Ερευνητική Εργασία για το Project β τετραμήνου της ομάδας MASA με θέμα :

Η δομή και η εξέλιξη του σύμπαντος.

Ομάδα :

Μαρίνος Κούρδογλου,

Μπάμπης Κατσούλης,

Αιμίλιος Κοροβίλας,

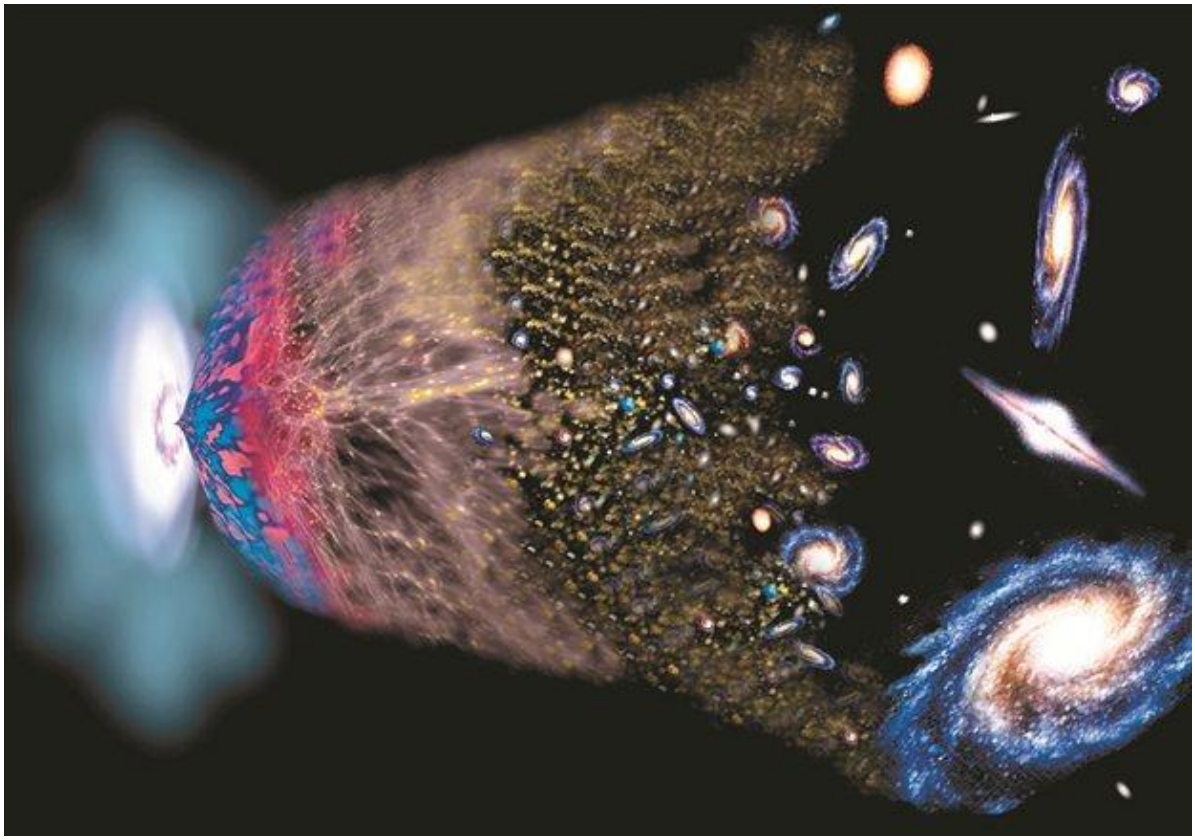
Κωσταντίνος Κωτσάκης.

Περιεχόμενα

1. Δομή σύμπαντος, νεφελωμάτων, γαλαξιών και ηλιακών συστημάτων.
2. Εξέλιξη σύμπαντος, αστεριών και γαλαξιών.
3. Βιβλιογραφία

Ενότητα 1η : Η δομή του σύμπαντος.

Σε αυτήν την ενότητα θα σας περιγράψουμε τον μικρόκοσμο αλλά και τον μακρόκοσμο με στόχο να σας βοηθήσουμε να κατανοήσετε καλύτερα την δομή του σύμπαντος.

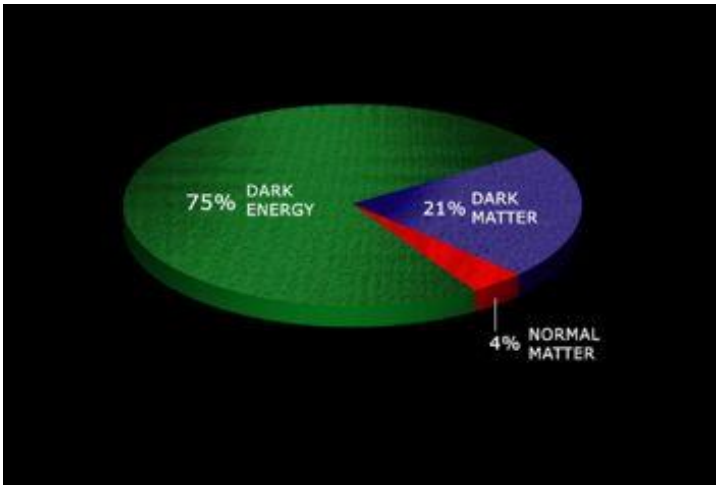


Δομή του σύμπαντος

Ως **σύμπαν** εννοούμε το σύνολο των πραγμάτων που υπάρχουν. Σύμφωνα με την επιστήμη το σύμπαν αφορά το χωροχρονικό συνεχές και στη δομή του περιλαμβάνεται το σύνολο της ύλης και της ενέργειας.

