

ΓΙΑΝΝΗ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ  
ΚΟΣΜΟΣ

ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΟΜΟΣ Β'

Ήλιος-Αστέρες-ο Γαλαξίας μας-Γαλαξίες-  
Κοσμολογία.

Στην ολοκλήρωση του έργου μου, ο δεύτερος τόμος του 'Κόσμου' θα σας ξεναγήσει στο περιβάλλον των αστερών αρχής γενομένης από τον ζωοδότη ήλιο μας, τα μυστικά του οποίου περιλαμβάνονται στο πρώτο κεφάλαιο. Στη συνέχεια σειρά έχει η ανυπέροβλη σε ομορφιά νυκτερινή όψη του έναστρου ουρανού με τους αμέτρητους αστέρες-ηλίους που τον κοσμούν. Από την μυθολογία των αστερισμών μέχρι την επιστημονική των κατάρτιση, οι σελίδες του βιβλίου παρουσιάζουν σιγά-σιγά τα μυστικά που κρύβει η έναστρη γοητεία. Αστέρες πολλαπλοί, αστέρες μεταβλητοί, ερυθροί γίγαντες, υπεργίγαντες και νάνοι όπως και ραδιοαστέρες και μαύρες τρύπες παρελαύνουν στις επόμενες σελίδες.

Αλλά και αυτή η νεφελώδης ζώνη του γαλαξία μας με τις συστροφές, τα νεφελώματα και τα σφαιρωτά σμήνη, μάς αποκαλύπτει τα μυστικά της στην οποία ανήκουμε εμείς και όλα τα νυκτερινά αστρικά φώτα. Πολύ πιο μακριά, σε δυσκολονόητες αποστάσεις οι άλλοι γαλαξίες μας δίνουν τα γνωστικά τους μηνύματα, εικόνες από το πολύ μακρινό παρελθόν αρμενίζοντας στο μαύρο χάος του σύμπαντος, ενός σύμπαντος που διαστέλλεται κάτω από την χρονική διάσταση. Σαν επίλογο, παρουσιάζω μια κοσμολογική θεώρηση του σύμπαντος υπό το βλέμμα συγχρόνων θεωριών από όπου τελικά διαισθανόμαστε το μεγαλείο της Δημιουργίας αλλά και το απελπιστικά ασήμαντο μέγεθος του πλανήτη μας !

---

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εγκυκλοπαίδεια "Ηλίου" και επιστημονικές επιθεωρήσεις "Ηλίου", 1948
- Άρι. Έυδόϋές "Άόόϋñάό", 1980
- John Cox & Richard Monkhouse Colour star Atlas 2000, 1993
- Όάϋ÷ç δāñέϊāέέβί Astronomy έάέ Sky & Telescope άόβί 1983 Ύùò 1999
- Dictionary of Astronomy by Jackeline Milton 1991-1993
- Īέ άόòñīīīέέεϊβ δβίάέάò άβίάέ άδϋ òĭ Sky Publishing corporation by J.Kelly-A.Chaikin 1990.

Οι φωτογραφίες έχουν υποστεί επεξεργασία βάσει του προγράμματος COREL 7.

## Ο ΗΛΙΟΣ

### 1

**Γενικά.** Ο Ήλιος είναι ένας από τα δισεκατομμύρια αστέρων από τους οποίους αποτελείται ο γαλαξίας μας, ένα μέρος του οποίου διακρίνεται στον ουράνιο θόλο τις καθαρές και ασέληνες νύκτες. Η απόστασή του από τον πλανήτη μας είναι εξαιρετικά μικρή σε σχέση με τις αποστάσεις των άλλων αστέρων οι οποίες είναι εκατομμύρια ή και δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερες. Για να έχουμε μια ιδέα αυτών των αποστάσεων αναφέρουμε ότι το φώς με την μεγάλη του ταχύτητα στο διάστημα (300.000 χιλ/δευτερόλεπτο), χρειάζεται μόλις 8' λεπτά της ώρας για να διανύσει την απόσταση των 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων που μάς χωρίζει από αυτόν τον κίτρινο αστέρα που γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο παρουσιάζει έναν εκτυφλωτικό και πολύ επικίνδυνο στα απροστάτευτα μάτια μας δίσκο με φαινόμενη διάμετρο περίπου μισής μοίρας. Οι αποστάσεις των γειτονικών αστέρων ως προς τον ήλιο μας είναι πολύ μεγάλες αφού το φώς για να διατρέξει την απόσταση από τον πλησιέστερο αστέρα στο ηλιακό μας σύστημα, τον Εγγύτατο (proxima) του α του αστερισμού του Κενταύρου χρειάζεται 4 έτη και 3 μήνες δρόμο ή από τον Σείριο, τον λαμπρότερο αστέρα του ουρανού 8 έτη. Βέβαια αυτές οι αποστάσεις δεν αντιπροσωπεύουν σχεδόν τίποτα αν συγκριθούν με αυτές των αστέρων οι οποίοι ευρίσκονται έξω από την γαλαξιακή μας γειτονιά αφού ανέρχονται σε εκατοντάδες χιλιάδων ετών φωτός. Ο ήλιος μας ευρίσκεται κοντά στο γαλαξιακό επίπεδο και σε έναν βραχίονα του γαλαξία σε απόσταση 28.000 ετών φωτός από το κέντρο του. Με την επιστημονική μελέτη του άστρου της ημέρας είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε τον μηχανισμό με τον οποίο λειτουργούν όλα τα αμέτρητα φωτεινά στίγματα που διακοσμούν τον νυκτερινό ουρανό όπως και το παρελθόν ή το μέλλον τους. Ο μηχανισμός με τον οποίο λάμπει και ακτινοβολεί ο ήλιος παρόμοιος με αυτόν της υδρογονοβόμβας όπου μέσα στο τεράστιο αυτό υπέρθερμο χωνευτήριο τα άτομα του υδρογόνου με πυρηνική σύντηξη μεταστοιχειώνεται σε ήλιο και ενέργεια. Αλλά μην φαντασθείτε ότι αυτή η διάπυρη σφαίρα η οποία μας θερμαίνει αφόρητα τους καλοκαιρινούς μήνες είναι κάτι το πολύ σημαντικό αν συγκριθεί με άλλους αστέρες. Εάν μεταφέραμε την γή σε μία απόσταση 33 ετών φωτός περίπου μακριά του, τότε ο ζωοδότης ήλιος μας μόλις θα διακρινόταν στα μάτια μας μεταξύ των άλλων λαμπρών αστέρων οι οποίοι απέχουν μέχρις αποστάσεων χιλιάδων ετών φωτός !

Το τι μπορεί να σημαίνει για την ύπαρξη της γής ο κοντινός ήλιος είναι ευκολονόητο, αφού χωρίς αυτόν δεν θα υφίστατο ούτε ο πλανήτης μας ούτε αυτό το πλανητικό σύστημα. Εξ' άλλου ο ήλιος είναι ο μοναδικός ρυθμιστής της ζωής και του ενεργειακού ισοζυγίου της γής με όλες του τις βιολογικές διεργασίες.

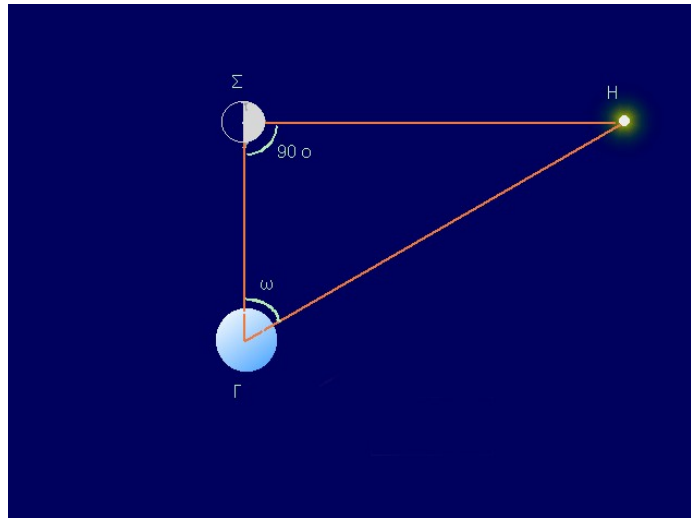
**Οι αντιλήψεις των αρχαίων για τον ήλιο.** Από αυτή του την σπουδαιότητα ο ήλιος παντού και πάντοτε λατρεύθηκε σαν θεός και υπολείμματα μέχρι σήμερα αυτής της λατρείας είναι οι εορτές και τελετές των ισημερινών και των ηλιοστασίων από τους βόρειους λαούς οι οποίοι στερούνται από την αφθονία και την θερμότητα την οποία προσφέρει στις νοτιώτερες χώρες. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι κατά την διάρκεια της χειμερινής τροπής του ηλίου στον ουρανό προς επάνω, εόρταζαν τα Saturnalia. Επίσης το έθιμο στη χώρα μας να ανάβουν φωτιές την ημέρα του γενεσίου του Προδρόμου στις 24 Ιουνίου έχει σχέση με την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου όπου τότε ο ήλιος σταματά το φαινομενικό σκαρφάλωμά του στον ουρανό.

Οι αρχαίοι Βαβυλώνιοι και Αιγύπτιοι που νόμιζαν ότι η γή είναι επίπεδη, εξηγούσαν το αίνιγμα της εμφανίσεως του ηλίου στην ανατολή κάθε πρωί παραδεχόμενοι ότι πρόκειται για έναν νέο ήλιο επειδή κατά την προηγούμενη δύση του εβυθίζετο στα νερά του ωκεανού. Μάλιστα οι Ίβηρες έλεγαν ότι ακούουν τον συριγμό του στα νερά του Ατλαντικού. Κατά την μυθολογία των Ελλήνων ο Ήλιος, υιός του Υπερίωνος και της Θείας, απόκτησε από την Κλεομένη η οποία ήταν κόρη του Ωκεανού τον Φαέθοντα ο οποίος έπεισε τον πατέρα του να του παραχωρήσει για μια ημέρα το άρμα του που το έσυραν τέσσερα λευκά άλογα. Όμως τα χέρια του δεν ήταν αρκετά στιβαρά και το άρμα του ηλίου άλλοτε συρόταν προς τα ύψη και τότε η Μεγάλη και η Μικρή Άρκτος εκαίοντο από τις ακτίνες του και ο ουρανός φλεγόταν ενώ ψύχος κάλυπτε την γή. Άλλοτε πάλι το άρμα κατέβαινε χαμηλά και ξεραίνοντο οι ποταμοί, οι ωκεανοί έβραζαν και τα βουνά έβγαζαν καπνούς. Ο Ζεύς για να σώσει τους ανθρώπους τότε, κατακεράυνωσε τον Φαέθοντα, το δε πτώμα του έπεσε στον Ηριδανό ποταμό.

Όταν αργότερα ο Αναξαγόρας δάσκαλος του Πλάτωνος edίδασκε ότι ο Ήλιος είναι διάπυρος λίθος και η σελήνη από χώμα και πέτρες όπως και η γή, η οργή των Αθηναίων ήταν μεγάλη κατά του Ίωνος σοφού ο οποίος τολμούσε να εκστομίζει τέτοιες βλασφημίες και φλυαρίες και τότε μόνον ο Πλάτων κατόρθωσε να του σώσει την ζωή. Το ίδιο περιστατικό συνέβη και μετά από 2000 χρόνια όταν ο Γαλιλαίος το 1611 μ.Χ με το πρώτο του τηλεσκόπιο προσπάθησε να "λερώσει" τον ήλιο με τις κηλίδες που διέκρινε στην άσπλη και αμόλυντη επιφάνειά του. Όμως αν παραμερίσουμε αυτές τις φανταστικές δοξασίες, θα εκπλαγούμε από το πώς 400 έτη πρό Χριστού η Ελληνική επιστήμη, αφού εννόησε την φύση του ηλίου, προσπάθησε με διάφορες μαθηματικές μεθόδους να καθορίσει την βασική απόσταση γής-ηλίου άσχετα αν έβγαζε λανθασμένα εξαγόμενα.

**Απόσταση του ηλίου από την γή.** Η παρατηρούμενη διαφορά στις φαινόμενες κινήσεις της σελήνης, του ηλίου και των πλανητών από τα παλιά χρόνια υπέβαλε την ιδέα ότι μερικά ουράνια σώματα είναι πίο κοντά από τα άλλα. Για πρώτη φορά ο Αναξαγόρας το 434 π.Χ με έναν λογικό συλλογισμό υπολόγισε ότι ο ήλιος ευρίσκεται σε απόσταση 6000 χιλιομέτρων Θεωρώντας την γή επίπεδη και όχι σφαιρική ο ήλιος μεσουρανεί για τον παρατηρητή εκείνον ο οποίος μετατοπίζεται βόρεια 1 μοίρα πίο χαμηλά στον ουρανό κάθε 111 χιλίόμετρα. Κατά τον Αναξαγόρα αυτό οφείλεται στην πεπερασμένη απόσταση του ηλίου και με σχέση την φαινομένη του διάμετρο υπολόγισε ότι ο ήλιος έχει το μέγεθος της Πελοποννήσου. Το αποτέλεσμα λάθος, όμως ο συλλογισμός πολύ σωστός και για πρώτη φορά κατανοείτο η απόσταση του ηλίου στον χώρο. Τον 3ον αιώνα π.Χ ο Αρίσταρχος ο Σάμιος με μία μεγαλοφυή όσο και απλή τριγωνομετρική μέθοδο υπολόγισε ότι ο ήλιος είναι πολλές φορές μεγαλύτερος από τη γή.

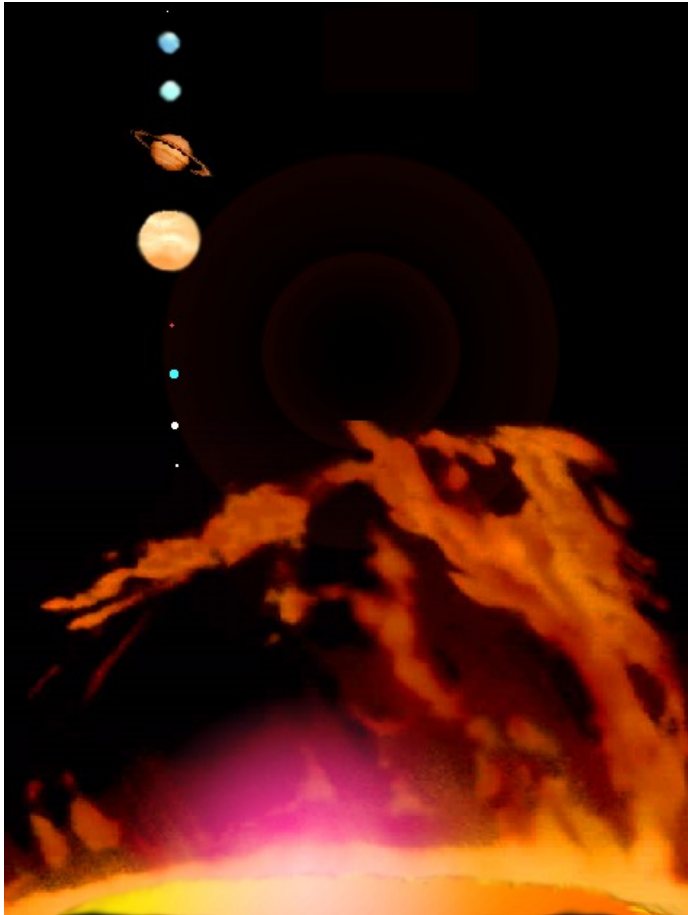
Όπως παρατηρούμε στο σχήμα όταν η σελήνη ευρίσκεται στην φάση του α' ή του τελευταίου τετάρτου, η γωνία ΓΣΗ πρέπει να είναι ορθή επειδή κατά τον Αριστάρχο η ορίζουσα του σεληνιακού δίσκου είναι ευθεία γραμμή που τον διχοτομεί. Εξ' άλλου η γωνία ΣΓΗ εάν ο ήλιος ευρίσκετο σε άπειρη απόσταση θα έπρεπε και αυτή να είναι ορθή. Συνεπώς όσο πιο κοντά ευρίσκεται ο ήλιος, τόσο θα αυξάνει το μέγεθος της γωνίας ΣΓΗ, η οποία επί του προκειμένου εκφράζει την απόσταση γής-ηλίου. Η εκτίμηση του Αριστάρχου ήταν ότι λείπουν 3 μοίρες για να είναι η γωνία ορθή αντί του σωστού που είναι 9' λεπτά της μοίρας.



Ως εκ τούτου κατά τον Αριστάρχο ο ήλιος απέχει 19 φορές πιο μακριά από τη σελήνη αντί του σωστού 380 φορές (συνεφαπτομένη των 9'). Αυτό το σημαντικό λάθος οφείλεται στον απλούστατο όσο και δικαιολογημένο λόγο ότι η ορίζουσα της σελήνης λόγω των ανωμαλιών του εδάφους της δεν είναι ευθεία γραμμή. (ορίζουσα στη σεληνογραφία είναι η γραμμή που φαίνεται ότι χωρίζει το φωτεινό από το σκοτεινό ημισφαίριο της σελήνης). Έπειτα, αφού συνέκρινε την καμπυλότητα της σκιάς της γής κατά τις σεληνιακές εκλείψεις η οποία προβάλλεται στην σεληνιακή επιφάνεια με αυτή του χείλους της Σελήνης, βρήκε ότι η διάμετρος της σελήνης είναι τα 3/8 της γής αντί του σωστού 3/11. Άρα έβγαλε το συμπέρασμα ότι η διάμετρος του ηλίου είναι 7 φορές πιο μεγάλη της γής εάν ελάμβανε υπ' όψη ότι η φαινομένη διάμετρος του ηλίου είναι ίση με την φαινομένη διάμετρο της σελήνης. Και επειδή λογικά σκεπτόμενος διαπίστωσε ότι θα ήταν παράλογο ο μεγαλύτερος από τη γή ήλιος να περιστρέφεται γύρω από τον ακίνητο πλανήτη μας, εισηγήθηκε την ιδέα του Ηλιοκεντρικού συστήματος.

Έναν αιώνα αργότερα, ο Ίππαρχος αφού βελτίωσε την μέθοδο του Αριστάρχου, βρήκε την απόσταση γής-σελήνης ίση με 59 γήινες ακτίνες, τιμή πολύ κοντά στη σωστή, αλλά όσον αφορά τον ήλιο παραδέχθηκε τον αριθμό του Αριστάρχου δηλ. 1200 γήινες ακτίνες, αριθμός που αποδέχθηκε και ο Πτολεμαίος και ο οποίος παρέμεινε αναλλοίωτος για 1200 έτη.

**Γεωκεντρική παράλλαξη του ηλίου.** Παράλλαξη (π) στην αστρονομία ονομάζεται η γωνία από την οποία φαίνεται από ένα άλλο ουράνιο σώμα η ακτίνα της γής, και με αυτήν βάσει τριγωνομετρικής μεθόδου εξάγεται τελικά η απόσταση του σώματος αυτού από τη γή. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα (σελ.4), διακρίνουμε την **γεωκεντρική** και την **ηλιακή** παράλλαξη. Από την τριγωνομετρία είναι γνωστό ότι σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο εάν είναι γνωστή η μια κάθετη πλευρά και η απέναντι αυτής γωνία, τότε υπολογίζεται το μήκος της άλλης καθέτου πλευράς.



των αστέρων χρησιμοποιείται  
 γίας  $\pi$ - γνωστής ούσης και  
 η οποία παριστάνει την  
 άλλης πλευράς η οποία



φαινούν κοντά του αστέρες  
 τυγχώς όμως οι πλανήτες  
 γή όπως και οι προσεγγίσεις  
 να διέλθει σε απόσταση 26

εκατ. χιλ. από τη γη. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο Έρωτας δεν παρουσιάζει δίσκο, αποτελεί ένα ιδανικό φυσικό σημείο για την εύρεση της αποστάσεως γής-ηλίου.

Η μέση παράλλαξη του ηλίου ανέρχεται σε  $8",79$  που μεταφράζεται σε μέση απόσταση 149.675.000 χιλιομέτρων.

**Διαστάσεις, μάζα και πυκνότης του ηλίου.** Η μέση φαινομένη διάμετρος του ηλιακού δίσκου ανέρχεται σε  $31',59",3$  ή σε  $1919",3$ . Στην απόσταση του ηλίου τόξο  $"$  έχει μήκος 725,65 χιλιομέτρων το οποίο εάν το πολλαπλασιάσουμε με την φαινομένη του διάμετρο ( $1919",3$ ) μάς δίνει την πραγματική του διάμετρο η οποία ισούται με 1.393.000 χιλιόμετρα. Με έναν εμπειρικό τρόπο άς γνωρίζουμε ότι άν τοποθετήσουμε πρό του ηλίου έναν δίσκο με διάμετρο 1 εκατοστού, αυτός θα τον αποκρύψει όταν τον προβάλλουμε σε απόσταση 107,5 εκατοστών από τα μάτια μας. Κατά συνέπεια η διάμετρος του ηλίου είναι το  $1/107,5$  της αποστάσεως γής-ηλίου δηλαδή 109,3 φορές της διαμέτρου της γής, ο δε όγκος του είναι 1.306.000 φορές μεγαλύτερος του όγκου του πλανήτη μας. Η ιδέα του μεγέθους της ηλιακής σφαίρας σε σχέση με των πλανητών του ηλιακού συστήματος και της γής γίνεται κατανοητή από το σχήμα της επομένης σελίδας .

Εάν δεν υπήρχε η έλξη του ηλίου, η γή θα έφευγε στο διάστημα κατά την εφαπτομένη της τροχιάς με την ταχύτητα των 29,5 χιλ/δευτερόλεπτο, όμως η ηλιακή έλξη την αναγκάζει να παρεκκλίνει από αυτήν την εφαπτομένη και να πέφτει προς τον ήλιο κατά 3 χιλιοστά/δευτερόλεπτο. Η ποσότητα αυτή που αντιπροσωπεύει την έλξη του ηλίου είναι για την απόσταση της γής 1680 φορές μικρότερη

Ο ήλιος σε σύγκριση με τους πλανήτες.



ακτίνες, συνεπάγεται ότι η μάζα του είναι 23500 εις το τετράγωνο διαιρούμενη διά 1680, δηλαδή 333.000 φορές πίο μεγάλη από την μάζα της γής μας . Εξ' άλλου η πυκνότητα του ηλίου (μάζα/όγκος δια του κύβου της ακτίνος του)

ισοδυναμεί στο 1,4 αυτής του ύδατος. Εάν δε διαιρέσουμε την μάζα δια του τετραγώνου της ακτίνας του , ευρίσκουμε ότι η ένταση της βαρύτητας στην επιφάνειά του είναι περίπου 28 φορές πίο μεγάλη από αυτήν της γής.

Όμως ο ήλιος μας παρά το τεράστιο μέγεθός του δεν παύει να είναι ένας αστέρας μετρίων διαστάσεων συγκρινόμενος με τις διαστάσεις άλλων αστερών όπως δείχνουμε στο σχήμα. Όλοι οι αστέρες όπως θα εξετάσουμε πίο κάτω ταξινομούνται σε σχέση με τον φασματικό τύπο και το απόλυτο μέγεθός των σε αστέρες κανονικών διαστάσεων (νάνους) οι οποίοι έχουν διαμέτρους μεγαλύτερες ή μικρότερες από τον ήλιο κατά 1 έως 50 φορές , σε αστέρες με πολύ μικρές διαμέτρους που συγκρίνονται με μεγέθη πλανητών, και σε αστέρες τεραστίων διαστάσεων (υπογίγαντες, γίγαντες, υπεργίγαντες) με διαμέτρους από 30 έως και 700 φορές την διάμετρο του ηλίου μας ! Για παράδειγμα ο Αντάρης είναι κατά 740 φορές πίο μεγάλος, ο Αρκτούρος 26 φορές, η Αίγα 15 φορές κλπ. Τυπικά αναφέρουμε τον αστέρα β Πηγάσου του οποίου η διάμετρος είναι 109 φορές μεγαλύτερη της ηλιακής, ένα αναλογικό νούμερο με το οποίο εκφράζεται το μέγεθος της γήινης διαμέτρου σε σχέση με αυτό της διαμέτρου του ηλίου. (σχήμα).

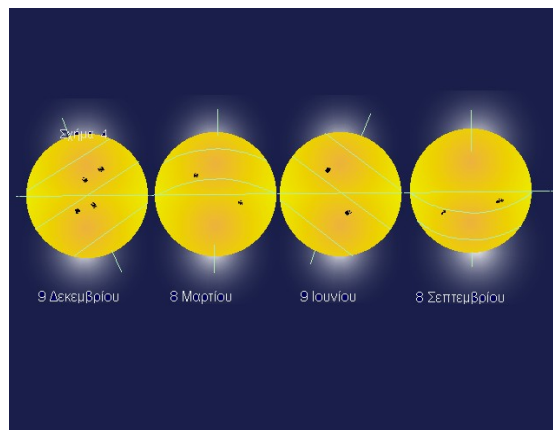
**Περιστροφή του ηλίου περί άξονα και κλίση αυτού.** Όπως οι πλανήτες, έτσι και ο ήλιος όπως και όλοι οι αστέρες περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του γεγονός που πιστοποιείται από την βαθμιαία μετατόπιση των κηλίδων στον ηλιακό δίσκο με την πάροδο των ημερών όπως και με το φαινόμενο Doppler (1). Ο χρόνος περιστροφής του ηλίου γύρω από τον άξονά του διαφέρει σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, φαινόμενο το οποίο οφείλεται στο ότι η ηλιακή σφαίρα δεν είναι συμπαγής αλλά αεριώδης όπως συμβαίνει και με τον Δία ή τον Κρόνο, είναι μικρότερος στον ισημερινό και μεγαλώνει στους πόλους. Ο επόμενος πίνακας μας δίδει μια εικόνα του διαφορικού χρόνου περιστροφής περί άξονα του ηλίου:

πλάτος σε μοίρες	περίοδος περιστροφής του ηλίου	
	δια των κηλίδων	δια του φάσματος
0	25,14 ημέρες	24,64 ημέρες
15	25,50	25,41
30	26,53	26,45
45		28,54
60		30,99
75		33,07
80		35,30

(1) Η μέθοδος Doppler στηρίζεται στο ότι από το λαμβανόμενο φάσμα του ηλίου σε δύο αντίθετες περιοχές του χείλους του ηλιακού δίσκου, παρατηρείται μετατόπιση των φασματικών γραμμών τόσο στην ιώδη όσο και στην ερυθρά περιοχή. Από αυτές τις μετατοπίσεις είναι δυνατόν να εξαχθούν ακριβώς οι χρόνοι περιστροφής του ηλίου. Η ιώδης μετατόπιση φανερώνει την συμπλησίαση της φωτεινής περιοχής προς τον παρατηρητή, ενώ η ερυθρά την απομάκρυνσή της.

Όπως διακρίνουμε στο σχήμα ο άξονας περιστροφής του ηλίου δεν είναι κάθετος στην εκλειπτική γεγονός που πιστοποιείται από την κλίση περιστροφής των ηλιακών κηλίδων.

Στις αρχές του Μαρτίου κάθε χρόνου ο βόρειος ηλιακός πόλος είναι μακρύτερα ενώ μετά από 6



μήνες, τον Σεπτέμβριο κλίνει προς τον παρατηρητή . Τους μήνες Ιούλιο και Δεκέμβριο το επίπεδο της τροχιάς της γής συμπίπτει με τον ήλιο και οι κηλίδες φαίνεται ότι μετατοπίζονται ευθύγραμμα. Βάσει αυτών των παρατηρήσεων συμπεραίνουμε ότι η κλίση του άξονος περιστροφής του ηλίου έχει κλίση  $7 \frac{1}{4}$  ο ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

**Η λαμπρότητα του ηλίου.** Ο ήλιος είναι το φωτεινότερο ουράνιο σώμα. Πολύ πριν την ανατολή ή μετά από τη δύση του οι αστέρες σταματούν να φαίνονται, ενώ μόνον η σελήνη και ωρισμένες εποχές η Αφροδίτη διακρίνονται την ημέρα. Όμως ο λαμπρότατός μας ήλιος εάν μετατοπιζόταν μακριά από το πλανητικό σύστημα και από τη γή αυτόματα θα έχανε την σπουδαιότητά του , λ.χ εάν τον τοποθετούσαμε στην απόσταση του κοντινότερου αστέρος, του α του Κενταύρου σε απόσταση 4 ετών και 3 μηνών φωτός θα ήταν ο τρίτος κατά σειρά λαμπρότερος αστέρας του ουρανού, ενώ στην απόσταση των 50 ετών φωτός θα ήταν αόρατος με γυμνό οφθαλμό , όταν οι λαμπροί αστέρες του στερεώματος ευρίσκονται σε εκατονταπλάσιες αποστάσεις !

Το **φαινόμενο αστρικό μέγεθος m (\*)** του ηλίου είναι - 26,7 πράγμα που σημαίνει ότι είναι κατά 120 δισεκατομμύρια φορές πιο λαμπρός από έναν αστέρα 1ου μεγέθους. Όμως το **απόλυτο μέγεθος M (\*\*)** του ηλίου είναι μικρό ίσο με + 4,85 , πράγμα που σημαίνει ότι αν μετατίθετο ο ήλιος σε απόσταση 50 ετών φωτός, δεν θα φαινόταν στον γυμνό οφθαλμό. Με μια στατιστική ο ήλιος είναι κατά 10.000 φορές λαμπρότερος του μέσου όρου

(\*) Πρώτος ο αρχαίος Έλληνας αστρονόμος Ίππαρχος (120 π.Χ) ταξινομήσε τους αστέρες ανάλογα με την λαμπρότητα που παρουσιάζουν σε μεγέθη 1ου, 2, 3, 4, 5 και 6ου. Αργότερα ο Pogson (1856) διαπίστωσε μια μαθηματική σχέση κατά την οποία ένας αστέρας 1ου μεγέθους είναι κατά 2,512 φορές αμυδρότερος από έναν άλλο αστέρα του αμέσως αριθμητικά κατωτέρου σε ακέραιο αριθμό μεγέθους. Έτσι ένας αστέρας 5ου μεγέθους, που μόλις φαίνεται στον γυμνό οφθαλμό μια καθαρή νύκτα, είναι κατά 100 περίπου φορές αμυδρότερος ενός αστέρος 1ου μεγέθους. Οι λαμπρότεροι από το 1ο μέγεθος αστέρες κατατάσσονται σε μηδενικά και αρνητικά μεγέθη με αρνητικό πρόσημο (-) όπως για παράδειγμα ο Σείριος (-1,4), η Αφροδίτη (-4,4) και η Σελήνη (-12,6). Το φαινόμενο μέγεθος (m) εξαρτάται ευθέως από την απόσταση του ουρανίου σώματος από τη γή και κατά δεύτερο λόγο από τις πραγματικές του διαστάσεις, διαχωρίζεται δε σε οπτικό και φωτογραφικό μέγεθος.

(\*\*) Το απόλυτο μέγεθος (M) ενός αστέρος εκφράζει τις πραγματικές του διαστάσεις. Για να εκτιμήσουμε το απόλυτο μέγεθος των αστέρων υποθέτουμε ότι τους τοποθετούμε στην σταθερή απόσταση των 32,6 ετών φωτός από τη γή και κατ' αυτόν τον τρόπο ο ήλιος μας θα διακρινόταν αμυδρός. Το απόλυτο μέγεθος ενός αστέρος εξαρτάται από το φαινόμενο του μέγεθος και από τον λογάριθμο της αποστάσεώς του (r) ή από τη σχέση:  $M = m + 5 - 5 \log r$ . όλων των γειτονικών αστέρων και 30 φορές αμυδρότερος του μέσου όρου των ορατών με γυμνό οφθαλμό αστέρων που σημαίνει ότι είναι κάπως λαμπρότερος από τον μέσο όρο του συνόλου των αστέρων.

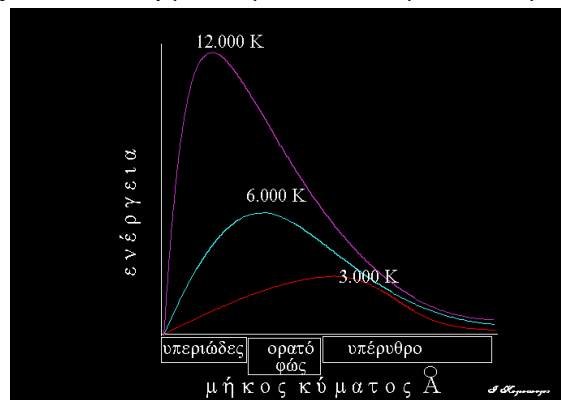
**Ένταση της ακτινοβολίας-ηλιακή σταθερά.** Όμως το φώς στή φύση δέν είναι μία αντικειμενική οντότητα, αλλά ένα αίσθημα που παράγεται όταν ακτίνες μιάς ωρισμένης περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ερεθίσουν τις κόρες τών οφθαλμών μας. Είναι γνωστό ότι όλες οι ακτινοβολίες παράγουν θερμότητα η οποία αν μετρηθεί είναι δυνατόν να υπολογισθεί το ποσόν της ενέργειας του φωτός που δεχόμεθα από τον ήλιο. Η ποσότητα αυτή η οποία λαμβάνεται σε ένα λεπτό στην μέση απόσταση γής-ηλίου σε μία επιφάνεια κάθετη προς τις ηλιακές ακτίνες έξω από την ατμόσφαιρα της γής και με υποθετικό εμβαδό 1 τετραγωνικού εκατοστού λέγεται **ηλιακή σταθερά**. Η ηλιακή σταθερά ισοδυναμεί με 1,938 θερμίδες κατά λεπτό και κατά τετραγωνικό εκατοστό ή κατά 1,35 kw ανά λεπτό και τετραγωνικό μέτρο της

επιφανείας της γής κάθετης στις ηλιακές ακτίνες. Αν αγνοήσουμε το ποσοστό εκείνο που διαφεύγει, τότε ανά τετρ.χιλιόμετρο η ηλιακή ενέργεια ανέρχεται σε 187.000 kw ή 250.000 ίππους ανά λεπτό.

Το ποσοστό της ηλιακής σταθεράς δεν παραμένει το ίδιο, αλλά υφίσταται μεταβολές που έχουν άμεση σχέση με τον 11ετή κύκλο των ηλιακών κηλίδων. Σε εποχές που ο ηλιακός δίσκος καλύπτεται σε μεγάλο μέρος από κηλίδες, η ηλιακή σταθερά υφίσταται διακυμάνσεις της τάξεως του 1% και κάποιες στό παρελθόν μεταβολές της ίσως να άλλαζαν το κλίμα της γής. Πάντως η ηλιακή σταθερά δεν υπέστη καμμία ουσιαστική μόνιμη μεταβολή κατά την πάροδο των αιώνων.

Εφ' όσον γνωρίζουμε το ποσόν της ηλιακής σταθεράς στην απόσταση της γής, είναι εύκολο να υπολογισθεί το ποσοστό της στην επιφάνεια του ηλίου η οποία είναι κατά 46.380 φορές μεγαλύτερη της γής ή 90.000 θερμίδες ανά δευτερο λεπτό και τετρ. εκατοστό.

**Ορισμός του μελανού σώματος.** Εάν θερμάνουμε ένα σώμα από μία θερμοκρασία και πάνω, τότε όπως πυρώνεται θά αρχίσει να εκπέμπει στην αρχή κόκκινο φώς στη συνέχεια πορτοκαλί, κίτρινο, λευκό και τέλος μπλέ εφ' όσον η θερμοκρασία συνεχίζει να ανεβαίνει. Όσο το σώμα είναι μαύρο και ψυχρό, τόσο μεγαλύτερη παροχή θερμότητας και ενέργειας χρειάζεται. Το απολύτως μαύρο σώμα θα έχει την μεγαλύτερη ικανότητα εκπομπής και απορροφήσεως ενεργείας και θα συμπεριφέρεται



Το εμβάδο που περιλαμβάνει κάθε καμπύλη αντιπροσωπεύει το ποσό της ακτινοβολούμενης ενέργειας στις διάφορες απόλυτες θερμοκρασίες του μελανού σώματος. Η μεσαία καμπύλη είναι αυτή του ηλίου.

πρός μελέτη πίο απλά από τα άλλα σώματα. Απολύτως μελανό σώμα στην φύση δέν υπάρχει και ως εκ τούτου δημιουργούνται εργαστηριακά πρότυπα με τα οποία ο Planck βρήκε την κατάλληλη μαθηματική σχέση βάσει της οποίας το ποσόν της ακτινοβολούμενης ενεργείας στις διάφορες απόλυτες θερμοκρασίες μελανού σώματος είναι ανάλογο της τετάρτης δυνάμεως της θερμοκρασίας. (νόμος του Stephan). Γιά τόν ήλιο εφ' όσον γνωρίζουμε ότι ακτινοβολεί ενέργεια ανά cm<sup>2</sup> και ανά δευτερόλεπτο ίση με 90.000 θερμίδες ο νόμος του Planck μάς δίνει επιφανειακή θερμοκρασία 6000 βαθμούς Kelvin, Να αναφέρουμε εδώ ότι η κλίμακα μετρήσεως θερμοκρασιών Kelvin έχει σαν σημείο αφετηρίας το **απόλυτο μηδέν** το οποίο είναι το μέγιστο οριακό σημείο θερμοκρασίας πού είναι δυνατόν να ψυχθεί ένα σώμα. Στην κλίμακα Κελσίου ισοδυναμεί το απόλυτο μηδέν με -273,16 βαθμούς .

### Ηλιακό φάσμα.

1) *Γενικά.* Ο πρώτος πού απέδειξε ότι το ηλιακό φώς αναλύεται σε 7 βασικά χρώματα είναι ο Άγγλος φυσικός ser Isaak Newton τον 17ον αιώνα. Με την παρεμβολή σε μία δέσμη ακτίνων ηλιακού φωτός ενός υαλίνου πρίσματος το φώς εκτρέπεται σε ακτινοβολίες διαφορετικών μηκών κύματος σχηματίζοντας το **ορατό φάσμα** που αποτελείται από τα λεγόμενα χρώματα της ίριδος δηλ. το κόκκινο, το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο, το μπλέ, το βιολετί και το ιώδες. Δύο αιώνες μετά το έτος 1802 ο Wallaston πήρε φάσμα ηλιακού φωτός που προερχόταν από μία στενή οπή με αποτέλεσμα να διαπιστώσει ότι

αυτό δέν είναι συνεχές, αλλά παρενεβάλλοντο διάφορες σκοτεινές γραμμές 7 τον αριθμό χωρίς όμως να εννοήσει τι πραγματικά είναι αυτές οι γραμμές.

Το έτος 1814 ο Γερμανός φυσικός Fraunhofer (1787-1826) είχε την ιδέα να προσθέσει μεταξύ της λεπτής οπής και τού πρίσματος ένα απλό τηλεσκόπιο. Αυτή η διάταξη αποτέλεσε και το πρώτο **φασματοσκόπιο** αυτό το τόσο σημαντικό όργανο αμέσως μετά το τηλεσκόπιο το οποίο άνοιξε νέους μεγάλους δρόμους στην κατανόηση της φυσικής καταστάσεως τού ηλίου και τών αστέρων γενικώτερα. Όπως ήταν φυσικό η μεγέθυνση επιτρέπει την χρήση πολύ στενότερης σχισμής εισόδου των ηλιακών ακτίνων με αποτέλεσμα ο Fraunhofer να διακρίνει έναν μεγάλο αριθμό σκοτεινών γραμμών, γύρω στις 574 από τις οποίες ονόμασε τις 8 κυριότερες με τα 8 πρώτα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου από δεξιά προς τα αριστερά τού ηλιακού φάσματος χωρίς όμως και αυτός να κατανοήσει τελείως την σημασία τους. Η εξήγηση των σκοτεινών γραμμών δόθηκε το 1859 από τον G. Kirchhoff που όπως θα δούμε πιο κάτω μαρτυρούν την παρουσία ορισμένων χημικών στοιχείων τόσο στον ήλιο όσο και στους αστέρες.

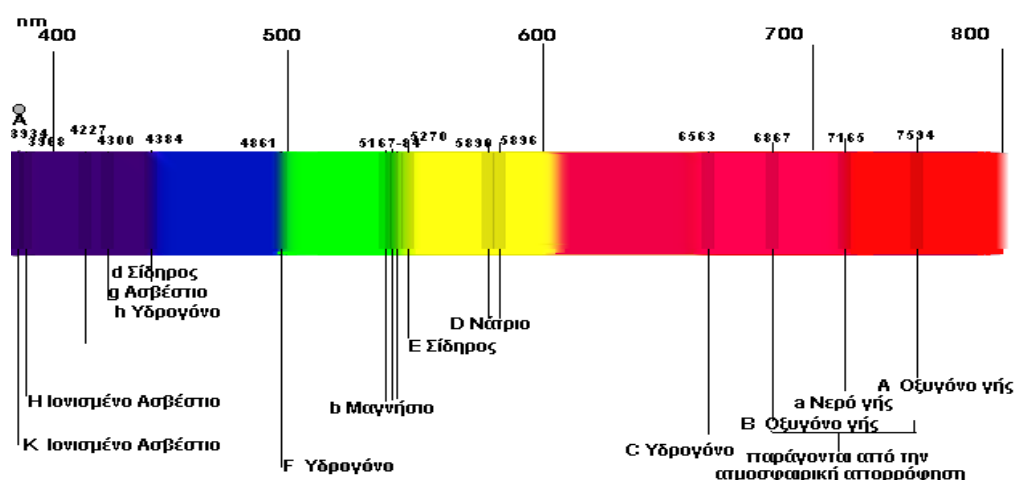
II) *Συνθήκες σχηματισμού του ηλιακού φάσματος και τών φασμάτων τών αστέρων.* Είναι γνωστό ότι όλα τα υλικά σώματα στην φύση είτε σε στερεά είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή αποτελούνται από ελάχιστα τμήματα ύλης που λέγονται **άτομα**. Ένα άτομο αποτελείται από το κεντρικό μέρος, τον πυρήνα που έχει τυπική διάμετρο 0,1 νανόμετρα (nm) ο οποίος συγκεντρώνει την συνολική μάζα τού ατόμου και από ένα σμήνος ηλεκτρονίων τα οποία περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια ευρίσκονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από τον πυρήνα του ατόμου σαν να είναι αυτό κενό στον χώρο ο δέ αριθμός των εξαρτάται από την θετική φόρτιση τού πυρήνα (ατομικός αριθμός). Κάθε στοιχείο έχει διαφορετικό ατομικό αριθμό αρχίζοντας από το 1 για το υδρογόνο το 2 για το ήλιο κ.ό.κ.

Γιά να εκπέμψει ένα άτομο ακτινοβολία πρέπει προηγουμένως να διεγερθεί. Με τον όρο **διέγερση** εννοούμε την κατάσταση εκείνη κατά την οποία ένα ηλεκτρόνιο του ατόμου κάτω από πολύ υψηλή θερμοκρασία (ιονισμός) αλλάζει επίπεδο τροχιάς μεταφερόμενο σε ανώτερη στάθμη γύρω από τον πυρήνα συνήθως κατόπιν συγκρούσεως με αυτόν. Αυτό έχει αποτέλεσμα την έκλυση ακτινοβολίας του συγκεκριμένου χημικού στοιχείου το οποίο διεγείρεται. Οι κύριοι τύποι τών φασμάτων ακτινοβολίας τα οποία λαμβάνουμε στα εργαστήρια κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

α) Τα διάπυρα στερεά, υγρά ή αέρια κάτω από υψηλή πίεση παράγουν **συνεχές φάσμα** το οποίο αποτελείται από φωτεινές γραμμές.

β) Όταν σε μία φωτεινή πηγή η οποία παράγει συνεχές φάσμα παρεμβληθούν αέρια σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση, τότε το φάσμα που παράγεται αποτελείται από διάφορες σκοτεινές γραμμές ή ταινίες και λέγεται **φάσμα απορροφήσεως**.

Από την μελέτη του ηλιακού φάσματος και των φασμάτων των αστερών γενικότερα συμπεραίνουμε ότι αυτά είναι συνεχή φάσματα στα οποία παρεμβάλλονται διάφορες ταινίες απορροφήσεως οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα διάφορα χημικά στοιχεία που ευρίσκονται υπό μορφή αερίων στην ατμόσφαιρα τόσο του ηλίου, όσο και των αστερών. Αυτές οι φασματικές γραμμές είναι ακριβώς παρόμοιες με αυτές των χημικών στοιχείων τα οποία υπάρχουν στην γή και η αναγνώρισή των στον ήλιο και τους αστέρες γίνεται με παραλληλισμό με αυτές που λαμβάνονται στα εργαστήρια. Στο σχήμα εικονίζονται οι κυριώτερες γραμμές Fraunhofer από το ηλιακό



φάσμα οι οποίες είναι :

Γράμματα	μήκος κύματος(nm)	Χημικό στοιχείο
A	759,37	Ατμοσφαιρικό O 2
B	686,72	"
C	656,28	Υδρογόνο α (Hα)
D1	589,59	Νάτριο (Na)
D2	589,00	"
D3	587,56	Ήλιο (He)
E	526,96	Σίδηρος (Fe)
F	486,13	Υδρογόνο β (Hβ)
G	431,42	CH
H	396,85	Ιονισμένο ασβέστιο (CaII)
K	393,37	"

Όσο η πίεση του φωτεινού αερίου αυξάνει, τόσο οι φασματικές του γραμμές διευρύνονται και όταν ευρεθούν αυτές κοντά η μία με την άλλη, αυτές αλληλοκαλύπτονται με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται ένα συνεχές φάσμα και αντίθετα όταν το αέριο είναι πολύ αραιό οι γραμμές λεπταίνουν. Η σπουδαιότερη γραμμή απορροφήσεως στο ηλιακό φάσμα είναι η γραμμή υδρογόνου α (Hα) με μήκος κύματος 656,28 nm η οποία έχει κοκκινωπό χρώμα. Δημιουργείται από την μεταπήδηση των ηλεκτρονίων από την δεύτερη και τρίτη στάθμη ενεργείας του ατόμου (σειρές Balmer).

