

LHC: Η μεγαλύτερη μηχανή στον κόσμο Μέρος 2ο

Άρθρο, Μάρτιος 2008

1ο, 2ο, 3ο

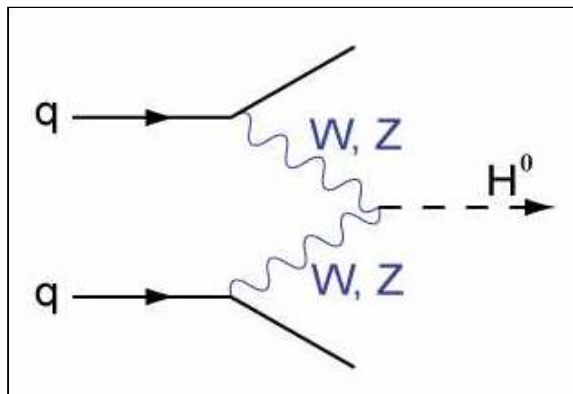
Τελικά τι θα διερευνηθεί στο CERN; Ψάχνοντας για τις 10 απαντήσεις

1. Πρώτα πρώτα την πλήρη ισχύ του Καθιερωμένου Μοντέλου του Σύμπαντος.

Τα πειράματα στον επιταχυντή του CERN θα επιτρέψουν στους φυσικούς να διαπιστώσουν κατά πόσο ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε σήμερα την ύλη και τις δυνάμεις που τη διέπουν ισχύει ή όχι. Το λεγόμενο Καθιερωμένο Μοντέλο (Standard Model) με λίγα λόγια έχει ως εξής: Τα πάντα γύρω μας αποτελούνται από άτομα. Τα άτομα αποτελούνται κατά 99,99% από κενό (άρα οτιδήποτε και αν αντικρίσουμε είναι κατά 99,99% κενό). Το υπόλοιπο 0,01%, το οποίο είναι αυτό που μελετάται, αποτελείται από ηλεκτρόνια που κινούνται γύρω από πυρήνες φτιαγμένους από πρωτόνια και νετρόνια, συνθέτοντας έτσι τα άτομα. Πρωτόνια και νετρόνια, με τη σειρά τους, συνθέτονται από τα κουάρκς. Την «κόλλα» όλων αυτών των σωματιδίων αποτελούν οι δυνάμεις. Οι δυνάμεις που γνωρίζουμε είναι τέσσερις: η βαρυτική, η ηλεκτρομαγνητική, η ασθενής πυρηνική και η ισχυρή πυρηνική. Η παραπάνω περιγραφή, αν και έχει περάσει με επιτυχία όλους τους πειραματικούς ελέγχους, έχει κάποια κενά.

2. Αν υπάρχει το σωματίδιο Higgs

Η δυσκολία και ταυτόχρονα ο στόχος της σύγχρονης φυσικής είναι να περιγράψουμε τις 4 δυνάμεις-αλληλεπιδράσεις με έναν ενιαίο τρόπο, σε μια ενοποιημένη θεωρία που θα τις εξηγεί ως 4 διαφορετικές εκδηλώσεις μίας και μοναδικής δύναμης –ή και να διαψεύσουμε αυτήν την προσδοκία. Γνωρίζουμε πειραματικά σήμερα ότι οι ηλεκτρομαγνητικές και οι ασθενείς πυρηνικές αλληλεπιδράσεις σε πολύ υψηλές ενέργειες συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο και είναι δυνατόν να περιγραφούν με μία “ενοποιημένη” θεωρία. Ο “γρίφος” αυτής της θεωρίας βρίσκεται σήμερα στο μυστηριώδες σωματίδιο Higgs, που αρνείται πεισματικά να μας αποκαλυφθεί.

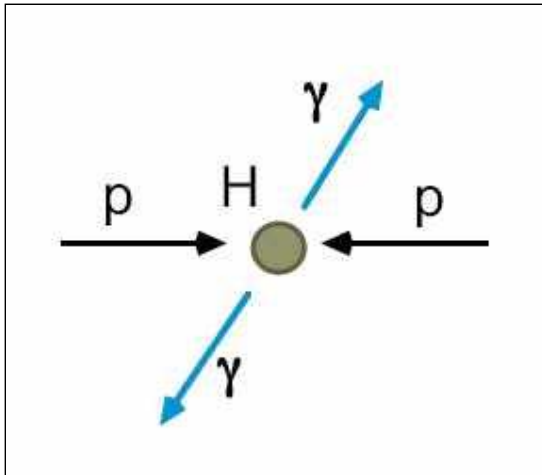


Δεξιά: Ένα διάγραμμα Feynman ενός τρόπου που μπορεί να παραχθεί ένα μποζόνιο Higgs στον επιταχυντή LHC. Εδώ, δύο κουάρκ που το κάθε ένα εκπέμπει μποζόνια W ή Z συνδυάζονται για να κάνουν ένα ουδέτερο Higgs.