Το σύμπαν, στις μεγάλες διαστάσεις του, είναι αντικείμενο μελέτης της επιστήμης της αστροφυσικής. Στις πολύ μικρές διαστάσεις το σύμπαν το εξερευνά η κβαντική μηχανική . Ενδιάμεσα προσπαθούν να κατανοήσουν τη λειτουργία του και την

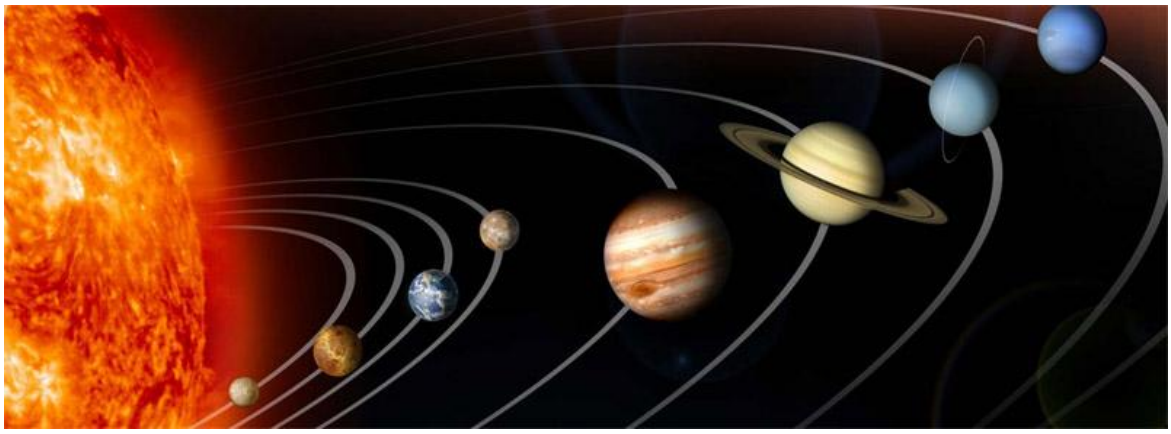
υπόστασή του όλες οι επιστήμες. Οι γνωστές μορφές της ενέργειας, όπως το φως, η θερμότητα κτλ συνδέονται με την ύλη μέσα από σχέσεις ανταλλαγής. Όσον αφορά την δομή του σύμπαντος στο μικρόκοσμο, σύμφωνα με την σύγχρονη Φυσική υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ ύλης και ενέργειας, οπότε και οι δύο συνολικά απαρτίζουν το σύμπαν. Μέσα στο σύμπαν ενδεχομένως περιλαμβάνεται και η σκοτεινή ύλη, όχι όμως απαραίτητα και η σκοτεινή ενέργεια. Σύγχρονες παρατηρήσεις υπολογίζουν την ορατή ύλη στο 4,6% του περιεχομένου του ορατού Σύμπαντος, με το υπόλοιπο 23% να αποτελείται από ψυχρή σκοτεινή ύλη και περίπου 72% από σκοτεινή ενέργεια. Όσον αφορά την δομή του στον μακρόκοσμο. Το ορατό Σύμπαν περιέχει περίπου 3 ως 7×10^{22} άστρα, τα οποία είναι οργανωμένα σε περίπου 8×10^{10} γαλαξίες και οι οποίοι με την σειρά τους συγκροτούν σμήνη και υπερσμήνη. Ο αριθμός των ατόμων στο ορατό Σύμπαν υπολογίζεται σε περίπου 10^{80}.



Το Σύμπαν υποστηρίζεται ότι δεν είναι ούτε «άμορφο» ούτε «άπειρο», αλλά έχει πέρατα. Απόψεις της τελευταίας πεντηκονταετίας συγκλίνουν σε αυτήν την άποψη, ότι δηλαδή το Σύμπαν είναι περιορισμένο, «περατό». Αυτή ήταν θέση και του Αλμπερτ Αϊνστάιν. Θεωρίες όπως αυτή του Big Bang εκτιμούν ότι το σχήμα του Σύμπαντος είναι, το πιθανότερο, υπερσφαιρικό. Μια υπερσφαίρα (η οποία ορίζεται σε 4 διαστάσεις) μπορεί να νοηθεί αφαιρετικά ως μια σφαίρα τριών διαστάσεων της οποίας η ακτίνα συνεχώς μεταβάλλεται, μοιάζοντας με μπαλόνι που διαστέλλεται. Αυτή η διαστολή φαίνεται να συνεχίζεται από τη δημιουργία του μέχρι σήμερα, σύμφωνα με το μοντέλο της μεγάλης έκρηξης. Επειδή οι αποστάσεις μεταξύ των μελών του Σύμπαντος, των ουρανίων σωμάτων είναι πάρα πολύ μεγάλες κατέστη αναγκαίο στην Αστρονομία να γίνει χρήση μιας μεγάλης μονάδας μήκους, που ονομάζεται **έτος φωτός** και που δεν είναι τίποτα άλλο από την απόσταση που διανύει το φως, με τη γνωστή ταχύτητά του, των σχεδόν 300.000 km/s (για την ακρίβεια 299.792,458 km/s) σε χρονική διάρκεια ενός έτους. Το έτος φωτός ισούται με $9{,}465\times10^{12}$ km.

Όλα τα ουράνια σώματα του Σύμπαντος ανήκουν σε δύο συστήματα:

1. Το **Ηλιακό σύστημα** ή Κοπερνίκειο σύστημα στο οποίο περιλαμβάνονται ο Ήλιος οι Πλανήτες, οι δορυφόροι τους, οι Κομήτες, οι διάττοντες αστέρες οι αερόλιθοι και οι βολίδες
2. Το **Σύστημα των απλανών** που περιλαμβάνει τους αστέρες και τα νεφελώματα.
3. Ονομάζεται ηλιακό σύστημα επειδή ο Ήλιος είναι το κέντρο του συστήματος και Κοπερνίκειο από το όνομα του αστρονόμου, που βασιζόμενος στη θεωρία των Πυθαγόρειων, απέδειξε ότι ο Ήλιος είναι ακίνητος και περί αυτόν περιφέρονται η Γη, οι Πλανήτες και οι δορυφόροι τους. Προ του Κοπερνίκειου συστήματος ήταν σε χρήση το Πτολεμαϊκό σύστημα όπου η Γη ήταν το κέντρο ακίνητη και περί αυτής περιφέρονταν ο Ήλιος, οι Πλανήτες και οι δορυφόροι τους.



Γενικά τα ουράνια σώματα διακρίνονται σε *πλανήτες* και *απλανείς* ή αστέρες .
Α. Πλανήτες είναι τα ουράνια σώματα που κινούνται (πλανώνται) γύρω από τον Ήλιο σε ελλειπτικές τροχιές σύμφωνα με τους Νόμους του Κέπλερ.
Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Πλανητών είναι:

1. Μεταβάλλονται οι γωνιώδεις αποστάσεις μεταξύ τους και σε σχέση με τους **απλανείς**.
2. Είναι σώματα ετερόφωτα.
3. Το εκπεμπόμενο από αυτούς φως είναι σταθερό.
4. Παρατηρούμενοι με τηλεσκόπιο μεγεθύνονται λόγω της μικρής σχετικά απόστασης.

