

Λίγη ιστορία

Στην αρχαιότητα ο **Αριστοτέλης** (340 π.Χ.) υποστήριξε ότι η Γη ήταν στρογγυλή και όχι επίπεδη, ότι ήταν ακίνητη στο κέντρο του διαστήματος και ότι όλοι οι υπόλοιποι πλανήτες και τα άστρα γύριζαν γύρω από αυτήν. Τον 2^ο αιώνα μ.Χ. ο **Πτολεμαίος** δημιούργησε ένα αστρονομικό μοντέλο με την Γη να στέκει ακίνητη στο κέντρο, περιβαλλόμενη από τον Ερμή, την Αφροδίτη, τον Άρη, τον Δία και τον Κρόνο να κινούνται γύρω της σε κυκλικές τροχιές. Το 1514 μ.Χ. ο **Κοπέρνικος** πρότεινε το αστρονομικό μοντέλο με τον ήλιο ακίνητο στο κέντρο και την Γη με τους υπόλοιπους πλανήτες να γυρίζουν γύρω του σε κυκλικές τροχιές. Το 1609 μ.Χ. ο **Γαλιλαίος** παρατήρησε με την βοήθεια του τηλεσκοπίου του ότι ο Δίας έχει πολλούς δορυφόρους και έτσι συμπέρανε ότι η Γη δεν ήταν αναγκαστικά το κέντρο περιστροφής όλων των ουράνιων σωμάτων. Αργότερα ο **Κέπλερ** υποστήριξε ότι οι κινήσεις τους δεν είναι κυκλική, αλλά ελλειπτική.

Το 1687 μ.Χ. ο **Νεύτων** δημοσίευσε το βιβλίο του «*Μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας*» στο οποίο παρουσίαζε μια θεωρία φυσικής για το πώς κινούνται τα σώματα στο χώρο και τον χρόνο. Επιπλέον υπέθεσε τον νόμο της παγκόσμιας βαρυτικής έλξης, σύμφωνα με τον οποίο κάθε σώμα στο σύμπαν έλκει όλα τα υπόλοιπα με μια δύναμη που είναι τόσο πιο μεγάλη όσο πιο μεγάλη μάζα έχουν τα σώματα και όσο πιο κοντά βρίσκονται μεταξύ τους. Βασίζομενος σε αυτό το νόμο απέδειξε ότι η βαρύτητα αναγκάζει τη Σελήνη να κινείται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τη Γη, και τη Γη με τους άλλους πλανήτες να κινούνται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον ήλιο.

Το 1929 μ.Χ. ο αστρονόμος **Hubble** έκανε την μνημειώδη παρατήρηση ότι προς όποια κατεύθυνση και αν κοιτάξουμε, οι μακρινοί γαλαξίες κινούνται απομακρυνόμενοι από εμάς. Με άλλα λόγια **το σύμπαν διαστέλλεται!** Αυτό σημαίνει ότι στο παρελθόν τα αντικείμενα βρίσκονταν πιο κοντά μεταξύ τους από όσο σήμερα. Έτσι οδηγηθήκαμε στην σκέψη της «**Μεγάλης Έκρηξης**» ως αρχική στιγμή δημιουργίας του σύμπαντος. Πριν από αυτή το σύμπαν θεωρούμε ότι ήταν απείρως μικρό και πυκνό, ενώ δεν υπήρχε και η έννοια του χρόνου!

Σήμερα οι επιστήμονες περιγράφουν το σύμπαν με χρήση δύο βασικών θεωριών: α) με τη **θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν** που περιγράφει τη δύναμη της βαρύτητας και τη μακροσκοπική δομή του σύμπαντος (από μερικά χιλιόμετρα μέχρι και ένα επτάκις εκατομμύρια χιλιόμετρα) και β) με τη **κβαντομηχανική** που περιγράφει φαινόμενα σε εξαιρετικά μικρές κλίμακες (π.χ. ένα τρισεκατομμυριοστό του εκατοστού). Όμως ο τελικός αντικειμενικός σκοπός της φυσικής είναι η σύσταση μιας μοναδικής θεωρίας που να περιγράφει όλο το σύμπαν.

Χώρος και χρόνος

Η θεμελιώδης υπόθεση της θεωρίας της σχετικότητας ήταν ότι «**οι νόμοι της φυσικής παραμένουν οι ίδιοι για όλους τους ελεύθερα κινούμενους παρατηρητές, ανεξάρτητα από την ταχύτητά τους**». Συγκεκριμένα όλοι οι παρατηρητές πρέπει να μετρούν ότι το φως κινείται με την ίδια ταχύτητα, ανεξάρτητα με ποια ταχύτητα κινούνται οι ίδιοι.

Αυτή η υπόθεση έχει ως αποτέλεσμα τις εξής γνωστές θεωρίες:

1. Την ισοδυναμία ενέργειας και μάζας

Από την ισοδυναμία μάζας και ενέργειας (που εκφράζεται από την εξίσωση $E=mc^2$) προκύπτει ότι **η ενέργεια που αποκτά ένα αντικείμενο λόγω της κίνησής του, προστίθεται στην μάζα του**, με αποτέλεσμα να γίνεται δυσκολότερη η περαιτέρω αύξηση της ταχύτητάς του. Ένα αντικείμενο που κινείται με ταχύτητα ίση με το 10% της ταχύτητας του φωτός θα αποκτήσει μάζα μεγαλύτερη κατά 0,5% σε σχέση με την αρχική του, ενώ αν κινηθεί με ταχύτητα ίση με το 90% της ταχύτητας του φωτός, τότε θα αποκτήσει μάζα διπλάσια από την αρχική του!

