

*Το κείμενο που ακολουθεί, είναι μια περίληψη που γράφτηκε μετά την ανάγνωση του βιβλίου:*

**«ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΣΧΕΔΙΟ»**

των STEPHEN HAWKING και LEONARD MLODINOV

εκδόσεις κάτοπτρο.

*Ελπίζω να βοηθήσει τους αναγνώστες, για μια γρήγορη διαδρομή στις απαντήσεις, στα έσχατα ερωτήματα της ζωής, που προσφέρει το βιβλίο.*

## **QED**

Στην κλασική θεωρία, οι δυνάμεις διαδίδονται μέσω των πεδίων. Όμως στις πιο σύγχρονες κβαντικές θεωρίες πεδίων, όπως είναι η κβαντική ηλεκτροδυναμική (QED), τα πεδία δυνάμεων θεωρείται ότι συγκροτούνται από στοιχειώδη σωματίδια, τα μποζόνια, τα οποία είναι τα σωματίδια φορείς των αλληλεπιδράσεων -δυνάμεων.

Τα σωματίδια αυτά θεωρείται ότι πηγαινοέρχονται μεταξύ των σωματιδίων ύλης, που ονομάζονται φερμιόνια, μεταδίδοντας σε αυτά τις δυνάμεις.

Έτσι έχουμε δυο ειδών σωματίδια, τα σωματίδια ύλης - φερμιόνια και τα σωματίδια φορείς των δυνάμεων - μποζόνια.

Σε αυτή την ταξινόμηση, το ηλεκτρόνιο που είναι ένα λεπτόνιο, όπως και τα quarks από τα οποία αποτελούνται τα νουκλεόνια, θεωρούνται σωματίδια ύλης και άρα είναι φερμιόνια, που υπακούουν στην απαγορευτική αρχή του Pauli.

Το φωτόνιο όμως δεν είναι σωματίδιο ύλης, αλλά σωματίδιο φορέας δύναμης και μάλιστα είναι ο φορέας της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης-αλληλεπίδρασης. Το φωτόνιο είναι λοιπόν ένα μποζόνιο και δεν υπακούει στην απαγορευτική αρχή του Pauli.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ δυο ηλεκτρικών φορτίων π.χ δυο ηλεκτρονίων γίνεται ως εξής:

Το ηλεκτρόνιο (σωματίδιο ύλης), εκπέμπει ένα φωτόνιο (σωματίδιο δύναμης) και σκεδάζεται. Κατόπιν το σωματίδιο δύναμης συγκρούεται με ένα άλλο σωματίδιο ύλης, π.χ το δεύτερο ηλεκτρόνιο, απορροφάται από αυτό και έτσι μεταβάλλεται και η κίνηση του δεύτερου ηλεκτρονίου.

Όμως με ποιόν ακριβώς τρόπο ανταλλάσσουν τα δυο φερμιόνια το μποζόνιο αλληλεπίδρασης; Με ποιο τρόπο γίνεται η ανταλλαγή του φωτονίου, όταν αλληλεπιδρούν τα δυο ηλεκτρόνια;

Ποιοι είναι όλοι οι δυνατοί τρόποι ανταλλαγής ενός μποζονίου, όταν αλληλεπιδρούν δυο φερμιόνια;

Ο Feynman, για να περιγράψει την προσέγγιση των «εναλλακτικών ιστοριών», ανέπτυξε μια κομψή γραφική μέθοδο, συνυπολογισμού των διαφορετικών ιστοριών που είναι τα γνωστά διαγράμματα Feynman.

Γνωρίζουμε ότι υπάρχουν άπειροι τρόποι αλληλεπίδρασης (δηλαδή άπειρες ιστορίες), για την αλληλεπίδραση δυο και μόνο σωματιδίων ύλης.

Η κβαντική θεωρία πεδίου που περιγράφει την ασθενή πυρηνική δύναμη,(την υπεύθυνη δύναμη για την εκπομπή ακτινοβολίας μέσα από τους πυρήνες των ατόμων των στοιχείων), ενοποίησε την ηλεκτρομαγνητική και την ασθενή δύναμη. Οι φορείς αυτής της ενοποιημένης θεωρίας είναι τα μποζόνια  $W^+$ ,  $W^-$  και  $Z^0$ .

