

LHC: Η μεγαλύτερη μηχανή στον κόσμο Μέρος 1ο

Άρθρο, Μάρτιος 2008

1ο, 2ο, 3ο

Ο Μάιος του 2008 αναμένεται να είναι συναρπαστικός για τους φυσικούς. Περιμένουν να δουν την αναπαράσταση της Μεγάλης Έκρηξης, σωματίδια να κινούνται κοντά στην ταχύτητα του φωτός, να παράγεται αντι-ύλη, την πιθανή δημιουργία μίνι μαύρων οπών, την ανακάλυψη άγνωστων μέχρι σήμερα σωματιδίων, όπως του σωματιδίου Higgs ή του Θεού και των υπερσυνεργατών (superpartners) των γνωστών σωματιδίων, την παρουσία νέων κρυμμένων διαστάσεων, την επιβεβαίωση της θεωρίας των υπερχορδών, ποιές είναι οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των βασικών σωματιδίων της ύλης και βάσει ποιων μηχανισμών προέκυψε η πληθώρα των δομών που υπάρχουν σήμερα στο σύμπαν, κι άλλα πολλά συναρπαστικά. Αν νομίζετε ότι όλα αυτά ανήκουν στη σφαίρα της φαντασίας, προφανώς δεν έχετε ακούσει για τα όσα συνταρακτικά αναμένεται να συμβούν στο CERN από το καλοκαίρι.

Μετά από δεκαετίες ερευνών, 15 χρόνια κατασκευής με κόστος πάνω από 3,5 δισεκατομμύρια ευρώ, με συμμετοχή 26 κρατών απ' όλον τον κόσμο, 500 πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και περίπου 6.500 επιστημόνων – δηλαδή σχεδόν το 50% των επιστημόνων σ' όλο τον κόσμο που ασχολούνται με τα σωματίδια - το CERN με την κατασκευή του μεγαλύτερου επιταχυντή πρωτονίων στον κόσμο LHC μπαίνει στην πρωτοπορία της αναζήτησης για μεγαλύτερη γνώση, μιας αναζήτησης που έχει τις ρίζες της στον χαρακτήρα του ανθρώπου. Την αναζήτηση του αγνώστου και την εξήγηση της Φύσης.

Τέλος ας σημειώσουμε ότι η Ελλάδα συμμετέχει σε τρία από τα τέσσερα πειράματα του LHC: ALICE, ATLAS και CTHΣ. Εκατόν είκοσι οκτώ ανιχνευτές μιονίων από τους συνολικά 1.200 του φασματομέτρου μιονίων του ATLAS έχουν κατασκευαστεί στη Θεσσαλονίκη. Πρόκειται για το 10% του φασματομέτρου που πιστεύουμε ότι θα "βρει" το σωματίδιο Higgs. Είναι αποτέλεσμα συνεργασίας πολλών ερευνητών και τεχνικών από πέντε ιδρύματα (ΕΜΠ, Πανεπιστήμια Θεσσαλονίκης, Ιωαννίνων, Αθηνών και Κέντρο Ερευνών Δημόκριτος), και από τις σπάνιες περιπτώσεις όπου όλοι εργάστηκαν με σύμπνοια για την επιστήμη και τη χαρά της δημιουργίας.

Ετοιμαστείτε λοιπόν να δείτε το μεγαλύτερο πείραμα της Ιστορίας της Φυσικής σε κόστος, σε τεχνολογία, σε μέγεθος και σε φιλοδοξίες. Οι μηχανές του ήδη ξεκίνησαν την δοκιμαστική τους λειτουργία για να είναι έτοιμες να μπουν μπροστά το καλοκαίρι.

Από την ιστορία του CERN

Το CERN - γεννήθηκε στη Γενεύη της Ελβετίας το 1954 από 12 ευρωπαϊκές χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα - ήταν ένας από τους πρώτους οργανισμούς προς την κατεύθυνση της διευρωπαϊκής ένωσης και συνεργασίας. Σήμερα, απαρτίζεται όχι μόνο από τα κράτη-μέλη της ΕΕ (βασικά μέλη), αλλά ταυτόχρονα συμμετέχουν ενεργά οι ΗΠΑ, Ινδία, Ισραήλ, Ρωσία, Ιαπωνία, Τουρκία και η UNESCO. Πρόκειται για ένα πανανθρώπινο εγχείρημα, που ως βασικό αντικείμενο ερευνών του ήταν και είναι τα στοιχειώδη σωματίδια, οι δομικοί λίθοι που απαρτίζουν την ύλη, όπως και οι δυνάμεις που τα διέπουν. Δηλαδή έργο του CERN είναι η καθαρή επιστήμη, η διερεύνηση των πλέον θεμελιωδών ερωτημάτων για τη Φύση: Τι είναι η ύλη; Από πού