Η βαρύτητα μπορεί να ασκεί επιρροή πάνω στη μάζα των σωμάτων, αλλά μέχρι τώρα δεν έχει εξηγηθεί γιατί τα θεμελιώδη σωματίδια έχουν τη μάζα που έχουν. Αυτό που σε θεωρητικό επίπεδο το Καθιερωμένο Μοντέλο προβλέπει, αλλά πειραματικά δεν έχει διαπιστωθεί, είναι ότι τα σωματίδια, και άρα κάθε υλικό αντικείμενο, έχουν τη μάζα που έχουν επειδή τους τη δίνει ένα σωματίδιο, το σωματίδιο Higgs. Μεταξύ των πειραμάτων που θα γίνουν στο CERN και που θα διαρκέσουν 10 με 20 χρόνια, είναι να

δούμε το σωματίδιο Higgs – αν υπάρχει και πόσα είναι.

Η θεωρία προβλέπει ότι όλα τα στοιχειώδη σωματίδια αποκτούν μάζα μέσω του λεγόμενου «μηχανισμού Higgs». Ολόκληρο το σύμπαν διαπερνάται από ένα «πεδίο Higgs», το οποίο σχετίζεται με ένα τουλάχιστον σωματίδιο που δεν έχει ακόμη ανιχνευθεί, το μποζόνιο Higgs ή σωματίδιο του θεού. Σε αυτό το πλαίσιο, όλα τα σωματίδια της ύλης που γνωρίζουμε αποκτούν μάζα μέσω της αλληλεπίδρασης τους με αυτό το πεδίο. Δηλαδή, όσο περισσότερο αλληλεπιδρά ένα σωματίδιο με το πεδίο Higgs, τόσο μεγαλύτερη αντίσταση συναντά στην κίνηση του και κατά συνέπεια τόσο βαρύτερο είναι.



Η δημιουργία του σωματιδίου Higgs και η διάσπαση του σε δύο φωτόνια γ θα γίνει αν έχει μάζα με εύρος 80 - 140 GeV. Αν η μάζα του είναι της τάξης 140 έως 700 GeV τότε θα δούμε 4 μόνια μ.

Πειράματα που είχαν γίνει παλιότερα στο CERN και νεότερα πειράματα στον Tevatron καθόρισαν τα κατώτατα όρια μάζας του σωματιδίου Higgs, ενώ θεωρητικοί υπολογισμοί με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων καθόρισαν το ανώτατο όριο. Το συμπέρασμα είναι σαφές. Αν τα σωματίδια Higgs όντως υπάρχουν, τότε

ο LHC μπορεί να τα εντοπίσει.

Τα πειράματα στον LEP (τον πρόγονο του νέου επιταχυντή) θεσαν ένα κατώτερο όριο μάζας για το σωματίδιο Higgs, και συγκεκριμένα τα 114,4 GeV. Από τότε, το «κυνήγι» συνεχίστηκε σε ακόμη υψηλότερες ενέργειες στον Tevatron των ΗΠΑ. Σύμφωνα με τις τελευταίες μελέτες και αναλύσεις, το ανώτατο όριο μάζας του σωματιδίου Higgs υπολογίζεται στα 144 GeV περίπου. Αυτό το ενεργειακό επίπεδο είναι μέσα στην εμβέλεια όχι μόνο του LHC αλλά και του Tevatron.

Ο επιταχυντής Tevatron έχει ήδη προχωρήσει αρκετά στην έρευνα για το σωματίδιο Higgs και οι πιθανότητες να ανιχνευθεί βελτιώνονται σταθερά. Σε τελευταία ανάλυση, όσο ελαφρύτερο είναι το σωματίδιο Higgs τόσο περισσότερο αυξάνονται και οι πιθανότητες να εντοπιστεί και στον Tevatron.