Όσο λοιπόν η ταχύτητα ενός αντικειμένου προσεγγίζει την ταχύτητα του φωτός, τόσο πιο γρήγορα μεγαλώνει η μάζα του, με αποτέλεσμα να χρειάζεται όλο και περισσότερη ενέργεια για να αυξηθεί και άλλο η ταχύτητά του. Επομένως **πρακτικά κανένα αντικείμενο δεν μπορεί να φτάσει την ταχύτητα του φωτός, αφού η μάζα του θα γινόταν άπειρη και για την κίνησή του θα χρειαζόταν άπειρη ενέργεια!** Μόνο τα φωτεινά κύματα ή τα κύματα που δεν έχουν εγγενή μάζα μπορούν να κινούνται με την ταχύτητα του φωτός.

2. Την απόρριψη του απόλυτου χρόνου

Στην θεωρία της σχετικότητας δεν υπάρχει κανένας μοναδικός απόλυτος χρόνος. Ο καθένας έχει το δικό του προσωπικό μέτρο χρόνου, το οποίο εξαρτάται από το που βρίσκεται και το πώς κινείται. Αυτό πρέπει να γίνει για να δικαιολογήσουμε τις διαφορετικές μετρήσεις χρόνου από διάφορους παρατηρητές για την κάλυψη μιας απόστασης από το φως. Έτσι αποδεχόμαστε ότι **ο χρόνος δεν είναι εντελώς διαχωρισμένος και ανεξάρτητος από το χώρο, αλλά ενωμένος με αυτόν σε μια ουσία που ονομάζεται χωρόχρονος.**

3. Ο χωρόχρονος δεν είναι επίπεδος

Ο Αϊνστάιν έκανε την εξής επαναστατική υπόθεση: **η βαρύτητα δεν είναι μια δύναμη σαν τις άλλες, αλλά είναι συνέπεια του γεγονότος ότι ο χωρόχρονος είναι καμπυλωμένος από την παρουσία μέσα του μάζας και ενέργειας!** Έτσι η Γη και οι άλλοι πλανήτες δεν κινούνται σε καμπύλες τροχιές εξαιτίας των βαρυτικών δυνάμεων, αλλά ακολουθούν τις πιο «ευθείες» διαδρομές του καμπυλωμένου χωροχρόνου (γεωδαισιακές καμπύλες). Η μάζα του Ήλιου καμπυλώνει το χωρόχρονο με τέτοιο τρόπο που αν η Γη ακολουθεί μια ευθεία διαδρομή στον τετραδιάστατο χωρόχρονο, σ' εμάς φαίνεται να κινείται κατά μήκος μιας καμπύλης τροχιάς στον τριδιάστατο χώρο!

4. Ο χρόνος περνά πιο αργά κοντά σε ένα σώμα που έχει μεγάλη μάζα

Αυτό εξηγείται ως εξής: Η ενέργεια του φωτός είναι υψηλότερη κοντά στην γη, με αποτέλεσμα να έχει και υψηλότερη συχνότητα. Αντιθέτως το φως χάνει ενέργεια κατά την απομακρυσή του από το βαρυτικό πεδίο της Γης με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερη συχνότητα. Έτσι **ο χρόνος κυλά πιο αργά κοντά στην Γη.** Αυτό επαληθεύτηκε πειραματικά το 1962 με χρησιμοποίηση δυο ίδιων χρονομέτρων πολύ μεγάλης ακρίβειας, όπου το ένα τοποθετήθηκε στην βάση ενός υδατόπυργου και το άλλο στην κορυφή του, με αποτέλεσμα μετά από καιρό στο χρονόμετρο της βάσης να εμφανιστεί καθυστέρηση σε σχέση με το χρονόμετρο της κορυφής, ακριβώς όση προέβλεπε η γενική θεωρία της σχετικότητας!

Το Σύμπαν διαστέλλεται

Το 1924 ο Αμερικανός αστρονόμος Hubble έδειξε ότι ο δικός μας Γαλαξίας δεν είναι ο μοναδικός, παρά μόνο ένας από τους εκατοντάδες δισεκατομμύρια γαλαξίες που μπορούμε να διακρίνουμε (με την χρήση τηλεσκοπίων). Επίσης χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Doppler ανακάλυψε ότι **το Σύμπαν δεν είναι στατικό, αλλά διαστέλλεται,** καθώς οι αποστάσεις μεταξύ των πλανητών μεγαλώνουν συνεχώς!

Όμως πόσο γρήγορα διαστέλλεται; Διότι αν διαστέλλεται αρκετά αργά, τότε η βαρυτική έλξη μεταξύ των γαλαξιών θα επιβραδύνει την διαστολή με αποτέλεσμα κάποτε να την σταματήσει και έπειτα θα αρχίσει η συστολή του Σύμπαντος! Όμως αν διαστέλλεται αρκετά γρήγορα, τότε είτε οι γαλαξίες θα συνεχίσουν να απομακρύνονται με σταθερή ταχύτητα, είτε η ταχύτητα με την οποία θα απομακρύνονται θα μειώνεται συνεχώς, χωρίς όμως να μηδενίζεται ποτέ.