**Φασματική ταξινόμηση του ηλίου.** Ο ήλιος μας όπως και όλοι οι αστέρες ανάλογα με τα φάσματά των ταξινομούνται σε 7 βασικές κατηγορίες σε σχέση με το είδος των στοιχείων των φασματικών γραμμών, την επιφανειακή

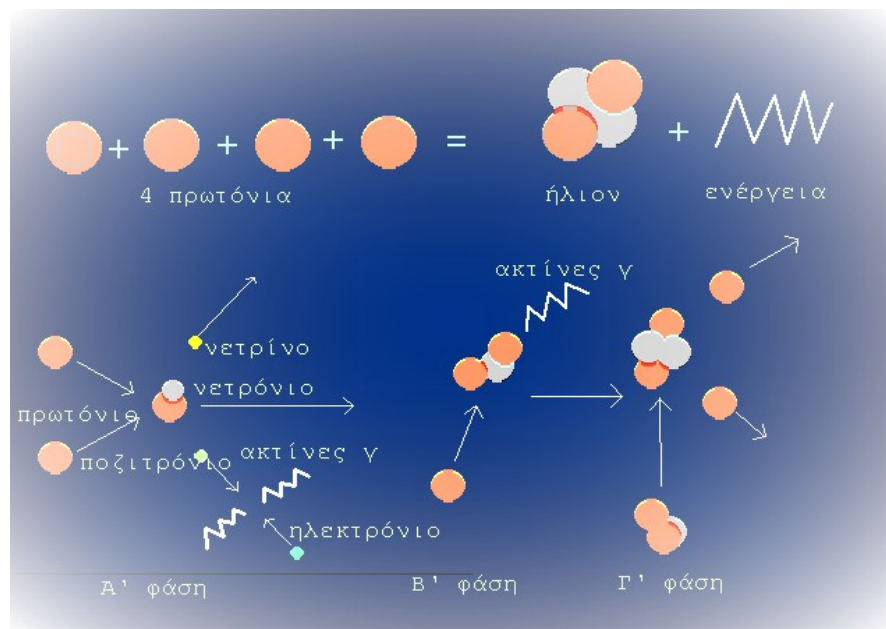
θερμοκρασία και το χρώμα. Με βάση την ταξινόμηση του αστροσκοπίου Harvard, ο ήλιος κατατάσσεται σαν αστέρας φασματικού τύπου G2 με κύριο χαρακτηριστικό το κίτρινο χρώμα του, την επιφανειακή θερμοκρασία των 5500o K και την έντονη παρουσία στις φασματικές γραμμές ιονισμένου ασβεστίου (Ca II), CH και CN ενώ οι γραμμές υδρογόνου είναι ασθενείς. Συμπερασματικά, με την μελέτη του ηλιακού φάσματος είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε μεταξύ των άλλων την επιφανειακή θερμοκρασία, την περιστροφή, ατμοσφαιρικές κινήσεις, την ποιοτική και ποσοτική σύνθεση της ηλιακής επιφάνειας, τον ιονισμό, την πίεση της ακτινοβολίας, την κίνηση του ηλίου στο διάστημα κλπ.

Τα **χημικά στοιχεία** τα οποία αποτελούν τη γή, τον ήλιο και τους αστέρες γενικότερα χαρακτηρίζονται από τον διαφορετικό αριθμό των πρωτονίων που υπάρχουν στον πυρήνα του ατόμου (ατομικός αριθμός). Το πλήθος των χημικών στοιχείων ανέρχεται σε 96.

**Πηγή ενεργείας τού ηλίου, ο κύκλος του πρωτονίου-πρωτονίου.** Το από πού ο ήλιος και κατά επέκταση όλοι οι αστέρες αντλούν όλη αυτή την τεράστια ενέργεια υπήρξε ένα άλυτο μυστήριο μέχρι τα μέσα του 20ου αιώνας επειδή καμία μέχρι τότε θεωρία δεν ήταν σε θέση να δώσει μια ικανοποιητική εξήγηση για το χρονικό παρόν και μέλλον του άστρου της ημέρας. Εάν ο ήλιος αποτελείτο από άνθρακα καιόμενο σε καθαρό οξυγόνο, τότε η χρονική διάρκεια αυτής της καύσεως θα διαρκούσε μόνο λίγες χιλιάδες χρόνια. Εάν η σύνθεση ήταν ένα μίγμα από υδρογόνο και οξυγόνο, τότε η παραγόμενη θερμότητα θα διαρκούσε για άλλα 600 περίπου χρόνια.

Κατά καιρούς υποστηρίχθηκε ότι η ενέργεια του ηλίου παράγεται από μια αδιάκοπη πτώση μετεωριτών προς το κέντρο του, πράγμα που σημαίνει ότι για ένα δευτερόλεπτο απαιτούνται 2 τρισεκατομμύρια τόνοι γεγονός που θα αύξανε την φαινομένη διάμετρο και την μάζα του ηλίου πολύ γρήγορα. Το έτος 1854 ο Helmholtz διατύπωσε μια ιδιαίτερα ελκυστική θεωρία κατά την οποία η ηλιακή ενέργεια παράγεται από την συστολή των μαζών λόγω βαρύτητας. Όμως και εδώ οι υπολογισμοί δείχνουν ότι το παρελθόν του ηλίου δεν θα ήταν πιά μεγάλο από 25 εκατομ. χρόνια και το μέλλον του 10 εκατ. χρόνια

Με την σπουδή και κατανόηση του πυρήνος του ατόμου σε συνδυασμό με την θεωρία της σχετικότητας αποδείχθηκε ότι η κυριώτερη πηγή ενεργείας στον ήλιο οφείλεται στις πυρηνικές αντιδράσεις όπου το άφθονο αέριο υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο είτε δια του κύκλου άνθρακος- αζώτου (CN) ή με τον κύκλο πρωτονίου-πρωτονίου (p-p) ο οποίος ανακαλύφθηκε το έτος 1938 από τους Bethe- Weizsaecker .



ηλίου ανέλθει πάνω από 10 εκατομμύρια βαθμούς Κέλβιν και η πίεση στο 1 δισεκατομμύριο ατμόσφαιρες, τότε αρχίζουν διάφορες πυρηνικές αντιδράσεις "καύσεως του υδρογόνου" όπου τέσσερις πυρήνες πρωτονίου του υδρογόνου μετατρέπονται σε έναν πυρήνα ηλίου και ένα νετρόνιο. Επειδή όμως το άθροισμα της μάζας του πυρήνος του ηλίου μαζί με το νετρόνιο είναι υποδεέστερο κατά 99,3% από την μάζα των τεσσάρων πυρήνων του υδρογόνου, η διαφορά ισοδυναμεί με την έκλυση ποσού ενέργειας ακτίνων γ και ενός νετρίνιο σύμφωνα με τον τύπο της θεωρίας της σχετικότητας  $E=mc^2$ . Για να έχωμε μία εικόνα του μεγέθους της παραγόμενης ενέργειας, από ένα κυβικό μέτρο υδρογόνου μάζας 1 κιλού με αυτή την πυρηνική αντίδραση θα δημιουργηθεί ενέργεια που ισοδυναμεί με 10 εκατομμύρια τόνους τρινιτοτουόλης! Οι πυρηνικές αντιδράσεις μετατροπής του υδρογόνου σε ήλιο δημιουργούν μία **πίεση ακτινοβολίας** στα εσωτερικά στρώματα του ηλίου η οποία εξισορροπεί τρόπον τινά την βαρυτική πτώση της ύλης προς το κέντρο του ηλίου.

Τρία είναι τα στάδια κατά τα οποία δημιουργείται η παραγόμενη ενέργεια σε άνισα χρονικά διαστήματα. Το πρώτο στάδιο απαιτεί χρονικό διάστημα 7 δισεκατομμυρίων ετών, το δεύτερο μερικών δευτερολέπτων και το τρίτο 400.000 έτη. Έτσι λοιπόν, βάσει των υπολογισμών, λαμβάνοντας υπ' όψη το μέγεθος του ηλίου σε σύγκριση με άλλους αστέρες, καταναλώνονται κάθε χρόνο 2 τετράκις εκατομμύρια τόννοι υδρογόνου, δηλαδή σε 300.000 έτη μία μάζα ίση με αυτή της γής. Υπολογίζεται ότι ο κύκλος καύσεως του υδρογόνου για τον ήλιο είναι ικανός για να διαρκέσει 9 δισεκατομμύρια έτη. Αν λάβουμε δέ υπ' όψη ότι η ηλικία του υπολογίζεται σε 4,5 δισεκ. έτη, θα συμπεράνουμε ότι ο ήλιος μας ευρίσκεται στο μέσον της ηλικίας του.

**Παρελθόν, παρόν και το μέλλον του ηλίου.** Από τα όσα αναφέραμε, είναι κατανοητό και εύλογο ότι ο ήλιος μας όπως και όλοι οι αστέρες που αποτελούν τον γαλαξία μας όπως και τα δισεκατομμύρια των γαλαξιών του σύμπαντος, γεννιούνται, ενηλικιώνονται, γερνάνε και κατόπιν πεθαίνουν αφού στην συνέχεια από τα απομεινάρια των υλικών των δώσουν τις προϋποθέσεις για την γένεση άλλων νέων αστέρων, μια συνεχής διαδικασία ανακυκλώσεως της κοσμικής ύλης.

Η ηλικία του Σύμπαντος είναι περίπου 15 δισεκατομμύρια έτη, αλλά παρουσιάζε μεγάλη ομοιότητα με το σημερινό που είναι γεμάτο με γαλαξίες και αστέρες και από αναλογία αερίων υδρογόνου και ηλίου 1 εκατομμύριο χρόνια μετά από την Μεγάλη Έκρηξη (Big-Bang) από την οποία και δημιουργήθηκε. Σε χρονολογικά μεταγενέστερες εποχές η θερμοκρασία του Σύμπαντος άρχισε να πέφτει, η αναλογία υδρογόνου-ηλίου έγινε 75%-25% όπως επίσης αποτελείτο και από κάποια καινούργια υλικά που προήλθαν από βίαιες αστρικές εκρήξεις. Αν μεταφερθούμε νοητά πίσω στον χρόνο και μέσα στα δισεκατομμύρια των αστρικών μονάδων που αποτελούν τον γαλαξία μας, παρατηρούμε ότι σε πολλά σημεία του η τοπική πυκνότητα της "κοσμικής σούπας" των υλικών αυξήθηκε επάνω από τον μέσο όρο με αποτέλεσμα την δημιουργία συμπυκνώσεων αερίων και σκόνης.

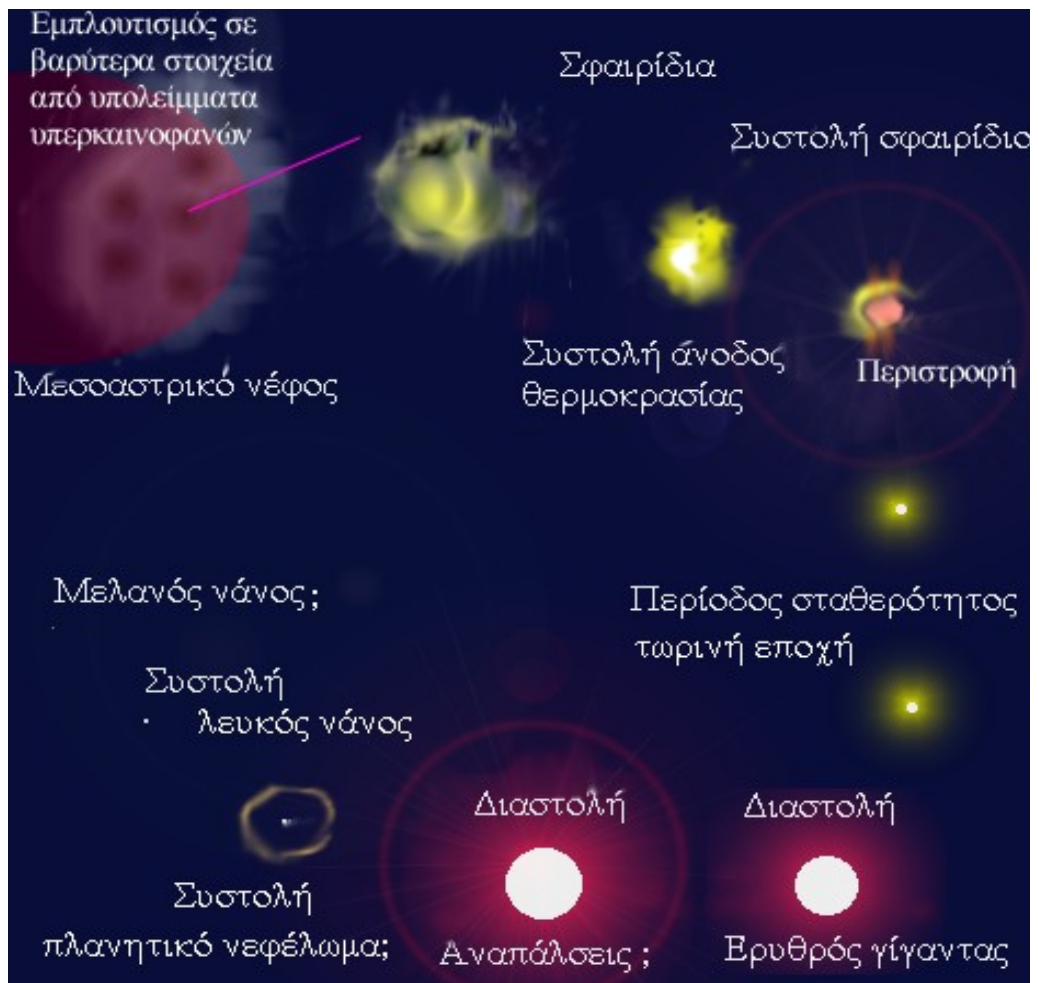
Αυτοί οι συμπυκνωμένοι σχηματισμοί αποτελούν τα έμβρυα τρόπον τινά των αστέρων και μοιάζουν σαν "κουκούλια" όταν παρατηρούνται από τους αστρονόμους. Συχνά αποκαλούνται με τον όρο "**σφαιρίδια**" (globules) και έχουν έκταση δεκάδων έως και εκατοντάδων ετών φωτός. Πρίν από 4,5 δισεκατομμύρια έτη ένα από αυτά τα σφαιρίδια από όπου έμελλε να προέλθει ο ήλιος και το ηλιακό σύστημα άρχισε να μεγαλώνει προσελκύνοντας γύρω του γειτονική κοσμική ύλη. Κάθε άτομο υδρογόνου και ηλίου άρχισε να "πέφτει" διαγράφοντας σπειροειδείς τροχιές προς το κέντρο του σφαιριδίου και με την

αύξηση της πυκνότητας των τριβών λόγω της σταδιακής συστολής των υλικών άρχισε σταδιακά να αυξάνει η θερμοκρασία από τις συγκρούσεις μεταξύ των ατόμων του αερίου. Η συστολή αυτή δημιούργησε ένα είδος "πρωτοαστέρος" ο οποίος αρχίζει σιγά-σιγά να ακτινοβολεί και να θερμαίνεται.

Από τα εξωτερικά στρώματα του γενεσιουργού νέφους που απέμειναν άρχισαν κατόπιν μεμονωμένων περιστροφών να δημιουργούνται οι μεγάλοι πλανήτες με τη γή μας, οι δορυφόροι, οι αστεροειδείς και οι κομήτες. Ο μεγαλύτερος πλανήτης, ο Ζεύς εάν είχε μεγαλύτερη μάζα θα ήταν δυνατόν να είχε αναλάβει σαν τον ήλιο. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν είχε δημιουργηθεί τόσο ο βρεφικός ήλιος, όσο και το ηλιακό μας σύστημα, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις παρατηρήσεις πολλών περιπτώσεων αστρικών σφαιριδίων τα οποία γεννώνται και συμπυκνώνονται από μεσοαστρικά αέρια που πληρούν τις προϋποθέσεις σε διάφορες περιοχές του γαλαξία μας. Ο κόσμος μας, εμείς και όλα τα έμβια όντα αποτελείται από τα στοιχεία εκείνα του μεσοαστρικού νέφους τα οποία με τη σειρά τους προήλθαν από εκρήξεις και από διάλυση άλλων γηρασμένων αστερών και πλανητικών συστημάτων, προϊόντων των ολοσχερών πυρηνικών αντιδράσεων μεταστοιχειώσεως των χημικών στοιχείων !

Με την κατακόρυφη αύξηση της θερμοκρασίας του πρωτοηλίου από την συστολή, η θερμοκρασία στο κέντρο του ανέβηκε στους 15.000.000 K. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αρχή των πυρηνικών αντιδράσεων μετατροπής του υδρογόνου σε ήλιο βάσει του κύκλου πρωτονίου-πρωτονίου.

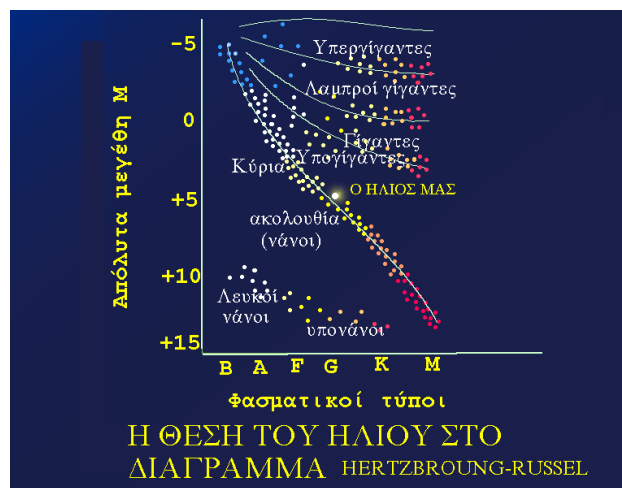
Αυτή η χρονική περίοδος σταθερότητας της καύσεως του υδρογόνου συνολικά διαρκεί γύρω στα 9 δισεκ., ός έάέ ἡ ήλιος γίνεται ένας αστέρας ο οποίος



Σχηματική παράσταση της δημιουργίας και εξέλιξης του ηλίου.

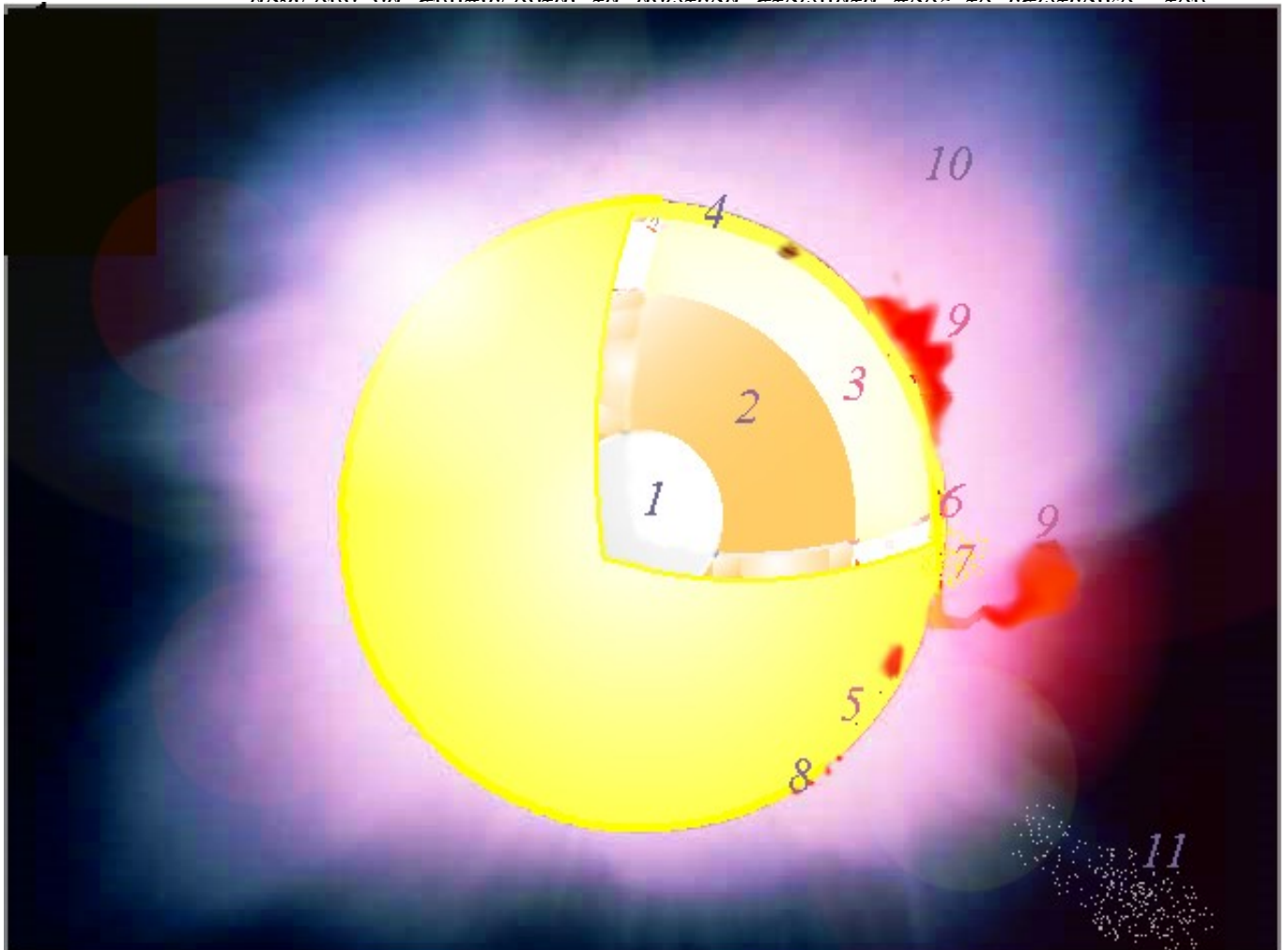
ονομάζεται αστέρας "Κυρίας Ακολουθίας"\*. Επειδή η ηλικία του ηλίου υπολογίζεται στα 4,5 δισεκατομμύρια έτη είναι ένας αστέρας μέσης ηλικίας.

\* Ο όρος Κύρια Ακολουθία (Main sequence) μας υποδηλώνει την πολυπληθέστερη ταξινόμηση των αστέρων του ουρανού με μορφή λεπτής καμπύλης γραμμής σε ένα διάγραμμα που ονομάζεται διάγραμμα Hertzbroung-Russel από τους αστρονόμους που το εισήγαγαν. Με κριτήρια αφ' ενός τα απόλυτα μεγέθη (M) των αστέρων και αφ' ετέρου τους φασματικούς των τύπους όπως παρατηρούμε στο σχήμα, οι αστέρες ταξινομούνται σε ορισμένες περιοχές οι οποίες υποδηλώνουν μεταξύ των άλλων και την ηλικία των. Επειδή η γραμμή της Κυρίας Ακολουθίας έχει τον μεγαλύτερο πληθυσμό, συμπεραίνουμε ότι εκεί ευρίσκονται όλοι οι αστέρες όλων των φασματικών τύπων όταν αυτοί στο μεγαλύτερο διάστημα της ζωής των λάμπουν μετατρέποντας το υδρογόνο σε ήλιο. Αριστερά και προς τα επάνω της κυρίας ακολουθίας όπως παρατηρούμε στο σχήμα ευρίσκονται οι κατηγορίες των αστέρων με μεγάλες διαμέτρους που είναι οι γίγαντες και οι υπεργίγαντες, αστέρες οι οποίοι εξαντλώντας το υδρογόνο στην Κύρια Ακολουθία στην συνέχεια



όλων των φασματικών τύπων όταν αυτοί στο μεγαλύτερο διάστημα της ζωής των λάμπουν μετατρέποντας το υδρογόνο σε ήλιο. Αριστερά και προς τα επάνω της κυρίας ακολουθίας όπως παρατηρούμε στο σχήμα ευρίσκονται οι κατηγορίες των αστέρων με μεγάλες διαμέτρους που είναι οι γίγαντες και οι υπεργίγαντες, αστέρες οι οποίοι εξαντλώντας το υδρογόνο στην Κύρια Ακολουθία στην συνέχεια

Όταν όμως με την πάροδο του χρόνου τελειώσει το υδρογόνο που υπάρχει στον ηλιακό πυρήνα, αυτό θα έχει αρχικά σαν αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Τότε υπερισχύει η δύναμη της βαρύτητας και αρχίζουν να συμπιέζονται τα εσωτερικά προκύψατα προς το εσωτερικό που



Εξετάζοντας τον ήλιο από τον μηχανισμό με τον οποίο αναλάμπει στο διάστημα όπως και το ιστορικό όπως και το μέλλον του, είμαστε σε θέση αυτά τα δεδομένα να τα γενικεύσουμε με κάποιες διαφορές και σε όλους τους αστέρες του σύμπαντος. Ο ήλιος είναι ο κοντινότερος αστέρας στη γη και σπουδάζοντάς τον, σχηματίζουμε μια ιδέα για την μορφή και τους μηχανισμούς των άλλων αστέρων του στερεώματος. Όπως παρατηρούμε στο επόμενο σχήμα, το εσωτερικό μοντέλο του ηλίου αποτελείται από τα εξής τμήματα :

μετατοπίστηκαν προς τα άνω και αριστερά του διαγράμματος. Τέλος, κάτω και προς τα δεξιά υποδηλώνεται η γαλαξία των λευκών νάνων αστέρων που έχουν μικρά

#### ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

1. Πυρήνας
2. Ζώνη μεταφοράς
3. Ζώνη συγκεντρώσεως
4. Φωτόσφαιρα
5. Ηλιακή κηλίδα
6. Χρωμόσφαιρα
7. Έκλαμψις
8. Ηλιακοί πυρσοί
9. Προεξοχές
10. Στέμμα
11. Ηλιακός άνεμος

### 1) Πυρήνας.

Ο πυρήνας είναι η κεντρική θεωρητική περιοχή του ηλίου όπου λαμβάνουν χώρα οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις μεταστοιχειώσεως του υδρογόνου σε ήλιο με τον κύκλο πρωτονίου-πρωτονίου. (βλέπε σχήμα).

### 2) Ζώνη μεταφοράς ή ζώνη ακτινοβολίας.

Περιβάλλει τον ηλιακό πυρήνα και είναι το μέρος όπου σχηματίζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του πυρήνα. Τα υψηλής ενέργειας φωτόνια που παράγονται στον πυρήνα του ηλίου συγκρούονται με ηλεκτρόνια και ιόντα στη ζώνη μεταφοράς ούτως ώστε η ακτινοβολία να μετατρέπεται σε φως και θερμότητα. (βλέπε σχήμα).

### 3) Ζώνη συγκεντρώσεως.

Είναι η περιοχή του κύριου μηχανισμού με τον οποίο η ενέργεια μεταφέρεται προς το εξωτερικό του ηλίου με τρόπο ώστε να υπάρχει ευστάθεια στην αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ του πυρήνα και της επιφανείας της ηλιακής σφαίρας. Τα παραγόμενα αέρια μεταφέρονται στα ανώτερα στρώματα απελευθερώνοντας ενέργεια στην επιφάνεια του ηλίου με κυκλικές ανοκαθοδικές κινήσεις. Σε αυτήν την ζώνη η θερμοκρασία του αερίου αυξομειώνεται. Η ζώνη συγκεντρώσεως εκτείνεται μέχρι την φωτόσφαιρα με έκταση περίπου το  $1/5$  της ηλιακής ακτίνας. (βλέπε σχήμα).

### 4) Φωτόσφαιρα.

Η φωτόσφαιρα είναι το ορατό μέρος της ατμόσφαιρας του ηλίου. Με πάχος περίπου 500 χιλ. είναι μία ζώνη όπου η πίεση των αερίων είναι μικρότερη του εκατοστού της γήινης ατμόσφαιρας. Όμως είναι αδιαφανής, ώστε οι διάφορες λεπτομέρειές της να παρουσιάζονται με σαφήνεια. Η θερμοκρασία της φωτόσφαιρας είναι περίπου 6000ο K αλλά στην κορυφή της μειώνεται στους 4000ο K, λόγω δε της μεγάλης θερμοκρασίας και των υψηλών πιέσεων, τα περισσότερα χημικά στοιχεία εκτός από το υδρογόνο είναι ιονισμένα. Στην φωτόσφαιρα παρατηρούνται οι κηλίδες, και η κοκκίαση.

**α) Ηλιακές κηλίδες.** Είναι το πιό έκδηλο χαρακτηριστικό που παρατηρείται στον ήλιο με την χρήση οπτικού οργάνου ακόμα και με γυμνό οφθαλμό. Παρουσιάζονται κατ' ομάδες σαν μαύρες κυκλικές περιοχές της φωτόσφαιρας οι οποίες με την πάροδο των ημερών μετακινούνται στον ηλιακό δίσκο, εμφανίζονται και εξαφανίζονται με μέγιστα και ελάχιστα ποσοστά καλύψεως του ηλίου.

Ιστορικά η πρώτη αναφορά για παρατήρηση ηλιακών κηλίδων ανάγεται από το έτος 28 π.Χ στα Κινέζικα χρονικά όπου αυτές περιγράφονται σαν "σμήνη μαύρων πτηνών" κατά την στιγμή της επαφής του ηλίου στον δυτικό ορίζοντα όταν ελαττώνεται η μεγάλη του λαμπρότητα. Με την χρησιμοποίηση του τηλεσκοπίου από τον Γαλιλαίο το 1611 η κηλίδες γίνονται έκδηλες στον Ιταλό αστρονόμο, με αποτέλεσμα να ανάψει η διαμάχη του με τους ιερωμένους της ιεράς εξετάσεως οι οποίοι θεωρούσαν ότι ο Γαλιλαίος με τις θεωρίες του λέρωνε τον άσπιλο και αμόλυντο ήλιο του Αριστοτέλη. Πάντως ο Γαλιλαίος πίστευε ότι οι κηλίδες ήταν βουνά που προεξείχαν στον ήλιο.

Η ηλιακή κηλίδα είναι μια περιοχή όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από αυτήν που παρατηρείται στην ατμόσφαιρα του ηλίου και οφείλεται στην συγκέντρωση ισχυρών μαγνητικών πεδίων γύρω από αυτή. Τό μέγεθος των κηλίδων ποικίλλει από τις πιό μικρές που φαίνεται μόνο με τηλεσκόπιο μέχρι τις μεγαλύτερες που είναι άνετα ορατές με γυμνό οφθαλμό με διαμέτρους ακόμα και 100,000 χιλιομέτρων.

Η τυπική μορφή μιάς κηλίδος είναι ένας κεντρικός σκοτεινός πυρήνας που λέγεται **σκιά** με θερμοκρασία 3700o K η οποία περιβάλλεται από φωτεινότερη περιοχή, την **παρασκιά** που απαρτίζεται από σκοτεινές υφάνσεις, τα λεγόμενα **νημάτια**. Είναι δυνατόν πολλοί πυρήνες να εφάπτονται μεταξύ των και να περιβάλλονται από μία παρασκιά. Στα μεγάλα σμήνη των κηλίδων το 1/7 του εμβαδού των αποτελούν οι σκιές. Στην πραγματικότητα οι κηλίδες δεν είναι τόσο σκοτεινές όσο φαίνονται, αρκεί να σκεφθούμε ότι ο φωτισμός μιας και μόνο κηλίδας ισοδυναμεί με το φώς 100 πανσελήνων.

Οι κηλίδες είναι εφήμερο φαινόμενο, οι περισσότερες που είναι και οι μικρότερες διαρκούν από 1-2 ημέρες και μετά εξαφανίζονται. Μια τυπική ομάδα κηλίδων χαρακτηρίζεται από την γρήγορη δημιουργία της και από την βραδεία της εξαφάνιση. Η κηλίδα που ευρίσκεται προς τα δυτικά λέγεται **ηγουμένη**, ενώ η τελευταία προς τα ανατολικά **επομένη**. Μετά από μία εβδομάδα από τον σχηματισμό της ομάδος, η ανάπτυξη των κηλίδων έχει φθάσει στον μέγιστο βαθμό και αρχίζει η παρακμή. Η επομένη κηλίδα διασπάται σε μικρότερες που στη συνέχεια εξαφανίζονται σε πλάτη +-7o εκατέρωθεν του ισημερινού.

Οι κηλίδες είναι τα εντονότερα φαινόμενα της ηλιακής δραστηριότητας τα αίτια της οποίας αποδίδονται στην επικοινωνία αφ' ενός μεν μεταξύ του εσωτερικού δυναμικού μαγνητισμού του ηλίου και αφ' ετέρου από τον συνδυασμό της διαφορικής ηλιακής περιστροφής περί άξονα.

**Ο κύκλος των κηλίδων, ο αριθμός Wolf.** Από τον 18ον αιώνα είχε διαπιστωθεί ότι ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων ακολουθεί κατά προσέγγιση έναν εμπειρικό κύκλο ο οποίος επαναλαμβάνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο Γερμανός αστρονόμος R.Wolf το 1880 αφού εμελέτησε με προσοχή όλες τα αρχεία συστηματικών παρατηρήσεων των κηλίδων από το έτος 1610 και μετά, εισήγαγε έναν δείκτη της ηλιακής δραστηριότητας ο οποίος είναι γνωστός σαν αριθμός Wolf ο οποίος εκφράζεται με τον τύπο

**$R = k(f + 10g)$**  ο οποίος αντιπροσωπεύει τον αριθμό των κηλίδων σε μια χρονική στιγμή. ( όπου το g είναι ο τελικός αριθμός των κηλίδων και k ένας παράγοντας που εξαρτάται από το τηλεσκόπιο του παρατηρητή ) .

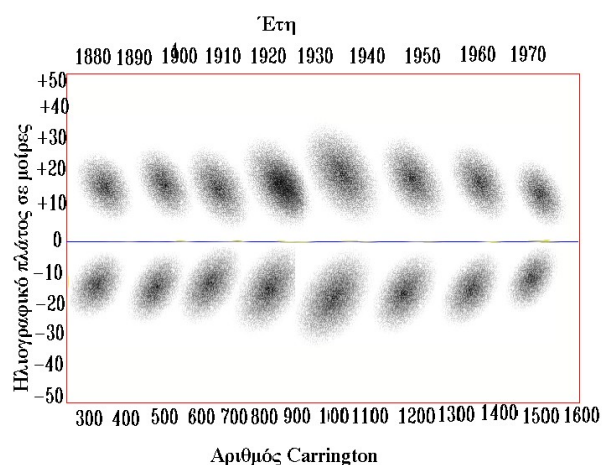
**Το διάγραμμα της πεταλούδας.** Το 1922 ο αστρονόμος E. Maunder είχε την ιδέα να παραστήσει σε ένα διάγραμμα την δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων σε σχέση με τα χρονικά διαστήματα παρατηρήσεων.

Στον κάθετο άξονα παριστάνονται τα ηλιογραφικά πλάτη σε μοίρες, ενώ ο οριζόντιος αποτυπώνει χρονικές περιόδους ηλιακών περιστροφών που είναι γνωστές σαν αριθμοί περιστροφής Carrington.

Ο Carrington διαπίστωσε ότι η μέση συνοδική περιστροφή μιάς κηλίδος στον ηλιακό δίσκο ανέρχεται σε 27,253 ημέρες, επειδή όμως η ηλιακή περιστροφή είναι διαφορική, ο αριθμός αυτός επηρεάζεται από το ηλιογραφικό πλάτος.

Η έναρξη του αριθμού είναι η 7/11/1853. Παρατηρείστε στο σχεδιάγραμμα ότι οι κινήσεις των κηλίδων στην διάρκεια ενός κύκλου και για τα δύο ημισφαίρια παρουσιάζουν την μορφή της πεταλούδας από όπου το διάγραμμα πήρε αυτό το όνομα.

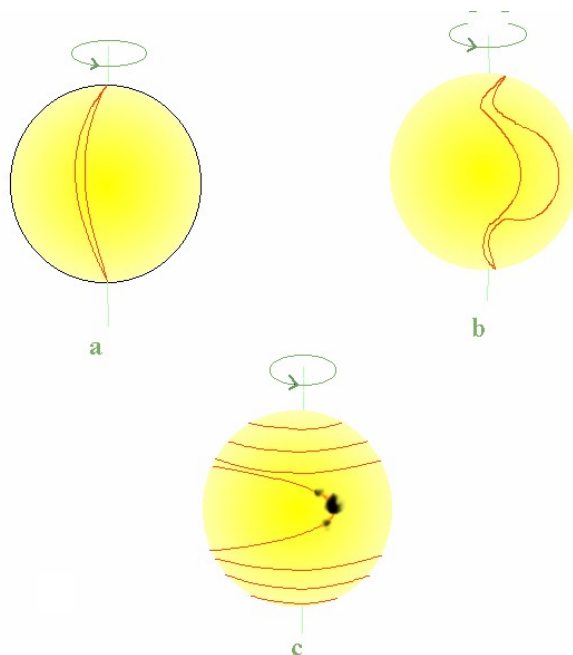
Κατά καιρούς τα μέγιστα ποσοστά καλύψεως του



ηλιακού δίσκου από κηλίδες είναι μεγάλα, όπως του Απριλίου του 1947 όταν οι κηλίδες είχαν το μέγεθος 100 γήινων διαμέτρων, ενώ τα έτη 1840-41 για μερικούς μήνες δεν παρατηρείτο παρά μόνο μια κηλίδα στον ήλιο.

**Εξήγηση των κηλίδων.** Πολλές θεωρίες κατά καιρούς ειπώθηκαν για την εξήγηση των ηλιακών κηλίδων, όμως η επικρατέστερη και πιο αληθοφανής είναι αυτή που διατυπώθηκε το 1961 από τον R. Babcock. Σύμφωνα με αυτή, οι κηλίδες είναι φαινόμενο που δημιουργείται από το ηλιακό μαγνητικό πεδίο σε συνδυασμό με την διαφορική περιστροφή του ηλίου γύρω από τον άξονά του σε μια χρονική περίοδο ενός κύκλου που χαρακτηρίζει την ηλιακή δραστηριότητα. Οι κηλίδες είναι περιοχές με έντονα μαγνητικά πεδία. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα (a) οι γραμμές του ηλιακού μαγνητικού πεδίου έχουν αρχική διεύθυνση από τον βόρειο στον νότιο πόλο του ηλίου. Με την πάροδο όμως των ημερών και λόγω της ηλιακής περιστροφής οι μαγνητικές γραμμές καμπυλώνουν και μετατοπίζονται ανατολικά κατά την φορά της περιστροφής. (b). Όμως επειδή ο ήλιος είναι ρευστό σώμα η περιστροφή είναι διαφορική δηλ. τα ηλιακά πλάτη του ισημερινού περιστρέφονται γρηγορότερα από αυτά των πολικών περιοχών.

Μετά από μερικές περιστροφές οι μαγνητικές γραμμές επιμηκύνονται τόσο, με



αποτέλεσμα να σπάνε σε ωρισμένα ηλιογραφικά πλάτη και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε εκείνες τις περιοχές να δημιουργούνται κηλίδες μεμονωμένες ή υπό μορφή ζευγών με αντίθετες πολικότητες. Η θραύση των μαγνητικών γραμμών συμβαίνει στις περιοχές της φωτόσφαιρας. Το φαινόμενο των κηλίδων έχει άμεση σχέση με τον ηλιακό κύκλο ο οποίος διαρκεί περίπου 11 έτη. Κατά την έναρξη ενός νέου ηλιακού κύκλου, εμφανίζονται λίγες κηλίδες σε ηλιογραφικά πλάτη από 35ο-45ο εκατέρωθεν του ισημερινού, ενώ με την πάροδο του χρόνου, προσεγγίζουν τον ισημερινό και εξαφανίζονται σε πλάτη 7ο εκατέρωθεν του όπως αναφέραμε πιο πάνω.

**β) Κοκκίαση (granulation)** . Η φωτόσφαιρα όταν παρατηρείται με τηλεσκόπιο, μάς παρουσιάζει μια κοκκώδη ψαθωτή μορφή. Οι κόκκοι είναι όμοιοι μεταξύ των και οφείλονται στην ταραγμένη κατάσταση της φωτόσφαιρας, η οποία είναι ανομοιόμορφα θερμή και ταραγμένη από αέρια

είναι στρογγυλοί και θερμότεροι από την επιφάνεια που προβάλλονται. Από μεγαλύτερες αναταράξεις, δημιουργείται το φαινόμενο της **Υπερκοκκιάσεως**.

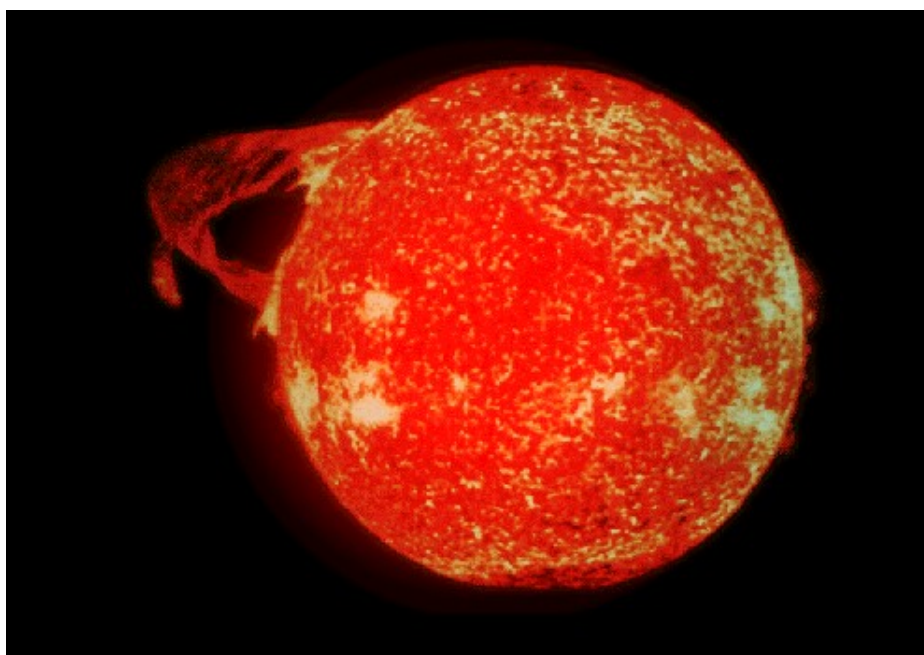
### 5) Χρωμόσφαιρα.

Εκτείνεται επάνω από την φωτόσφαιρα σε ύψος 10.000 - 15.000 χιλιομέτρων, φαίνεται δε με φυσικό τρόπο μόνον κατά τις ολικές εκλείψεις σαν κόκκινη άλως όταν η σελήνη καλύψει όλο το τμήμα του ηλιακού δίσκου . Το χρώμα της όπως ονομάζεται, είναι ερυθρό και οφείλεται στην γραμμή 6663 Å του υδρογόνου . Αυτό σημαίνει ότι αν παρατηρήσουμε τον ήλιο μόνο σε αυτό το μήκος κύματος, θα μάς παρουσιάζεται κόκκινος μόνο με το στοιχείο υδρογόνο. Διά μέσου των διαφόρων στρωμάτων, η θερμοκρασία της χρωμόσφαιρας αυξάνει στους 10.000 K ενώ το πάχος της κυμαίνεται από 12000-20000 χιλιόμετρα. Μεταξύ των ορίων φωτόσφαιρας-χρωμόσφαιρας υπάρχει μια ιδιόζουσα περιοχή που λέγεται **ανατρεπτική στοιβάδα** . Στην περιοχή αυτή, παρατηρείται μια στιγμιαία εκτροπή των φασματικών γραμμών απορροφήσεως, αποτέλεσμα βιαίων αναταραχών των αερίων μαζών. Στην χρωμόσφαιρα παρατηρούνται οι πυρσοί, οι εκλάμψεις, οι προεξοχές και οι ακίδες.

**α) Πυρσοί (spiculae).** Είναι κυκλωνικοί πίδακες θερμών αερίων που φθάνουν σε μεγάλα ύψη στην χρωμόσφαιρα μέχρι και 150 χιλιόμετρα. Η παρουσίασή των έχει συνάφεια με αυτή των κηλίδων χωρίς όμως να σχετίζονται άμεσα με αυτές και είναι καλύτερα ορατοί όταν προβάλλονται στο χείλος του ηλιακού δίσκου.

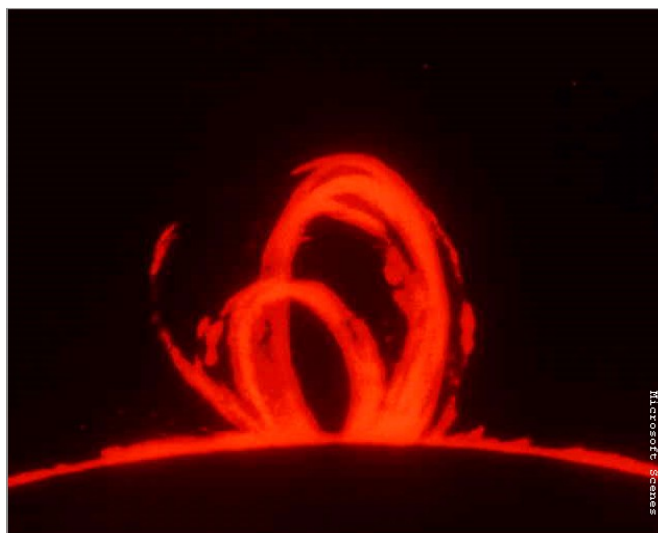
**β) Εκλάμψεις (flares).** Είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο απελευθερώνεται μια στιγμιαία ενέργεια που επιταχύνει μια παροχή αεριώδους υλικού στην ηλιακή ατμόσφαιρα. Οι εκλάμψεις είναι εκρήξεις που διαρκούν τυπικά μερικά λεπτά με εξάρτηση από την θερμοκρασία. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκλάμψεων αποτελείται από ακτινοβολίες, όπως αυτές των ακτίνων X . Είναι περισσότερο έκδηλες στο ορατό φως και στις ραδιοπηγές και κατά κανόνα εκδηλώνονται στις περισσότερο ενεργές περιοχές. Τα φορτισμένα σωματίδια που εκτοξεύονται από τις εκλάμψεις, φθάνουν στη γή μερικές ημέρες αργότερα και από αυτά σχηματίζεται το σέλας.

