

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ & ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

στους Επιταχυντές SPS/LEP/LHC

**Η Χρυσή Εποχή της Πειραματικής Φυσικής Υψηλών Ενεργειών
1980 - 2024**

Ευάγγελος Ν. Γαζής

Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών &
Φυσικών Επιστημών

Φλοίσβος 13/14 – 04 – 2024



- Επιταχυντής δέσμης p^+ SPS, 7 km, 450 GeV

Πείραμα NA14/NA14' 1978-1990

- Επιταχυντής συγκρουομένων δεσμών $e^- - e^+$ LEP, 27 km, 92 GeV – 207 GeV

Πείραμα DELPHI 1986-2000

- Επιταχυντής συγκρουομένων δεσμών $p^+ - p^+$ LHC, 27km, 13TeV

Πείραμα ATLAS 1990-Σήμερα

1978-1990

Επιταχυντής δέσμης p^+ SPS, 7 km, 450 GeV

<https://home.cern/science/accelerators/super-proton-synchrotron>



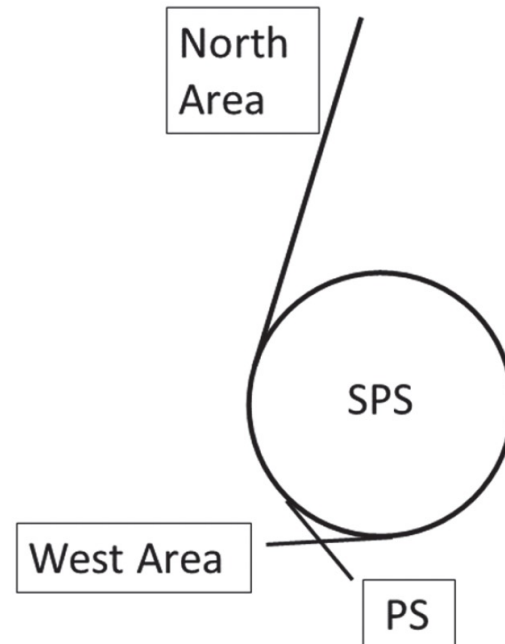
Ο επιταχυντής **SPS** άρχισε τη λειτουργία του το **1976** με πρωτογενή δέσμη πρωτονίων ενέργειας **450 GeV**

Πολλά πειράματα έλαβαν τη δέσμη του **SPS** σε δύο περιοχές, από τις οποίες έχουν και τους τίτλους τους: NA-XX, WA-YY, ...

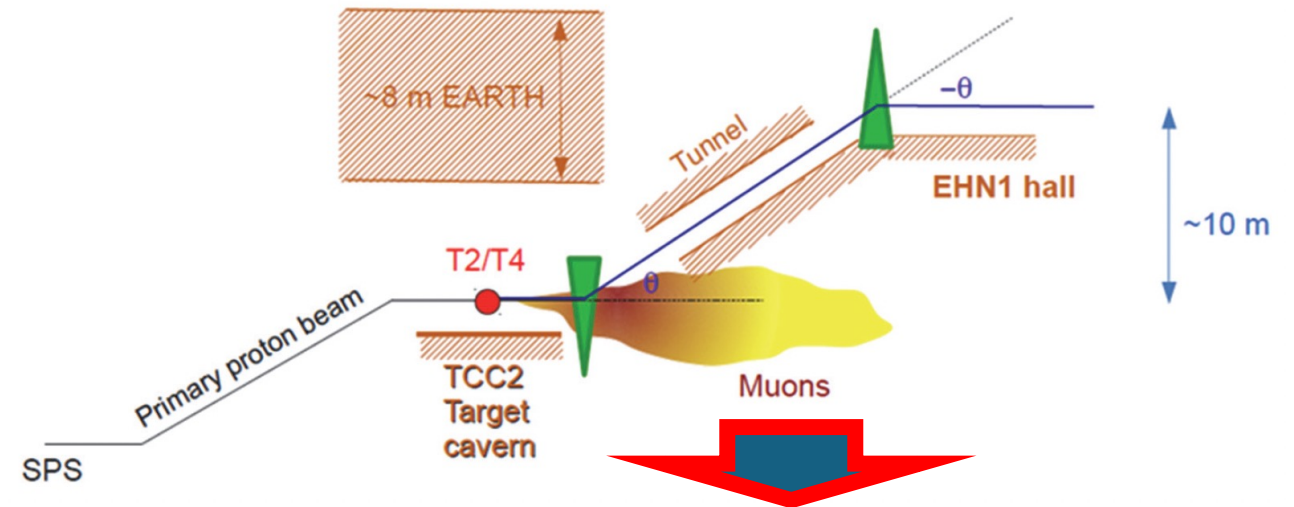
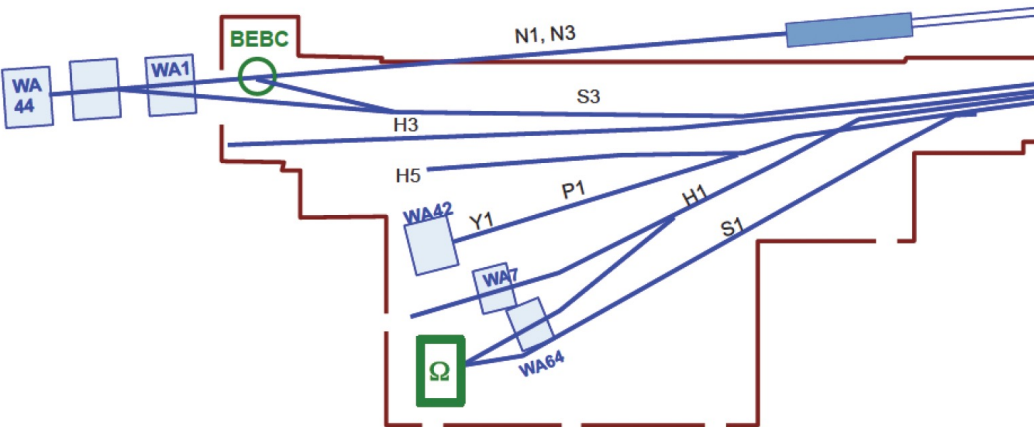
Πειράματα Σταθερού Στόχου

NA = North Area

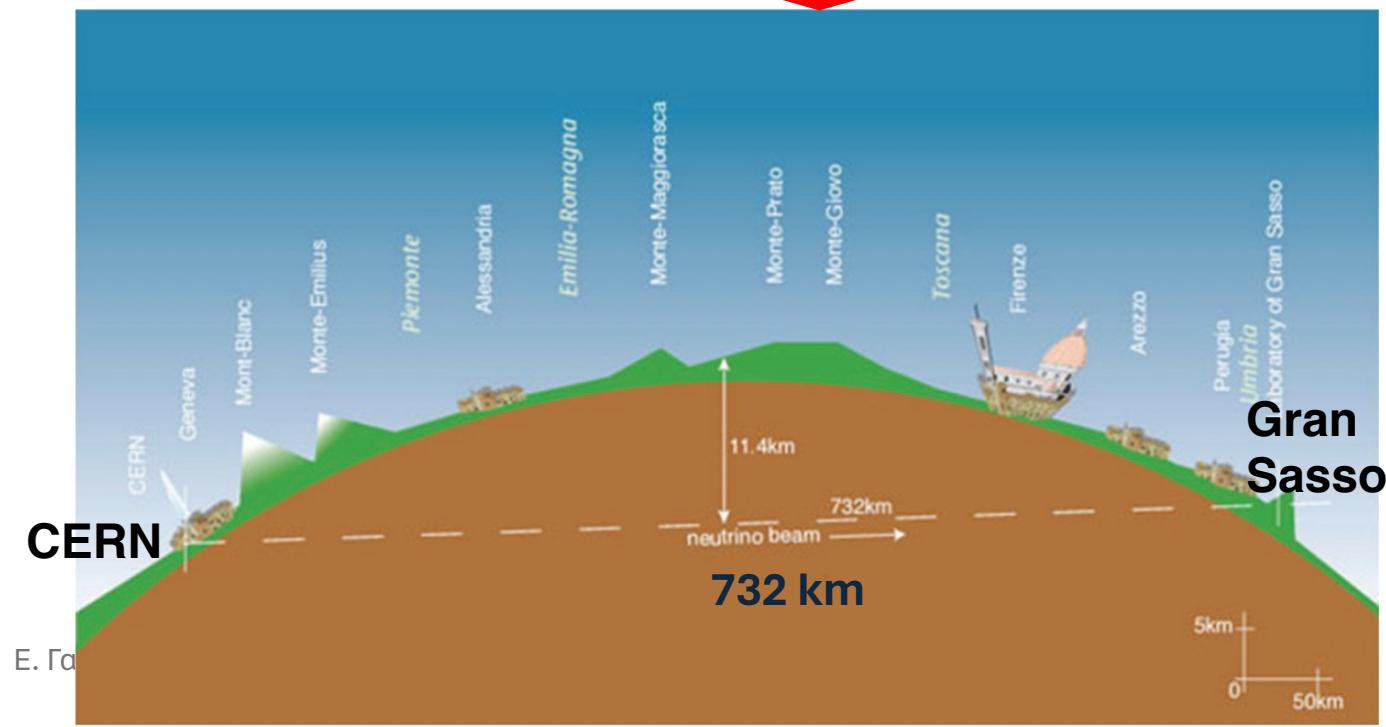
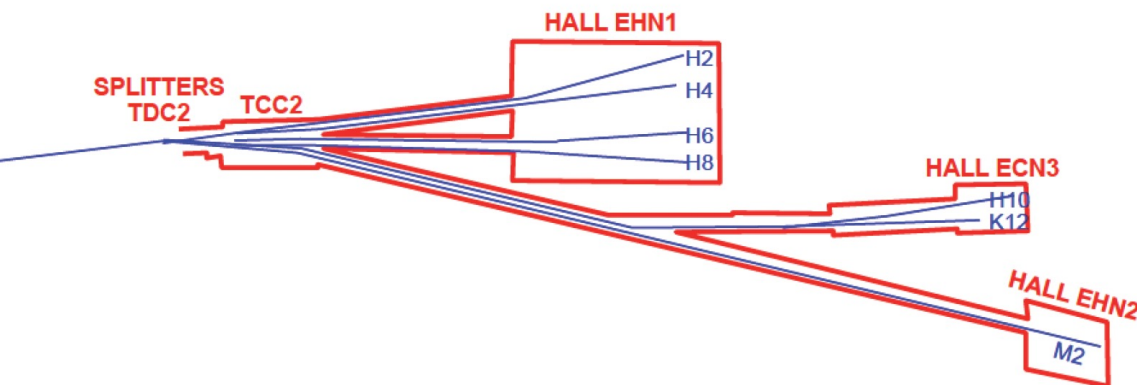
WA= West Area



ιζήρ/ΕΜΠ



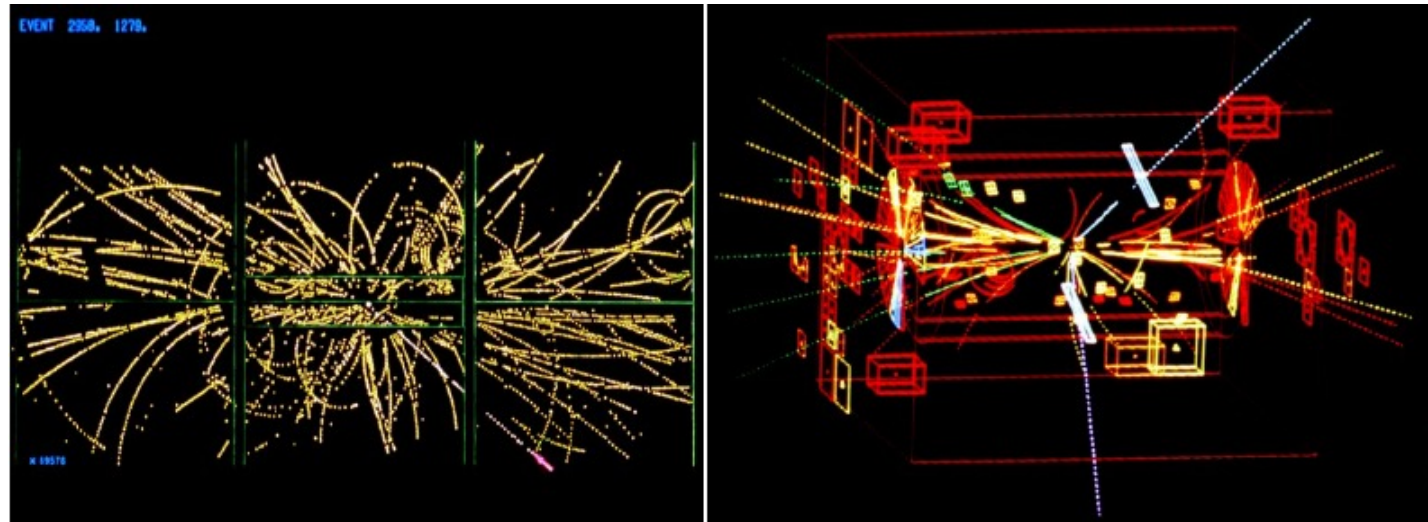
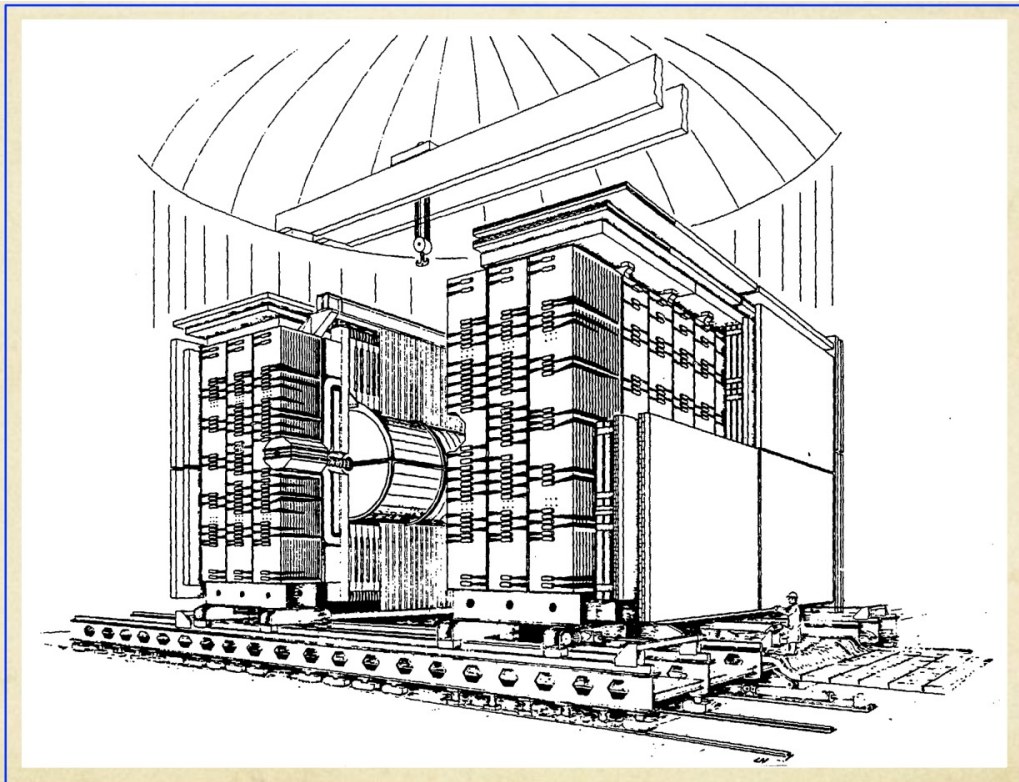
- **NORTH AREA**



Συγκρούσεις Πρωτονίων – Αντιπρωτονίων $p^+ - \bar{p}^-$, $E = 900 \text{ GeV}$

Super Proton–Antiproton Synchrotron (Sp $\bar{p}$ S)

Πείραμα UA1 (1981-1990) Πείραμα UA2



First **W** event, December 1982 (left), and first **Z** event in the UA1 experiment, April 1983

Carlo Rubbia Βραβείο Nobel Φυσικής **1984**

Simon Van der Meer Stochastic Cooling

Camera

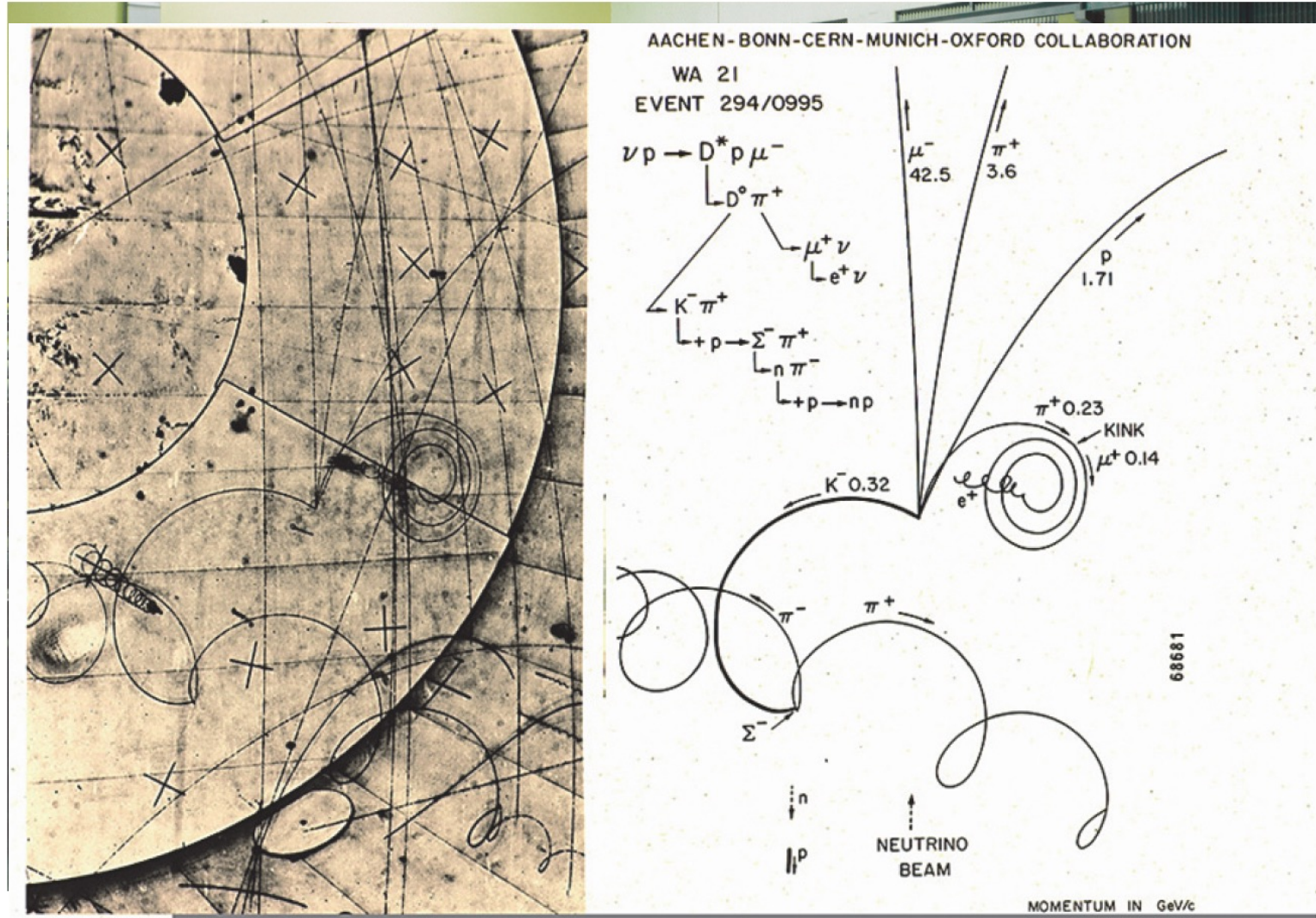


Liquid

Magnet coils

Piston

Magnetic field



Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

Μελέτη και μέτρηση **ενεργού διατομής** ιδιοτήτων μεσονίων με **charm quark**, μέσω της αλληλεπίδρασης **φωτονίων** υψηλής ενέργειας και υψηλής έντασης με πρωτόνια, **σύντηξη $\gamma\gamma$**

Ερευνητές	51
Παν/μια-Ινστιτούτα	10
Χώρες	6 Ευρώπη
Δημοσιεύσεις	47 papers

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Α. Φίλιππας, Ε. Φωκίτης, Ε.Ν. Γαζής, Ε. Κατσούφης, Σ. Μαλτέζος, Θ. Παπαδοπούλου, Χ. Ραχμανί, Α. Μαλτέζος, Κ. Πατρινός



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

CERN-EP/87-211
19 November 1987

CHARM PHOTOPRODUCTION AND LIFETIMES FROM THE NA14/2 EXPERIMENT

A. Filippas, E. Fokitis, E.N. Gazis, E.C. Katsoufis, A. Maltezos, Th. Papadopoulou and H. Rahmani
Technical University, Athens, Greece

M.P. Alvarez, F. Calvino and J.M. Crespo
Universidad Autonoma, Barcelona, Spain

R. Barate, H. Burmeister, L. di Ciaccio, Y. Giomataris, A. Lopez, B. Pattison,
D. Treille and Y. Zolnierowski
CERN, Geneva, Switzerland

M. Cattaneo, A. Duane, R. Forty, M. Koratzinos and D.M. Websdale
Imperial College, London, United Kingdom

B. d'Almagne, P. Druet, C. Krafft, P. Roudeau, J. Six, M. Wayne and G. Wormser
Orsay, LAL, France

J.M. Brunet, B. Lefievre, D. Poutot, P. Triscos, G. Tristram and A. Volte
Collège de France, Paris, France

P. Bonamy, P. Borgeaud, M. David, Y. Lemoigne, C. Magneville, M. Primout and G. Villet
Saclay, France

J.G. McEwen
University of Southampton, Southampton, United Kingdom

D. Bloch, J.P. Engel, P. Foucalt, J.P. Gerber, M. Schaeffer and R. Strub
Strasbourg, France

T. Hofmohl
University of Warsaw, Warsaw, Poland

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

Το πείραμα NA-14/NA-14' χρησιμοποίησε έναν **ενεργό στόχο πυριτίου** και τους πρώτους μεγάλους ανιχνευτές, το **τηλεσκόπιο πυριτίου μικροταινίας (10.000 κανάλια)** για να μελετήσει τη γοητευτική **φωτοπαραγωγή** σε υψηλή ένταση:

- Τροχιές των μεσονίων charm
- Κατανομές Εγκάρσιων Ορμών στις Διασπάσεις D^+ , $D_s \rightarrow \phi \pi$
- Χρόνος Ημι-ζωής D^0 , Λ_c

$$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$$

$$D_s^+ \rightarrow \phi^0 \pi^+$$

$$D^0 \rightarrow K^+ K^-$$

$$\Lambda_c^+ \rightarrow p^+ K^- \pi^+$$

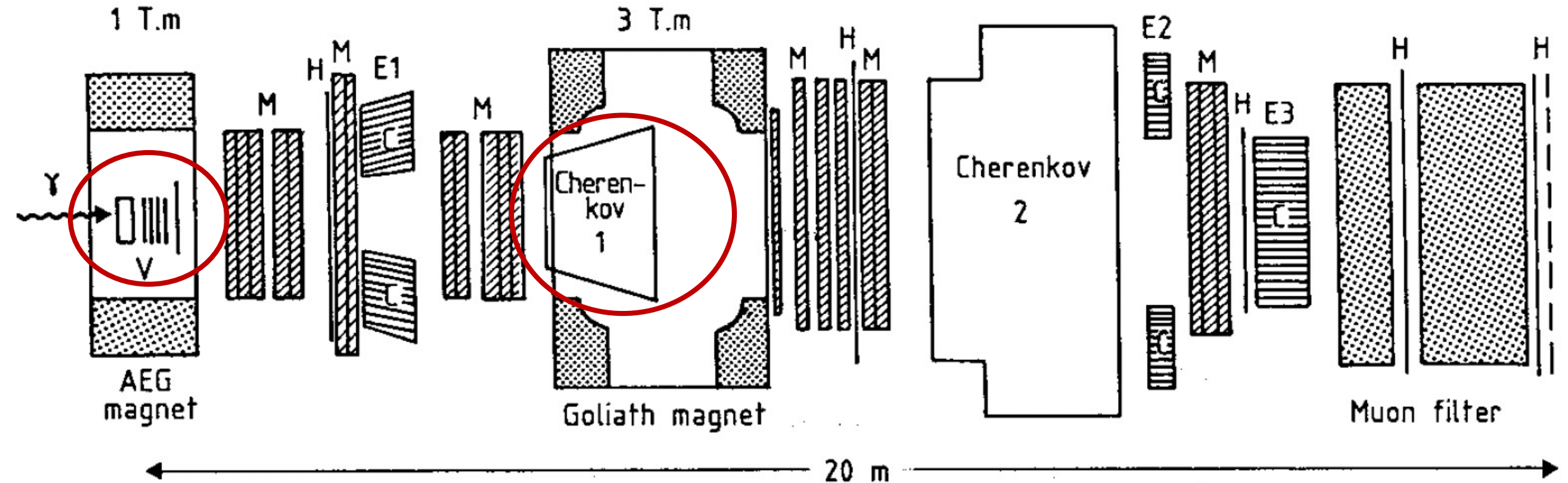
(μελέτη CP-violation)