Αν το Higgs δεν υπάρχει, όλη η θεωρία της ενοποίησης των ηλεκτρασθενών δυνάμεων ανατρέπεται. Οι φυσικοί πιστεύουν ότι κάτι καινούργιο θα προκύψει από όλη αυτήν την ιστορία και γι' αυτό υπάρχει τόσο μεγάλος ενθουσιασμός μεταξύ τους. Μπορεί να βρεθούμε μπροστά σε εκπλήξεις που ούτε καν τις φανταζόμαστε. Εξάλλου, όπως ο Stephen Hawking έχει σημειώσει, «πολλά βραβεία Νόμπελ απονέμονται όταν αποδεικνύεται πως το σύμπαν δεν είναι τόσο απλό όσο νομίζαμε!».

3. Πώς εξαφανίστηκε η αντιύλη των πρώτων στιγμών του σύμπαντος οπότε υπάρχει μόνο ύλη

Να δούμε, επίσης, αν στην αρχή του σύμπαντος δημιουργήθηκαν κι άλλοι δομικοί λίθοι εκτός από αυτούς που ήδη γνωρίζουμε. Πού πήγε η αντιύλη που υπήρχε στο Σύμπαν; Υπάρχει η σκοτεινή ύλη και σε τι μορφή; Και άλλα πολλά.

Μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, η οποία συνέβη πριν από 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια

παρήχθησαν σωματίδια ύλης και αντι-ύλης σε ίσες περίπου ποσότητες. Τούτο σημαίνει πως κάθε σωματίδιο (π.χ. πρωτόνιο) είχε το αντίστοιχο πανομοιότυπό του σωματίδιο (αντι-πρωτόνιο). Μεταξύ τους διαφέρουν μόνο ως προς το φορτίο που φέρουν (θετικό /αρνητικό). Στο σύμπαν μας δεν υπάρχει αντι-ύλη. Ο επιταχυντής του CERN λειτουργώντας ως χρονομηχανή που θα μας πάει πίσω στη στιγμή του Big Bang, θα προσπαθήσει να ρίξει φως στο μυστήριο της "εξαφάνισης" ερευνώντας το πώς και πρωτίστως εάν παραβιάστηκε αυτή η ισορροπία ύλης και αντι-ύλης.

Οι φυσικοί υποθέτουν ότι σχεδόν αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη που δημιούργησε το σύμπαν θα πρέπει να υπήρξε μια ελάχιστη «αστάθεια» στη σχέση ύλης και αντιύλης, αφού διαφορετικά δε θα υπήρχε η ύλη που βλέπουμε γύρω μας. Η ασυμμετρία αυτή μεταξύ ύλης και αντιύλης θα μελετηθεί σε έναν από τους ανιχνευτές του LHC, σε μια προσπάθεια να κατανοηθεί γιατί το σύμπαν στο οποίο ζούμε αποτελείται από ύλη.

4. Αν υπάρχουν οι χορδές

Όμως, η μεγαλύτερη πρόκληση για το Καθιερωμένο Μοντέλο είναι ότι δε συμφωνεί με τον άλλο πυλώνα της φυσικής και της κοσμολογίας, τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας. Η περιφημη θεωρία του Άλμπερτ Αϊνστάιν περιγράφει τη βαρυτική δύναμη, η οποία διέπει την εξέλιξη και δυναμική του σύμπαντος σε μεγάλη κλίμακα και έχει επαληθευτεί αναρίθμητες φορές με αστρονομικές παρατηρήσεις. Το πρόβλημα είναι ότι οι ηλεκτρομαγνητικές, οι ασθενείς και οι ισχυρές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχειωδών σωματιδίων - τα οποία θεωρούνται σημειακό - πραγματοποιούνται διαμέσου της ανταλλαγής των αντίστοιχων μποζονίων τους σε ένα σημείο του χωροχρόνου, με μηδενική απόσταση μεταξύ των σωματιδίων. Στην περίπτωση όμως των σωματιδίων - φορέων της βαρυτικής αλληλεπίδρασης, των λεγόμενων βαρυτονίων, κάτι τέτοιο θα οδηγούσε μαθηματικό σε απειρισμούς, δηλαδή σε μη λογικό αποτελέσματα.

Μια θεωρητική λύση στο πρόβλημα είναι να δεχτούμε ότι οι μικρότεροι δομικοί λίθοι που συγκροτούν την ύλη δεν είναι σημειακά σωματίδια, αλλά μικρές μονοδιάστατες παλλόμενες χορδές. Αν είναι έτσι, τότε οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις δε λαμβάνουν χώρα σε ένα σημείο, αλλά σε ένα μικρό χώρο μη μηδενικού μήκους, γεγονός που οδηγεί σε μια πιο «λογική» κβαντική συμπεριφορά. Τα στοιχειώδη σωματίδια σε αυτή την περίπτωση δεν είναι τίποτε άλλο από τις «μουσικές νότες» που παράγουν οι παλλόμενες χορδές, ακριβώς όπως οι ήχοι στην κιθάρα παράγονται από την ταλάντωση των χορδών της.

