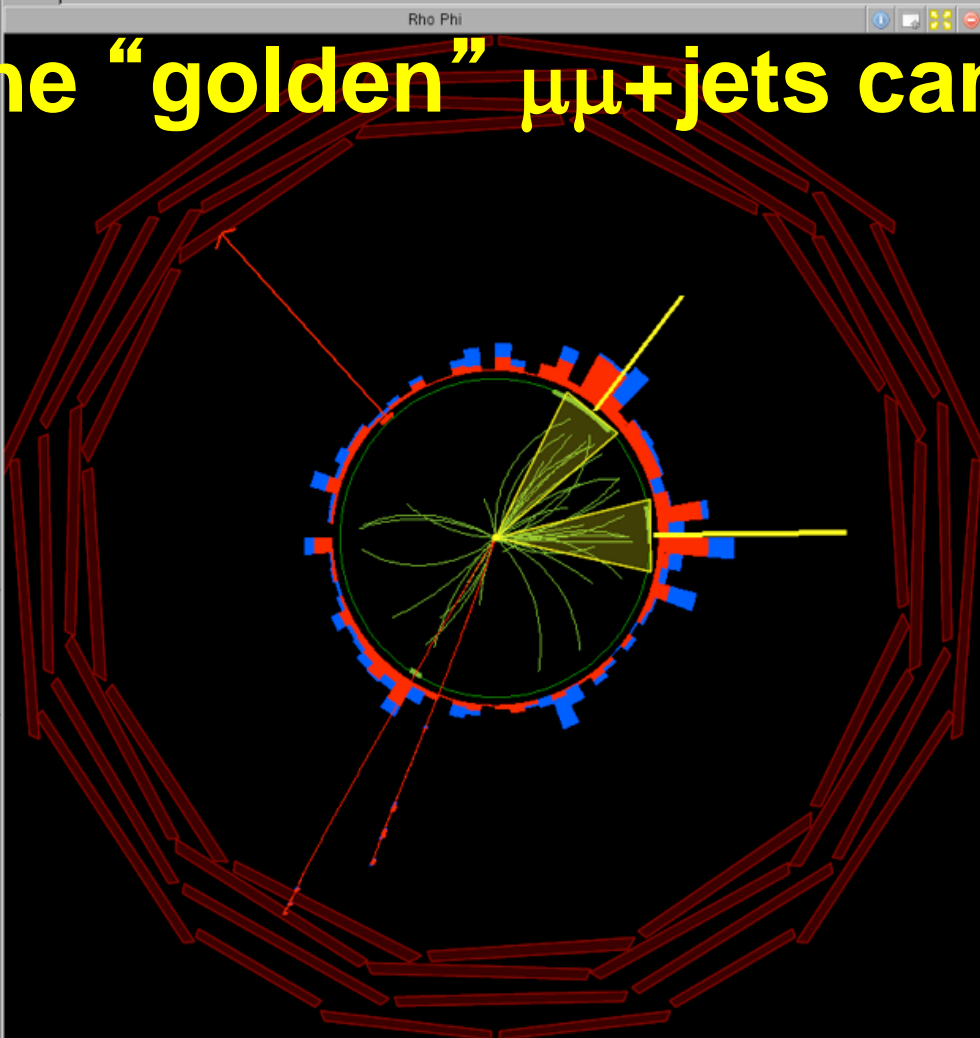
□ Experimental systematic uncertainties included: luminosity, JES (dominant), background fit, ..

Ανιχνευτές Σωματιδίων,

□ Impact of different PDF sets studied with CTEQ6L1: $0.4 < M(q^*) < 1.18 \text{ TeV}$

The "golden" $\mu\mu$ +jets candidate July 18

- Primary View
- Add Collection
- ECal
 - HCal
 - Jets
 - Tracks
 - Muons
 - Electrons
 - Vertices
 - DT-segments
 - CSC-segments
 - Photons
 - MET
 - pTmet



Table

Collection: ptMet

MET	phi	sumEt	mETSig
55.1	2.319	379.3	2.630

Table

Collection: Jets

Pt	eta	phi	ECAL	HCAL	emf	size_eta	size_phi
30.1	0.711	0.014	24.8	13.7	0.643	0.100	0.180
22.4	-1.142	0.971	3.26	5.4	0.836	0.111	0.130
6.6	-1.551	-2.168	11.3	5.1	0.688	0.185	0.155
4.4	-3.743	1.604	12.6	30.5	0.157	0.219	0.124
3.9	-1.871	2.590	9.4	3.6	0.723	0.174	0.126

