



Ένα Εργαστήριο για την Υφήλιο

Το CERN¹ είναι το Ευρωπαϊκό Εργαστήριο για την Έρευνα στη Φυσική των Στοιχειωδών Σωματιδίων, το μεγαλύτερο στον κόσμο ερευνητικό κέντρο στον τομέα του. Η ίδρυσή του, το έτος 1954, αποτέλεσε μια από τις πρώτες κοινές ευρωπαϊκές προσπάθειες και αποτελεί ένα φωτεινό παράδειγμα διεθνούς συνεργασίας. Από τα 12 ιδρυτικά μέλη², η συνεργασία έχει φθάσει σήμερα τα 21 κράτη-μέλη³. Τα κράτη-μέλη έχουν ιδιαίτερες υποχρεώσεις και δικαιώματα. Συνεισφέρουν στον ετήσιο οικονομικό προϋπολογισμό του Εργαστηρίου (ανάλογα με το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν, ΑΕΠ) και αντιπροσωπεύονται στο Συμβούλιο, που είναι υπεύθυνο για όλες τις σημαντικές αποφάσεις του Εργαστηρίου και των δραστηριοτήτων του. Το Εργαστήριο βρίσκεται πάνω στα Γαλλοελβετικά σύνορα, δυτικά της Γενεύης, στους πρόποδες της οροσειράς Ζουρά (Jura). Γύρω στους 12.000 επιστήμονες, δηλαδή σχεδόν το 50% των επιστημόνων σ' όλο τον κόσμο που ασχολούνται με τα στοιχειώδη σωματίδια, χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις του CERN. Οι επιστήμονες αυτοί εκπροσωπούν πάνω από 600 πανεπιστήμια/ινστιτούτα και πάνω από 113 κράτη.

Οι επιστήμονες στο CERN χρησιμοποιούν τα μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα παγκοσμίως επιστημονικά όργανα με σκοπό την κατανόηση των θεμελιωδών συστατικών της ύλης, των στοιχειωδών σωματιδίων. Τα σωματίδια οδηγούνται σε συγκρούσεις με μεγάλες ταχύτητες και αυτή η διαδικασία δίνει την ευκαιρία στους επιστήμονες να μελετήσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους και να κατανοήσουν τους θεμελιώδεις νόμους που διέπουν τη φύση.

Τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιεί το CERN -και τα οποία κατασκευάζονται γι' αυτήν ακριβώς την έρευνα- είναι οι επιταχυντές και οι ανιχνευτές. Οι επιταχυντές προωθούν δέσμες σωματιδίων σε πολύ υψηλές ενέργειες και τις υποχρεώνουν σε συγκρούσεις με σταθερούς στόχους ή μεταξύ τους. Οι ανιχνευτές παρατηρούν και καταγράφουν τα αποτελέσματα αυτών των συγκρούσεων.

Η «ναυαρχίδα» του CERN είναι ο Μεγάλος Αδρονικός Επιταχυντής” (Large Hadron Collider, LHC) που είναι ο μεγαλύτερος και ισχυρότερος παγκοσμίως επιταχυντής σωματιδίων. Η λειτουργία του ξεκίνησε το 2008 και

¹ Το CERN είναι αρκτικόλεξο του *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, δηλαδή Ευρωπαϊκό Συμβούλιο για την Πυρηνική Έρευνα, ένα μεταβατικό σώμα που ιδρύθηκε το 1952 με σκοπό τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού οργανισμού έρευνας πρώτης γραμμής στη θεμελιώδη φυσική. Την εποχή εκείνη η βασική έρευνα στη φυσική εστιαζόταν στην κατανόηση της δομής του ατόμου, εξ ου και η λέξη «πυρηνική».

² Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία (Ομοσπονδιακή Δημοκρατία), Γιουγκοσλαβία, Δανία, Ελβετία, Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιταλία, Νορβηγία, Ολλανδία και Σουηδία.

³ Αυστρία (1959), Ισπανία (1961-1969, επανένταξη το 1983), Πορτογαλία (1985), Φινλανδία (1991), Πολωνία (1991), Τσεχοσλοβακία (1992, επανένταξη το 1993 ως Τσεχία και Σλοβακία), Ουγγαρία (1992), Βουλγαρία (1999) και Ισραήλ (2014). Η Ρουμανία είναι υποψήφια για ένταξη σύντομα. Η Σερβία είναι συνεργαζόμενο (associate) μέλος και έχει κάνει αίτηση για ένταξη, ενώ η Τουρκία και το Πακιστάν είναι συνεργαζόμενα μέλη.