Στην επόμενη υπέρυθρη φωτογραφία του ηλίου διακρίνονται τεράστιες εκλάμψεις οι οποίες καλύπτουν όλη την χρωμόσφαιρα.



γ) **Προεξοχές.** (Prominences). Οι ηλιακές προεξοχές είναι τεράστια σύννεφα από φλόγες με μεγαλύτερη πυκνότητα στα χαμηλότερα στρώματα και χαμηλότερες θερμοκρασίες στον περίγυρό των . Κατά την διάρκεια των ολικών ηλιακών εκλείψεων παρουσιάζουν ένα μοναδικό θέαμα παρουσιάζόμενες σαν κόκκινες πύρηνες στήλες που υψώνονται επιβλητικά σαν πίδακες αερίων επάνω από τον κρυμμένο από την σελήνη ηλιακό δίσκο. Εκτός από τον φυσικό τρόπο παρατήρησης των προεξοχών δηλ. των εκλείψεων, υπάρχει και ο τεχνητός με ένα όργανο που λέγεται

**στεμματογράφος** με την μέθοδο Lyot. Η αρχή λειτουργίας του στεμματογράφου βασίζεται στην παρεμβολή μαύρων κυκλικών σωμάτων μεταξύ του τηλεσκοπίου και του παρατηρητή το οποίο καλύπτει τον περίγυρο του ηλιακού δίσκου μετριάζοντας επίσης το διάχυτο φως του ουρανού. Γι' αυτόν τον λόγο, οι στεμματογράφοι



εγκαθίστανται σε μεγάλα ύψη από την επιφάνεια.

Ανάλογα με την μορφή και την φύση των, οι προεξοχές ταξινομούνται κατά τον αστρονόμο Petit σε έξι κύριες κατηγορίες :

α- Ηρεμες προεξοχές που διαρκούν ημέρες ή εβδομάδες.

β- Ενεργείς προεξοχές. Είναι οι περισσότερες με κύριο χαρακτηριστικό την ροή της ύλης των σε ένα ή περισσότερα κέντρα έλξεως (άνω φωτογραφία).

γ- Εκρηκτικές προεξοχές. Ανεβαίνουν σε μεγάλα ύψη σε μερικές ώρες και τα τμήματά των φεύγουν στο διάστημα αυξομειώμενα.

δ- Δινώδεις ή ελικοειδείς προεξοχές. Μοιάζουν με διαλυμένο τεντωμένο σχοινί και διαλύονται σε κομμάτια όταν περάσουν ωρισμένο ύψος.

ε- Εκ του στέμματος προεξοχές. Φαίνονται ότι κατέρχονται από την περιοχή του ηλιακού στέμματος και το υλικό που διασπείρεται λέγεται **στεμματινη βροχή**.

στ- Προεξοχές επάνω από κηλίδες. Φαίνονται ότι κατέρχονται από τις κηλίδες. Το φάσμα των προεξοχών αποτελείται από γραμμές υδρογόνου α και ιονισμένου ασβεστίου, η δε δύναμη που τις ωθεί είναι τα μαγνητικά πεδία των ηλιακών κηλίδων.

Από τις μεγαλύτερες προεξοχές που έχουν παρατηρηθεί στην ιστορία, είναι αυτή της 4-6-1946. Ήταν εκρηκτικού τύπου και χιλιάδες φορές πιά μεγάλη από την γή η οποία διαλύθηκε σε λίγα λεπτά στο διάστημα.

δ) **Ακίδες** (spiculae). Η χρωμόσφαιρα γενικά δεν έχει μια ήρεμη όψη, αλλά φαίνεται ότι παρουσιάζει κάποιες ανωμαλίες με μορφή ακίδων όπου και το όνομα. Το ύψος των ακίδων υπολογίζεται στα 10-15.000 χιλ. και η διάρκειά τους είναι από 5'-10 λεπτά.

## 6) **Όδύγηά** (corona).

Από τα όρια της φωτόσφαιρας μέχρι απόσταση μερικών ηλιακών ακτίνων στο μεσοπλανητικό διάστημα εκτείνεται το εξωτερικό τμήμα της ηλιακής ατμόσφαιρας που ονομάζεται στέμμα. Η ονομασία στέμμα προήλθε από την



εξαιρετικής ομορφιάς πρασινόασπρη μαργαρώδη άλω η οποία φαίνεται ότι περικλέει τον καλυμμένο από την σελήνη ήλιο κατά την ολιγόλεπτη διάρκεια μιάς ολικής εκλείψεως. Το θέαμα του ηλιακού στέμματος είναι μοναδικό διότι μόνον τότε και με την εξασθένηση του εκτυφλωτικού φωτός με φυσικό τρόπο είναι δυνατόν να φανεί η εξωτερική ατμόσφαιρα του ηλίου και για μερικά λεπτά της ώρας. Το στέμμα εκτείνεται από τα όρια της χρωμόσφαιρας μέχρι το μεσοπλανητικό διάστημα και σε απόσταση μερικών ηλιακών ακτίνων. Η πυκνότητά του στέμματος είναι 100.000 φορές πιο αραιή από αυτή της χρωμόσφαιρας και παρουσιάζει μια περιστροφή ανάλογη με αυτή του ηλίου. Ανάλογα με την φύση του στέμματος, το χωρίζουμε σε διάφορες κατηγορίες οι οποίες συμβολίζονται με τα λατινικά γράμματα **K, F, E**.

**Στέμμα K**. Είναι ορατό στο λευκό φώς και διαχέεται από την φωτόσφαιρα με ηλεκτρόνια υψηλής ενεργείας. Η θερμοκρασία του στέμματος είναι υψηλή, πάνω από 1 εκατομ. βαθμούς. Το K στέμμα δεν είναι ομοιογενές, αλλά παρουσιάζει ποικίλλες μορφές όπως κυματώσεις, ακτινώσεις, κλπ.

**Στέμμα F** ή στέμμα Fraunhofer ή στέμμα σκόνης. Αποτελείται από διαχεόμενο φώς της φωτόσφαιρας που δημιουργείται από σωματίδια σκόνης που περιστρέφονται γύρω από τον ήλιο. Η προέκτασή του στο διάστημα είναι ορατή όπως το ζωδιακό φώς.

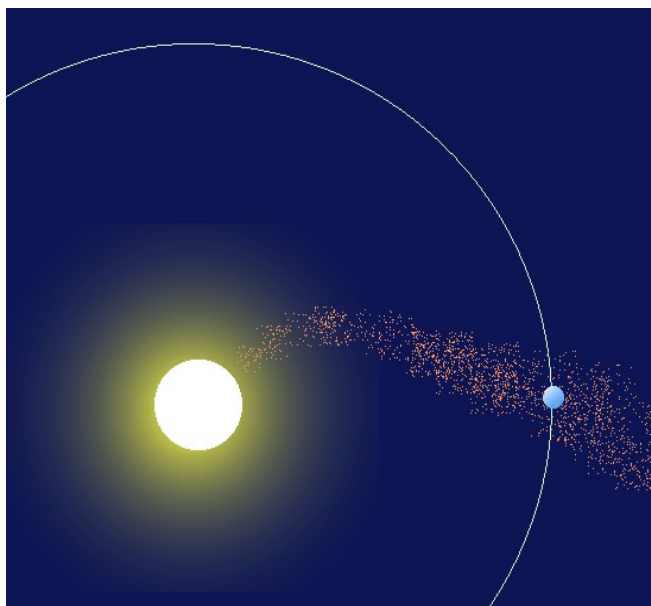
**Στέμμα E** ή στέμμα εκπομπής αποτελείται από φωτόνια. Οι γραμμές εκπομπής που παρουσιάζονται στο φάσμα του παράγονται από υψηλά ιονισμένα άτομα, σωματίδια σιδήρου και ασβεστίου. Αυτός ο τύπος του στέμματος σχηματίζεται σε απόσταση 2 ηλιακών ακτίνων και το μέγεθος όπως και η μορφή του μεταβάλλονται στην διάρκεια του 11ετούς κύκλου.

Η μελέτη του φάσματος του στέμματος έδειξε ότι αυτό αποτελείται από άτομα σιδήρου, νικελίου, ασβεστίου κλπ. Επίσης στο στέμμα παρατηρείται το παράδοξο φαινόμενο της κατακορύφου ανόδου της θερμοκρασίας από 6000o K στην χρωμόσφαιρα μέχρι τους 1.500.000o K σε αυτό. Αυτό μάλλον εξηγείται από τα δυναμικά πεδία ή την ακουστική ενέργεια που διαπερνούν

τον ήλιο από το εσωτερικό του όπου βαθμιαία η θερμοκρασία πέφτει μέχρι την φωτόσφαιρα, ενώ αυξάνεται δραματικά από την χρωμόσφαιρα ως το στέμμα.

### 7) Сëéáëüò Üíáüò (solar wind).

Με τον όρο ηλιακός άνεμος ονομάζουμε μια καταγιστική ροή από το ηλιακό στέμμα προς το μεσοπλανητικό διάστημα διαφόρων σωματιδίων όπως πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Η ταχύτητα με την οποία εκτινάσσονται τα σωματίδια αυτά ανέρχεται σε 900 χιλ/δευτερόλεπτο. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα τα σωματίδια του ηλιακού ανέμου ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις κυρίως υπό μορφή ρευμάτων



σχήματος κυρτού κώνου τα οποία σποραδικά συναντά η γή στην τροχιά της. Τα υψηλής ενεργείας σωματίδια του ηλιακού ανέμου όταν φθάσουν στη γή δημιουργούν τις λεγόμενες μαγνητικές καταιγίδες και το πολικό σέλας. Η επανάληψη κάθε 27 ημέρες των γεωμαγνητικών διαταραχών μάς υποδηλώνει ότι υπάρχει σταθερότητα σε αυτά τα ρεύματα που αποδίδονται σε μία σταθερή πηγή κάπου στον ήλιο η οποία περιστρέφεται σε χρόνο ίσο με μία ηλιακή περιστροφή των 27 ημερών γύρω από τον άξονά του.

**Οι ηλιακές κοσμικές ακτίνες.** Όπως έδειξαν παρατηρήσεις κατά την διάρκεια των χρωμοσφαιρικών εκρήξεων, ο ήλιος είναι πηγή εκπομπής πρωτονίων υψηλής ενεργείας που ονομάζονται ηλιακές κοσμικές ακτίνες. Οι κοσμικές ακτίνες διαπερνούν την γήινη ατμόσφαιρα φθάνοντας στο έδαφος με ζωή λίγων ωρών και με ταχύτητες της τάξεως των 1000 χιλιομέτρων/δευτερόλεπτο.

**Οι επιδράσεις των ηλιακών φαινομένων στην γή.** Τα πολλά και βίαια φαινόμενα που εκδηλώνονται στην ηλιακή σφαίρα είναι φυσικό να επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την γή και τον οργανικό κόσμο της. Το γήινο μαγνητικό πεδίο, ο μαγνητισμός της γής στο διάστημα, δεν είναι σταθερός, αλλά παρουσιάζει μεταβολές. Οι ετήσιες μεταβολές του εύρους του μαγνητικού πεδίου είναι ανάλογες με τον ετήσιο αριθμό των ηλιακών κηλίδων οι οποίες παρουσιάζονται στόν 11ετή κύκλο σε συνδυασμό με τις εκλάμψεις οι οποίες εκδηλώνονται κοντά στις κηλίδες.

Οι ισχυρές και απότομες μεταβολές του μαγνητικού πεδίου οι οποίες είναι γνωστές σαν μαγνητικές καταιγίδες όπως και η απόκλιση της μαγνητικής βελόνας συνδέονται άμεσα με τις ηλιακές εκλάμψεις. Οι εκλάμψεις εκπέμπουν σωματιδιακή ακτινοβολία με διαφορετικές ταχύτητες η οποία αποτελείται από πρωτόνια, ηλεκτρόνια και άλλα ιονισμένα στοιχεία.



Με τις μεγάλες ταχύτητες εκπομπής των το πολύ σε μία ημέρα από την εκδήλωση των εκλάμψεων προσβάλλουν την γή με άλλο σπουδαίο επακόλουθο την εμφάνιση του πολικού σέλαος στα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας, όπου σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη κοντά στους πόλους μεγάλα τμήματα του ουρανού εκπέμπουν φώς με διάφορα χρώματα με την μορφή τεράστιας κουρτίνας.

Οι φασματικές γραμμές του σέλαος που αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο και άλλα στοιχεία προέρχονται από την συνάντηση και επανασύνδεση των ηλεκτρονίων του γήινου μαγνητικού πεδίου με τα πρωτόνια που έρχονται από τον ήλιο στην διεύθυνση του άξονος του πεδίου. Από το άλλο μέρος, το ηλιακό στέμμα με τις δυναμικές του ιδιότητες ευρίσκεται σε συνεχή επέκταση και το ρεύμα των σωματιδίων του σαρώνει όλο το ηλιακό σύστημα. Το διάστημα ανάμεσα στους πλανήτες είναι γεμάτο από σκόνη, φορτισμένα σωματίδια και μαγνητικά πεδία δια μέσω των οποίων διέρχεται η ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί ιονισμό της ατμόσφαιρας της γής. Οι περιοχές όπου τα μόρια και τα άτομα του οξυγόνου και του αζώτου χάνουν περιφερειακά ηλεκτρόνια από την υπεριώδη ακτινοβολία αποτελούν την ιονόσφαιρα. Αποτέλεσμα αυτές οι περιοχές να είναι πλούσιες σε ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα (Α' τόμος,σελ.27). Ανάλογα με τον βαθμό ιονισμού της ιονόσφαιρας δημιουργούνται τέσσερα στρώματα (D, E, F, F2). Είναι γνωστό ότι τα ραδιοκύματα διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τα εδαφικά ραδιοκύματα πορεύονται κατευθείαν επάνω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ τα κύματα που διευθύνονται προς τα άνω, τα λεγόμενα ουράνια κύματα υφίστανται διαταραχές και ανακλώνται επάνω στις ιονοσφαιρικές στοιβάδες ανάλογα με την συχνότητά των. Κατά την διάρκεια του 11ετούς ηλιακού κύκλου οι ιονοσφαιρικές διαταραχές επιδρούν στις ραδιοεπικοινωνίες

μεγάλων αποστάσεων, ώστε με την εκδήλωση των εκλάμψεων οι επικοινωνίες στα βραχεία να διαταράσσονται ή και να διακόπτονται ακόμα και για ημέρες.

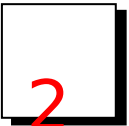
Η ηλιακή δραστηριότητα έχει επίδραση και στην κατώτερη ατμόσφαιρα, την τροπόσφαιρα, μέσα στην οποία ζεί και κινείται ο έμβιος κόσμος. Η ηλιακή δραστηριότητα επιδρά στην διαμόρφωση και εξέλιξη των καιρικών φαινομένων τα οποία επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα της γής. Η θερμοκρασία λ.χ σε ορισμένες περιοχές ελαττώνεται με την ελάττωση της ηλιακής δραστηριότητας.

Εξετάζοντας τους δακτυλίους σε κορμούς μακρόβιων δέντρων διαπιστώνουμε ότι το πάχος των δεν είναι το ίδιο σε όλα τα χρόνια, αλλά αυξομειώνεται κάθε 7 ή 11 έτη σε αναλογία με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων. Οι φαρδείς δακτύλιοι των κορμών συμπίπτουν με τις εποχές του μεγίστου των κηλίδων, πράγμα που σημαίνει ότι οι συνθήκες αναπτύξεως των δένδρων είναι ευνοικότερες στο μέγιστο των κηλίδων από ότι στο ελάχιστο. Εξ' άλλου είναι δυνατόν να σημειώνονται περισσότερες βροχοπτώσεις στις περιόδους των μεγίστων των ηλιακών κηλίδων, βροχοπτώσεις όμως οι οποίες εξαρτώνται και από γεωγραφικούς και άλλους αστάθμητους παράγοντες.

Ακόμα πολλές βιολογικές επιδράσεις έχουν συνάρτηση όχι μόνο από την κανονική ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και από φαινόμενα της ηλιακής δραστηριότητας. Π.χ η δευτερογενής σωματιδιακή ακτινοβολία των εκλάμψεων προσβάλλει τον άνθρωπο και είναι δυνατόν οι περισσότεροι αιφνίδιοι θάνατοι να παρατηρούνται σε εποχές των μεγάλων ηλιακών εκλάμψεων.

## Κ Ο Σ Μ Ο Σ

Ένα προσωπικό ταξίδι... **Ο ΕΝΑΣΤΡΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ.**



**Γενικά.** Αν μια νύκτα βρεθούμε έξω από τα φώτα της πόλεως και φέρουμε το βλέμμα μας ψηλά στον ουράνιο θόλο, μπορώ να πώ με σιγουριά ότι η όψη του με τους χιλιάδες διεσπαρμένους αστέρες είναι ένα θέαμα το οποίο είναι ικανό να αιχμαλωτίσει στην κυριολεξία και το πιο αδιάφορο βλέμμα προξενώντας αυτόματα στον παρατηρητή ένα μοναδικό συναίσθημα. Τα παλαιά χρόνια, όταν υπήρχαν λιγώτερα ή και καθόλου φώτα η σχέση του νυκτερινού ουρανού με τον άνθρωπο ήταν πάρα πολύ στενή και χάνεται στα βάθη των αιώνων μέσα στα σπάργανα όλων των λαών πολιτισμένων ή όχι. Λαοί όπως οι Αιγύπτιοι και οι Σουμέριοι έβλεπαν τους αστέρες υπό το πρίσμα της θεοποιήσεως αλλά και από τις διαδοχές των διαφόρων φαινομένων και των κινήσεων του ηλίου, της σελήνης και των πλανητών, ώρισαν τα πρώτα ημερολόγια που καθόριζαν την καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Ο εμπειρικός τρόπος παρατηρήσεως των αστερών γέννησε την Αστρολογία και αυτό ήταν φυσικό αποτέλεσμα της επιστημονικής άγνοιας αυτών των πολιτισμών. Όμως

η Αστρονομία γεννήθηκε στην αρχαία Ελλάδα όπου σε συνδυασμό με την γέννηση της επιστημονικής σκέψης στην Ιωνία για πρώτη φορά ο έναστρος ουρανός παρατηρήθηκε με άλλο βλέμμα.

Σε αυτό το σημείο επιτρέψατέ μας για λίγο να σταθούμε στην μυθολογία και την θρησκεία. Ο εξαισιος υμνωδός της Παλαιάς Διαθήκης βασιλέας Δαβίδ γράφει συνεπαρμένος από το θέαμα : *" οι ουρανοί διηγούνται δόξαν Θεού, ποιήσιν δε χειρών αυτού αναγγέλλει το στερέωμα "*

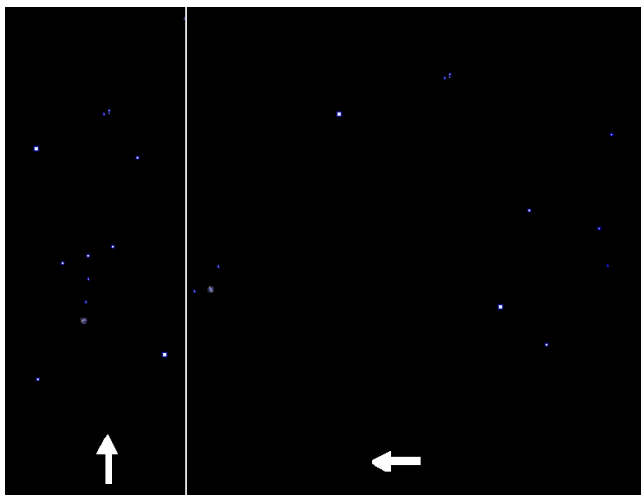
Για τους Κινέζους οι αμέτρητοι αστέρες είναι οι τρίχες της κεφαλής του δημιουργού θεού Παν-Κου, ενώ για τους αρχαίους Έλληνες οι αστερισμοί είναι οι ήρωες της μυθολογίας με τα προσωπικά των αντικείμενα , τα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούσαν όπως και τα τρόπαια των κατορθωμάτων των που οι θεοί τους έβαλαν στον ουρανό για να μείνουν για πάντα αθάνατοι όπως και έμειναν. Το λέμε αυτό γιατί σήμερα το 2000 μ.Χ όλοι οι αστρονόμοι κάνουν χρήση αυτών των ονομάτων διεθνώς προκειμένου να καθορίσουν μια ουράνια περιοχή όπου θα παρατηρήσουν έναν γαλαξία, ένα πονα ή έναν πλανήτη κλπ.

Οι λαμπρότεροι αστέρες στον ουρανό δεν φαίνεται ότι είναι τυχαία διεσπαρμένοι, αλλά ότι αποτελούν διάφορα γεωμετρικά σχήματα που ονομάζονται **αστερισμοί**. Στους αστερισμούς αυτούς με τη φαντασία τους όλοι οι αρχαίοι λαοί έβλεπαν διάφορα πρόσωπα, ζώα κλπ.

Το πότε ακριβώς εισήχθηκαν οι αστερισμοί δεν είναι εύκολο να καθορισθεί αλλά είναι βέβαιο ότι οι αστέρες κατετάγησαν σε αστερισμούς πριν 3000 έτη πρό Χριστού στην Μεσοποταμία. Πολλούς από αυτούς ονομάζει ο Όμηρος, ο Ησίοδος και οι Αιγύπτιοι, ενώ ο Ιώβ στην Παλαιά Διαθήκη αναφέρει την Άρκτο, τον Ωρίωνα και τις Πλειάδες.

Εδώ θα κάνουμε μια παρατήρηση. Τα γεωμετρικά σχήματα των αστερισμών είναι αποτέλεσμα προοπτικής που εξαρτάται από την θέση που έχει ο ήλιος και η γή στον συγκεκριμένο χώρο του διαστήματος και από την γωνία από την οποία παρατηρούνται οι αστέρες κάθε αστερισμού (σχήμα) όπως και από τον χρόνο. Η πρώτη παρατήρηση έχει να κάνει με την θέση του παρατηρητή μέσα στον γαλαξία. Είναι προφανές ότι αν μετατοπίζαμε την γή σε απόσταση χιλιάδων ετών φωτός, τότε τα σχήματα των αστερισμών θα ήταν τελείως διαφορετικά από αυτά που βλέπουμε. Επίσης αν αλλάζαμε την γωνία παρατήρησης των αστερισμών στον χώρο θα είχαμε διαφορετικά σχήματα. Στην διπλανή εικόνα στα αριστερά παριστάνεται η όψη του αστερισμού του Ωρίωνος όπως την βλέπουμε. Στο δεξιό μέρος αυτή αλλάζει τελείως αν θα παρατηρούσαμε τους αστέρες με διαφορετική γωνία στον χώρο. Επειδή όλοι οι αστέρες του γαλαξία μας περιστρέφονται γύρω από αυτόν, είναι φανερό ότι σε πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (χιλιάδων ετών) τα σχήματα των αστερισμών αλλάζουν όψη.

**Αστερισμοί και Ελληνική μυθολογία.** Υπάρχει εκεί στον ουρανό μέχρι σήμερα και θα υπάρχει εφ' όσον θα υφίσταται πολιτισμός ο **Ηρακλής** που έχει στο δεξί



του χέρι το ρόπαλό του και στο αριστερό το κλαδί της μηλιάς με τα χρυσά μήλα των Εσπερίδων όπως και τον τρικέφαλο Κέρβερο, τον φύλακα των βασιλείων του Άδη. Στους ώμους του φέρει την δορά του λέοντος της Νεμέας, και με το πόδι του πατάει τον Δράκοντα δηλαδή την Λερναία Ύδρα. Είναι ακόμα στον ουρανό ο **Περσέας**, ο γιός του Διός και της Δανάης φορώντας τα φτερωτά πέδιλα της Αθηνάς και φαίνεται ο δρόμος τον οποίο ακολούθησε σπεύδοντας για την σωτηρία της Ανδρομέδας, διότι είναι γεμάτος από σκόνη, είναι ο δρόμος του Γαλαξία. Στο χέρι του κρατάει το "γοργόνιο", το μαγικό κεφάλι της Μέδουσας η οποία έχει την ικανότητα να απολιθώνει αυτούς που την βλέπουν, διότι ο αστέρας ο οποίος την εκπροσωπεί "σβύνει" και "ανάβει" κάθε δύο ημέρες. Είναι ο περίφημος μεταβλητός Αλγόλ. Κοντά στον Περσέα ευρίσκεται η **Ανδρομέδα** αλυσοδεμένη, την οποία τρέχει να την σώσει από το φοβερό Κήτος στο οποίο την προσέφεραν οι γονείς της σαν θυσία για εξίλασμό του Ποσειδώνος και των Νηρηίδων. Ο Περσέας έχει κατέβει από το φτερωτό άλογό του τον **Πήγασο** που βγήκε από την κεφαλή της Μέδουσας της οποίας έκοψε το κεφάλι ο ήρωας. Αλλά και οι βασιλείς γονείς της Ανδρομέδας ο Κηφέας και η Κασσιόπη μεταφέρθηκαν από την Αιθιοπία εκεί, στο βόρειο μέρος του ουρανού. Η **Κασσιόπη**, η αλαζόνα γυναίκα, που θεωρούσε ότι είναι ομορφότερη από τις Νηρηίδες χάριν της οποίας έπασχε η Ανδρομέδα, κάθεται στον θρόνο της αλυσοδεμένη όπως και η κόρη της και είναι καταδικασμένη να περιστρέφεται γύρω από τον πόλο του ουρανού χωρίς να μπορεί να δύσει στα νερά του ωκεανού. Ο βασιλιάς **Κηφέας** λυπημένος δίπλα της βλέπει την σκληρή τύχη της.

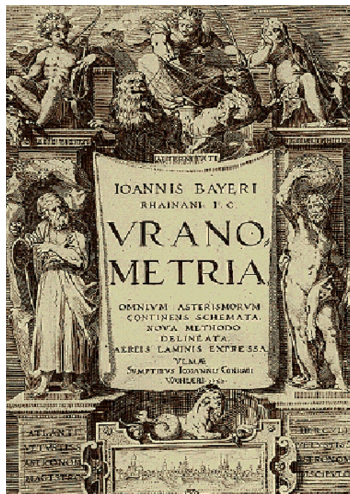
Είναι ακόμα στον ουρανό η νύμφη Καλλιστώ, η θυγατέρα του βασιλέα της Αρκαδίας Λυκάονος η οποία μαζί με τον Δία γέννησε τον Αρκάδα και προκάλεσε την δίκαια οργή της Ήρας η οποία για να την εκδικηθεί την μεταμόρφωσε σε αρκούδα. Η άρκτος Καλλιστώ συναντά τον γιό της Αρκάδα και τρέχει να τον αγκαλιάσει, αλλά ο Αρκάδας δεν αναγνωρίζει την μητέρα του και θέλει να την σκοτώσει. Ο Ζεύς όμως προλαβαίνει τον Αρκάδα και αφού αρπάζει μητέρα και γιό και τους τοποθετεί στον βόρειο ουρανό, την μεν Καλλιστώ σαν την **Μεγάλη Άρκτο**, την κορωνίδα του βορείου ημισφαιρίου, τον δε Αρκάδα κοντά της σαν την **Μικρά Άρκτο**. Η Ήρα όμως θυμώνει για την μεγάλη τιμή και συνιστά στην Θέτιδα και τον Ωκεανό να απαγορεύσει να λούζονται κάτω από τον ορίζοντα και να παραμένουν αιφανείς αστερισμοί. Ο **Βοώτης** με τους **Θηρευτικούς Κύνες**, τον Αστερίωνα και την Χαρά συνέχεια τις καταδιώκει. Υπάρχει ακόμα στον ουρανό ο γιός του Ηφαίστου και της Γής ο Ερεχθέας ο **Ηνίοχος** αυτός που οδήγησε το πρώτο άρμα κρατώντας την αίγα Αμάλθεια από το γάλα της οποίας μεγάλωσε ο Δίας όταν ήταν μωρό. Αλλά και ο **Βόρειος Στέφανος** είναι το στεφάνι που τοποθετήθηκε στον ουρανό που έχει τον Μαργαρίτη ο οποίος προσφέρθηκε στην Αριάδνη που εγκατέλειψε ο Θησέας στην Νάξο. Η **Λύρα** του Ορφέα έχει επίσης αποθανατισθεί στον ουρανό, όπως και ο **Δελφίν** που έσωσε τον μουσικό Αρίωνα όταν αυτός επιστρέφοντας από την Ιταλία στην Κόρινθο συνελήφθηκε από τους άνδρες του και πετάχθηκε στην θάλασσα αφού έπαιξε για τελευταία φορά και μάγεψε τα θαλάσσια κήτη. Αλλά και ο **Κύκνος**, ο γιός του Άρη και στενός φίλος του Φαέθοντα συνεχίζει να βουλιάζει στον Ηριδανό ποταμό αναζητώντας ακόμα τον γιό του Απόλλωνα που κατακεραυνώθηκε από τον Δία, μόνο που οι θεοί επειδή θύμωσαν από την επίμονη αναζήτηση, τον μεταμόρφωσαν σε πτηνό. Κοντά στον Κύκνο ο **Αετός**, το πτηνό που φέρνει τον κεραυνό του Δία μαζί με τον Γανυμήδη, τον οιονόχο του Διός τον οποίο κρατάει στα νύχια του.

Κατά μήκος του ζωδιακού υπάρχει ο **Κριός** τον οποίον έστειλε ο Ερμής να παραλάβει τον Φρίξο και την Έλλη για να τους μεταφέρει στην Κολχίδα και ο **Ταύρος** στον οποίο μεταμορφώθηκε ο Δίας για να αρπάξει την Ευρώπη από την Φοινίκη, ενώ οι Πλειάδες που βρίσκονται κοντά του είναι οι κόρες της Πλειόνης, η Αλκυόνη, η Ηλέκτρα, η Μαία, η Μερόπη, η Ταυγέτη, η Πλειόνη, η Κελαινώ και η Αστερόπη και οι Υάδες είναι οι κόρες του Άτλαντα. Κοντά στον Ταύρο οι **Λίδυμοι** ο Κάστορας και ο Πολυδεύκης οι γιοί του Δία, οι Αργοναύτες ήρωες οι προστάτες των ναυτικών και έπειτα ο **Καρκίνος** τον οποίο έστειλε η Ήρα να ενοχλεί τον Ηρακλή που παλεύει με την Λερναία Ύδρα και τον οποίο αφού σκότωσε με το πόδι του ο Ηρακλής, η Ήρα τον τοποθέτησε στον ουρανό. Δίπλα στον Καρκίνο ο **Λέων**, το φοβερό λιοντάρι της Νεμέας και μετά από αυτόν η **Παρθένος** Περσεφόνη, η κόρη της Δήμητρας με τον στάχυ της την οποία άρπαξε ο Πλούτωνας. Κοντά της ευρίσκεται ο **Σκορπιός** τον οποίο έστειλε ο Απόλλωνας να ενοχλεί τον Ωρίωνα και τον οποίο μόλις είδε ο Φαέθοντας έχασε την ψυχραιμία του και εγκατάλειψε τα ηνία του άρματος του ηλίου που οδηγούσε. Μετά από τον Σκορπιό, ο **Τοξότης** Κένταυρος ο προστάτης των κυνηγών και ο **Αιγόκερως**, το ζώο με κεφάλι και σώμα κατσίκας και ουρά ψαριού στο οποίο μεταμορφώθηκε ο Πάνας όταν οι θεοί διώχθηκαν από τον Όλυμπο από τους Τιτάνες. Μετά από αυτόν ο **Υδροχόος** Γανυμήδης, τον οποίο άρπαξε ο Αετός για να προσφέρει νέκταρ στον Δία και τέλος οι **Ιχθύες** οι οποίοι βοήθησαν την Αφροδίτη με τον Έρωτα να κρυφτούν σε ασφαλές μέρος όταν αυτοί ρίχθηκαν στον Ευφράτη για να κρυφτούν από τον Τυφώνα.

Επίσης είναι εκεί στον ουρανό ο **Όφις** που έπνιξε τον **Οφιούχο** Λαοκόοντα τον προδότη του Τρωικού έπους. Στόν νότιο ουρανό ο γίγαντας **Ωρίωνας** ο γιός του Ποσειδώνος και της Ευρυάλης με το ρόπαλό του κατά του Ταύρου προσπαθεί να πλησιάσει τις επτά κόρες της Πλειόνης και την Μερόπη με την οποία είναι ερωτευμένος. Κοντά του ευρίσκονται οι δύο σκύλοι του που χρησιμοποιούσε στα κυνήγια του ο **Μεγάλος Κύων** και ο **Μικρός Κύων**. Πιό νότια ευρίσκεται η Αργώ, το πλοίο των Αργοναυτών από το οποίο υπάρχουν η **Τρόπις**, η **Πρύμνη** και τα **Ιστία**. Αλλά και ο **Κένταυρος** Χείρων ο μεγάλος δάσκαλος που πρώτος ονόμασε τους αστερισμούς ευρίσκεται στον ουρανό και κοντά του το **Θηρίο** που σκότωσε.

**Ονομασίες αστέρων και πλήθος των αστερισμών.** Πρώτος ο αρχαίος Έλληνας αστρονόμος Ίππαρχος τον 2ον π.Χ αιώνα δημιούργησε έναν κατάλογο όλων των αστέρων που διέκρινε στον ουρανό ταξινομώντας τους κατά σειρά φαινομένης λαμπρότητας και αργότερα τον 1ον μ. Χ αιώνα ο Κλαύδιος Πτολεμαίος πραγματοποιεί μια λεπτομερή των περιγραφή στο Ζ' και Η' κεφάλαια της "Αλμαγέστης" όπου μνημονεύει 48 αστερισμούς οι οποίοι περιέχουν συνολικά 944 αστέρες όπως και άλλους 95 οι οποίοι δεν ανήκουν στους περιγραφέντας αστερισμούς, και 18 άλλα αντικείμενα ( νεφελοειδείς και συστροφές αστέρων ). Μετά από 800 περίπου έτη ο Αραβας αστρονόμος Άλ-Σουφί αναπροσάρμοσε τον κατάλογο του Πτολεμαίου και το έτος 1437 έγιναν μικρές προσθήκες. Από το έτος 1608 και μετά εισάγονται και άλλοι αστερισμοί τους οποίους δεν περιελάμβανε ο Ίππαρχος όπως η Κόμη Βερενίκης, η Ασπίς του Σοβιέσκι κλπ. όπως και οι αστερισμοί του νοτίου ημισφαιρίου οι οποίοι είναι αθέατοι από το βόρειο (Τουκάνα, Ωρολόγιον, Οκτάς κλπ).

Το έτος 1603 ο J. Bayer στο έργο του "Ουρανομετρία" καθιερώνει τα μικρά γράμματα του Ελληνικού αλφαβήτου προκειμένου να καθορίσει έναν-έναν τους αστέρες κάθε αστερισμού. Γιά παράδειγμα ο λαμπρότερος αστέρας του αστερισμού συμβολίζεται με το α, ο αμέσως επόμενος σε λαμπρότητα ή



σπουδαιότητα με το β, το γ κλπ και όταν εξαντληθούν τα 24 γράμματα, τότε γίνεται χρήση των λατινικών γραμμάτων.

Το έτος 1725 δημιουργείται ένας νέος κατάλογος, με τίτλο "Historia coelestis Britannica" σύμφωνα με τον J. Flamsteed (1646-1719). Τα ονόματα των αστερών κάθε αστερισμού αντικαθίστανται με τους αριθμούς 1,2,3 κόκ. Σήμερα η αρίθμηση του Flamsteed χρησιμοποιείται μόνον σαν συμπλήρωμα για αστερισμούς, των οποίων οι αστέρες που δεν έχουν ελληνική ονομασία.

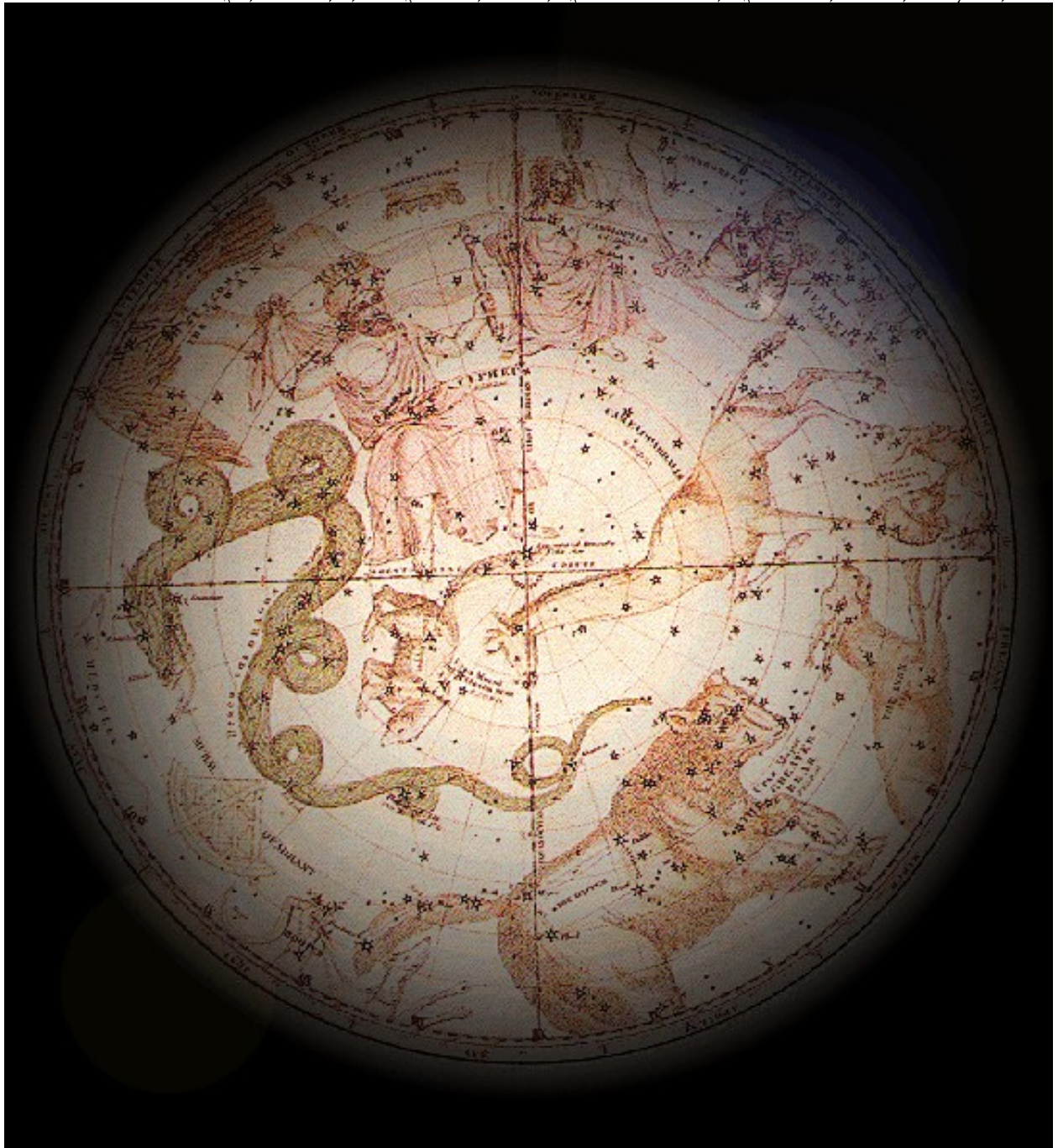
Εκτός από αυτές τις ονομασίες τις οποίες μεταχειριζόμαστε σήμερα, έχει καθιερωθεί σε λαμπρούς αστέρες ένα ιδιαίτερο όνομα είτε ελληνικό, είτε λατινικό, είτε αραβικό. Π.χ ο αστέρας α Ηνιόχου έχει ίδιο ελληνικό όνομα Αίξ ή Capella (λατινικά), ο α Ταύρου λέγεται Λαμπαδιάς, ο α Μεγάλου Κυνός Σείριος, ο α Διδύμων Κάστωρ, ο α Παρθένου Στάχης κλπ. Όμως τα περισσότερα ίδια ονόματα των αστερών είναι αραβικής προελεύσεως όπως για παράδειγμα ο α Λύρας λέγεται Βέγας, ο α Αετού Αλτάιρ, ο α Ωρίωνος Μπετελκέζ, ο α Περσέως Μιρφάκ κόκ.

Στην "Ουρανομετρία" του J.Bayer του 1603 υπάρχουν πολύ ωραίες παραστατικές εικόνες με τις φιγούρες των διαφόρων αστερισμών και το έργο αυτό χαρακτηρίζεται σαν κειμήλιο όπως και ο άτλαντας του Flamsteed (1727). Οι ουράνιοι χάρτες επίσης είναι δυνατόν να παρουσιάζουν τους αστερισμούς είτε με ευθείες γραμμές οι οποίες ενώνουν τους κυριώτερους αστέρες, είτε με την απεικόνιση των ορίων κατά την οποία περικλείονται τα όρια των αστερισμών σε σχέση με τις ουρανογραφικές συντεταγμένες (ορθή αναφορά, απόκλιση).

Ο αριθμός των αστερισμών ανέρχεται σε 88 αλλά όμως όλοι δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν από ένα μέρος λόγω της καμπυλότητας της γής σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Στά γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδος είναι ορατοί 69 αστερισμοί ενώ οι υπόλοιποι είναι αφανείς και μόνον στους τόπους του ισημερινού είναι δυνατόν να παρελάσουν και οι 88 αστερισμοί ανατέλλοντες και δύοντες. Για το γεωγραφικό πλάτος των Αθηνών (38ο) όπως αναφέραμε στον Α' τόμο σελ.14 δημιουργούνται 2 ζώνες παρατηρήσεως αστερισμών, η ζώνη των **αειφανών αστερισμών** δηλ. των αστερισμών εκείνων οι οποίοι ούτε ανατέλλουν ούτε δύουν αλλά που φαίνονται όλες τις εποχές του έτους να διαγράφουν κύκλους γύρω από τον βόρειο ουράνιο πόλο ο οποίος στην εποχή μας καθορίζεται από τον αστέρα α Μικρής Άρκτου. Η δεύτερη ζώνη παρατηρήσεως περιλαμβάνει τους **αμφιφανείς αστερισμούς**, εκείνους δηλ. οι οποίοι ανατέλλουν και δύουν και είναι ορατοί ορισμένες ώρες και εποχές του έτους.

**Αναγνώριση των αστερισμών.** Προκειμένου να αναγνωρίσουν και να εξοικειωθούν οι φίλοι της αστρονομίας με τους αστερισμούς στην αρχή βέβαια είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας καθαρός και χωρίς φάτα ουρανός όπου θα διακρίνονται και οι αμυδροί αστέρες. Έτσι σαν πρώτο στάδιο απαιτείται η αναγνώριση μερικών βασικών αστερισμών με την βοήθεια των οποίων ευρίσκονται και οι γειτονικοί. Επίσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση ο ακριβής προσανατολισμός του παρατηρητή σε σχέση με τα τέσσερα σημεία του ορίζοντος. Ένας σπουδαίος άν όχι ο σπουδαιότερος αστερισμός είναι αυτός της **Μεγάλης Άρκτου** που φαίνεται ευδιάκριτα στον βόρειο ουρανό. Απέναντί του ευρίσκεται η **Μικρά Άρκτος** με τον **Πολικό αστέρα** γύρω από τον οποίο φαίνεται ότι περιστρέφεται η ουράνιος σφαίρα εντός 24 ωρών. Όπως είναι γνωστό λόγω της περιστροφής της γής γύρω από τον ήλιο και της ημερήσιας περιστροφής γύρω από τον άξονα υπάρχει μια συνεχής

διαφοροποίηση των όψεων των αστερισμών που παρατηρούνται από έναν τόπο σε μια εποχή του έτους και σε μια δεδομένη ώρα.  
Τον χειμώνα και στο τέλος της εσπέρας είναι η κατάλληλη εποχή να παρατηρηθεί στα νοτιοανατολικά ο μεγάλος αστερισμός του **Ωρίωνος** που





Ιστορικός χάρτης του βορείου ημισφαιρίου του ουρανού (Marmuchi, 1842).



Οι λαμπρότεροι αστερισμοί του χειμώνα στα νοτιοανατολικά.

Ωρίωνος προς τα νοτιοανατολικά, θα συναντήσουμε τον λαμπρότερο αστέρα του ουρανού που λέγεται **Σείριος**. Ο Σείριος είναι ο α του αστερισμού του **Μικρού Κυνός**, ένας κοντύνος αστέρας στον ήλιο μας αφού απέχει από αυτόν μόνον 8 έτη φωτός. Εάν σύρουμε το βλέμμα μας βορειοανατολικά του θα συναντήσουμε έναν άλλο λαμπρό κοντύνο αστέρα, τον **Προκύωνα** που απέχει 11 έτη φωτός. Ο Προκύων είναι ο α του αστερισμού του **Μικρού Κυνός**. Ακόμα πιο βόρεια συναντούμε τον αστερισμό των **Διδύμων** που σχηματίζεται από ένα λαμπρό τετράπλευρο. Οι λαμπρότεροι αστέρες είναι ο α (**Πολυδεύκης**) και ο β (**Κάστωρ**).