Table

Collection: Muons

pT	global	tracker	SA	calo	tr pt	eta	phi	matches	d0	d0Err	charge
56.6	true	true	true	false	56.6	-1.427	-2.128	3	-0.066	-39.907	-1
27.1	true	true	true	false	27.1	-2.043	-1.899	4	-0.078	-34.728	1

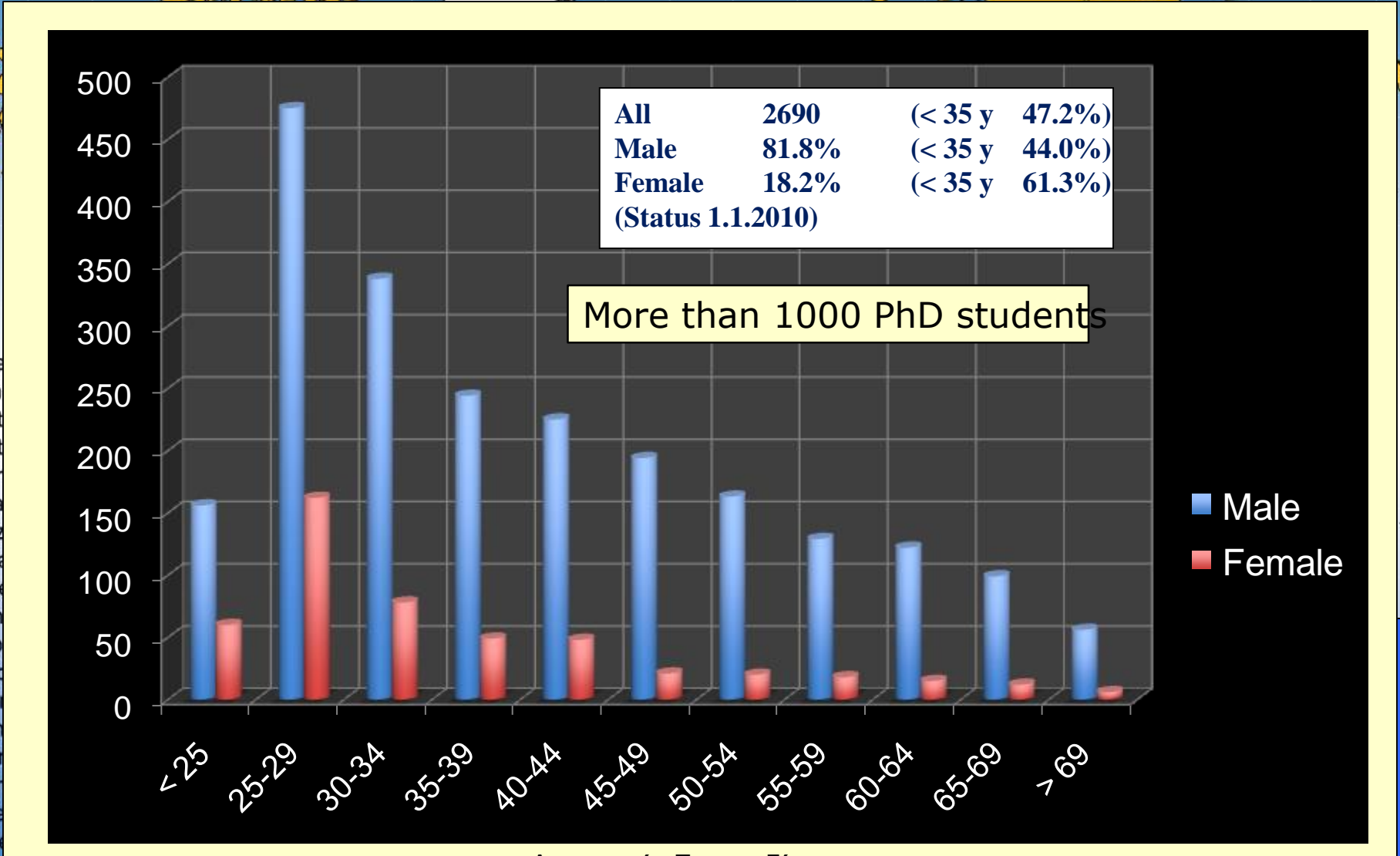
Table

Collection: Electrons

pT	eta	phi	E/p	H/E	forem	dei	dpi	charge
----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	--------