Πειράματα στον επιταχυντή SPS

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

Πείραμα Σταθερού Στόχου

Tagged Photon Beam, energy range 50 – 200 GeV/c



Πειράματα στον επιταχυντή SPS

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

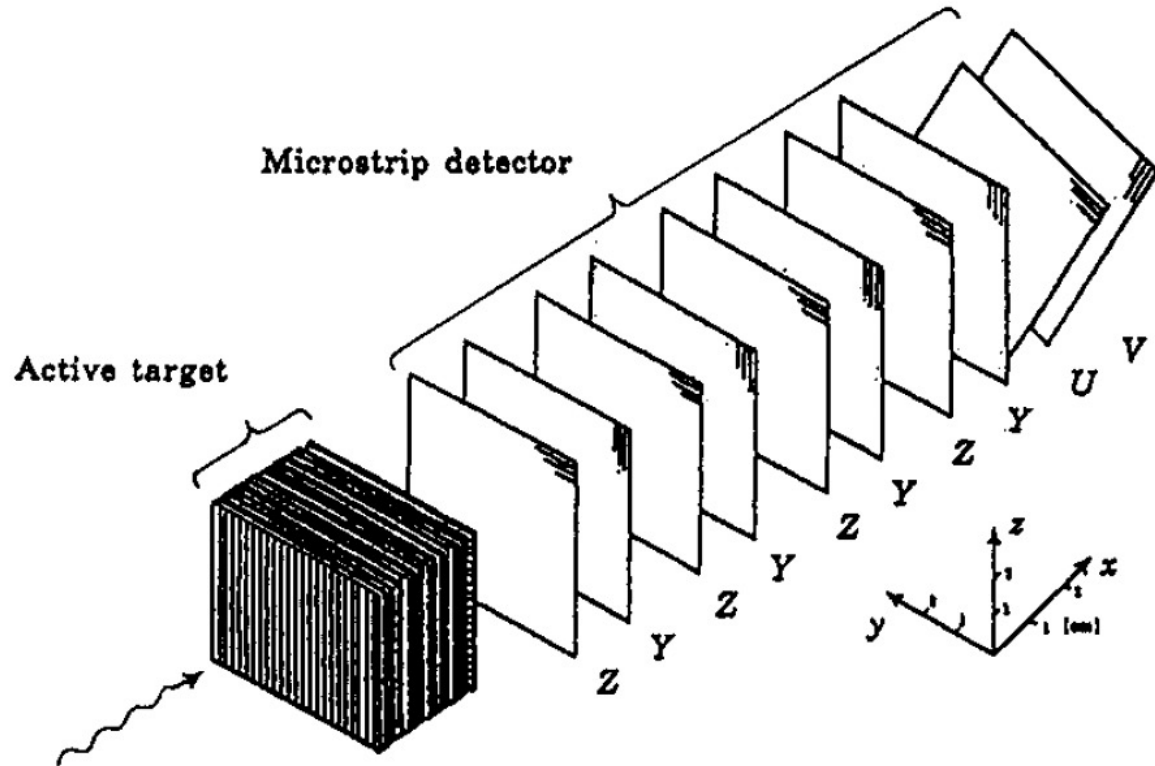
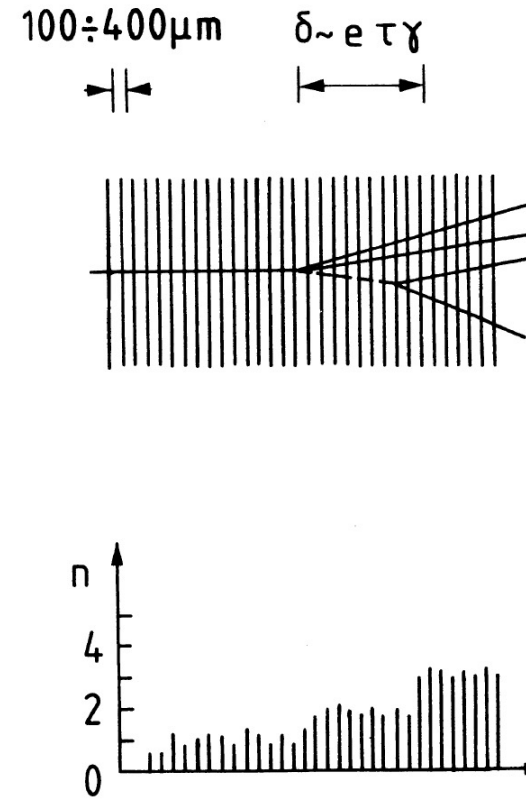
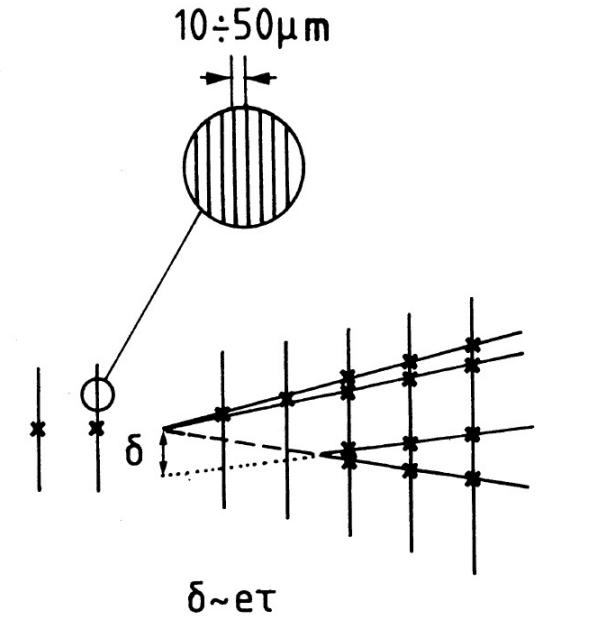


Fig. 2. The vertex detector.

Πείραμα Σταθερού Στόχου

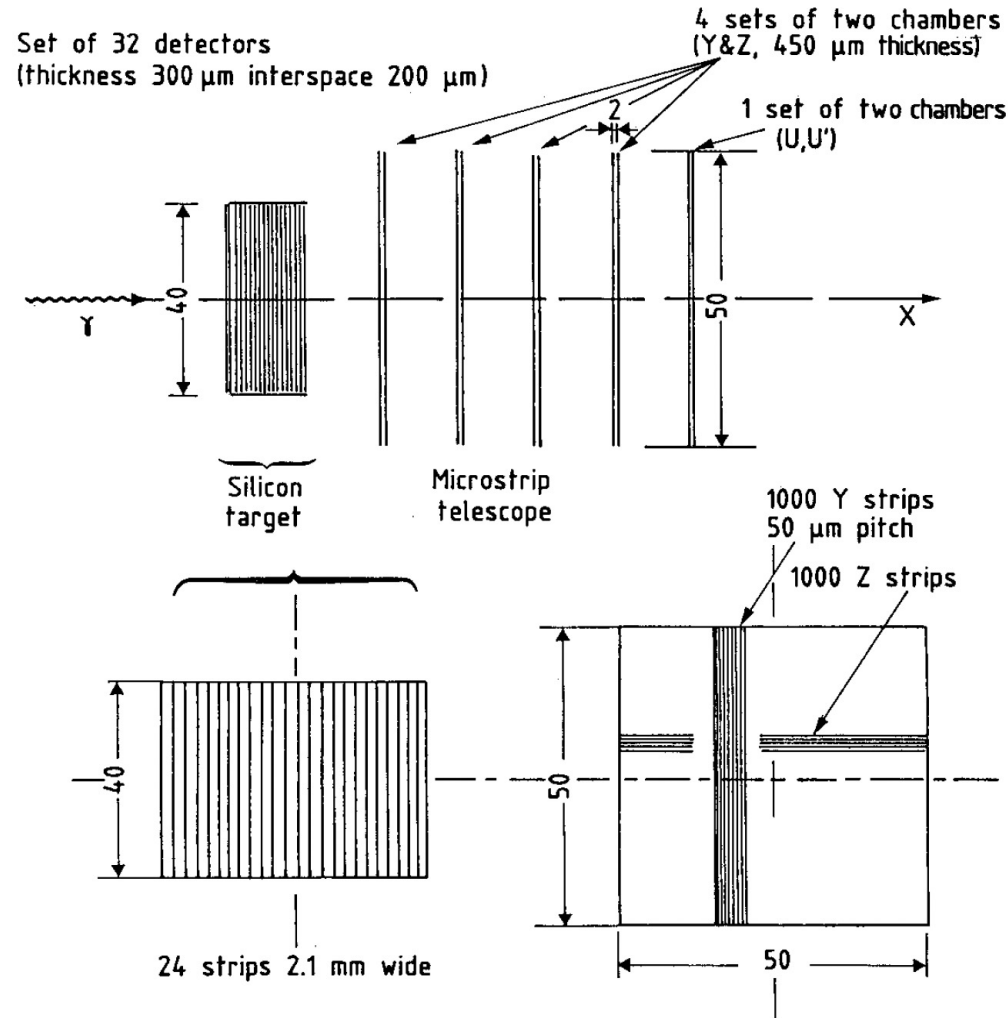


a) active target

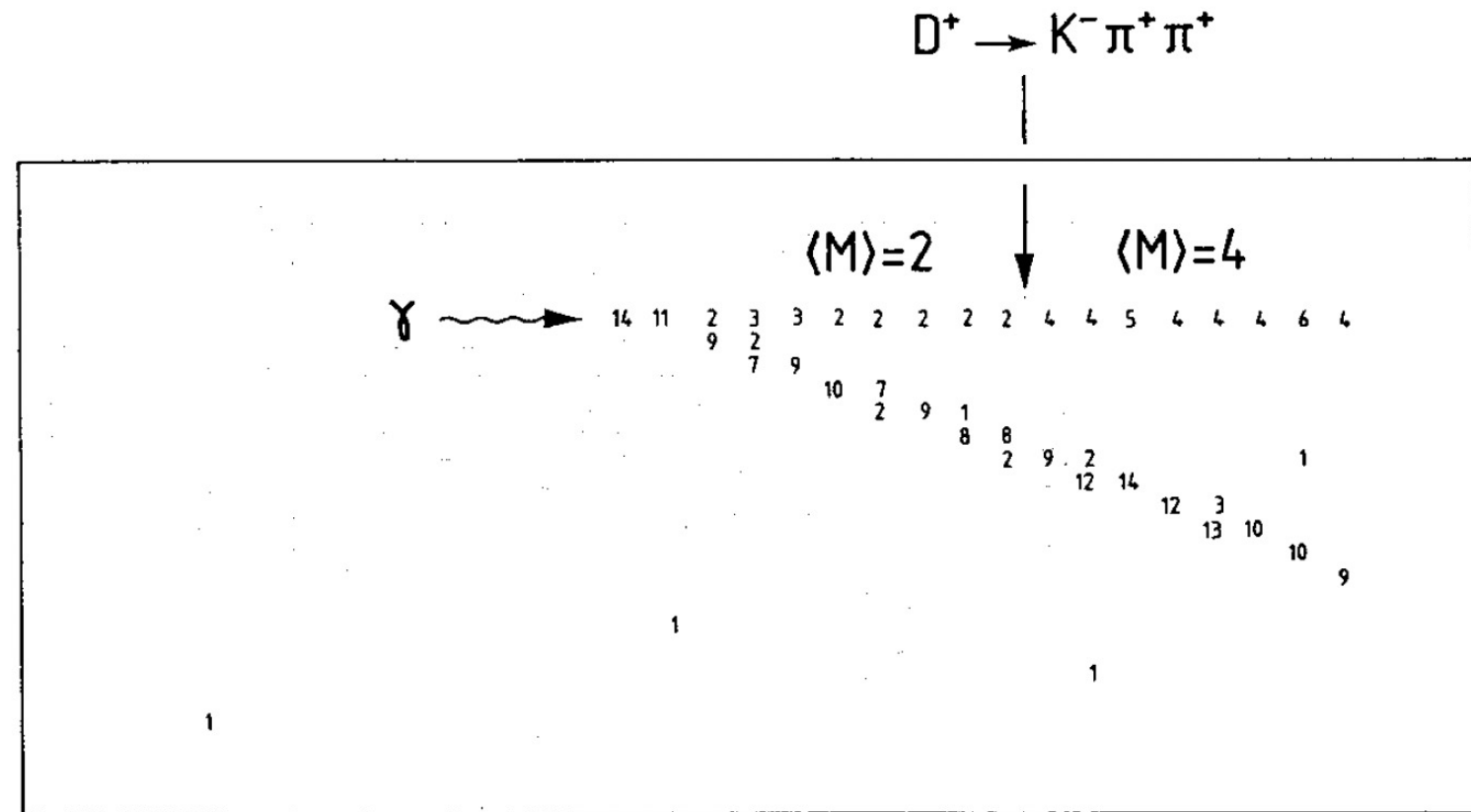


b) micro - strip chamber array

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

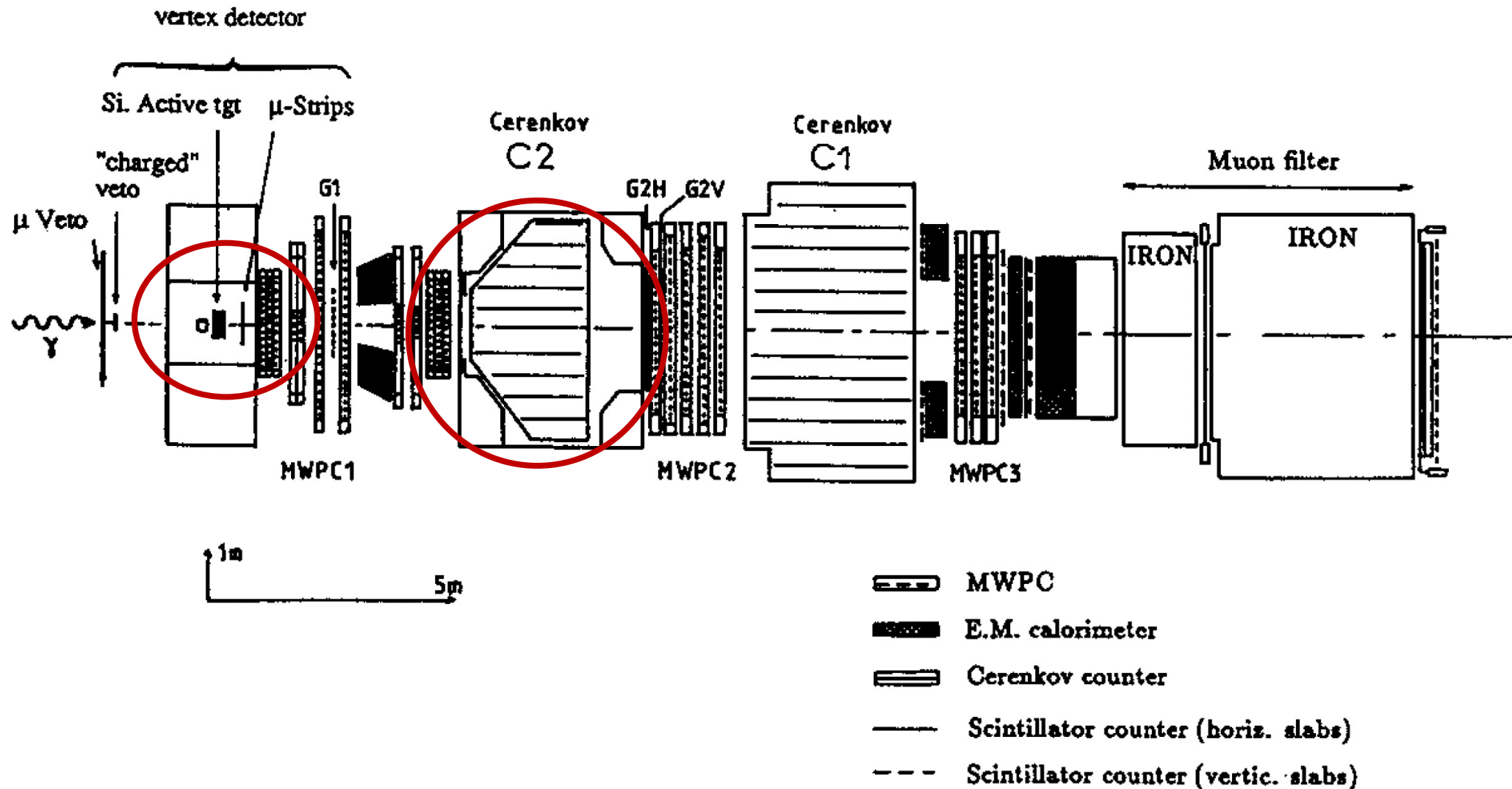


Πείραμα Σταθερού Στόχου



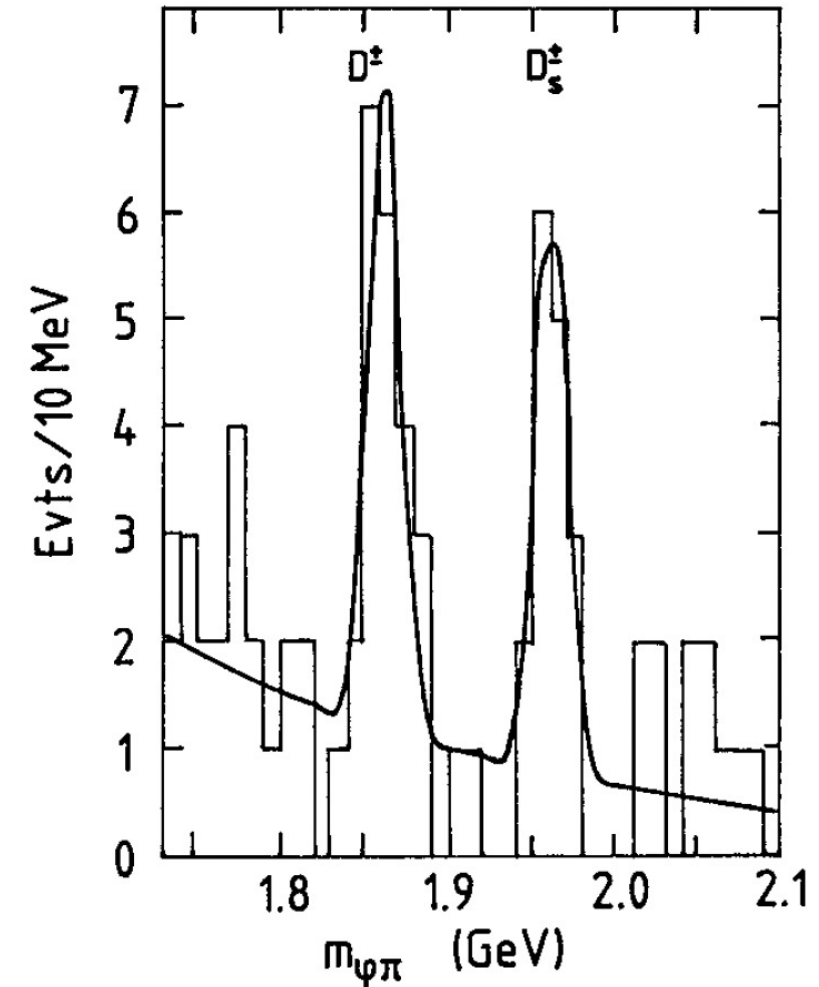
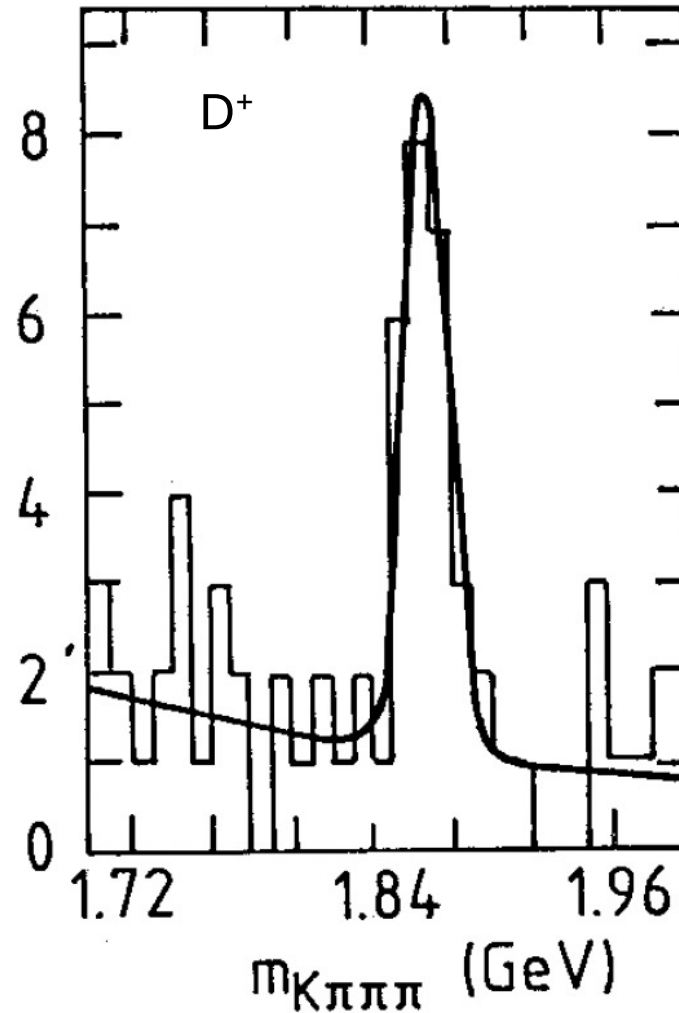
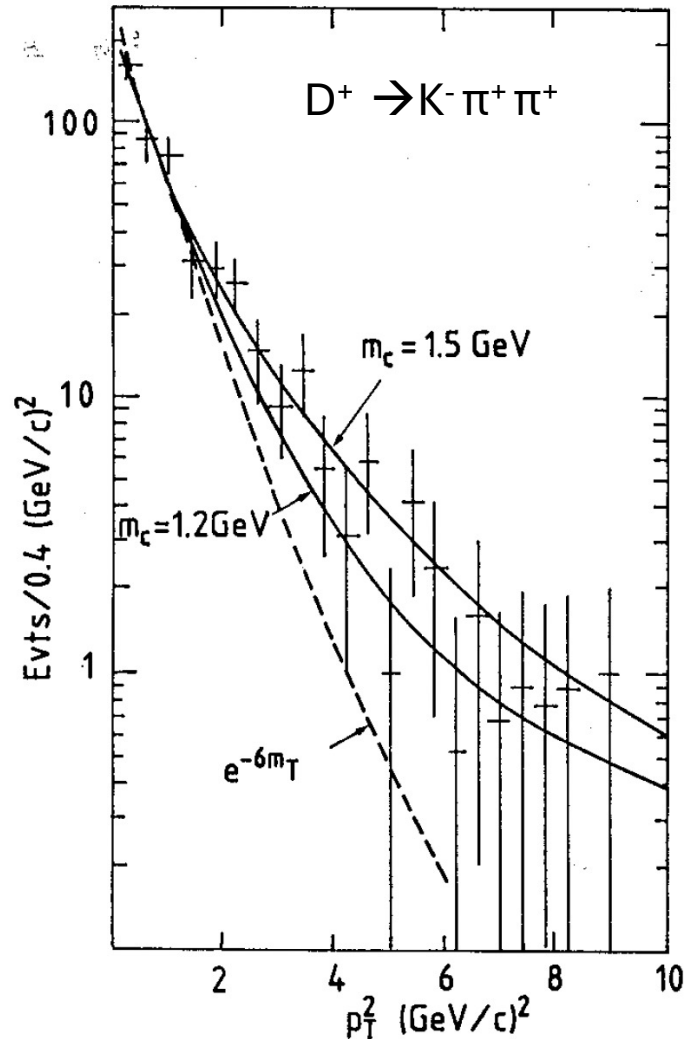
Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