Με αφετηρία πάλι τους αστέρες της ζώνης του Ωρίωνος προεκτείνοντας την ευθεία των προς τα βορειοδυτικά συναντούμε έναν άλλο λαμπρό κόκκινο αστέρα, τον α του αστερισμού του **Ταύρου** ή αραβικά **Αλδεβαράν** ή ελληνικά **Λαμπαδία**. Ο Λαμπαδίας απέχει από τον ήλιο 62 έτη φωτός και προβάλλεται Ιστορικός χάριτης του βορείου ημισφαιρίου του ουρανού (Alexander Jamieson, 1822) μέσα σε μια ανοικτή συστροφή αστερών τις **Υαδες** οι οποίες απέχουν 140 έτη φωτός. Βορειότερα του Αλδεβαράν στην ίδια ευθεία συναντούμε άλλη μια σπουδαία συστροφή αστερών πιο ευδιάκριτη στο γυμνό μάτι. Είναι οι περίφημες **Πλειάδες** οι οποίες απέχουν 400 έτη φωτός, η Πούλια με το λαϊκό της όνομα. Ακόμα πιο βόρεια του Ταύρου σχηματίζεται το λαμπρό πεντάγωνο του **Ηνιόχου** με έναν άλλο λαμπρό κίτρινο αστέρα την **Αίγα** ή λατινικά



~~Capella. Είναι ένας γίγαντας αστέρας 50 φορές πιο μεγάλος από τον ήλιο σε απόσταση 45 ετών φωτός.~~

Το λαμπρό θερινό τρίγωνο των αστερων Βέγας-Δενέμπ-Αλτάιρ.

Στόν ουρανό του καλοκαιριού δεσπόζουν με επιβλητικότητα τρεις λαμπροί αστέρες, ο **Βέγας**, ο **Δενέμπ** και ο **Αλτάιρ** οι οποίοι αν συνδεθούν νοητά με ευθεία γραμμή σχηματίζουν ένα τρίγωνο που λέγεται **θερινό τρίγωνο**. Ο λαμπρότερος αστέρας για το βόρειο ημισφαίριο είναι ο Βέγας, ο α του αστερισμού της Λύρας ενός μικρού αστερισμού, που απέχει από τον ήλιο 27 έτη φωτός και έχει φαινόμενο μέγεθος 0,1. Αριστερά και κάτω του Βέγα είναι ο αστερισμός του Κύκνου οι λαμπρότεροι αστέρες του οποίου σχηματίζουν ένα σταυρό από τον οποίο διέρχεται η ζώνη του γαλαξία η οποία και διχάζεται. Ο λαμπρότερος αστέρας του αστερισμού είναι ο Δένεμπ με φαινόμενο μέγεθος 1.3 και απόσταση 544 έτη φωτός. Είναι ένας γίγαντας αστέρας αλλά επειδή ευρίσκεται 20 φορές πιο μακριά από τον Βέγα ο οποίος είναι νάνος, φαίνεται αμυδρότερός του. Στόν δρόμο του γαλαξία είναι και ο αστερισμός του Αετού με τον λαμπρότερο αστέρα του τον Αλτάιρ που στα αραβικά σημαίνει αετός πετάμενος. Ο Αλτάιρ λάμπει με φαιν. μέγεθος 0,8 στην απόσταση των 17 ετών φωτός, δηλαδή σχετικά κοντά στον ήλιο.

Οι περισσότεροι αστερισμοί δεν έχουν την στοιχειώδη ομοιότητα με τις φιγούρες που παριστάνουν και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μεγάλη φαντασία προκειμένου να τους αναγνωρίσουμε, όμως υπάρχουν άλλοι όπως ο Σκορπίος, η διάταξη των αστερων του οποίου παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το ζώο εκείνο. Ο αστερισμός του **Σκορπίου** είναι ορατός τις καλοκαιρινές νύχτες στον νότιο ουρανό, ενώ ο λαμπρότερος αστέρας του είναι ένας

κόκκινος υπεργίγαντας που λέγεται **Αντάρης** επειδή συναγωνίζεται σε ερυθρότητα τον πλανήτη Άρη. Ο διπλανός αστερισμός του **Τοξότη** σχηματίζεται από ένα τετράπλευρο το οποίο προβάλλεται μέσα στην ζώνη του γαλαξία που σε εκείνη την περιοχή παρουσιάζει την μεγαλύτερη συγκέντρωση αστερών και αστρικών αθροισμάτων.

Στον φθινοπωρινό ουρανό προς τα βορειοανατολικά αξίζει να προσέξουμε ένα μεγάλο τετράπλευρο που είναι ο αστερισμός του **Πηγάσου**. Οι τρεις σε τεθλασμένη γραμμή αστέρες ανατολικά του τετραπλεύρου παριστάνουν τον αστερισμό της **Ανδρομέδας** μέσα στον οποίο διακρίνεται με γυμνό μάτι σαν μια συγκεχυμένη αμυδρή κηλίδα ο πλησιέστερος μεγάλος γαλαξίας στον γαλαξία μας, ο περίφημος νεφελοειδής της Ανδρομέδας σε μια απόσταση 2,1 εκατομμυρίων ετών φωτός !

Επάνω από την Ανδρομέδα τέσσερις λαμπροί αστέρες σχηματίζουν ένα κεφαλαίο W. Είναι ο αστερισμός της **Κασσιόπης**.

Στον ουράνιο θόλο ιδίως κατά την εποχή του θέρους διακρίνεται να υψώνεται η επιβλητική ζώνη του γαλαξία η οποία αφού διασχίσει τους αστερισμούς της **Κασσιόπης**, του **Κύκνου** όπου θα διχασθεί , της **Αλώπεκος**, του **Αετού** και της **Ασπίδος**, θα πλησιάσει στον νότο τον **Τοξότη** παρουσιάζοντας εκεί μεγάλη συγκέντρωση σε αστέρες και αθροίσματα αστερών.

Αντίθετα, τις νύκτες του χειμώνα ο γαλαξίας προβάλλεται στους αστερισμούς της **Πρύμνης**, του **Μεγάλου Κυνός**, του **Μονόκερω**, των **Διδύμων**, του **Ηνιόχου** και τέλος του **Περσέως** από όπου κατευθύνεται προς την **Κασσιόπη**.

Εκτός από τους χιλιάδες αστέρες που αποτελούν τους αστερισμούς, ο παρατηρητής με γυμνό οφθαλμό είναι δυνατόν να διακρίνει και διάφορα αστρικά αθροίσματα, δηλαδή ομάδες αστερών όπως τις **Πλειάδες** (Πούλια) και τις **Υάδες** στον Ταύρο, την **Φάνη** (μελίσσι) στον Καρκίνο, το **διπλό σμήνος** στον Περσέα, την **Σπάθη του Ωρίωνος** , το **σφαιρωτό σμήνος του Ηρακλέους** κλπ. όπως και τον περίφημο **γαλαξία της Ανδρομέδας** που ευρίσκεται στον ομόνυμο αστερισμό.

Στό τέλος αυτού του κεφαλαίου παραθέτουμε συγκεντρωτικούς χάρτες των αστερισμών του ουρανού σε πολικές απόψεις και σε μερκατορική προβολή όπου οι ονομασίες των αστερισμών είναι με λατινικά γράμματα. Οι ονομασίες των κυριωτέρων αστερών κάθε αστερισμού συμβολίζονται με την καθιερωμένη ονομασία των Bayer-Flamsteed και απεικονίζονται οι ορατοί με γυμνό οφθαλμό αστέρες με φαινόμενο μέγεθος +6,5 και με διαμέτρους ανάλογα με την λαμπρότητά των.

Στην μερκατορική απεικόνιση υπάρχουν έξι τμήματα χαρτών, δύο για κάθε ημισφαίριο, βόρειο και νότιο στο καθένα από τα οποία εκτείνεται ουράνια περιοχή ορθής αναφοράς μήκους 8 ωρών.

Τέλος, στην επόμενη σελίδα παρουσιάζονται ονομαστικά όλοι οι αστερισμοί με τα λατινικά των ονόματα και με τα διεθνή των σύμβολα προκειμένου να αναγνωρίζονται από την χρήση των χαρτών τους οποίους παραθέτουμε, όπως και τα ίδια ονόματα των κυριωτέρων αστερών κάθε αστερισμού στην πλειοψηφία των αραβικά.

Όνομα αστερισμού	Λατινική ονομασία	Διεθνές σύμβολο	Κυριώτερος αστέρας
------------------	-------------------	-----------------	--------------------

### ΑΕΙΦΑΝΕΙΣ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ

1. Μεγάλη Άρκτος	Ursa Major	Uma	Ντουμπέ
2. Μικρή Άρκτος	Ursa Minor	Umi	Πολικός αστήρ
3. Κασσιόπη	Cassiopeia	Cas	Σχεντήρ
4. Κηφέας	Cepheus	Ceph	Άλδεραμίν
5. Δράκων	Draco	Dra	Εταμίν
6. Καμηλοπάρδαλις	Camelopardalis	Cam	

### ΒΟΡΕΙΟΙ ΑΜΦΙΦΑΝΕΙΣ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ

7. Ανδρομέδα	Andromeda	And	Αλαμάκ
8. Τρίγωνον	Triangulum	Tri	
9. Περσέας	Perseus	Per	Μιρφάκ
10. Ηνίοχος	Auriga	Aur	Αίξ
11. Λύγξ	Lynx	Lnx	
12. Μικρός Λέων	Leo Minor	LMi	
13. Θερευτικοί Κύνες	Canes Venatici	Cnv	Καρδιά Καρόλου
14. Κόμη Βερενίκης	Coma Berenices	Com	Διάδεμα
15. Βοώτης	Bootes	Boo	Αρκτούρος
16. Βόρειος Στέφανος	Corona Borealis	CrB	Μαργαρίτης
17. Ἡρακλῆς	Herculis	Her	Ἴουλιανὸς
18. Ἐρπύριος	Serpens	Ser	
19. Ἰφιγένεια	Ophiucus	Oph	Ἰφιγένεια
20. Ἄστρο Βασίλειος	Scutum	Sc	
21. Λύρα	Lyra	Lyr	Ἰσίδωρος
22. Ἐπιφανής	Cygnus	Cug	Ἰσίδωρος
23. Ἄστρο Βασίλειος	Sagitta	Sag	
24. Ἄστρο Βασίλειος	Aquila	Aqui	Ἄστρο Βασίλειος
25. Ἄστρο Βασίλειος	Velpecula	Vel	
26. Ἄστρο Βασίλειος	Delphinus	Del	Ὁμάλιος
27. Ἐπίφανής	Equuleus	Equi	
28. Ὁμάλιος	Lacerta	Lac	
29. Πήγασος	Pegasus	Peg	Μαρκάβ

### ΖΩΔΙΑΚΟΙ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ

30. Ιχθύες	Pisces	Psc	Αρλίσιχα
31. Κριός	Aries	Ari	Αμάλ
32. Ταύρος	Taurus	Tau	Άλδεβαράν
33. Δίδυμοι	Gemini	Gem	Πολυδεύκης
34. Καρκίνος	Cancer	Cnc	Άκουμπενς
35. Λέων	Leo	Leo	Βασιλίσκος
36. Παρθένος	Virgo	Vir	Στάχυς
37. Ζυγός	Libra	Lib	Ζούμπεν Ελακράμπ
38. Σκορπιός	Scorpius	Sco	Αντάρης
39. Τοξότης	Sagittarius	Sag	Κάους
40. Αιγόκερως	Capricornus	Cap	Νταβί
41. Υδροχόος	Aquarius	Aqu	Σανταλσούντ

Όνομα αστερισμού	Λατινική ονομασία	Διεθνές σύμβολο	Κυριώτερος αστέρας
------------------	-------------------	-----------------	--------------------

### ΝΟΤΙΟΙ ΑΜΦΙΦΑΝΕΙΣ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ

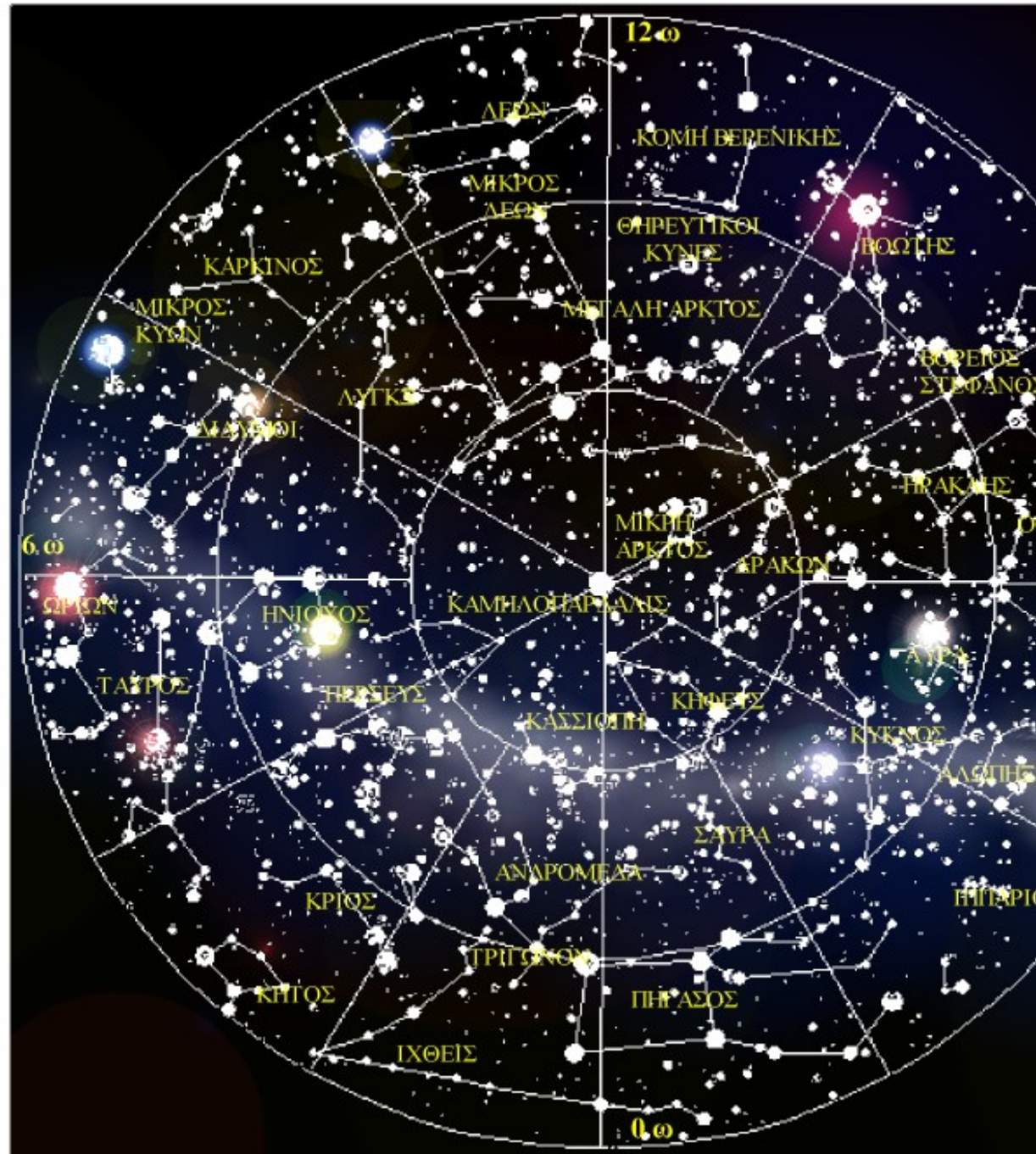
42. Κήτος  
 43. Ηριδανός  
 44. Ωρίων  
 45. Λαγώς  
 46. Περιστέρα

Cetus  
 Eridanus  
 Orion  
 Lepus  
 Columba

Cet  
 Eri  
 Ori  
 Lep  
 Col

Μίρα  
 Αχερνάρ  
 Μπετελκέζ  
 Αρνέμπα

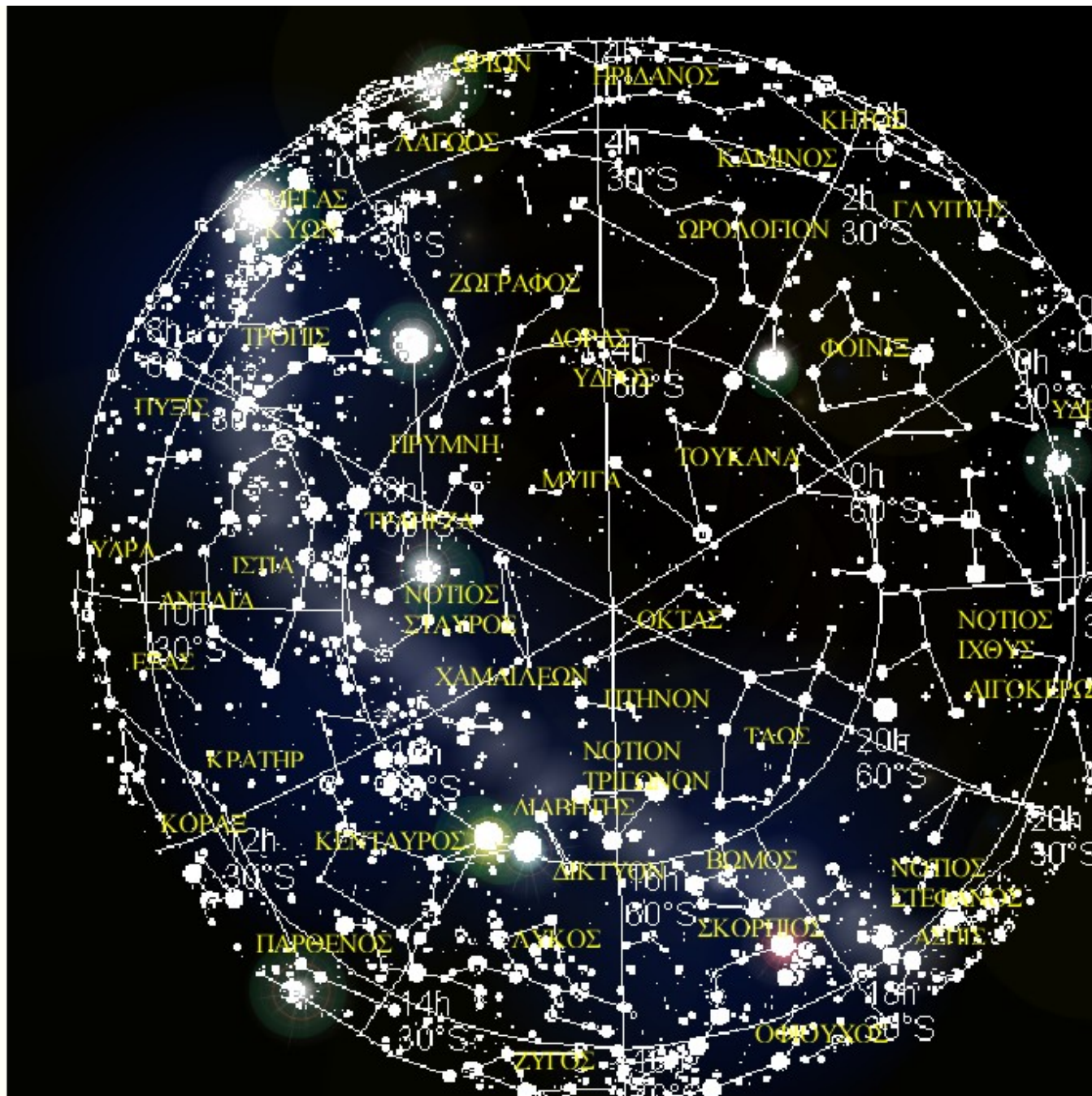
Το βόρειο ημισφαίριο του ουρανού

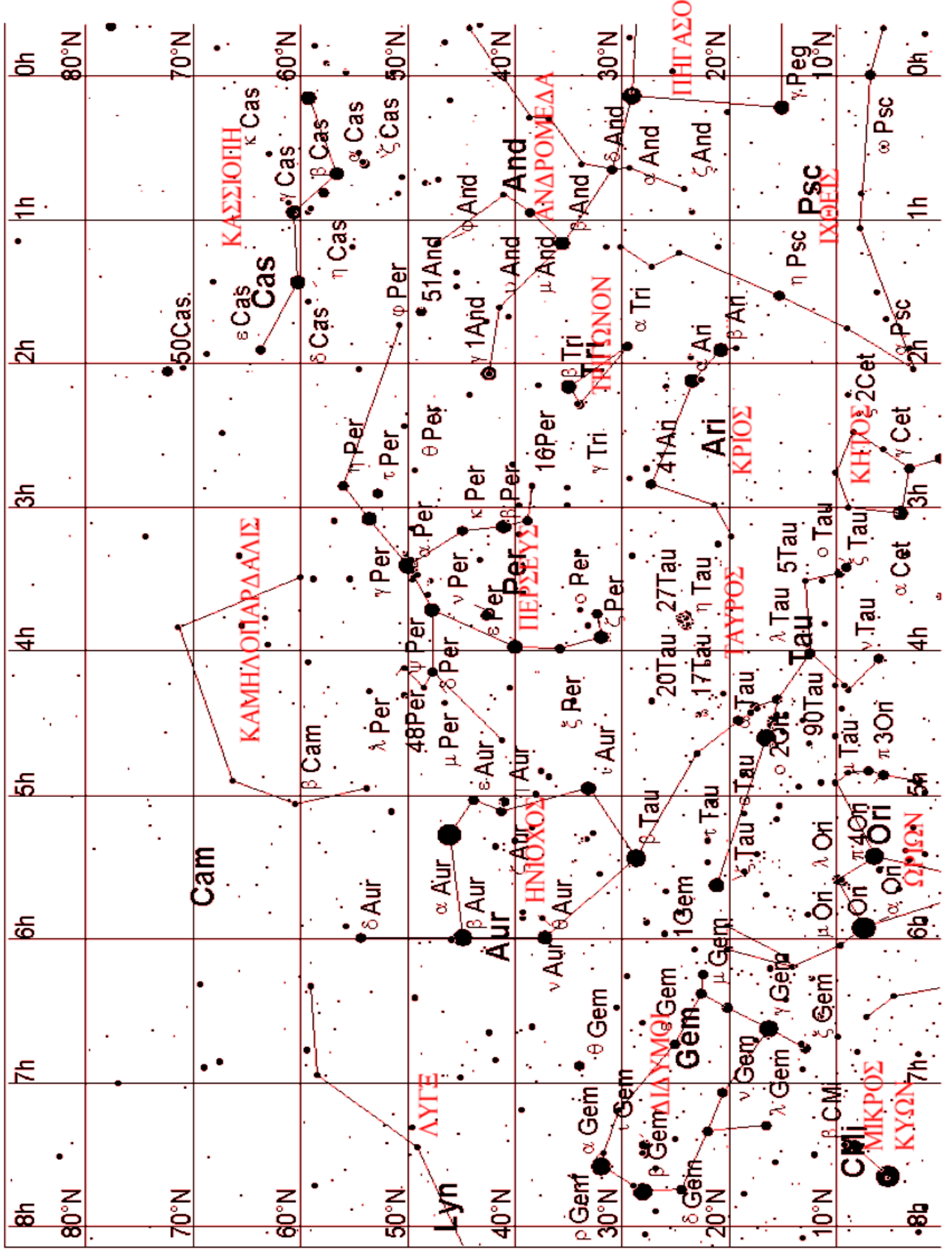


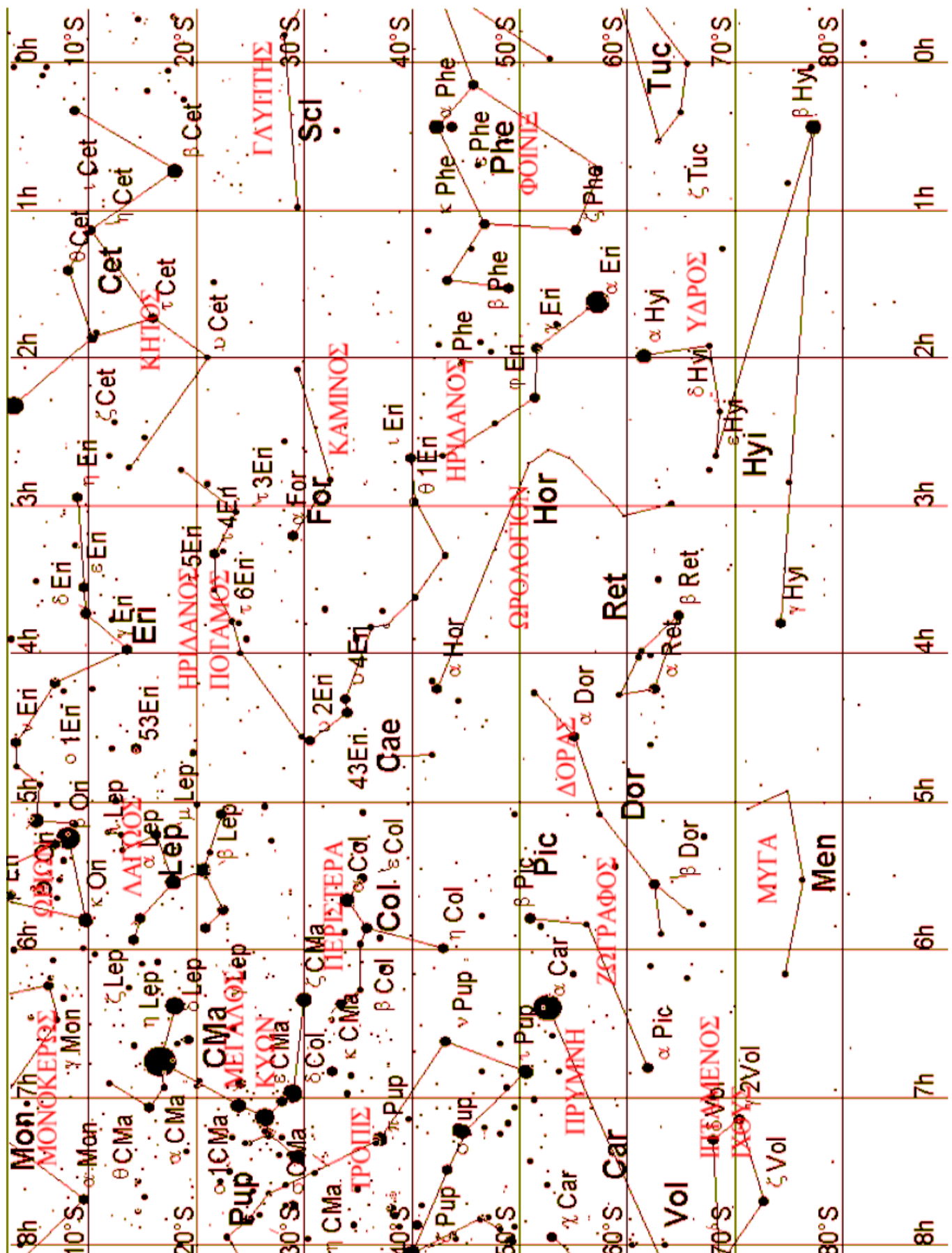
88. Ινδός.

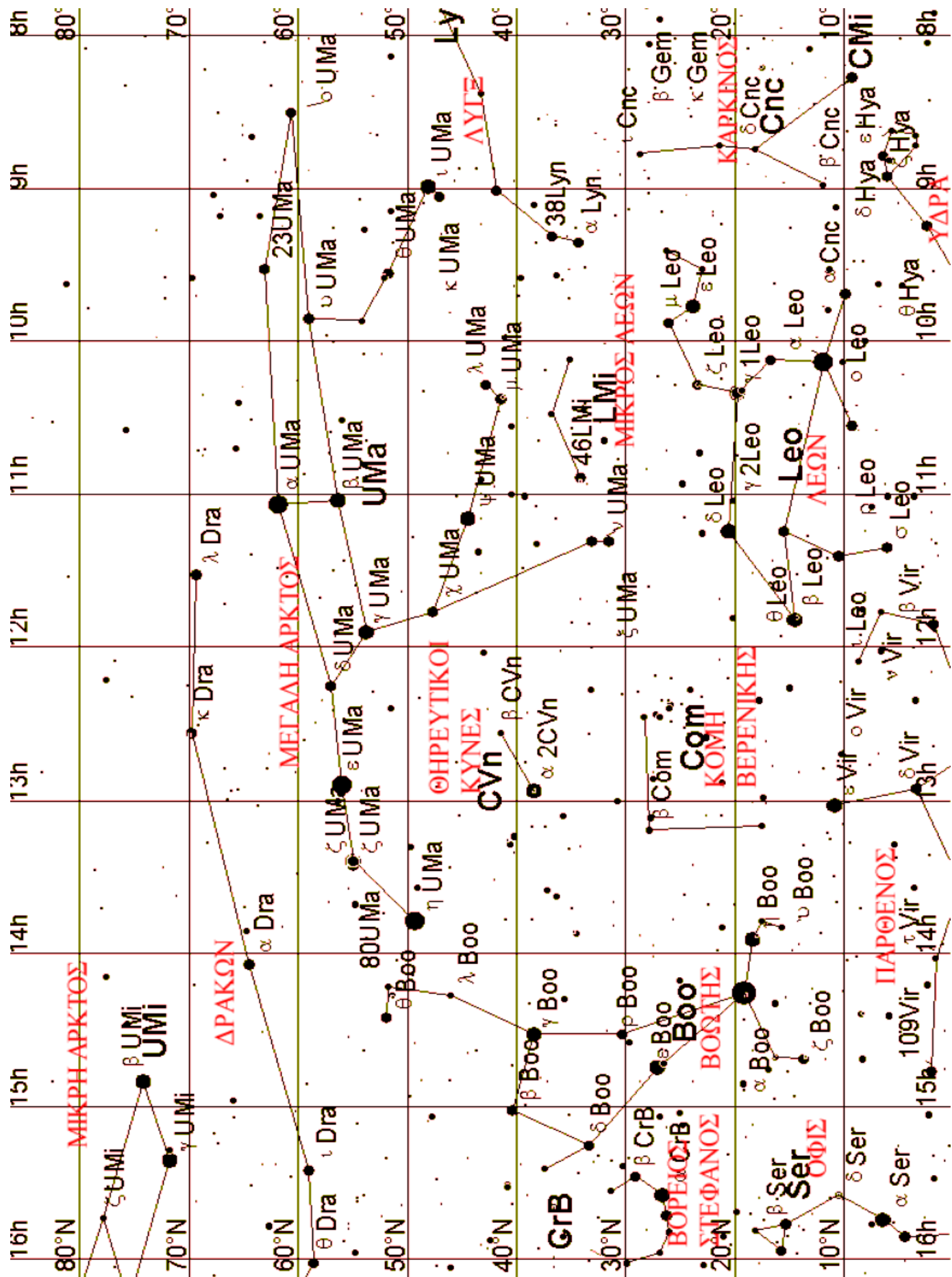
Indus

Ind









ΜΙΚΡΗ ΑΡΚΤΟΥΣ

ΔΡΑΚΩΝ

ΜΕΓΑΛΗ ΑΡΚΤΟΥΣ

ΘΡΕΠΤΙΚΟΙ ΚΥΝΕΣ

GrB

ΒΟΡΕΑΙΟΙ ΒΟΣΤΗΣ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ

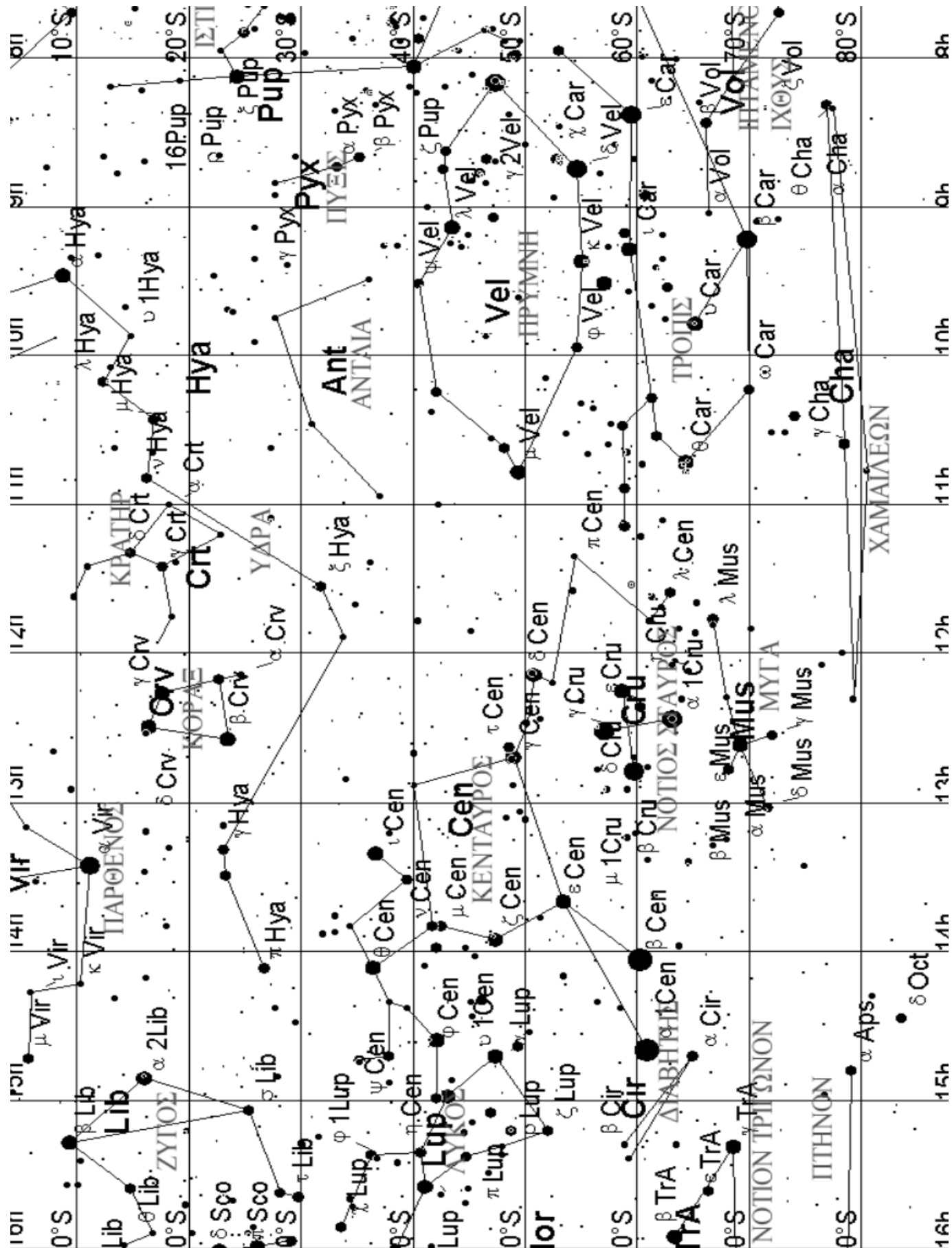
ΒΕΡΕΝΙΚΗΣ

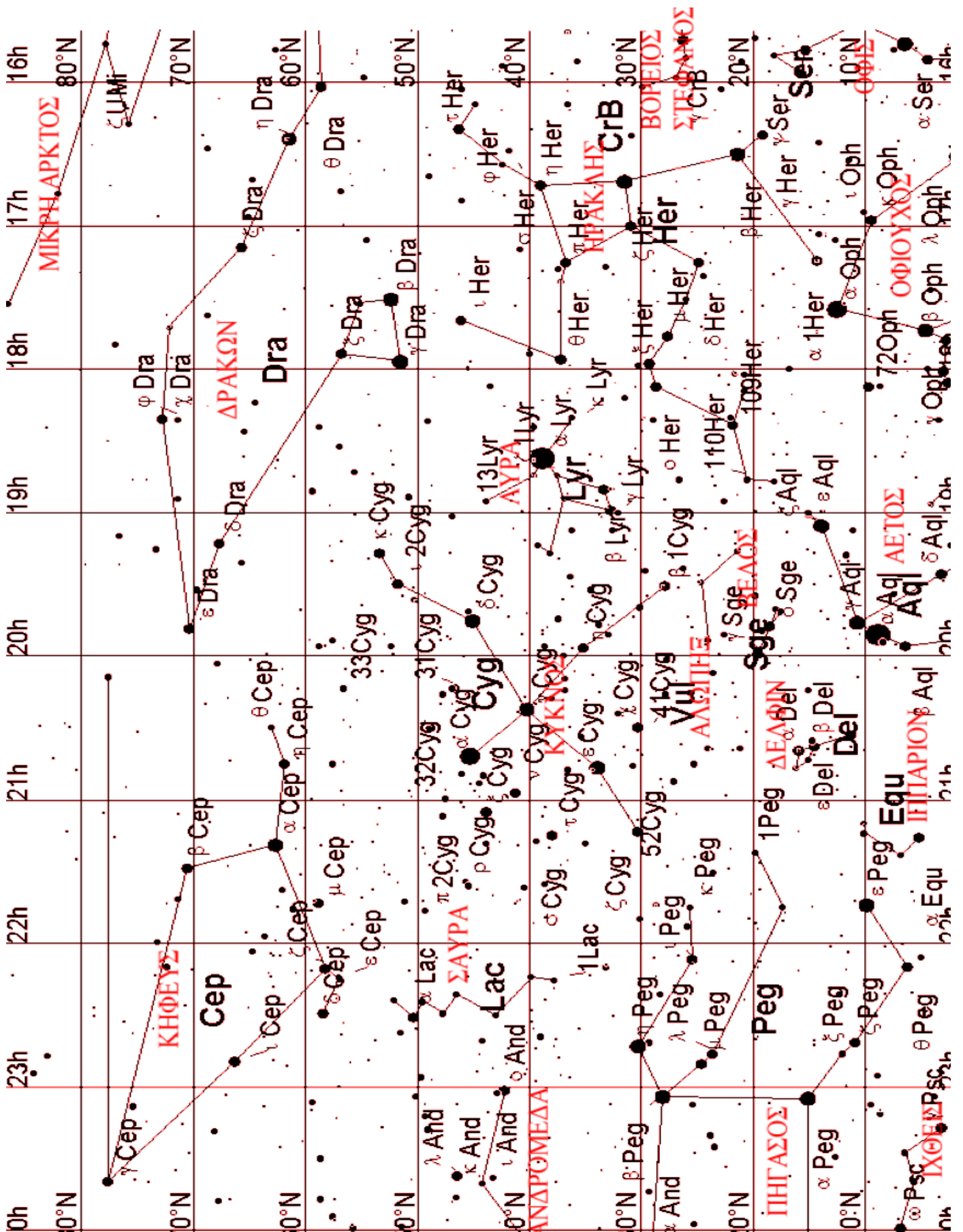
ΠΑΡΘΕΝΟΣ

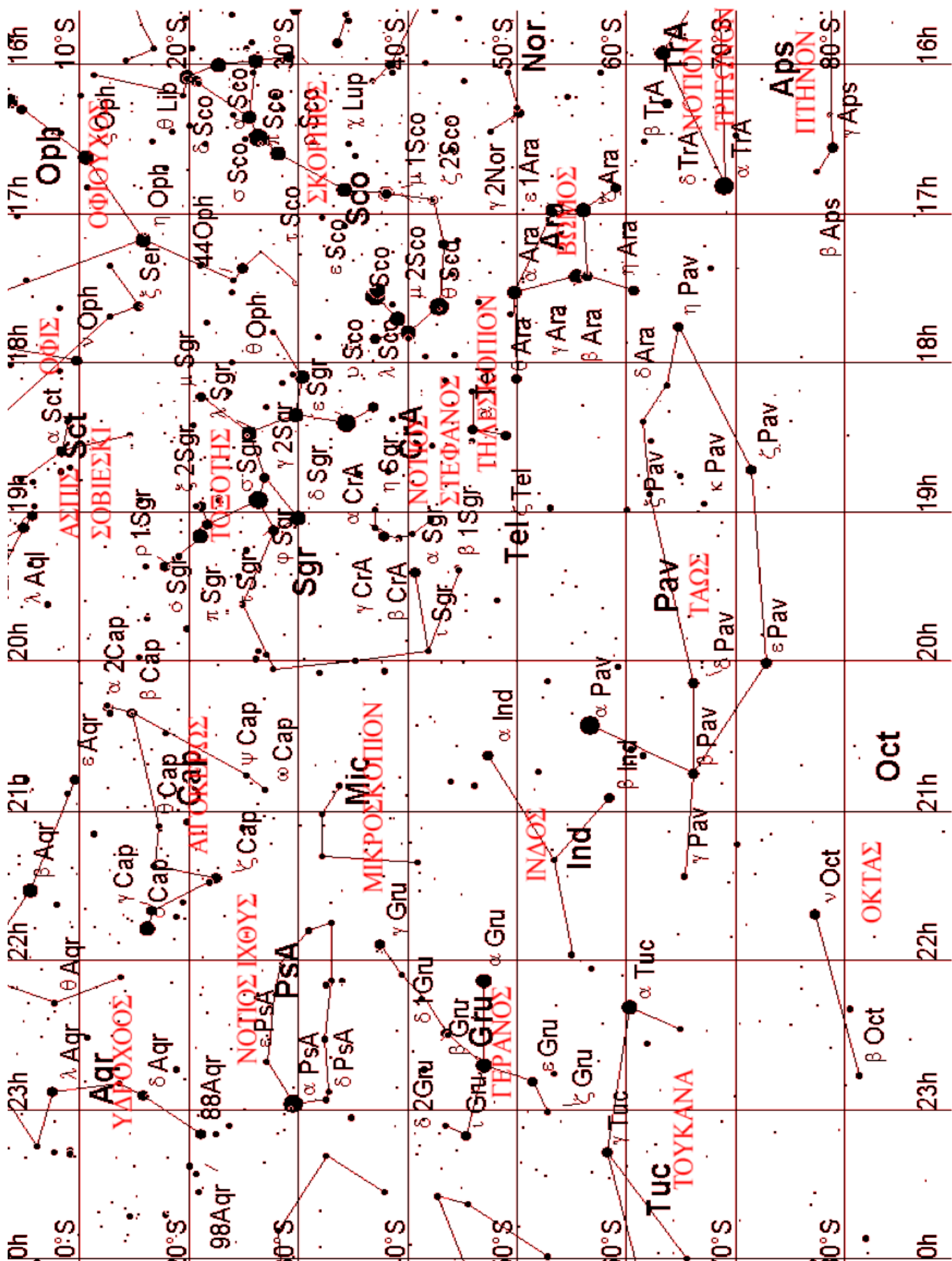
ΑΥΓΕ

ΚΙΡΚΙΝΟΣ

ΥΔΡΑ







## ΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ

**Γενικές έννοιες.** Με τον όρο αστέρας εννοούμε μια διάπυρη φωτεινή σφαίρα από αέρια η οποία παράγει ενέργεια που προέρχεται από θερμοπυρηνικές αντιδράσεις μετατροπής του υδρογόνου σε ήλιο μέσα από έναν υπέρθερμο πυρήνα. Η μικρότερη μάζα που απαιτείται για να αναλάμψει ένας αστέρας, είναι περίπου το 1/20 της μάζας του ηλίου. Επάνω από αυτό το όριο η βαρυτική ενέργεια λόγω συστολής στην αρχή ανεβάζει την θερμοκρασία του αστέρος σε ένα σημείο όπου τα άτομα του υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο με αποτέλεσμα την έκλυση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ένα τμήμα της οποίας είναι και το φώς. Οι ογκωδέστεροι αστέρες που υπάρχουν έχουν μάζα 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή του ηλίου. Η μάζα είναι ο καθοριστικός παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η θερμοκρασία, η λαμπρότητα και αυτή η ίδια η ζωή του αστέρος. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αστέρων μαζί με τον ήλιο έχει την εξής ποσοστιαία σύνθεση σε άτομα : 94% υδρογόνου, 5,9% ηλίου και λιγότερο από 0,1% άλλων χημικών στοιχείων. Από απόψεως βάρους έχουμε την σύνθεση 73% υδρογόνο, 25% ήλιον ,0,8% άνθρακας , 0,3% οξυγόνο και 0,9% άλλα στοιχεία.

**Αριθμός των αστέρων.** Οι αστέρες αποτελούν το κύριο συστατικό από το οποίο αποτελούνται οι γαλαξίες. Υπολογίζεται ότι μόνο ο γαλαξίας μας έχει 200 δισεκατομμύρια αστέρες και αν αναλογισθούμε ότι ο αριθμός των γαλαξιών στο σύμπαν ανέρχεται σε πολλά δισεκατομμύρια ή και τρισεκατομμύρια ακόμη σύν το γεγονός ότι υπάρχουν και γαλαξίες μεγαλύτεροι από τον δικό μας γαλαξία, τότε το συνολικό πλήθος των αστέρων του σύμπαντος στην καλύτερη περίπτωση θα παριστάνεται από έναν αριθμό , το νούμερο ακολουθούμενο από εκατοντάδες εκατοντάδων μηδενικών. Είναι δηλαδή σαν να λέγουμε ότι ο αριθμός των αστέρων του σύμπαντος είναι πολύ

μεγαλύτερος από όλους τους κόκκους της άμμου όλων των ακτών της υδρογείου ! Από την θέση την οποία έχει η γή στον γαλαξία μας ο αριθμός των παρατηρουμένων αστερών μέχρι το 21ον μέγεθος ανέρχεται περίπου σε 900 εκατομμύρια με μειωτική τάση αυξήσεως στα επόμενα φαινόμενα μεγέθη.

**Κατάλογοι των αστερών και χάρτες του ουρανού.** Πρώτος ο αρχαίος Έλληνας Ίππαρχος (190-120 π.Χ) το έτος 134 π.Χ είχε την ιδέα να δημιουργήσει έναν κατάλογο των αστερών του ουρανού αριθμώντας τους και περιγράφοντας την θέση τους ανά αστερισμό και κατά φαινόμενο μέγεθος , μια εργασία που όπως έλεγε και ο ίδιος στην οποία θα "οπισθοχωρούσε και ο ίδιος ο θεός". Οι θέσεις των αστερών υπολογίσθηκαν με το σύστημα των εκλειπτικών συντεταγμένων. Δυστυχώς όμως ο κατάλογος αυτός δεν διασώθηκε, αλλά υπήρξε η βάση επάνω στην οποία το έτος 129 μ.Χ ο Πτολεμαίος δημιούργησε έναν νέο ουράνιο κατάλογο ο οποίος παρουσιάζεται στα Ζ' και Η' κεφάλαια του έργου του "Μαθηματική Σύνταξη" που είναι γνωστή σαν Αλμαγέστη.