Για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα για το αν το Σύμπαν θα σταματήσει κάποτε να διαστέλλεται και θα αρχίσει να συστέλλεται ή αν θα συνεχίσει να διαστέλλεται επ' άπειρο, χρειάζεται να γνωρίζουμε τον σημερινό **ρυθμό διαστολής του Σύμπαντος** και τη σημερινή του **μέση πυκνότητα.** Έχοντας ως ένδειξη ότι το Σύμπαν διαστέλλεται κατά 5-10% κάθε ένα δισεκατομμύριο χρόνια και ότι η συνολική μάζα όλων των γνωστών γαλαξιών είναι λιγότερη από το ένα εκατοστό της μάζας που χρειάζεται για να σταματήσει η διαστολή του Σύμπαντος, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι πιθανόν το Σύμπαν θα συνεχίσει να διαστέλλεται επ' άπειρο!

Αν τώρα υπολογίσουμε χρονικά προς τα πίσω την κίνηση των γαλαξιών, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι κάποτε η απόσταση μεταξύ των γαλαξιών πρέπει να ήταν μηδενική! Εκείνη την στιγμή - που ονομάζουμε «στιγμή της **Μεγάλης Έκρηξης**» - η πυκνότητα του Σύμπαντος και η καμπυλότητα του χωρόχρονου πρέπει να ήταν άπειρες. Όμως λόγω του «απείρου» δεν μπορούμε να προβλέψουμε τι συνέβη πριν την Μεγάλη Έκρηξη και γι' αυτό θεωρούμε ότι ο χρόνος είχε μια αρχή την στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης.

Με ένα μαθηματικό θεώρημα ο Penrose και ο Hawking το 1970 απέδειξαν ότι η «ανωμαλία» της Μεγάλης Έκρηξης έπρεπε να υπάρχει, υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει η γενική θεωρία της σχετικότητας και ότι το Σύμπαν περιέχει όση ποσότητα ύλης παρατηρούμε. Αργότερα ο Hawking αναίρεσε, υποστηρίζοντας ότι **οι ανωμαλίες μπορούν να εξαφανιστούν αν στα μοντέλα μας για το Σύμπαν συμπεριλάβουμε και τα κβαντικά φαινόμενα**. Θεωρεί λοιπόν την γενική θεωρία της σχετικότητας ως μια επιμέρους θεωρία που χρειάζεται την βοήθεια της θεωρίας της κβαντικής μηχανικής για την εξήγηση των φαινομένων που συνέβησαν όταν το Σύμπαν ήταν μικροσκοπικό.

Αρχές κβαντικής μηχανικής

Το 1900 ο Γερμανός φυσικός Max Planck υπέθεσε ότι **η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εκπέμπεται κατά ορισμένα ποσά που ονόμασε κβάντα**, τα οποία μεταφέρουν ποσότητα ενέργειας ανάλογη της συχνότητας των κυμάτων που εκπέμπονται.

Το 1926 ο Γερμανός επιστήμονας Werner Heisenberg διατύπωσε την **αρχή της απροσδιοριστίας**, κατά την οποία όσο πιο μεγάλη είναι η ακρίβεια με την οποία προσπαθούμε να μετρήσουμε τη θέση ενός σωματιδίου, τόσο πιο μικρή είναι η ακρίβεια με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητά του και αντίστροφα.

Η κβαντική μηχανική δεν προβλέπει για ένα πείραμα ένα μοναδικά καθορισμένο αποτέλεσμα, αλλά ένα πλήθος διαφορετικών πιθανών αποτελεσμάτων και μας πληροφορεί για το πόσο πιθανό είναι το καθένα τους.

Στην κβαντική μηχανική υπάρχει ένας **δυϊσμός μεταξύ των κυμάτων και των σωματιδίων**, όπου κάποιες φορές είναι χρήσιμο να σκεφτόμαστε τα σωματίδια σαν κύματα, ενώ κάποιες άλλες είναι καλύτερο να σκεφτόμαστε τα κύματα σαν σωματίδια.

Στοιχειώδη σωματίδια και δυνάμεις της φύσης

Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι η ύλη ήταν συνεχής και διαφούνταν χωρίς κανένα όριο. Αργότερα ο Δημόκριτος υποστήριξε ότι η ύλη αποτελούνταν από μικρά αδιαίρετα σωματίδια, τα οποία ονόμασε «**άτομα**». Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο Rutherford έδειξε ότι τα άτομα της ύλης αποτελούνται από ένα εξαιρετικά μικροσκοπικό πυρήνα με θετικά ηλεκτρικά φορτία (**πρωτόνια**) γύρω από τον οποίο περιστρέφονται αρνητικά ηλεκτρικά φορτία (**ηλεκτρόνια**). Αργότερα ο Chadwick ανακάλυψε ότι ο πυρήνας περιέχει και τα **νετρόνια** που έχουν την ίδια μάζα με τα πρωτόνια, αλλά δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Το 1969 ο φυσικός Murray Gell-Mann τιμήθηκε με βραβείο Νόμπελ για την ανακάλυψη των **κουάρκ**. Πρόκειται για σωματίδια τα οποία ανά τριάδες δημιουργούν ένα πρωτόνιο ή ένα νετρόνιο.

Χρησιμοποιώντας τον δυϊσμό κύματος-σωματιδίου μπορούμε να περιγράψουμε με όρους σωματιδίων οτιδήποτε υπάρχει στο Σύμπαν, ακόμη και το φως και τη βαρύτητα. Αυτό που συμβαίνει όταν ασκείται μια αλληλεπίδραση είναι ότι ένα σωματίδιο ύλης (ένα ηλεκτρόνιο ή ένα κουάρκ) εκπέμπει ένα **σωματίδιο-φορέα αλληλεπίδρασης**, με αποτέλεσμα η εκπομπή να αλλάζει την ταχύτητα του σωματιδίου ύλης. Στη συνέχεια το σωματίδιο-φορέας αλληλεπίδρασης συγκρούεται με ένα άλλο σωματίδιο ύλης και απορροφάται από αυτό. Η σύγκρουση αυτή αλλάζει την ταχύτητα του δεύτερου σωματιδίου ύλης, ακριβώς σαν να υπήρχε μια αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο σωματιδίων της ύλης.