Πείραμα Σταθερού Στόχου



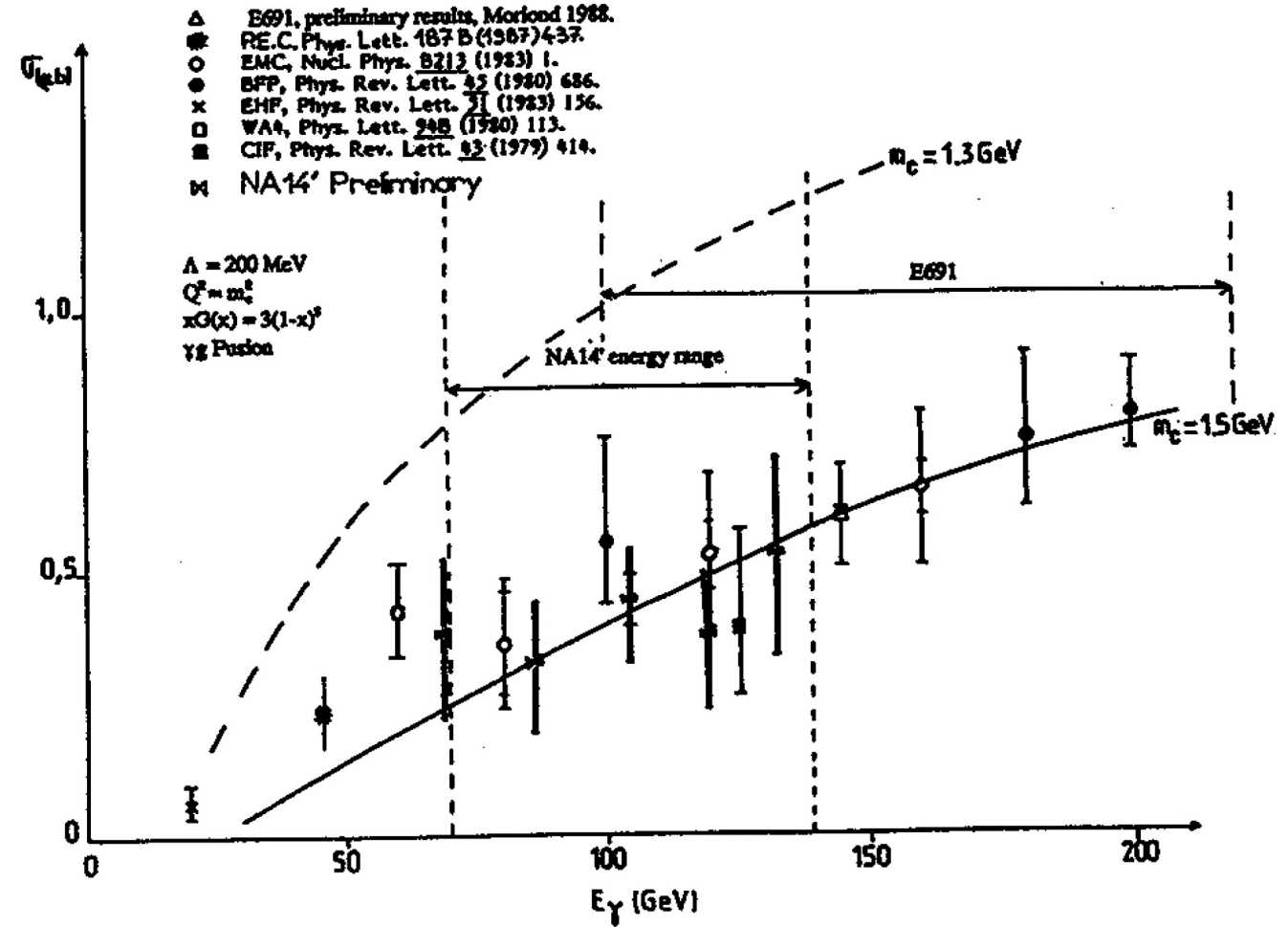
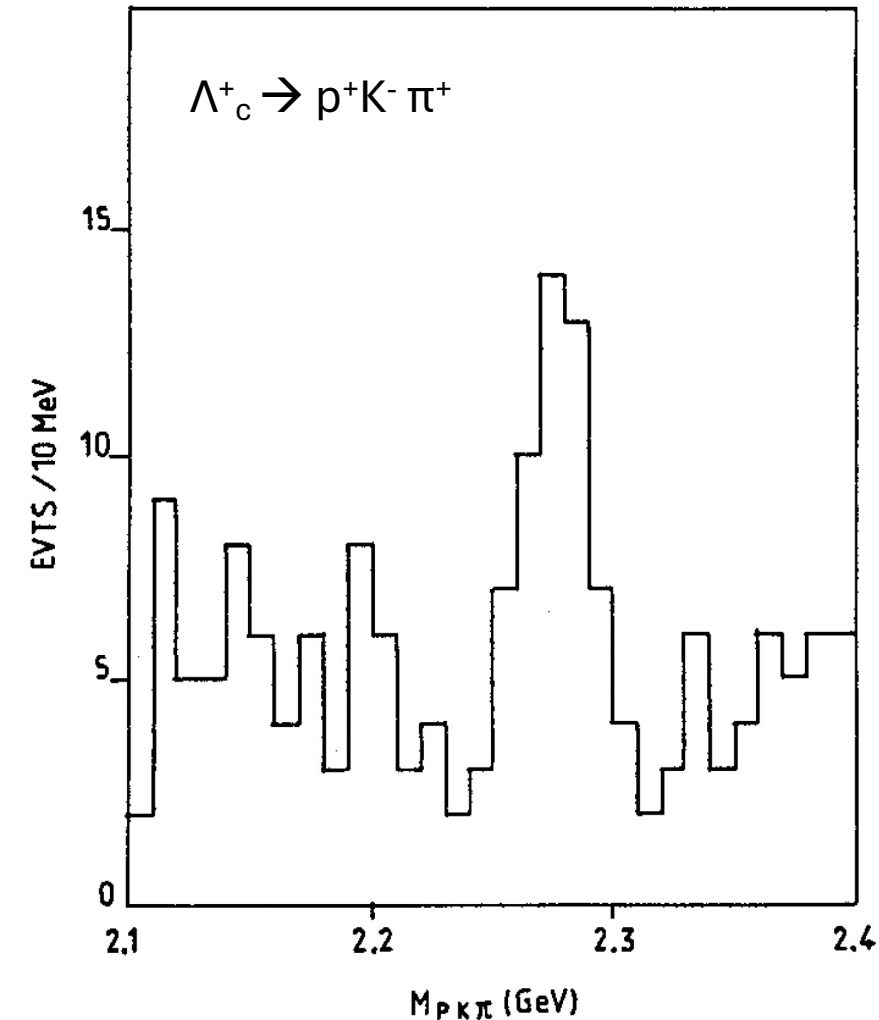
Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990

Αποτελέσματα Φυσικής



Πειράματα στον επιταχυντή SPS

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-1990



Charm photoproduction cross section vs photon energy

Πείραμα NA-14/NA-14' 1978-2007

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Charm photoproduction cross section vs photon energy
- Study of the hadronisation mechanism via the QCD γg fusion model:



- Diffractive photon events $\rightarrow\rightarrow$ low mass $D\bar{D}X$, projectile and target are hadronising independently
- Non-diffractive events $\rightarrow\rightarrow$ $c, \bar{c}$ quarks are hadronising independently
- New model predicted for charm particle production rates

CERN-NA-014 (CERN)

PHOTOPRODUCTION AT HIGH ENERGY AND HIGH INTENSITY

(Proposed: Jun 10, 1978, Approved: Dec 14, 1978, Started: Dec 13, 1979, Completed: Sep 3, 1984)

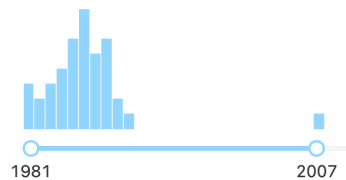
Studies the point-like behavior of the photon. Deep-inelastic Compton scattering is observed at the level expected from fractionally charged quarks. QCD expectations are accurately verified.

[Articles associated with CERN-NA-014](#)

[Collaboration members](#)

[links](#)

Papers per year



Number of authors

- ☐ Single author 31
- ☐ 10 authors or less 33

Document Type

- ☐ conference paper 25
- ☐ thesis 10
- ☐ article 6

41 results | [cite all](#)

Citation Summary ☐ [Most Recent](#)

Design and Characterization of an Analogue Amplifier for the Readout of Micro-Pattern Gaseous Detectors #1

[Gerd Trampitsch \(Graz, Tech. U.\)](#) (2007)

[pdf](#) [cite](#) [reference search](#) [0 citations](#)

Point - like interactions of photons in high p(T) photoproduction #2

[Guy Wormser \(Orsay, LAL\)](#) (May, 1990)

Contribution to: [Workshop on Perspectives of Photon Interaction with Hadrons and Nuclei](#), 100-110

[pdf](#) [cite](#) [reference search](#) [0 citations](#)

NA14' results on D_s decays #3

[Guy Wormser \(Orsay, LAL\)](#) (Aug, 1989)

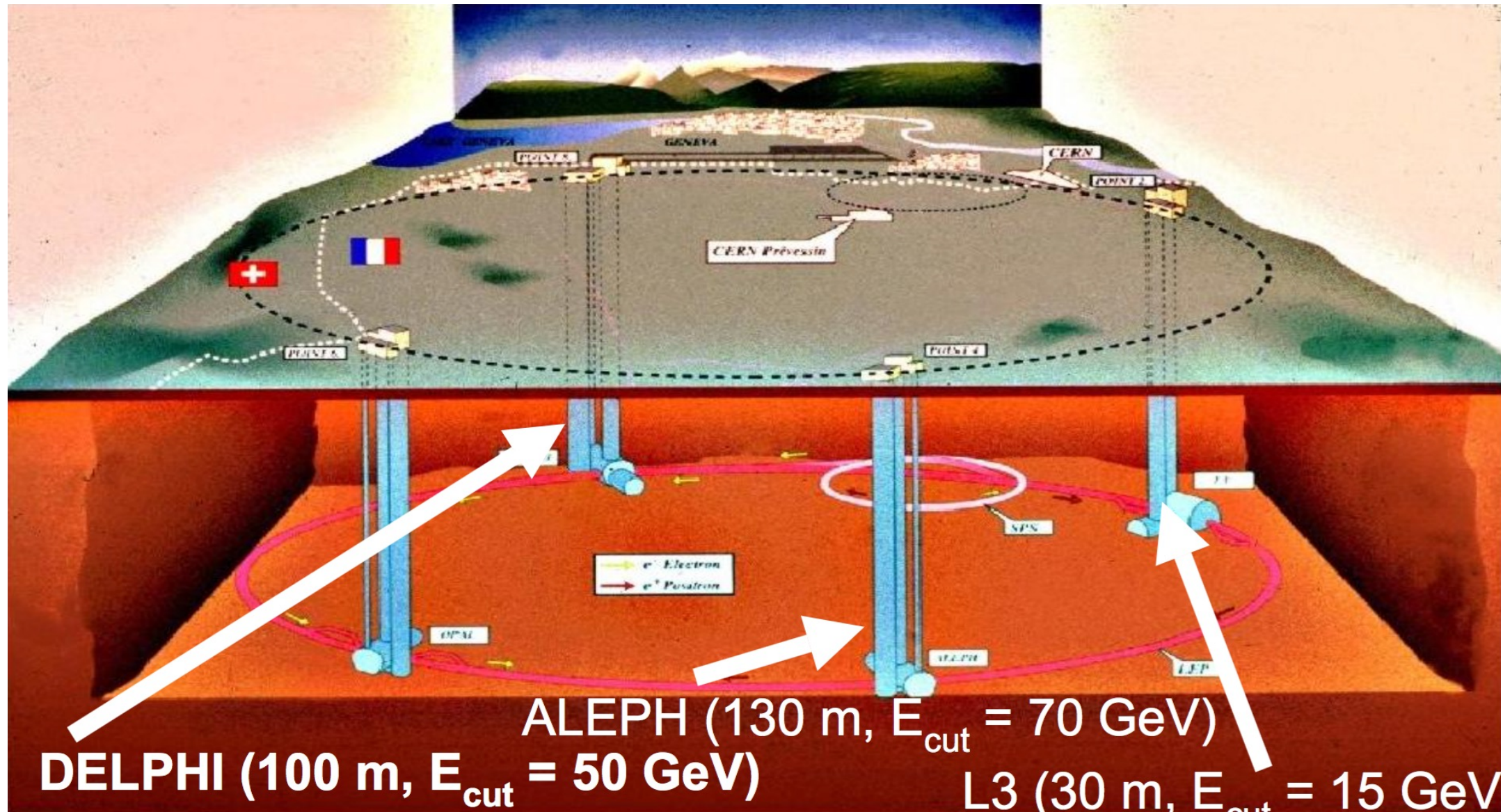
Published in: [AIP Conf.Proc.](#) 196 (1989) 219-225 • Contribution to: [International Symposium on Heavy Quark Physics](#), 219-225

[pdf](#) [DOI](#) [cite](#) [reference search](#) [3 citations](#)

1986-2000

Επιταχυντής συγκρουόμενων δεσμών $e^- - e^+$ LEP, 27 km, 92 GeV – 207 GeV

<https://home.cern/science/accelerators/large-electron-positron-collider>

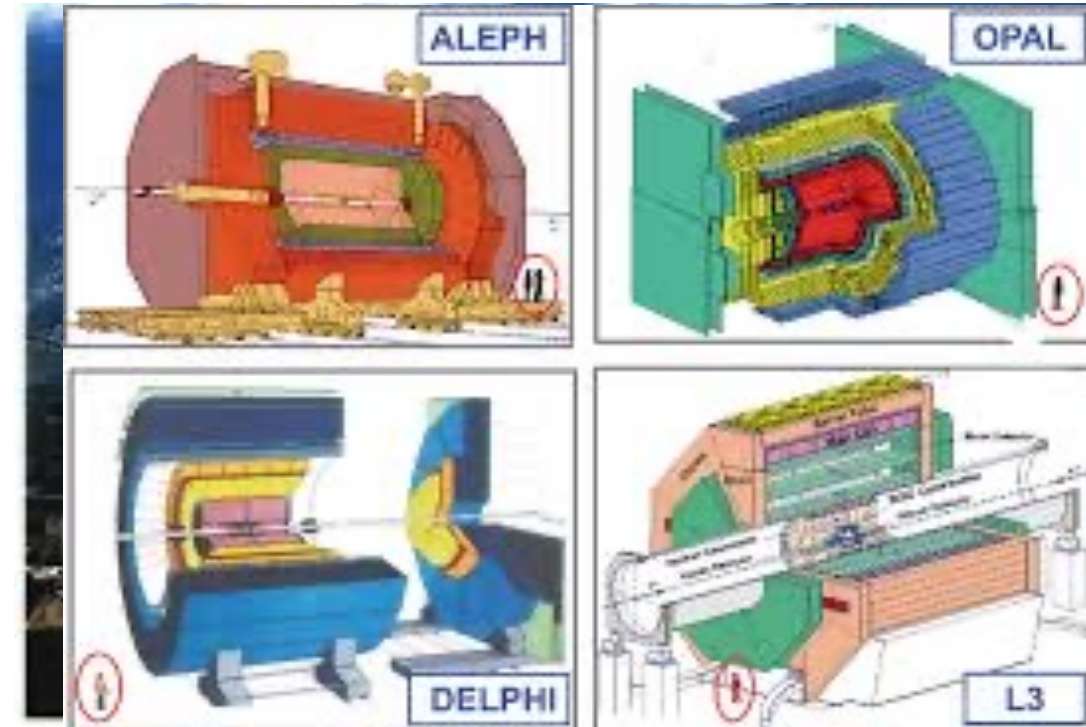


Επιταχυντής συγκρουόμενων δεσμών $e^- - e^+$ LEP, 27 km, 92 GeV – 207 GeV

<https://home.cern/science/accelerators/large-electron-positron-collider>



- Ο Επιταχυντής LEP είναι ο μεγαλύτερος επιταχυντής $e^- - e^+$ του κόσμου! Με 27km μήκος
- Αποτελείται από 5176 μαγνήτες και 128 επιταχυντικές κοιλότητες, 1989 - 2000
- Οι συγκρούσεις $e^- - e^+$ ανιχνεύθηκαν από τα πειράματα ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL
- Ενέργεια ΚΜ ~ 100 GeV ανιχνεύθηκαν 17'000'000 Z^0
- 1995 προστέθηκαν 288 **Υπεραγώγιμες** επιταχυντικές κοιλότητες, η ενέργεια ΚΜ = 209 GeV





Πείραμα **DELPHI** = **D**Etector for **L**epton, **P**hoton & **H**adron **I**dentification 1989-2000

Μελέτη αλληλεπίδρασης $e^- - e^+$ για την παραγωγή του Z^0 και φασματοσκοπία των λεπτονικών διασπάσεων του και άλλων παραμέτρων, π.χ. μέγιστος αριθμός νετρίνων

Ερευνητές	560
Παν/μια-Ινστιτούτα.	52
Χώρες	23 Ευρώπη, ΗΠΑ, Βραζιλία
Δημοσιεύσεις	340

- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Α. Φίλιππας, Ε. Φωκίτης, Ε.Ν. Γαζής, Ε. Κατσούφης, Σ. Μαλτέζος, Θ. Παπαδοπούλου, Χ. Ραχμανί, Α. Μαλτέζος, Κ. Πατρινός
- Εθνικό & Καποδιστριακό Παν/μιο Αθηνών
- ΚΠΕ «Δημόκριτος» Ε. Δρης, Γ. Θεοδοσίου

DELPHI Experiment

DEtector with Lepton, Photon and Hadron Identification

DELPHI was a Particle Physics experiment at the CERN laboratory in Geneva, Switzerland. It studied the products of electron-positron collisions at the LEP circular accelerator, working at the then highest energies in the world. The main parts are still kept in the original state in the cavern where it was operating and can be visited.

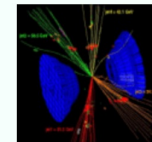
[DELPHI open data access policy document \(12/3/2024\)](#)

Contact: [DELPHI data preservation board](#)

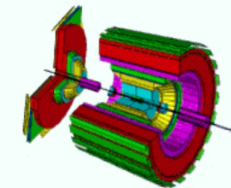
[General Public](#)



[Events Gallery](#)



[The DELPHI Detector](#)

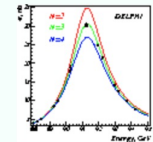


[Computing environment 2024](#)
[DELPHI data access quick start guide](#)
[DELPHI data access examples](#)
[Data preservation in HEP](#)
[Photos](#)

[The DELPHI Organization](#)



[Physics Results](#)



[Analysis and Physics Tools](#)

[Meetings and News](#)

[Useful Links](#)

[\[Index\]](#) [\[CERN users\]](#) [\[Data Preservation in High Energy Physics\]](#)

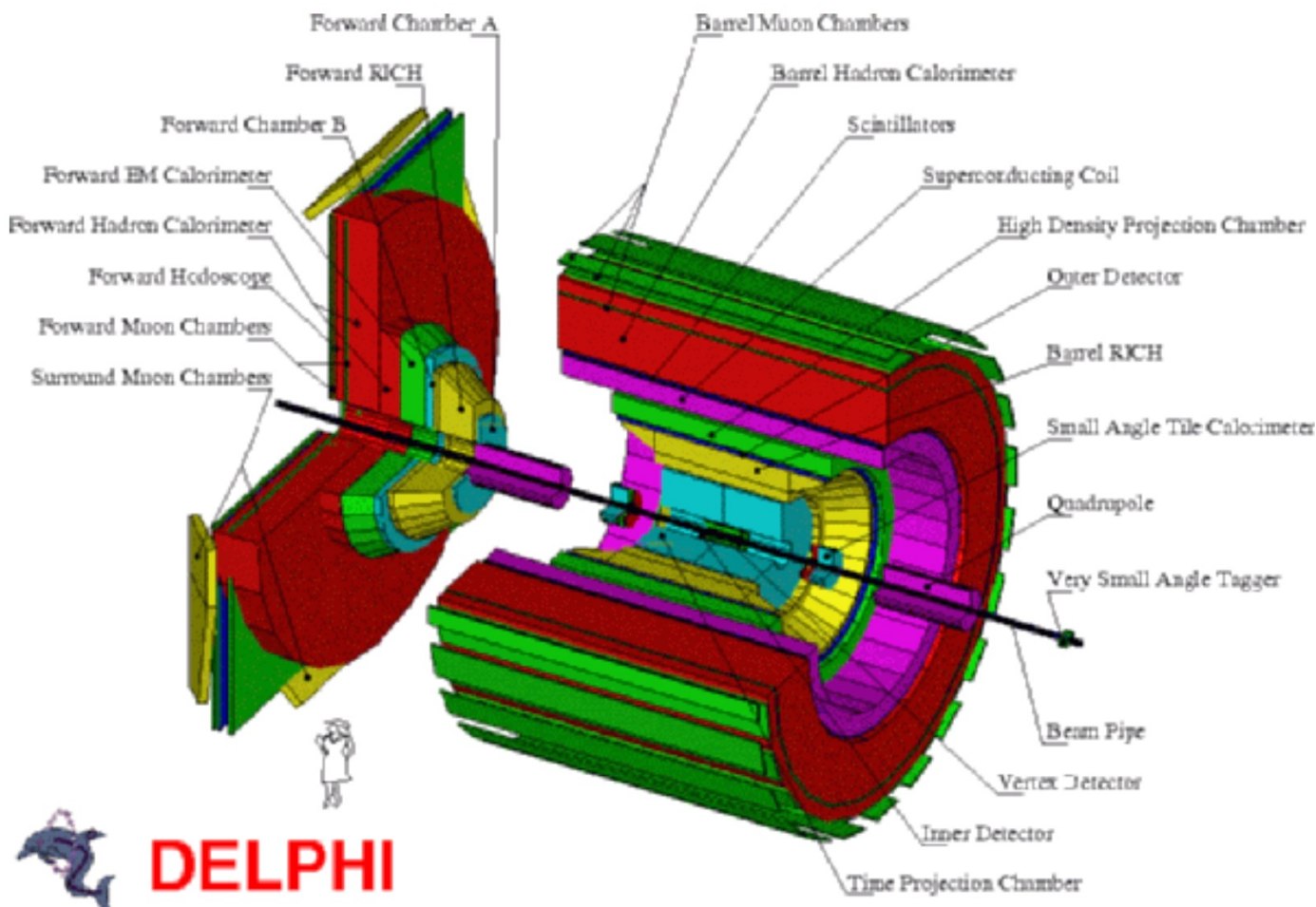


Ανιχνευτής **DELPHI** κυλινδρικής γεωμετρίας με αντίστοιχους ανιχνευτές στις βάσεις του κυλίνδρου (end-cups)

DELPHI ένας ανιχνευτής **4π** με έμφαση στην **ταυτοποίηση σωματιδίων**, απεικόνιση 3-διαστάσεων, υψηλή διαμέριση (**granularity**) και ακρίβεια τροχιών (**vertex**)

Ιδιαίτερο βασικό χαρακτηριστικό, ο ανιχνευτής **RICH** = **R**ing **I**maging **CH**erenkov για την ταυτοποίηση των φορτισμένων σωματιδίων

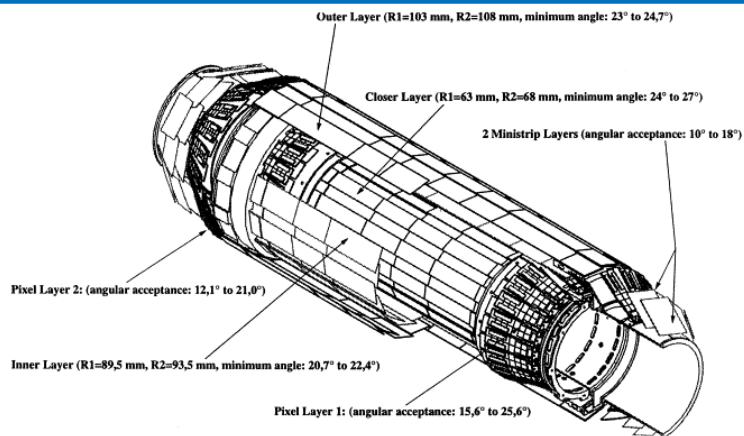
Σχεδίαση & Κατασκευή: **Tom Ypsilantis (1928 – 2000)**
Jack Seguinot (1932 – 2020)



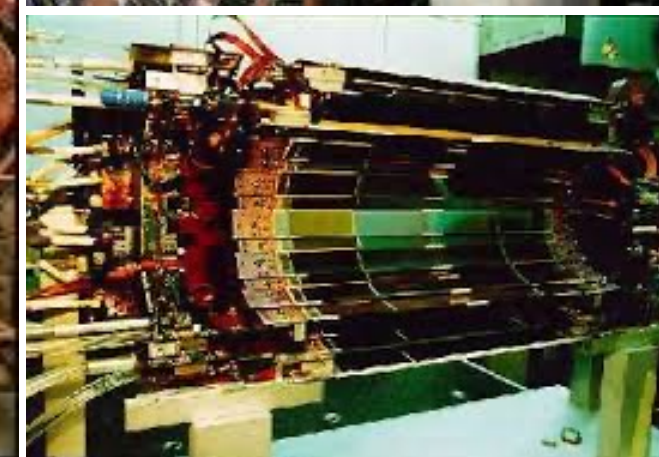
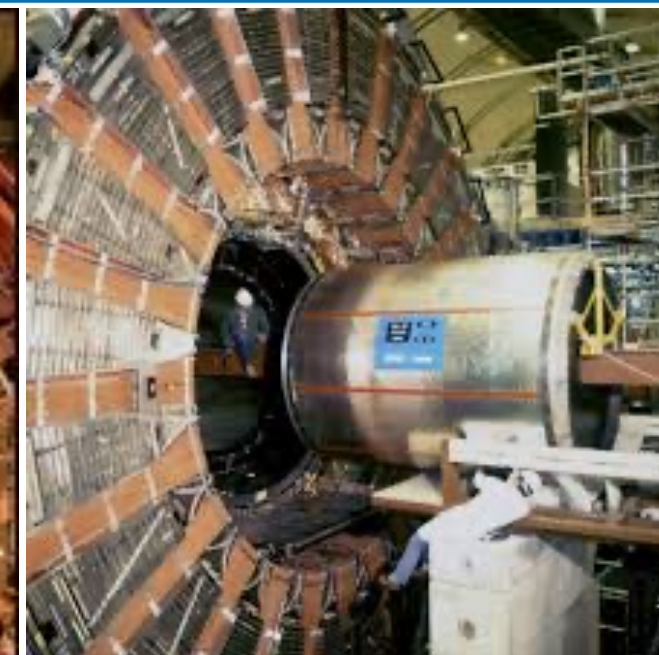
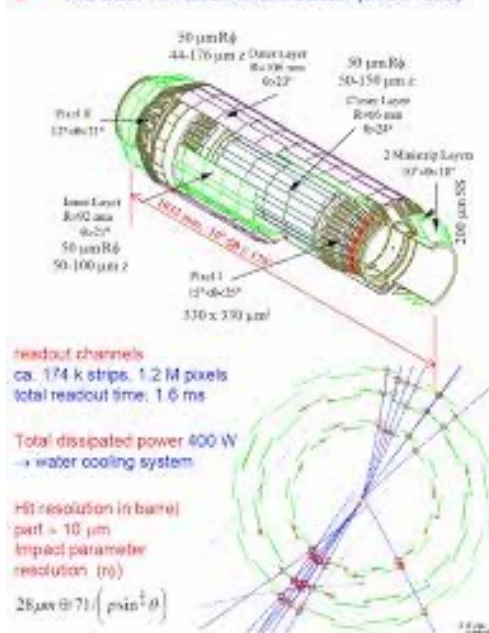
DELPHI

Σημαντικό
επίτευγμα
τεχνολογίας και
καινοτομίας, της
εποχής, ο
**Εσωτερικός
Ανιχνευτής**
τροχιών
πυριτίου, που
περιβάλλεται από
**υπεραγωγίμο
σωληνοειδές!**

Με μεγάλη
ακρίβεια των
τροχιών,
επιπέδου μm .