Στον κατάλογο αυτό κάθε αστέρας ονομάζεται από την θέση που κατέχει σε κάθε αστερισμό. Π.χ ο αστέρας Λαμπαδίας προσδιορίζεται σαν "ο νότιος οφθαλμός του Ταύρου". Στη συνέχεια παραθέτουμε έναν πίνακα των δημιουργηθέντων ανά τους αιώνες κυριωτέρων αστρικών καταλόγων μέχρι σήμερα:

#### ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΑΣΤΡΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ.

<i>Τίτλος Έργου/Αστρονόμος</i>	<i>Έτος δημιουργίας καταλόγου</i>	<i>Πλήθος αστερών καταλόγου</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
- <i>Ίππαρχος</i>	<i>134 π.Χ</i>	<i>* 1039</i>	<i>Δεν διασώθηκε</i>
- <i>Πτολεμαίος</i>	<i>137 μ.Χ</i>	<i>* 1039</i>	<i>Ο αρχαιότερος κατάλογος</i>
- <i>Αλ-Σουφί</i>	<i>9ος αιώνας</i>	<i>* 1039</i>	<i>Διορθώσεις θέσεων αστερών Πτολεμαίου και αραβικές ονομασίες αστερών</i>
- <i>Ουλούγ-Βέγ</i>	<i>1437</i>	<i>* 1039</i>	<i>Συμπληρώσεις καταλόγου Αλ-Σουφί</i>
- <i>Τύχων Βράχιος</i>	<i>1594</i>	<i>* 1005</i>	<i>Νέος κατάλογος</i>
- <i>J. Bayer -Ουρανομετρία</i>	<i>1609</i>	<i>*1277</i>	<i>Νέος κατάλογος</i>
- <i>Κέπλερ</i>	<i>1660</i>	<i>*1008</i>	<i>Διορθώσεις καταλ. Bayer</i>

-	<i>Eβέλιους</i>	1690	*1553	<i>Νέος κατάλογ</i>
-	<i>Flamsteed</i>	1725	2934	<i>Νέος κατάλογ</i>
-	<i>Lakaille</i>	1847	9766	<i>Αστέρες νοτίου ημισφ</i>
-	<i>Lalande</i>	1801	47000	<i>Νέος κατάλογ</i>
-	<i>Bradley</i>	1818	3222	<i>Νέος κατάλογ</i>
-	<i>Piazzi</i>	1792-1813	7646	<i>Νέος κατάλογ</i>
-	<i>Bonner Durchmusterung</i>	1859-1862	457848	<i>Boñ,ζιέόö Ýùò-23ì</i>
-	<i>Cordoba Durchmusterung</i>	1892-1914	613953	<i>Nìðβìð ζιέόσάέñ</i>
-	<i>Henry- Drapper</i>	1846-1919	225300	<i>Áóðñέέβì óάóìÛóùì</i>
-	<i>Bright Star Catalogue</i>	1882-1908	9096	<i>×ñβìάά,óάóì.óýðìέ</i>
-	<i>Boss General Catalogue</i>	1937	33342	<i>Éäβùì ééìΒóάùì</i>

\* *Αστέρες ορατοί με γυμνό οφθαλμό*

**Άτλαντες των αστερών.** Είναι μια συλλογή από χάρτες του ουρανού όπου σε κάθε σελίδα παρουσιάζεται μια συγκεκριμένη περιοχή που περιλαμβάνει αστέρες διαφόρων μεγεθών όπως και άλλα ουράνια αντικείμενα. Εδώ θα αναφέρω τους σπουδαιότερους ιστορικούς άτλαντες οι οποίοι είναι ο του Bayer (1603), του Siller (1672), του Hevelius (1690) σε 54 φύλλα, και του Flamsteed (1729).

**Αστρικά φαινόμενα μεγέθη (m) .** Οι αστέρες που παρατηρούνται στον ουρανό διαφέρουν μεταξύ των κατά την λαμπρότητα και το χρώμα. Πρώτος ο Ήππαρχος (180-120 π.Χ) έκανε μια κατανομή των ορατών αστερών με γυμνό μάτι σε 6 μεγέθη αφού όρισε σαν αστέρες 1ου μεγέθους τους 20 λαμπρότερους και 6ου μεγέθους αυτούς οι οποίοι μόλις εφάινοντο. Έχει διαπιστωθεί μαθηματικά ότι ένας αστέρας 1ου μεγέθους είναι κατά 100 φορές λαμπρότερος από έναν αστέρα 6ου μεγέθους. Με την χρησιμοποίηση οπτικών οργάνων (κυαλιών, τηλεσκοπίου) τα φαινόμενα μεγέθη των παρατηρουμένων αστερών αυξάνουν. Έτσι ένας αστέρας 10ου μεγέθους αόρατος με γυμνό οφθαλμό είναι 10.000 φορές αμυδρότερος από έναν αστέρα μεγέθους 0 και αστέρας 20ου μεγέθους 10.000 φορές αμυδρότερος αστέρος 10ου μεγέθους.



<i>Βόρειο</i>	9	34	99	238	735	2788	3903
<i>Νότιο</i>	11	35	106	235	556	2261	3204
<i>Σύνολο</i>	20	69	205	473	1291	5049	7107

Από τον πίνακα παρατηρούμε ότι οι αστέρες ενός μεγέθους είναι περίπου τριπλάσιοι των αστέρων του προηγούμενου μεγέθους κατά προσέγγιση. Όμως το σύνολο των αστέρων που είναι δυνατόν να παρατηρηθούν από έναν τόπο μία καθαρή βραδυά με γυμνό οφθαλμό ανέρχεται σε 3500, αριθμός που μειώνεται ακόμα περισσότερο αν ληφθεί υπ' όψη η ατμοσφαιρική απορρόφηση κοντά στον ορίζοντα.

Με την προσθήκη οπτικού οργάνου στον οφθαλμό μας αυξάνεται ο αριθμός των παρατηρούμενων αστέρων όπως μας παρουσιάζει ο πιο κάτω πίνακας λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η λαμπρότητα των αστέρων είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου του αντικειμενικού φακού του τηλεσκοπίου :

<i>Διάμετρος αντικειμενικού σε mm</i>	<i>οριακό μέγεθος αστέρων</i>	<i>Διάμετρος αντικειμενικού σε mm</i>	<i>οριακό μέγεθος</i>
10	7ον	400	15ον
15	8ον	625	16ον
27	9ον	1 μέτρον	17ον
45	10ον	1575	18ον
75	11ον	2500	19ον
100	12ον	4000	20ον
158	13ον	5000	21ον
245	14ον	6300	21ον

Πρέπει να σημειωθεί ότι φωτογραφικά απεικονίζονται στο φιλμ ανάλογα με τον χρόνο εκθέσεως αμυδρότεροι αστέρες από εκείνους οι οποίοι διακρίνονται οφθαλμοσκοπικά.

Επίσης καθοριστικό παράγοντα στην εκτιμώμενη λαμπρότητα των αστέρων παίζει η ατμοσφαιρική απορρόφηση, η πίεση και η υγρασία. Αστέρες οι οποίοι ευρίσκονται στο ζενίθ φαίνονται λαμπρότεροι από εκείνους οι οποίοι παρατηρούνται κοντά στον ορίζοντα. Σε ύψος από τον ορίζοντα κάτω από 30ο η λαμπρότητα ελαττώνεται κατά 0,1 μέγεθος, ενώ σε ύψος 10ο κατά ένα ολόκληρο μέγεθος.

Πιο κάτω, αξίζει να παραθέσουμε έναν πίνακα ο οποίος μας φανερώνει το αριθμητικό σύνολο των αστέρων κατά μέγεθος έως και το 21ον, όπως παρατηρούνται από τον πλανήτη μας :

<i>Μεγέθη πλήθος αστέρων λόγος αυξήσεως</i>			<i>Μεγέθη πλήθος αστέρων λόγος αυξήσ.</i>		
1	22	-	11	265900	2,61
2	28	3,33	12	665500	2,54
3	80	3,00	13	1613000	2,47
4	238	2,98	14	3761000	2,39
5	672	2,88	15	8459000	2,31
6	1908	2,84	16	15960000	2,22
7	5483	2,81	17	39440000	2,12
8	13379	2,75	18	72290000	2,03
9	39290	2,72	19	132200000	1,93

10	103510	2,67	20	231000000	1,86
			21	383400000	1,76
				889219000	
ΣΥΝΟΛΟ					

Με την μαθηματική οδό υπολογίζεται ότι το ανώτερο φαινόμενο μέγεθος των αστερών πρέπει να είναι το 60ον με μέσον το 30ον και με γενικό σύνολο τα 200 δισεκατομμύρια, αστέρες οι οποίοι ανήκουν στον γαλαξία μας και οι οποίοι στην πλειοψηφία των κατανέμονται γύρω από το γαλαξιακό πλάνο (\*) και αραιώνουν όσο πλησιάζουμε τους γαλαξιακούς πόλους(\*\*). Αυτή η κατανομή δεν ισχύει για τους λαμπρούς αστέρες με φαινόμενα μεγέθη 1-3 οι οποίοι φαίνονται ότι είναι διασκορπισμένοι σε όλο τον ουράνιο θόλο. Οι αστέρες αυτοί είναι οι πλησιέστεροι στον ήλιο μας σε σχέση με αυτούς των αμυδροτέρων μεγεθών και σχηματίζουν μια λαμπρή ταινία στον ουρανό η οποία λέγεται "ταινία της Αργούς".

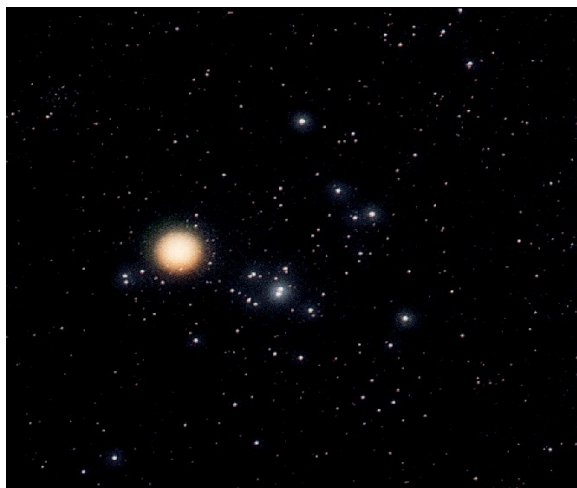
#### Διάκριση φαινομένων μεγεθών των αστερών.

**1. Οπτικό μέγεθος (m v).** Το φαινόμενο οφθαλμοσκοπικό μέγεθος ενός αστερός προσδιορίζεται με την σύγκριση της λαμπρότητας του αστερός με την λαμπρότητα άλλων αστερών γνωστών μεγεθών ή με το φως μιάς τεχνητής πηγής με όργανα που καλούνται φωτόμετρα.

(\*) Γαλαξιακό πλάνο ή επίπεδο. Ο μεγαλύτερος ουράνιος κύκλος που περιλαμβάνει το γαλαξιακό κέντρο και τα πυκνότερα σημεία του γαλαξία. Παρουσιάζει κλίση 63ο ως προς τον ουράνιο ισημερινό.

(\*\*) Γαλαξιακοί πόλοι. Τα εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία του γαλαξία που ευρίσκονται σε γωνία 90ο από το γαλαξιακό πλάνο. Ο βόρειος πόλος ευρίσκεται στην Κόμη Βερενίκης με συντεταγμένες : ορθή αναφορά 12ω,51' και απόκλιση +27ο,7' ενώ ο νότιος στον αστερισμό του Γλύπτη.

**2. Φωτογραφικό μέγεθος (m pg).** Είναι γνωστό ότι οι αστέρες όταν αποτυπωθούν σε μια φωτογραφική πλάκα θα παρουσιάζονται σαν φωτεινοί κύκλοι με μια διάμετρο ανάλογη της φωτεινότητός των όπως φαίνεται στην διπλανή φωτογραφία. Η εκτίμηση του φωτογραφικού μεγέθους γίνεται με την σύγκριση των φωτεινών διαμέτρων των άλλων αστερών που αποτυπώνονται στην φωτογραφία με ειδικά φωτόμετρα και αυτή η μέθοδος είναι ακριβέστερη της οπτικής μόνο που τα φωτογραφικά μεγέθη



παρουσιάζουν διαφορές από τα αντίστοιχα οπτικά διότι ο οφθαλμός ερεθίζεται σε διαφορετικά μήκη κύματος από την φωτογραφία.

**3. Φωτοοπτικό μέγεθος (m pv).** Αυτό το μέγεθος εξάγεται με την παρεμβολή στον οπτικό δρόμο του αστερά ενός κατάλληλου κίτρινου φίλτρου και την χρησιμοποίηση ειδικών φωτογραφικών πλακών. Τα εξαγόμενα μεγέθη των αστερών είναι ακριβέστερα από τα οπτικά.

**4. Φωτοηλεκτρικό μέγεθος.** Προσδιορίζεται με φωτοηλεκτρικό φωτόμετρο το οποίο έχει φωτοηλεκτρικό κύτταρο και που ερεθίζεται από το φως του αστέρος.

**5. Βολομετρικό μέγεθος (m bol).** Μετράει την συνολική ακτινοβολία του αστέρος σε όλα τα μήκη κύματος ανά μονάδα επιφανείας χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη η παρουσία της γήινης ατμόσφαιρας.

**Συστήματα μεγεθών των αστέρων.** Σε πολλές επιστημονικές έρευνες έγινε απαραίτητο να δημιουργηθεί μια σταθερή ακολουθία αστέρων από ορισμένες περιοχές του ουρανού των οποίων τα μεγέθη είναι αυστηρά προκαθορισμένα προκειμένου με αυτά να επιτυγχάνεται η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του φαινομένου μεγέθους των άλλων αστέρων. Συμφωνήθηκε από τους αστρονόμους να χρησιμοποιηθούν αστέρες οι οποίοι ευρίσκονται κοντά στον Β.ουράνιο πόλο επειδή σαν αειφανείς που είναι, φαίνονται σε κάθε ώρα και κάθε εποχή. Αυτοί οι αστέρες λέγονται **αστέρες ακολουθίας βορείου πόλου**.

Το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σύστημα φαινομένων μεγεθών των αστέρων περιλαμβάνει φωτοηλεκτρικά μεγέθη μέσα από ειδικά χρωματικά φίλτρα. Οι καθιερωμένοι συνδυασμοί χρωμάτων είναι το σύστημα **U-B-V** ( υπεριώδους, μπλέ και κίτρινου) και το **R-G-U** (κόκκινου, πράσινου, υπεριώδους).

**Το συνολικό φως των αστέρων.** Όμως πόσο θα πρέπει να είναι το συνολικό φως το οποίο λαμβάνεται από όλους τους αστέρες στο νυκτερινό υπόβαθρο; Είναι εξαιρετικά μικρό αφού ανέρχεται στο 1/230 εκατομμυριοστό του φωτός το οποίο εκπέμπεται από τον ήλιο από το οποίο το 1/5 προέρχεται από αστέρες ορατούς με γυμνό οφθαλμό.

## ΦΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

4

Το φως το οποίο εκπέμπεται από τους αστέρες είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία με την μελέτη της σε όλες τις συχνότητες της από τα άκρα των ακτίνων γ ως τα ραδιοκύματα και με τα κατάλληλα επιστημονικά όργανα, είναι σε θέση να μάς αποκαλύψει τα μυστικά των αστέρων όπως την φύση των χημικών στοιχείων της επιφανείας των, την ηλικία των, την περιστροφή των, την κίνησή των στον γαλαξία κλπ. Ειδικά, στην συχνότητα του ορατού φωτός ασχολείται η επιστήμη της φασματοσκοπίας. Οι φωτογραφίες των αστρικών φασμάτων λαμβάνονται με την τοποθέτηση της στενής σχισμής του φασματοσκοπίου στην εστία του αντικειμενικού φακού του τηλεσκοπίου . Η ταξινόμηση των φασμάτων των γήινων χημικών στοιχείων που παράγονται στα εργαστήρια και η ερμηνεία του ηλιακού φάσματος και των αστέρων οφείλεται στον G. Kirchhoff. (περί της εννοίας του φάσματος βλέπε και κεφάλαιο ήλιος σελ. 8-10).

Γιά να εκπέμψει ακτινοβολία ένα άτομο πρέπει να διεγερθεί, δηλαδή να ανέβει ένα ηλεκτρόνιο του σε μία ανώτερη στάθμη ενεργείας . Η **διέγερση** και στη συνέχεια ο **ιονισμός** ενός ατόμου γίνεται με τις διάφορες συγκρούσεις των φωτονίων κάτω από κατάλληλες συνθήκες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών. Το ουδέτερο άτομο παριστάνεται με τον δείκτη I, ενώ τα ιονισμένα με το II, III κλπ. Το φάσμα του ατόμου του υδρογόνου που είναι το πιο απλό και περισσότερο διαδεδομένο στοιχείο στο σύμπαν αποτελείται από ένα σύνολο γραμμών που κατατάσσονται σε "σειρές". Η σπουδαιότερη είναι η **σειρά Balmer** που αντιστοιχεί με την μεταπήδηση του ηλεκτρονίου στην ανώτερη στάθμη ενεργείας και σε ορισμένες περιοχές του φάσματος. Το

φάσμα των άλλων στοιχείων είναι πολυπλοκότερο και εξαρτάται από τον ατομικό αριθμό του διαγειρόμενου στοιχείου.

Τα φάσματα των αστέρων είναι στην πλειοψηφία των *συνεχή φάσματα* που διακόπτονται από *γραμμές απορροφήσεως* όπως συμβαίνει με τον ήλιο, εκτός από λίγους αστέρες που παρουσιάζουν *γραμμές εκπομπής*. Οι φασματικές γραμμές που παρουσιάζονται είναι όμοιες με τις γραμμές που προέρχονται από τα φάσματα των χημικών στοιχείων της γής.

Παρά τον μεγάλο αριθμό των αστέρων, το πλήθος των φασματικών τύπων μόλις ανέρχεται σε 10 με βάση την συνεχή μεταβολή των γραμμών απορροφήσεως. Έχει διεθνώς επικρατήσει η φασματική ταξινόμηση του αστεροσκοπείου του Harvard με τα εξής λατινικά γράμματα :

O B A F G K M C(R,N)  
S

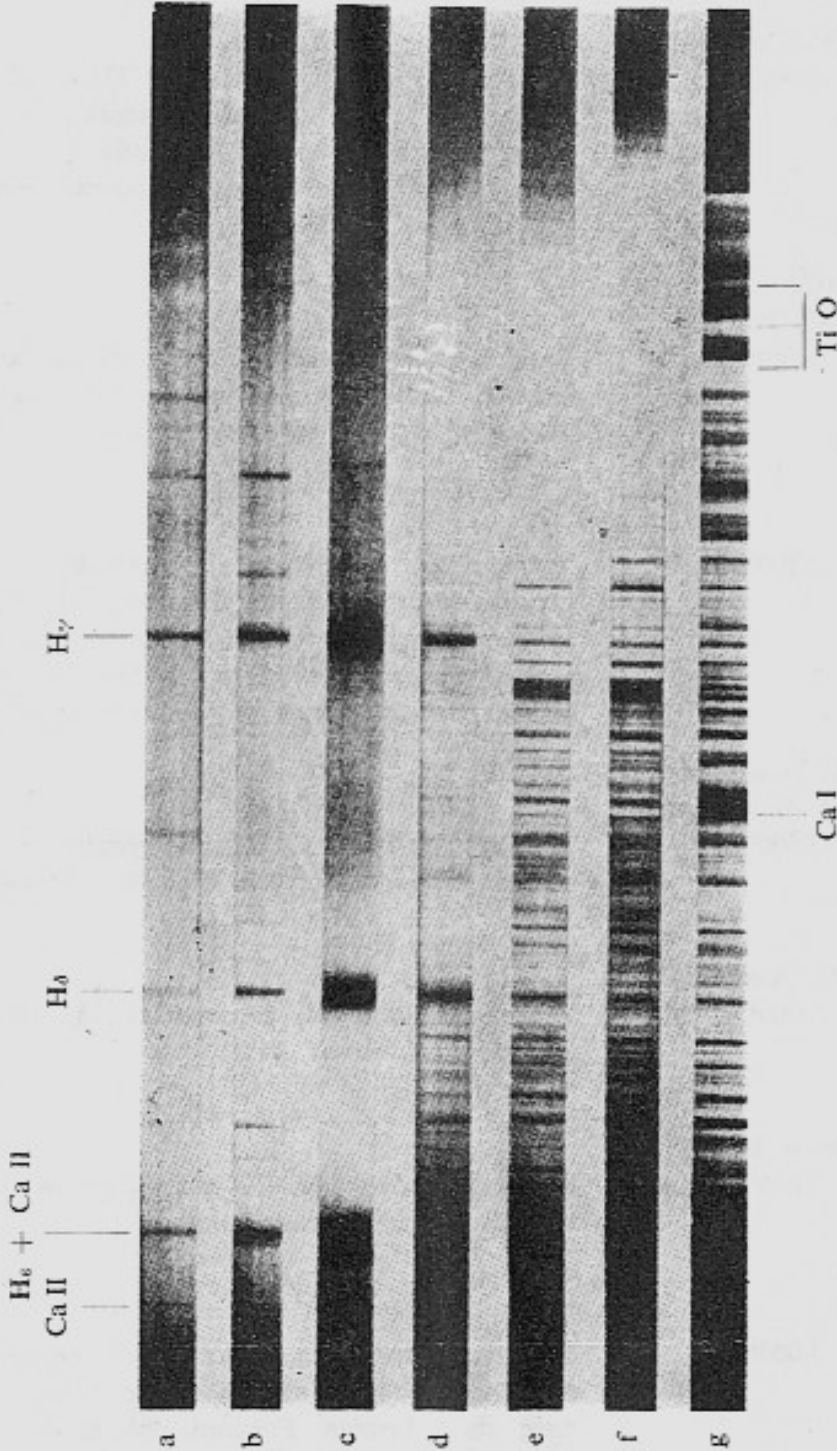
Μεταξύ των κυρίων φασματικών τύπων από το O έως και του M υπάρχουν 10 ενδιάμεσοι τύποι π.χ B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub>,.....B<sub>9</sub> κλπ. Μόνο στην περίπτωση του κυανού τμήματος O έχουμε φασματικούς τύπους από το O<sub>5</sub> μέχρι το O<sub>9</sub>. Οι τύποι R, N και S αποτελούν δυο ξεχωριστούς πλευρικούς κλάδους κοντά στο κόκκινο άκρο M. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κυριότερα χημικά στοιχεία τα οποία χαρακτηρίζουν τους φασματικούς τύπους των αστέρων:

Τύπος	θερμοκρασία επιφ/ παράδειγμα	Χαρακτηριστικά φάσματος
O	50.000ο K  (δ Ωρίωνος) (ζ Ωρίωνος)	Κυανόλευκοι αστέρες. Γραμμές ισχυρώς ιονισμένων ατόμων He II, Si IV, N III
B0	25.000ο K  (B1 Στάχυς)	Ελαφρά κυανοί αστέρες. Απουσία He II, έντονο He I, εντονότερο H, και SiIII, O II
B5	15.000ο K  (B9 Ρίγκελ)	Έντονες γραμμές He I, εντονότερες Si II, παρουσία Mg II
A0	11.000ο K  (A0 Βέγας) (A1 Σείριος)	Λευκοί αστέρες. Η στο μέγιστο. Mg II και Si II έντονα, ασθενή Fe II, Ti II, Ca II

<b>A 5</b>	8.700ο K (A7 Αλτάιρ)	<i>Η έντονο, Mg II, Si II, FeII, TiII, CaII , Fe I καί άλλα ουδέτερα μέταλλα ασθενή.</i>
<b>F0</b>	7.600ο K (F5 Προκύων)	<i>Κιτρινόλευκοι αστέρες. Η ασθενέστερο, Ca II έντονο , Fe II, Cr II.</i>
<b>F5</b>	6.600ο K	<i>Ca II πολύ έντονο, γραμμές Fe I και άλλων ουδετέρων στοιχείων. Πολλές γραμμές ου- δετέρων μετάλλων έντονες.</i>
<b>G0</b>	6.000ο K (G0 Αίξ) (G2 Ήλιος)	<i>Κίτρινοι αστέρες σαν τον ήλιο. Ca II στο μέ- γιστο, μεγάλος αριθμός γραμμών Fe I, παρουσία μοριακών ταινιών CH, CN.</i>
<b>G5</b>	5.500ο K	<i>Ca II πολύ έντονο, ταινίες CH εντονότερες CN έντονοι, Η ασθενείς.</i>
<b>K0</b>	5.100ο K (K2 Αρκτούρος) (K5 Αλδεβαράν)	<i>Ερυθροκίτρινοι αστέρες. Η σχετικά ασθενές γραμμές Ca II στο μέγιστο, μοριακές ταινίες</i>
<b>M0</b>	3.600οK (M1 Αντάρης)	<i>Κόκκινοι αστέρες. Ουδέτερες γραμμές πο- λύ έντονες. Παρουσία ταινιών TiO.</i>
<b>M5</b>	3.000ο K (M9 Θαυμάσιος)	<i>Έντονο Ca I και εντονότερες ταινίες TiO.</i>
<b>C(R,N)</b>	3.000ο K	<i>Αστέρες άνθρακος με έντονα CN, CH, C<sub>2</sub>.</i>
<b>S</b>	3.000ο K	<i>Μοριακές ταινίες Zr O, YO, La O.</i>

Από όσα αναφέραμε παρατηρούμε ότι η ακολουθία των φασματικών τύπων O, B, A, F, G, K, M αντιστοιχεί σε ακολουθία φθίνουσας θερμοκρασίας και σταδιακής μεταβολής χρώματος από το μπλέ μέχρι το κόκκινο. Ειδικά δε στο κόκκινο (φασματικός τύπος M) , έχει προστεθεί άλλη μία ιδιάζουσα κατηγορία ερυθρών γιγάντων αστέρων η οποία εισήχθη από τους Morgan και Keenan το 1940 , η των *αστέρων άνθρακος* .

Το φάσμα των ανθρακούχων αστέρων παρουσιάζει έντονες ταινίες ατομικού άνθρακος (C), κυανίου (CN), ριζών υδρογονανθράκων (CH) και άλλων ανθρακούχων ενώσεων με έκδηλο το οξείδιο του τιτανίου (Ti O). Μερικοί από αυτούς περιέχουν το ασταθές χημικό στοιχείο τεχνήτιο (Te) το οποίο έχει την παραδοξότητα ότι το ισότοπό του έχει πολύ μικρή ημιπερίοδο ζωής



Σχ. 6. Τοπικά φάσματα αστέρων: (a) Φασματικός τύπος λ. Cephei O6· (b) τ Scorpii B0· (c) α Coronae Borealis A0· (d) δ Aquilae F0· (e) Ήλιος G2· (f) ε Cygni K0· (g) α Herculis A M5. Η δέξια γραμμή απορροφήσεως του Ca II εις τὸ φάσμα (a) εἶναι μετασταθικῆς προελεύσεως.

Μαργαρίτα

Ήλιος

Ros Alqaetini

καί  
ξία  
και  
ρη  
τως  
πτό  
ρος,  
ρός

Ο Πτολεμαίος αναφέρει σαν ερυθρούς αστέρες τον Αρκτούρο, τον Αλδεβαράν, τον Αντάρη και τον Μπετελγκεζ . Καθίσταται αποδεκτή και σήμερα η χρωματική βαθμολόγηση του I. Σμίθ η οποία έγινε το 1868 στο αστεροσκοπείο των Αθηνών και η οποία είχε ως εξής :

<i>0 λευκό</i>	<i>6 πορτοκαλί</i>
<i>1 λευκό, υποκίανο, κιτρινωπό</i>	<i>7 χρυσοκίτρινο</i>
<i>2 λευκό κιτρινωπό</i>	<i>8 υπέρυθρο</i>
<i>3 κιτρινωπό</i>	<i>9 χαλκέρυθρο</i>
<i>4 κίτρινο</i>	<i>10 ερυθρό</i>
<i>5 κίτρινο αργυρόχρουν</i>	

Αν αποτυπωθούν σε μία φωτογραφική πλάκα οι αστέρες, αυτοί θα παρουσιάζουν δίσκους. Όσο μεγαλύτερη είναι η λαμπρότητα του αστέρος, τόσο πιά μεγάλο θα παρουσιάζεται το φωτεινό του είδωλο. Όμως δύο αστέρες της ίδιας λαμπρότητας αλλά όμως με διαφορετικό χρώμα, δέν παρουσιάζουν το ίδιο φωτογραφικό είδωλο. Π.χ η διάμετρος του κόκκινου αστέρα είναι μικρότερη από αυτήν του μπλέ. Το ποσόν της διαφοράς μεταξύ του οπτικού και του φωτογραφικού μεγέθους του αστέρος είναι ο **δείκτης χρώματος (C)** ο οποίος εξαρτάται από τον φασματικό τύπο και από αυτόν προσδιορίζεται η επιφανειακή θερμοκρασία του αστέρος.

#### ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

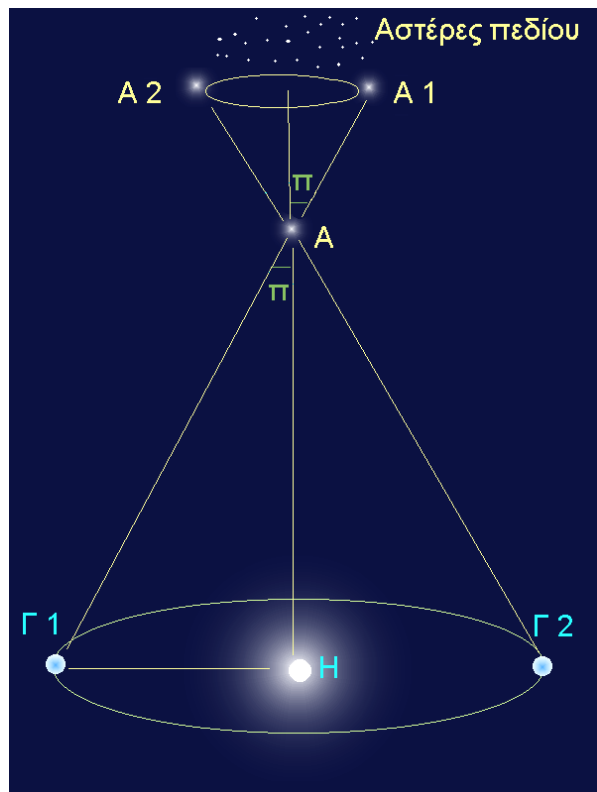
Μέχρι τον 19ον αιώνα η ερώτηση το πόσο μακριά ευρίσκονται οι αστέρες από την γή υπήρξε ένα άγνωστο αίνιγμα και οι αστρονόμοι της τότε εποχής μόνο εικασίες ήσαν σε θέση να εκθέσουν. Μία αόριστη ιδέα ότι οι αποστάσεις αυτές θα ήσαν εξαιρετικά μεγάλες σε σχέση με την κλίμακα του ηλιακού συστήματος διατύπωσε τον 17ον αιώνα ο Νεύτων όταν με τον νόμο της παγκοσμίου έλξεως που ανακάλυψε λογικά σκεπτόμενος συμπεράνε ότι γιά να μήν πέφτουν αυτοί στον ήλιο, θα πρέπει να ευρίσκονται σε εκατονταπλάσιες αποστάσεις από αυτήν του Κρόνου. Η μέθοδος με την οποία θα μετρούνταν οι αποστάσεις των αστέρων επινοήθηκε στην συνέχεια από τον Bradley τον 18ον αιώνα στην σωστή της βάση, αλλά με ασαφή εξαγόμενα λόγω ατελείας των μικρομετρικών τότε οργάνων.

**Τριγωνομετρικές παραλλάξεις.** Η ιδέα στηρίζεται στην τριγωνομετρική μέθοδο βάσει της οποίας η απόσταση ενός αστέρου εξάγεται από την μέτρηση της γωνίας την οποία φαίνεται ότι διαγράφει αυτός στον ουρανό μέσα σε χρονικό διάστημα ενός έτους. Η γωνία αυτή είναι φαινομενική και είναι αποτέλεσμα της περιστροφής της γής γύρω από τον ήλιο με άλλες λέξεις είναι η γωνία από την οποία φαίνεται από τον αστέρα η τροχιά της γής γύρω από τον ήλιο.

Ας εξηγηθούμε όμως: Από την τριγωνομετρία γνωρίζουμε ότι σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο το μήκος μιάς κάθετου πλευράς είναι δυνατόν να προσδιορισθεί εάν γνωρίζουμε την άλλη κάθετη πλευρά και την μία οξεία γωνία. Στην περίπτωση μας για έναν δεδομένο αστέρα όπως παρατηρούμε στο σχήμα σχηματίζεται το ορθογώνιο τρίγωνο ΓΗΑ του οποίου ζητείται το μήκος της πλευράς ΗΑ η οποία αντιπροσωπεύει την απόσταση του

αστέρου. Δεδομένου του ότι η πλευρά ΓΗ είναι γνωστή (απόσταση γής-ηλίου =150,000,000 χιλιόμετρα= 1 αστρονομική μονάδα), εάν γνωρίζουμε το μήκος της γωνίας  $\pi$ , τότε ευρίσκεται η απόσταση του αστέρου. Όμως η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι η  $\pi$  είναι πάρα πολύ μικρή και είναι δυνατόν να υπολογισθεί μόνο με ακριβή μικρομετρικά όργανα σύν το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η απόσταση του αστέρου, τόσο αυτή ελαττώνεται. Η ζητούμενη απόσταση δίδεται από το

πηλίκον του κλάσματος  $a/\pi$  όπου το  $a$  ισούται με 1 αστρονομική μονάδα και το  $\pi$  με μήκος γωνίας κάτω από 0,77" δεύτερα της μοίρας (\*). Ο Bradley το έτος 1726 στην προσπάθειά του να υπολογίσει την παράλλαξη του αστέρου γ Δράκοντος ανακαλύπτει το φαινόμενο της **αποπλανήσεως του φωτός (\*\*)**, ενώ ο πρώτος που το κατόρθωσε ήταν ο Bessel το 1838 στον αστέρα 61 Κύκνου ( $\pi=0,292''$ , απόσταση 11,2 έτη φωτός). Την μεγαλύτερη παράλλαξη παρουσιάζει ο αστέρας Εγγύτατος (Proxima) του Κενταύρου ίση με 0,763" από όπου εξάγεται απόσταση 4 ετών και 3 μηνών φωτός. Αν θελήσουμε να μεταφράσουμε τα 4,3 έτη φωτός σε χιλιόμετρα θα δυσκολευτούμε κατά κάποιο τρόπο. Μέχρι τώρα οι αποστάσεις που αναφέραμε στην κλίμακα του ηλιακού συστήματος στον Α' τόμο



ανέρχοντο το πολύ σε δισεκατομμύρια χιλιόμετρα ή ώρες φωτός. Να υπενθυμίσουμε ότι έτος φωτός είναι η απόσταση που καλύπτει το φως κινούμενο με την ταχύτητα των 300.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Αυτή η ταχύτητα είναι η μεγαλύτερη που υπάρχει στην φύση. Έτσι σε ένα έτος το φως έχει καλύψει 9,5 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου ή 63.240 φορές την απόσταση γής-ηλίου (150.000.000 χιλ). Για να αποφύγουμε τον κυκεώνα των μηδενικών εκφρασμένο σε χιλιόμετρα για την απόσταση του Εγγυτάτου ή θα πούμε ότι απέχει 271.932 αστρονομικές μονάδες από τη γή ή για να αποφύγουμε πολλά ψηφία απλά μεταχειριζόμαστε το νούμερο 4,3. Συνεπώς η μονάδα μετρήσεως "έτος φωτός" εκφράζει με συντομία τις αστρικές αποστάσεις οι οποίες στην περίπτωση των άλλων αστερών πέραν του Εγγυτάτου είναι χιλιάδες ή και εκατομμύρια φορές μεγαλύτερες.

---

(\*) 1 δευτερόλεπτο της μοίρας (") ισούται με 1/60 πρώτα λεπτά της μοίρας (') και το 1' ισούται με το 1/60 της 1 μοίρας.

(\*\*) Αποπλάνηση του φωτός. Η διαφορά της οπτικής θέσεως ενός αστερός από την αναμενόμενη, φαινόμενο που οφείλεται στην μεταβατική κίνηση του ηλίου και της γής στο διάστημα.

Στην εποχή μας με την ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και των δορυφόρων είναι δυνατόν να υπολογισθούν με μεγάλη ακρίβεια γωνίες παραλλάξεων αστερών πολύ μικρές κάτι που πριν από 20 χρόνια ήταν αδύνατο καθόσον οι μετρούμενες παραλλάξεις ήσαν ακριβείς μόνον μέχρι αποστάσεως το πολύ 50 ετών φωτός. Είναι γνωστό ότι η ατμόσφαιρα της γής είναι παράγοντας δυσκολίας στον προσδιορισμό μικρών παραλλάξεων . Αυτή η δυσκολία ξεπεράσθηκε την δεκαετία του 1990 με την τοποθέτηση σε τροχιά του δορυφόρου **Hipparchos** τα αστρομετρικά όργανα του οποίου εμέτρησαν με ακρίβεια τις αποστάσεις και τις ίδιες κινήσεις εκατοντάδων χιλιάδων αστερών του ουρανού.

Στην προσπάθειά μας να περιγράψουμε πόσο μεγάλες και δυσκολονόητες είναι οι αποστάσεις μεταξύ των αστερών, αναφέρουμε ένα παράδειγμα μιάς σμικρογραφίας: Ζωγραφίζουμε δύο τελείες σε απόσταση ενός μόνο εκατοστού του μέτρου, η μία τελεία παριστάνει τον ήλιο, η δε άλλη την γή. Την άλλη κοντινότερη τελεία που παριστάνει τον Εγγύτατο του Κενταύρου θα την ζωγραφίζαμε μακριά, πολύ μακριά σε απόσταση των 2720 μέτρων! Είναι η απόσταση τόσο δυσθεώρητη, ώστε εάν βρισκόμασταν σε έναν υποτιθέμενο πλανήτη του Εγγυτάτου και επιχειρούσαμε από εκεί να παρατηρήσουμε τη γή μας αυτό θα ήταν εντελώς αδύνατο ούτε και με τα πιά σύγχρονα τηλεσκόπια αφού η γωνιώδης απόσταση της γής από τον ήλιο θα είναι πάρα πολύ μικρή έως αμελητέα και εδώ αναφερόμαστε στον κοντινότερο αστέρα στον ήλιο.

Σήμερα και περισσότερο με τα ηλεκτρονικά μέσα είμαστε σε θέση και σε κοντινούς αστέρες να πιστοποιήσουμε έμμεσα και όχι οπτικά την ύπαρξη δεκάδων σκοτεινών σωμάτων-πλανητών με μεγάλες μάζες, μεγαλύτερες και από του Διός αλλά πλανητών όχι στερεών σαν την γή μας και να υπολογίσουμε τις τροχιές των γύρω από τον κεντρικό αστέρα. Θεωρητικά με την επίτευξη μεγάλης διαχωριστικής ικανότητας από τα τροχιακά διαστημικά παρατηρητήρια με την προσθήκη τεσσάρων τηλεσκοπίων μεγάλων διαμετρημάτων στη σειρά και σε σύνδεση μεταξύ των, κάτι που θα γίνει πραγματικότητα την επόμενη δεκαετία, ο άνθρωπος θα κατορθώσει επιτέλους να παρατηρήσει πλανήτες με την μορφή της γής σε άλλους μακρινούς αστέρες

**Μονάδα parsec.** Με τις παραλλάξεις είναι στενά συνυφασμένη άλλη μία μονάδα μετρήσεως αστρικών αποστάσεων, το parsec (pc). Η λέξη parsec προέρχεται από την σύντμηση των λέξεων παραλλάξις (parallax) και δευτερόλεπτο της μοίρας(second), δηλαδή par και sec και δηλώνει τι απόσταση θα είχε ένας

αστέρας ο οποίος παρουσιάζει παράλλαξη ίση με 1 δευτερο της μοίρας. Όταν μετράμε με οποιαδήποτε μέθοδο τις αποστάσεις των αστέρων ή των πολύ μακρυνότερων γαλαξιών είναι ορθότερο πρώτιστα αυτές να εκφράζονται σε parsecs και μετά σε έτη φωτός. Ο παρακάτω πίνακας μάς δίδει ενδεικτικά

τις αντιστοιχίες παραλλάξεων μεταφρασμένων σε parsecs και έτη φωτός :

Α Π Ο Σ Τ Α Σ Η				
Παράλλαξη σε δευτερόλεπτα	parsec	έτη φωτός	ημέρες	αστρονομικές μονάδες
1	1,00	3	94	206265
0,9	1,11	3	227	229183
0,8	1,25	4	26	257831
0,7	1,43	4	237	294664
0,6	1,67	5	157	345775
0,5	2,00	6	188	412530
0,4	2,50	8	52	515662
0,3	3,33	10	313	687550
0,2	5,00	16	105	1031324
0,1	10,00	32	210	2062648
0,01	100,00	325	277	20626480
0,001	1000,00	3257	298	206264800

**Άλλες μέθοδοι ευρέσεως αποστάσεων των αστέρων.** Εκτός από την καθαυτό παραλλακτική μέθοδο, πεδίο εφαρμογής έχουν και οι λεγόμενες **στατιστικές παραλλάξεις** με τις οποίες μετρούνται οι μέσες παραλλάξεις μιάς δεδομένης ομάδας αστέρων σε συνδυασμό με την πραγματική κίνηση του ηλίου στο διάστημα από όπου φαίνεται ότι ή τους πλησιάζει, ή απομακρύνεται από αυτούς όπως θα δούμε σε άλλο κεφάλαιο που αναφέρεται στις ίδιες κινήσεις των αστέρων.

Η άλλη κύρια μέθοδος ευρέσεως αποστάσεων τόσο των αστέρων του γαλαξία μας, όσο και των μακρινών γαλαξιών γενικότερα έχει να κάνει με το απόλυτο μέγεθος των αστέρων (absolute magnitude), δηλ άν είναι γνωστό αυτό το μέτρο εύκολα υπολογίζεται η ζητούμενη απόστασις του αστέρος.

**Απόλυτο μέγεθος αστέρος (M) και εύρεση αποστάσεων.** Το απόλυτο μέγεθος ενός αστέρος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την απόστασή του και εκφράζει τις πραγματικές του διαστάσεις. Η διαφορά των λαμπροτήτων των αστέρων στον ουρανό σε καμία περίπτωση δέν αντιστοιχεί με την απόστασή των ούτε με τις διαστάσεις των. Με ένα απλό παράδειγμα άν πάρουμε δύο λάμπες των 1000 watt και τοποθετήσουμε την πρώτη σε απόσταση 100 μέτρων και την δεύτερη σε δεκαπλάσια απόσταση δηλ 1000 μέτρα, τότε την

πιο απομακρυσμένη θα την βλέπουμε σαν λάμπα με 10 μόνο watt. Εάν όμως τις φέρναμε σε ίδια απόσταση, τότε θα εκτιμούσαμε σωστά ότι έχουν ίδια ισχύ. Αυτό ακριβώς εφαρμόζεται και στην περίπτωση των αστερών όπου προκειμένου να εκτιμήσουμε την πραγματική (απόλυτη) λαμπρότητα των υποθέτουμε ότι όλοι τοποθετούνται στην σταθερή απόσταση των 10 parsecs και τότε ναί μόνον θα έχουν διαφορετικές λαμπρότητες, όχι όμως τις φαινομενικές, αλλά τις πραγματικές, με άλλες λέξεις οι λόγοι των φωτεινοτήτων των είναι ανάλογοι των αποστάσεών των.

Συνεπώς εάν είναι γνωστή η απόσταση του αστερός υπολογίζεται το απόλυτό του μέγεθος ( $M$ ) και το αντίθετο, εάν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε το  $M$ , ευρίσκουμε την ζητούμενη απόσταση η οποία συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα  $r$ . Οι σταθερές  $M, m$  και  $r$  συνδέονται με την μαθηματική σχέση

$M = m + 5 - 5 \log r$  όπου η απόσταση  $r$  εκφράζεται σε parsecs. Βάσει αυτού του τύπου, η διαφορά  $M - m$  που λέγεται και **μέτρο (modulus)** μάς δίνει την

Διαφορά $m - M$	Απόσταση σε parsec
-5	1.0
-4	1.6
-3	2.5
-2	4.0
-1	6.3
0	10
1	16
2	25
3	40
4	63
5	100

απόσταση του αστερός με ενδεικτικά παραδείγματα στον διπλανό πίνακα. Το απόλυτο μέγεθος  $M$  βάσει της μεθόδου των τριγωνομετρικών παραλλάξεων με την εύρεση της αποστάσεως  $r$  των αστερών υπολογίζεται εύκολα.

**Φασματοσκοπικές παραλλάξεις.** Εκτός από την τριγωνομετρική μέθοδο είναι δυνατόν να υπολογισθούν με σχετική ακρίβεια οι παραλλάξεις από τα φάσματα των αστερών. Γιά την ιστορία ο πρώτος που επινόησε αυτήν την μέθοδο ήταν ο Αμερικανός αστρονόμος

Adams το έτος 1916 καθορίζοντας τα ζητούμενα απόλυτα μεγέθη  $M$  των αστερών με μία ειδική φασματοσκοπική μέθοδο η οποία στηρίζεται στις διαφορές των εντάσεων των ραβδώσεων διαφόρων χημικών στοιχείων αστερών ορισμένων φασματικών τύπων με γνωστά απόλυτα μεγέθη σε σύγκριση με άλλους αστέρες με άγνωστα απόλυτα μεγέθη με μία ειδική γραφική μέθοδο,

Όπως θα δούμε πιο κάτω, αστέρες του ίδιου φασματικού τύπου έχουν διαφορές ως προς τις διαστάσεις των και συνεπώς οι ατμόσφαιρές των θα διαφέρουν κατά το πάχος των με αντίκτυπο τις παρουσιαζόμενες αυξομειώσεις στις εντάσεις ορισμένων χημικών στοιχείων που ανιχνεύονται φασματοσκοπικώς. Όσο ογκωδέστερος είναι ένας αστέρας, τόσο παχύτερη ατμόσφαιρα θα έχει.