Τα σωματίδια φορείς αλληλεπίδρασης ταξινομούνται στις εξής 4 κατηγορίες αλληλεπίδρασης: την **βαρυτική**, την **ηλεκτρομαγνητική**, την **ασθενή πυρηνική** και την **ισχυρή πυρηνική** αλληλεπίδραση.

Η βαρυτική αλληλεπίδραση είναι καθολική (δηλαδή κάθε σωματίδιο υφίσταται την επίδραση της βαρύτητας ανάλογα με τη μάζα ή την ενέργειά του), έχει μεγάλη εμβέλεια και είναι πάντα ελκτική. Οι βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ δύο σωματιδίων ύλης οφείλονται στην ανταλλαγή ενός σωματιδίου-φορέα αλληλεπίδρασης που δεν έχει μάζα και ονομάζεται **βαρυτόνιο**. Επομένως η βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ του Ήλιου και της Γης οφείλεται στην ανταλλαγή βαρυτονίων μεταξύ των σωματιδίων ύλης που αποτελούν αυτά τα δύο σώματα.

Την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση υφίστανται μόνο όσα σωματίδια έχουν ηλεκτρικό φορτίο (ηλεκτρόνια και κουάρκ). Η ηλεκτρομαγνητική έλξη μεταξύ των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων του πυρήνα αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να κινούνται γύρω από τον πυρήνα και οφείλεται στην ανταλλαγή μεγάλου πλήθους σωματιδίων-φορέων αλληλεπίδρασης χωρίς μάζα που ονομάζονται **φωτόνια**. Κατά την μετάβαση ενός ηλεκτρονίου από μια μακρινή τροχιά από τον πυρήνα του ατόμου σε μια κοντινότερη, εκλύεται ενέργεια και εκπέμπεται ένα φωτόνιο, το οποίο μπορεί να συγκρουστεί με ένα άλλο άτομο και να του μετακινήσει ένα ηλεκτρόνιο από μια τροχιά κοντινή στον πυρήνα σε μια μακρύτερη!

Η ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση είναι υπεύθυνη για τη ραδιενέργεια και την υφίστανται όλα τα σωματίδια ύλης, εκτός από τα φωτόνια και τα βαρυτόνια. Τα σωματίδια-φορείς της ασθενούς πυρηνικής αλληλεπίδρασης είναι τα βαριά διανυσματικά **μποζόνια** (W^+ , W^- , Z^0) που έχουν μάζα περίπου 100 δισεκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ (100 GeV) το καθένα.

Η ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση συγκρατεί μεταξύ τους τα κουάρκ μέσα στα πρωτόνια και τα νετρόνια, όπως επίσης και τα πρωτόνια με τα νετρόνια μέσα στους πυρήνες των ατόμων. Το σωματίδιο-φορέας αυτής της αλληλεπίδρασης ονομάζεται **γλιόνιο** και αλληλεπιδρά μόνο με τον εαυτό του και με τα κουάρκ.

Αντιύλη

Εκτός από την ύλη, υπάρχει και η **αντιύλη**, δηλαδή υπάρχουν τα αντιηλεκτρόνια ή αλλιώς **ποζιτρόνια** και τα **αντικουάρκ**. Όταν το σωματίδιο και το αντισωματίδιό του συναντιούνται, τότε εξαϋλώνονται. Οι συνδυασμοί των κουάρκ με τα αντικουάρκ αποτελούν τα σωματίδια που ονομάζονται **μεσόνια**, τα οποία είναι ασταθή, καθώς τα κουάρκ και τα αντικουάρκ μπορεί να εξαϋλωθούν μεταξύ τους, παράγοντας ηλεκτρόνια και άλλα σωματίδια.

Η ύλη στη Γη αποτελείται βασικά από πρωτόνια και νετρόνια, που με τη σειρά τους αποτελούνται από κουάρκ. Δεν υπάρχουν αντιπρωτόνια και αντινετρόνια (που αποτελούνται από αντικουάρκ), εκτός από εκείνα τα λίγα που παράγουν οι φυσικοί στους μεγάλους επιταχυντές σωματιδίων. Αλλά και γενικότερα στο Γαλαξία μας δεν υπάρχουν αντιπρωτόνια και αντινετρόνια, εκτός από όσα παράγονται κατά ζεύγη σωματιδίων-αντισωματιδίων σε υψηλές ενέργειες. Άλλωστε αν υπήρχαν μεγάλες περιοχές με αντιύλη, τότε θα παρατηρούσαμε μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας από τα κοινά όρια των περιοχών της ύλης και της αντιύλης, όπου θα συγκρούονταν πολλά σωματίδια με τα αντισωματίδιά τους με τελικό αποτέλεσμα την εξαϋλώσή τους και την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ακτινοβολίας.