αποτελεί το πιο πρόσφατο στοιχείο στο σύμπλεγμα των επιταχυντών του CERN. Ο LHC είναι ένας κυκλικός επιταχυντής με περιφέρεια 27 km (τοποθετημένος σε ένα υπόγειο τούνελ σε βάθος περίπου 90 m), ο οποίος επιταχύνει δέσμες σωματιδίων (πρωτόνια) σε ταχύτητες πολύ κοντά σ' αυτήν την φωτός και τις υποχρεώνει σε σύγκρουση. Οι δέσμες ταξιδεύουν σε δύο σωλήνες (πολύ υψηλού κενού) με αντίθετες κατευθύνσεις και συγκρατούνται σε κυκλική τροχιά με τη βοήθεια υπεραγωγίων ηλεκτρομαγνητών. Οι τελευταίοι κατασκευάζονται από ειδικού κράματος σύρματα που βρίσκονται σε υπεραγώγιμη κατάσταση, δηλαδή σε κατάσταση όπου δεν παρουσιάζουν αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Για να επιτευχθεί αυτή η κατάσταση, απαιτείται η ψύξη του ηλεκτρομαγνήτη σε θερμοκρασία $-271,3^{\circ}\text{C}$, μια θερμοκρασία ψυχρότερη του έξω διαστήματος. Η θερμοκρασία αυτή επιτυγχάνεται με χρήση υγρού ηλίου που ψύχει του ηλεκτρομαγνήτες.

Στην περιφέρεια του επιταχυντή, στα τέσσερα σημεία όπου οι αντίθετα κινούμενες δέσμες των πρωτονίων οδηγούνται σε σύγκρουση, είναι τοποθετημένα αντίστοιχα πειράματα. Τα δύο από αυτά (ο ATLAS και ο CMS) είναι μεγαλύτερα με κύριο (αλλά όχι μοναδικό) σκοπό την παρατήρηση του πολυαναμενόμενου σωματιδίου Brout-Englert-Higgs, η ανίχνευση του οποίου ανακοινώθηκε επίσημα τον Ιούλιο του 2012 και οδήγησε τους F. Englert και P.

Higgs στην απόκτηση του Βραβείου Nobel Φυσικής το 2013⁴. Τα άλλα δύο, μικρότερα σε όγκο, πειράματα μελετούν την ασυμμετρία ύλης-αντιύλης που παρατηρείται στο Σύμπαν (LHCb) και το λεγόμενο «πλάσμα κουαρκ-γκλουονίων» που πιστεύεται ότι αποτέλεσε την πρωταρχική κατάσταση της ύλης τις πρώτες στιγμές μετά τη δημιουργία του Σύμπαντος (ALICE). Ο αριθμός των συνεργαζόμενων επιστημόνων σε καθένα από τους δύο μεγάλους ανιχνευτές (ATLAS και CMS) ξεπερνά τους 3.000. Για να έχουμε μια εικόνα του μεγέθους αυτών των ανιχνευτών, ο ATLAS έχει σχήμα κυλίνδρου με διάμετρο βάσης πάνω από 20m και ύψος κυλίνδρου περίπου 40m.

Η Ελληνική παρουσία είναι σημαντική στο επιστημονικό δυναμικό που συμμετέχει στο CERN. Πάνω από 60 πειραματικοί επιστήμονες με βάση την Ελλάδα⁵ διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στα τέσσερα βασικά πειράματα του LHC αλλά και σε μικρότερα που διενεργούνται στο CERN. Επίσης, πάνω από 50 θεωρητικοί επιστήμονες, και αυτοί με βάση την Ελλάδα⁶, εργάζονται ερευνητικά στον τομέα της φυσικής των σωματιδίων και συνεργάζονται με διάφορους τρόπους με την (πολύ ισχυρή) θεωρητική ομάδα του CERN. Τέλος, υπάρχουν γύρω στους 30 Έλληνες μεταπτυχιακούς σπουδαστές που ασχολούνται με θέματα

⁴ Ο R. Brout είχε πεθάνει το 2011

⁵ Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, ΕΜΠ, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος.



Τεχνολογίας (με 6-μηνιαίες έως 3-ετείς συμβάσεις). Ταυτόχρονα, πάνω από 90 διδακτορικοί φοιτητές στην Ελλάδα εκπονούν διδακτορικό στα επιστημονικά πεδία που θεραπεύει το CERN.