Κυριότερος πλανήτης του Ηλιακού συστήματος είναι η Γη.

Β. Απλανείς η αστέρες χαρακτηρίζονται οι λίαν απομακρυσμένοι ήλιοι, δηλαδή οι αστέρες που μένουν ακίνητοι στο χώρο (δεν πλανώνται). Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των απλανών είναι:

1. Δεν μεταβάλλονται οι μεταξύ τους γωνιώδεις αποστάσεις.
2. Είναι σώματα αυτόφωτα
3. Παρατηρούμενοι με τηλεσκόπιο δεν μεγεθύνονται λόγω της πολύ μεγάλης απόστασης.

4. Το εκπεμπόμενο απ’ αυτούς φως δεν είναι σταθερό, αλλά παρουσιάζει στίλβη.

Νεφελώματα

Ονομάζονται στην αστρονομία ένφωτες επιφάνειες στον ουρανό, οι οποίες με γυμνό μάτι φαίνονται σα μια θολή κηλίδα, π.χ. η Ανδρομέδα. Επίσης τα νεφελώματα είναι χώρος γέννησης άστρων. Οι κλασσικοί τύποι νεφελωμάτων είναι οι εξής:

- το διάχυτο νεφέλωμα (νεφέλωμα ανάκλασης, νεφέλωμα εκπομπής και σκοτεινό νεφέλωμα), η ευρύτερη κατηγορία νεφελωμάτων. Επίσης λέγεται και περιοχή HII, δηλαδή περιοχή με ιονισμένο υδρογόνο.
- το πλανητικό νεφέλωμα, είναι το νεφέλωμα που δημιουργείται καθώς άστρο μικρής μάζας αποβάλλει τα εξωτερικά τοιχώματά του και μετατρέπεται σε λευκό νάνο. Στην πραγματικότητα είναι και αυτά περιοχές HII, αλλά είναι πιο πυκνές και πιο συμπυκνωμένα από τα διάχυτα νεφελώματα.
- το κατάλοιπο υπερκαινοφανή, το οποίο δημιουργείται μετά από ένα υπερκαινοφανή αστέρα (σουπερνόβα). Αποτελεί ιδιαίτερο τύπο νεφελώματος.

Γαλαξίες

Επιμελημένες έρευνες, που άρχισε προ 200 ετών ο Γερμανός αστρονόμος Ουίλ. Έρσελ (W. Herschel) και οι οποίες συνεχίσθηκαν από άλλους επιφανείς αστρονόμους, απέδειξαν ότι ο γαλαξίας μας αποτελεί ένα πελώριο συγκρότημα αστέρων, νεφελωμάτων και μεσοαστρικής ύλης όπως συμβαίνει με όλους τους γαλαξίες και μάλιστα ότι πρόκειται περί ενός εκ των σπειροειδών γαλαξιών.

Μόλις τη δεκαετία του 1980 οι αστρονόμοι άρχισαν να υποπτεύονται ότι ο Γαλαξίας είχε κεντρική ράβδο και δεν ήταν ένα τυπικόςσπειροειδής γαλαξίας, κάτι που παρατηρήσεις του 2005 με το *Spitzer Space Telescope* έχουν πλέον επιβεβαιώσει, αποδεικνύοντας ότι η κεντρική ράβδος του Γαλαξία ήταν μεγαλύτερη από ό, τι πιστευόταν.[4]

Επίσημα, από το 2005, ο Γαλαξίας μας θεωρείται πλέον ότι είναι ένα μεγάλος ραβδωτός σπειροειδής γαλαξίας τύπου SBbc στην ακολουθία Hubble (ραβδωτός σπειροειδής μικρής ελίκωσης) με συνολική μάζα 600 ως 3.000 δις ηλιακές μάζες, αποτελούμενος από 200 έως 400 δισεκατομμύρια αστέρες.

Ο γαλαξιακός δίσκος έχει εκτιμώμενη διάμετρο γύρω στα 100.000 έτη φωτός (δηλαδή της τάξης των $1 \cdot 10^{20}$ m)). Η απόσταση του Ήλιου από το κέντρο του Γαλαξία

υπολογίζεται στα 26.000 έτη φωτός (δηλαδή της τάξης των $2{,}5 \cdot 10^{19}$ m)). Ο δίσκος είναι εξογκωμένος στο κέντρο και συμπεριβάλλεται από τον λεγόμενο παχύ δίσκο.

Το γαλαξιακό κέντρο φιλοξενεί το ιδιαίτερα πολύπλοκο σύμπλεγμα **Τοξότης Α** (Sagittarius A), στο κεντρικό πυρήνα του οποίου έχει εντοπιστεί ένα συμπαγές αντικείμενο μεγάλης μάζας και ραδιοεκπομπής, το οποίο ονομάζεται **Τοξότης Α*** (Sagittarius A*) και θεωρείται το κεντρικότερο σημείο του Γαλαξία. Υπάρχουν σοβαρές υποψίες ότι το αντικείμενο αυτό πρόκειται για μια τεράστια μαύρη τρύπα (supermassive black hole) με μάζα εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ηλιακή. Οι περισσότεροι γαλαξίες εικάζεται ότι έχουν παρόμοιες μελανές οπές στο κέντρο τους.