Πιστεύουμε λοιπόν ότι και στους γαλαξίες η ύλη αποτελείται τελικά από κουάρκ και όχι από αντικουάρκ, αφού φαίνεται απίθανο να υπάρχουν μερικοί γαλαξίες από ύλη και μερικοί από αντιύλη. Όμως γιατί στο Σύμπαν υπάρχουν περισσότερα κουάρκ από αντικουάρκ; Ο λόγος είναι ότι οι φυσικοί νόμοι δεν είναι ακριβώς ίδιοι για τα σωματίδια και τα αντισωματίδια. Ωστόσο είμαστε πολύ τυχεροί που είναι έτσι τα πράγματα, γιατί αλλιώς όλα σχεδόν τα κουάρκ και τα αντικουάρκ θα είχαν εξαϋλωθεί στις αρχικές φάσεις του Σύμπαντος και θα είχαμ αφήσει πίσω τους ένα ωκεανό ακτινοβολίας χωρίς σχεδόν καθόλου ύλη!

Μαύρες τρύπες

Για να κατανοήσουμε πως θα μπορούσε να σχηματιστεί μια μαύρη τρύπα, πρέπει πρώτα να καταλάβουμε τον **κύκλο ζωής ενός άστρου**.

Ένα άστρο σχηματίζεται όταν μια μεγάλη ποσότητα αερίου (κυρίως υδρογόνου) αρχίζει να καταρρέει εξαιτίας της ίδιας της βαρυτικής έλξης. Καθώς ο όγκος του αερίου **συστέλλεται**, τα άτομά του συγκρούονται μεταξύ τους όλο και συχνότερα με όλο και μεγαλύτερες ταχύτητες. Επειδή το αέριο **θερμαίνεται** όλο και περισσότερο και λόγω της μεγάλης ορμής της σύγκρουσης μεταξύ των ατόμων του υδρογόνου, αυτά συγκωνεύονται μεταξύ τους και σχηματίζουν άτομα ηλίου. Η θερμότητα που εκλύεται από αυτή την πυρηνική αντίδραση (που εμφανίζεται ως **φωτοβολία** του άστρου) αυξάνει την πίεση του αερίου μέχρι να εξισορρογηθεί η βαρυτική έλξη, οπότε και το άστρο **παύει να συστέλλεται**.

Τα άστρα παραμένουν σ' αυτή την **σταθερή κατάσταση** για πολύ καιρό, με την πίεση από την θερμότητα των πυρηνικών αντιδράσεων να εξισορροπεί την πίεση της βαρυτικής έλξης. Όμως το υδρογόνο και τα άλλα πυρηνικά καύσιμα κάποτε εξαντλούνται, οπότε το άστρο θα αρχίσει να **ψύχεται** και άρα να **συστέλλεται**. Το τι μπορεί να του συμβεί εξαρτάται από την μάζα του άστρου σε σχέση με το **όριο Chandrasehkar**, ο οποίος υπολόγισε ότι ένα ψυχρό άστρο με μάζα μεγαλύτερη από μιάμιση φορά περίπου της μάζας του Ήλιου δεν μπορεί να διατηρεί την ισορροπία του και καταρρέει από τη βαρυτική έλξη του.

Έτσι αν η μάζα του άστρου είναι μικρότερη από αυτό το όριο, τότε το άστρο μπορεί κάποτε να σταματήσει να συστέλλεται και να παραμείνει σ' ένα τελικό στάδιο, έχοντας ακτίνα λίγων χιλιάδων χιλιομέτρων και πυκνότητα δεκάδων τόνων ανά κυβικό εκατοστόμετρο! Αυτά τα άστρα λέγονται **λευκοί νάνοι**. Ένα από τα πρώτα τέτοια άστρα που ανακαλύφθηκαν κινείται σε τροχιά γύρω από τον Σείριο, το φωτεινότερο άστρο του νυχτερινού ουρανού μας.

Αν το άστρο έχει οριακή μάζα περίπου μία ή δύο φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του Ήλιου, αλλά ακτίνα μικρότερη και από αυτήν των λευκών νάνων, τότε η βαρυτική έλξη εξισορροπείται από την άπωση μεταξύ των νετρονίων και των πρωτονίων και γι' αυτό ονομάζονται **αστέρες νετρονίων**. Έχουν ακτίνα περίπου 15.000 χιλιομέτρων και πυκνότητα δεκάδων εκατομμυρίων τόνων ανά κυβικό εκατοστόμετρο!

Αν η μάζα του άστρου είναι μεγαλύτερη από το όριο Chandrasehkar, τότε όταν το άστρο συρρικνωθεί σε κάποια κρίσιμη ακτίνα, το βαρυτικό πεδίο στην επιφάνειά του γίνεται τόσο ισχυρό, ώστε το φως δεν μπορεί πια να διαφύγει από την επιφάνεια του άστρου! Τα πάντα παγιδεύονται στο βαρυτικό του πεδίο, αφού σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας τίποτα δεν κινείται ταχύτερα από το φως. Έτσι έχουμε **μια περιοχή του χωρόχρονου από την οποία τίποτα δεν μπορεί να διαφύγει** και να φτάσει σε κάποιον παρατηρητή μακριά από το άστρο. Αυτή την περιοχή την ονομάζουμε **μαύρη τρύπα**.

Ο **οριζοντας γεγονότων**, δηλαδή το όριο της περιοχής του χωρόχρονου απ' όπου τίποτα δεν μπορεί να διαφύγει, λειτουργεί σαν μεμβράνη **μονής κατεύθυνσης** γύρω από την μαύρη τρύπα. Αν κάποιο αντικείμενο περάσει αυτό τον οριζοντα και μπει στην μαύρη τρύπα, τότε δεν πρόκειται να ξαναβγει ποτέ περνώντας τον κατά την αντίστροφη κατεύθυνση.