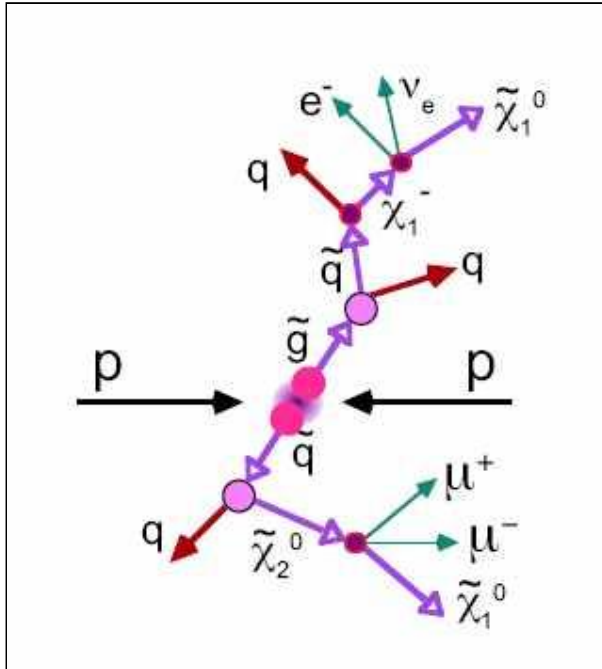
5. Αν μπορεί η βαρύτητα να ενωθεί με τις υπόλοιπες δυνάμεις

Είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό το γεγονός ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη «νότα» που έχει ακριβώς τις ιδιότητες εκείνες που οι θεωρητικοί φυσικοί υπέθεταν ότι έχει το βαρυτόνιο. Αυτό σημαίνει ότι η βαρύτητα μπορεί να συμπεριληφθεί στη θεωρία, αφού έχουμε ένα ισχυρό εργαλείο ενοποίησης της με τις άλλες τρεις αλληλεπιδράσεις.

6. Αν υπάρχουν τα υπερσυμμετρικά σωματίδια

Αρχικά, οι θεωρίες των χορδών αντιμετώπιζαν ένα σοβαρό πρόβλημα: Ενώ περιέγραφαν επαρκώς τα σωματίδια-φορείς των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων, αδυνατούσαν να περιγράψουν τα στοιχειώδη σωματίδια που συγκροτούν την ύλη, αυτά που οι φυσικοί τα ονομάζουν όλα μαζί φερμιόνια. Όπως αποδείχθηκε εντέλει, για να μπορεί μια θεωρία των χορδών να συμπεριλαμβάνει και φερμιόνια στην περιγραφή του κόσμου, θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από μια ειδική συμμετρία, γνωστή ως υπερσυμμετρία (SUSY), σύμφωνα με την οποία σε κάθε μποζόνιο (σωματίδιο-φορέας

μιας αλληλεπίδρασης] αντιστοιχεί ένα φερμιόνιο, και αντίστροφα. Με άλλα λόγια, κάθε σωματίδιο-φορέας και κάθε σωματίδιο ύλης έχουν ένα υπερσυμμετρικό σωματίδιο ως ταίρι. Κάπως έτσι, ο συνδυασμός της θεωρίας της υπερσυμμετρίας και των θεωριών των χορδών οδήγησε στις θεωρίες των υπερχορδών, οι οποίες αποτελούν σήμερα μια από τις πιο ελπιδοφόρες προσπάθειες ενοποίησης των τεσσάρων αλληλεπιδράσεων της φύσης, συμπεριλαμβανομένης και της βαρύτητας. Το μειονέκτημα τους είναι ότι προϋποθέτουν την ύπαρξη επιπλέον διαστάσεων.



Αριστερά: Το διάγραμμα δείχνει τι περιμένουμε να δούμε αν όντως υπάρχουν τα υπερσυμμετρικά σωματίδια.

Δυστυχώς όμως οι υπερχορδές - αν υπάρχουν - είναι αδύνατον να ανιχνευθούν, αφού οι ποσότητες ενέργειας που θα απαιτούνταν για κάτι τέτοιο είναι εξωπραγματικές για τις τεχνολογικές μας δυνατότητες. Εντούτοις, η θεωρία των υπερχορδών θα αποκτούσε ισχυρότερα ερείσματα αν ανιχνεύονταν τα υπερσυμμετρικά σωματίδια. Μέχρι σήμερα, κανένα υπερσυμμετρικά σωματίδιο δεν έχει ανιχνευθεί, και αυτό ίσως να οφείλεται στη μεγάλη μάζα τους.