Age distribution of the ATLAS

populatio



All	2690	(< 35 y	47.2%)
Male	81.8%	(< 35 y	44.0%)
Female	18.2%	(< 35 y	61.3%)
(Status 1.1.2010)			

Male
Female

Arge
Arm
Aust
Aust
Azer
Bela
Braz
Cana
Chile
China
Colo
Czed
Den
Fran
Geor
Gerr
Gree
Israe
Italy
Japan

CERN
JINR

Ανιχνευτές Σωματιδίων,
Αύγουστος 2016

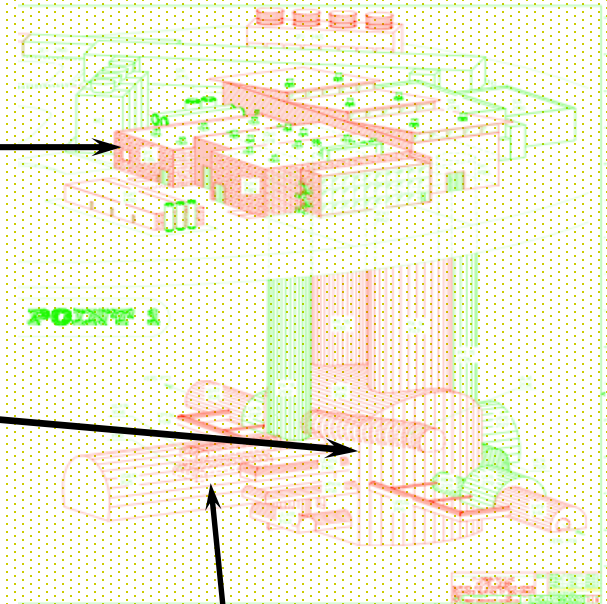


Υποδομή ενός πειράματος

- Τα πειράματα ΔΕΝ είναι μόνο ανιχνευτές
- Χρειάζονται:
 - Σύστημα αυτομάτου ελέγχου των ανιχνευτών
 - Λήψη δεδομένων ΕΚΤΟΣ και παρακολούθηση
 - Ανάλυση των δεδομένων που κατεγράφησαν
 - ...