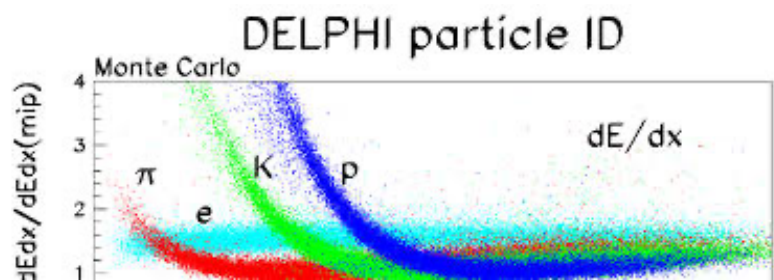
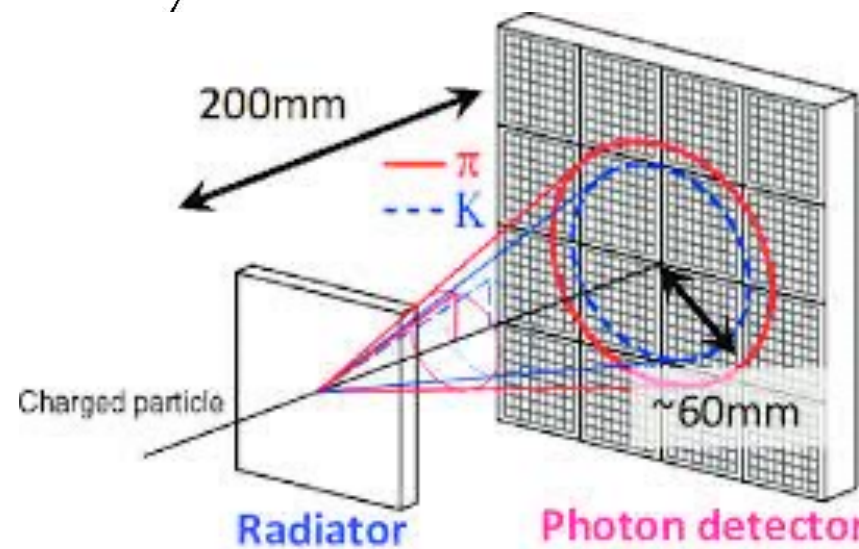
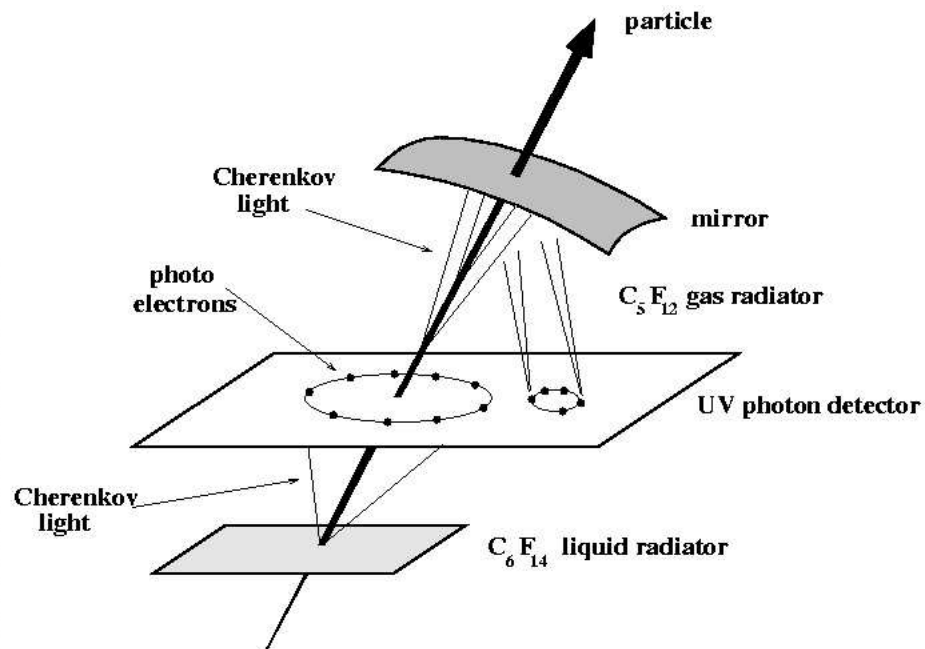
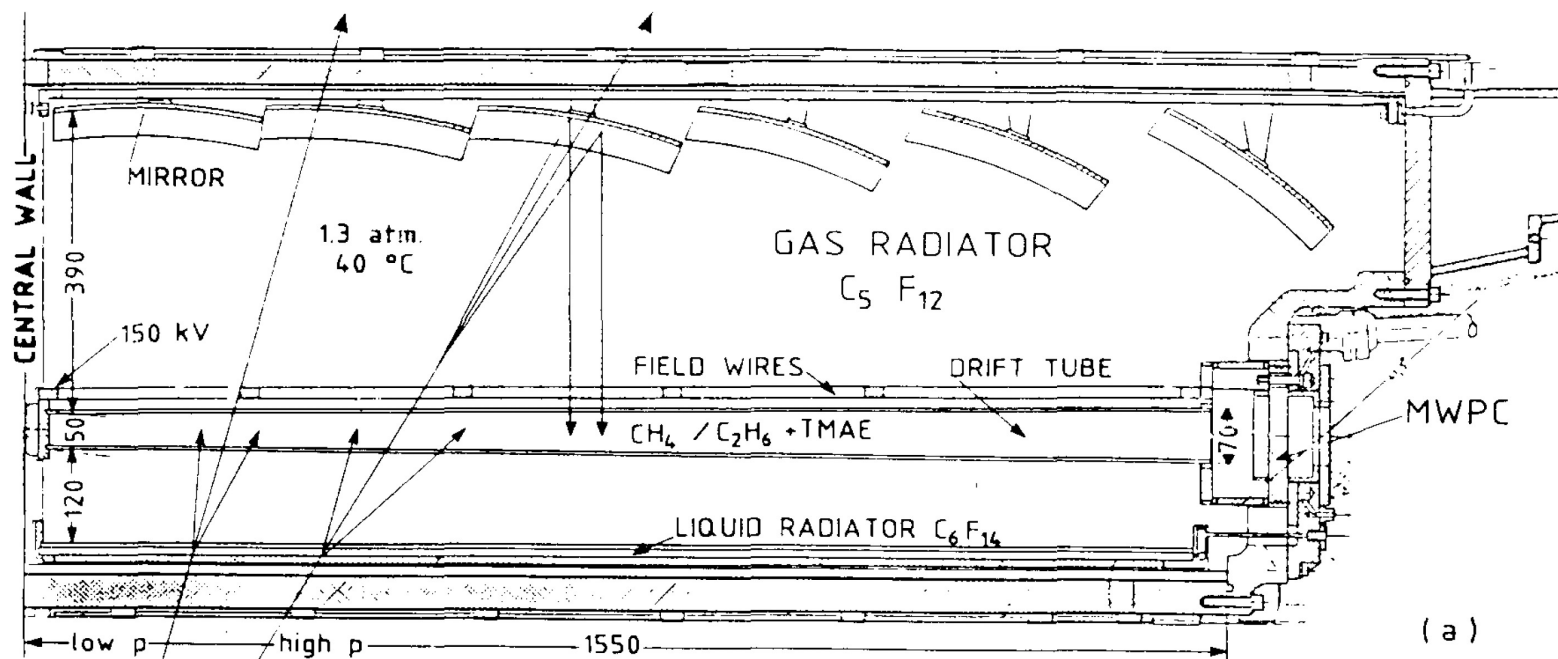
★ The DELPHI micro vertex detector (since 1996)



Πείραμα **DELPHI** = **DE**detector for **L**epton, **P**hoton & **H**adron **I**dentification 1989-2000



- Ο ανιχνευτής **RICH** = **R**ing **I**maging **C**herenkov για την ταυτοποίηση των φορτισμένων σωματιδίων:
- Barrel** RICH + 2 X End-cup RICHs
- Εξαιρετικά πολύπλοκος ανιχνευτής για λειτουργία, συντήρηση

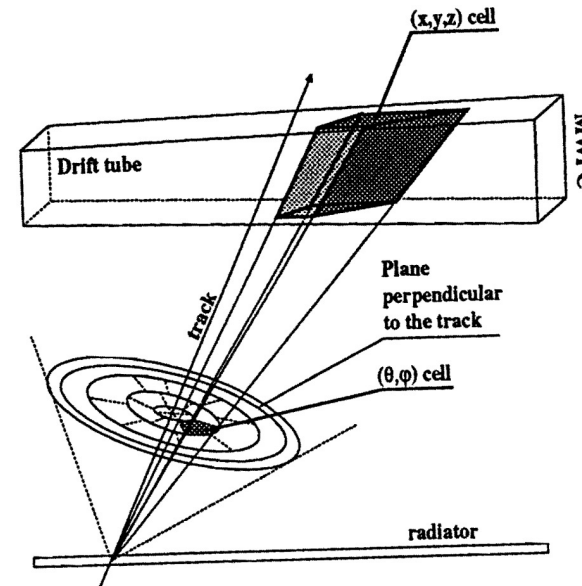


Ελληνική Συμμετοχή στη Συνεργασία **DELPHI**

ΑΝΙΧΕΥΤΗΣ RICH

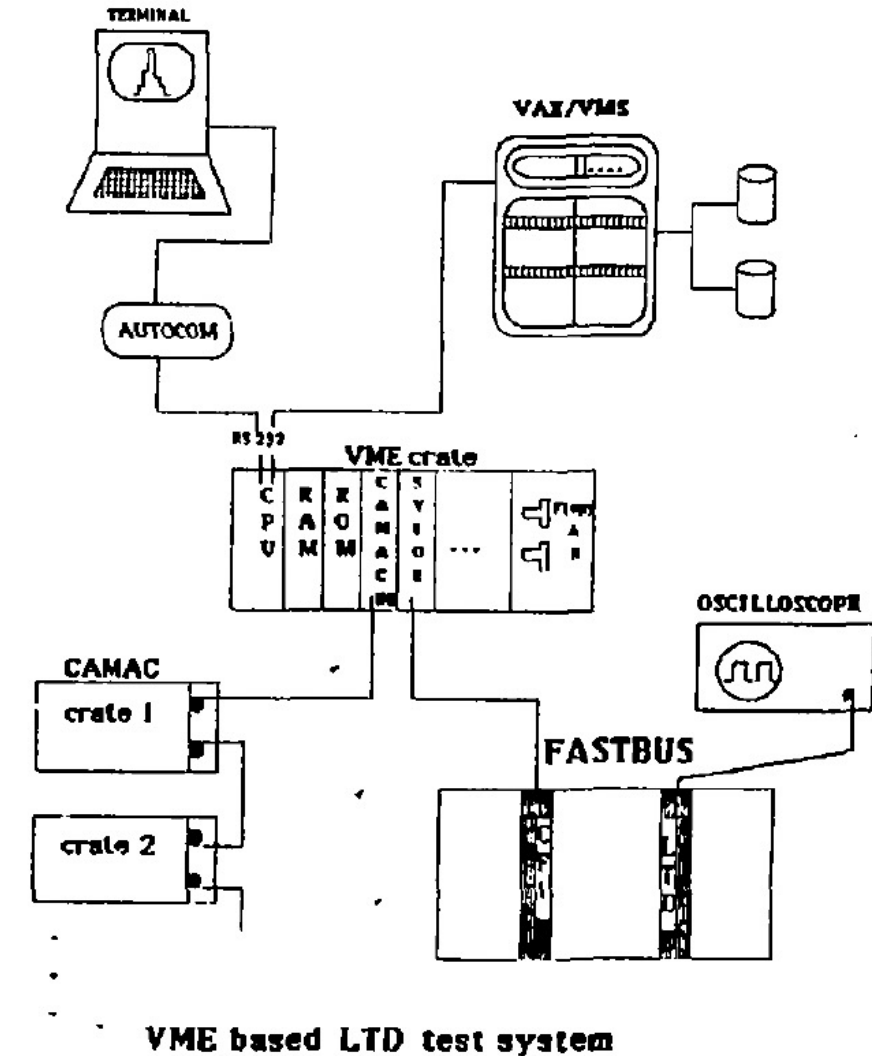
1. Κατασκευή και έλεγχος λειτουργίας μονάδων LTD = Lep Time Digitizer

- Ψηφιοποίηση του Χρόνου Ολίσθησης των ηλεκτρονίων στους Θαλάμους Ολίσθησης (drift tubes) του ανιχνευτή RICH
- Η ακριβής μέτρηση του χρόνου άφιξης των ηλεκτρονίων στον μετρητή MWRC με την μονάδα LTD
- Σύνθετη διαδικασία λειτουργίας και ελέγχου με την εισαγωγή νέων ηλεκτρονικών και πρωτόκολλου επικοινωνίας FAST-BUS
- Οι τρεις Ελληνικές ομάδες κατασκεύασαν και παρέδωσαν 45 μονάδες LTD στο πείραμα



2. Σύστημα Βαθμονόμησης ταχύτητας ολίσθησης των drift tubes με οπτικές ίνες υπεριώδους φωτός

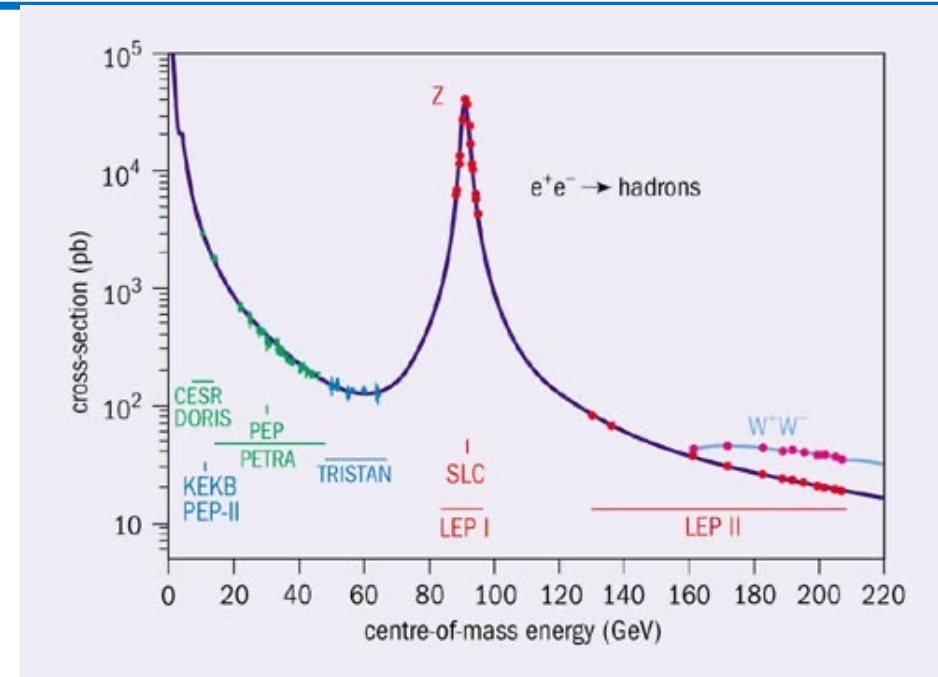
13/14.04.2024



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο μεγάλος επιταχυντής ηλεκτρονίων ποζιτρονίων (LEP) στο CERN, που λειτουργεί στον συντονισμό **Z⁰**, επέτρεψε τη διενέργεια μεγάλης αξίας πειραματικών μετρήσεων:

- Επαλήθευση Καθιερωμένου Προτύπου (Standard Model), ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα στη Φυσική του 20ού αιώνα
- Οι Ηλεκτρο-Ασθενείς Αλληλεπιδράσεις μετρήθηκαν με απίθανη ακρίβεια, όπως θεμελιώθηκαν από τους Sheldon Glashow, Abdus Salam και Steven Weinberg, διατυπώνονται ως θεωρία βαθμωτού πεδίου SU(2) x U(1) με τις μάζες των θεμελιωδών σωματιδίων που παράγονται από τον μηχανισμό Higgs
- Οι αρχικές σημαντικές πειραματικές μετρήσεις των Ηλεκτρο-Ασθενών Αλληλεπιδράσεων του Καθιερωμένου Προτύπου συνέβησαν στο CERN:
 - 1973: Η ανακάλυψη ουδέτερων ρευμάτων στη σκέδαση νετρίνων, Συνεργασία Gargamelle
 - 1983: Η ανακάλυψη από τις Συνεργασίες UA1 και UA2 των βαθμωτών μποζονίων W και Z
- Ακριβής μέτρηση φαινομένων QCD σε καλά καθορισμένες πειραματικές συνθήκες και σε ενέργειες πιδάκων (jets) σημαντικά υψηλότερες από προηγούμενα πειράματα e⁺e⁻



$$M_Z = 91\,187.5 \pm 2.1 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_Z = 2495.2 \pm 2.3 \text{ MeV}$$

$$\sin^2 \theta_{\text{eff}}^l = 0.23147 \pm 0.00016$$

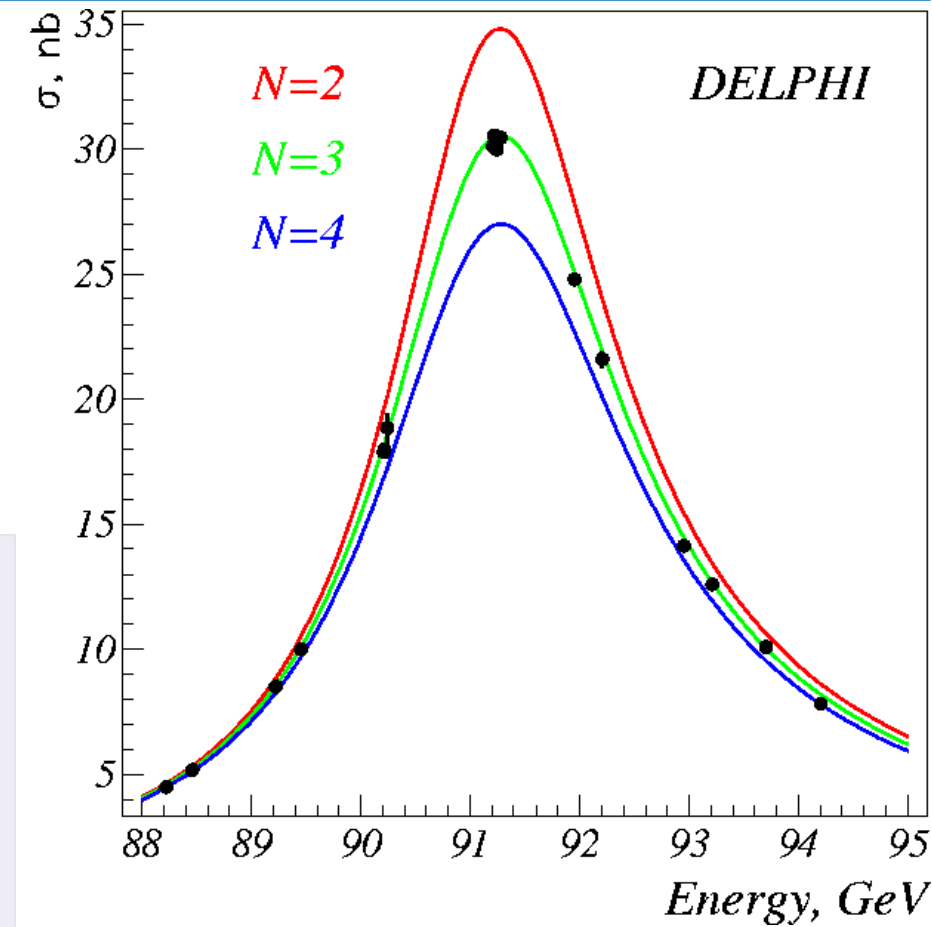
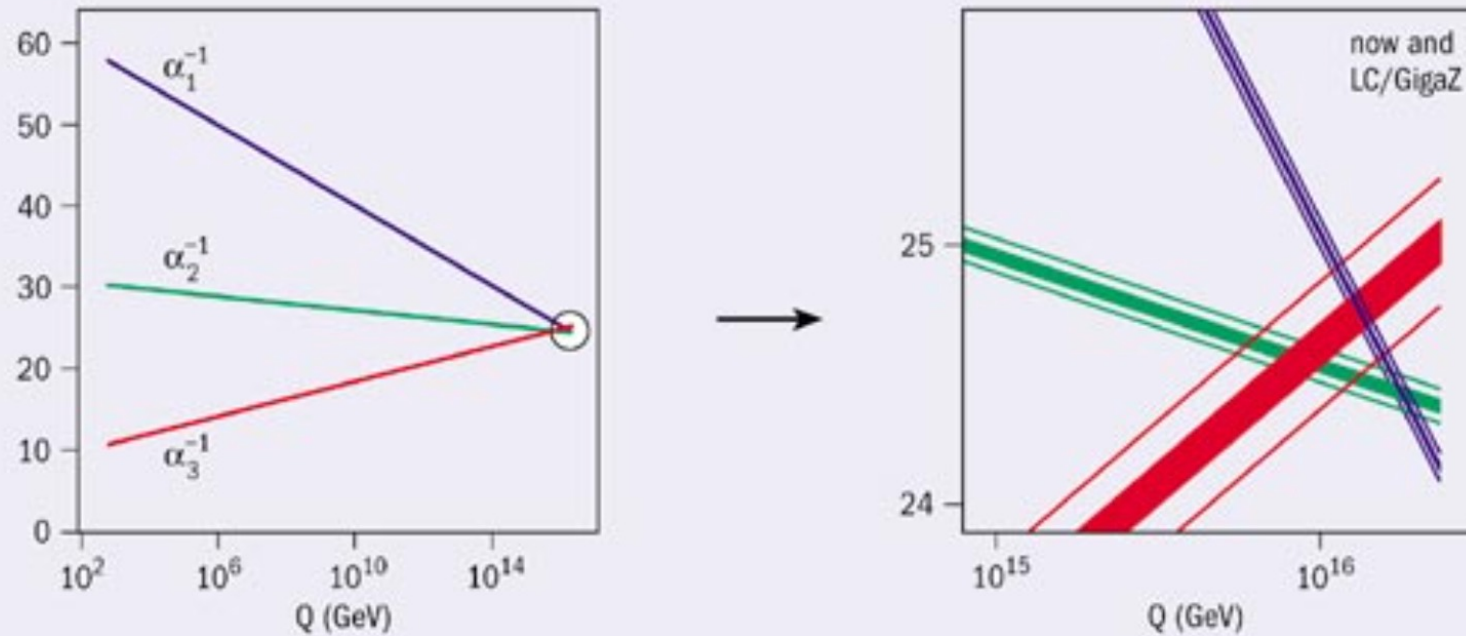
$$M_W = 80.412 \pm 0.042 \text{ GeV [world average]}$$

$$\Gamma_W = 2.150 \pm 0.091 \text{ GeV}$$

Πείραμα **DELPHI** = **D**Etector for **L**epton, **P**hoton & **H**adron **I**dentification 1989-2000

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Επαλήθευση του μέγιστου αριθμού των **3 νετρίνων** του ΚΠ
- Έρευνα πέραν του ΚΠ, κατά την επέκταση των τριών συζεύξεων σε υψηλές ενέργειες, χωρίς να συναντώνται πραγματικά στο ίδιο σημείο.
- Αλλάζει η σύγκλιση εάν το φάσμα των σωματιδίων του ΚΠ επεκτείνεται από υπερσυμμετρικούς εταίρους, ανεξάρτητα από τις τιμές μάζας, (περιοχή TeV)
- Οι νέοι βαθμοί ελευθερίας που παρέχονται από την υπερσυμμετρία κάνουν τους συνδέσμους να συγκλίνουν σε ακρίβεια κοντά στο 2%