Η ανακάλυψη υπερσυμμετρικών σωματιδίων ενδέχεται - ανάλογα Βέβαια και με τη μάζα τους - να προηγηθεί της ανακάλυψης των μποζονίων Higgs, καθώς η θεωρία προβλέπει ότι υπερσυμμετρικά σωματίδια σχηματίζονται σχετικά συχνά όταν συγκρούονται πρωτόνια σε υψηλά ενεργειακά επίπεδα.

Αν τώρα οι φυσικοί ανακαλύψουν υπερσυμμετρικά σωματίδια και καταφέρουν να καθορίσουν τη μάζα τους, οι κοσμολόγοι θα μπορέσουν να εισαγάγουν τη νέα πειραματικά τεκμηριωμένη παράμετρο στα μοντέλα τους για το σύμπαν. Αν οι υπολογισμοί δείξουν ότι η μάζα των υπερσυμμετρικών σωματιδίων αντιστοιχεί στην προβλεπόμενη από τα κοσμολογικά μοντέλα σκοτεινή ύλη του σύμπαντος, οι ερευνητές θα μπορούν να είναι πολύ πιο σίγουροι ότι η τελευταία αποτελείται όντως από υπερσυμμετρικά σωματίδια.

Τέλος, αν καταφέρουμε να δημιουργήσουμε υπερσυμμετρικά σωματίδια στον LHC, θα πρόκειται για μια ανακάλυψη τεράστιας σημασίας. Κι αυτό για τον επιπλέον λόγο ότι τα σωματίδια αυτό είναι ανάμεσα στους δημοφιλέστερους υποψηφίους για τη σκοτεινή ύλη, από την οποία αποτελείται το 23% της συνολικής μάζας του σύμπαντος.

7. Αν υπάρχουν περισσότερες διαστάσεις στο σύμπαν

Μια πιθανή τεκμηρίωση της ύπαρξης υπερσυμμετρικών σωματιδίων δε θα συνιστά βέβαια μια αδιάψευστη απόδειξη για τη θεωρία των υπερχορδών ως μια «θεωρία των Πάντων», αλλά δεν αποκλείεται το LHC να μπορέσει να προσφέρει μια πιο άμεση απόδειξη, η οποία θα βασίζεται στην πλέον εντυπωσιακή πρόβλεψη της θεωρίας: την ύπαρξη 10 ή 11 διαστάσεων. Με άλλα λόγια να υπάρχουν 6 ή 7 επιπλέον διαστάσεις πέρα από τις τέσσερις γνωστές.

Η επικρατέστερη ερμηνεία για το γεγονός ότι δεν μπορούμε να αντιληφθούμε αυτές τις επιπλέον διαστάσεις αφορά το ότι αυτές είναι συρρικνωμένες, και μάλιστα είναι πολύ μικρότερες ακόμη και από το μικρότερο δομικό λίθο της ύλης.

Μέχρι το 1998 περίπου, οι περισσότεροι θεωρητικοί φυσικοί πίστευαν ότι και οι τέσσερις αλληλεπιδράσεις της φύσης (βαρύτητα, ηλεκτρομαγνητική, ασθενής και ισχυρή πυρηνική δύναμη) δρουν παντού σε αυτό το σύμπαν των πολλαπλών διαστάσεων. Τότε όμως έγινε επίκαιρη μια ριζικά διαφορετική θεωρία, η οποία προέκυψε όταν οι Σάββας Δημόπουλος, Nima Arkani-Hamed και Gia Dvali υπέθεσαν ότι μόνο η βαρύτητα - και όχι οι άλλες αλληλεπιδράσεις - «γνωρίζει» την ύπαρξη των επιπλέον διαστάσεων.

Σύμφωνα με τη θεωρία που ανέπτυξαν, η ηλεκτρομαγνητική, η ισχυρή και η ασθενής αλληλεπίδραση, το σύμπαν στο οποίο ζούμε και η ύλη που περικλείει είναι όλα «παγιδευμένα» σε μια επιφάνεια τριών χωρικών διαστάσεων, γνωστή ως βράνη, και μόνο τα βαρυτόνια, τα σωματίδια-φορείς της βαρυτικής αλληλεπίδρασης μπορούν να απομακρύνονται από αυτήν και να κινούνται στις υπόλοιπες διαστάσεις.