**QCD**

Όμως η ισχυρή πυρηνική δύναμη, περιγράφεται στο πλαίσιο μιας άλλης θεωρίας της QCD (κβαντικής χρωμοδυναμικής).

Τα quarks από τα οποία φτιάχνονται τα μεσόνια και τα βαρυόνια (πρωτόνια και νετρόνια), έχουν μια ιδιαίτερη ιδιότητα που ονομάζεται «χρώμα» ή χρωματικό φορτίο (δεν υπάρχει καμιά σχέση με τα χρώματα του ορατού φωτός).

Έτσι κάθε quark μπορεί να υπάρξει σε τρία χρώματα. Ας πούμε κόκκινο, πράσινο και μπλε. Ακόμη για κάθε quark υπάρχει και το αντισωματίό του δηλαδή ένα αντικουάρκ που μπορεί να έχει επίσης τρία χρώματα: αντικόκκινο, αντιπράσινο και αντιμπλέ.

Η βασική ιδέα είναι ότι, μόνο οι συνδυασμοί quarks μηδενικού χρώματος είναι δυνατό να υπάρξουν ως ελεύθερα σωματίδια στη φύση.

Τέτοιους συνδυασμούς μηδενικού χρώματος, (ουδέτερους συνδυασμούς quarks), μπορούμε να πετύχουμε με δυο τρόπους.

α) Ένα χρώμα και ένα αντιχρώμα σχηματίζουν ένα «άχρωμο» ζεύγος το οποίο ονομάζεται μεσόνιο και είναι ασταθές σωματίδιο,

β) Τα τρία χρώματα μαζί (ή τα τρία αντιχρώματα) όταν αναμειχθούν, θα δώσουν άχρωμο αποτέλεσμα άρα ένα σωματίδιο. Για παράδειγμα σύμφωνα με την QCD, το πρωτόνιο (βαρυόνιο), αποτελείται από 2 up και 1 down quark (uud). Όμως καθένα από αυτά τα quark θα έχει ένα από τα τρία χρώματα, κόκκινο, πράσινο και μπλε. Δεν μπορούμε δηλαδή να έχουμε στο πρωτόνιο, δυο πράσινα ή δυο κόκκινα ή..... quark. Ισχύει η απαγορευτική αρχή του Pauli για κάθε χρώμα ή όπως αλλιώς λέμε για κάθε χρωματικό φορτίο.

Παρόμοια 3 antiquark με τα αντίστοιχα αντιχρώματα σχηματίζουν τα αντισωματίδια των βαρυονίων.

Η QCD διαθέτει επίσης μια ιδιότητα που ονομάζεται, «ασυμπτωτική ελευθερία».

Αυτή αναφέρεται στο γεγονός ότι οι ισχυρές δυνάμεις μεταξύ των quarks είναι μικρές, όταν αυτά βρίσκονται πολύ κοντά μέσα στον πυρήνα, αλλά αυξάνονται καθώς αυτά απομακρύνονται. Αυτή η ιδιότητα εξηγεί γιατί δεν υπάρχουν ελεύθερα quarks στη φύση.

Εν κατακλείδι στο καθιερωμένο πρότυπο (Standard model), οι ηλεκτρασθενείς και οι ισχυρές δυνάμεις δρουν ξεχωριστά και δεν είναι πραγματικά ενοποιημένες.

Επιπλέον όμως, το καθιερωμένο πρότυπο δεν περιλαμβάνει και τη βαρύτητα. Η δυσκολία για την επίτευξη μιας κβαντικής θεωρίας πεδίου για τη βαρύτητα, αποδεικνύεται εξαιρετικά μεγάλη και αιτία αυτής της δυσκολίας είναι η αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg.