ATLAS: εγκατάσταση υποδομής

Πλήρης κρυογενικός σταθμός



Υπόγεια κοιλότητα υποδοχής του ανιχνευτή 2003



οματιδίων,
ς 2016

ATLAS: Σκανδαλισμός, Λήψη Δεδομένων και Σύστημα αυτομάτου ελέγχου

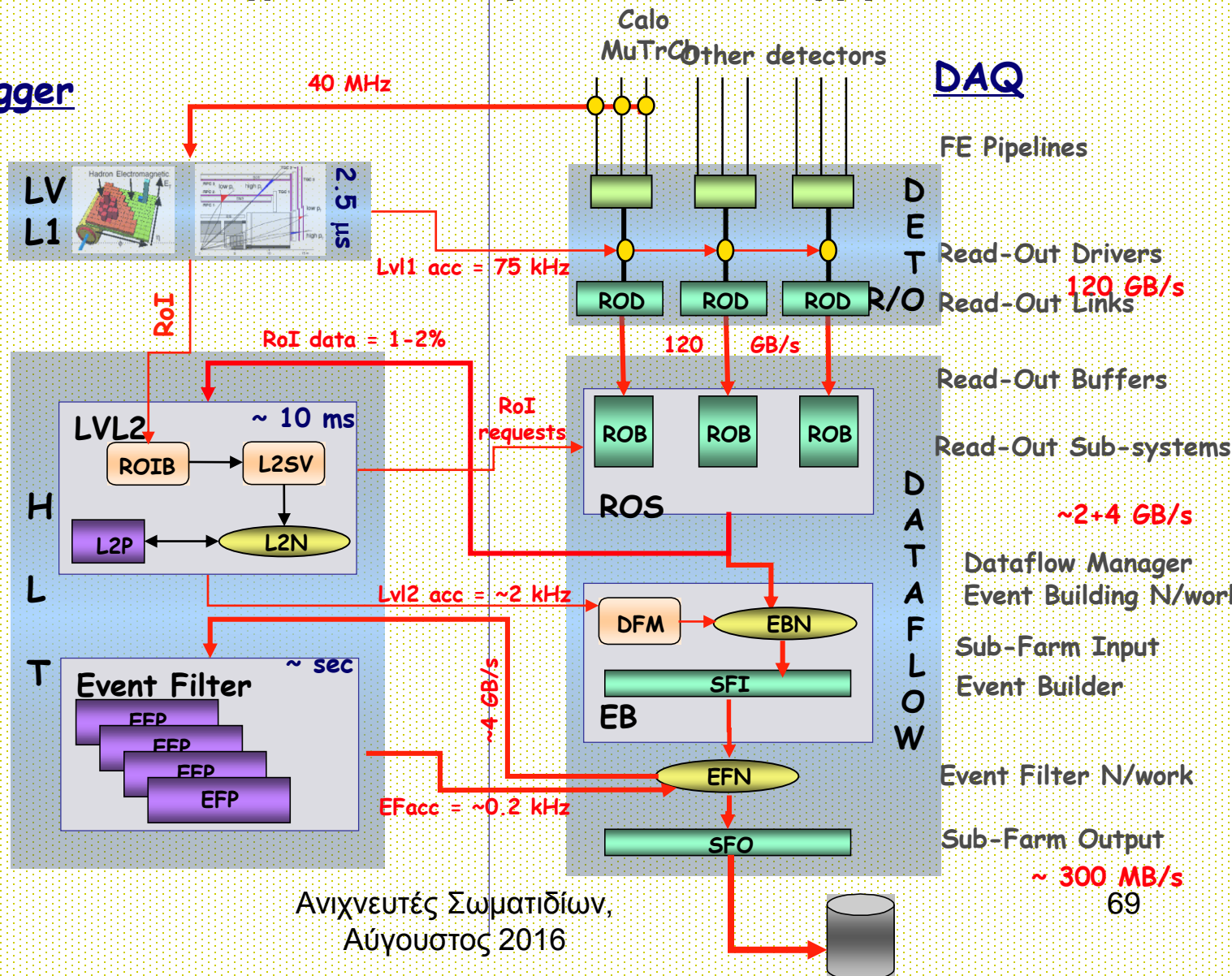
40 MHz

Trigger

75 kHz

~2 kHz

~ 200 Hz



Σκανδαλισμός & Λήψη Δεδομένων