Όπως θα εξετάσουμε πιο κάτω στους μεταβλητούς αστέρες, υπάρχουν κάποιες οικογένειες ή κατηγορίες από αυτούς (κηφείδες, RR Λύρας), αστέρες παλλόμενοι που παρουσιάζουν κάποια στιγμή όλοι ανεξαιρέτως το ίδιο απόλυτο μέγεθος. Οι αστέρες αυτοί αποκαλούνται και "φάροι του διαστήματος" γιατί με τον εντοπισμό τους σε μία αστρική συστροφή ή έναν γαλαξία επιτυγχάνεται η εύρεση της αποστάσεως του ουρανού αντικειμένου.

Κατανοώντας το μέγεθος των αποστάσεων που χωρίζουν τους αστέρες, είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι όλα τα νυκτερινά φώτα που παρατηρούμε στον σκοτεινό ουρανό είναι εικόνες του παρελθόντος, ενός χρονικού παρελθόντος, το μήκος του οποίου εξαρτάται από την εκάστοτε απόσταση του κάθε αστερός ή ουρανού αντικειμένου.

**Απόλυτα μεγέθη, φωτεινότητες και διαστάσεις των αστερών.** Από όσα αναφέραμε πίο πάνω, είναι προφανές ότι οι αστέρες που ευρίσκονται σε απόσταση άνω των 10 parsec έχουν απόλυτο μέγεθος μεγαλύτερο από το φαινόμενο και αντίστροφα όσοι είναι κάτω από 10 parsec απόσταση έχουν  $M < m$ . Ο Ήλιος μας με φαινόμενο μέγεθος -26,7 σε αυτή την απόσταση θα είχε το ισχνό μέγεθος +4,85, ενώ απεναντίας ο αστέρας β Ωρίωνος (Ρίγκελ) θα έλαμπε υπερβολικά με μέγεθος - 6,2, κατά πολύ λαμπρότερος της Αφροδίτης φαντασθείτε ,και ο Σείριος θα έχανε τα πρωτεία της λαμπρότητός του αφού θα έλαμπε με μέγεθος +1,4.

Μία προσεκτική μελέτη των απολύτων μεγεθών των αστερών έδειξε ότι η κλίμακα αυτή παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση 24 περίπου ακεραίων μονάδων ξεκινώντας από το - 9 (maximum) και φθάνοντας μέχρι το + 15 απόλυτο μέγεθος. Επιπλέον, αστέρες μεταγενεστέρων φασματικών τύπων που έχουν χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες, παρουσιάζουν αρνητικά απόλυτα μεγέθη. Αυτή η διαφορά οφείλεται στις πραγματικές πλέον διαστάσεις των αστερών και σε σχέση με τις φωτεινότητές των που είναι ανάλογες των διαστάσεών των. Η **φωτεινότητα** ορίζεται ως η ενέργεια η οποία ακτινοβολείται ανά μονάδα χρόνου από έναν αστέρα.

#### Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

Όμως τι προϋποθέσεις απαιτούνται για να σχηματισθούν και να αναλάμψουν οι αστέρες ; Όταν παρατηρούμε την νύκτα αυτά τα αμέτρητα φώτα πρέπει να εννοήσουμε ότι αντιπροσωπεύουν διάφορες ηλικίες δηλ. άλλοι αστέρες είναι σε βρεφική ηλικία, άλλοι είναι μεσόκοποι όπως ο ήλιος μας και άλλοι είναι γηρασμένοι, έτοιμοι να πεθάνουν, ενώ η στάχτη από τα σάβανά των ανακυκλώνεται και δημιουργεί τις προϋποθέσεις για σχηματισμό νέας γενεάς αστερών. Υπάρχει δηλαδή στο σύμπαν για ένα ικανό χρονικό διάστημα από την δημιουργία του μία αλληλουχία γενεών αστερών η οποία καθορίζει την αστρική εποχή στην ιστορία του.

Οι αστέρες μαζί με τα πλανητικά συστήματα σχηματίζονται στο μεσοαστρικό διάστημα από ψυχρά νέφη αερίων και σκόνης. Τα προϊόντα των εκρήξεων των υπερκαινοφανών αστερών που διασκορπίζονται στο διάστημα, εμπλουτίζουν με βαρύτερα χημικά στοιχεία τα μεσοαστρικά νέφη, μέσα στα οποία θα σχηματισθούν τα λεγόμενα **σφαιρίδια** (globulae). Τα σφαιρίδια αποτελούνται από διαφανές αέριο και σκόνη. Περιβάλλονται από έναν λαμπρότερο δίσκο και έχουν διάμετρο μερικών χιλιάδων αστρονομικών μονάδων, ευρίσκονται δε επάνω στον γαλαξιακό ισημερινό. Παράγοντες όπως η πίεση και βαρυτικές δυνάμεις ωθούν το κεντρικό μέρος του σφαιριδίου σε περιστροφή με αποτέλεσμα την σταδιακή συμπίκνωση και την ραγδαία άνοδο της θερμοκρασίας.

Από αυτήν την αιτία, τα άτομα των αερίων αρχίζουν να συγκρούονται το ένα με το άλλο και να "πέφτουν" με σπειροειδείς τροχιές προς το κέντρο αυτής της μάζας. Όταν η θερμοκρασία από την συστολή ανέλθει στους 10,000,000 ο Kelvin, αρχίζει στο κέντρο του πρωτοαστέρος η διαδικασία της πυρηνικής συντήξεως. Το αρχικό νεφέλωμα σταδιακά απομακρύνεται από τον αστέρα, ενώ με την περιστροφή του εκτινάσσεται το γενεσιουργό υλικό. Από την άλλη, τα άτομα του υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο και εκλύεται ενέργεια με αποτέλεσμα την αναλαμπή του αστέρος. η οποία χαρακτηρίζεται από μία μεγάλη περίοδο σταθερότητας. Τότε δημιουργείται μία κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας μεταξύ ακτινοβολίας και βαρύτητας η οποία έχει

σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση της δυναμικής συμπεριφοράς του αστέρος.

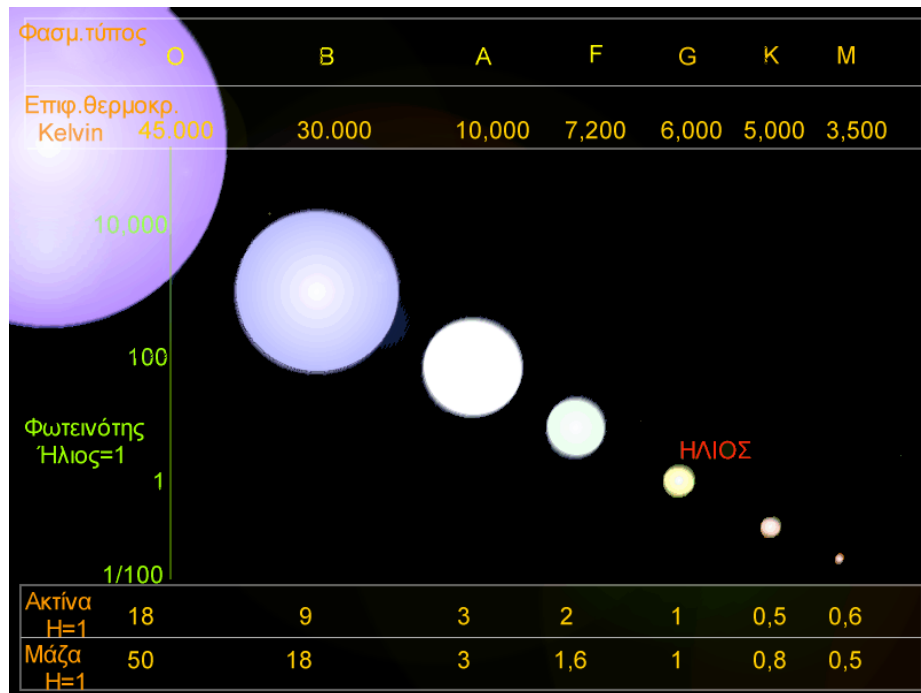
Σε σώματα με μάζα μικρότερη από 8% της ηλιακής, για παράδειγμα στους **καφέ νάνους** δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η βαρυτική διαδικασία απαρχής πυρηνικών αντιδράσεων, είτε αυτά τα σώματα δημιουργούνται μεμονωμένα ή αποτελούν πολλαπλά μέλη αληθινών αστέρων ή μεγάλων αεριωδών πλανητών όπως στην περίπτωση μας του Διός ή του Κρόνου. Αντίθετα, το μεγαλύτερο όριο μαζών δημιουργίας αστέρων θεωρητικά κυμαίνεται μεταξύ 100-200 ηλιακών. Πιθανώτατα ο μεγαλύτερος σε μάζα κυανούς νεοδημιουργηθείς αστέρας φασματικού τύπου O στον γαλαξία μας είναι ο η του αστερισμού της Τρόπιδος με 120 ηλιακές μάζες. Για 10 έτη, το 1840 έλαμπε με  $m = -0,8$  (δεύτερος σε μέγεθος αστέρας του ουρανού), αλλά η πολύ σκόνη-νεφέλωμα, υπόλειμμα του γενεσιουργού νέφους που τον περικλείει, σε μικρό χρονικό διάστημα του μείωσε δραστικά το φαιν. μέγεθος  $m$  σε +6,2. Το νεφέλωμα η Τρόπιδος όπως και ο νεφελοειδής του Ωρίωνος είναι από τα ιδανικότερα λίκνα δημιουργίας νέων αστέρων στον γαλαξία μας.

**Το διάγραμμα Hertzsprung-Russel (H-R), η ανατομία του και η εξέλιξη των αστέρων.** Το έτος 1911 ο Δανός αστρονόμος E. Hertzsprung και το 1913 ο Αμερικανός H. Russell εργαζόμενοι ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον συνέλαβαν την ιδέα με μία γραφική παράσταση σε ένα διάγραμμα να συσχετίσουν σε δύο άξονες αφ' ενός μεν τα μετρηθέντα απόλυτα μεγέθη όλων των αστέρων (κάθετος άξονας), σε συνδυασμό με τους υπάρχοντες φασματικούς τύπους (οριζόντιος άξονας). Από την μελέτη αυτού του διαγράμματος ο Russell ανακάλυψε ότι η κατανομή των αστέρων δεν είναι ομοιόμορφη σε όλες τις περιοχές του διαγράμματος, αλλά ο κύριος πληθυσμός των αστέρων τάσσεται σε μία κύρια διαγώνια γραμμή η οποία διασχίζει το διάγραμμα από επάνω και αριστερά (φασμ.τύπος B) προς τα κάτω και δεξιά (φασμ.τύπος M, απολ.μέγ=+15).

Αυτή η περιοχή λέγεται **κύρια ακολουθία** (Main sequence). Ο Ήλιος μας τύπου G2 και με  $M = +4,8$  ευρίσκεται στο μέσο της κύριας ακολουθίας, ο Σείριος (A1,  $M = +1,4$ ), ο Βέγας (A0,  $M = +0,5$ ), ο Βασιλίσκος (B7,  $M = -0,7$ ) και ο Στάχυς (B1,  $M = -2,2$ ) είναι επίσης στην κύρια ακολουθία άνω αριστερά του Ηλίου. Όσοι αστέρες ευρίσκονται στην κύρια ακολουθία, λέγονται και **νάνοι αστέρες**. Οι αστέρες μετά τον αρχικό σχηματισμό των "κατρακυλάνε" προς το αριστερό κάτω μέρος του διαγράμματος H-R και παίρνουν μία θέση στην κύρια ακολουθία, θέση η οποία εξαρτάται από την αρχική μάζα του αστέρος.

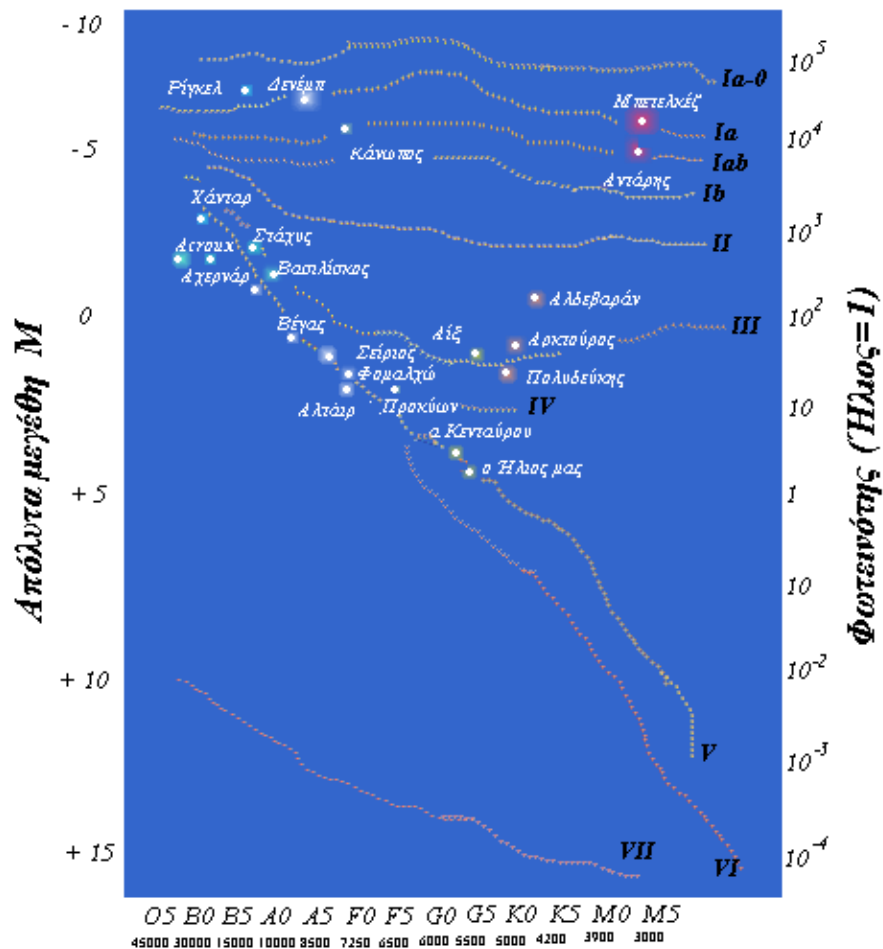
Αστέρες με μεγάλες μάζες φωτοβολούν θερμότερα και "καίνε" τα αποθέματα του υδρογόνου των γρηγορώτερα εάν αυτοί ευρίσκονται στο κυανούν τμήμα της ακολουθίας. Αντίθετα, αστέρες μικροτέρων μαζών καίγονται ψυχρότερα και πιο αργά όσο αυτοί ευρίσκονται μετατοπισμένοι προς το ερυθρό μέρος. Οι περισσότεροι αστέρες δαπανούν το 90 % της ζωής των όταν ευρίσκονται στην κύρια ακολουθία και η πηγή ενεργείας των προέρχεται από την μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο.

<b>O</b>	<b>1%</b>	Υπολογίζεται ότι ο ήλιος μας παραμένει στην κύρια ακολουθία για 9 δισεκατομμύρια έτη μέχρις εξαντλήσεως του υδρογόνου του πυρήνα του.
<b>B</b>	<b>19%</b>	Με μία στατιστική, οι φασματικοί τύποι των αστέρων της κύριας ακολουθίας σε ποσοστά % είναι οι εξής όπως δείχνει ο διπλανός πίνακας.
<b>A</b>	<b>22%</b>	Στο κυανούν τμήμα αστέρες με μεγάλες μάζες είναι πολύ σπάνιοι επειδή καίγονται πολύ γρήγορα (σε αστρονομικές κλίμακες χρόνου).
<b>F</b>	<b>14%</b>	Ευρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις
<b>G</b>	<b>13%</b>	
<b>K</b>	<b>25%</b>	
<b>M</b>	<b>6%</b>	



... Οι αστρες είναι τάχιστα

Η Κυρία Ακολουθία των αστέρων.

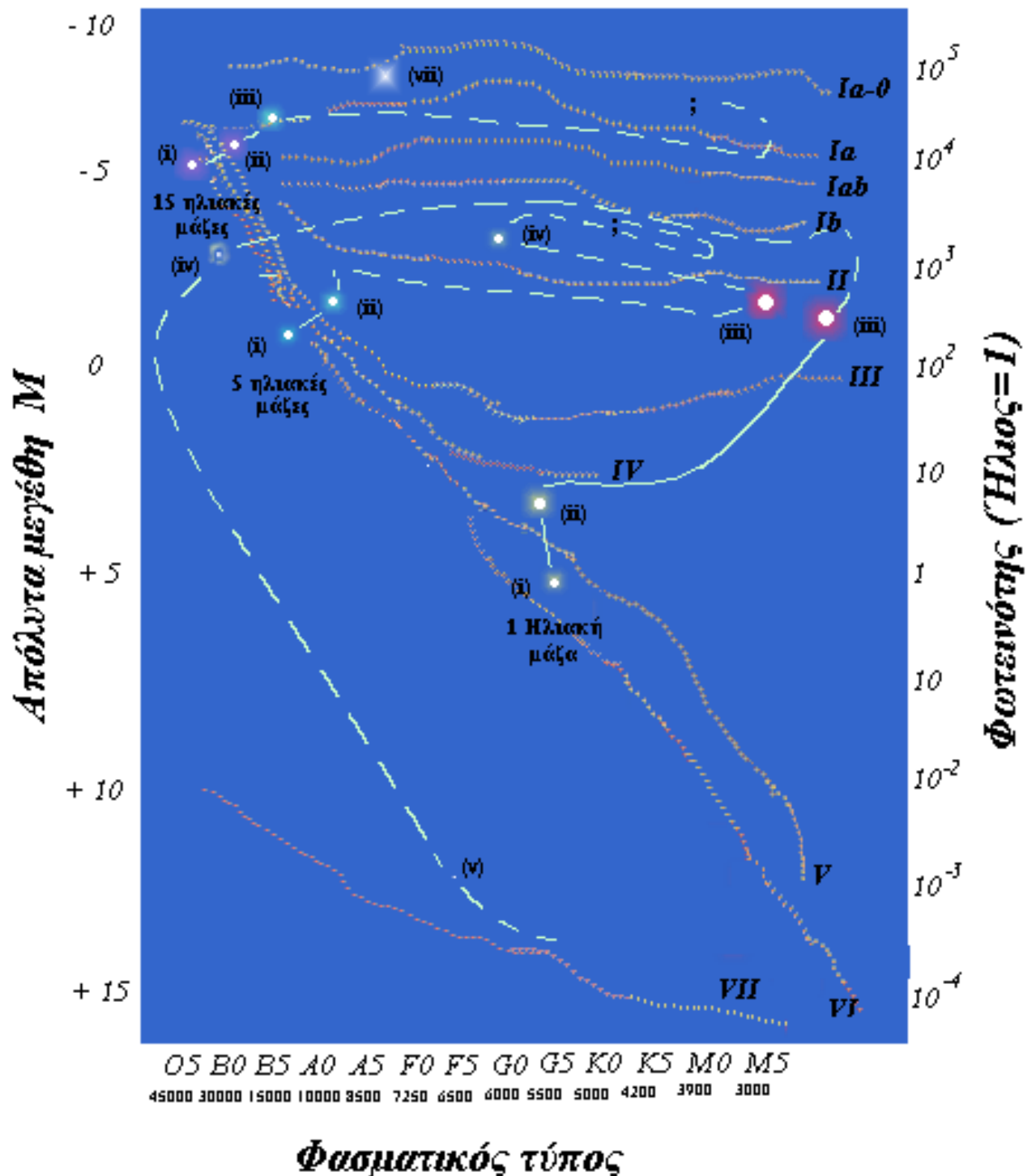


**Φασματικός τύπος**

Οι 20 λαμπρότεροι αστρες του ουρανού όπως τοποθετούνται στο διάγραμμα Hertzsprung-Russel.

λίγο χρόνο στην κύρια ακολουθία σε αντίθεση με τους φασμ. τύπους K και M στους οποίους οι πυρηνικές μετατροπές "τρέχουν" σε πάρα πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Κυρίως από τον φασματικό τύπο F μέχρι τους K και M και επάνω από την κύρια ακολουθία παρουσιάζονται οι κλάδοι των *υπεργιγάντων και γιγάντων αστέρων* οι οποίοι ναί μεν ανήκουν στους ίδιους φασματικούς τύπους της κυρίας ακολουθίας, όμως έχουν μεγάλα απόλυτα μεγέθη και φωτεινότητες, γεγονός που υποδεικνύει ότι έχουν μεγάλες φωτεινές επιφάνειες, άρα με



Τα στάδια της εξελίξεως 1,5 και 15 ηλιακών μαζών αστέρων στο διάγραμμα H-R. Στην κυρία ακολουθία (i) ένας αστέρας μετατρέπει στον πυρήνα του το υδρογόνο σε ήλιο. Όταν τα αποθέματα του υδρογόνου εξαντληθούν, ο αστέρας μετατοπίζεται προς τα άνω (ii). Η λαμπρότητα του αστέρος και τα εξωτερικά του στρώματα αυξάνουν, και μετατοπίζεται επάνω και κατά μήκος του διαγράμματος μετατρεπόμενος σε γίγαντα (iii). Όταν η θερμοκρασία του πυρήνος του αστέρος φθάσει στους 100 εκατομμύρια βαθμούς K, αρχίζουν οι αντιδράσεις άνθρακος. Ένας αστέρας μάζας 1-4 ηλιακών παρουσιάζει αστάθεια στην καύση βαρύτερων στοιχείων και όταν το ήλιον του πυρήνα του τελειώσει, θα εκτιναχθούν τα εξωτερικά στρώματα με μορφή πλανητικού νεφελώματος (iv) και στη συνέχεια κατακυλώντας στο διάγραμμα θα μετατραπεί σε λευκό νάνο ή μελανό σώμα (v). Αστέρας με μάζα άνω των 2 ηλιακών, καίγοντας τον άνθρακα στο εσωτερικό και το ήλιο στα εξωτερικά του στρώματα, θα πραγματοποιεί ζίκ-ζάκ στο διάγραμμα (iv). Αστέρες με πολύ μεγάλες μάζες τελικά με την παραγωγή σιδήρου στον πυρήνα των, θα εκραγούν χαωτικά σαν σουπερνόβες (vii).

του νέου σε οξυγόνο και μαγνήσιο, του οξυγόνου σε οξείδια θείου και το θείον σε σίδηρο. Όλες αυτές οι πυρηνικές καύσεις βαρύτερων στοιχείων είναι παράγοντες αστάθειας και ουσιαστικών μεταβολών των αστέρων αυτών.

**Το τέλος της εξελίξεως των αστέρων.** Εν τούτοις, το συμπέρασμα που προκύπτει όσον αφορά τις μεταθέσεις των θέσεων των αστέρων στο

διάγραμμα H-R στα τελευταία στάδια της ζωής του εξαρτάται από το ποσό της τελικής μάζας που έχει απομείνει, αφού το 80% της μάζας του είναι δυνατόν να έχει χαθεί.

Αστέρες με χαμηλές μάζες συρρικνώνονται σε πολύ μικρές διαστάσεις και η απομείνασα ατμόσφαιρά των η οποία έχει εξακοντισθεί, σχηματίζει ένα πλανητικό νεφέλωμα, με τελική κατάληξη την κατάρρευση του αστέρος. Κάτω από την κύρια ακολουθία και κυρίως από τους φασμ.τύπους B, A μέχρι και τον M και με χαμηλά απόλυτα μεγέθη (+10-+15) όπως ανάφερα, ευρίσκονται αστέρες με μεγάλες επιφανειακές θερμοκρασίες, αλλά με ταπεινές φωτεινότητες, γεγονός που δικαιολογείται από τις πολύ μικρές των διαστάσεις. Οι αστέρες αυτοί λέγονται **λευκοί νάνοι**. Παραδειγματικά αναφέρω τον αστέρα Wolf 1346 (B9, M=+10.9) και τον συνοδό του Σειρίου. Ένας λευκός νάνος είναι ένας "νεκρός" αστέρας, ένα απομεινάρι αστρικής εξέλιξης όπου καμμία πυρηνική αντίδραση δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί, αφού οι ατομικοί πυρήνες και τα ηλεκτρόνια έχουν εκφυλισθεί. Η κατηγορία αυτή υποθετικά περιλαμβάνει και τους **καφέ νάνους** οι οποίοι είναι σώματα αστρικής προελεύσεως σκοτεινά και πολύ ψυχρά.

Απεναντίας, αστέρες μεγάλων μαζών έχουν δημιουργήσει στο κέντρο των σιδήρου, οι ατομικοί πυρήνες του οποίου είναι περισσότερο ενεργοί από όλα τα άλλα στοιχεία με αποτέλεσμα την εξακολούθηση των αντιδράσεων καύσεως του σιδήρου σε άλλα βαρύτερα στοιχεία. Χωρίς άλλες πηγές ενεργείας όμως, αστέρες με μάζες μεγαλύτερες των 4 ηλιακών θα εκραγούν καίοντας ηλεκτρόνια και πρωτόνια απογυμνώνοντας τα νετρόνια των χημικών των στοιχείων. Το περίβλημα του αστέρος θα καταστραφεί μετά από την διάλυση του πυρήνα, και μετά από αυτό, ο αστέρας θα εκραγεί με μία χαωτική έκρηξη, μία **έκρηξη σουπερνόβα** και την δημιουργία ενός **αστέρος νετρονίων (pulsar)** με κατάληξη τις **μελανές οπές (black holes)**. Έπειτα, η απορροφούμενη ενέργεια από την έκρηξη που λέγεται και **αστρικός άνεμος** σχηματίζει σωματίδια με χημικά στοιχεία βαρύτερα του σιδήρου τα οποία με το ανακάτεμά τους με το νέφος της σκόνης προστίθενται στο μεσοαστρικό υλικό από όπου περιστασιακά θα δημιουργηθούν νέοι αστέρες και πλανητικά συστήματα.

Οι εξελικτικοί πληθυσμοί των αστέρων παριστάνονται στο σχεδιάγραμμα με διακεκομμένες γραμμές και με λατινικές ονομασίες βάσει της φασματικής ταξινόμησεως του αστεροσκοπίου *Yerkes* όπως θα εκθέσω πιά κάτω. Το διάγραμμα H-R είναι διαφωτιστικό, προκειμένου να υπολογισθεί γραφικά η πορεία της εξέλιξης των αστέρων.

Άλλες μεγάλες σπουδαιότητες του διαγράμματος H-R είναι ότι με την βοήθεια του φασματικού τύπου και της τάξεως λαμπρότητας ενός αστέρος αφού προσδιορισθεί επακριβώς η θέση του στο διάγραμμα, αναγνωρίζεται αυτόματα και το απόλυτό του μέγεθος και κατά συνέπεια ευρίσκεται η απόσταση του αστέρος.

Στην περίπτωση ενός αστρικού σμήνους εφαρμοζόμενο το διάγραμμα είναι σε θέση να μάς φανερώσει τον αριθμό των αστέρων που ευρίσκονται στο ίδιο στάδιο εξέλιξεως, γεγονός που είναι σε θέση να μάς φανερώσει την πρόοδο της εξέλιξεως του συνολικού αριθμού των αστέρων του σμήνους σε σχέση με την μάζα των. Ο συνδυασμός αυτών των πληροφοριών μάς αποκαλύπτει την ηλικία του αστρικού σμήνους. Επίσης με μία ειδική γραφική μέθοδο προβολής φαινομένων και απολύτων μεγεθών υπολογίζεται και η απόσταση του σμήνους.

Τέλος, το διάγραμμα H-R ονομάζεται και **διάγραμμα χρώματος-μεγέθους** ή **διάγραμμα χρώματος-λαμπρότητας**.

**Φασματική ταξινόμηση του αστεροσκοπείου του Yerkes.** Στο αστεροσκοπείο Yerkes το έτος 1942 έγινε από τους αστρονόμους Morgan και Keenan μια φασματική ταξινόμηση των αστερών με κριτήρια αφ' ενός το απόλυτο μέγεθος του αστέρα, αφ' ετέρου δε την απόλυτη των λαμπρότητα (συντομογραφία : διάγραμμα M-K). Βάσει αυτής της ταξινομήσεως, οι **τάξεις των λαμπροτήτων** των αστερών που χαρακτηρίζονται με λατινικά γράμματα είναι οι εξής :

<i>Τάξις</i>	<i>Ονομασία</i>	<i>Λαμπρότης (ήλιος=1)</i>	<i>Παραδείγματα αστέρων</i>
<i>Io</i>	<i>Έξτρα λαμπροί υπεργίγαντες</i>	<i>100,000</i>	<i>ρ Κασσιόπης</i>
<i>Ia</i>	<i>Λαμπροί υπεργίγαντες</i>	<i>&lt; 100.000</i>	<i>Δενέμπ, Μπετελγκέζ</i>
<i>Iab</i>	<i>Υπεργίγαντες</i>	<i>&gt; 10,000</i>	<i>Αντάρης</i>
<i>Ib</i>	<i>Λιγότερο λαμπροί υπεργίγαντες</i>	<i>&lt; 10,000</i>	<i>ε Πηγάσου</i>
<i>II</i>	<i>Λαμπροί γίγαντες</i>	<i>100</i>	<i>ο Κήτους</i>
<i>III</i>	<i>Φυσιολογικοί γίγαντες</i>	<i>&lt; 100</i>	<i>Αλδεβαράν- Αρκτούρος</i>
<i>IV</i>	<i>Υπογίγαντες</i>	<i>&gt;1</i>	<i>η Βοώτου</i>
<i>V</i>	<i>Νάνοι κυρίας ακολουθίας</i>	<i>0,1-100</i>	<i>Ήλιος-α Κενταύρου</i>
<i>VI</i>	<i>Υπονάνοι</i>	<i>1-0,01</i>	
<i>VII</i>	<i>Λευκοί νάνοι</i>	<i>0,01- 0,001</i>	<i>Wolf 1346</i>

Όσον αφορά τον φασματικό συμβολισμό για έναν αστέρα, πρώτα γράφεται ο φασματικός τύπος ακολουθούμενος από την τάξη λαμπρότητας. Πχ Ήλιος *G2V*, Αντάρης *M Ib*, Αλδεβαράν *K5 III*, Βέγας *A0 IV* κλπ.

Αστέρες του ίδιου φασματικού τύπου αλλά με διαφορετικές τάξεις λαμπρότητας δεν έχουν τις ίδιες μάζες, φωτεινότητες και διαμέτρους, αλλά παρουσιάζουν διαφορές όπως ενδεικτικά αναφέρονται στους πίνακες της επομένης σελίδας από όπου ο αναγνώστης θα έχει τις συγκρίσεις του:

#### **Κύρια ακολουθία(τάξις φωτεινότητας V)**

<i>Φασματικός τύπος</i>	<i>Απόλυτο μέγεθος</i>	<i>Επιφανειακή θερμοκρασία</i>	<i>Μάζα (ήλιος=1)</i>	<i>Διάμετρος (ήλιος=1)</i>	<i>Πυκνότης (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Λαμπρότης (ήλιος=1)</i>
<b>O5</b>	- 5.8	45.000 οK	50	18	0.01	17.500
<b>B0</b>	- 4.5	30.000	18	7	0.07	5.500
<b>B5</b>	- 1.2	15.000	6	4	0.15	260
<b>A0</b>	+ 0.7	10.000	3	2.5	0.25	45
<b>A5</b>	+2.0	8.500	2	1.7	0.55	14
<b>F0</b>	+2.6	7.250	1.6	1.4	0.8	8
<b>F5</b>	+3.4	6.500	1.4	1.2	1.1	4
<b>G0</b>	+4.4	6.000	1.1	1.1	1.2	1.5
<b>ΗΕΕΪΟ(G2)</b>	+4.8	5.800	1	1	1.4	1
<b>G5</b>	+5.1	5.600	0.9	0.9	1.7	0.8
<b>K0</b>	+5.9	5.000	0.8	0.85	2.3	0.4
<b>K5</b>	+7.3	4.200	0.7	0.72	2.6	0.1

**V**

M0	+9.0	3.500	0.5	0.6	3.2	0.02
M5	+12.0	3.000	0.2	0.3	10	0.002

Άβηαίόαδ(θΥίεδ ουδἀείυδςδϊδ III)

Θάοιάδσευδ	Άδμεδδϊ	ΆδέοάιἀέαεP	ΪΥαά	ΆέΥιαδδηϊδ	Δδείυδςδ	Έαϊδδηυδςδ
δγδϊδ	ιΥαάεϊδ	εαηϊεηάσβά	(Pεεϊδ=1)	(Pεεϊδ=1)	(gr/cm3)	(Pεεϊδ=1)
Ϊ5						
B0	-5.0	30.000 οK	20	15	0.008	8.500
Â5	-2.2	15.000	7	8	0.02	650
A0	+0.0	10.000	4	5	0.04	85
Á5	+0.7	8.000				45
F0	+1.5	7.000				20
F5	+1.6	6.500				20
G0	+1.1	5.750	1.5	6	0.01	30
G5	+0.7	5.000	2	10	0.003	45
K0	+0.5	4.500	2.5	15	0.001	55
K5	-0.2	3.800	2.5	25	0.0002	100
M0	-0.4	3.200	3	40	0.00005	125
M5	-0.8	2.800				180

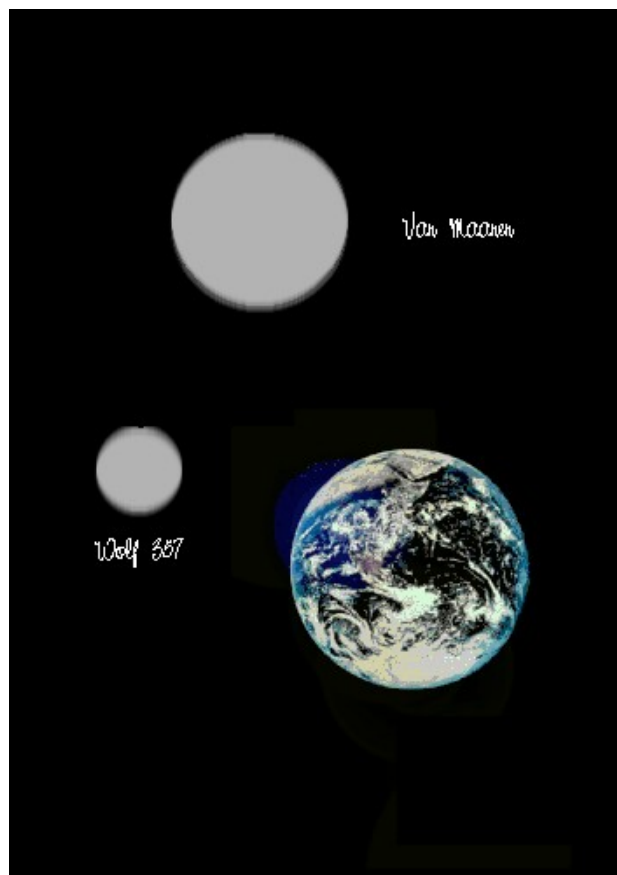
III

Θαηῆβηαίόαδ(θΥίεδ ουδἀείυδςδϊδ I)

Θάοιάδσευδ	Άδμεδδϊ	ΆδέοάιἀέαεP	ΪΥαά	ΆέΥιαδδηϊδ	Δδείυδςδ	Έαϊδδηυδςδ
δγδϊδ	ιΥαάεϊδ	εαηϊεηάσβά	(Pεεϊδ=1)	(Pεεϊδ=1)	(gr/cm3)	(Pεεϊδ=1)
O5	-6.8	40.000 οK	100	30	0.005	45.000
B0	-6,4	28.000	35	25	0.003	30.000
B5	-6.2	14.000	25	40	0.0005	25.000
A0	-6.3	10.000	16	50	0.0002	28.000
A5	-6.6	8.500	13	60	0.00008	37.500
F0	-6.6	7.500	12	70	0.00005	37.500
F5	-6.6	7.000	10	85	0.00002	37.500
G0	-6.4	5.500	10	110	0.00001	30.000
G5	-6.2	4.850	12	135	0.000007	25.000
K0	-6.0	4.250	13	200	0.000002	20.000
K5	-5.8	3.750	14	400	0.0000003	18.000
M0	-5.6	3.200	14	500	0.00000015	15.000
M5	-5.6	2.800				
20		800				
0.00000005		15.000				

I

**Μάζες, διάμετροι και πυκνότητες των αστερων.**  
 Μελετώντας τους προηγούμενους πίνακες και συγκεκριμένα τις αναφορές στις μάζες και πυκνότητες των αστερων στις τρεις τάξεις λαμπρότητας V, III και I γενικά συμπεραίνουμε ότι οι μάζες των κυμαίνονται από 0,2 έως και 100 ηλιακές μάζες. Όταν μάζ είναι γνωστή η μάζα και η διάμετρος ενός αστερος μπορούμε να υπολογίσουμε



εύκολα την πυκνότητά του. Η διάμετρος ενός αστέρος εκτός από τις πειραματικές μεθόδους (συμβολόμετρα με ηλεκτρονικούς υπολογιστές), είναι δυνατόν να υπολογισθεί και θεωρητικά εκτός των άλλων και από το φαινόμενο μέγεθος  $m$  σε σχέση με τον δείκτη χρώματος  $C$ .

Υπάρχουν αστέρες με κυκλώπειες διαμέτρους 800 φορές μεγαλύτερες του ηλίου όπως αυτή του Μπετελγκεζ και στον αντίποδα, αστέρες, όπως οι λευκοί νάνοι των οποίων οι διαμέτροι δεν ξεπερνούν τις διαμέτρους των μεγάλων πλανητών. Για παράδειγμα η διάμετρος του λευκού νάνου αστέρος Van Maanen ανέρχεται μόνο σε 10.400 χιλιόμετρα και του Wolf 457 σε 4175 χιλ. μόνον όπως φαίνεται στο σχήμα.

Όσον αφορά τις πυκνότητες των αστερών, οι μικρότερες πυκνότητες είναι αυτές των υπεργιγάντων από 0,005 έως 0,00000005  $gr/cm^3$  ενώ οι αντίστοιχες των γιγάντων κυμαίνονται από 0,008 έως 0,00005  $gr/cm^3$  και των αστερών της κυρίας ακολουθίας από 0,01 έως 10  $gr/cm^3$ . Όμως στις κατηγορίες VII των λευκών νάνων οι πυκνότητες είναι τεράστιες και κυμαίνονται από 200,000 έως 7,000,000  $gr/cm^3$ . Η ιδιάζουσα κατηγορία των λευκών νάνων θα αναφερθεί διεξοδικά σε επόμενο κεφάλαιο.

**Σχέσις μάζας και λαμπρότητων των αστερών.** Όπως παρατηρούμε στον πίνακα, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός αστέρος, τόσο πίο μεγάλη είναι η λαμπρότητά του, ιδιότητα που ανακάλυψε το 1924 ο Eddington και που είναι γνωστή σαν σχέση μάζας-λαμπρότητος. Αυτό μαθηματικά σημαίνει ότι η λαμπρότητα ενός αστέρος αυξάνεται μετά της 3,5 δυνάμεως της μάζας του και σε αυτόν τον κανόνα υπακούει το 90 % των αστερών της κυρίας ακολουθίας με μεγάλη εξαίρεση τους λευκούς νάνους οι οποίοι παρουσιάζουν λαμπρότητες πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις μάζες των. Από αυτήν την σχέση είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι μάζες των αστερών από τις λαμπρότητές των. Πάντως οι περισσότεροι αστέρες έχουν μάζες που κυμαίνονται μεταξύ 0,1 και 50 ηλιακών μαζών.

Από όσα ανέφερα μέχρι εδώ, θεωρώ σκόπιμο να παραθέσω έναν πίνακα των 20 λαμπροτέρων αστερών του ουρανού που περιλαμβάνει τις εξής σταθερές :

Όνομα αστέρος Ακτί-	$m$ οπτικό μέγεθος	$M$ απόλυτο μέγεθος	$\pi$ φασμ.τύπος MK	$r$ παράλλαξη parsecs	$H_{\text{λιος}}=1$ απόσταση τητα	Λαμπρό- τητα	να
*Σείριος α Μεγ Κυνός	- 1,4	1.4	A1 V	0"380	2.63	23	2
Κάνωπος α Τρόπιδος	- 0,9	- 4.6	F0Ia	0.018	55.55	5540	48
Ρίγκιλ α Κενταύρου	0,1	4.5	G2 V	0.760	1.32	1	1
Βέγας α Λύρας	0,1	0.5	A0 V	0.120	8.33	51	3
*Αίξ α Ηνιόχου	0,1	- 0.5	G2 III	0.072	13.85	129	14
Αρκτούρος α Βούτου	- 0,1	0.0	K2 III	0.091	10.98	81	26
Ρίγκελ *β Ωρίωνος	0,3	- 6.2	B8 Ia	0.005	200.00	23840	58
Προκύων α Μικρ Κυνός	0,5	2.8	F5 IV	0.282	3.54	6	2
Αχερνάρ α Ηριδανού	0,6	- 2.6	B3 V	0.023	43.47	1058	5
*Χάνταρ	0,9	- 3.1	B0 V	0.016	62.50	1393	7

<b>β Κενταύρου</b>							
<i>Αλτάιρ</i>	0,9	2.4	<i>A7 V</i>	0.199	5.02	9	2
<b>α Αετού</b>							
<i>Μπετελγέζ</i>	0,9	- 5.6	<i>M2 IaB</i>	0.005	200.00	13758	750
<b>α Ωρίωνος</b>							
<i>*Ακρούζ</i>	1,0	- 2.7	<i>B0 V</i>	0.018	55.55	965	6
<b>α Νοτ.Σταυρού</b>							
<i>*Αλδεβάραν</i>	1,1	- 0.5	<i>K5 III</i>	0.048	20.83	129	45
<b>α Ταύρου</b>							
<i>Πολυδεύκης</i>	1,2	1.0	<i>K0 III</i>	0.091	10.98	33	9
<b>α Διδύμων</b>							
<i>*Στάχης</i>	1,2	- 2.2	<i>B1 V</i>	0.021	47.61	610	5
<b>α Παρθένου</b>							
<i>*Αντάρης</i>	1,2	- 2.4	<i>M1 Ib</i>	0.019	52.63	733	740
<b>α Σκορπίου</b>							
<i>Φομαλχώ</i>	1,3	2.1	<i>A3 V</i>	0.144	6.94	12	2
<b>α Νοτ.Ιχθύος</b>							
<i>Δενέμπ</i>	1,3	- 4.8	<i>A2 Ia</i>	0.006	166.66	6610	34
<b>α Κόκνου</b>							
<i>Βασιλίσκος</i>	1,3	- 0.7	<i>B7 V</i>	0.040	25.00	154	8
<b>ά ΈΥΐδιό</b>							

\*= δι'εξάδεξιβ από Υ'η'αδ

## ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ, ΟΙ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ.

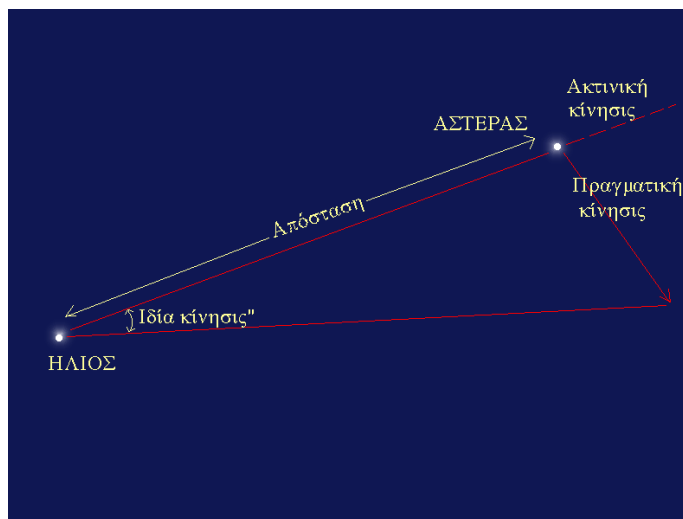
5

Εάν υποθέσουμε ότι στις παρατηρήσεις μας μία μεγάλη χρονική περίοδος δεκάδων χιλιάδων ετών συμπιέζεται σε 1 μόνο ώρα, τότε όλοι οι αστέρες του ουρανού θα άλλαζαν συνέχεια θέσεις κινούμενοι σε διάφορες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα οι αστερισμοί να χάνουν το γνωστό των σχήμα. Αυτός ο αένας "χορός" που όσο περισσότερο συμπιέζεται ο χρόνος εκτελείται ταχύτερα, οφείλεται στο γεγονός ότι οι αστέρες κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες γύρω από το κέντρο του γαλαξία μας ο οποίος καθώς περιστρέφεται συμπαρασύρει όλους τους αστέρες μαζί με τον ήλιο μας που ευρίσκονται στην δίνη του. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των αστέρων είναι και η περιστροφή των γύρω από τον εαυτό τους. Επίσης άς εξετάσουμε τοπογραφικά και την αστρική περιοχή μας από περιέργεια να δούμε στην "γειτονιά" μας τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πλησίων μας.

### Κινήσεις των αστέρων στο διάστημα.

Οι αστέρες που φαίνονται στον ουρανό και που ανήκουν όλοι σε ένα τεράστιο συγκρότημα, τον γαλαξία μας κινούνται γύρω από το κέντρο του με μεγάλες ταχύτητες οι οποίες διαφέρουν μεταξύ των και ως προς την φορά. Ένας υποθετικός παρατηρητής ευρισκόμενος έξω από τον γαλαξία μας θα παρατηρούσε ότι σε χρονικά διαστήματα πολλών εκατομμυρίων ετών την διαρκή αέναο κίνηση των δισεκατομμυρίων αστέρων γύρω από το κέντρο του. Αυτή η κίνηση έρχεται σαν αποτέλεσμα της διαφορικής περιστροφής του γαλαξιακού συγκροτήματος.