Όπως ακριβώς το γινόμενο της αβεβαιότητας της θέσης  $\Delta x$  ενός σωματιδίου, επί την αβεβαιότητα ως προς την ορμή του  $\Delta p$ , είναι μεγαλύτερο από μια ελάχιστη τιμή ( $\hbar/2\pi$ ). Παρόμοια αν έχουμε την αβεβαιότητα της τιμής της έντασης ενός πεδίου και του ρυθμού μεταβολής της έντασης του πεδίου, τότε σύμφωνα με την παραπάνω αρχή δεν μπορεί να υπάρχει πραγματικά κενός χώρος. Αν υπήρχε, τότε θα έπρεπε και η τιμή του πεδίου και ο ρυθμός μεταβολής του να είναι μηδέν, κάτι που το απαγορεύει η αρχή της αβεβαιότητας. Γιατί με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια ορίζουμε την μια ποσότητα π.χ την τιμή της έντασης του πεδίου τόσο μεγαλύτερη αβεβαιότητα (δεν γνωρίζουμε ή γνωρίζουμε με μικρότερη ακρίβεια), την άλλη ποσότητα (ιδιότητα) π.χ το ρυθμό μεταβολής του πεδίου. Άρα ο χώρος δεν μπορεί ποτέ να είναι κενός.

Μπορεί να βρίσκεται σε μι κατάσταση ελάχιστης ενέργειας και να χαρακτηρίζεται «πλήρες κενός», αλλά όμως η κατάσταση αυτή θα κυριαρχείται από τα λεγόμενα κβαντικά «τρεμουλιάσματα» ή διακυμάνσεις κενού. Όπου φευγαλέα πεδία και σωματίδια εμφανίζονται και εξαφανίζονται αδιάκοπα.

Μπορούμε να φανταστούμε τις διακυμάνσεις του κενού ως ζεύγη σωματιδίων τα οποία εμφανίζονται μαζί, αποχωρίζονται και έπειτα ενώνονται ξανά και εξαυλώνονται. Τα σωματίδια αυτά αποκαλούνται «δυνάμει σωματίδια». Σε αντίθεση με τα πραγματικά σωματίδια δεν μπορούμε να τα παρατηρήσουμε άμεσα με κάποιο ανιχνευτή σωματιδίων.

### ***Υπερσυμμετρία***

Συμμετρία στη φυσική σημαίνει ότι οι ιδιότητες ενός συστήματος μένουν ανεπηρέαστες –αναλλοίωτες, κάτω από ορισμένους μετασχηματισμούς, όπως π.χ η αναστροφή στο χώρο ή ο σχηματισμός κατοπτρικού ειδώλου.

Η υπερσυμμετρία όμως, δεν μπορεί να συσχετιστεί με κάποιο μετασχηματισμό του συνηθισμένου χώρου.

Μια από τις πιο σημαντικές συνέπειες της υπερσυμμετρίας, είναι ότι τα σωματίδια φορείς των δυνάμεων και τα σωματίδια ύλης, άρα οι δυνάμεις και η ύλη αποτελούν τις δυο όψεις του ίδιου νομίσματος. Δηλαδή για κάθε σωματίδιο ύλης, υπάρχει και το αντίστοιχο σωματίδιο φορέας δύναμης και το αντίστροφο.

Η ιδέα της υπερσυμμετρίας γεννήθηκε στην προσπάθειά μας να ενοποιήσουμε τη βαρύτητα με τις άλλες δυνάμεις. Και αυτό συμβαίνει γιατί θεωρώντας τα σωματίδια φορείς των δυνάμεων σαν αναπόσπαστα των σωματιδίων της ύλης, τότε όπως αποδεικνύεται οι απειρισμοί από κλειστούς βρόχους των σωματιδίων που είναι οι φορείς των αλληλεπιδράσεων, είναι θετικοί, ενώ οι απειρισμοί από τους κλειστούς βρόχους των σωματιδίων ύλης, είναι αρνητικοί, οπότε τείνουν να αλληλοαναιρούνται. Μπορούμε τότε να βρούμε μια θεωρία κβαντικής βαρύτητας η οποία μπορεί να «δουλέψει». Αυτή ακριβώς είναι όπως είπαμε η θεωρία της υπερσυμμετρίας. Πάντως μέχρι τώρα κανένας υπερσυμμετρικός σύντροφος της μάζας δεν έχει παρατηρηθεί.

### ***Θεωρία χορδών***

Όμως η θεωρία της υπερσυμμετρίας στηρίχτηκε στη θεωρία των χορδών (String Theory). Όπου σ' αυτή, τα σωματίδια δεν είναι μαθηματικά σημεία, αλλά μοτίβα ταλάντωσης, με μήκος όχι όμως ύψος ή πλάτος δηλαδή είναι σαν απείρως λεπτές χορδές.