Υπάρχουν οι **μη περιστρεφόμενες** και οι **περιστρεφόμενες** μαύρες τρύπες. Οι μη περιστρεφόμενες μαύρες τρύπες είναι απόλυτα σφαιρικές και το μέγεθός τους εξαρτάται μόνο από την μάζα τους. Επομένως όλες οι μαύρες τρύπες που έχουν την ίδια μάζα, πρέπει να είναι ίδιες. Αν ο ρυθμός περιστροφής της δεν είναι μηδέν (δηλαδή περιστρέφεται), τότε η μαύρη τρύπα εξογκώνεται στις περιοχές γύρω από τον ισημερινό της (ακριβώς όπως η Γη) και μάλιστα όσο ταχύτερα περιστρέφεται, τόσο περισσότερο εξογκώνεται. Το μέγεθος και το σχήμα μιας περιστρεφόμενης μαύρης τρύπας εξαρτώνται μόνο από τη μάζα της και το ρυθμό περιστροφής της γύρω από άξονα συμμετρίας της.

Το πλήθος άστρων που πρέπει να έχουν μετατραπεί σε μαύρες τρύπες στη μακραιώνη ιστορία του Σύμπαντος πρέπει να είναι πολύ μεγάλο, αφού στη διάρκεια αυτή πολλά άστρα πρέπει να εξάντλησαν τα πυρηνικά τους καύσιμα και να κατέρρευσαν. Οι μαύρες τρύπες ενδέχεται να είναι περισσότερες και από τα ορατά άστρα, τα οποία μόνο στο Γαλαξία μας είναι περίπου εκατό δισεκατομμύρια! Η πρόσθετη βαρυτική έλξη από τόσο πολλές μαύρες τρύπες μπορεί να εξηγήσει το ρυθμό περιστροφής του Γαλαξία μας, καθώς η μάζα των ορατών άστρων δεν είναι από μόνη της αρκετά μεγάλη για να προκαλέσει έναν τέτοιο ρυθμό περιστροφής.

Όσο πιο μαύρη τρύπα πρέπει να **εκπέμπει ακτινοβολία και σωματίδια** σαν να είναι ένα θερμό σώμα με θερμοκρασία που εξαρτάται μόνο από την μάζα της μαύρης τρύπας, που σημαίνει ότι **όσο περισσότερη είναι η μάζα της, τόσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία της**. Όμως πώς είναι δυνατόν να φαίνεται ότι μια μαύρη τρύπα εκπέμπει σωματίδια, όταν γνωρίζουμε ότι τίποτε δεν μπορεί να διαφύγει από τον ορίζοντα των γεγονότων της; Η απάντηση που δίνει η κβαντική θεωρία λέει ότι τα σωματίδια δεν προέρχονται από το εσωτερικό της μαύρης τρύπας, αλλά από τον «κενό» χώρο έξω ακριβώς από τον ορίζοντα γεγονότων της! Εκεί υπάρχουν ζεύγη σωματιδίων-αντισωματιδίων με θετική και αρνητική ενέργεια αντίστοιχα, από τα οποία όταν το ένα από τα δύο (συνήθως αυτό με την αρνητική ενέργεια) το «ρουφήξει» η μαύρη τρύπα, τότε το άλλο (αυτό με τη θετική ενέργεια) εμφανίζεται ως προϊόν εκπομπής από την μαύρη τρύπα.

Η θετική ενέργεια της ακτινοβολίας που θα εκπέμπεται προς τα έξω από τη μαύρη τρύπα θα εξισορροπείται από μια ροή σωματιδίων αρνητικής ενέργειας που θα πέφτουν μέσα της. Από την εξίσωση του Αϊνστάιν $E=mc^2$ βλέπουμε ότι η ενέργεια είναι ανάλογη με την μάζα. Επομένως ροή αρνητικής ενέργειας μέσα στην μαύρη τρύπα έχει ως αποτέλεσμα μείωση της μάζας της. Όμως όσο μειώνεται η μάζα της μαύρης τρύπας, τόσο αυξάνεται η θερμοκρασία της και ο ρυθμός εκπομπής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα η μάζα της να μειώνεται ακόμα πιο γρήγορα.

Δεν είναι σαφές τι ακριβώς θα συμβεί όταν κάποια η μάζα της μαύρης τρύπας γίνει πάρα πολύ μικρή. Η πιο εύλογη διαδικασία είναι ότι ολόκληρη η μαύρη τρύπα θα εξαφανιστεί εντελώς μέσα σε μια τρομερή τελική έκρηξη, ισοδύναμη με μια έκρηξη εκατομμυρίων εκατοντάδων πυρηνικών βομβών!

Ίσως υπάρχουν **αρχέγονες μαύρες τρύπες** με μάζα πολύ μικρότερη από εκείνη του Ήλιου, οι οποίες σχηματίστηκαν από τη βαρυτική κατάρρευση ανομοιογενειών κατά τα πολύ πρώιμα στάδια του Σύμπαντος. Αυτές οι μαύρες τρύπες θα έχουν και πολύ μεγαλύτερη θερμοκρασία και πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς εκπομπής ακτινοβολίας.