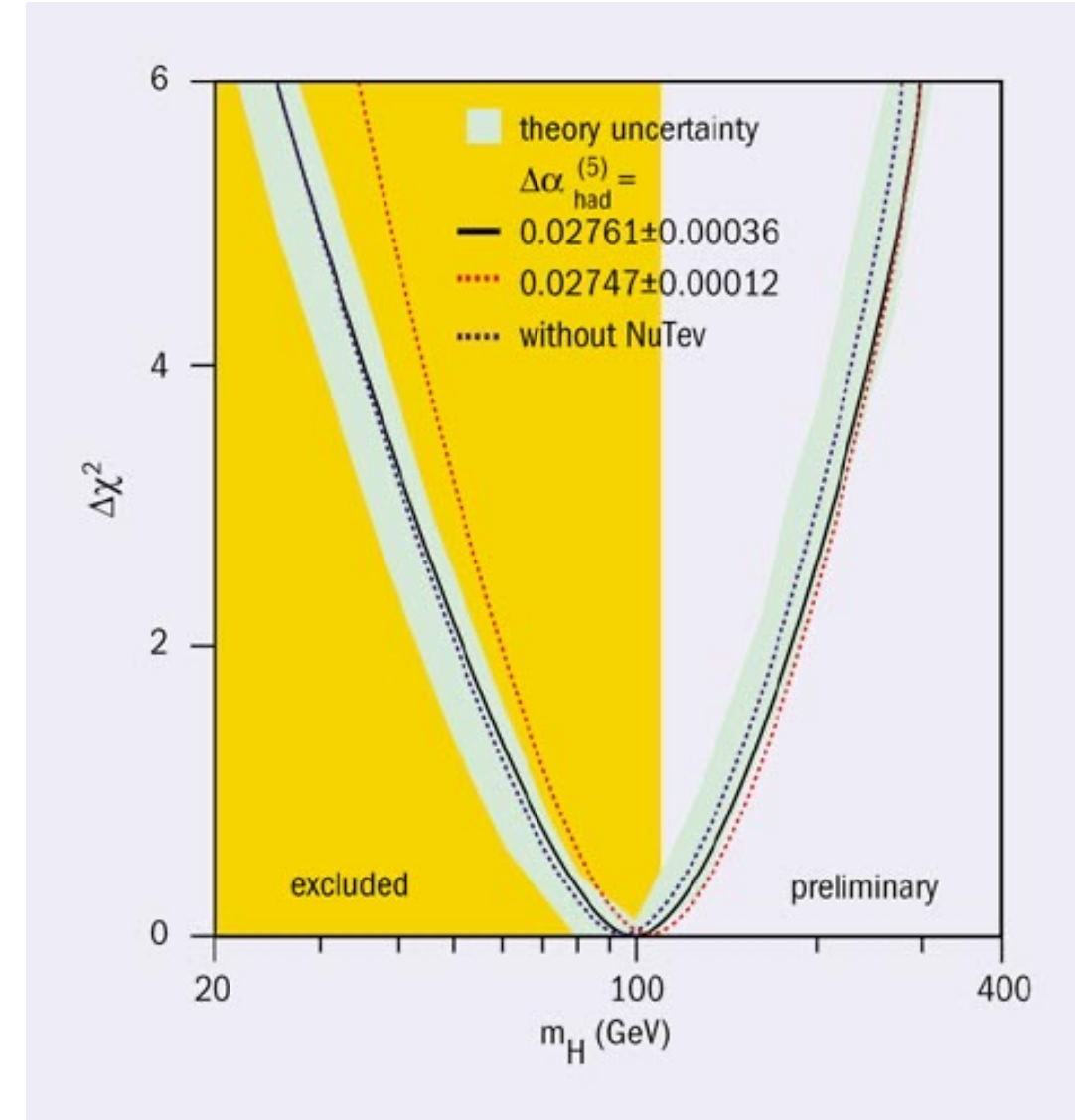


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Το τέταρτο βήμα για την πειραματική καθιέρωση του ΚΠ – η αναζήτηση για το σωματίδιο Higgs – δεν ολοκληρώθηκε από το LEP.
- Δύο σημαντικά αποτελέσματα μπορούν να αναφερθούν από τα πειράματα: Η εκτίμηση της μάζας του Higgs, σαν εικονικό σωματίδιο
- Η εκπομπή και την εκ νέου απορρόφηση ενός εικονικού μποζονίου Higgs, οι μάζες των ηλεκτροασθενών μποζονίων μετατοπίζονται ελαφρώς
- Η παραγωγή t-κουάρκ και t-αντικουάρκ, συμπεριλαμβάνεται η παράμετρος ρ . Ενώ το $\Delta\rho \sim \text{GFMW2} \log M_{\text{H}}^2 / M_{\text{W}}^2$, έχει μόνο λογαριθμική σχέση με τη μάζα Higgs, οπότε η ευαισθησία να μειώνεται σημαντικά
- Το περίφημο «μπλε-ζωνικό διάγραμμα», δίδει μια πιθανή τιμή μάζας στο ΚΠ

$$114.4 \text{ GeV} < m_{\text{Higgs}} < 202.0 \text{ GeV}$$

C.L. 95%



2001: Το DELPHI επιστρέφει στους ΔΕΛΦΟΥΣ

Ο τότε Πρύτανης ΕΜΠ, Καθηγητής Θεμιστοκλής Ξανθόπουλος προλόγησε τους ερευνητές του **DELPHI**



The DELPHI collaboration returns to its spiritual home.

13/14.04.2024

Ε. Γαζής/ΕΜΠ

CERN COURIER | Reporting on international high-energy physics

Physics ▾

Technology ▾

Community ▾

In focus

Magazine

DETECTORS | NEWS

DELPHI goes home to Delphi

4 December 2001



The DELPHI experiment being dismantled at CERN.

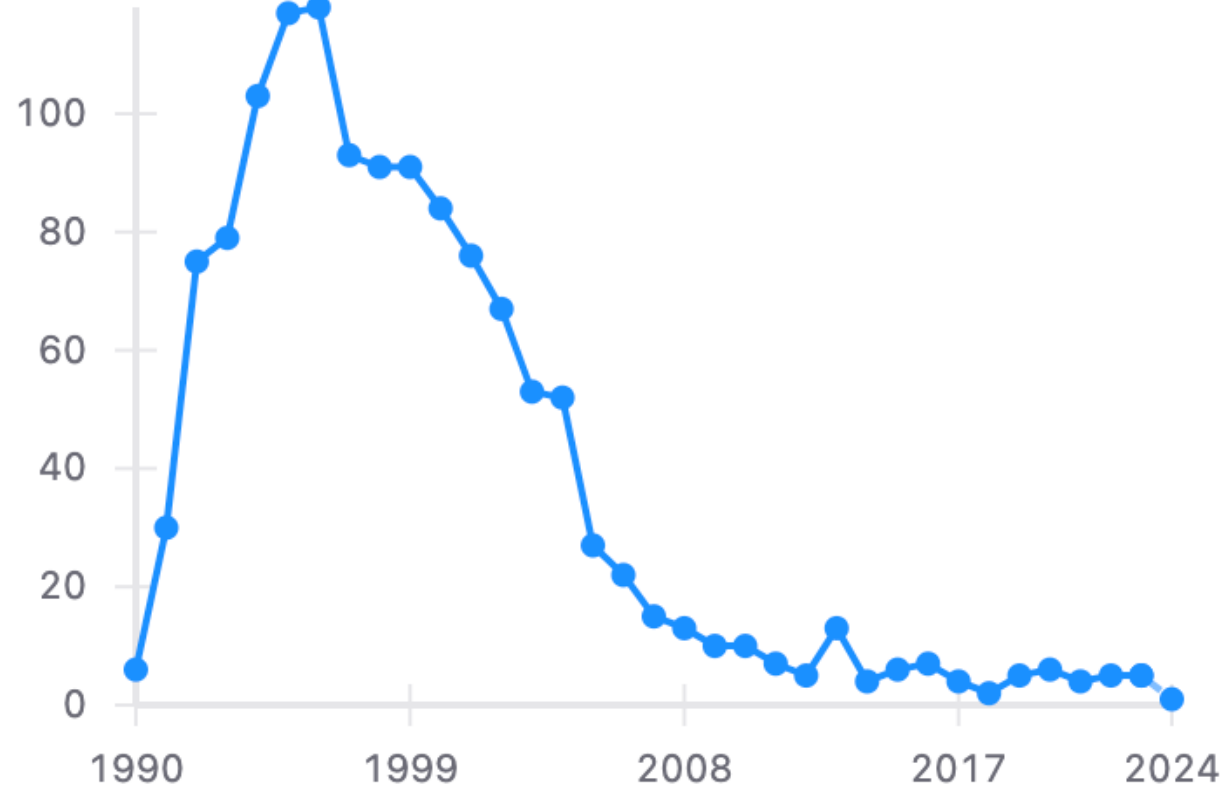


STUDY OF THE LEPTONIC DECAYS OF THE Z^0 BOSON

DELPHI Collaboration

P. AARNIO^a, P. ABREU^b, W. ADAM^c, F. ADAMI^d, P. ADRIANOS^e, T. AD^f, G.D. ALEKSEEV^g, J.V. ALLABY^h, P. ALLENⁱ, S. ALMEHED^j, S.J. ALVSA^k, E. ANASSONTZIS^l, P. ANTILOGUS^m, W.D. APELⁿ, B. ASMAN^o, F. ASTES^p, C. ASTOR FERRERES^q, J.E. AUGUSTIN^r, A. AUGUSTINUS^s, P. BAILLON^t, G. BARBIELLINI^u, D.Yu. BARDIN^v, S. BARLAG^w, J. BARLOW^x, A. BARON^y, M. BARRANCO-LUQUE^z, G. BARREIRA^{aa}, O. BARRING^{ab}, W. BARTL^{ac}, M. B.V. BATYUNIA^{ad}, M. BAUBILLIER^{ae}, K.H. BECKS^{af}, C.J. BEESTON^{ag}, W. BE^{ah}, I. BELOKOPYTOV^{ai}, P. BELTRAN^{aj}, D. BENEDIC^{ak}, J.M. BENLLOCH^{al}, M. D. BERTRAND^{am}, S. BIAGI^{an}, F. BIANCHI^{ao}, J.H. BIBBY^{ap}, P. BILLOIR^{aq}, N. E J. BJARNE^{ar}, D. BLOCH^{as}, P.N. BOGOLUBOV^{at}, D. BOLLINI^{au}, T. BOLOGN^{av}, M. BONAPART^{aw}, P.S.L. BOOTH^{ax}, M. BORATAV^{ay}, P. BORGEAUD^{az}, H. BO^{ba}, O. BOTNER^{bb}, B. BOUQUET^{bc}, M. BOZZO^{bd}, S. BRAIBANT^{be}, P. BRANCHIN^{bf}, K.D. BRAND^{bg}, R.C.A. BROWN^{bh}, N. BRUMMER^{bi}, J.M. BRUNET^{bj}, L. BUG^{bk}, H. BURMEISTER^{bl}, C. BUTTAR^{bm}, J.A.M.A. BUYTAERT^{bn}, G. CABRAS^{bo}, M. S. CAIRANTI^{bp}, M. CALVI^{bq}, A.J. CAMACHO ROZAS^{br}, J.E. CAMPAGNE^{bs}, T. CAMPORESI^{bt}, V. CANALE^{bu}, F. CAO^{bv}, L. CARROLL^{bw}, C. CASO^{bx}, E. CAS^{by}, V. CASTILLO GIMENEZ^{bz}, A. CATTAI^{ca}, F.R. CAVALLO^{cb}, L. CERRITO^{cc}, G. P. CHARPENTIER^{cd}, P. CHECCHIA^{ce}, G.A. CHELKOV^{cf}, L. CHEVALIER^{cg}, P.V. CHLIAPNIKOV^{ch}, V. CHOROWICZ^{ci}, R. CIRIO^{cj}, M.P. CLARA^{ck}, J.L. C^{cl}, R. CONTRI^{cm}, F. COUCHOT^{cn}, H.B. CRAWLEY^{co}, D. CRENNELL^{cp}, M. CRES^{cq}, N. CROSLAND^{cr}, M. CROZON^{cs}, J. CUEVAS MAESTRO^{ct}, L.S. CURWEN^{cu}, E. DAHL-JENSEN^{cv}, B. D'ALMAGNE^{cw}, M. DAM^{cx}, G. DAMGAARD^{cy}, G. DA^{cz}, M. DAVENPORT^{da}, A. DE ANGELIS^{db}, M. DE BEER^{dc}, H. DE BOECK^{dd}, C. D^{de}, N. DE GROOT^{df}, C. DE LA VAISSIERE^{dg}, D. DELIKARIS^{dh}, P. DELPIERRE^{di}, A.N. DIDDENS^{dj}, H. DIJKSTRA^{dk}, N. DIMITRIOU^{dl}, F. DJAMA^{dm}, J. DOLBE^{dn}, R. DOWNS^{do}, M. DRACOS^{dp}, J. DREES^{dq}, M. DRIS^{dr}, S. DU^{ds}, W. DULINSKI^{dt}, D.N. EDWARDS^{du}, L.O. EEK^{dv}, P.A.M. EEROLA^{dw}, T. EKELOF^{dx}, G. EKSPON^{dy}, J.P. ENGEL^{dz}, V. FALALEEV^{ea}, A. FENYUK^{eb}, M. FERNANDEZ ALONSO^{ec}, S. FERRONI^{ed}, T.A. FILIPPAS^{ee}, A. FIRESTONE^{ef}, M. FLINN^{eg}, H. FOETH^{eh}, P. FOLEGATI^{ei}, F. FONTANELLI^{ej}, H. FORSBACH^{ek}, D. FRAISSARD^{el}, B. F^{em}, K.E. FRANSSON^{en}, P. FRENKIEL^{eo}, D.C. FRIES^{ep}, A.G. FRODESEN^{eq}, R. FR^{er}, F. FULDA-QUENZER^{es}, J. FUSTER^{et}, J.M. GAGO^{eu}, M. GAILLARD^{ev}, G. GA^{ew}, D. GAMBA^{ex}, C. GASPAR^{ey}, U. GASPARINI^{ez}, P. GAVILLET^{fa}, S. GAWNE^{fb}, J.F. GENAT^{fc}, K.W. GLITZA^{fd}, R. GOKIELI^{fe}, V.M. GOLOVATYUK^{ff}, P. GO^{fg}, J.J. GOMEZ Y CADENAS^{fh}, A. GOOBAR^{fi}, G. GOPAL^{fj}, M. GORBICS^{fk}, B. C^{fl}, M. GORSKI^{fm}, G. GOIJON^{fn}, V. GRACCO^{fo}, A. GRANT^{fp}, E. GRAZIANI^{fq}, J^{fr}, I.A. GRITSAENKO^{fs}, M.H. GROS^{ft}, M. GROS^{fu}, G. GROSDIDIER^{fv}, B. GRO^{fw}, B. GRUNG^{fx}, L. GUGLIELMI^{fy}, S. GUMENYUK^{gz}, J. GUY^{ga}, F. HAHN^{gb}, M. S. HAIDER^{gc}, J. HAISSINSKI^{gd}, Z. HAJDUK^{ge}, A. HAKANSSON^{gf}, A. HALLG^{gg}, K. HAMACHER^{gh}, G. HAMEL DE MONCHENAUT^{gi}, F. HARRIS^{gj}, B. HEC^{gk}, J.J. HERNANDEZ^{gl}, P. HERQUET^{gm}, H. HERR^{gn}, E. HIGON^{go}, H.J. HILKE^{gp}, J

Citations per year



ANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

CERN-PH-EP/2008-018

13 November 2008

of $b\bar{b}$ Production in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 130\text{--}207$ GeV

DELPHI Collaboration

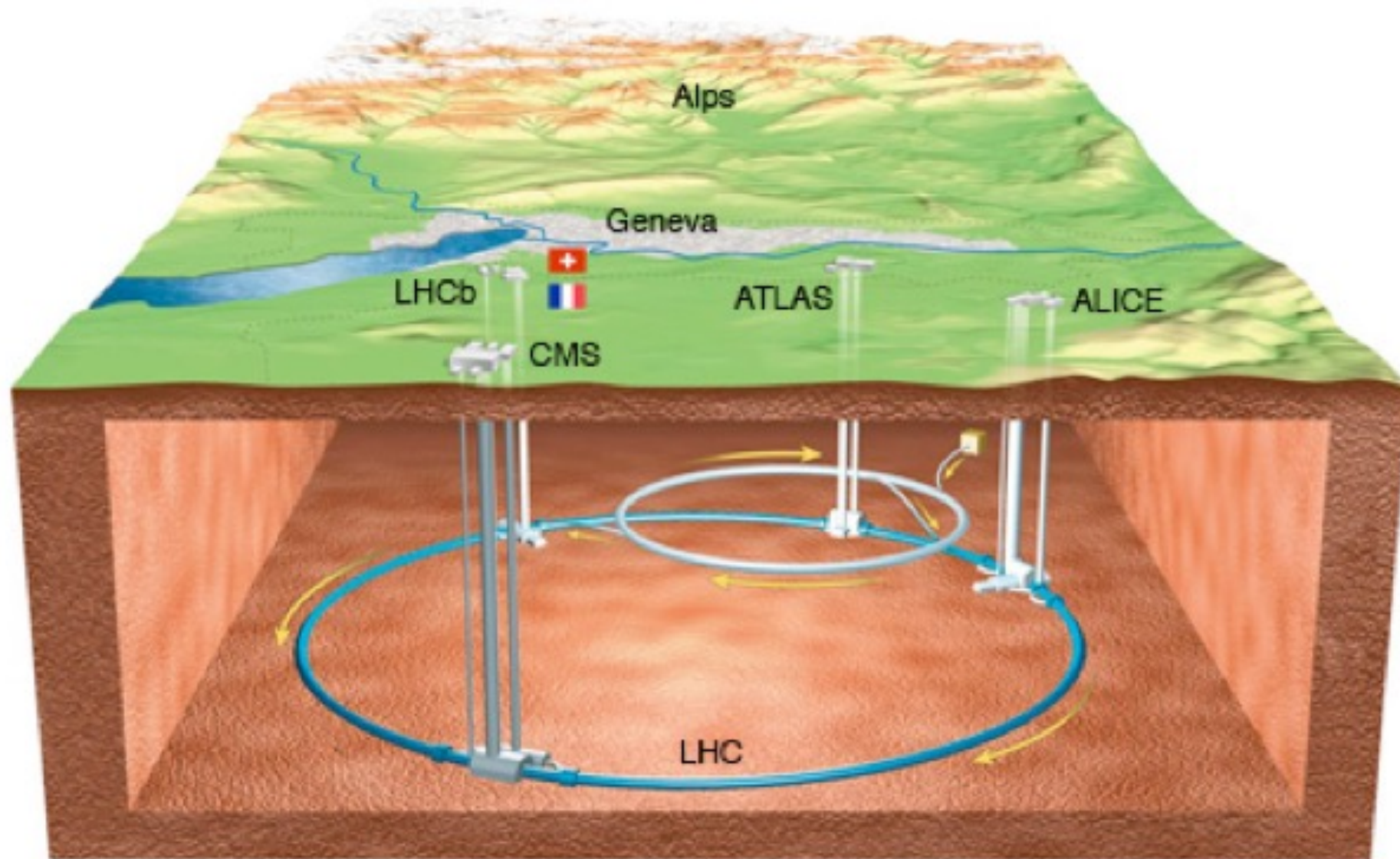
Abstract

ented of R_b , the ratio of the $b\bar{b}$ cross-section to the $q\bar{q}$ collisions, and the forward-backward asymmetry A_{FB}^b at the range $\sqrt{s} = 130\text{--}207$ GeV. These results are found the Standard Model expectations. The measurements are new physics scenarios involving contact interactions.

1990-ΣΗΜΕΡΑ



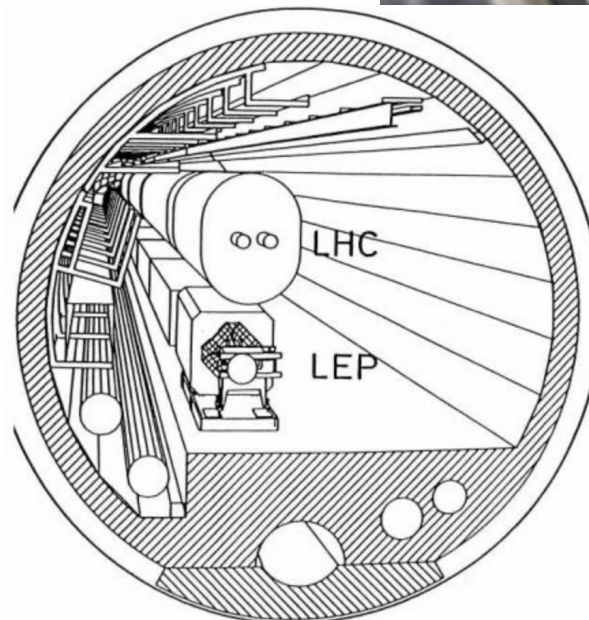
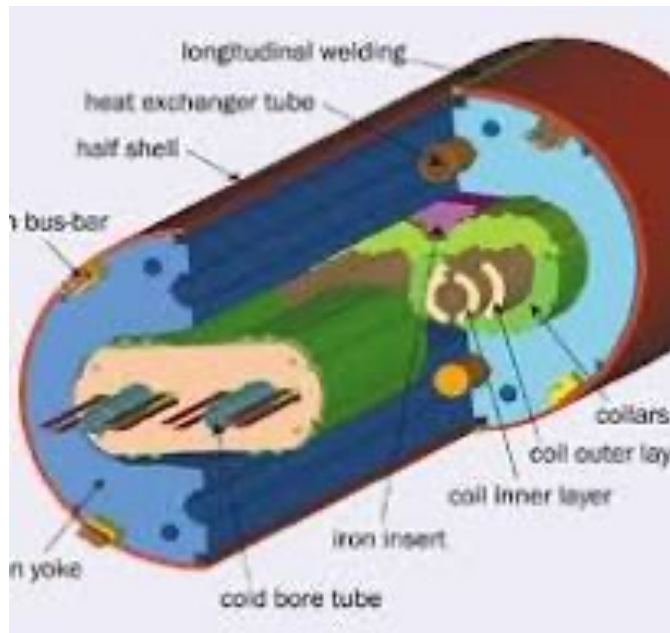
Επιταχυντής συγκρουσμένων δεσμών $p^+ - p^+$ LHC, 27km, 13TeV



Πείραμα **ATLAS** = **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα



- Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων (LHC) είναι ο **μεγαλύτερος** και πιο **ισχυρός 14 TeV** επιταχυντής σωματιδίων στον κόσμο.
- Λειτουργήσε πρώτη φορά 10.09.2008
- Το LHC έχει μήκος 27 χλμ από **υπεραγώγιμους** μαγνήτες από **NbTi**, στη θερμοκρασία **1.9 °K**, με έναν αριθμό επιταχυνόμενων δομών για την ενίσχυση της ενέργειας των σωματιδίων
- Τα υπεραγώγιμα δίπολα έχουν διπλό πεδίο και με τις δύο δέσμες σε αντίθετες κατευθύνσεις



Πείραμα **ATLAS** = **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα



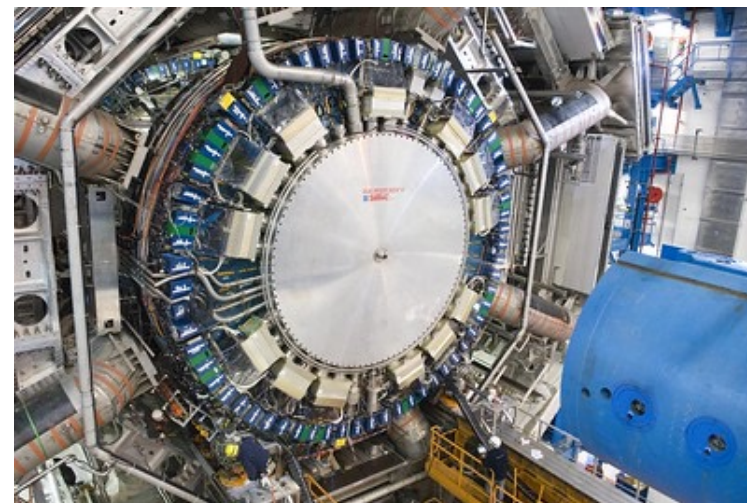
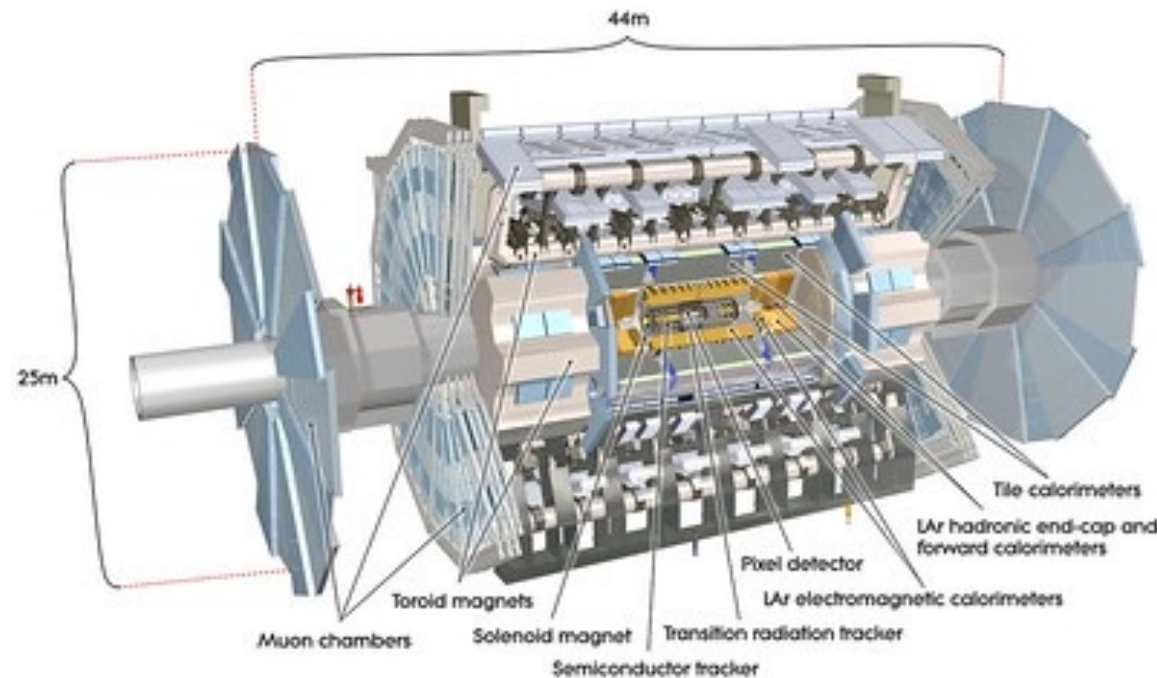
Ο μεγαλύτερος ανιχνευτής με τον μεγαλύτερο υπεραγώγιμο τοροειδή μαγνήτη