Όμως για έναν παρατηρητή όπως εμείς που ευρισκόμαστε μέσα στον γαλαξία αυτές οι κινήσεις δεν είναι δυνατόν να φανούν και να υπολογισθούν αμέσως για δύο σημαντικούς λόγους. Πρώτον ότι ο ήλιος μας και κατά συνέπεια η γή μας κινείται και αυτός με μία ορισμένη φορά και ταχύτητα και δεύτερον ότι η χρονική κλίμακα αυτών των κινήσεων είναι πολύ μεγάλη για την βραχύβια ζωή των ανθρώπων. Η πραγματική κίνηση των αστερών στον ουρανό είναι μία συνισταμένη δύο αντιληπτών κινήσεων, της ίδιας κινήσεως και της ακτινικής κινήσεως όπως αναλύονται κατωτέρω. (σχήμα)



### Ίδιες κινήσεις των αστερών.

Μέχρι τις αρχές του 18ου αιώνας επικρατούσε η άποψη ότι οι αστέρες παραμένουν ακίνητοι "καρφωμένοι" στον ουρανό και γι αυτόν τον λόγο ονομάζονταν *απλανείς* (ρήμα πλανώμαι +α στερητικό) από τους αρχαίους Έλληνες. Όμως το έτος 1718 ο αστρονόμος Halley συγκρίνοντας τις τότε τωρινές θέσεις των λαμπρών αστερών Σείριου, Αρκτούρου και Λαμπαδία με αυτές που ανέφερε ο Πτολεμαίος πρίν 1600 χρόνια διαπίστωσε ότι παρουσίαζαν διαφορές. Ο Σείριος και ο Λαμπαδίας κατά μισή μοίρα και ο Αρκτούρος κατά 1 μοίρα, όλοι μετατοπισμένοι προς νότο. Στή συνέχεια διαπιστώθηκε η κίνηση του Κάστωρος, του Πολυδεύκου, του Προκύωνος, του Βασιλίσκου και του Αλτάιρ, ενώ τον 19ον αιώνα δημοσιεύθηκαν κατάλογοι κινήσεων αστερών από τους Medler, Stroune και Argelander. Αυτές οι κινήσεις ονομάστηκαν "ίδιες κινήσεις" των αστερών οι οποίες υπολογίζονται με μικρομετρικά όργανα ακριβείας μετρούμενες σε δευτερόλεπτα τόξου ετησίως. Με εξαιρέσεις ισχύει ο κανόνας ότι όσο πιο κοντά μας ευρίσκεται ένας αστέρας, τόσο μεγαλύτερη φαινόμενη κίνηση παρουσιάζει. Την μεγαλύτερη ίδια κίνηση από όλους τους αστέρες παρουσιάζει ο γειτονικός μας αμυδρός ( $m=+9$ ) αστέρας του Barnard που γι' αυτήν του την ταχύτητα ονομάζεται ποιητικά "*βέλος του Barnard*" (απόσταση 5,9 εφ). Σε ένα χρονικό διάστημα 183 ετών μετατοπίζεται κατά μία φαινομένη διάμετρο της πανσελήνου (10"30 ετησίως). Μεγάλη μετατόπιση έχει και ο 61 Κύκνου ίση με 5"22. (απόσταση 11,2 εφ). Ο γειτονικός μας α Κενταύρου κινείται 3"68 ετησίως και ο Σείριος κατά 1"32. Οι συνέπειες της ίδιας κινήσεως των αστερών για τον παρατηρητή είναι:

α) *Αλλαγή των σχημάτων των αστερισμών στον χρόνο.* Με την πάροδο μεγάλων χρονικών διαστημάτων (εκατοντάδων χιλιάδων ετών) οι φιγούρες των αστερισμών αλλάζουν όψεις και σχήματα. Πρίν από 200.000 χρόνια πολύ δύσκολα θα αναγνωρίζαμε τους σημερινούς αστερισμούς και θα επιστρατεύαμε άλλη φαντασία για την ονομασία των. Οι "αστρολόγοι" κυριολεκτικά θα "είχαν μπερδευτεί προκειμένου από τα διαφορετικά σχήματα των ζωδίων να καθορίσουν τους χαρακτήρες και το πεπρωμένο μας".

β) *Αλληλομεταθέσεις των λαμπρών αστερών του ουρανού.* Στην εποχή του ανθρώπινου πολιτισμού ο λαμπρότερος αστέρας του ουρανού είναι ο Σείριος με  $m= -1,4$ . Με ηλεκτρονικούς υπολογισμούς σας παραθέτουμε έναν πίνακα

αστέρων που είχαν και θα έχουν τα πρωτεία λαμπρότητας σε μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Αστέρας	Φασμ.τύπος	φαιν.μέγεθ	Π α ρ ό ν		Μεγαλύτερη χρονική λαμπρότης	
			Απόσταση	Φαιν.μέγεθ	Απόσταση	Ημερομηνία
ε Μεγ.Κυνός	B2Iab	1,5	431 εφ	-3,9	34 εφ	-4700000
β Μεγ.Κυνός	B1 II	1,9	499	-3,6	37	-4420000
Κάνωπος	F0 Ib	-0,6	313	-1,8	177	-3110000
ζ Τοξότου	A2III	2,6	89	-2,7	8	-1200000
ζ Λαγωού	A2 V	3,5	70,2	-2,0	5,3	-1050000
Κάνωπος	F0 Ib	-0,6	313	-1,0	252	-950000
Αλδεβαράν	K5 III	0,8	65,1	-1,5	21,5	-320000
Αίζ	G6 III	0,0	42,2	-0,8	27,9	-240000
Κάνωπος	F0 Ib	-0,6	313	-0,7	302	-160000
Σείριος	A0 V	-1,4	8,6	-1,6	7,8	+60000
Βέγας	A0 V	0,0	25,3	-0,8	17,2	+290000
Κάνωπος	F0 Ib	-0,6	313	-0,4	346	+480000
β Ηνιόχου	A2 IV	1,9	82,1	-0,4	28,5	+1190000
δ Ασπίδος	F2 III	4,7	187	-1,8	9,2	+1250000
γ Δράκοντος	K5 III	2,2	148	-1,3	27,7	+1550000
υ Ζυγού	K5 III	3,6	195	-0,4	30	+2290000
ο Ηρακλέους	B9 V	3,8	347	-0,6	44	+3470000

**Ακτινική κίνησης και ταχύτητες των αστέρων.** Η ακτινική κίνησης των αστέρων δεν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί οπτικά όπως η ίδια κίνησης, αλλά υπολογίζεται από το λαμβανόμενο φάσμα των το οποίο προέρχεται από την προέκταση της οπτικής ευθείας γής-αστέρος (σχήμα). Ένα άλλο χρήσιμο εξαγόμενο είναι και ο καθορισμός της φοράς της εν λόγω ταχύτητας από τον παρατηρητή (δηλ αν πλησιάζει ή απομακρύνεται ο αστέρας). Η όλη μέθοδος στηρίζεται στην αρχή των Doppler-Fizeaux που διατυπώθηκε το 1848 και που έχει ως εξής : Όταν μία ηχητική πηγή κινείται ο ήχος που παράγεται είναι διαφορετικός από αυτόν της ίδιας πηγής που είναι ακίνητη. Π.χ ο ήχος μιάς μοτοσυκλέτας που μάς πλησιάζει μάς φαίνεται ότι είναι συνεχώς πιό έντονος , εξασθενεί απότομα όταν περνάει από κοντά μας και στην συνέχεια όταν απομακρύνεται ο ήχος λιγοστεύει και γίνεται βαρύτερος.

Ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα παρατηρούνται και στις κινούμενες φωτεινές πηγές, (αστέρες, γαλαξίες) με την ύπαρξη διαφορών στις θέσεις των ραβδώσεων των χημικών στοιχείων στα διάφορα μήκη κύματος όπως αυτά παρουσιάζονται στο φάσμα των.

Όταν ένας αστέρας μάς πλησιάζει κατά την διεύθυνση της οπτικής ακτίνας, τότε οι ραβδώσεις του φάσματος μετατοπίζονται προς τα αριστερά στην **ιώδη περιοχή (blueswift)** , ενώ όταν απομακρύνεται μετατοπίζονται στο **ερυθρό τμήμα (redswift)** . Η διαπίστωση αυτή γίνεται ύστερα από σύγκριση με ένα παρόμοιο τεχνητό φάσμα που δίνει μια ακίνητη φωτεινή πηγή. Από αυτό το γεγονός, και σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός, το μήκος κύματος των ραβδώσεων των παρουσιαζομένων χημικών στοιχείων και από την μετατόπισή των ευρίσκεται με μεγάλη ακρίβεια η ακτινική ταχύτητα του αστέρος.

Επειδή όμως και η γή κινείται γύρω από τον άξονά της και τον ήλιο και ο ήλιος μετατοπίζεται στο διάστημα, για τον σωστό υπολογισμό της ακτινικής ταχύτητας πραγματοποιούνται διαδοχικές διορθωτικές συγκρίσεις στις μετατοπίσεις των θέσεων των ραβδώσεων.

Από τις μεγαλύτερες ακτινικές κινήσεις είναι αυτή που παρουσιάζει ο αστέρας VX Ηρακλέους (385 χιλ/δευτ) και ο RZ Λύρας ίση με 380 χιλ/δευτ. ενώ οι συνηθισμένες ακτινικές ταχύτητες των αστέρων κυμαίνονται από 3 χιλ/δευτ έως 40 χιλ/δευτ.

**Η μεταβατική κίνηση του ηλίου στον άπηκα.** Από όσα αναφέραμε, εύλογα γεννάται το ερώτημα : αφού κινείται και ο ήλιος μας γύρω από το γαλαξιακό κέντρο συμπαρασύροντας τον πλανήτη μας , σε ποιο σημείο του διαστήματος κατευθύνεται και με πόση ταχύτητα "τρέχει" στην αέναη πορεία του ; Ο αστρονόμος Lampert το 1761 διατύπωσε τον εξής συλλογισμό :

Εφόσον ο ήλιος κινείται θα πρέπει όλοι οι αστέρες που ευρίσκονται προς το μέρος της οδεύσεώς του να αλληλοαπομακρύνονται από μια ορισμένη περιοχή του ουρανού ενώ στην αντιδιαμετρική πλευρά θα φαίνονται ότι συγκλίνουν προς ένα σημείο. Πιο κατανοητά, όταν ευρισκόμαστε σε ένα αυτοκίνητο που κινείται σε έναν ίσιο δρόμο ο οποίος περιστοιχίζεται από δέντρα , μάς δημιουργείται η εντύπωση ότι τα πυκνά δέντρα ξεχωρίζουν αντίθετα από την κατεύθυνσή μας, ενώ κοιτώντας στο πίσω παράθυρο μάς φαίνεται ότι πλησιάζουν σε ευθεία γραμμή το ένα το άλλο.

Εάν δεχθούμε ότι ο ήλιος μας και κατά συνέπεια η γή ότι κινείται σε ευθεία γραμμή προς ένα νοητό σημείο του διαστήματος, τότε οι όλοι οι αστέρες που είναι κοντά στον δρόμο του θα φαίνονται ότι αλληλοαπομακρύνονται, αυτοί που ευρίσκονται εκατέρωθέν μας και σε γωνία 90ο ότι σχετικά είναι ακίνητοι και τέλος αυτοί οι οποίοι ευρίσκονται στην διαμετρικά αντίθετη περιοχή θα ~~παρουσιάζουν κινήσεις συμπλησιάζουσες στον παρατηρητή.~~

Υποθέτοντας ότι οι αυτοί αστέρες δεν έχουν πραγματική κίνηση, απομονώνοντάς τους , τότε οι παρουσιαζόμενες μετατοπίσεις των θα δείχνουν όπως τα δένδρα την διεύθυνση , την ταχύτητα και την φορά της κινήσεως του ηλίου μας. Οι πολύπλοκες αυτές μετρήσεις είναι μαθηματική συνάρτηση της αποστάσεως , των ιδίων και ακτινικών κινήσεων των αστέρων όπως και της οπτικής γωνίας διευσθύνσεως του αστέρος προς τον παρατηρητή. Ιστορικά, με αυτήν την έρευνα ασχολήθηκαν ο Hersel (1783), ο Argelander (1838) και οι Bessel και Stroune το 1844.

Το νοητό σημείο που κατευθύνεται ο ήλιος σε ευθεία γραμμή στο διάστημα συμπαρασύροντας όλα τα μέλη του πλανητικού μας συστήματος και με ταχύτητα 20,3 χιλ/δευτ. λέγεται **Άπηξ ή Κόρυμβος** με συντεταγμένες: ορθή αναφορά=18 ώρες, απόκλιση=+30ο (αστερισμός Ηρακλέους), ενώ το εκ διαμέτρου αντίθετο σημείο είναι ο **Αντάπηξ ή Αντικόρυμβος**. (συντεταγμένες: ορθή αναφορά=6 ώρες, απόκλιση=- 30ο, αστερισμός Περιστεράς).

**Απόλυτες κινήσεις των αστέρων και αστρικά ρεύματα.** Με την σπουδή τόσο των ιδίων, όσο και των ακτινικών κινήσεων των αστέρων , είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε με ακρίβεια τις πραγματικές τους κινήσεις μέσα και γύρω από τον γαλαξία μας. Από το έτος 1904 ο αστρονόμος Capteyn μελετώντας τις ίδιες κινήσεις των αστέρων, διαπίστωσε ότι δεν είναι τυχαίες, αλλά εκτελούνται προς δύο βασικές διευσθύνσεις που τις ονόμασε αστρικά ρεύματα. Οι δύο αυτές διευσθύνσεις σχετίζονται με την γραμμή άπηκος-αντάπηκος.

Όλοι οι αστέρες φαίνονται να διαχωρίζονται σε δύο ρεύματα εκ των οποίων το μεν πρώτο φαίνεται ότι κατευθύνεται μεταξύ των αστερισμών Διδύμων και Ωρίωνος, το δε δεύτερο στον αστερισμό της Ασπίδος.

Τα δύο αυτά σημεία λέγονται **κορυφαία σημεία** και είναι διαμετρικά αντίθετα. Το πρώτο περιλαμβάνει το 60% των αστέρων και το δεύτερο το υπόλοιπο 40%. Η ταχύτητα του πρώτου ρεύματος είναι διπλάσια από αυτή του δευτέρου γεγονός που μαρτυρούν την διαφορετική περιστροφή του γαλαξία μας.

Οι αστέρες περιστρέφονται σε χρονικά διαστήματα εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών γύρω από το γαλαξιακό κέντρο, μια περιστροφή που λέγεται **κοσμική περιστροφή**, η διάρκεια της οποίας λέγεται **κοσμικό έτος**. Το κοσμικό έτος του ηλίου μας ισούται με 220 εκατομμύρια γήινα χρόνια, πράγμα που σημαίνει ότι αυτός και κατά προέκταση ο πλανήτης μας από της καταβολής των μέχρι σήμερα έχουν συμπληρώσει περίπου 20 πλήρεις περιφορές γύρω από το κέντρο του γαλαξία μας.

#### ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΩΝ.

Όπως εξετάσαμε στο πρώτο κεφάλαιο ο ήλιος μας παρουσιάζει μία ανομοιόμορφη περιστροφή γύρω από τον άξονά του σε χρονικά διαστήματα 25-27 ημερών περιστρεφόμενος στον ισημερινό του με ταχύτητα 2 χιλ/δευτ. σύμφωνα με την μέθοδο Doppler. Με την εφαρμογή της ίδιας φασματοσκοπικής μεθόδου διαπιστώθηκε ότι όλοι οι αστέρες περιστρέφονται γύρω από τον εαυτό τους.

Εάν η οπτική **επιβατική ακτίνα** (η νοητή ακτίνα που συνδέει τον αστέρα με τον παρατηρητή) είναι κάθετη, τότε το φως το οποίο προέρχεται από το χείλος του δίσκου του αστέρα το οποίο μάς πλησιάζει μετατοπίζεται προς το κυανούν και το φως του απέναντι χείλους που απομακρύνεται δείχνει μετατόπιση προς το ερυθρό άκρο. Εδώ παρατηρούνται τα εξής: Λόγω της περιστροφής του αστέρα, όλες οι φασματικές γραμμές των αερίων παρουσιάζονται κατά κανόνα πλατύτερες από τις συνηθισμένες σε αστέρες με γρήγορες περιστροφές, ενώ στις αργές περιστροφές οι γραμμές θα είναι στενές και βαθιές. Οι πρώτοι που μέτρησαν τις ταχύτητες περιστροφής είναι ο Strouve και ο Elevey (1930)

Έχει διαπιστωθεί ότι οι ταχύτητες περιστροφών περί άξονα των διαφόρων αστέρων σχετίζονται με τον φασματικό των τύπο. Οι μεγάλες ταχύτητες των 300 χιλ/δευτ. απαντώνται σε κυανούς αστέρες τύπων O και B που ανήκουν στην κύρια ακολουθία. Οι προγενέστεροι φασματικοί τύποι αστέρων του F2 έχουν ταχύτητες μεγαλύτερες των 100 χιλ/δευτ., ενώ στους μεταγενέστερους τύπους όπως στον ήλιο οι ταχύτητες περιστροφής είναι πολύ μικρές. Αργές περιστροφές έχουν και οι γίγαντες αστέρες σαν αποτέλεσμα της εξελίξεώς των. Είναι πιθανό ο μικρός χρόνος περιστροφής των αστέρων της κυρίας ακολουθίας να οφείλεται στο ότι αυτοί χάνουν σημαντικό μέρος της στροφορμής των επειδή αποτελούνται από πλανητικά συστήματα.

#### ΟΙ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΙ ΣΤΟΝ ΉΛΙΟ ΑΣΤΕΡΕΣ.

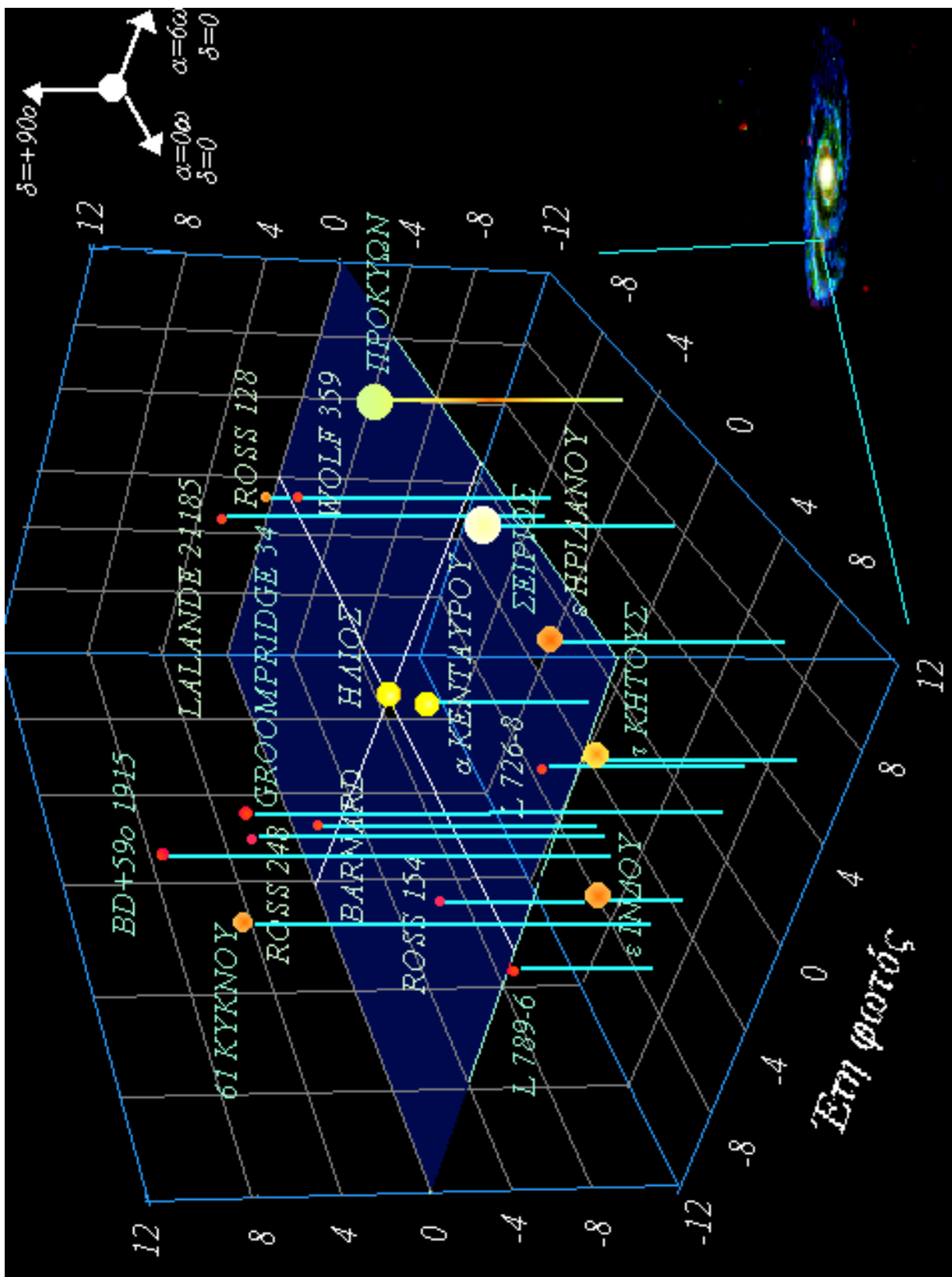
Εξετάζοντας την τοποθεσία του ηλίου μας μέσα στον γαλαξία, γνωρίζουμε ότι ευρίσκεται σε απόσταση 28.000 ετών φωτός περίπου από το κέντρο του δηλαδή ζούμε στα "γαλαξιακά προάστεια" αρκετά μακριά από έναν "αστρικό συνωστισμό" σε έναν από τους βραχίονές του. Μεγεθύνοντας αυτήν την περιοχή σε μία υποθετική σφαίρα με κέντρο τον ήλιο διαμέτρου 12 ετών φωτός, θα διαπιστώσουμε ότι ο χώρος αυτός περιλαμβάνει αριθμητικά λίγους

αστέρες οι οποίοι στην πλειοψηφία των είναι μικρότεροι και αμυδρότεροι από τον ήλιο μας. Τυπικά οι αστέρες αυτοί ανήκουν στην κυρία ακολουθία και είναι φασματικού τύπου Μ γενικά, με μάζες 0,4 της ηλιακής και με μικρές φωτεινότητες αόρατοι με γυμνό οφθαλμό απολύτου μεγέθους +15 περίπου.

Μόνο τρεις αστέρες φασματικών τύπων G2, A1 και F5 , πολλαπλοί αστέρες μάλιστα , είναι λαμπρότεροι και μεγαλύτεροι από τον ήλιο μας . Περιγράφουμε στη συνέχεια τους αμέσως 17 κοντινότερους στον ήλιο αστέρες μέχρι την απόσταση των 12 ετών φωτός εκ των οποίων οι 6 αποτελούν συστήματα διπλών αστέρων και ο α του Κενταύρου μαζί με τον Proxima ένα τριπλό σύστημα σύμφωνα με τελευταίες μετρήσεις :

Όνομα αστέρος	Αστερισμός	Ίδια κίνησης /έτος "	Ακτινική κίνησης	Φασματικός τύπος	Οπτικό μέγεθος	Απόλυτο μέγεθος	Απόσταση έτη φωτός	
1α	Proxima	Έΐϊόάδῆϊδ	3"81	-22 km/sec	M5V	11,0	15,5	4,3
1β	α1 Κενταύρου	"	3"70	-25	G2V	0,01	4,4	4,4
1γ	α2 Κενταύρου	"		-21	K0V	1,3	5,7	4,4
2	αστέρας Barnard	Οφιούχος	10"37	-111	M4V	9,5	13,2	6,0
3	Wolf 359	Λέων	4"69	+13	M6V	13,4	16,6	7,8
4	Lalande 21185	Μεγ.Άρκτος	4"81	-84	M2V	7,5	10,5	8,2
5α	L 726-8 A	Κήτος	3"67	+29	M5V	12,4	15,3	8,6
5β	" B	"		+32	M6V	13,2	16,1	8,6
6α	Σείριος A	Μεγ. Έΐΐϊ	1"32	-9	A1V	-1,4	1,5	8,6
6ά	" Α	"			DA2	8,4	11,3	8,6
7	Ross 154	Τοξότης	0"72	-12	M3V	10,4	13,1	9,6
8	Ross 248	Ανδρομέδα	1"63	-78	M5V	12,3	14,8	10,3
9	ε Ηριδανού	Ηριδανός	0"98	+17	K2V	3,7	6,2	10,7
10	Ross 128	Παρθένος	1"34	-31	M4V	11,1	13,5	10,8
11	L 789-6	Θάῆῆ-ῆῆδ	3"26	-60	M5V	12,3	14,7	11,0
12α	Groompridge34A	Αῆῆῆ-	2"91	+12	M1V	8,0	10,4	11,2
12β	" B	μέδα		+11	M3V	11,0	13,4	11,2
13	ε Ινδού	Ινδός	4"70	-40	K5V	4,7	7,0	11,2
14α	61 Κόκνου A	Κόκνος	5"23	-65	K5V	5,2	7,5	11,3

14β	"	B	"		-64	K7V	6,0	8,3	11,3
15α	BD+59ο	1915Α	Δράκων	2"27	-1	M3V	8,9	11,2	11,4
15β	"	B	"		+1	M3V	9,7	12,0	11,4
16	τ Κήτους	Κήτος	1"92	-17	G8V	3,5	5,8	11,4	
17α	Προκόων Α	Μικρ.Κύων	1"24	-4	F5V	0,4	2,7	11,4	
17β	"	B	"			DA	10,7	13,0	11,4



Τρισδιάστατη απεικόνιση 17 γειτονικών αστερών σε ακτίνα 12 ετών φωτός.

**Οικολογία των πλανητικών συστημάτων.** Στο ερώτημα αν και κατά πόσον θα ήταν δυνατόν οι αστέρες αυτοί όπως και κατ' επέκταση όλοι οι αστέρες του γαλαξία μας να φιλοξενούν πλανητικά συστήματα με πλανήτες στερεών επιφανειών, ειδικά και βιώσιμους και οι οποίοι δεν είναι δυνατόν να ανιχνευτούν προς το παρόν, αυτό θά εξαρτάται κυρίως από τους εξής παράγοντες :

α) *Φασματικός τύπος και ηλικία του αστέρος.* Για κάθε πλανητικό σύστημα όπως και στο δικό μας δημιουργείται μία **βιόσφαιρα**, δηλαδή μία υποθετική ζώνη πάχους δεκάδων εκατομμυρίων χιλιομέτρων μέσα στην οποία αν βρεθεί να περιστρέφεται ένας πλανήτης θα είναι "εξασφαλισμένος" από ακραίες θερμοκρασίες, είτε υπερβολικής θερμότητας, είτε ψύχους, συνθήκες οι οποίες θεωρητικά επιτρέπουν μια πιθανή δημιουργία μορφών ζωής. Σε μια πιθανή ύπαρξη πλανητικών συστημάτων απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι αστέρες αυτοί να διανύουν την περίοδο της σταθερότητας (μετατροπής υδρογόνου σε ήλιο), δηλαδή να είναι νάνοι αστέρες κυρίας ακολουθίας και μάλιστα φασματικών τύπων μεταγενεστέρων του Α. Σε αστέρες φασματικών τύπων G όπως ο ήλιος μας η βιόσφαιρα κυμαίνεται από 120-200 εκατομμύρια χιλιόμετρα με την γή μας να περιστρέφεται στα 150 εκατ. χιλ. Το πάχος της βιόσφαιρας εξαρτάται από την επιφανειακή θερμοκρασία του αστέρος ο οποίος όσο ψυχρότερος είναι, τόσο πλατύτερη βιόσφαιρα εξασφαλίζει.

β) *Η εκκεντρότητες των τροχιών των πλανητών.* Από όσα αναφέραμε εξυπακούεται ότι πρέπει να έχουν αυτοί οι πλανήτες τροχιές οι οποίες να μην απομακρύνονται έξω από τα "κλιματολογικά" αυτά όρια ούτε δηλαδή να έχουν κοντινά περίαστρα, ούτε μακρυνά απόαστρα. Οι μορφές των τροχιών των υποθετικών αυτών πλανητών είναι δυνατόν να απορριφθούν όταν ο κεντρικός αστέρας δεν είναι ένας, αλλά δύο ή περισσότεροι (σύστημα πολλαπλού αστέρος). Τότε, στο πλανητικό σύστημα θα δημιουργούνται ισχυρές βαρυτικές εκτροπές και ανισοροπίες στις τροχιές αυτών των πλανητών.

Από τους μνημονευθέντες γείτονές μας μόνον τρεις αστέρες, ο **ε Ηριδανού** (K2 V), ο **ε Ινδού** (K5 V) και ο **τ Κήτους** (G8 V) θα πληρούσαν ιδανικές προϋποθέσεις για έναν πλανήτη σαν την γή μας γι' αυτό και στο παρελθόν είχαν σταλεί ειδικά τεχνητά ραδιοσήματα με την προσδοκία μιάς "απαντήσεως" η οποία όμως δεν ελήφθη ποτέ.

Το βασικό μειονέκτημα των άφθονων στην γειτονιά μας νάνων αστερών μεταγενεστέρων φασματικών τύπων του ηλίου είναι ότι είναι ψυχροί και έχουν πολύ μικρές φωτεινότητες (δέκατα της ηλιακής), απώρεια του γεγονότος ότι ανήκουν στον φασματικό τύπο M. Οι πιθανοί συμπαγείς πλανήτες που περιστρέφονται γύρω από αυτούς τους αστέρες σε μεγάλου πάχους ιδανικές αποστάσεις θα έχουν ένα "μουντό" και ξεθωριασμένο περιβάλλον ακτινοβολίας, κάθε άλλο παρά ευνοϊκό για ανάπτυξη ζωής γηίνων προτύπων.

## ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

**Γενικά.** Η μελέτη του εσωτερικού των αστερών γίνεται με την εφαρμογή των νόμων της Φυσικής σε συνδυασμό με άλλα γνωστά στοιχεία των όπως είναι η λαμπρότητα, η μάζα και η χημική των σύσταση. Δεχόμαστε θεωρητικά ότι στο εσωτερικό οι αστέρες όπως φυσικά και ο ήλιος μας αποτελούνται από 3 βασικά μέρη εκτός από τις ατμόσφαιρές των.

**Τον πυρήνα μεταφοράς** όπου πραγματοποιούνται οι πυρηνικές αντιδράσεις.

**Το περίβλημα ακτινοβολίας** όπου η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται προς τα έξω με μορφή ακτινοβολίας.

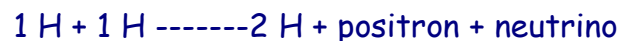
**Την ζώνη μεταφοράς** όπου τα μεταφερόμενα ρεύματα προκαλούν διάφορα φαινόμενα όπως η κοκκίασις κλπ.

Στό κέντρο των αστερών λόγω των τεραστίων θερμοκρασιών και πιέσεων, ο ιονισμός των ατόμων των χημικών στοιχείων είναι πλήρης δηλαδή έχουμε γυμνούς πυρήνες και τα ηλεκτρόνιά των. Για την αναφορά μας αυτή του εσωτερικού των αστερών, σημαντικό ρόλο παίζει η χημική τους σύσταση και συγκεκριμένα η αναλογία του υδρογόνου (H), του ηλίου (He) και των υπολοίπων στοιχείων που ονομάζονται **μέταλλα**. Η επί μέρους αναλογία των μετάλλων γενικά δέν επηρεάζει σημαντικά την κύρια ζωή του αστερός, όμως η ύπαρξη του άνθρακος (C) είναι στοιχείο απαραίτητο για την λειτουργία των πυρηνικών αντιδράσεων. Η χημική σύσταση του εσωτερικού των αστερών γενικά θεωρείται ότι είναι η ίδια με την σύσταση των ατμοσφαιρών των εκτός από την αναλογία υδρογόνου προς ήλιο.

**Παραγωγή ενεργείας στο εσωτερικό των αστερών, οι πυρηνικές αντιδράσεις.**

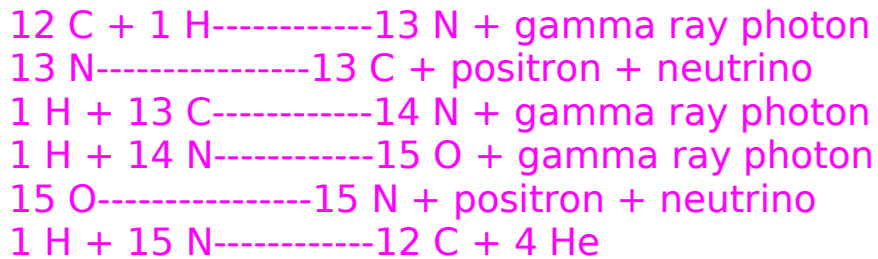
Η πρώτη πηγή ενεργείας του εσωτερικού ενός νεοδημιουργηθέντος αστερός είναι η **βαροτική ενέργεια** όπου λόγω της καταρρεύσεως της αρχικής μεσοαστρικής ύλης οι βρεφικοί αστέρες συστέλλονται και η δυναμική ενέργεια των ανωτέρων στρωμάτων μετατρέπεται σε θερμότητα και τελικά σε ακτινοβολία. Κατά την περίοδο της συστολής η θερμοκρασία του κρύου αστερός αυξάνει σημαντικά, αρχίζοντας τις πρώτες πυρηνικές αντιδράσεις "καύσεως" των ελαφρών στοιχείων λιθίου, βυρηλλίου και βορίου προς παραγωγή ηλίου. Όταν η θερμοκρασία φθάσει στο 1,000,000 ο K σταματά η συστολή, η διάρκεια της οποίας είναι μικρή γύρω στα 2 εκατομμύρια χρόνια.

Όταν η ανερχόμενη κεντρική θερμοκρασία σταματήσει στους 14,000,000ο K όπως συμβαίνει στον ήλιο και στους νάνους αστέρες, αρχίζει ο **κύκλος πρωτονίου-πρωτονίου (p-p)** ο οποίος έχει ως εξής :



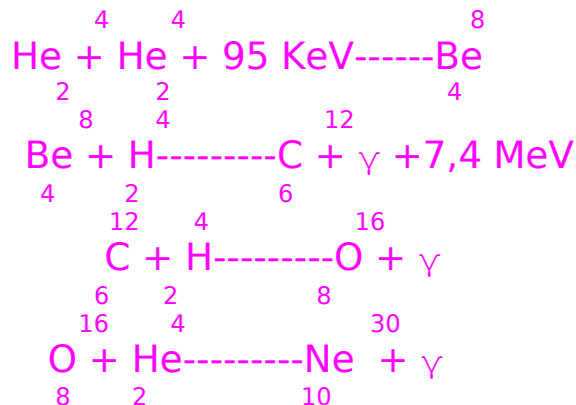
Το άθροισμα των 4 πρωτονίων έχει μάζα 4,032 μονάδες ενώ ο πυρήνας του ηλίου 4,004 μονάδες. Αυτό το έλλειμμα μάζας (0,028 μονάδων) μετατρέπεται σε ενέργεια βάσει του τύπου  $E = m c^2$ .

Σε αστέρες με υψηλότερες θερμοκρασίες η ενέργεια παράγεται κυρίως με τον κύκλο *άνθρακος-αζώτου (CN)* ο οποίος ευρέθη το 1938 από τους Bethe-Weizsaecker και πραγματοποιείται σε 6 στάδια :

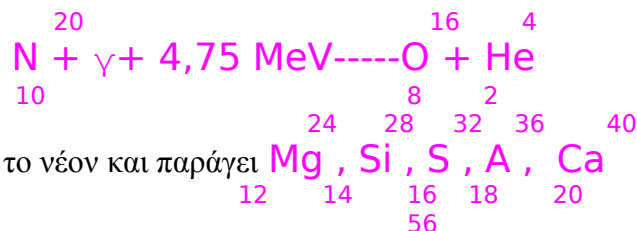


Γιά τον ήλιο, τα 99% της ενεργείας του παράγονται με τον κύκλο πρωτονίου-πρωτονίου και το 1% με τον κύκλο του άνθρακος.

Με την πάροδο του χρόνου και όταν το υδρογόνο σε έναν αστέρα εξαντληθεί, τότε δημιουργείται ένας πυρήνας ηλίου ο οποίος συστέλλεται και θερμαίνεται κάτω από την πίεση των ανωτέρων στρωμάτων και καταστρέφεται η θερμοδυναμική ισορροπία από την μη παραγωγή ενεργείας στο κέντρο του αστέρος. Το υδρογόνο καίγεται σε ένα περίβλημα γύρω από τον πυρήνα και ο αστέρας διογκώνεται. Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 100,000,000oK αρχίζει η "καύσις" του ηλίου αποτέλεσμα της οποίας είναι η παραγωγή βαρύτερων στοιχείων :



Σε αυτές τις αντιδράσεις το ήλιο εξαντλείται και σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες του 1 δισ. βαθμών K είναι δυνατόν να παραχθεί καινούργιο ήλιον :



Το ήλιο αντιδρά με το νέον και παράγει **Mg , Si , S , A , Ca** ενώ

σε μεγαλύτερες ακόμα θερμοκρασίες παράγεται **Fe** κλπ.

<sup>26</sup> Το ύψος της ανόδου των εξελικτικών θερμοκρασιών για την δημιουργία βαρύτερων στοιχείων και ηλιού εξαρτάται από την αρχική μάζα του αστέρος. Σε αστέρες άνω των 10 ηλιακών μαζών και με τελική άνοδο θερμοκρασίας στους 8 δισ. βαθμούς K ο αστέρας

καταρρέει, οπότε στην "καύση" και του σιδήρου θα προκληθεί μία απότομη χωρίς προειδοποίηση χαωτική έκρηξη σουπερνόβα .

### Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ .

**Γενικά.** Η χημική σύσταση του εσωτερικού των αστερών θεωρείται ότι είναι η ίδια με αυτήν των ατμοσφαιρών των εκτός από την αναλογία υδρογόνου με το ήλιον η οποία είναι μεγαλύτερη στο κέντρο λόγω της "καύσεως" των δύο αυτών στοιχείων προς παραγωγή ενέργειας. Η πλειοψηφία των άλλων χημικών στοιχείων (μετάλλων) δέν παίρνει μέρος στις αρχικές πυρηνικές αντιδράσεις κατά το στάδιο δημιουργίας του αστερός, δηλαδή η αρχική ανάμειξις της ύλης του αστερός του έχει δώσει χημική ομοιογένεια. Σε έναν αστερά έχουμε την αναλογία υδρογόνου 75%, ήλιον 23% και μέταλλα περίπου το 1-2% , τα οποία αποτελούν ένα μικρό μέρος της μάζας του σύμπαντος. Όμως παρά την χημική ομοιογένεια των αστερών παρατηρούνται διαφορές στην περιεκτικότητα των μετάλλων, διαφορές που προέρχονται από την εξέλιξη των αστερών και τον αριθμό των πυρηνικών αντιδράσεων που έχουν γίνει στο εσωτερικό των. Γενικά, η δημιουργία των 92 χημικών στοιχείων και των υπερουρανίων, πλουσίων σε νετρόνια ισωτόπων (*πυρηνοσύνθεση*) γίνεται από τις εξελικτικές πυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό των αστερών, αντιδράσεις με τους εξής χαρακτηρισμούς :

*Αντιδράσεις -s (slow=αργές) .*

*Αντιδράσεις -r (rapid=γρήγορες)* οι οποίες γίνονται στις εκρήξεις των αστερών σουπερνόβα.

*Αντιδράσεις -p* δημιουργίας πλουσίων σε ισότοπα νετρονίων.

*Αντιδράσεις -x* δημιουργίας ελαφρών στοιχείων D, Li, Be και B.

**Οι πληθυσμοί των αστερών.** Το σύνολο των αστερών με κριτήριο την περιεκτικότητά τους σε μέταλλα ταξινομείται σε δύο κατηγορίες που λέγονται και πληθυσμοί, ένας όρος που εισήχθηκε το 1944 από τον W.Baade.

**Πληθυσμός I .** Περιλαμβάνει τους αστερές με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μέταλλα με χαρακτηριστικό την μικρή των ηλικία. Οι αστερές αυτοί είναι οι θερμότεροι και έχουν δημιουργηθεί από την μεσοαστρική ύλη που έχει εμπλουτισθεί από τις εκρήξεις των υπερκαινοφανών. Δημιουργούνται κοντά στο γαλαξιακό επίπεδο και στους γαλαξιακούς βραχίονες και απαντώνται κυρίως στα ανοικτά σμήνη και τις διαστελλόμενες ομάδες νέων αστερών -O.

**Πληθυσμός II .** Περιλαμβάνονται οι αστερές με μικρή περιεκτικότητα μετάλλων οι οποίοι είναι και οι πιο παλιοί σε ηλικία. Σχηματίζουν μία σφαιροειδή άλω γύρω από το κέντρο του γαλαξία περιστρεφόμενοι με σχετικά μεγάλη ταχύτητα σε τροχίες με μεγάλη εκκεντρότητα και κλίση ως προς τον γαλαξιακό ισημερινό. Τα σφαιρωτά σμήνη αποτελούνται από αστερές αυτού του πληθυσμού.

## ΟΙ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

### ΛΕΥΚΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΑΝΟΙ ΝΑΝΟΙ.

7

Το τελικό στάδιο της εξελίξεως των αστερών οι οποίοι δέν θα έχουν ολοσχερές εκρηκτικό τέλος, φαίνεται ότι είναι οι λευκοί νάνοι οι οποίοι αφού εξάντλησαν ολοσχερώς όλα τα αποθέματα ενεργείας των αποτελούνται από εκφυλισμένη ύλη και γι' αυτόν τον λόγο έχουν τεράστιες πυκνότητες, δέν είναι δυνατόν να συσταλούν περισσότερο και σταδιακά ψύχονται. Με την πάροδο του χρόνου θα καταλήξουν να γίνουν **μελανοί νάνοι**, αστέρες τελείως νεκροί. Εξαίρεση παρουσιάζεται στην περίπτωση ενός ζεύγους λευκών νάνων ή ζεύγους αστέρος και λευκού νάνου όπου κάτω από συνθήκες αλληλοεπιδράσεων επαναλειτουργούν πυρηνικές αντιδράσεις (βλέπε κεφ. Διπλοί αστέρες).

**Φυσική κατάσταση των λευκών νάνων.** Οι λευκοί νάνοι έχουν χρώμα λευκό, κίτρινο ή ελαφρώς κόκκινο, χρώματα των φασματικών τύπων B, A, F και G μέν, αλλά με πολύ μικρά απόλυτα μεγέθη (9-10 φορές αμυδρότερα των αστερών της κυρίας ακολουθίας) δέ, γεγονός που αντικατοπτρίζει τις πολύ μικρές των διαστάσεις. Στο διάγραμμα H-R οι λευκοί νάνοι καταλαμβάνουν την κάτω αριστερή γωνία. Για παράδειγμα ο αστέρας Wolf 1346 φασματικού τύπου B9V και απολύτου μεγέθους +10,9 έχει μόλις διπλάσια ακτίνα από αυτήν της γής. Η μάζα των λευκών νάνων ισούται με το μισό της ηλιακής, οι διάμετροί των όμως κυμαίνονται μεταξύ του μισού και του τετραπλασίου της γής, αλλά οι πυκνότητές των είναι κατά μέσον όρο 400,000 φορές μεγαλύτερες του ηλίου. Τουλάχιστον το 3% των αστερών του γαλαξία μας είναι λευκοί νάνοι ο πρώτος από αυτούς, ο 40 Ηριδανού παρατηρήθηκε το 1910. Άλλος γνωστός είναι και ο νάνος συνοδός του Σειρίου.

Μερικά από τα φάσματα των λευκών νάνων περιέχουν έντονες γραμμές υδρογόνου, ηλίου, ιονισμένου ασβεστίου κλπ. Οι γραμμές παρουσιάζονται πολύ ευρείες από την τεράστια πίεση που επικρατεί στις ατμόσφαιρές των που έχουν πάχος λίγων μόνο μέτρων. Στο εσωτερικό των αστερών αυτών τα άτομα των χημικών στοιχείων έχουν υποστεί μεγάλο βαθμό ιονισμού και είναι τελείως εκφυλισμένα. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πολύ ελεύθερος χώρος ώστε η ύλη να συμπυκνωθεί χιλιάδες φορές περισσότερο σε σχέση με την πυκνότητα του νερού. Για παράδειγμα η πυκνότης του συνοδού του Σειρίου είναι 275.000 φορές μεγαλύτερη της γής. Συνοψίζοντάς το με ένα παράδειγμα, ένας άνθρωπος 80 κιλών στή γή, σε αυτόν τον αστέρα θα είχε βάρος 280,000 τόννων! Μαθηματικά, έχει αποδειχθεί ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός λευκού νάνου, τόσο μικρότερη είναι η ακτίνα του και στο όριο των 1,4 ηλιακών μαζών αυτή θα γίνει μηδέν. (όριο Chandrasekhar).

**Μελανοί νάνοι.** Με την πάροδο του χρόνου οι λευκοί νάνοι αστέρες αφού το εκφυλισμένο υλικό των νεκρωθεί τελείως, θα καταλήξουν σε μαύρα σκοτεινά σώματα, τους νεκρούς μελανούς νάνους οι οποίοι δέν είναι δυνατόν ποτέ να αναζωογονηθούν εκτός αν συγκρουσθούν με άλλους αστέρες. Γενικά, η μοίρα της εξελίξεως των αστερών είναι ότι μία χρονική εποχή στην ιστορία του σύμπαντος θα μετατραπούν όλοι οι εναπομείναντες σε σκοτεινούς νάνους γιατί ο μηχανισμός της δημιουργίας νέων αστερών από τα υπολείμματα της στάχτης των γηρασμένων αστερών προχωρά με φθίνοντα αριθμό.