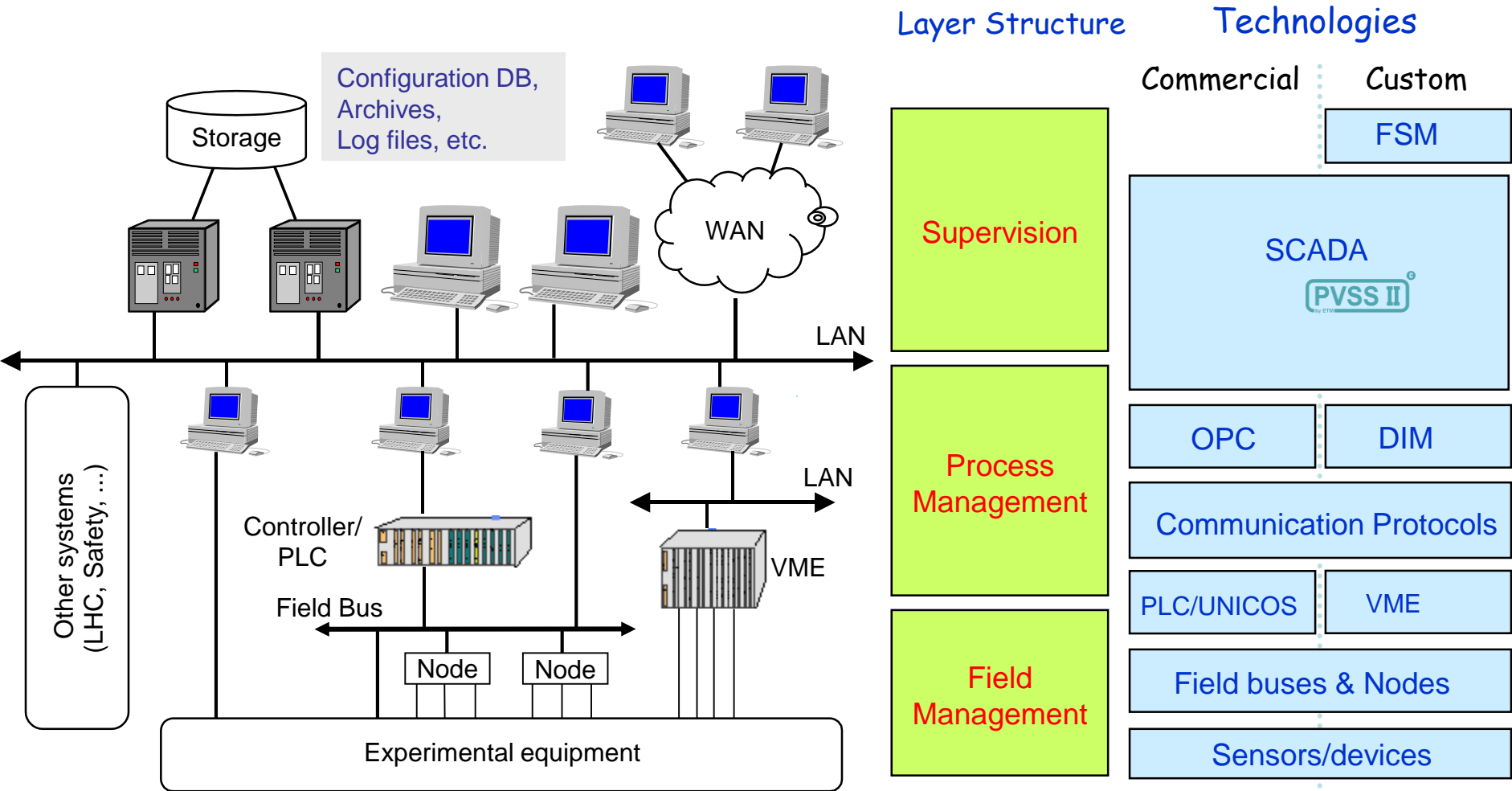
Μεγάλη προσπάθεια τον τελευταίο χρόνο για να λειτουργήσει το σύστημα λήψης δεδομένων χρησιμοποιώντας πρότυπες μονάδες και ομοιοποιητές

Κλίμακα 1:8 του συστήματος λήψης δεδομένων (preseries) εγκατεστημένων στο Point 5, δοκιμάζοντας την τελική λειτουργικότητα και την συνήθη επίδοση