ATLAS Composition

185 Institutions
from 42 countries

165 Institutes (single)
20 Clusters (71 Institutes in Clusters)
17 Associate Institutes
253 Institutes
15 Technical Associate Institutes

- Active ATLAS Members (Physicists, Engineers, Technicians, Students, Administrators)	~ 6000
- Scientific Authors	2899
- With PhD, contributing to M&O share	1964
- PhD Students	~ 1200
- Master / Diploma Students	~ 450



1. ΕΚΠΑ
2. ΕΜΠ
3. ΑΠΘ
4. ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»
5. Π. ΑΙΓΑΙΟΥ
6. ΕΑΠ
7. ΠΑΔΑ

13/14.04.2024

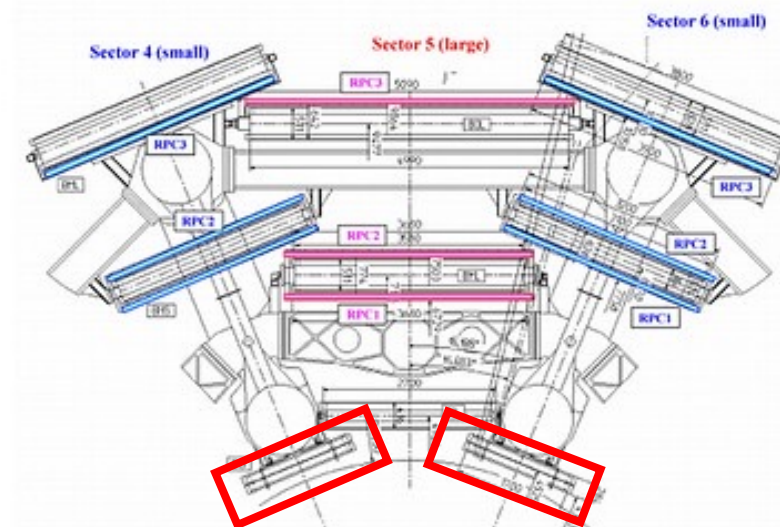
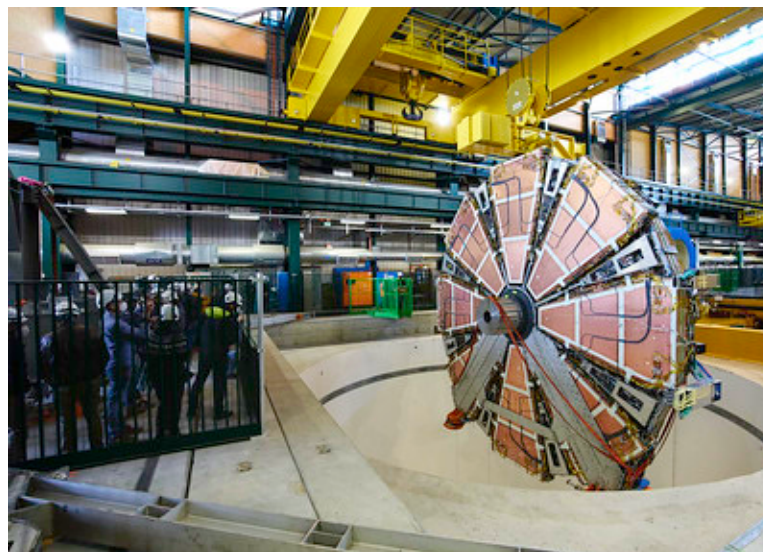
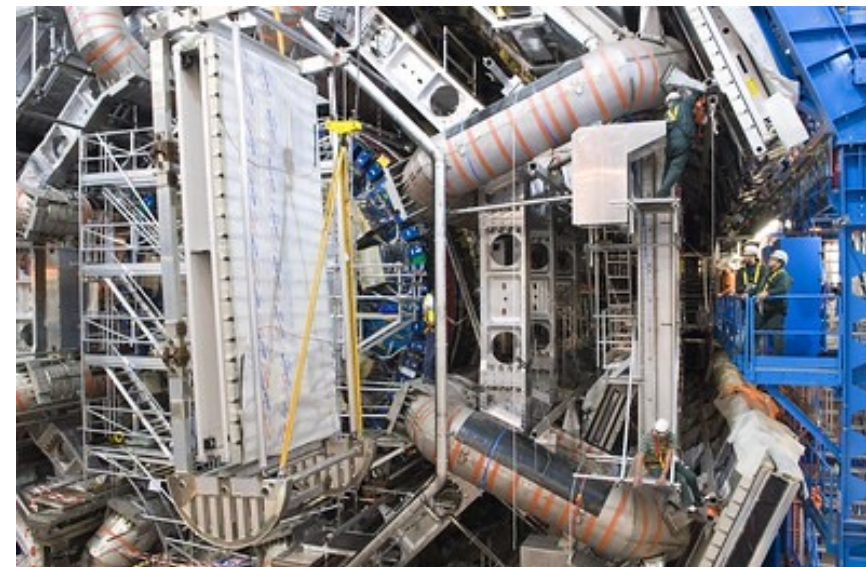
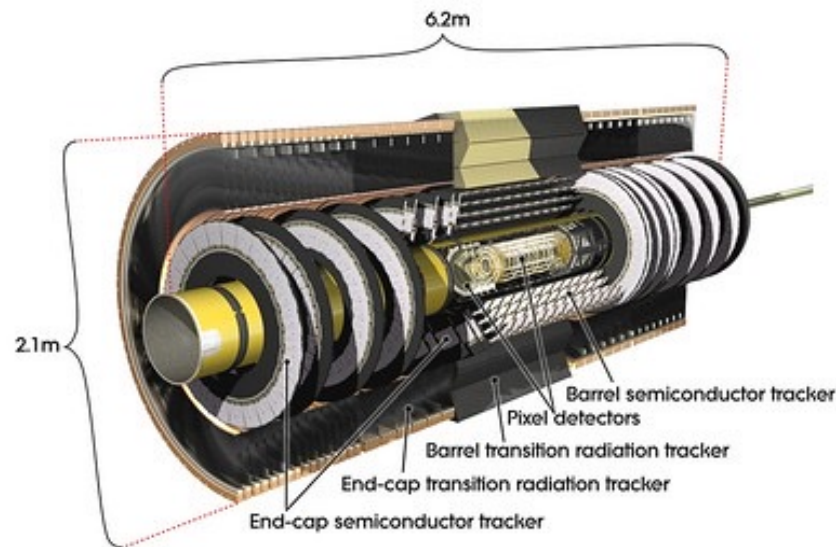
Ε. Γαζής/ΕΜΠ

Πείραμα **ATLAS** = **A**Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα



Υπο-Ανιχνευτικά Συστήματα

- Ανιχνευτής Τροχιών
- Φασματόμετρο Μιονίων - ΦΜ
- Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου ανιχνευτών ΦΜ
- New Small Wheel Μιονίων



Ελληνικοί θάλαμοι μιονίων MTD

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ (ΦΥΕ)



ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Ν. ΓΑΖΗΣ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών

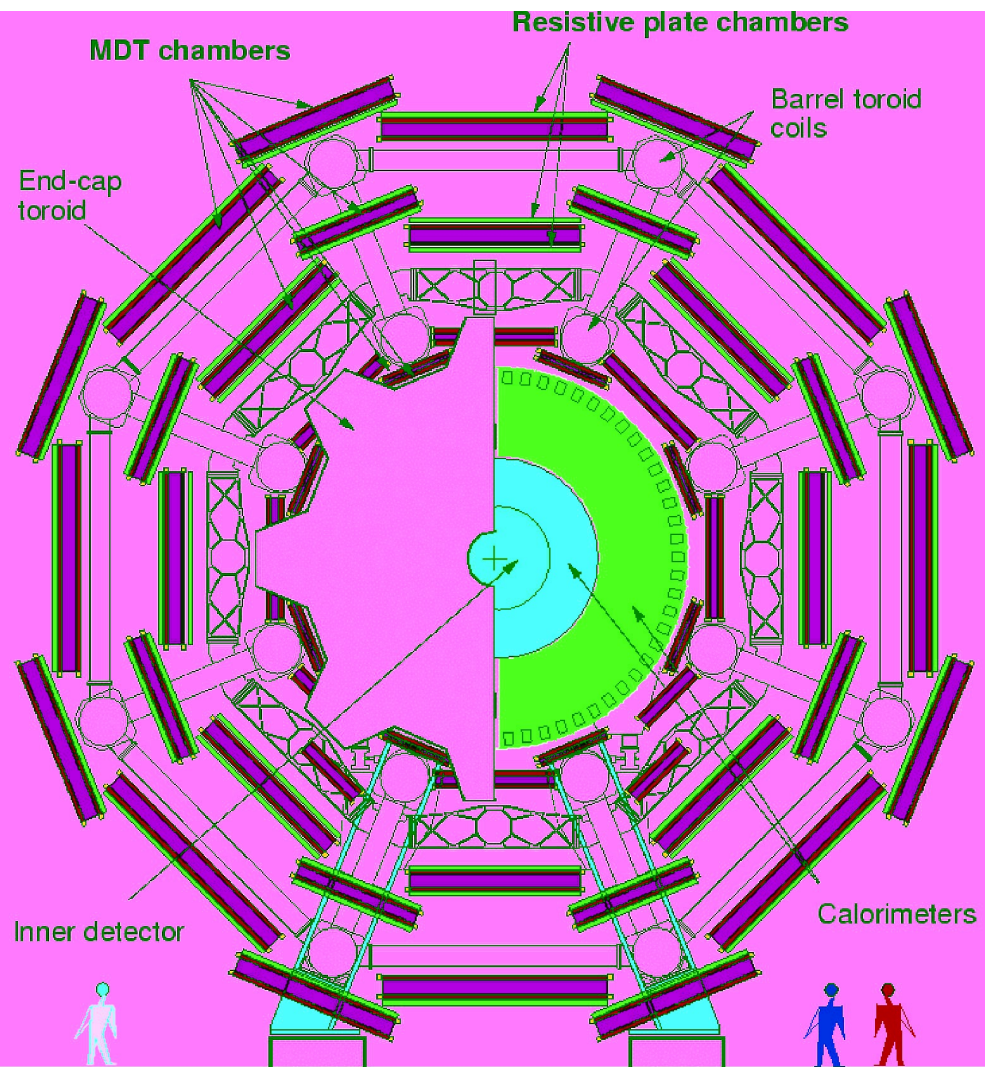


**Οι Ελληνικές δραστηριότητες ΦΥΕ:
τρέχουσα κατάσταση και μέλλον**

Δευτέρα 23 Ιουνίου 2008

1

Οι Ελληνικοί Θάλαμοι Μιονίων ATLAS (MDT-BIS)



Η Ελληνική «Κοινοπραξία» ATLAS

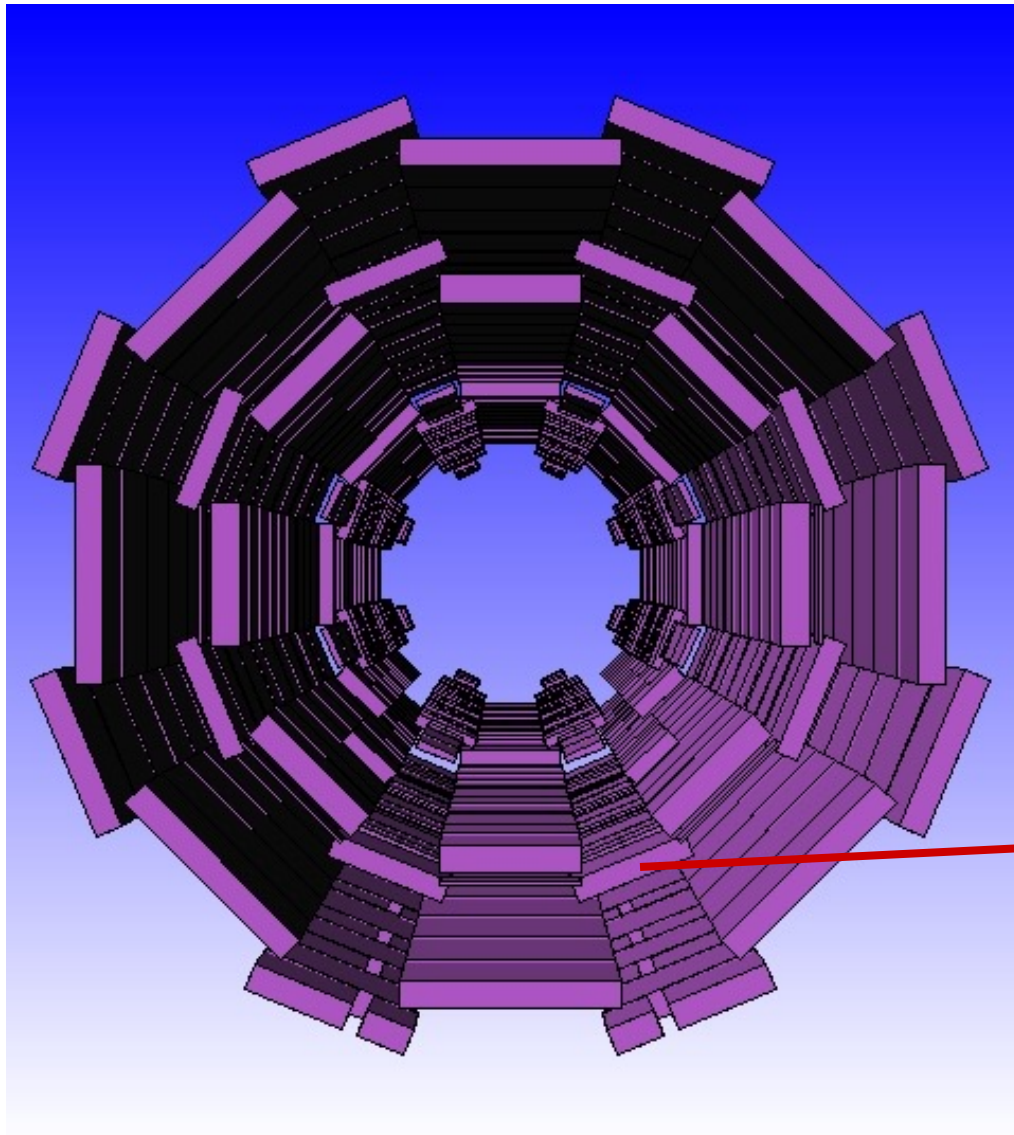
(ΕΛΛΑΔΑ : 1999-2004)

ΕΚΠΑ : MDT συναρμολόγηση σωλήνων ολίσθησης (30 000)

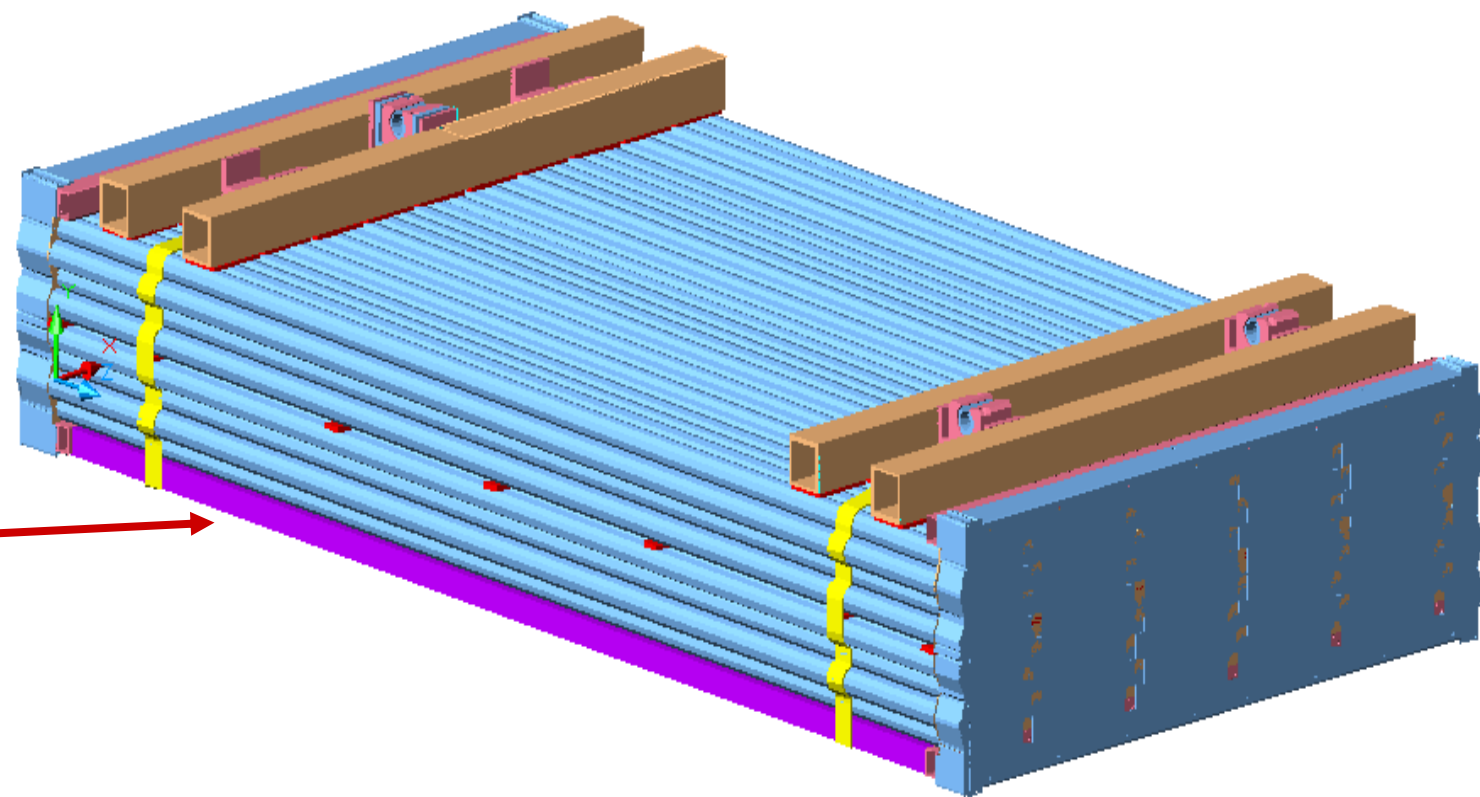
ΕΜΠ : QA_QC των MDT σωλήνων ολίσθησης (30 000)

ΑΠΘ : Συναρμολόγησηση Θαλάμων με 8 επίπεδα (128)

Πείραμα **ATLAS** = **A**Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα

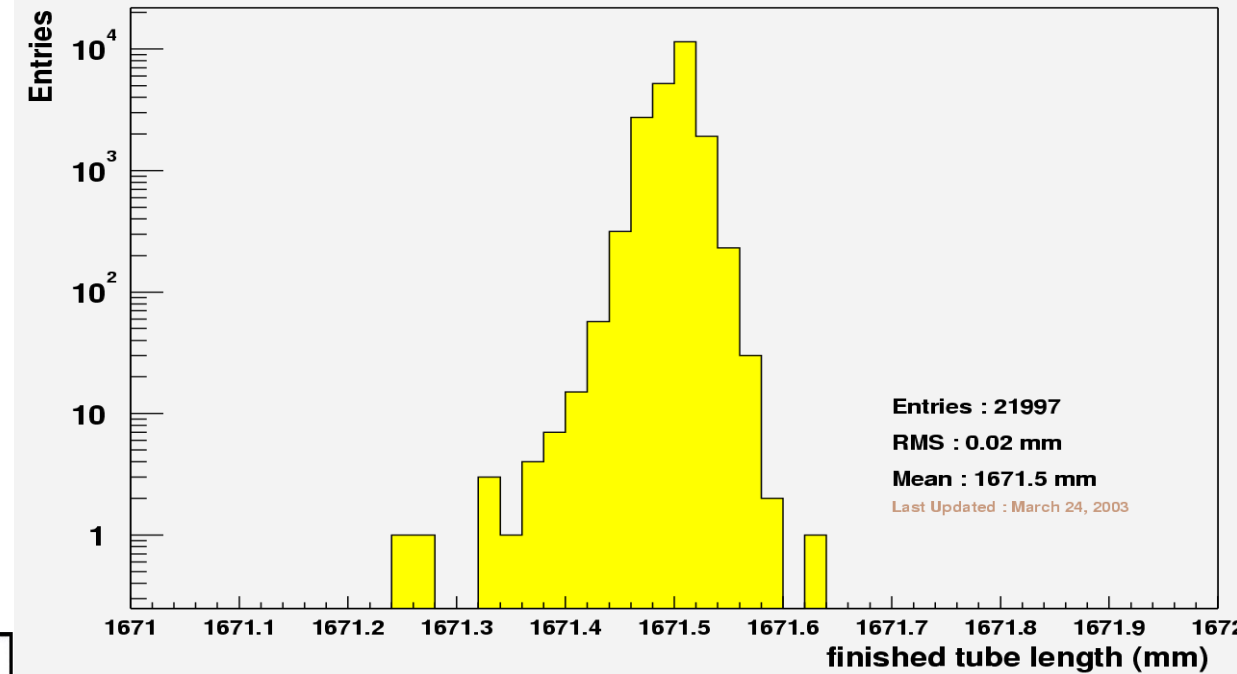
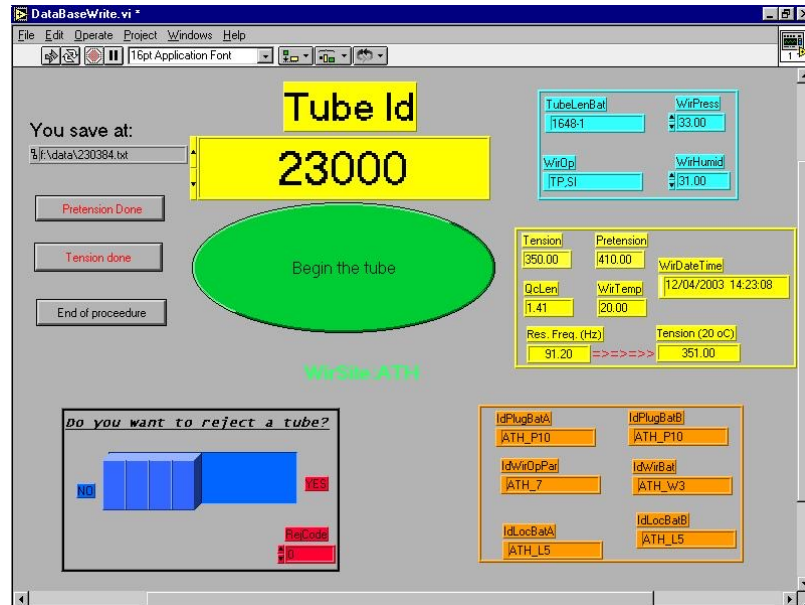