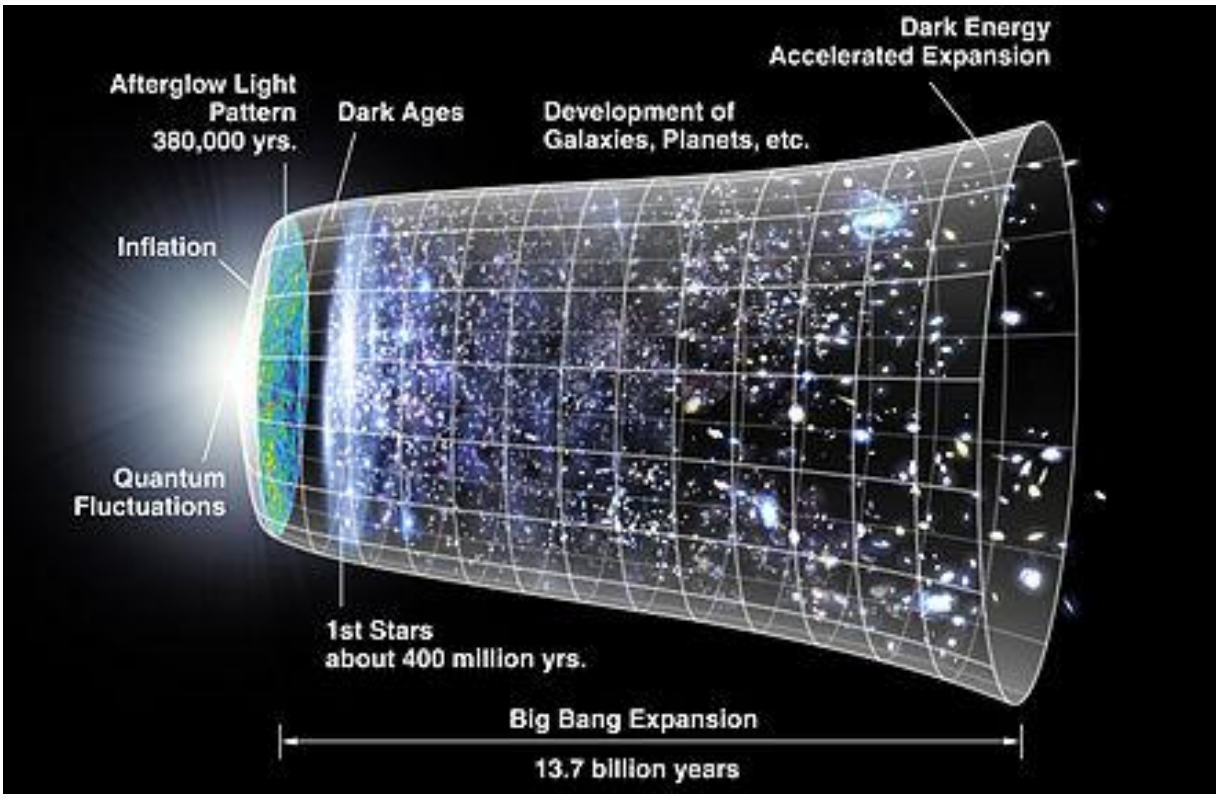
Όπως συμβαίνει με πολλούς γαλαξίες, η κατανομή μάζας στο Γαλαξία είναι τέτοια ώστε η τροχιακή ταχύτητα των περισσοτέρων αστέρων δεν εξαρτάται από την απόσταση από το κέντρο. Πέρα από το Κέντρο (ή στα εξώτερα όρια) η τυπική αστρική ταχύτητα είναι ανάμεσα στα 210 και 240 km/s.[7] Άρα η περίοδος περιφοράς του τυπικού αστέρα είναι ανάλογη μόνο με το μήκος της διανυόμενης τροχιάς. Αυτό διαφέρει σημαντικά από το Ηλιακό Σύστημα, όπου διαφορετική τροχιά σημαίνει και διαφορετική ταχύτητα του αντικειμένου που κινείται σε αυτή.

Ενότητα 2η : Η εξέλιξη του σύμπαντος.

Στην δεύτερη ενότητα θα μελετήσουμε την εξέλιξη του σύμπαντος ως ένα αλλά και θα αναφέρουμε αναλυτικά την εξέλιξη των αστεριών και των γαλαξιών.

Η εξέλιξη του σύμπαντος

Σύμφωνα με την θεωρία της μεγάλης έκρηξης (Big Bang) το σύμπαν δημιουργήθηκε από μια υπερβολικά πυκνή και θερμή κατάσταση, πριν από περίπου 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Η θεωρία αυτή για τη δημιουργία του σύμπαντος είναι η πιο διαδεδομένη αυτή τη στιγμή στην επιστημονική κοινότητα. Ύστερα από το big bang ξεκίνησε η εξέλιξη του σύμπαντος όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.



Στην αρχή η κατάσταση του σύμπαντος βρισκόταν σε πολύ υψηλή θερμοκρασία και διαστελλόταν ταχύτατα, ύστερα υπήρχε η κατάλληλη θερμοκρασία ώστε η ενέργεια να μετατραπεί σε υποατομικά σωματίδια. Μετά από τον σχηματισμό των πρώτων αστέρων

400 εκατομμύρια χρόνια μετά από το big bang ξεκίνησε ο σχηματισμός πλανητών και αργότερα γαλαξιών και το σύμπαν συνεχίζει να διαστέλλεται με ταχύτατους ρυθμούς.

Ας δούμε όμως και την εξέλιξη του σύμπαντος ποιο συγκεκριμένα.

Εξέλιξη των αστεριών

Το νεφέλωμα Λιμνοθάλασσας αποτελεί μία τεράστια περιοχή δημιουργίας άστρων στον Γαλαξία μας.

Στην Αστρονομία γενικά **αστέρας** (star) ή απλανής (σε αντιδιαστολή με τον πλανήτη), ονομάζεται το κάθε ουράνιο σώμα που διατηρεί όλες εκείνες τις ιδιότητες του δικού μας Ηλίου πέριξ του οποίου περιστρέφεται η Γη. Συνεπώς όλοι οι **αστέρες** είναι Ήλιοι εκ των οποίων και παρατηρείται κατάστικτος ο ουράνιος θόλος.

Κατά την Αστροφυσική ο κάθε αστέρας είναι ένα λαμπερό αέριο ουράνιο σώμα που παράγει ενέργεια από πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που συμβαίνουν στον πυρήνα του. Όταν η μάζα του σώματός του είναι μικρότερη από 0.08 φορές της μάζας του ήλιου οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο κέντρο του, δεν επαρκούν προκειμένου να αρχίσουν οι πυρηνικές συντήξεις. Επομένως η μάζα όλων των αστέρων είναι μεγαλύτερη από την ανωτέρω ποσότητα.

Οι αστέρες γεννιούνται σε νεφελώματα, όταν μία περιοχή καταρρεύσει από το βάρος της. Όταν είναι αρκετά πυκνό, αρχίζουν οι πυρηνικές αντιδράσεις, καθώς το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο μέσω της πυρηνική σύντηξη. Όσο το άστρο κάνει αυτή τη διαδικασία, βρίσκεται στην κύρια ακολουθία. Η εσωτερική πίεση αποτρέπει το άστρο από την κατάρρευση. Όταν τελειώσει αυτή η φάση, αστέρες με μάζα τουλάχιστον 0,4 φορές όσο η ηλιακή μετατρέπονται σε ερυθρούς γίγαντες και συντήκουν βαρύτερα στοιχεία. Στη συνέχεια αστέρες σαν τον ήλιο απομακρύνουν την ατμόσφαιρά τους και μετατρέπονται σε λευκούς νάνους. Αστέρια δέκα ή περισσότερες φορές από τον ήλιο συντήκουν όλο και βαρύτερα στοιχεία, μέχρι σχηματιστεί σίδηρος. Τότε εκρήγνυνται ως υπερκαινοφανείς αστέρες και το αντικείμενο που μένει είναι απίστευτα συμπυκνωμένο. Αυτά τα αντικείμενα είναι οι αστέρες νετρονίων και οι μαύρες τρύπες.