Μια αρχέγονη μαύρη τρύπα που έχει αρχική μάζα ενός δισεκατομμυρίου τόνων θα έχει διάρκεια ζωής ίση περίπου με την ηλικία του Σύμπαντος. Αρχέγονες μαύρες τρύπες με αρχικά μικρότερες μάζες θα έχουν ήδη εξαφανιστεί εντελώς στη σημερινή εποχή. Όσες όμως είχαν λίγο μεγαλύτερες μάζες θα εκπέμπουν ακόμη **ακτινοβολία με τη μορφή ακτίνων γ και X**. Τέτοιες μαύρες τρύπες δεν αξίζουν να φέρουν το επίθετο «μαύρες», αφού στην πραγματικότητα είναι «άσπρες» εξαιτίας της μεγάλης τους θερμοκρασίας, ενώ εκπέμπουν ενέργεια με ρυθμό περίπου δέκα χιλιάδων μεγαβάτ!

Η θεωρία της Θερμής Μεγάλης Έκρηξης

Τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης φανταζόμαστε ότι το Σύμπαν πρέπει να είχε **μηδενικό μέγεθος** και για το λόγο αυτό πρέπει να ήταν **άπειρα θερμό**. Αλλά καθώς το Σύμπαν διαστελλόταν και το μέγεθός του αυξανόταν, **η θερμοκρασία του μειωνόταν**.

Ένα δευτερόλεπτο μετά την Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία του είχε πέσει στους δέκα περίπου δισεκατομμύρια βαθμούς (δηλαδή χίλιες φορές μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία στο κέντρο του Ήλιου!). Στο στάδιο αυτό υπήρχαν κυρίως **φωτόνια, ηλεκτρόνια, νετρίνα, αντισωματίδια, πρωτόνια και νετρόνια**.

Εκατό δευτερόλεπτα μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία θα είχε πέσει στο ένα δισεκατομμύριο βαθμούς (δηλαδή όση είναι και στο κέντρο των πιο θερμών άστρων). Στη θερμοκρασία αυτή τα πρωτόνια και τα νετρόνια δεν διαθέτουν αρκετή ενέργεια για να διαφύγουν από την έλξη της ισχυρής πυρηνικής αλληλεπίδρασης, με αποτέλεσμα να αρχίσουν να συνενώνονται μεταξύ τους και να παράγουν **πυρήνες δευτερίου** (ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο). Αυτοί συνενώθηκαν με άλλα πρωτόνια και νετρόνια για να παράγουν **πυρήνες ηλίου**, λιθίου και βηρυλλίου.

Στις πρώτες λίγες ώρες του Σύμπαντος η παραγωγή του ηλίου και των άλλων στοιχείων είχε ήδη συμπληρωθεί. Στο επόμενο ένα εκατομμύριο χρόνια το Σύμπαν συνέχισε να διαστέλλεται χωρίς να συμβαίνει τίποτε το σημαντικό. Όμως όταν η θερμοκρασία του έπεσε σε μερικές χιλιάδες βαθμούς, τότε τα ηλεκτρόνια και οι πυρήνες δεν είχαν πια αρκετή ενέργεια για να συνεχίσουν να διαφεύγουν από την αμοιβαία ηλεκτρομαγνητική έλξη και έτσι άρχισαν να συνενώνονται και να σχηματίζουν **άτομα**.

Στις περιοχές που τύχαινε να είναι λίγο πυκνότερες από το μέσο όρο, η διαστολή επιβραδυνόταν λόγω της πρόσθετης βαρυτικής έλξης, με αποτέλεσμα να σταματήσει η διαστολή τους και να αρχίσει η συρρίκνωσή τους. Η βαρυτική έλξη που ασκούσε η ύλη γύρω από αυτές τις περιοχές, τις ανάγκασε να περιστρέφονται με ένα ρυθμό, ο οποίος συνεχώς αυξανόταν λόγω της διαρκούς συρρίκνωσης της περιοχής. Με αυτό τον τρόπο γεννήθηκαν οι **δισκοειδείς περιστρεφόμενοι γαλαξίες**. Κάποιες άλλες περιοχές του Σύμπαντος που δεν έτυχε να αρχίσουν να περιστρέφονται, εξελίχθηκαν σε αντικείμενα ωσειδούς σχήματος, που ονομάζονται **ελλειπτικοί γαλαξίες**.

Με την πάροδο του χρόνου τα αέρια υδρογόνου και ηλίου μέσα στους γαλαξίες διαχωρίστηκαν σε μικρότερα νέφη αερίων που κατέρρευσαν κάτω από την ίδια τους την βαρύτητα και συρρικνώθηκαν. Από τη σύγκρουση των ατόμων στο εσωτερικό τους αυξήθηκε η θερμοκρασία τους, με αποτέλεσμα να αρχίσουν στο εσωτερικό τους **πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που μετέτρεπαν το υδρογόνο σε ήλιο**. Η θερμότητα που απελευθερώνονταν μεγάλωνε την εσωτερική πίεση των αερίων και έτσι τα εμπόδιζε να συρρικνωθούν κι άλλο. Έτσι παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα σ' αυτή την σταθερή κατάσταση καίγοντας υδρογόνο σε ήλιο και ακτινοβολώντας την ενέργεια που απελευθερώνεται (χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων άστρων είναι ο Ήλιος μας).

Όταν εξαντληθεί το υδρογόνο ενός τέτοιου άστρου, τότε η κεντρική περιοχή του καταρρέει σε μια πολύ πυκνή κατάσταση: ένα **αστέρα νετρονίων** ή μια **μαύρη τρύπα**. Μερικές φορές οι εξωτερικές περιοχές του άστρου μπορεί να εκτιναχθούν μακριά με μια τρομερή έκρηξη που ονομάζεται **σουπερνόβα**. Μια τέτοια έκρηξη είναι λαμπρότερη απ' όλα μαζί τα άστρα του γαλαξία στον οποίο συμβαίνει!