Πόσο μεγάλες όμως είναι αυτές οι επιπλέον διαστάσεις, που μόνο η βαρύτητα μπορεί να τις «δει»; Η θεωρία προβλέπει ότι όσο περισσότερες είναι οι επιπλέον διαστάσεις τόσο περισσότερο συρρικνώνονται. Στην περίπτωση που οι επιπλέον διαστάσεις είναι δύο, η κλίμακα στην οποία είναι συρρικνωμένες δεν υπερβαίνει τα 0,02 χιλιοστά περίπου.

Το ότι η «πύλη» προς τις ανώτερες διαστάσεις ίσως είναι πιο μεγάλη απ' όσο πίστευαν αρχικά οι επιστήμονες μπορεί να σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να φτάσουμε στο ενεργειακό επίπεδο της Μεγάλης Έκρηξης για να δούμε αν υπάρχει αυτό το «άνοιγμα», θεωρητικοί υπολογισμοί δείχνουν, μάλιστα, ότι η πύλη μεταξύ του ορατού σύμπαντος και των ανώτερων διαστάσεων μπορεί να ανοίξει και σε ενέργειες που βρίσκονται εντός των δυνατοτήτων του LHC. Αν - κατά ανεξήγητο τρόπο - ενέργεια από συγκρούσεις μεταξύ πρωτονίων χαθεί στο άγνωστο, αυτό θα είναι μια ένδειξη για την ορθότητα της νέας εκδοχής της θεωρίας των βρανών, η οποία προβλέπει την ύπαρξη ανώτερων, κρυφών διαστάσεων.

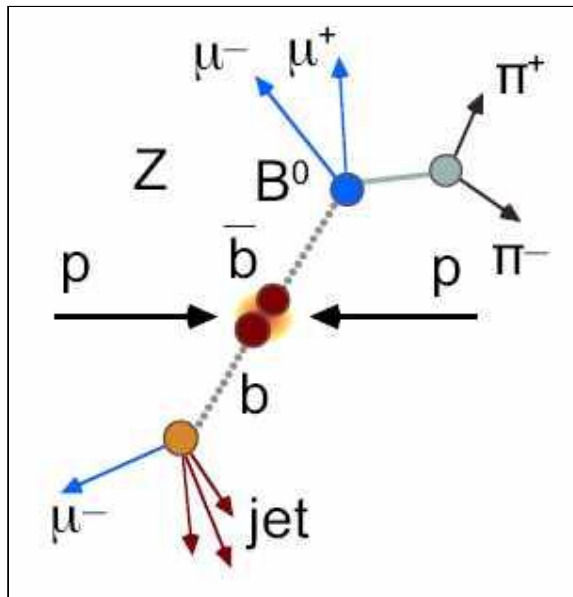
8. Γιατί να υπάρχουν άστρα και γαλαξίες

Ο επιταχυντής LHC θα ρίξει επίσης φως σε ένα από τα μεγαλύτερα αινίγματα της κοσμολογίας, το γιατί γενικά υπάρχουν άστρα και γαλαξίες. Εδώ θα πρέπει να επιστρέψουμε ξανά στη Μεγάλη Έκρηξη. Κατά το πρώτο δευτερόλεπτο μετά τη γέννηση του το σύμπαν ήταν μια ταχύτατα διαστελλόμενη πύρινη σφαίρα, στην οποία η ακτινοβολία μετατρεπόταν σε ύλη και αντίστροφα. Όταν η ακτινοβολία μετατρέπεται σε ύλη, προκύπτουν ακριβώς ίσες ποσότητες σωματιδίων και αντισωματιδίων, αλλά στη Μεγάλη Έκρηξη θα πρέπει να δημιουργήθηκε ένα μικρό πλεόνασμα ύλης, αλλιώς το σύμπαν δε θα μπορούσε να υπάρξει. Κι αυτό γιατί, όταν ύλη και αντιύλη συναντώνται, τα σωματίδια τους αλληλοεξουδετερώνονται και μετατρέπονται σε ακτινοβολία γ. Συνεπώς, αν μετά τη Μεγάλη Έκρηξη είχαν παραχθεί ακριβώς ίσες ποσότητες σωματιδίων και αντισωματιδίων, αυτά θα είχαν αλληλοεξουδετερωθεί, αφήνοντας πίσω τους μόνο ακτινοβολία. Καθώς στη συνέχεια το νεαρό σύμπαν διαστελλόταν και γινόταν πιο ψυχρό, η ακτινοβολία θα εξασθενούσε και θα έχανε την ικανότητα δημιουργίας νέων σωματιδίων, Το αποτέλεσμα θα ήταν ένα απέραντο κενό. Κανένα από τα δισεκατομμύρια άστρα του σύμπαντος δε θα είχε γεννηθεί.