Παρατηρώντας κυρίως τη νύκτα, στον Ουράνιο θόλο, τους αστέρες διαπιστώνεται ότι αυτοί δεν κατανέμονται ομοιόμορφα σ΄ αυτόν, ενώ παρουσιάζουν κάποια ευδιάκριτα συμπλέγματα τα οποία και ονομάζονται αστερισμοί. Οι αστέρες βρίσκονται καταχωρημένοι σε καταλόγους. Από τη παρατήρηση των αστέρων αυτοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. **Αειφανείς αστέρες**, που παρατηρούνται όλο το 24ωρο, πάνω από τον ορίζοντα.
2. **Αφανείς αστέρες**, που παραμένουν όλο το 24ωρο υπό τον ορίζοντα και η παρατήρησή τους δεν είναι εφικτή.
3. **Αμφιφανείς αστέρες**, που άλλοτε παρατηρούνται υπέρ τον ορίζοντα και άλλοτε όχι.

- Η διάκριση αυτή είναι πολύ σημαντική για την Αστρονομική ναυτιλία.

.

Αστρική εξέλιξη

Οι αστέρες σχηματίζονται μέσα εκτεταμένες περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα στο διαστρικό μέσο, αν και η πυκνότητα είναι ακόμη χαμηλότερη από το εσωτερικό ενός επίγειου θαλάμου κενού. Αυτές οι περιοχές ονομάζονται μοριακά νέφη και αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, με περίπου 23-28% ήλιο και ένα μικρό ποσοστό βαρύτερα στοιχεία. Ένα παράδειγμα μίας τέτοιας περιοχής σχηματισμού άστρων είναι το νεφέλωμα του Ωρίωνα. [1] Δεδομένου ότι τα μεγάλα αστέρια σχηματίζονται στα μοριακά νέφη, φωτίζουν έντονα αυτά τα σύννεφα. Μπορούν επίσης να ιονίσουν το υδρογόνο, δημιουργώντας μία περιοχή H II.

Σχηματισμός πρωταστέρα

Η δημιουργία ενός αστεριού ξεκινά με μια βαρυτική αστάθεια στο εσωτερικό ενός μοριακού νέφους, που συχνά προκαλείται από τα κρουστικά κύματα ενός υπερκαινοφανή (μαζική αστρική έκρηξη) ή τη σύγκρουση δύο γαλαξιών (όπως σε έναν αστρογόνο γαλαξία). Μόλις μια περιοχή έχει φθάσει σε επαρκή πυκνότητα ύλης για να ικανοποιήσει τα κριτήρια για τη δημιουργία της αστάθειας Τζιν αρχίζει να καταρρέει κάτω από τη δύναμη της δικής του βαρύτητας .[2]

Καθώς το νέφος καταρρέει, μεμονωμένες συγκεντρώσεις της πυκνής σκόνης και του αερίου αποτελούν αυτό που είναι γνωστό ως σφαιρίδιο του Bok. Καθώς ένα σφαιρίδιο καταρρέει και η πυκνότητα αυξάνει, η βαρυτική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα και η θερμοκρασία ανεβαίνει. Όταν το πρωταστρικό νέφος έχει φτάσει περίπου σε υδροστατική ισορροπία, ένα πρωτοάστρο σχηματίζεται στον πυρήνα.[3] Αυτοί οι προ κύριας ακολουθίας αστέρες συχνά περιβάλλονται από ένα πρωτοπλανητικό δίσκο. Η περίοδος της βαρυτικής συστολής διαρκεί περίπου 10-15 εκατομμύρια χρόνια.

Οι πρωταστέρες που είναι μικρότεροι από 2 ηλιακές μάζες ονομάζονται αστέρες τύπου T Ταύρου, ενώ αυτοί με μεγαλύτερη μάζα είναι αστέρες τύπου Herbig AE / Be. Αυτά τα

νεογέννητα αστέρια εκπέμπουν πίδακες αερίου κατά μήκος του άξονα περιστροφής τους, γεγονός που μπορεί να μειώσει τη στροφορμή του καταρρέοντος αστέρα και να δημιουργήσει μικρές περιοχές νέφωσης γνωστά ως αντικείμενα Herbig-Haro .[4][5] Αυτοί οι πίδακες, σε συνδυασμό με την ακτινοβολία από κοντινά μεγάλα αστέρια, μπορεί να βοηθήσει για να απομακρυνθεί το νέφος μέσα στο οποίο το αστέρι σχηματίστηκε. [6]

Κύρια ακολουθία

Οι αστέρες δαπανούν περίπου το 90% της διάρκειας της ζωής στη σύντηξη υδρογόνου που μετατρέπεται σε ήλιο σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλή πίεση κοντά στον πυρήνα. Τέτοια αστέρια λέγεται ότι είναι στην κύρια ακολουθία και ονομάζονται αστέρια νάνοι. Ξεκινώντας από την μηδέν-ηλικία στην κύρια ακολουθία, η αναλογία του ηλίου στον πυρήνα ενός αστέρα θα αυξάνεται σταθερά. Κατά συνέπεια, προκειμένου να διατηρηθεί το απαιτούμενο ρυθμό πυρηνικής σύντηξης στον πυρήνα, το αστέρι θα αυξήσει αργά τη θερμοκρασία και τη φωτεινότητά του. [7] Στον Ήλιο, για παράδειγμα, εκτιμάται ότι έχει αυξηθεί σε φωτεινότητα κατά 40%, δεδομένου ότι έφτασε η κύρια ακολουθία από 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια.[8]

Κάθε αστέρι δημιουργεί ένα αστρικό άνεμο σωματιδίων που προκαλεί μια συνεχή εκροή αερίου προς το διάστημα. Για τα περισσότερα αστέρια, το ποσό της μάζας χάνεται είναι αμελητέα. Ο Ήλιος χάνει 10^{-14} ηλιακές μάζες κάθε χρόνο,[9] ή περίπου το 0,01% της συνολικής μάζας του για όλη τη διάρκεια της ζωής του. Ωστόσο πολύ ογκώδη αστέρια μπορούν να χάσουν 10^{-7} έως 10^{-5} ηλιακές μάζες κάθε χρόνο, γεγονός που επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη τους.[10] Τα αστέρια που αρχίζουν με πάνω από 50 ηλιακές μάζες μπορεί να χάσει πάνω από το ήμισυ συνολικής μάζας τους κατά την παραμονή τους στην κύρια ακολουθία.[11]