Ο **Ήλιος** μας είναι άστρο 2^{ης} ή 3^{ης} γενιάς, καθώς πρέπει να σχηματίστηκε πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια από την ύλη ενός περιστρεφόμενου νέφους που περιείχε υπολείμματα προηγούμενων εκρήξεων σουπερνόβα. Επίσης μια μικρή ποσότητα των βαρύτερων στοιχείων συγκεντρώθηκε σε μερικές περιοχές και σχημάτισε τα σώματα που κινούνται γύρω από τον Ήλιο, δηλαδή τη **Γη** και τους άλλους πλανήτες.

Θεωρία δημιουργίας ζωής στη Γη

Στην αρχή η Γη ήταν πολύ θερμή και δεν είχε ατμόσφαιρα. Με την πάροδο του χρόνου άρχισε να ψύχεται και απέκτησε ατμόσφαιρα αερίων (δηλητηριώδη για τον άνθρωπο, κυρίως υδρόθειο και καθόλου οξυγόνο) που αποδεδειγμένα αποδόθηκαν από τα πετρώματα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες και μάλλον στους ωκεανούς δημιουργήθηκαν τα **μακρομόρια**, ως αποτέλεσμα τυχαίου συνδυασμού ατόμων σε πιο σύνθετα σώματα. Αυτά δημιούργησαν άλλα μακρομόρια πιο σύνθετα και πιο εξελιγμένα, τα οποία σταδιακά αντικατέστησαν τα προηγούμενα.

Οι πρώτες αρχέγονες μορφές ζωής καταλάβαιναν διάφορα υλικά, όπως υδρόθειο και απελευθέρωναν διάφορα άλλα, όπως οξυγόνο. Έτσι σιγά σιγά η ατμόσφαιρα άλλαξε και η σύνθεσή της έγινε αυτή που είναι σήμερα. Αυτή η σύνθεση επέτρεψε να δημιουργηθούν ανώτερες μορφές ζωής, όπως ψάρια, αμφίβια, θηλασικά και τελικά το ανθρώπινο είδος!

Ταξίδι στο χρόνο

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που μιλούν για ταξίδια στο χρόνο. Μια από αυτές βασίζεται στο **σπάσιμο του φράγματος της ταχύτητας του φωτός**, καθώς αναφέρει ότι αν κάτι καταφέρει να ταξιδέψει πιο γρήγορα από το φως, τότε από τη θεωρία της σχετικότητας υποδηλώνεται ότι μπορεί να ταξιδέψει και πίσω στο χρόνο! Ωστόσο στους επιταχυντές του Fermilab και του CERN δεν έχουμε καταφέρει να επιταχύνουμε στοιχειώδη σωματίδια με ταχύτητα μεγαλύτερη από το 99,99% της ταχύτητας του φωτός. Μάλιστα παρατηρήθηκε ότι δεν μπορούμε να τα κάνουμε να ξεπεράσουν το φράγμα της ταχύτητας του φωτός, ακόμα και αν τροφοδοτήσουμε τον επιταχυντή με αρκετή επιπλέον ενέργεια.

Μια άλλη θεωρία βασίζεται στην **στρέβλωση του χωρόχρονου** έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια **κοσμική σήραγγα**, δηλαδή ένας λεπτός σωλήνας χωρόχρονου που μπορεί να συνδέσει δύο οχεδόν επίπεδες και απομακρυσμένες μεταξύ τους περιοχές του Σύμπαντος. Ο Αϊνστάιν και ο Rosen έδειξαν ότι για δημιουργηθεί μια κοσμική σήραγγα χρειαζόμαστε μια περιοχική του χωρόχρονου με αρνητική καμπυλότητα, που σημαίνει ότι η ύλη του πρέπει να έχει **αρνητική πυκνότητα**. Αυτό μπορεί να ακούγεται παράδοξο, όμως η κβαντική θεωρία επιτρέπει στην ενεργειακή πυκνότητα κάποιων περιοχών να είναι αρνητική, αρκεί να εξισορροπείται από τη θετική ενεργειακή πυκνότητα κάποιων άλλων περιοχών, έτσι ώστε η συνολική ενέργεια να παραμένει πάντοτε θετική.

Υπάρχουν πειραματικές ενδείξεις ότι ο χωρόχρονος μπορεί να είναι **καμπυλωμένος** και **στρεβλωμένος**, με τρόπο που να επιτρέπει ταξίδια στο χρόνο! Όμως γιατί δεν είχαμε επισκέπτες από το παρελθόν ή από το μέλλον; Βέβαια οι μαρτυρίες ανθρώπων περί UFO ίσως είναι μια ένδειξη ότι μας επισκέφθηκαν εξωγήινοι ή άνθρωποι από το μέλλον. Ωστόσο το παρελθόν είναι δεδομένο και αναλλοίωτο και ο χωρόχρονός του δεν παρουσιάζει το είδος της στρέβλωσης που απαιτείται για την πραγματοποίηση ενός ταξιδιού πίσω στο χρόνο. Αυτό συνεπάγεται ότι **τα ταξίδια στο χρόνο περιορίζονται αποκλειστικά στο μέλλον!** Πάντως στην περίπτωση που θα πραγματοποιηθεί ταξίδι στο παρελθόν, ο ταξιδιώτης του χρόνου δεν θα έχει ελεύθερη βούληση, αφού δεν θα μπορεί να αλλάξει το ήδη καταγεγραμμένο παρελθόν...