Στη Σχολή ΕΜΦΕ δραστηριοποιούνται τρεις ερευνητικές ομάδες με αντικείμενο την έρευνα στο CERN: η Θεωρητική Ομάδα Φυσικής Σωματιδίων και Κοσμολογίας (με 9 μέλη ΔΕΠ), η Πειραματική Ομάδα Υψηλών Ενεργειών (4 μέλη ΔΕΠ) και η Πειραματική Ομάδα Πυρηνικής Φυσικής (2 μέλη ΔΕΠ). Πιο συγκεκριμένα, τα μέλη της Πειραματικής Ομάδας Υψηλών Ενεργειών έχουν κατασκευάσει (σε συνεργασία με το Καποδιστριακό και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο) έναν μεγάλο αριθμό Ελεγχόμενων Σωλήνων Ολίσθησης (Monitored Drift Tubes, MDT) οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο τμήμα του ανιχνευτή ATLAS που καταγράφει τα μίονια (σωματίδια σαν τα ηλεκτρόνια αλλά με μεγαλύτερη μάζα) που παράγονται κατά τις συγκρούσεις. Επίσης, διεξάγουν έρευνα και ανάπτυξη για την αναβάθμιση του μιονικού ανιχνευτή με νέες μεθόδους (microMEGAS). Η Πειραματική Ομάδα Πυρηνικής Φυσικής ενεργοποιείται ερευνητικά στο πείραμα nTOF και έχει αναλάβει, μεταξύ άλλων, ένα σημαντικό μέρος της μελέτης πυρηνικής σχάσης σε στοιχεία της περιοχής των ακτινίδων, με σκοπό την αποτέφρωση των πυρηνικών καταλοίπων και την παραγωγή ενέργειας. Στη μελέτη αυτή επίσης χρησιμοποιούνται καινοτόμοι ανιχνευτές microMEGAS. Τέλος, η σχέση των θεωρητικών με το CERN υλοποιείται μέσω ερευνητικών συνεργασιών με μέλη του Κέντρου, συνδιοργάνωση συνεδρίων, καθώς και βραχύχρονων ή μεγαλύτερης διάρκειας επισκέψεων για συνεργασία με τη Θεωρητική Ομάδα του CERN.

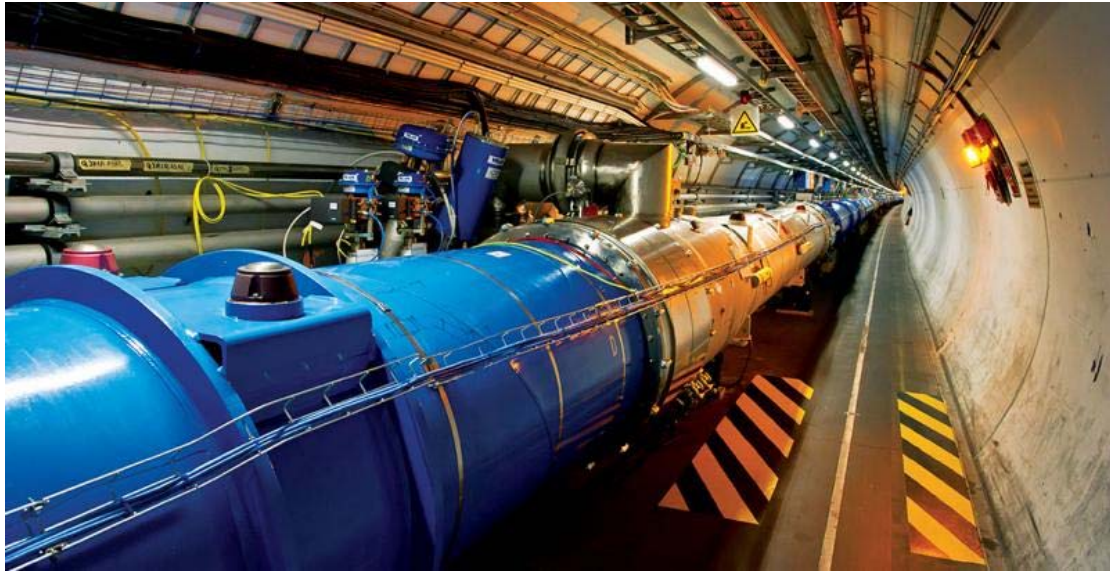
Μέλη ΔΕΠ της ΣΕΜΦΕ, τόσο πειραματικοί όσο και θεωρητικοί, είναι μέλη της Ελληνικής Ομάδας Εκλαΐκευσης (και η ομάδα αυτή με τη σειρά της συμμετέχει στη Διεθνή Ομάδα Εκλαΐκευσης Φυσικής Σωματιδίων - International Particle Physics Outreach Group, IPPOG), που έχει ως σκοπό να ενημερώνει το ευρύ κοινό και κυρίως τους μαθητές Γυμνασίων και Λυκείων για την έρευνα και τα επιτεύγματά της στον τομέα της Φυσικής των Σωματιδίων. Τα μέλη της ομάδας δίνουν ενημερωτικές διαλέξεις σε μαθητές που επισκέπτονται το ΕΜΠ ή και στα ίδια τα σχολεία. Διατηρούν και εμπλουτίζουν ιστότοπο με εκλαϊκευτικά άρθρα, φωτογραφίες, animations και πλήρη λογισμικά, όλα στα Ελληνικά. Συμμετέχουν στην ετήσια (από το 2005) διεθνή διοργάνωση των Master Classes, οι οποίες είναι ημερίδες όπου μαθητές Β' και Γ' Λυκείου έρχονται για μία ολόκληρη μέρα στο πανεπιστήμιο/ινστιτούτο (στην Ελλάδα συμμετέχουν τα Πανεπιστήμια Αθήνας, Θεσσαλονίκης, Κρήτης, το ΕΜΠ και το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος), παρακολουθούν διαλέξεις και εργάζονται ερευνητικά (με χρήση PC) πάνω σε πραγματικά δεδομένα από τους ανιχνευτές του CERN. Τα τελευταία τρία χρόνια, μέλη της ΣΕΜΦΕ διοργανώνουν και τοπικές ημερίδες Master Classes σε διάφορες περιοχές τόσο της Αθήνας όσο και όλης της Ελλάδας.