Το λογικό συμπέρασμα είναι ότι η Μεγάλη Έκρηξη άφησε πίσω της ένα πλεόνασμα ύλης. Θεωρητικοί δε υπολογισμοί δείχνουν ότι στο πρώτο δευτερόλεπτο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη σχηματίστηκαν ένα δισεκατομμύριο συν ένα σωματίδια ύλης για κάθε

δισεκατομμύριο αντισωματίδια. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί όλα τα άστρα και οι γαλαξίες του σύμπαντος αποτελούνται από συνηθισμένα σωματίδια ύλης.

Δεξιά: Η διάσπαση των δύο μεσονίων B^0 και του αντισωματιδίου του παρουσιάζει μια καθαρή υπογραφή. Αν λοιπόν υπάρξει ασυμμετρία στην παραγωγή των δύο μεσονίων B τότε θα είναι κι άλλο σημάδι παραβίασης συμμετρίας CP εκτός των καονίων



Το ότι τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης σχηματίστηκε πλεόνασμα σωματιδίων οφείλεται στο ότι τα σωματίδια είναι λίγο σταθερότερα από τα αντισωματίδια. Αυτό αποδείχθηκε σε πειράματα που έγιναν στο Εθνικό Εργαστήριο Brookhaven της Νέας Υόρκης το 1964. Οι φυσικοί μελέτησαν έναν τύπο βραχύβιων σωματιδίων που ονομάζονται K-μεσόνια ή καόνια. Αποτελούνται από ένα κουάρκ και ένα αντικουάρκ. Τα πειράματα δείχνουν ότι τα καόνια και τα αντικαόνια, σε σπάνιες περιπτώσεις, μπορούν να μετατραπούν τα μιν στα δεξ, κάτι που όμως συμβαίνει λίγο συχνότερα για τα αντικαόνια απ' ό,τι για τα καόνια. Μερικά χρόνια αργότερο, ο Ρώσος φυσικός Αντρέι Ζαχάροφ υποστήριξε ότι αυτή ακριβώς η ασυμμετρία είναι ο λόγος που από τη Μεγάλη Έκρηξη προέκυψε ένα πλεόνασμα ύλης.

Υπάρχει, ωστόσο, ένα πρόβλημα. Η μικρή διαφορά που μετρήθηκε στα καόνια δεν είναι αρκετή για να εξηγήσει το πλεόνασμα ύλης που παρατηρείται στο σύμπαν. Γι' αυτό, τα τελευταία χρόνια οι φυσικοί άρχισαν να μελετούν τα «μεγαλύτερα αδέρφια» των καονίων, τα B-μεσόνια, τα οποία διασπώνται με περισσότερους τρόπους. Κι έτσι στο νέο επιταχυντή LHC θα παραχθούν πολύ περισσότερα B-μεσόνια απ' όσα οι σημερινοί επιταχυντές για να μελετηθούν καλύτερα.

9. Πώς ήταν η αρχέγονη σούπα του σύμπαντος

Στον LHC δε θα γίνονται μόνο συγκρούσεις πρωτονίων, θα συγκρούονται και βαρέα ιόντα μολύβδου για να μπορέσουν οι φυσικοί να μελετήσουν λεπτομερώς την κατάσταση του σύμπαντος στα πρώτα μικροδευτερόλεπτα μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Λιγότερο από ένα νανοδευτερόλεπτο μετά τη δημιουργία του, το νεογέννητο σύμπαν διεστάλη, και από μέγεθος μικρότερο αυτού των υποατομικών σωματιδίων κατέλαβε μια έκταση πολλών χιλιομέτρων. Καθώς η διαστολή του συνεχιζόταν, η θερμοκρασία του εξακολουθούσε να υπερβαίνει τα 1.000 δισεκατομμύρια βαθμούς, και για μια στιγμή η ύλη υπήρχε υπό μορφή ελεύθερων κουάρκ μέσα σε μια «σούπα» από γκλουόνια - τα σωματίδια «συγκόλλησης» των νουκλεονίων, που λειτουργούν κι ως φορείς της ισχυρής πυρηνικής δύναμης ανάμεσα στα κουάρκ.