προέρχεται; Πως συγκρατείται για να σχηματίσει άστρα, πλανήτες και ανθρώπινα όντα;

Ο πρώτος επιταχυντής σωματιδίων του CERN ήταν ένα συγχρο-κύκλοτρο πρωτονίων, ισχύος 600 MeV που τέθηκε σε λειτουργία το 1957. Από τις πρώτες του επιτυχίες ήταν η παρατήρηση της μετατροπής ενός πιονίου σε ένα ηλεκτρόνιο και ένα αντινεutrino. Ακολούθησε το 1959 το σύγχροτρο πρωτονίων (PS) που λειτούργησε το 1959, με ισχύ 28 GeV.

Το 1965 οι εγκαταστάσεις του CERN επεκτάθηκαν προκειμένου να δημιουργηθεί ο πρώτος παγκοσμίως συγκρουστής πρωτονίων (ISR).

Το 1967 δόθηκε σε λειτουργία το ISOLDE, ένας διαχωριστής ισοτόπων που επέτρεπε τη μελέτη βραχύβιων πυρήνων.

Το 1973 ήταν η χρονιά των πρώτων σημαντικών ανακαλύψεων. Πειράματα στο ISR δείχνουν ότι τα πρωτόνια μεγεθύνονται όταν αυξάνεται η ενέργειά τους. Ο θάλαμος φυσαλίδων υδρογόνου αποκαλύπτει ότι τα νετρίνα μπορούν να αλληλεπιδράσουν με άλλα σωματίδια αλλά να παραμείνουν νετρίνα. Αυτή η ανακάλυψη των «ουδέτερων ρευμάτων» δίνει τη μεγαλύτερη ώθηση σε μια νέα θεωρία, που επιχειρεί να ενοποιήσει το μοντέλο της ασθενούς πυρηνικής δύναμης με εκείνο της ηλεκτρομαγνητικής.

Το 1976 τίθεται σε λειτουργία ένα δεύτερο εργαστήριο, με ένα σύγχροτρο πρωτονίων επτά χιλιομέτρων, το SPS. Ως τα τέλη του 1978 η ισχύς του SPS αναβαθμίζεται στα 500 GeV. Τη χρονιά εκείνη δοκιμάστηκε πειραματικά και η «τεχνική στοχαστικής ψύξης» που είχε διατυπώσει ο ερευνητής του CERN Simon van der Meer το 1968. Χάρη στην εξέλιξη αυτή αρχίζει ο σχεδιασμός της μετατροπής του SPS σε έναν συγκρουστή πρωτονίων και αντιπρωτονίων, χρησιμοποιώντας έναν δακτύλιο συσσώρευσης αντιπρωτονίων (AA).

Ως το 1978 η ισχύς του σύγχροτρο PS αναβαθμίζεται, φθάνοντας το χιλιαπλάσιο της αρχικής ισχύος. Με αυτό ως κεντρικό επιταχυντή, το CERN διαθέτει πλέον ένα μοναδικό σύστημα συνδεδεμένων επιταχυντών, που επιτρέπει απaráμιλλη ποικιλία πειραμάτων.

Το 1981 η μετατροπή του SPS ολοκληρώνεται και τα πρώτα δύο πειράματα μελέτης συγκρούσεων μεταξύ ύλης και αντιύλης λαμβάνουν χώρα τον Ιούλιο του 1981. Κατά τη σημαντική αυτή χρονιά αποφασίζεται η κατασκευή ενός Μεγάλου συγκρουστή ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων (του LEP - Large Electron-Positron collider), με αρχική ενέργεια 50 GeV.

Το 1983 γίνεται η ιστορική ανακάλυψη των μποζονίων W και Z, των φορέων δηλαδή της ασθενούς πυρηνικής δύναμης, οπότε επιβεβαιώνεται η «ηλεκτρασθενής» θεωρία που συνδυάζει την ασθενή και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη σε ενιαίο πρότυπο.

Τον Αύγουστο του 1989 αρχίζει να λειτουργεί ο LEP και ως τον Οκτώβριο μας δίνει μετρήσεις που καταδεικνύουν ότι τα θεμελιώδη δομικά στοιχεία της ύλης ανήκουν σε τρεις οικογένειες στοιχείων.

Το 1990 είναι η χρονιά της εφεύρεσης του WWW από τον ερευνητή του CERN Tim Berners-Lee μαζί με τον Robert Cailliau. Ο παγκόσμιος ιστός ή World Wide Web επιτρέπει σε όλους μας την πλοήγηση στο Internet.