Η χρονική διάρκεια που ένα αστέρι δαπανά στην κύρια ακολουθία εξαρτάται πρωτίστως από την ποσότητα καυσίμου που έχει να συντήξει και το ρυθμό με τον οποίο συντήκει αυτό το καύσιμο, δηλαδή από την αρχική του μάζα και φωτεινότητα. Για τον Ήλιο, αυτό το διάστημα εκτιμάται ότι είναι περίπου 10^{10} χρόνια (10 δισεκατομμύρια χρόνια). Τα μεγάλα αστέρια καταναλώνουν τα καύσιμά τους πολύ γρήγορα και είναι βραχύβια. Τα μικρά αστέρια (που ονομάζεται κόκκινο νάνοι) καταναλώνουν τα καύσιμά τους με πολύ αργό ρυθμό και διαρκούν δεκάδες έως εκατοντάδες δισεκατομμύρια χρόνια. Στο τέλος της ζωής τους, θα γίνουν απλά αχνότερα και αχνότερα. [2] Ωστόσο, δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής αυτών των αστέρων είναι μεγαλύτερη από την τρέχουσα ηλικία του σύμπαντος (13,7 δισ. χρόνια), δεν αναμένεται ερυθροί νάνοι να έχουν φτάσει ακόμα σε αυτό το στάδιο.

Εκτός από τη μάζα, το ποσοστό των στοιχείων που είναι βαρύτερα από το ήλιο μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των άστρων. Στην αστρονομία όλα τα στοιχεία βαρύτερα από το ήλιο θεωρούνται «μέταλλα», και η συγκέντρωση αυτών των χημικών στοιχείων ονομάζεται μεταλλικότητα. Η μεταλλικότητα μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια που ένα αστέρι θα κάψει τα καύσιμά του, ελέγχει το σχηματισμό των μαγνητικών πεδίων[12] και να τροποποιήσει τη δύναμη του αστρικού ανέμου. [13] Παλαιότερα, ο πληθυσμός αστέρων II έχουν σημαντικά μικρότερη μεταλλικότητα από ό,

τι οι νεότεροι, οι αστέρες πληθυσμού I, λόγω της σύνθεσης των μοριακών νεφών από τα οποία σχηματίζονται. (Με την πάροδο του χρόνου γίνονται αυτά τα σύννεφα εμπλουτίζονται όλο και περισσότερο με βαρύτερα στοιχεία, καθώς τα μεγαλύτερα αστέρια πεθαίνουν και απομακρύνουν τμήματα της ατμόσφαιράς τους.)

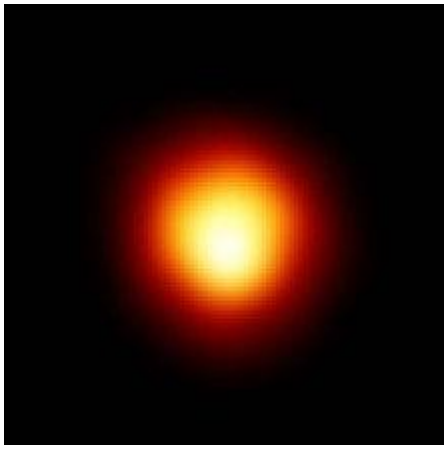
Μετά την κύρια ακολουθία

Καθώς αστέρια με μάζα τουλάχιστον 0,4 ηλιακές μάζες εξαντλούν το υδρογόνο στον πυρήνα τους, τα εξωτερικά στρώματά τους επεκτείνονται σε μεγάλο βαθμό και γίνονται πιο δροσερά για να σχηματίσουν ένα κόκκινο γίγαντα. Για παράδειγμα, σε περίπου 5 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν ο Ήλιος θα είναι ένας ερυθρός γίγαντας, θα αναπτυχθεί σε μέγιστη ακτίνα περίπου 1 αστρονομική μονάδα (150 εκατομμύρια χιλιόμετρα), 250 φορές το σημερινό του μέγεθός του. Ως γίγαντας, ο Ήλιος θα χάσει περίπου το 30% της τρέχουσας μάζας του. [8] [14]

Σε ένα ερυθρό γίγαντα με μάζα μέχρι 2,25 ηλιακές μάζες, η σύντηξη υδρογόνου προχωρά σε ένα κέλυφος-στρώμα που περιβάλλει τον πυρήνα. [15] Τελικά, ο πυρήνας συμπιέζεται αρκετά για να ξεκινήσει σύντηξη ηλίου, και το αστέρι τώρα σταδιακά συρρικνώνεται σε ακτίνα και αυξάνει τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του. Για τα μεγαλύτερα αστέρια, η περιοχή πυρήνα μεταβαίνει απευθείας από τη σύντηξη υδρογόνο στη σύντηξη ηλίου.

Αφού το άστρο έχει καταναλώσει το ήλιο στον πυρήνα, η σύντηξη συνεχίζεται σε ένα κέλυφος γύρω από ένα καυτό πυρήνα άνθρακα και οξυγόνου. Το αστέρι στη συνέχεια ακολουθεί μια εξελικτική πορεία που είναι παράλληλη με την αρχική φάση του ερυθρού γίγαντα, αλλά σε υψηλότερη θερμοκρασία της επιφάνειας.

Ογκώδη άστρα



Ο Μπετελγκέζ είναι ένας ερυθρός υπεργίγαντας που πλησιάζει στο τέλος του κύκλου της ζωής του.

Κατά τη διάρκεια της φάσης καύσης του ηλίου, τα αστέρια με πολύ υψηλή, δηλαδή με μάζα μεγαλύτερη από εννέα ηλιακές μάζες θα επεκταθούν για να σχηματίσουν ερυθρούς υπεργίγαντες. Μόλις αυτό το καύσιμο έχει εξαντληθεί στον πυρήνα, μπορούν να συνεχίσουν να συντήκουν στοιχεία βαρύτερα από το ήλιο.