Μόλις 10 μικροδευτερόλεπτα αργότερα, το σύμπαν ψύχθηκε τόσο πολύ, που τα γκλουόνια δέσμευσαν τα κουάρκ, σχηματίζοντας πρωτόνια και νετρόνια, δηλαδή τους δομικούς λίθους των ατομικών πυρήνων. Από τότε, κανένα κουάρκ δεν παρέμεινε ελεύθερο στο ορατό σύμπαν. Σε μια σειρά πειραμάτων την περίοδο 2000-2003 στον RHIC [Relativistic Heavy Ion Collider ή Επιταχυντής Συγκρουόμενων Δεσμών Σχετικιστικών Βαρέων Ιόντων] στη Νέα Υόρκη, αναδημιουργήθηκε για πρώτη φορά μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η αρχέγονη σούπα του σύμπαντος κουάρκ-γκλουονίων.

Όπως και τη στιγμή της γέννησης του σύμπαντος, η ρευστή σούπα κουάρκ και γκλουονίων εμφανίστηκε στον επιταχυντή RHIC για ένα εξαιρετικά μικρό χρονικό διάστημα, πριν από την αλλαγή φάσης σε συνηθισμένη ύλη. Η μετάβαση ήταν, σύμφωνα με τις αναλύσεις, μια μετάβαση φάσης δεύτερου βαθμού, όπως όταν ένας μαγνήτης χάνει τη μαγνητική του ικανότητα σε αυξανόμενες θερμοκρασίες, παρά μια απότομη μετάβαση φάσης πρώτου βαθμού, όπως όταν το νερό βράζει και μετατρέπεται σε ατμό. Αυτό συμφωνεί και με τις αστρονομικές παρατηρήσεις.

Κατά τη μετάβαση φάσης πρώτου βαθμού μπορεί να εμφανιστούν μικρές διαφοροποιημένες ζώνες, όπως οι φυσαλίδες ατμού στο νερό. Τέτοιες ξεχωριστές περιοχές στο νεογέννητο σύμπαν ίσως είχαν συντελέσει στη δημιουργία γαλαξιών με μια λίγο διαφορετική αναλογία υδρογόνου και ηλίου απ' ό,τι στους περισσότερους γαλαξίες, αλλά δεν υπάρχουν ενδείξεις για κάτι τέτοιο.

Η ανακάλυψη στον RHIC ότι η σούπα κουάρκ και γκλουονίων συμπεριφέρεται σαν ένα σχεδόν «τέλειο ρευστό» δε σημαίνει απαραίτητα ότι η θεωρητική υπόθεση περί ύπαρξης ενός πλάσματος κουάρκ και γκλουονίων αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη είναι λανθασμένη. Πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι αυτό που ανακαλύφθηκε στον RHIC είναι όντως μια μορφή του πλάσματος κουάρκ και γκλουονίων, απλώς λίγο διαφορετική απ' αυτή που αρχικό είχε προταθεί. Είναι πάλι πιθανόν το πλάσμα να εμφανίστηκε σε πιο υψηλές ενέργειες, και στην πορεία, ενώ συνεχιζόταν η διαστολή του σύμπαντος, το πλάσμα να έγινε ρευστό, πριν από την αποφασιστική αλλαγή φάσης, δηλαδή πριν τα κουάρκ συγκεντρωθούν σε πρωτόνια και νετρόνια.

Στον επιταχυντή LHC θα πραγματοποιούνται μετωπικές συγκρούσεις τόσο μεταξύ πρωτονίων όσο και μεταξύ βαρέων ιόντων μολύβδου, σε ενεργειακά επίπεδα που θα ξεπεράσουν κάθε προηγούμενο. Τα περισσότερα πειράματα θα γίνονται με πρωτόνια - αρχίζουν το ταξίδι τους σε μια σειρά μικρότερων επιταχυντών, οι οποίοι παλιότερα αποτελούσαν το κύριο μέρος του CERN. Κατά την πορεία τους, τα πρωτόνια θα επιταχύνονται με ταχύτητα μεγαλύτερη από το 99,9% της ταχύτητας του φωτός, προτού διοχετευτούν στους δακτυλίους του νέου επιταχυντή.

10. Ποιά είναι η φύση της σκοτεινής ενέργειας

Μπορεί τελικά στον επιταχυντή να καταλάβουμε τη φύση της σκοτεινής ενέργειας ή της ενέργειας του κενού που είναι η αιτία της επιτάχυνσης διαστολής του σύμπαντος.

10, 20, 30

Πηγές: CERN, Science Illustrated, ΒΗΜΑ, Wikipedia