Το 1991 οι αντιπρόσωποι των κρατών-μελών συμφωνούν ομόφωνα ότι η κατασκευή ενός Μεγάλου Επιταχυντή Συγκρουόμενων Δεσμών Αδρονίων (του Large Hadron Collider - LHC) μέσα στο τούνελ του LEP είναι η σωστή προοπτική για το μέλλον. Η τελική έγκριση κατασκευής δίνεται το 1994.

Τον Σεπτέμβριο του 1995 μια διεθνής ομάδα ερευνητών υπό τον Walter Oelert κατορθώνει να συνθέσει άτομα αντιύλης από τα συστατικά της αντισωματίδια. Είναι η πρώτη πόρτα που ανοίγεται στην εξερεύνηση του αντικόσμου. Τη χρονιά αυτή η Ιαπωνία γίνεται μέλος-παρατηρητής του CERN και την ακολουθούν οι ΗΠΑ, το 1997.

Το 2000 τα πειράματα του CERN δίνουν πειστικές ενδείξεις ότι υπάρχει μια νέα κατάσταση της ύλης, 20 φορές πυκνότερη εκείνης του πυρήνα, στην οποία τα κουάρκ αντί να συσπειρώνονται σε πρωτόνια ή νετρόνια κινούνται ελεύθερα. Αυτή η κατάσταση, το πλάσμα κουάρκ και γλουονίων, θα πρέπει να υπήρχε κάποια μικροδευτερόλεπτα μετά την κοσμογονική έκρηξη (το Μπιγκ Μπανγκ), προτού αρχίσουν να σχηματίζονται τα σωματίδια της ύλης.

Το 2001 το CERN ανακοινώνει τα τελικά αποτελέσματα των ερευνών για την άμεση «Charge Parity (CP)-violation», το ιδιαίτερο εκείνο φαινόμενο παραβίασης που εξηγεί γιατί η φύση προτιμά την ύλη από την αντιύλη. Τέλος, το 2002 ανακοινώνεται ότι επιτεύχθηκε η πρώτη ελεγχόμενη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ατόμων αντιυδρογόνου, σε χαμηλές ενέργειες.

Γιατί όμως η έρευνα πάνω στα στοιχειώδη σωματίδια είναι τόσο σημαντική;

Διότι οτιδήποτε μέσα στο Σύμπαν είναι φτιαγμένο από στοιχειώδη σωματίδια! Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, το ερώτημα σχετικά με το ποιά είναι τα πραγματικά αδιαίρετα και αμετάβλητα στοιχεία της ύλης που συνθέτουν τα πάντα, τέθηκε εδώ και 2.500 χρόνια από τους προσωκρατικούς φιλοσόφους πρώτα, μεταξύ των οποίων ο Δημόκριτος, ο Λεύκιππος κλπ που ανέπτυξαν την ατομική θεωρία (ά-τομο = αυτό που δεν τέμνεται).

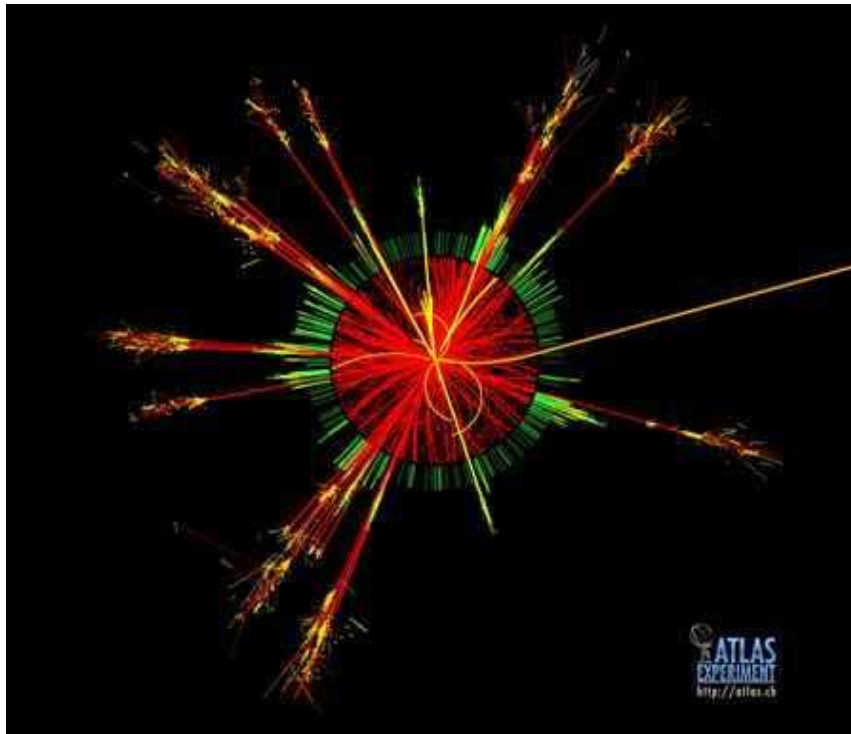
Εκτός, όμως, από το πολύτιμο θεωρητικό επίπεδο, οι έρευνες αυτές μπορούν να έχουν μακροπρόθεσμα τεράστια πρακτικά οφέλη. Φανταστείτε ότι στο τέλος του 19ου αιώνα όταν είχε ανακαλυφθεί το ηλεκτρόνιο κανένας δεν κατάλαβε την χρησιμότητα του. Σήμερα, καθώς έχουμε διαβεί τον 21ο αιώνα, κανείς δεν μπορεί πια να διανοηθεί τη ζωή χωρίς τα ηλεκτρόνια. Μεταφέρουν τον ηλεκτρισμό και μας επιτρέπουν να έχουμε από τους υπολογιστές και την τηλεόραση μέχρι το ραδιόφωνο και, κυρίως, το φως.