Η θεωρία χορδών είναι συνεπής μόνο αν δεχτούμε ότι ο χωροχρόνος έχει 10 διαστάσεις αντί για τις 4.

Οι επιπλέον διαστάσεις είναι εξαιρετικά καμπυλωμένες σε μια κλίμακα τόσο μικρή ώστε δεν μπορούμε να τις δούμε.

Είναι περιελεγμένες στο λεγόμενο «εσωτερικό χώρο», που δεν είναι της άμεσης εμπειρίας μας όπως ο τρισδιάστατος χώρος.

Αποδεικνύεται ότι υπάρχουν εκατομμύρια διαφορετικοί τρόποι περιέλιξης των επιπλέον διαστάσεων και τουλάχιστον 5 διαφορετικές θεωρίες χορδών.

### ***M-Theory (Master, Miracle, Mystery) και τα τρία μαζί***

Οι θεωρητικοί των χορδών όμως είναι πλέον πεπεισμένοι ότι, οι 5 διαφορετικές θεωρίες των χορδών και η υπερβαρύτητα, αποτελούν απλώς διαφορετικές προσεγγίσεις μιας πιο θεμελιώδους θεωρίας, της θεωρίας -M. Η κάθε μια από τις 5+1 παραπάνω θεωρίες ισχύει απλώς σε διαφορετική περίπτωση.

Η M-Theory μπορούμε να πούμε ότι είναι ένα δίκτυο θεωριών, με τις παρακάτω ιδιότητες:

α) Η πρώτη ιδιότητα αυτής της θεωρίας είναι ότι έχει 11 διαστάσεις 10 χωρικές και μια του χρόνου.

β) Στη θεωρία  $-M$ , υπάρχουν όχι μόνο ταλαντούμενες χορδές, αλλά και σημειακά σωματίδια και δισδιάστατες μεμβράνες και τρισδιάστατες φυσαλίδες και άλλα αντικείμενα στις χωρικές διαστάσεις, που είναι δύσκολο να τα εξεικονίσουμε. Πρόκειται για τις  $p$ -μεμβράνες όπου για τη μεταβλητή  $p$  ισχύει  $0 \leq p \leq 9$ .

Στη θεωρία  $-M$ , οι επιπλέον μικροσκοπικές διαστάσεις δεν μπορούν να περιελιχθούν με όποιον τρόπο μας αρέσει. Τα μαθηματικά, θέτουν αυστηρούς περιορισμούς, στον τρόπο με τον οποίο καμπυλώνονται οι διαστάσεις του εσωτερικού χώρου. Έτσι το ακριβές σχήμα του εσωτερικού χώρου, καθορίζει τόσο τις τιμές των φυσικών σταθερών, όσο και τους φαινόμενους νόμους της φύσης.

Οι νόμοι της θεωρίας  $-M$  είναι πιο γενικοί από τους νόμους που παρατηρούμε στο δικό μας σύμπαν, των 4 δυνάμεων. Είναι δηλαδή περισσότερο θεμελιώδεις νόμοι και αφήνουν περιθώριο για διαφορετικά σύμπαντα, με διαφορετικούς φαινόμενους νόμους, ανάλογα με το πόσο καμπυλωμένος είναι ο εσωτερικός χώρος.

Δηλαδή οι πραγματικά θεμελιώδεις νόμοι είναι αυτοί της θεωρίας  $-M$ , ενώ αυτοί που παρατηρούμε στο δικό μας σύμπαν είναι απλώς μια εκδοχή φαινόμενων νόμων.

Η θεωρία  $-M$  προβλέπει μέχρι και  $10^{500}$  διαφορετικούς εσωτερικούς χώρους με διαφορετική καμπυλότητα, άρα και την ύπαρξη  $10^{500}$  διαφορετικών συμπάντων το καθένα με τους δικούς του φαινόμενους νόμους, αλλά τους ίδιους θεμελιώδεις, που προβλέπει η θεωρία  $-M$ .

Τότε όμως, πως εμείς καταλήξαμε στο δικό μας Σύμπαν, με τους νόμους που παρατηρούμε και τι γίνεται με όλους αυτούς τους δυνατούς κόσμους;