Ο πυρήνας συστέλλεται έως ότου η θερμοκρασία και η πίεση να είναι επαρκείς για να συντήξουν άνθρακα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται, με τα διαδοχικά στάδιά της να τροφοδοτούνται από νέον, οξυγόνο και πυρίτιο. Κοντά στο τέλος της ζωής του αστεριού, η σύντηξη μπορεί να συμβεί κατά μήκος μιας σειράς κελυφών εντός του αστέρα, προσδίδοντάς του μια μορφή κρεμμυδιού. Κάθε κέλυφος συντήκει ένα διαφορετικό στοιχείο, με τις εξώτερες περιοχές να συντήκουν υδρογόνο, το επόμενο ήλιο, και ούτω καθ 'εξής. .

Το τελικό στάδιο επιτυγχάνεται όταν το αστέρι αρχίζει την παραγωγή σιδήρου. Επειδή οι πυρήνες σιδήρου είναι πιο στενά συνδεδεμένοι από κάθε βαρύτερους πυρήνες, αν συντήκονταν δεν θα απελευθερωνόταν ενέργεια-η διαδικασία θα ήταν, αντίθετα, να καταναλωθεί ενέργεια. Ομοίως, δεδομένου ότι είναι πιο στενά συνδεδεμένοι από όλους τους ελαφρύτερους πυρήνες, η ενέργεια δεν μπορεί να απελευθερωθεί από την σχάση. [15] Σε σχετικά παλιά, πολύ ογκώδη αστέρια, ένας μεγάλος πυρήνας αδρανούς σιδήρου θα συγκεντρωθεί στο κέντρο του αστεριού. Τα βαρύτερα στοιχεία σε αυτά τα αστέρια μπορούν να συνεχίσουν την πορεία τους προς την επιφάνεια, σχηματίζοντας αντικείμενα γνωστά ως αστέρες Wolf-Rayet που έχουν ένα ισχυρό αστρικό άνεμο που απομακρύνει την εξωτερική ατμόσφαιρα.

Κατάρρευση

Ένα εξελιγμένο, μέσου μεγέθους αστέρι θα απομακρύνει πλέον τα εξωτερικά στρώματά του ως ένα πλανητικό νεφέλωμα. Αν αυτό που μένει μετά την απομάκρυνση της εξωτερικής ατμόσφαιρας έχει μάζα λιγότερη από 1,4 ηλιακές μάζες, συρρικνώνεται σε ένα σχετικά μικρό αντικείμενο (περίπου το μέγεθος της Γης) που δεν είναι αρκετά ογκώδες για να λάβει χώρα περαιτέρω συμπίεση. Αυτό το αντικείμενο είναι γνωστό ως λευκός νάνος. [17] Η ύλη εκφυλισμένων ηλεκτρονίων μέσα σε ένα λευκό νάνο δεν είναι πλέον πλάσμα, ακόμα κι αν αστέρια γενικά αναφέρονται ως σφαίρες πλάσματος. Οι λευκοί νάνοι τελικά θα εξασθενίσουν σε μαύρους νάνους σε ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το νεφέλωμα του Καρκίνου, υπόλειμμα ενός υπερκαινοφανή που πρωτοπαρατηρήθηκε περίπου το 1050 μ. Χ.

Στα μεγαλύτερα αστέρια, η σύντηξη συνεχίζεται μέχρι ο πυρήνας σιδήρου να έχει αυξηθεί σε μάζα τόσο πού (πάνω από 1,4 ηλιακές μάζες), που δεν μπορεί πλέον να στηρίξει τη δική του μάζα. Αυτός ο πυρήνας θα καταρρεύσει ξαφνικά, καθώς τα ηλεκτρόνιά του οδηγούνται στα πρωτόνιά του, σχηματίζοντας νετρόνια και νετρίνα μέσα σε μια έκρηξη αντίστροφη της διάσπασης βήτα, ή της σύλληψης ηλεκτρονίων. Το κρουστικό κύμα που σχηματίζεται από αυτήν την ξαφνική κατάρρευση προκαλεί το υπόλοιπο άστρο να εκραγεί ως υπερκαινοφανής αστέρας. Οι υπερκαινοφανείς είναι τόσο φωτεινοί ώστε να μπορούν να επισκιάσουν για λίγο ολόκληρο το γαλαξία που βρίσκεται ο αστέρας. Όταν εκδηλώνονται εντός του Γαλαξία μας, οι υπερκαινοφανείς έχουν ιστορικά παρατηρηθεί με γυμνό μάτι από τους παρατηρητές ως «νέα αστέρια», όπου δεν υπήρχαν καθόλου πριν.

Η περισσότερη από την ύλη του αστέρα απομακρύνεται από την έκρηξη (και σχηματίζει νεφελώματα, όπως το Νεφέλωμα του Καρκίνου) και αυτό που μένει θα είναι ένας αστέρας νετρονίων (ο οποίος εκδηλώνεται ενίοτε ως πάλσαρ ή με εκρήξεις ακτίνων Χ) ή, στην περίπτωση των μεγαλύτερων αστέρων (αρκετά μεγάλα για να αφήσει ένα αστρικό υπόλειμμα μεγαλύτερο από περίπου 4 ηλιακές μάζες), μια μαύρη τρύπα. Σε έναν αστέρα νετρονίων, η ύλη είναι σε μια κατάσταση γνωστή ως ύλη εκφυλισμένων νετρονίων, με μια πιο εξωτική μορφή του εκφυλισμένη ύλη, την ύλη QCD, που ενδεχομένως υπάρχει μέσα στον πυρήνα. Μέσα σε μια μαύρη τρύπα η ύλη είναι σε μια κατάσταση που δεν είναι σήμερα κατανοητή.

Τα εκτιναγμένα εξωτερικά στρώματα του αστέρα που πεθαίνει περιλαμβάνουν βαρέα στοιχεία που μπορούν να ανακυκλωθούν κατά τη διάρκεια της δημιουργίας νέων αστέρων. Αυτά τα βαριά στοιχεία είναι που επιτρέπουν το σχηματισμό βραχωδών πλανητών. Τα υπολείμματα υπερκαινοφανών και ο αστρικός άνεμος από μεγάλα αστέρια παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του διαστρικό ενδιάμεσου.