⁶ Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, ΕΜΠ, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Πανεπιστήμιο Πατρών, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος.

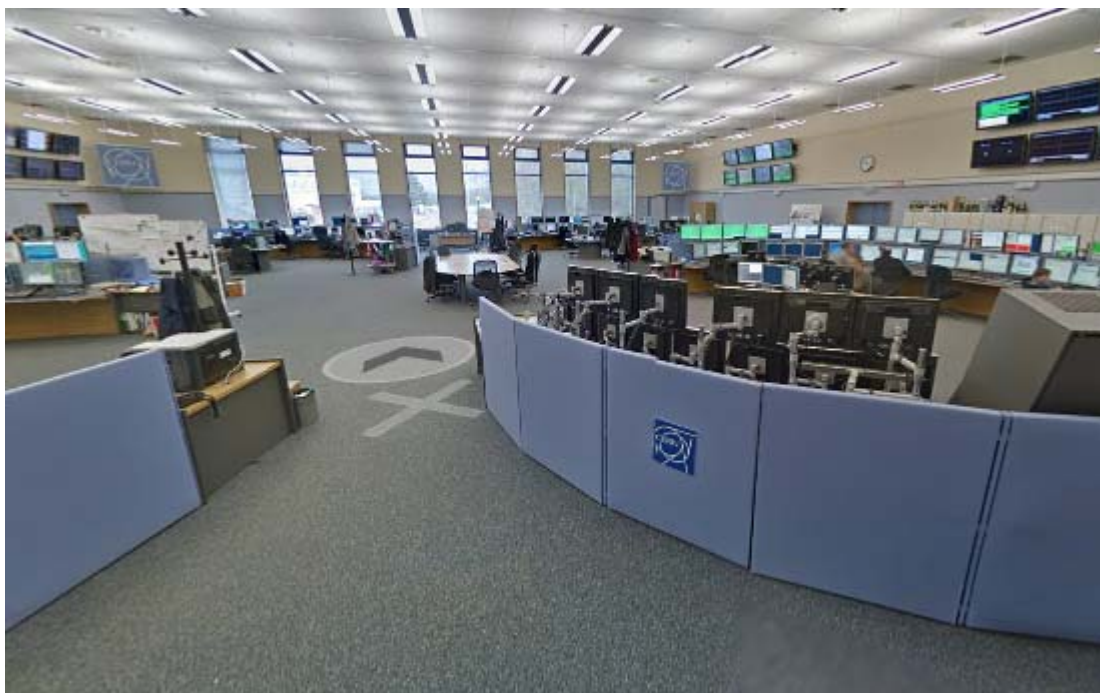
Νίκος Τράκας

Καθηγητής ΣΕΜΦΕ

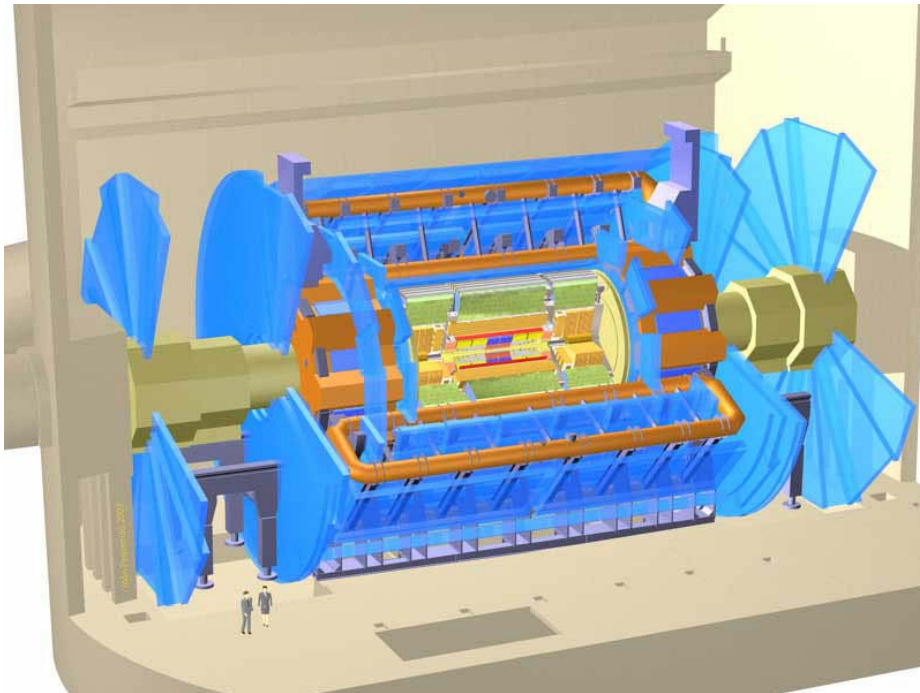
Θεωρητική Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων



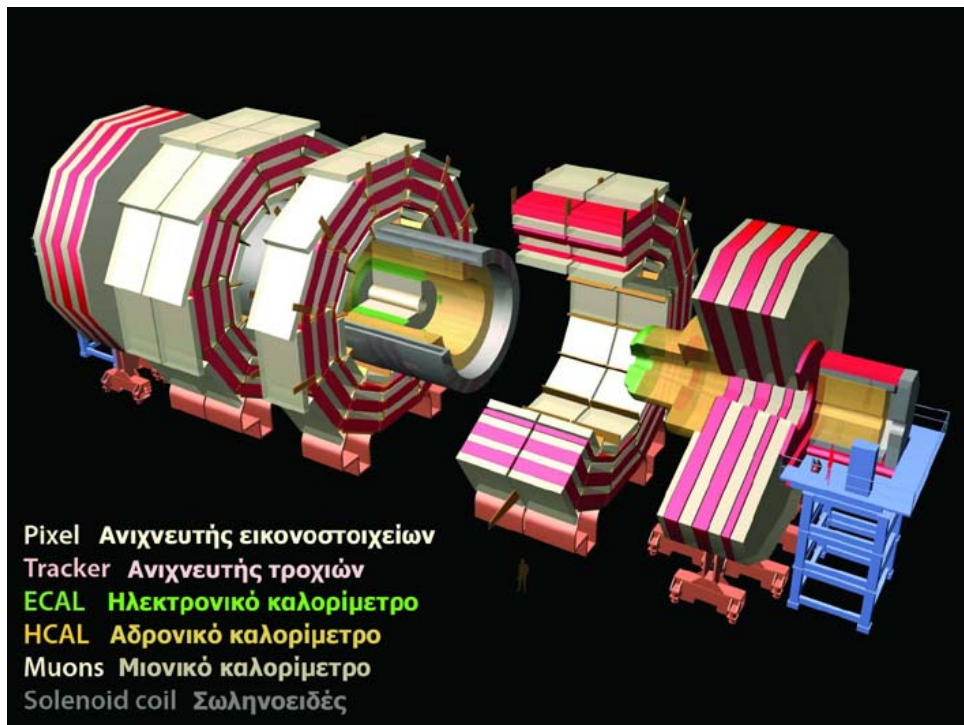
Εικόνα 1: Τμήμα του Μεγάλου Αδρονικού Επιταχυντή LHC στο υπόγειο τούνελ



Εικόνα 2: Η αίθουσα ελέγχου (control room) του Μεγάλου Αδρονικού Επιταχυντή LHC



Εικόνα 3: Ο ανιχνευτής ATLAS, ένας από τους δύο μεγάλους ανιχνευτές στον LHC



Εικόνα 4: Ο ανιχνευτής CMS, ο δεύτερος μεγάλος ανιχνευτής στον LHC