Θάλαμοι **B**arrel **I**nnner **S**mall = BIS

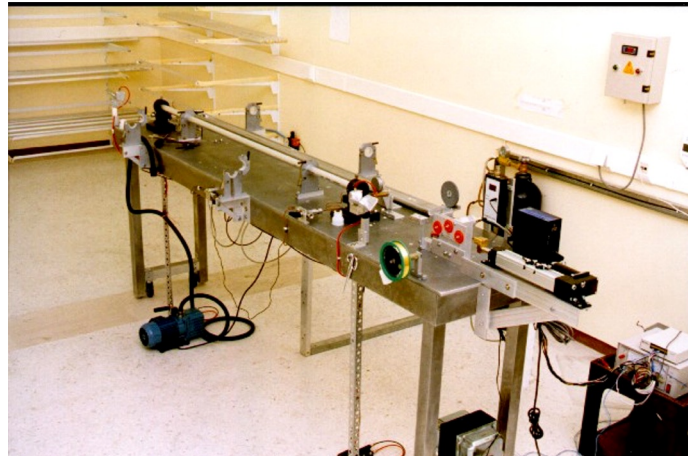


Πείραμα **ATLAS** = **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα

ΕΚΠΑ - Υποδομή συναρμολόγησης ανιχνευτικών σωλήνων



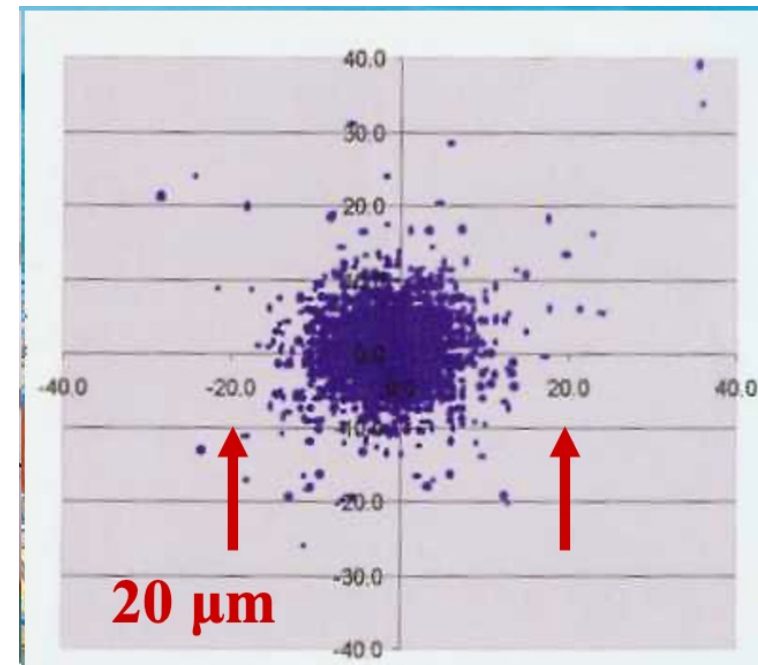
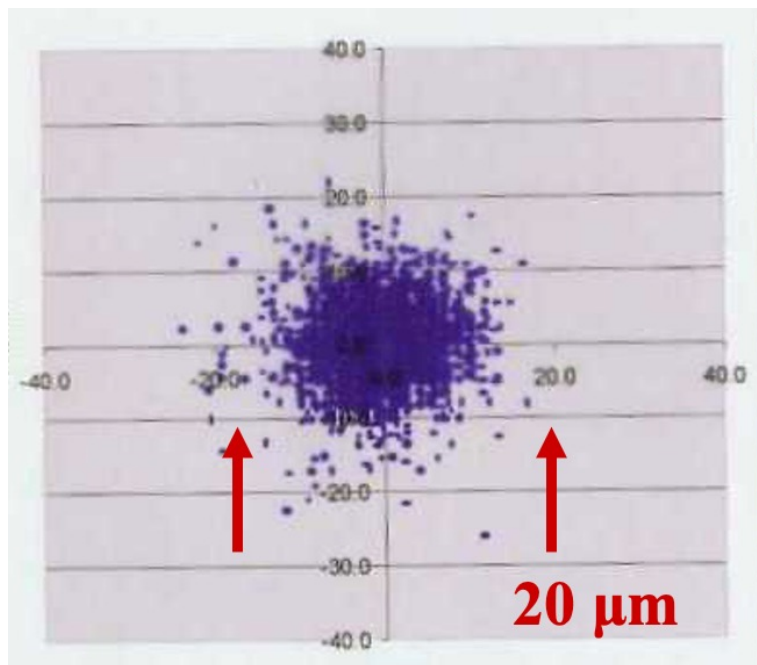
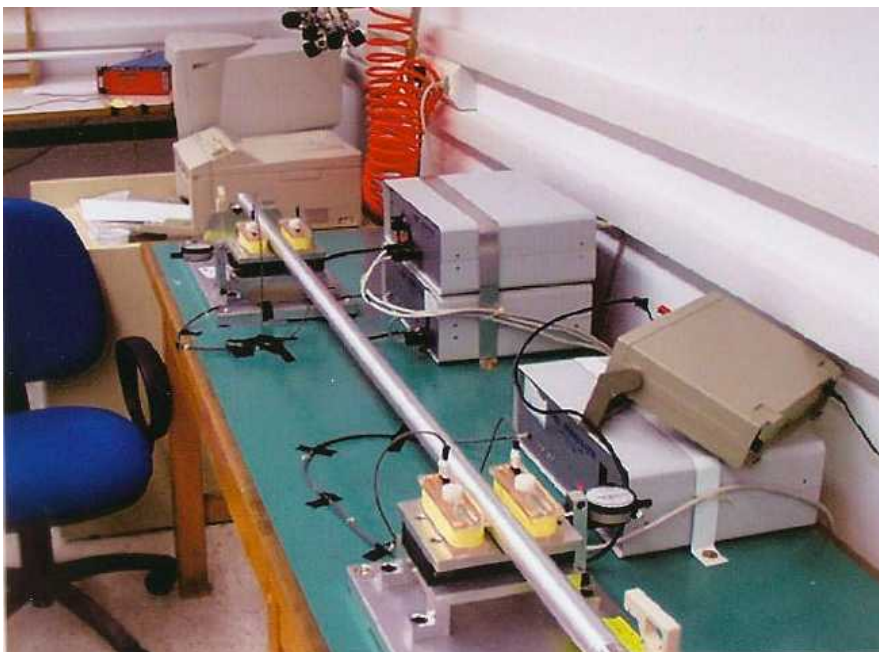
13/14.04.2024



Ε. Γαζής/ΕΜΠ

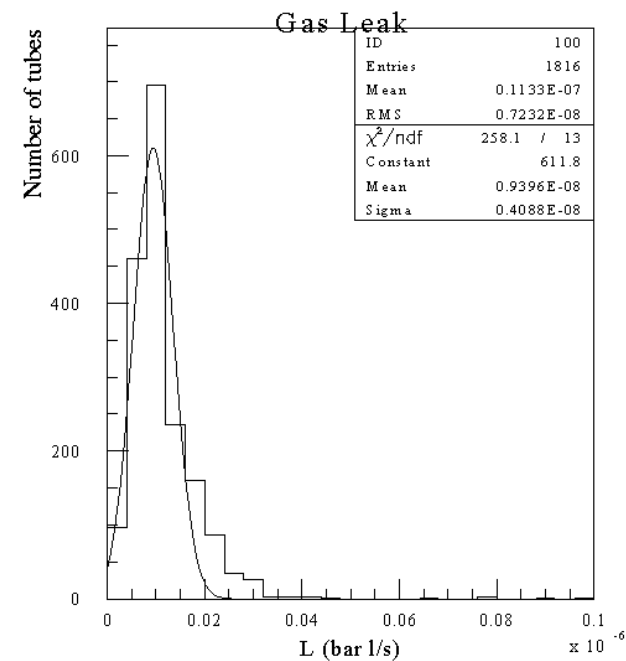
ΕΜΠ - Υποδομή του ποιοτικού ελέγχου (QA_QC) των ανιχνευτικών σωλήνων

Μέτρηση θέσης σύρματος ανόδου



ΕΜΠ - Υποδομή του ποιοτικού ελέγχου (QA_QC) των ανιχνευτικών σωλήνων

Μέτρηση στεγανότητας αερίου μίγματος



ΑΠΘ: Συναρμολόγηση θαλάμων MDT

Τάξη 50000, Θερμοκρασία $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, Υγρασία $\pm 5\%$



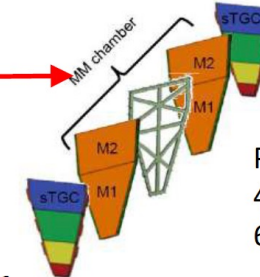
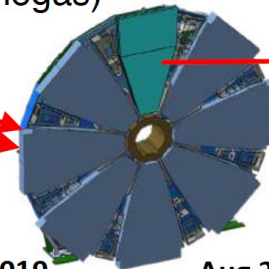
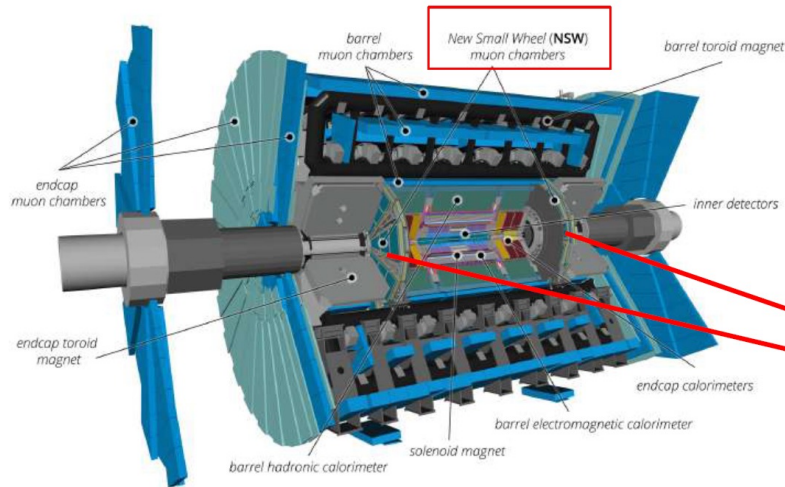
ATLAS NSW (New Small Wheel)



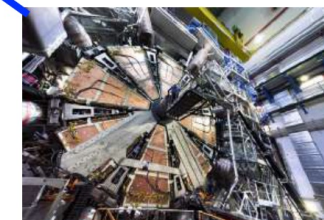
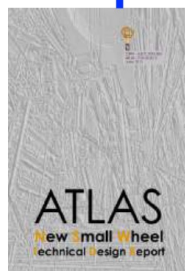
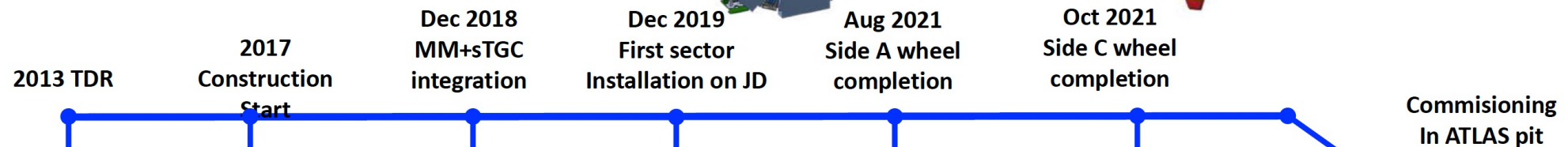
In order to benefit from the expected HL-LHC performance, the first station of the ATLAS muon end-cap system (Small Wheel, SW) had to be replaced. Replaced with novel high-rate capable detectors (New Small Wheel)

New detectors for Run 3 and beyond (HL-LHC)

- Two technologies:
Small-strip Thin Gas Chambers (sTGCs) and Micromesh gaseous detectors (Micromegas)



Production
4 consortia for MM
6 Consortia for sTGC



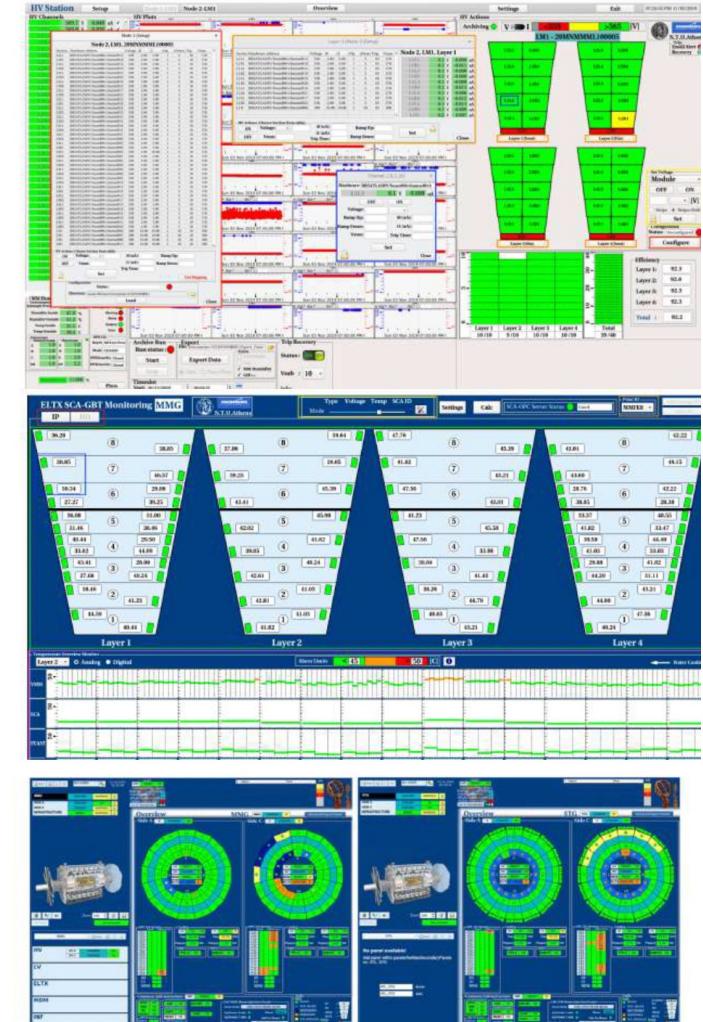
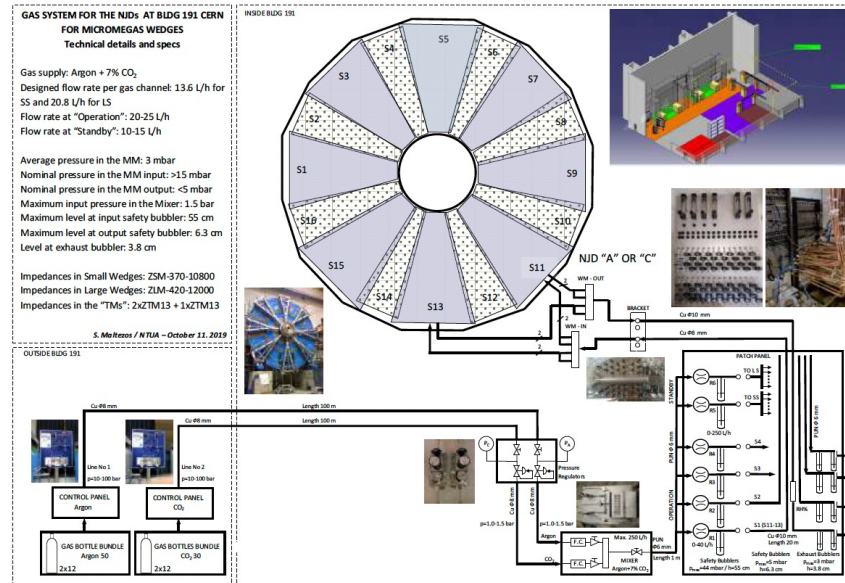


NSW (DCS) and Gas System



NTUA

- NSW Detector Control System & NSW Micromegas Gas System was designed by NTUA team.





NSW Electronics

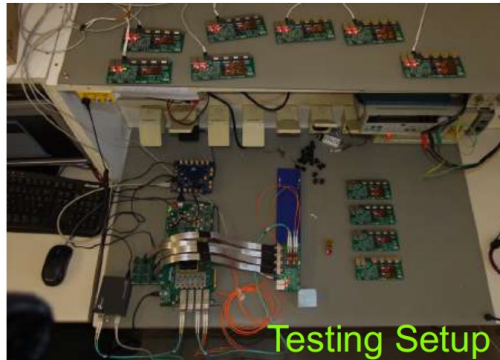


Electronics cards designed, fabricated and assembled (by GR industry) and tested by Greek institutes:

- Micromegas L1DDC (L1 Data Driver Card)
- sTGC L1DDC
- Rim L1DDC (sTGC trigger readout)
- LVDB (micromegas Low Voltage Distribution Card)
- Clean clock card

L1DDC Quality Control

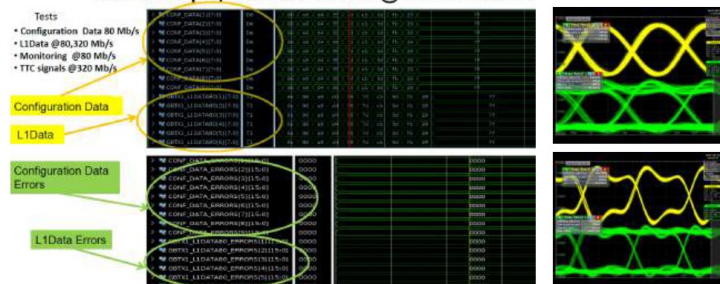
NTUA – UNIWA – NKUA – Demokritos



1024 L1DDC cards for Micromegas and sTGC were tested and quality assured in 2019

Testing Setup

Results for preproduction boards @ ECTLab UNIWA



sTGC Trigger Repeaters boards

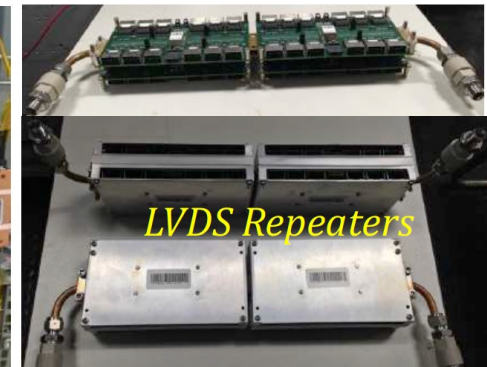
Restoring attenuated trigger signals

Demokritos

- Repeaters design, construction and testing
- Commissioning and integration on detector
- **880 Serial and 150 LVDS repeater boards** build in collaboration with the **Greek industry**
- Cooling/Faraday cages by Greek industry
- Development of test bench (VC707) – yield 99.5%



Serial Repeaters



LVDS Repeaters

Operating in ATLAS since Jan. 2022 without any problems

Some of the Elx will be replaced for trigger bandwidth extension @ HL-LHC



ATLAS – NSW surface commissioning



Micromegas surface commissioning

- Installation, verification of infrastructure
- Definition of commissioning protocol
- Problem identification, solution proposal
- Connections and sectors verification



Pre-installation connections and tests

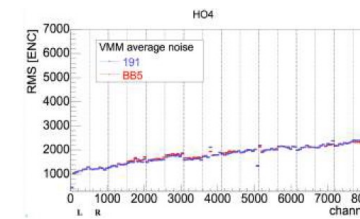
- On the wheel
- On the mm quadruplets

Post-installation parallel work stream 1

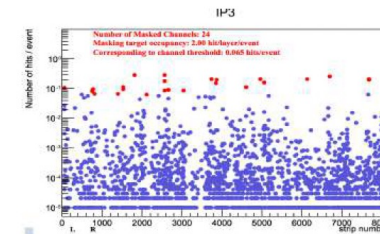
- Gas flushing
- HV connection
- HV operation

Post-installation parallel work stream 2

- Sensor connections
- Temperature reading
- Cooling operation
- Read out connection
- LV operation
- Configuration of electronics
- DCS monitoring of electronics



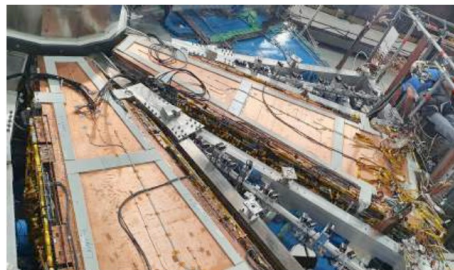
Example of the RMS of a baseline in ENC for a sector layer (Blue B191, Red BB5)



Example of noisy channel mapping

Data taking and sign-off at B 191

- Baselines - threshold estimation
- Pulsing electronics
- Dead and Noisy channel mapping
- Trigger path validation



Working in very dense conditions ... often w/o visual contact ... facing and resolving a variety of challenges



Dimos Sampsonidis

E. Γαζής/EMP

9





Συνεισφορά στην ανάπτυξη και Έλεγχο του Ανιχνευτή NSW

- NSW: LM2-Micromegas Construction
- NSW: Micromegas commissioning
- NSW: Micromegas Integration
- NSW: Design, fabrication, production, testing of MM-L1DDC, sTGC-L1DDC, rimL1DDC readout cards, and Low Voltage Distribution (LVDB) cards, Clean clock card
- NSW: Design of the NSW gas system
- NSW: Radiation hard studies of frontend and readout electronics
- NSW: Micromegas modules Test beam and irradiation
- NSW: Irradiation of the VMM asic and relevant electronics
- NSW: sTGC Trigger repeaters, design and construction
- NSW: sTGC Trigger Commissioning
- NSW: Gif++ sTGC detector Irradiation studies
- NSW: sTGC detector Commissioning/integration
- NSW: Online monitoring tools in ATLAS Trigger/DAQ (Grafana, Gnam)
- NSW: Alti TTC pattern generator



Recent Contribution Areas Software, Muon Performance, Data Analysis

- Muon software development: CSC reconstruction, Multi-Threaded(MT) migration, MT Muon reconstruction & validation, NSW simulation
- Muon digitization, reconstruction, geometry, performance, alignment redesign-implementation
- NSW: readout geometry, alignment, cabling map, MM clustering in high radiation
- Phase II : GeoModel XML description
 - ACTS project: Muon reconstruction Migration
- **B-Physics**
- **SM Physics**: Z-mass precision measurement, Z+jets, Zbb, 4l lineshape, Diboson: Production, Polarization, VBS
- **Indirect Searches** for NP, EFT interpretation, Combination of results
- **Higgs**: $H \rightarrow 4\ell$ (couplings, differential, width), high mass search ($H \rightarrow 4\ell$, $\ell\ell qq$, $\ell\ell\nu\nu$)
- **Exotics**: HDBS-DBL: W' , Z' , ZZd , $ZdZd$, LLPs
- **Di-Higgs**: $HHbb\gamma\gamma$



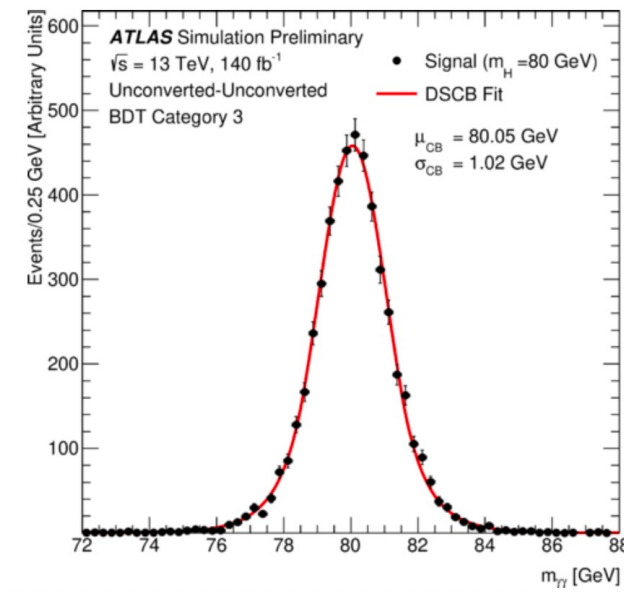
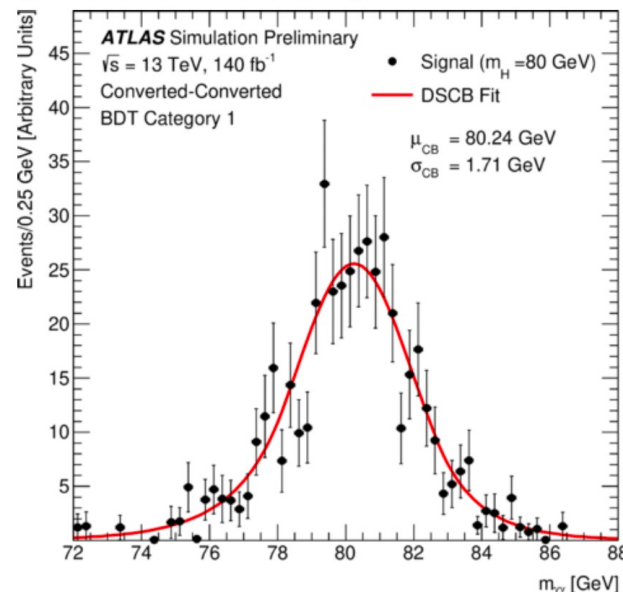
$$H \rightarrow \gamma\gamma$$

ATLAS-CONF-2023-035

Search for diphoton resonances in the 66 to 110 GeV mass range using 140 fb⁻¹ at 13 TeV.

Special features:

- Two searches: model independent and model dependent (assuming SM Higgs like production XS and using a BDT to discriminate photons from electrons).
- Object selections: additional $E_T/m_{\gamma\gamma} > 0.38$ for each γ instead of the $P_{T\gamma\gamma}$ cut.
- Additional background: Drell-Yan originates from $Z/\gamma^* \rightarrow e^+e^-$ with electrons faking photons.
 - Shape and normalization constrained using a data-driven measurement of $e \rightarrow \gamma$ events in $Z \rightarrow ee$ decays.
- Categories based on the photon reconstruction: both unconverted (UU), one converted and one unconverted (CU) or both converted (CC).



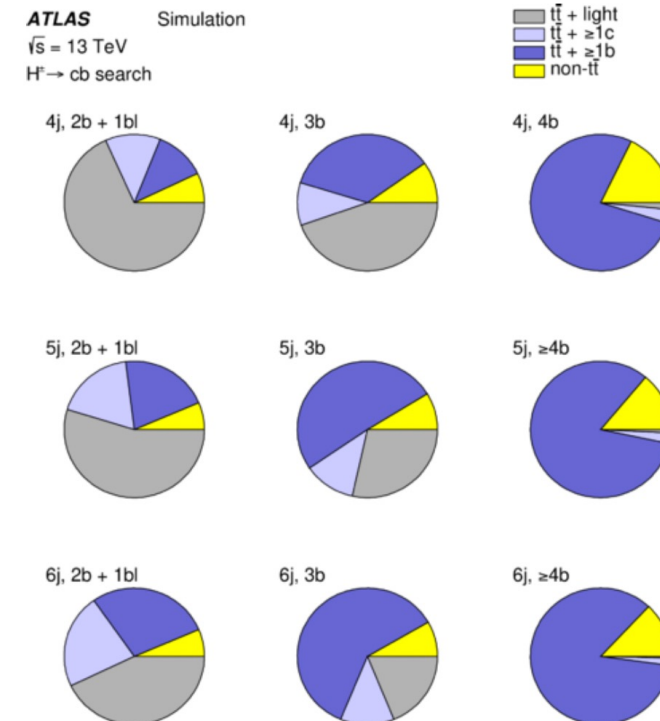
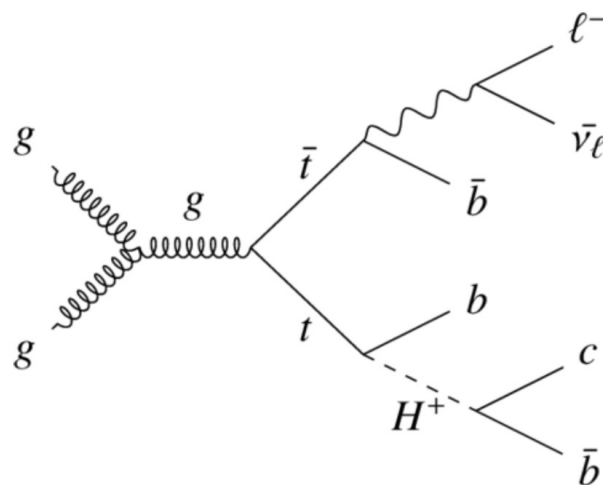


$H^\pm \rightarrow cb$

JHEP 09 (2023) 004

Search for a light charged Higgs boson in $t \rightarrow H^\pm b$ decays, with $H^\pm \rightarrow cb$, in the lepton+jets final state at 13 TeV.