Κι ενώ οι επιστήμονες που μελετούν το διάστημα και το Σύμπαν έχουν ως κύρια μέσα τα τηλεσκόπια, στην περίπτωση του μικρόκοσμου οι ερευνητές των στοιχειωδών σωματιδίων χρησιμοποιούν μηχανές τεράστιου μεγέθους (μήκους πολλών χιλιομέτρων), τους λεγόμενους επιταχυντές, που δίνουν στα σωματίδια ασύλληπτα υψηλές ταχύτητες (κοντά στην ταχύτητα του φωτός) ή ενέργειες, ώστε ερχόμενα σε σύγκρουση με άλλα σωματίδια να μετουσιώνεται η ενέργεια σε ύλη ή να διασπάται η ύλη σε πιο μικρά σωματίδια. Μπορούμε επομένως να πούμε ότι οι επιταχυντές μας δίνουν μια διέξοδο προς το μικρόκοσμο, επιτρέποντας στα επιμέρους πειράματα να λειτουργήσουν ως πανίσχυρα μικροσκόπια.

Και τι πρόκειται να γίνει στο CERN από το Μάιο του 2008;

Στο CERN κατασκευάζεται από το 2000 ο μεγαλύτερος επιταχυντής πρωτονίων που

έχει γίνει ποτέ μέχρι σήμερα, όπου και θα συγκρούονται πρωτόνια με πρωτόνια. Ονομάζεται LHC (Large Hadron Collider) και είναι εγκατεστημένος σε ένα τούνελ μήκους 27 χλμ., σε βάθος 100 μέτρων. Φτιαγμένο με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, το LHC, όπως και οι 4 ανιχνευτές όπου θα διεξάγονται διάφορα πειράματα –ATLAS, CTHΣ, ALICE και LHCb –, αποτελεί μερικά από τα πιο αξιόλογα μνημεία της επιστήμης των ημερών μας.



Αυτές οι διαδρομές είναι ένα παράδειγμα προσομοιώσεων σε ένα υπολογιστικό μοντέλο για τον ανιχνευτή ATLAS του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) στο CERN. Αυτές οι διαδρομές θα παράγονταν εάν δημιουργηθεί μια μικροσκοπική μαύρη τρύπα κατά τη σύγκρουση πρωτονίου-πρωτονίου. Μια τέτοια μικροσκοπική μαύρη τρύπα θα διασπαστεί αμέσως σε διάφορα σωματίδια μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως ακτινοβολία Hawking.

Οι ενέργειες στις οποίες θα φτάσει το LHC είναι ασύλληπτες και πρωτόγνωρες. Οι ενέργειες και οι θερμοκρασίες που θα επιτευχθούν αντιστοιχούν σε συνθήκες που επικράτησαν στο πρώιμο σύμπαν, λίγες στιγμές μόνο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Πρόκειται, λοιπόν, για μια αναπαράσταση της γενέθλιας στιγμής της φύσης, του περίφημου Big Bang ή για την ακρίβεια μια αναπαραγωγή στο εργαστήριο των ενεργειών και των θερμοκρασιών που επικρατούσαν ένα τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

Με τους προηγούμενους επιταχυντές οι ερευνητές είχαν προσεγγίσει κοντά στο 1 sec μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όμως τώρα για πρώτη φορά θα πλησιάσουν πολύ κοντά στη στιγμή μηδέν του Big Bang. Πρόκειται για έναν επιταχυντή δέκα φορές "ισχυρότερο" από οποιονδήποτε άλλο κατασκευάστηκε στο παρελθόν. Και τώρα που θα είναι ακόμα πιο κοντά στη στιγμή μηδέν αναγνωρίζουν ότι τόσο πιο απρόσμενα θα είναι και τα φαινόμενα που θα παρατηρήσουν.

1ο, 2ο, 3ο

Πηγές: CERN, Science Illustrated, ΒΗΜΑ, Wikipedia