Εξέλιξη των γαλαξιών

Τα τρέχοντα κοσμολογικά μοντέλα του πρώιμου σύμπαντος βασίζονται στη θεωρία του Big Bang. Περίπου 300.000 χρόνια μετά το γεγονός αυτό, τα άτομα του υδρογόνου και του ηλίου άρχισαν να διαμορφώνονται, σε μια εκδήλωση που ονομάζεται ανασυνδυασμός. Σχεδόν όλα τα υδρογόνα ήταν ουδέτερα (μη ιονισμένα) και απορρόφησαν εύκολα το φως, και δεν είχαν ακόμη συσταθεί άστρα. Ως αποτέλεσμα, αυτή η περίοδος έχει χαρακτηριστεί ως ο «Σκοτεινός Αιώνας». Ήταν από τις διακυμάνσεις της πυκνότητας (ή ανισότροπα παρατυπίες) σε αυτή τη αρχέγονη ύλη που οι μεγαλύτερες δομές άρχισαν να εμφανίζονται. Ως αποτέλεσμα, της μάζας η βαρυονική ύλη άρχισε να συμπυκνώνονται σε φωτοστέφανα ψυχρής σκοτεινής ύλης. Αυτές οι αρχέγονες δομές θα γίνουν τελικά οι γαλαξίες που βλέπουμε σήμερα.

Αποδεικτικά στοιχεία για την πρόωρη εμφάνιση των γαλαξιών βρέθηκαν το 2006, όταν ανακαλύφθηκε ότι ο γαλαξίας IOK-1 έχει μία ασυνήθιστα υψηλή ερυθρή μετατόπιση της τάξης του 6,96, που αντιστοιχεί σε μόλις 750 εκατομμύρια χρόνια μετά το Big Bang και καθιστώντας τον πιο απομακρυσμένο και αρχέγονο γαλαξία που έχουμε δει.[30] Αν και ορισμένοι επιστήμονες έχουν υποστηρίξει ότι άλλα αντικείμενα (όπως το Abell 1835 IR1916) έχουν υψηλότερες ερυθρές μετατοπίσεις (και ως εκ τούτου θεωρούνται σε προγενέστερο στάδιο της εξέλιξης του Σύμπαντος), η ηλικία και η σύνθεση του IOK-1 είναι πιο αξιόπιστα δομένη. Η ύπαρξη ενός τέτοιου πρόωρου πρωτογαλαξία σημαίνει ότι πρέπει να έχουν ωριμάσει στο λεγόμενο «Σκοτεινό Αιώνα».[29]

Ο I Zwicky 18 (κάτω αριστερά) μοιάζει με ένα πρόσφατα σχηματισμένο γαλαξία.[31][32]

Μέσα σε ένα δισεκατομμύριο χρόνια από το σχηματισμό ενός γαλαξία, οι βασικές δομές αρχίζουν να εμφανίζονται. Σφαιρωτά σμήνη, η κεντρική μαύρη τρύπα, και μια γαλαξιακή διόγκωση αποτελούμενη από των φτωχών σε μέταλλα αστέρια που αποτελούν το Πληθυσμός II. Η δημιουργία μια υπερμεγέθης μαύρη τρύπα φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο ρυθμίζοντας την ανάπτυξη των γαλαξιών, περιορίζοντας το συνολικό ποσό των πρόσθετων ουσιών που έχουν προστεθεί.[33] Κατά τη διάρκεια αυτής της πρώιμης εποχής, οι γαλαξίες έχουν υποστεί ριζικές εκρήξεις σχηματισμού νέων άστρων.[34]

Κατά τα επόμενα δύο δισεκατομμύρια χρόνια, η συσσωρευμένη ύλη εγκαθίσταται σε ένα γαλαξιακό δίσκο.[35] Ένας γαλαξίας θα συνεχίσει να απορροφά υλικό από τα σύννεφα υψηλής ταχύτητας και νάνους γαλαξίες σε όλη τη διάρκεια της ζωής του.[36] Η ύλη αυτή είναι κυρίως υδρογόνο και ήλιο. Ο κύκλος της αστρικής γέννησης και του θανάτου αυξάνει σιγά-σιγά την αφθονία των βαρέων στοιχείων, και τελικά επιτρέπει το σχηματισμό των πλανητών.[37]

Η εξέλιξη των γαλαξιών μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από τις αλληλεπιδράσεις και συγκρούσεις. Οι συγχωνεύσεις των γαλαξιών ήταν κοινές κατά την πρώιμη εποχή, και η πλειονότητα των γαλαξιών ήταν περίεργοι στη μορφολογία.[38] Λαμβάνοντας υπόψη τις αποστάσεις μεταξύ των αστεριών, η μεγάλη πλειονότητα των αστρικών συστημάτων των συγκρουόμενων γαλαξιών θα μείνουν ανεπηρέαστες. Ωστόσο, η βαρυτική απογύμνωση του διαστρικού αερίου και σκόνης που αποτελεί τους σπειροειδείς

βραχίονες παράγει μια μακρά σερπατίνα των άστρων που είναι γνωστή ως παλιρροϊκή ουρά. Παραδείγματα αυτών των σχηματισμών μπορεί να δει στους NGC 4676 [39] ή τους Γαλαξίες Κεραίες.[40]

Ως παράδειγμα αυτής της αλληλεπίδρασης, ο Γαλαξίας μας και ο γειτονικός γαλαξίας της Ανδρομέδας κινούνται ο ένας προς τον άλλο, με περίπου 130 km / s, και -ανάλογα με τις πλευρικές κινήσεις- οι δύο ενδέχεται να συγκρουστούν σε περίπου πέντε έως έξι δισεκατομμύρια χρόνια. Παρά το γεγονός ότι ο Γαλαξίας ποτέ δεν συγκρούστηκε με ένα γαλαξία τόσο μεγάλο όσο Ανδρομέδα πριν, τα αποδεικτικά στοιχεία για παλαιότερες συγκρούσεις του Γαλαξία μας με τους μικρότερους γαλαξίες νάνους αυξάνονται.

Τέτοιες μεγάλης κλίμακας αλληλεπιδράσεις είναι σπάνιες. Όσο περνάει ο καιρός, οι συγχωνεύσεις των δύο συστημάτων ίσου μεγέθους γίνονται λιγότερο κοινές. Οι περισσότεροι φωτεινοί γαλαξίες έχουν παραμείνει ουσιαστικά αμετάβλητοι για τα τελευταία δισεκατομμύρια χρόνια, και το καθαρό ποσοστό του σχηματισμού αστεριών πιθανώς κορυφώθηκε επίσης περίπου δέκα δισεκατομμύρια χρόνια πριν.

Βιβλιογραφία

1. ιντερνετ (βικιπαίδεια)
2. εγκυκλοπαίδεια
3. astronomia.gr