- Mass range: 60 - 160 GeV.
- Event selections: $=1$ isolated light lepton, $\geq 4j$ out of them $\geq 2b$, $E_T^{\text{miss}} > 20$ GeV, $E_T^{\text{miss}} + M_T^W > 20$ GeV.
- Main background: $t\bar{t}$ (single t , V +jets).
- The fit is done on NN score.

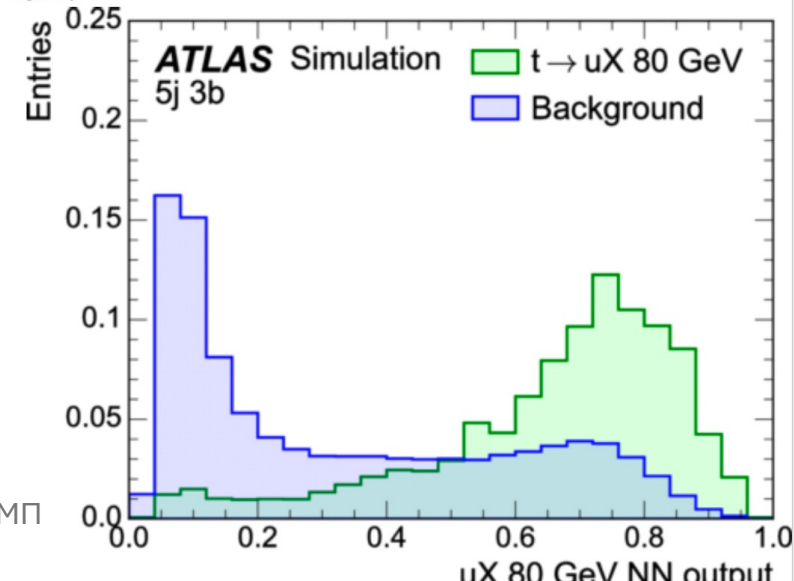
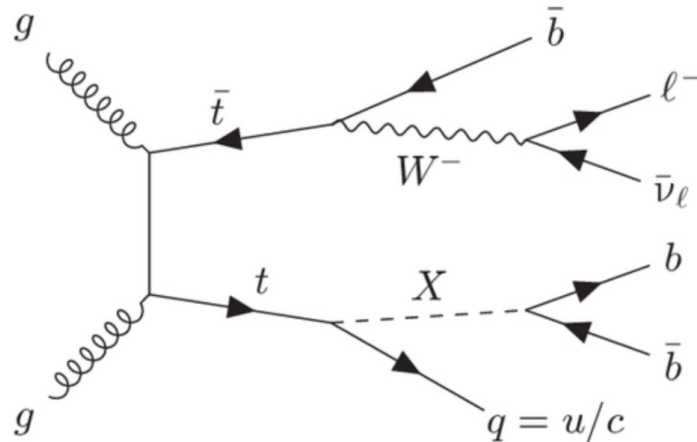


FCNC $t \rightarrow qX, X \rightarrow bb$

JHEP 07 (2023) 199

Search for a new scalar resonance in flavour-changing neutral-current top-quark decays $t \rightarrow qX, X \rightarrow bb$ at 13 TeV.

- Mass range: 20 - 160 GeV.
- Event selections: ≥ 1 isolated light lepton, $\geq 4j$ out of them $\geq 2b$ & ≥ 1 looseb, $E_T^{\text{miss}} > 20$ GeV, $E_T^{\text{miss}} + M_{T^W} > 60$ GeV.
- Main background: $t\bar{t}$ (single t , V +jets).
- Dedicated signal samples for both $t \rightarrow uX$ and $t \rightarrow cX$.



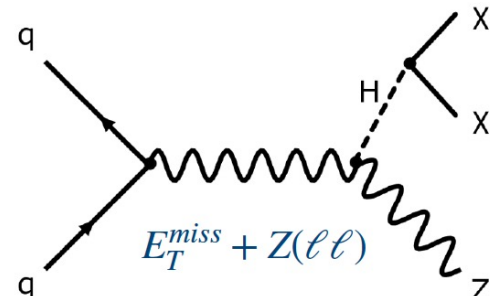
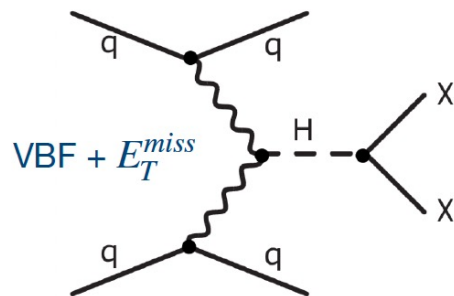
Dark Matter

THE HIGGS SECTOR AS A PORTAL

Higgs boson acting as portal connecting the dark sector and the SM sector:



- DM can be produced via the Higgs boson decay
- Look for anomalous decays of the Higgs boson (SM $\text{BR}(H \rightarrow \text{inv.}) = 0.12\%$)
- Signatures characterised by $E_T^{\text{miss}} + X$ for different Higgs production modes

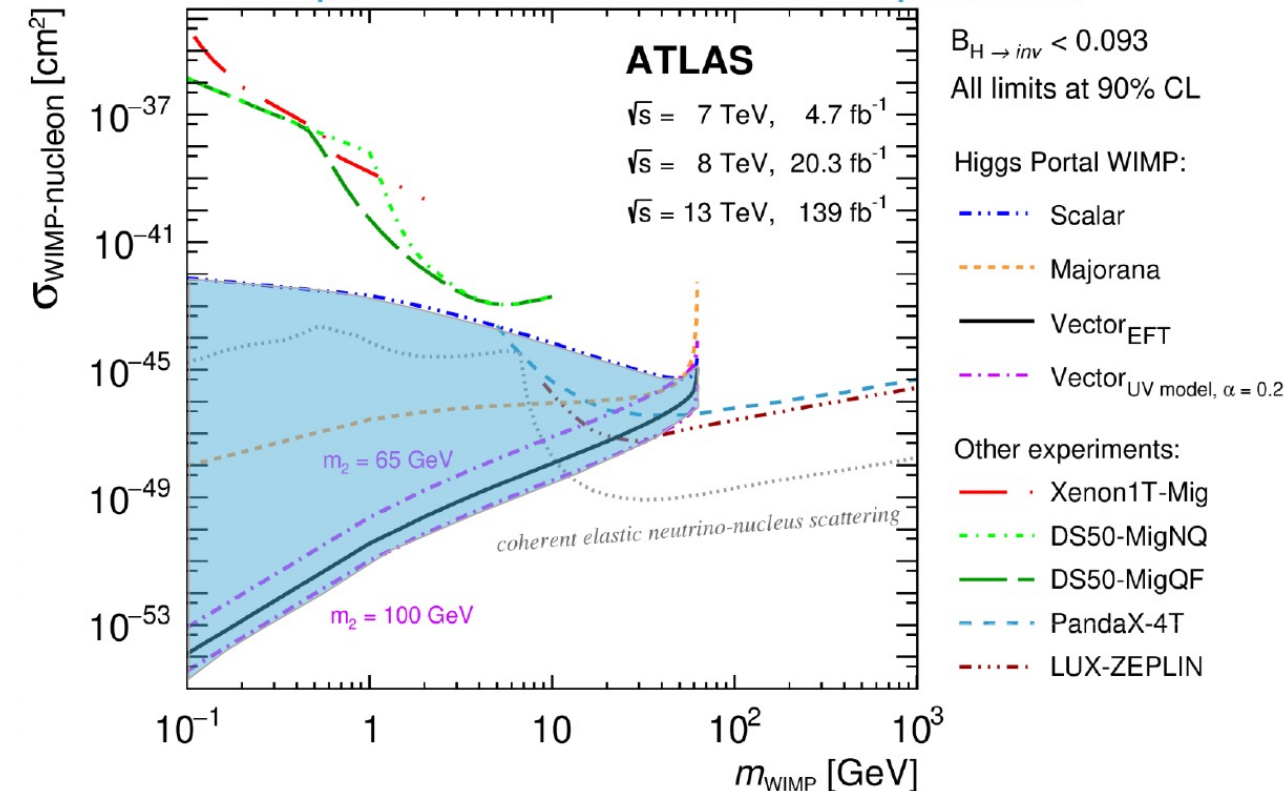


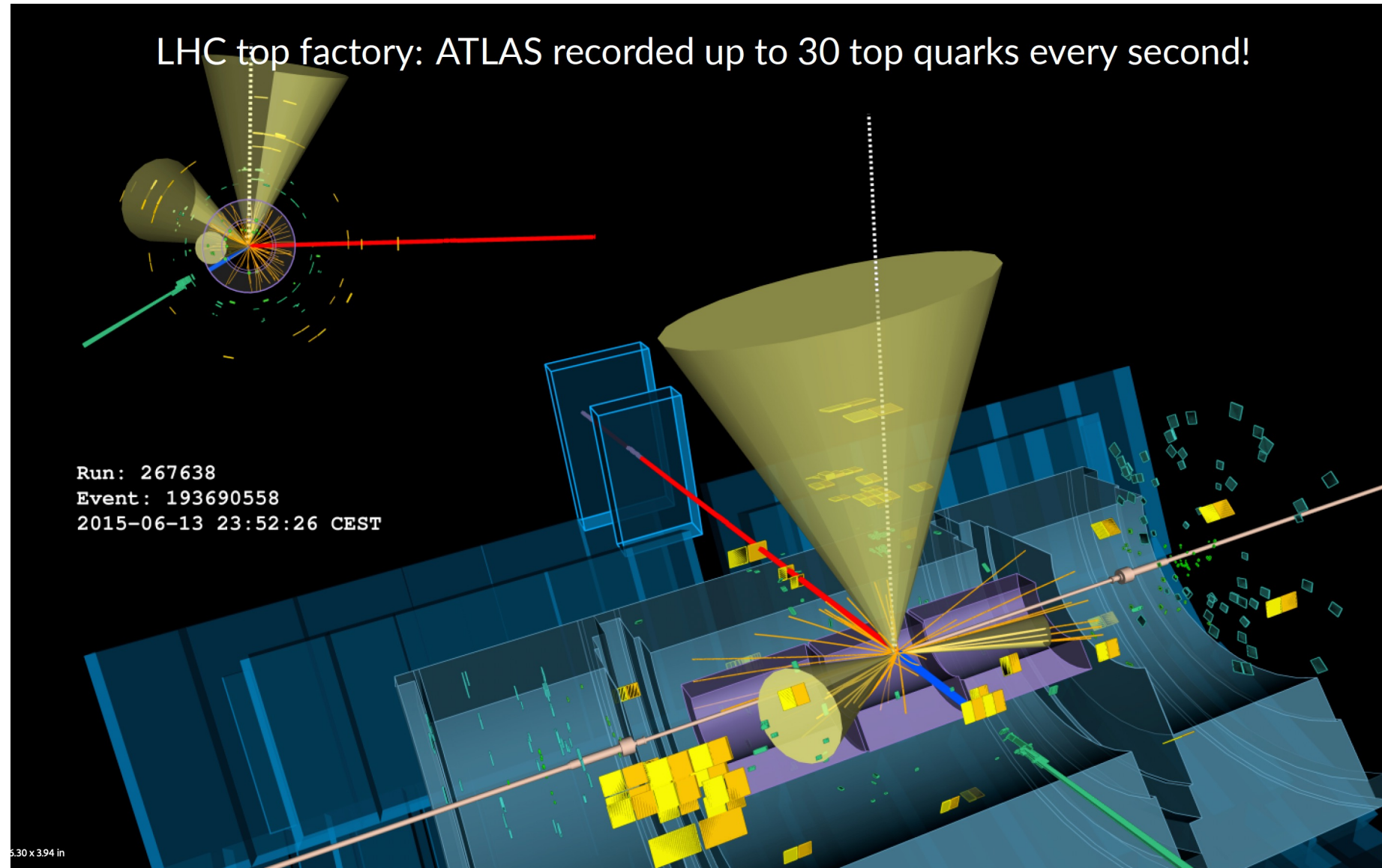
Matter

Dark Energy



comparison with Direct Detection experiments

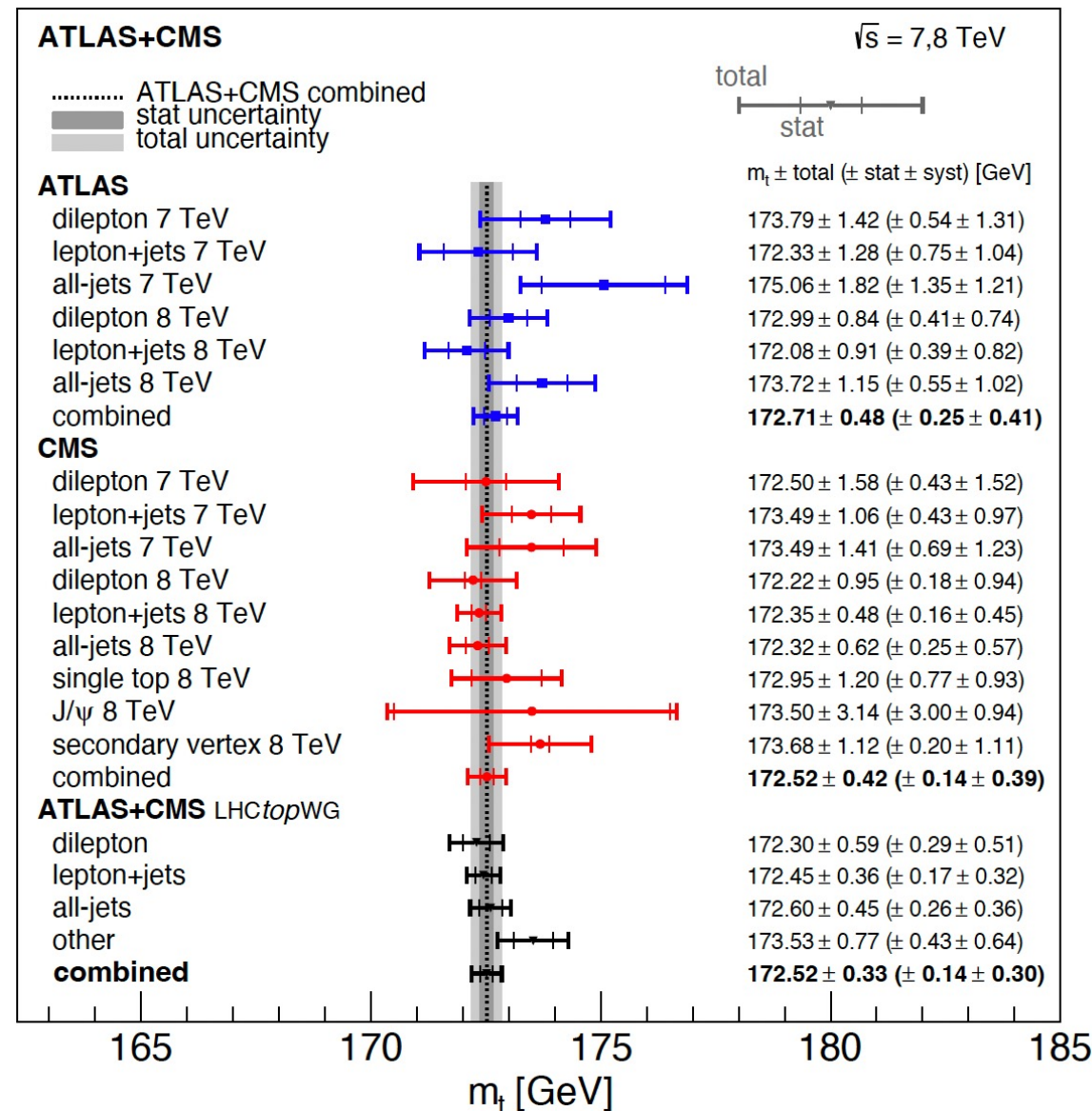




Πείραμα **ATLAS** = **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα

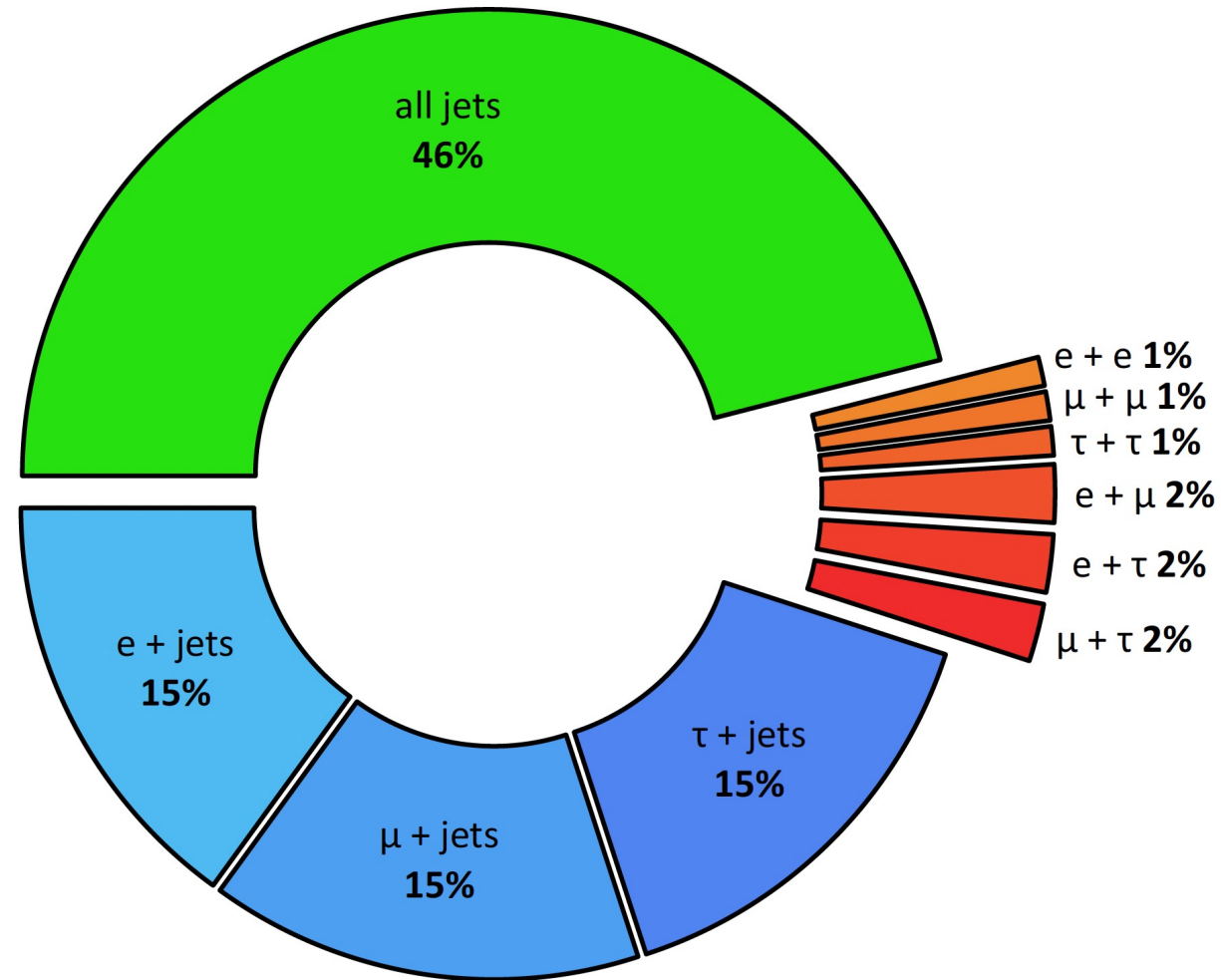


- Higgs discovery to Higgs precision measurements:
- the top quark holds the key thanks to **large mass** → **strong coupling to Higgs**
- **short lifetime** ($\sim 10^{-25}$ s) $\ll$ hadronization
- $m_t = 172.52 \pm 0.14$ (stat) ± 0.30 (syst)
- $m_t = 172.52 \pm 0.14$ (stat) ± 0.30 (syst) GeV
- Total uncertainty ± 0.33 GeV $\rightarrow 0.2\%$
- Dominant production modes at LHC: **$t\bar{t}$** , then electroweak **single top**
- Need good modelling
- Also differential & in extreme phase space
- Most results based on 140 fb^{-1} of 13 TeV collisions





$t\bar{t}$ final state fractions



Πείραμα **ATLAS** = **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S** 1990-Σήμερα



CERN-LHC-ATLAS ([CERN](#))

{ATLAS}

(Proposed: Oct 1, 1992, Approved: Jan 31, 1996, Started: Nov 23, 2009, Completed: 9999)

[ATLAS Collaboration](#)

ATLAS is one of the four major experiments at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. It is a general-purpose particle physics experiment run by an international collaboration and, together with CMS, is designed to exploit the full discovery potential and the huge range of physics opportunities that the LHC provides. ATLAS' scientific exploration uses precision measurement to push the frontiers of knowledge by seeking answers to fundamental questions such as: What are the basic building blocks of matter? What are the fundamental forces of nature? Could there be a greater underlying symmetry to our universe? ATLAS physicists test the predictions of the Standard Model, which encapsulates our current understanding of what the building blocks of matter are and how they interact. These studies can lead to ground-breaking discoveries, such as that of the Higgs boson, physics beyond the Standard Model and the development of new theories to better describe our universe.

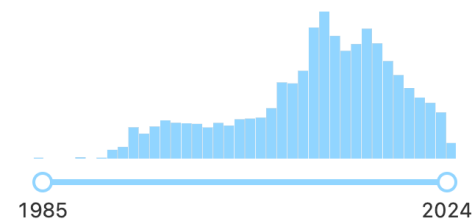
[Articles associated with CERN-LHC-ATLAS](#)

[Collaboration articles](#)

[Collaboration members](#)

[links](#)

Papers per year



Number of authors

☐ Single author

9,815

☐ 10 authors or less

13,104

17,455 results | [cite all](#)

Citation Summary [bib](#)

Most Recent [v](#)

Extra Higgs boson searches at the LHC

#1

[ATLAS](#) and [CMS](#) Collaborations • [Junquan Tao](#) for the collaborations. (Apr 4, 2024)

Contribution to: [CKM 2023](#) • e-Print: [2404.03571](#) [hep-ex]

[pdf](#)

[cite](#)

[reference search](#)

[0 citations](#)

Search for pair-produced higgsinos decaying via Higgs or Z bosons to final states containing a pair of photons and a pair of b -jets with the ATLAS detector

#2

[ATLAS](#) Collaboration • [Georges Aad](#) ([Marseille](#), [CPPM](#)) et al. (Apr 2, 2024)

e-Print: [2404.01996](#) [hep-ex]

[pdf](#)

[cite](#)

[reference search](#)

[0 citations](#)



- Οι Συνεργασίες και τα αντίστοιχα Πειράματα στη Φυσική των Υψηλών Ενεργειών, αυξάνονται σημαντικά για κάθε επόμενη γενιά με την παράλληλη ανάπτυξη της τεχνολογίας:
- **Επιταχυντές:** Πηγές ιόντων, μαγνήτες, RF-κοιλότητες, επιταχυντικές δομές, τεράστια μεγέθη – **SPS** (7 km), **LEP** (27 km), **LHC** (27 km) **CLIC** (48 km), **FCC** (100 km)
- Ανιχνευτές: Τροχιών (Πυρίτιο και άλλοι ημιαγωγοί), νέοι θάλαμοι (Micromegas, GEM), αντίστοιχη αύξηση μεγεθών – **NA-14** (σταθερού στόχου, μικρή στερεά γωνία ανίχνευσης δεδομένων), ΌΛΑ τα επόμενα με συγκρουόμενες δέσμες, κυλινδρική γεωμετρία 4π
- **Συστήματα Ελέγχου:** Από εκατοντάδες ανιχνευτικοί αισθητήρες → εκατομμύρια
- **Ηλεκτρονικά:** Ταχύτερης απόκρισης για να καλύπτουν τις ροές σημάτων των ανιχνευτών, με την ροή των γεγονότων που εμφανίζονται , **LHC 25 ns**
- **Υπολογιστές:** Καταχώριση, επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων
- **Ερευνητές:** Πολλαπλάσιος αριθμός – 50 (**NA-14**), 350 (**DELPHI**), 4000 (**ATLAS**)
- **Συνεργασίες:** Ιδιαίτερα ομαλή η συνύπαρξη πολλών ερευνητών από διάφορες χώρες και πολιτισμούς, κατανομή υπευθυνοτήτων με κατάθεση παραδοτέων σε δεδομένο χρόνο!!