Avi

Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου @ LHC



Based on an original idea from LHCb

Ανιχνευτές Σωματιδίων, Αύγουστος 2016

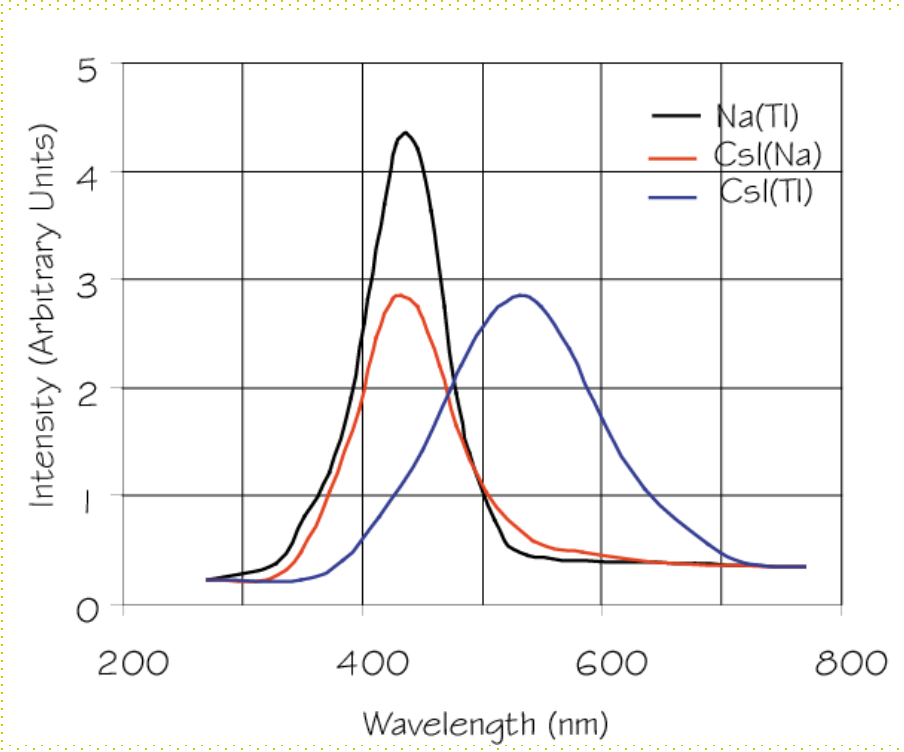
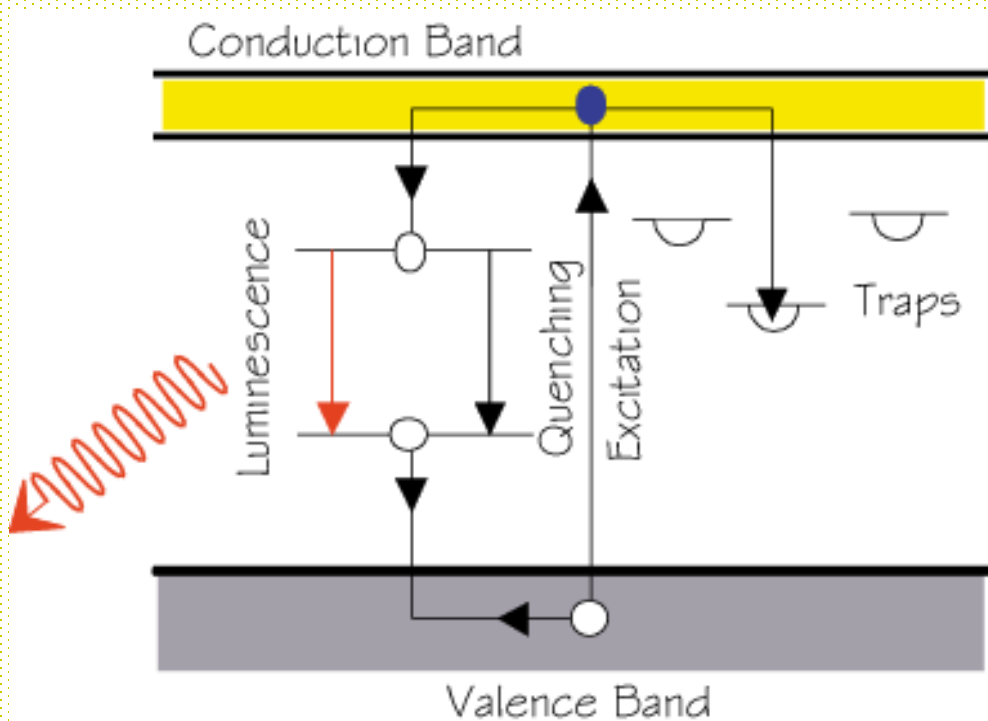
Σύστημα Ασφάλειας Ανιχνευτή

- Κοινό Σύστημα για:
 - Ασφάλεια του ανιχνευτή του πειράματος
 - Ανάπτυξη σε καθιερωμένη τεχνολογία
- Χαρακτηριστικά
 - Ανεξάρτητο σύστημα (**front-end**) ικανό να λειτουργεί από μόνο του για να παρακολουθεί και να εξασφαλίζει τον ανιχνευτή
 - Συνοπτικό σύστημα (**back-end**) για να πληροφορεί άμεσα τους υπεύθυνους ασφάλειας

Σπινθηριστές Ανόργανοι Κρυσταλλικοί Σπινθηριστές

Ο πιο κοινός ανόργανος σπινθηριστής με ευρύτατη χρήση στην έρευνα και τις εφαρμογές είναι το **Ιωδιούχο Νάτριο** ενεργοποιημένο με ίχνη Θαλίου [NaI(Tl)].

Οι Ενεργειακές ζώνες με προσμίξεις σε ενεργοποιημένο κρύσταλλο



Ταυτοποίηση Σωματιδίων
με

DELPHI
TPC

και

RICHes

Για δεδομένα:

- ρ από Λ
- Κ από Φ D*
- π από K⁰

DELPHI particle ID