## ΟΙ ΥΠΕΡΚΑΙΝΟΦΑΝΕΙΣ ΑΣΤΕΡΕΣ (SUPERNOVAE).

Όπως εξετάσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο η εξέλιξη και το τέλος αστέρων με μεγάλες μάζες προοιονίζεται να συμβεί κατά τρόπο εκρηκτικό, απροειδοποίητο και εντελώς χαωτικό σε αντίθεση με τους αστέρες μικρών μαζών όπως ο ήλιος μας οι οποίοι θα "σβήσουν" σιγά-σιγά με μορφή σκοτεινού νάνου. Οι πολύ μεγάλες θερμοκρασίες οι οποίες αναπτύσσονται στο κέντρο αυτών των αστέρων κατά την περίοδο καύσεως του αερίου ηλίου κατά την εξέλιξη των στο στάδιο των υπεργίγαντων, αποτέλεσμα της μεγάλης μάζας των έχουν αφ' ενός μεν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή βαρυτέρων χημικών στοιχείων, αφ' ετέρου δέ την παιρετέρω μεταστοιχείωσή των. Όταν οι πυρηνικές αντιδράσεις φθάσουν στο σημείο "καύσεως" του σιδήρου προς την εκ νέου παραγωγή ηλίου, τότε εντελώς απότομα ο υπεργίγαντας αστέρας καταρρέει τελειώς παρουσιάζοντας μεγάλη λαμπρότητα στον ουρανό. Τελικά, αυτό που απομένει είναι ένας σφαιροειδής χώρος πολύ μικρών διαστάσεων, ένας αστέρας *pulsar* όπου οι πυρήνες των γυμνών στοιχείων συγκεντρώνονται σε αφάνταστα μικρούς χώρους, όπως επίσης και ένα αεριώδες κατάλοιπο όλων των διασκορπισθέντων από την έκρηξη υλικών του αστέρος, υλικά από τα οποία θα γεννηθούν νέοι αστέρες στα μεσοαστρικά νέφη.

**Οι υπερκαινοφανείς αστέρες στην ιστορία.** Οι εκρήξεις των υπερκαινοφανών αστέρων είναι ένα γεγονός σπάνιο τόσο για το σύνολο των γαλαξιών, όσο και για τον δικό μας γαλαξία στον οποίο υπολογίζεται ότι κατά τα τελευταία 2000 έτη έχουν συμβεί 6-7 εκρήξεις σουπερνόβα. Σε άλλους γαλαξίες έχουν ανακαλυφθεί γύρω στους 400 υπερκαινοφανείς αστέρες. Ιστορικά στον γαλαξία μας μνημονεύονται οι εξής "επισκέπτες αστέρες" όπως τους αποκαλούσε τότε ο κόσμος μάλιστα διακατεχόμενος από αισθήματα φόβου και προοιτισμού σημαντικών γεγονότων δυσαρέστων ή μή :

1) *Ο υπερκαινοφανής του Ταύρου* (έτος 1054 μ.Χ) ο οποίος αναφέρεται στα κινέζικα χρονικά. Η λάμψη του ξεπέρασε αυτήν της Αφροδίτης και φαινόταν κατά την διάρκεια της ημέρας. Από τα υπολείμματα της εκρήξεως του προήλθε το γνωστό νεφέλωμα του Καρκίνου (Crab nebula, M1) ορατό με τηλεσκόπιο.

2) *Ο αστέρας του Τύχωνος ή Προσκυνητής* (έτος 1572 μ.Χ). Ανέλαμψε στον αστερισμό της Κασσιόπης τον Νοέμβριο του 1572 με λαμπρότητα μεγαλύτερη της Αφροδίτης (-4,4) και φθίνοντας, ήταν ορατός για 18 μήνες. Τον αστέρα εμελέτησε ο Δανός αστρονόμος Τύχων Βράχιος.

3) *Ο αστέρας του Κέπλερ* (έτος 1604 μ.Χ). Παρουσιάστηκε στον αστερισμό του Οφιούχου και ανέλαμψε όσο ο Ζεύς (-2,8) και μελετήθηκε από τον Ιωάννη Κέπλερ.

**Τύποι και λαμπρότητες των υπερκαινοφανών αστέρων.** Κατά την ανάλαμψή του ένας καινοφανής αστέρας απελευθερώνει τόση πολλή ενέργεια ώστε να λάμπει όσο δισεκατομμύρια αστέρες μαζί, μάλιστα όταν συμβαίνει να εμφανισθεί σε άλλο γαλαξία είναι φωτεινός όσο ο ίδιος ο γαλαξίας. Ανάλογα με την ένταση των φασματικών γραμμών και την περιεκτικότητα σε υδρογόνο, διακρίνουμε δύο τύπους υπερκαινοφανών αστέρων, τον τύπο **I** και τον τύπο **II** οι οποίοι σχετίζονται με τους 2 αστρικούς πληθυσμούς και παρουσιάζουν διαφορετικούς μηχανισμούς εκρήξεων.

Οι υπερκαινοφανείς τύπου I έχουν απόλυτο μέγεθος  $M -18$  έως  $-19$  λάμποντας 1 δισεκατομμύριο φορές περισσότερο από τον ήλιο μας και σε μία ημέρα ακτινοβολούν όσο ο ήλιος σε 10 εκατομμύρια έτη και "σβήνουν" γρήγορα μέσα σε 100 ημέρες. Παρατηρούνται στον αστρικό πληθυσμό II σε αστέρες παλαιότερων ηλικιών.

Ο τύπος II περιλαμβάνει υπερκαινοφανείς που προήλθαν από αστέρες μεγάλων μαζών με πλούσιο περίβλημα σε υδρογόνο. Υποδιαιρείται στους τύπους **Ia** και **Ib** σύμφωνα με τις εντάσεις των γραμμών απορροφήσεως του φάσματος.

Ο τύπος Ia απαντάται σε υπερκαινοφανείς αστέρες που προέρχονται από ένα κατακλυσμικό ζεύγος λευκών νάνων αστέρων όπου γίνεται μεταφορά μαζών από τον έναν στον άλλο η οποία κάτω από συνθήκες τεραστίων πιέσεων και θερμοκρασιών υποδαυλίζουν και δημιουργούν την έκρηξη (βλέπε κεφάλαιο εξέλιξη διπλών αστέρων).

Μετά από την έκρηξη του υπερκαινοφανούς αστερος αυτό που απομένει στο κέντρο της τεράστιας μάζας που κατέρρευσε είναι ένας πολύ μικρός αστέρας νετρονίων (pulsar) όπως και τα κατάλοιπα της ατμόσφαιρας του αστερος με την μορφή εντυπωσιακού αεριώδους νεφελώματος που διαστέλλεται γύρω από το κέντρο της εκρήξεως.

**ΙΑΘΑΕΒΑς ΕΑΘΥΕΙΕΒΑ ΘΑΝΕΑΕΗΘΑΙΒΙ (SUPERNOVA REMNANTS).** Μαρτυρούν τα υπολείμματα εκρήξεων υπερκαινοφανών αστέρων στο παρελθόν και από την ταχύτητα διαστολής των υπολογίζεται ο χρόνος εκρήξεως του αστερος και η απόστασίς του. Παρατηρούνται είτε οπτικά, είτε με ραδιοτηλεσκόπια. Το κλασικότερο

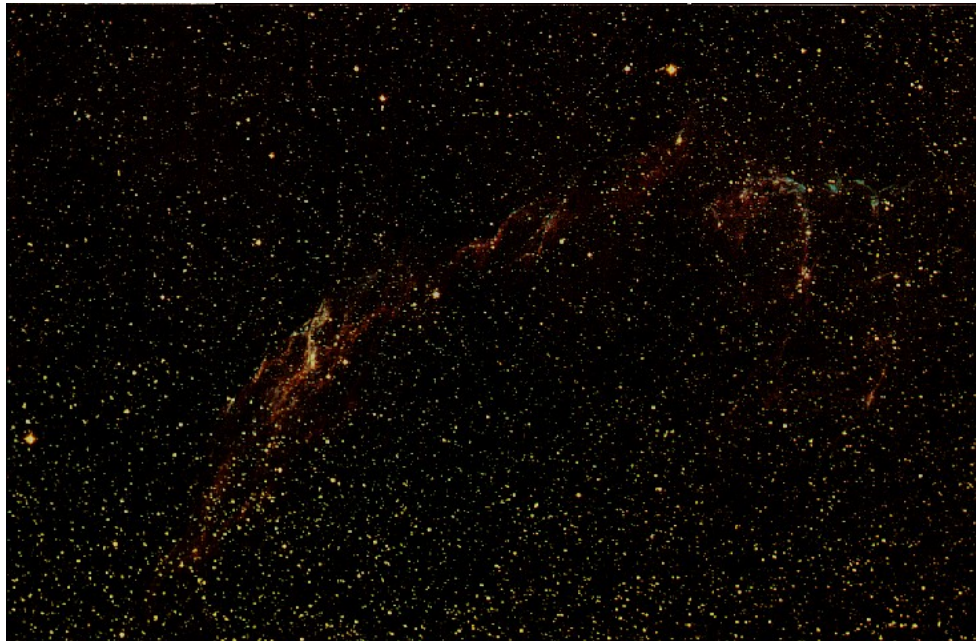
παράδειγμα υπολειμμάτων σουπερνόβα, είναι το **νεφέλωμα "καρκίνος"** (crab nebula ή Messier1). Ορατό ακόμα και με μικρά τηλεσκόπια σαν μία αχνή νεφελώδης κηλίδα (ολικού μεγέθους +9,5 περίπου) στις λεπτομερείς φωτογραφίες παρουσιάζει το σχήμα κάβουρα όπου και το όνομά του. Η ακτίνα του νεφελώματος είναι 180" και μεγαλώνει 0"21 κάθε χρόνο. Το **καραβιδονεφέλωμα**



αποτελείται από πολύπλοκο σύστημα νημάτων με περιοχές λευκού φωτός το οποίο σχηματίζεται από την **ακτινοβολία συχρότρον**. (Αποτελείται από ιονισμένο αέριο και μαγνητικά πεδία). Η πραγματική ταχύτητα διαστολής του νεφελώματος είναι 1500 χιλ/ώρα και μία από τις ισχυρότερες πηγές ραδιοκυμάτων και ακτίνων X. Άλλα παραδείγματα καταλοίπων υπερκαινοφανών αστέρων είναι :

i- **Κασσιόπη Α.** Είναι η ισχυρότερη ραδιοπηγή στον ουρανό, υπόλειμμα εκρήξεως σουπερνόβα του έτους 1607 μ.Χ που όλως παραδόξως δέν μνημονεύεται στα ιστορικά χρονικά. Από τα χαρακτηριστικά των ραδιοεκπομπών υπολογίζεται ότι κατά την έκρηξη του αστερος εκτοξεύθηκε ένα κέλυφος υλικού σε σχήμα δακτυλίου το οποίο είναι πηγή ακτίνων X.

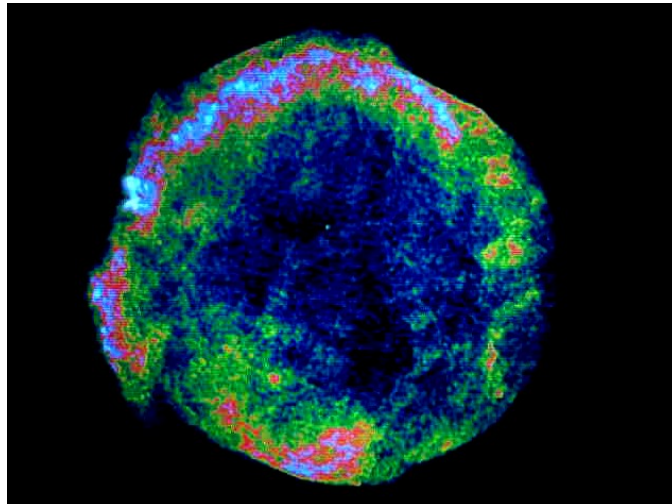
ii- "Δαντέλλα". Κυκλικό νεφελοειδές κέλυφος διαμέτρου 3ο στον αστερισμό του Κύκνου, υπόλειμμα εκρήξεως αστήρος που έγινε πριν από 30.000 χρόνια.



Η απόστασή του υπολογίζεται σε 2500 έτη φωτός και διάστέλλεται 6" κάθε έτος.

Παρόμοια παραδείγματα καταλοίπων υπερκαινοφανών ευρίσκονται και στους αστέρες του Τύχωνος και του Κέπλερ.

Ο πιο πρόσφατος σουπερνόβα παρατηρήθηκε το 1987 εκτός του γαλαξία μας στο Μεγάλο νέφος του Μαγγελάνου παρουσιάζοντας ιδιαιτερότητες στην ανάλαμπή του φθάνοντας το +2,8 μέγεθος.



Υπολείμματα του αστήρος του Τύχωνος (1572).

### ΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ (PULSARS).

Η αναπόφευκτη έκρηξη ενός σουπερνόβα εκτός από την ολοσχερή διάλυση του υπεργίγαντος αστήρος έχει σαν αποτέλεσμα την κατάρρευση και

εγκλωβισμό σε ένα σφαιρικό χώρο πάρα πολύ μικρών διαστάσεων των πρωτονίων και ηλεκτρονίων του αστέρος, τα οποία λόγω των τεραστίων πυκνοτήτων έχουν μορφή νετρονίων. Λόγω αυτής της συνθέσεως ο "ειδικός" αυτός χώρος ο οποίος καταλαμβάνει το κέντρο του πάλαι ποτέ υπεργίγαντος ονομάζεται αστέρας νετρονίων.

Η μάζα ενός αστέρος νετρονίων είναι ίση με την μάζα του ηλίου, όμως η διάμετρος του κυμαίνεται μεταξύ 10-20 χιλιομέτρα ενώ γύρω του υπάρχει ένα έντονο μαγνητικό πεδίο που περιστρέφεται πολύ γρήγορα μαζί με τον αστέρα. Εάν θελήσουμε να εκφράσουμε με αριθμούς την πυκνότητα αυτών των αστέρων σε  $\text{gr/cm}^3$ , τότε στο νούμερο 10 πρέπει να προσθέσουμε 11 με 14 μηδενικά!

Ο πρώτος αστέρας νετρονίων ανακαλύφθηκε το 1968 τυχαία από ραδιοαστρονόμους του πανεπιστημίου του Καίμπριτζ οι οποίοι εντόπισαν μία πηγή παλλομένων σημάτων με σταθερό ρυθμό νομίζοντας κατ' αρχάς ότι οφείλεται σε νοήμοντα όντα. Πήραν το όνομα pulsar από τις λέξεις Pulsating radio sources που σημαίνει παλλόμενες ραδιοπηγές με κύριο χαρακτηριστικό την σταθερότητα της περιόδου των εκπεμπόμενων παλμών οι οποίοι επαναλαμβάνονται κάθε 0,03-3 δευτερόλεπτα.

Οι μακροχρόνιες παρατηρήσεις έδειξαν ότι οι περίοδοι παλμών αυτών των "φάρων του διαστήματος" αυξάνουν σταθερά από την ακτινοβολία βαρύτητος που εκπέμπουν. Αντίθετα, ορισμένες απότομες ελαττώσεις των περιόδων οφείλονται σε μικροσεισμούς του κρυσταλλικού φλοιού των.

Ο μηχανισμός ενός pulsar οφείλεται στην εκπομπή ριπών ακτινοβολιών ηλεκτρονίων μικρής διάρκειας που προκαλούνται από την ταχύτατη περιστροφή του με αποτέλεσμα την περιοδική σάρωση του ουρανού. Ένας pulsar γίνεται αντιληπτός, όταν τύχει οι στιγμιαίες παλμικές ριπές να ευρεθούν στο επίπεδο του παρατηρητή, ενώ αυτές εκπέμπονται από δύο διαμετρικά αντίθετα άκρα του τα οποία δεν συμπίπτουν με τον άξονα περιστροφής του αστέρος.

Στον γαλαξία μας έχουν εντοπισθεί γύρω στους 300 pulsars οι οποίοι γενικά είναι ορατοί σαν αμυδροί αστέρες κάτω του 16ου οπτικού μεγέθους. Ο pulsar που προήλθε από τον υπερκαινοφανή του 1054 στο νεφέλωμα καρκίνος εκπέμπει οπτικούς παλμούς με περίοδο 0,033 δευτερολέπτων της ώρας με μικρή αύξηση κάθε ημέρα.

## ΟΙ ΜΕΛΑΝΕΣ ΟΠΕΣ

Οι τελειωτικές αστρικές καταρρεύσεις όπως αναφέραμε οδηγούν σε μία εξωφρενική κατάσταση "πακεταρίσματος" των υλικών του αστέρος με ασύλληπτες πυκνότητες, ο βαθμός των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος της αρχικής μάζας του αστέρος.

Πάντα θεωρητικά, όταν η μάζα ενός αστέρος είναι τριπλασία και πλέον της ηλιακής, τότε δημιουργούνται υπέρπυκνες καταστάσεις και ο αστέρας γίνεται τελείως αόρατος καθώς οι φωτεινές ακτίνες του δέν είναι δυνατόν να ξεφύγουν από μία ορισμένη απόσταση λόγω της έλξεως που ασκείται σε αυτές από το διαμέτρου μερικών χιλιομέτρων "μαύρο σώμα".

Ο φυσικός Sshwarzschild διατύπωσε την σχέση ότι η ακτίνα  $a$  μιάς μελανής οπής βάσει της Γενικής θεωρίας της Σχετικότητας εξαρτάται από την μάζα του υπό κατάρρευση σώματος, από την ταχύτητα του φωτός και από την παγκόσμιο σταθερά. Κάθε φωτεινή ακτίνα η οποία ξεκινά από αυτόν τον χώρο με ακτίνα  $a$  δέν είναι δυνατόν να φθάσει στον παρατηρητή με αποτέλεσμα η πηγή να είναι αόρατη. Η επιφάνεια της σφαίρας λέγεται **ορίζων γεγονότων** και υποθετικά για τον ήλιο καθορίζεται στα 3 χιλιόμετρα.

Η ύπαρξη μελανών οπών είναι δυνατόν να οφείλεται μόνον στίς διαχρονικές εξελίξεις ορισμένων αστέρων στην ιστορία του σύμπαντος; Βάσει μιάς θεωρίας στο νεοδημιουργηθέν σύμπαν των αστέρων σχηματίσθηκαν εξ' αρχής πολλές μελανές οπές με την ύπαρξη των οποίων εξηγείται η μεγάλη και πολλές φορές παράδοξη παραγωγή ενεργείας που παρατηρείται σε γαλαξιακούς πυρήνες.

Μία θεωρία η οποία διατυπώθηκε το 1963 από τον R. Kerr έχει σχέση με την περιστροφή στον χωροχρόνο μιάς μελανής οπής. Πολλές υποθέσεις έχουν διατυπωθεί σχετικά με το πού και σε πιά άλλη χρονική διάσταση είναι θεωρητικά δυνατόν να συγκοινωνούν οι μελανές οπές οι οποίες δέν θα αναφερθούν.

Οι μελανές οπές δέν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν, όμως η ύπαρξή των πιστοποιείται έμμεσα από τις βαρυτικές επιδράσεις που ασκούν αυτές όταν τύχει να ευρίσκονται κοντά σε έναν αστέρα ή από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία των σωμάτων τα οποία έλκονται και "πέφτουν" μέσα σε αυτές όπου η μελανή οπή θα παρουσιάζεται σαν μία περιστρεφόμενη διαστημική ρουφήχτρα η οποία καταβροχθίζει ότι υλικό σώμα υπάρχει κοντά της.

Κλασικό παράδειγμα υπάρξεως μελανής οπής αποτελεί η έντονη πηγή ακτίνων X η οποία είναι γνωστή σαν **Κύκνος X-1**. Είναι ένα διπλό σύστημα αστέρων το οποίο περιλαμβάνει έναν ογκώδη θερμό συνοδό φασματικού τύπου O ή B και από μία μελανή οπή η οποία πιστεύεται ότι απορροφά τα υλικά της επιφανείας του αστέρος με αποτέλεσμα την εκπομπή ακτίνων X λόγω της μεγάλης ενεργείας που εκλύεται.

## ΤΑ ΠΛΑΝΗΤΙΚΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ .

Άλλη μία μορφή αστέρος στην πορεία της εξελίξεώς του είναι όταν περάσει στο στάδιο της διογκώσεώς του σε ερυθρό γίγαντα, αποτέλεσμα της εξαντλήσεως του υδρογόνου στον πυρήνα με την καύση του ηλίου και του υδρογόνου πλέον στα ανώτερα στρώματα όπως αναφέραμε. Σε αστέρες με μικρές μάζες σαν τον ήλιο μας η μετέπειτα εξελικτική πορεία κατά την συρρίκνωση είναι δυνατόν να επιφέρει περιόδους μεγάλης ασταθείας στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα του αστέρος με δεδομένη την καταστροφή

της θερμοδυναμικής ισορροπίας όπου είναι δυνατόν τότε στην προσπάθεια διατηρήσεώς της ο αστέρας να εκτινάξει κατά βίαιο τρόπο μεγάλες ποσότητες των εξωτερικών του στρωμάτων στο διάστημα χωρίς όμως να διαλυθεί, αλλά να συστέλλεται. Το εκτιναχθέν υλικό δημιουργεί ένα αεριώδες δισκοειδές σχήμα γύρω από τον κεντρικό αστέρα σαν ένα είδος δακτυλίου που τον περιβάλλει και το οποίο με την πάροδο δεκάδων χιλιάδων ετών διασκορπίζεται στο διάστημα.

Η όλη όψη που παρουσιάζει ένας τέτοιος αστέρας στο τηλεσκόπιο και στίς λεπτομερείς φωτογραφίες είναι πολύ όμορφη διότι μάζ δημιουργείται η εντύπωση ενός συγκεχυμένου πλανητοειδούς σχήματος με αισθητές διαστάσεις που γι' αυτόν τον λόγο ονομάζεται πλανητικό νεφέλωμα (planetary nebula), ένας όρος που καθιερώθηκε τον 18ον αιώνα από τον αστρονόμο J. Hersell.

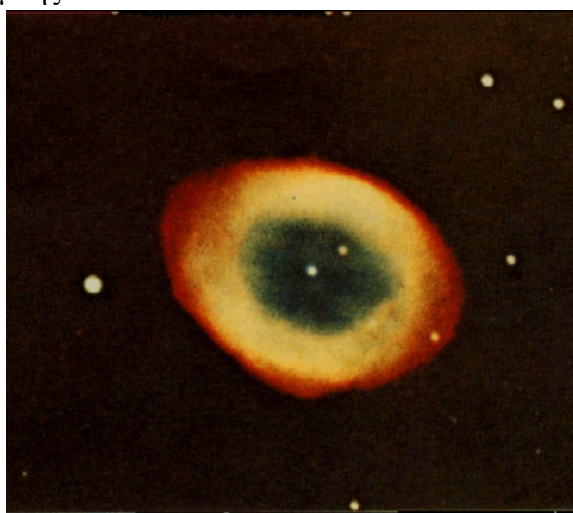
Το λαμβανόμενο φάσμα ενός πλανητικού νεφελώματος παρουσιάζει γραμμές εκπομπής οι οποίες προέρχονται από υπέρθερμο αέριο σε συνδυασμό με το φάσμα του κεντρικού αστέρος το οποίο είναι δυνατόν να περιλαμβάνει και ταινίες απορροφήσεως ή και εκπομπής.

Τα σπουδαιότερα πλανητικά νεφελώματα που είναι δυνατόν να παρατηρηθούν με μικρά τηλεσκόπια είναι τα εξής :

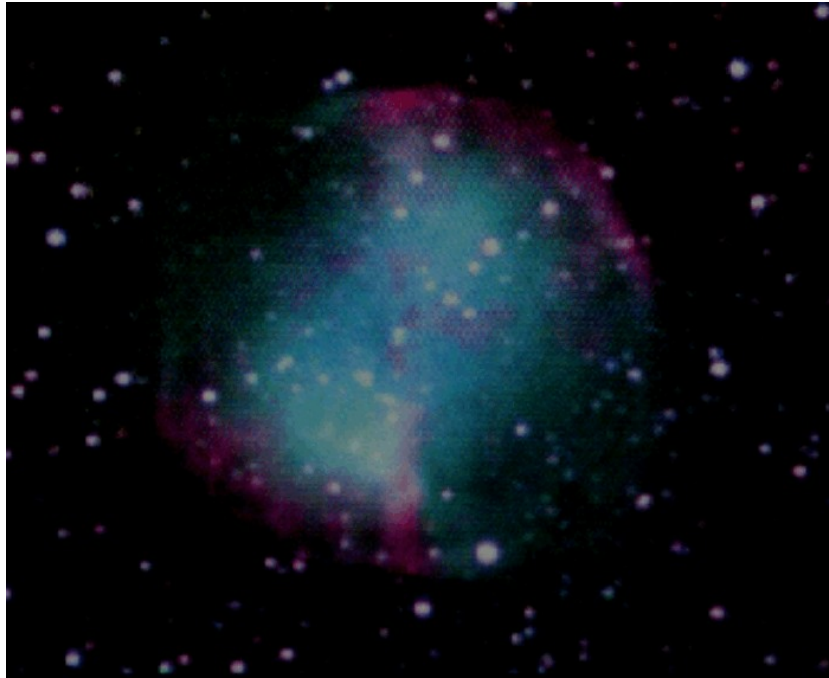
i- **Το δακτυλιοειδές νεφέλωμα της Λύρας (Ring nebula ή Messier 57).**

Ευρίσκεται στον αστερισμό της Λύρας με συντεταγμένες (2000)  $\alpha=18^{\circ} 53'$  και  $\delta=+33^{\circ} 02'$  και  $m=9,7$ . Η ακτίνα του νεφελώματος είναι  $1/3$  έτους φωτός και απέχει από την γή 2000 έτη φωτός. Με την ευρεθείσα ταχύτητα διαστολής του κελύφους 19 χιλ/δευτερόλεπτο, η ηλικία του πλανητικού νεφελώματος της Λύρας υπολογίζεται σε 5500 έτη.

Ο κεντρικός αστέρας είναι αμυδρός, μεγέθους 14,7.



ii- **Άεθροιά (Dumbbell nebula, Messier 27).** Ευρίσκεται στον αστερισμό της Αλώπεκος με συντεταγμένες  $\alpha=19^{\circ} 59'$  και  $\delta=+22^{\circ} 43'$ . Με φαινόμενο μέγεθος 7,6 είναι από τα λαμπρότερα πλανητικά νεφελώματα ορατό ευκρινώς με μεγάλα κυάλια. Το σχήμα του θυμίζει μία κλεψύδρα ενώ η ταχύτητα διαστολής του νεφελώματος υπολογίζεται σε 30 χιλ/δευτερόλεπτο.



iii-*Νεφέλωμα "Ελιξ" (NGC 7293)*. Ευρίσκεται στον αστερισμό του Υδροχόου με συντεταγμένες  $\alpha = 22\omega,29$  λ και  $\delta = -20$  ο,41'. Είναι το πλησιέστερο πλανητικό νεφέλωμα σε απόσταση 500 έ.φ και παρουσιάζει την μεγαλύτερη έκταση στον ουρανό όση η μισή πανσέληνος. Η ταχύτητα διαστολής του νεφελώματος υπολογίζεται σε 13 χιλ/δευτερόλεπτο.

Άλλα περίεργα στην όψη πλανητικά νεφελώματα είναι το νεφέλωμα "Κουκουβάγια"(ουwl nebula M97) στην Μεγάλη Άρκτο, το νεφέλωμα "Εσκιμώος" στους Διδύμους και το νεφέλωμα "Κρόνος" στον αστερισμό του Υδροχόου που θυμίζει τον ομώνυμο πλανήτη. Στις φωτογραφίες του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble παρουσιάζεται το πιο παράξενο διπλό πλανητικό νεφέλωμα που θυμίζει "μάτι γάτας".

## ΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ

8

Οι αστέρες κατά την διάρκεια της ζωής των εξελισσόμενοι παρουσιάζουν μεταξύ των άλλων και μεταβολές στην φαινομένη των λαμπρότητα, μεταβολές όμως οι οποίες συντελούνται σε πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ο όρος

"μεταβλητός αστήρ" εκτός από αυτές τις κατηγορίες περιλαμβάνει κυρίως τους αστέρες εκείνους των οποίων η λαμπρότητα μεταβάλλεται κατά περιόδους και σε μικρά χρονικά διαστήματα ωρών, ημερών ή ετών. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που ένας αστέρας μεταβάλλει την λαμπρότητά του. Με βάση αυτές τις αιτίες οι μεταβλητοί αστέρες ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες όπου οι μεταβολές ή είναι οπτικό επακόλουθο των κινήσεων ή της ηλικίας ενός διπλού συστήματος αστέρων, είτε οφείλονται στην πορεία της εξέλιξής τους.

**Ιστορικό .** Πρώτος ο αρχαίος Έλληνας αστρονόμος Ίππαρχος το έτος 134 π.Χ σημείωσε την παρουσίαση ενός "νέου" αστέρος, πιθανώς ενός κομήτη χωρίς ουρά και από αυτό το γεγονός οδηγήθηκε στην σύνταξη του πρώτου καταλόγου αστέρων στην ιστορία της Αστρονομίας. Αργότερα οι Άραβες αστρονόμοι παρατήρησαν ότι ο αστέρας β Περσέως (Αλγόλ=δαίμονας) μεταβάλλει την λαμπρότητά του. Το έτος 1596 ο Fabricius διαπίστωσε την περιοδικότητα των μεταβολών του αστέρος ο Κήτους ονομάζοντάς τον Θαυμάσιο (Mira). Ο Montanari το 1669 μελετά τις μεταβολές του Αλγόλ και το 1670 τον R Ύδρας. Το 1686 διαπιστώνονται οι διακυμάνσεις του χ Κύκνου, το έτος 1782 του β Λύρας, το 1795 του R Βορείου Στεφάνου κλπ. Αργότερα με την βοήθεια χαρτών του ουρανού και με την σύγκριση των μεγεθών των με άλλους σταθερούς στην λαμπρότητα αστέρες με διάφορους μεθόδους, ανακαλύφθηκαν δεκάδες χιλιάδες μεταβλητών αστέρων στον γαλαξία μας οι οποίοι αναφέρονται σε ειδικούς καταλόγους.

**Κατάλογοι μεταβλητών αστέρων και σύλλογοι παρατηρήσεων.** Ένας αξιόλογος ιστορικός κατάλογος είναι ο κατάλογος των Kukarkin-Parenago ρωσιστί (τόμοι I-II) και ο του Scheller γερμανιστί με τίτλο "Geschichte und Literatur des Licht-Wechsels der veranderlichen Sterne". Θεωρώ παράλειψη να μὴ αναφέρω τις πολύ συστηματικές και ενδιαφέρουσες εργασίες στον Ελληνικό χώρο του αειμνήστου αστρονόμου Κων/νου Σ. Χασάπη .

Υπάρχει διεθνές δίκτυο παρατηρήσεων μεταβλητών αστέρων από ερασιτέχνες αστρονόμους υπό την καθοδήγηση της *AAVS O* (American association of variable stars observers) με την έκδοση ειδικών χαρτών παρατηρήσεων μεταβλητών όπως και της γαλλικής *AFOEV* (Assosiation Francaise d' Observateurs d' etoiles variables).

**Συστήματα ονομασίας των μεταβλητών.** Τρία είναι τα συστήματα ονομασίας μεταβλητών αστέρων :

\* Με την μέθοδο του Argelander η οποία συμβολίζει τους μεταβλητούς αστέρες ενός αστερισμού με κεφαλαία λατινικά γράμματα αρχής γενομένης από το γράμμα R, S μέχρι και του Z και μετά εναλλακτικά τα RR, SS κλπ. Π.χ R Λέοντος, T Ταύρου, R Ασπίδος κλπ.

\*Το γαλλικό σύστημα εισάγει το γράμμα V (Variable) ακολουθούμενο από τον αύξοντα αριθμό κάθε μεταβλητού. Π.χ V2 Μεγ. Άρκτου.

\*Το αστεροσκοπείο Harvard εισήγαγε το σύστημα των εξαψηφίων αριθμών βάσει του οποίου με αριθμούς παριστάνονται οι συντεταγμένες (ορθή αναφορά, απόκλιση) του μεταβλητού στον ουρανό.

**Ταξινόμηση των μεταβλητών αστέρων.** Οι μεταβλητοί αστέρες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

**Κατηγορία Α' Περιοδικοί μεταβλητοί.** Περιλαμβάνονται όσοι αστέρες μεταβάλλουν την λαμπρότητά των σε σύντομα χρονικά διαστήματα (ωρών, ημερών ακόμα και ετών). Με κριτήρια τα αίτια της μεταβολής χωρίζονται σε **καθαυτό μεταβλητούς** (μεταβλητούς από την φύση τους : παλλόμενοι αστέρες, αστέρες μέλη κατακλυσμικών συστημάτων) και **οπτικός μεταβλητούς** (αστέρες μέλη στενών διπλών συστημάτων όπου ο ένας κρύβει τον άλλο με αποτέλεσμα την μεταβολή της λαμπρότητος. Βλέπε κεφάλαιο

διπλοί αστέρες). Με πρόσθετο κριτήριο την διάρκεια του χρόνου μεταβολής της λαμπρότητός των διαχωρίζονται σε **μεταβλητούς βραχείας περιόδου** και **μεταβλητούς μακράς περιόδου**.

**Κατηγορία Β' Μη περιοδικό μεταβλητό.** Περιλαμβάνονται οι **ανώμαλοι μεταβλητοί** όπως και οι **καινοφανείς** και **υπερκαινοφανείς** αστέρες. (τα αίτια των μεταβολών είναι εξελικτικά ή και κατακλυσμικά).

#### ΟΙ ΠΑΛΛΟΜΕΝΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ.

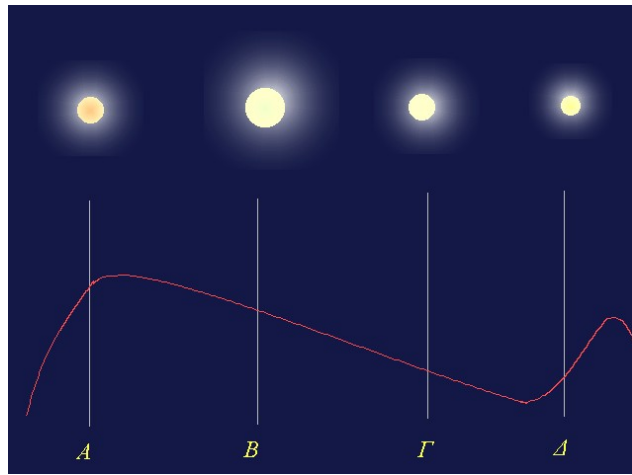
Αστέρες αυτής της κατηγορίας ανήκουν στους καθαρά μεταβλητούς, τα δε αίτια των μεταβολών των λαμπροτήτων των οφείλονται σε εσωτερικούς λόγους. Οι παλλόμενοι αστέρες είτε είναι **μεταβλητοί βραχείας περιόδου** (ημερών ή και ωρών), είτε είναι **μεταβλητοί μακράς περιόδου** (100-600 ημερών).

**Α' Μεταβλητοί βραχείας περιόδου.** Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα παλλομένων μεταβλητών βραχείας περιόδου είναι ο αστέρας **δ Κηφέως** (Αλδεραμίν). Σε μία σταθερή χρονική περίοδο 5,5 ημερών περίπου η λαμπρότης του αστέρος κυμαίνεται από 3,7 έως 4,4 οπτικό μέγεθος ενώ η άνοδος προς το μέγιστο γίνεται ταχύτερα από την κάθοδο στο ελάχιστο. Παράλληλα με την λαμπρότητα μεταβάλλονται η επιφανειακή θερμοκρασία κατά 1500ο Κ και η ακτινική ταχύτητα του αστέρος στο διάστημα. Οι αστέρες του τύπου δ Κηφέως λέγονται **κηφείδες**. Το χρώμα τους είναι κίτρινο και ανήκουν στον φασματικό τύπο G. Υπάρχουν επίσης κηφείδες που ανήκουν στον αστρικό πληθυσμό II (αστέρων με μεγάλες ηλικίες) που ευρίσκονται κοντά στο κέντρο του γαλαξία και μέσα στα σφαιρωτά σμήνη με περίοδο μεταβολής από 12-30 ημέρες. Με γυμνό οφθαλμό είναι ορατοί 12 κηφείδες όπως ο δ Κηφέως, ο η Αετού, ο ζ Διδύμων κλπ.

Οι αστέρες του τύπου **RR Λύρας** έχουν ακόμα μικρότερη περίοδο κυμαινόμενη από 1,5 ώρα έως 1 ημέρα χρώματος μπλέ και ανήκουν στους φασματικούς τύπους A0-F5. Λέγονται και **μεταβλητοί σμηγών** επειδή παρατηρήθηκαν πρώτα μέσα σε σφαιρωτά σμήνη αστέρων. Οι αστέρες αυτών των κατηγοριών μεταβάλλουν τα οπτικά των μεγέθη σε ίσες χρονικές περιόδους σε σχέση με το χρονικό διάστημα της μεταβολής και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκαν όπως και οι κηφείδες για την εύρεση των γαλαξιακών αποστάσεων.

Τα αίτια των μεταβολών των λαμπροτήτων αυτών των αστέρων οφείλονται σε περιοδικές αναπάλσεις των ατμοσφαιρών των σε σχέση με μία μέση θέση ισορροπίας, θεωρία που εισηγήθηκε το 1914 ο Shapley. Όταν η επιφάνεια του αστέρος συστέλλεται, ο αστέρας γίνεται θερμότερος και λαμπρότερος με μεταβολή στην ακτινική του ταχύτητα στο διάστημα. Αντίθετα, κατά την φάση της διαστολής ο αστέρας ψύχεται και παρουσιάζεται αμυδρό-τερος. Όλοι οι παλλόμενοι αστέρες είναι γίγαντες και υπεργίγαντες με φωτεινότητες 100-10.000 φορές μεγαλύτερες της ηλιακής και φαίνεται ότι οι αναπάλσεις των διαρκούν σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, αποτελώντας μία φάση στην πορεία εξέλιξως ωρισμένων αστέρων .

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα των κηφειδών είναι ότι οι περίοδοι των μεταβολών των είναι ανάλογοι των πραγματικών των λαμπροτήτων, με άλλες λέξεις όσο μεγαλύτερη απόλυτη λαμπρότητα παρουσιάζει ο αστέρας,



τόσο μεγαλύτερη περίοδο μεταβολής έχει. Η σχέση αυτή λέγεται **σχέση περιόδου-λαμπρότητας** η οποία παραστάθηκε γραφικά από τον Shapley και είναι γνωστή σαν **νόμος της Miss Leavitt** από το όνομα της αμερικανίδος αστρονόμου (1914) που την ανακάλυψε. Συνεπώς δεδομένων των περιόδων είναι δυνατόν να ευρεθούν τα απόλυτα μεγέθη  $M$  και συνεπώς οι αποστάσεις των κηφειδών, πράγμα που έχει μεγάλη σημασία διότι εάν ανιχνευθούν αστέρες κηφειδες σε οποιοδήποτε σημείο του γαλαξία μας ή σε άλλους γαλαξίες είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι αποστάσεις των ίδιων των γαλαξιών όπου ανήκουν. (Βλέπε κεφάλαιο Γαλαξίας).

Υπάρχει άλλη μία ακόμα ομάδα βραχυπεριόδων μεταβλητών, των αστέρων τύπου  **$\beta$  Μεγάλου Κυνός** με ακόμα μικρότερη περίοδο μεταβολής 3-6 ωρών. Ανήκουν στις τάξεις λαμπρότητας I-III, φασμ.τύπων B1-B3 με μικρές διακυμάνσεις μεγεθών.

**B' Μεταβλητοί μακράς περιόδου.** Η λαμπρότητα των μακροπεριόδων μεταβλητών αυξομειώνεται σε χρονικές περιόδους από 100-600 ημέρες ή σε μερικές περιπτώσεις μεταξύ 50-60 ημερών με μεγάλο εύρος κυμάνσεως μεταξύ 5 ή 9 οπτικών μεγεθών. Γενικά η περίοδος των δέν είναι σταθερή. Είτε παρατηρείται μία σχετική αύξηση της είτε μείωση ή έχει μία μέση τιμή. Χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

**i- Μεταβλητοί τύπου ο Κήτους.** Ο αστέρας ο Κήτους (Mira ή Θαυμασίος) είναι το αντιπροσωπευτικότερο παράδειγμα αυτής της κατηγορίας. Το μέγιστο φαινόμενο οπτικό μέγεθος του Θαυμασίου κυμαίνεται μεταξύ 2ου και 5ου, ενώ το ελάχιστο πέφτει στο 8ον έως 10ον μέσα σε μία ασταθή χρονική περίοδο 320 ή άλλοτε 370 ημερών. Η επιφανειακή θερμοκρασία του αστέρος μεταβάλλεται μεταξύ 2600ο K (μέγιστο) και 1900ο K (ελάχιστο). Είναι υπεργίγαντας αστέρας με 10 πλάσια μάζα της ηλιακής και διάμετρο 300 φορές μεγαλύτερη του ηλίου.

Η ερμηνεία των μεταβολών των λαμπροτήτων των μεταβλητών μακράς περιόδου οφείλεται στο ότι παρουσιάζουν περιοδικές αναπάλσεις όπως συμβαίνει και με τους κηφειδες επιπρόσθετα όμως οι αστέρες αυτοί περιβάλλονται από θερμά διεσταλλόμενα κελύφη που κινούνται προς τα έξω σχετικά με την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα τα οποία πιθανόν να είναι η αιτία των ανωμαλιών των μεταβολών αυτών.

**ii- Ημιπεριοδικοί ή ημιωμαλοί μεταβλητοί.**

Είναι μία ενδιάμεση κατηγορία αστέρων μεταξύ μεταβλητών βραχείας και μακράς περιόδου με χαρακτηριστικό ότι παρουσιάζουν διακυμάνσεις μέγιστου

και ελαχίστου όπως και στις περιόδους των μεταβολών της λαμπρότητός των. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι ο αστέρας R Ασπίδος ο οποίος σε περιόδους 70 ή 142 ημερών κυμαίνεται από 4,5-9,0 οπτικά μεγέθη. Ο α Ηρακλέους κυμαίνεται από το 3,0 - 4,0 οπτικό μέγεθος εντός περιόδου μερικών μηνών.

### **Κατηγορία Β' Ανώμαλοι μεταβλητοί.**

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανωμάτων μεταβλητών αστερών, τα δέ αίτια της μεταβολής των οφείλονται σε εκρηξιγενείς ή κατακλυσμικούς λόγους. Οι κυριότερες κατηγορίες αυτών των αστερών είναι οι εξής :

---

**i-Αστέρες τύπου T Ταύρου.** Οι αστέρες αυτοί είναι νέοι στην ηλικία και ευρίσκονται στην περίοδο της συστολής των προκειμένου να τοποθετηθούν στην κυρία ακολουθία τού διαγράμματος H-R περιβαλλόμενοι από μεσοαστρικά νέφη αερίων και σκόνης. Ο αντιπροσωπευτικός αστέρας T Ταύρου έχει επιφανειακή θερμοκρασία που κυμαίνεται από 3500-7000oK ενώ περιτριγυρίζεται από ένα σκοτεινό νέφος σκόνης. Οι δυνατές γραμμές εκπομπής που δείχνει το φάσμα του προέρχονται από ένα κέλυφος αερίων χαμηλής πυκνότητας γύρω από τον αστέρα. Ισχυρές αεριώδεις δίνες εξέρχονται από δύο διαμετρικά αντίθετες διευθύνσεις τού αστέρος με ταχύτητες εκατοντάδων χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο.

Οι δίνες σχηματίζουν από το κέντρο του αστέρος έναν δίσκο αερίων ο οποίος κινείται μαζί με τόν άξονα περιστροφής του αστέρος ενώ ο ηλιακός άνεμος κατευθύνεται έξω μεταφέροντας εσωτερικά υλικά. Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ένα διπλό αεριώδες κέλυφος σε απόσταση 1 έτους φωτός από τον αστέρα το οποίο και διαστέλλεται. Όταν το υλικό συμπιέσει και θερμάνει το μεσοαστρικό αέριο, τα μεμονωμένα απομεινάρια του φωτεινού νέφους



σχηματίζουν ένα μεσοαστρικό νεφελώδες αντικείμενο που λέγεται **Herbing-Haro** (η ονομασία προέρχεται από τα ονόματα των αστρονόμων που τα ενετόπισαν). Έχει ανακαλυφθεί μεγάλος αριθμός αστερών τύπου T Ταύρου στον γαλαξία μας, Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι ο ρ Οφιούχου, κοντά δε σε αυτόν ευρίσκεται το ομώνυμο **νεφέλωμα ρ Οφιούχου** στο οποίο έχουν εντοπισθεί με παρατηρήσεις στό υπέρυθρο 40 νέοι αστέρες T Ταύρου. Το νεφέλωμα ρ Οφιούχου απέχει 700 έτη φωτός (άνω φωτογραφία).

Στήν περίπτωση του αστέρος R Μονοκέρωτος το φωτεινό νεφέλωμα που τον περιβάλλει αλλάζει λαμπρότητα ανάλογα με την μεταβολή της φωτεινότητας του αστέρος. Ονομάζεται **νεφέλωμα του Hubble** (NGC 2261) από το όνομα του αστρονόμου ο οποίος το 1916 πιστοποίησε τις εν λόγω μεταβολές στήν λαμπρότητά του. Το νεφέλωμα αυτό ευρίσκεται στον αστερισμό του Μονόκερωτος σε απόσταση 2600 ετών φωτός και έχει διάμετρο 7 έ.φ. Είναι νεφέλωμα μορφής Herbig-Haro. Γενικά, τα αντικείμενα Herbig-Haro έχουν μάζες από 0,5 έως 30 γήινες και διαμέτρους από 500- 4000 αστρονομικές μονάδες.

Άλλες κατηγορίες ανωμάλων μεταβλητών αστέρων είναι :

\* **R Βορείου Στεφάνου.** Παρουσιάζει διακύμανση μεταξύ οπτικών μεγεθών 5,8-9 μέσα σε λίγα έτη. Ως αίτιο αναφέρεται ένα νέφος σκόνης που περιβάλλει τον αστέρα και που διαστέλλεται υπό την επήρεια δυνατού ηλιακού ανέμου. Είναι γνωστοί περί τους 40 αστέρες και είναι όλοι υπεργίγαντες φασματικών τύπων F και G.

\* **RV Ταύρου.** Είναι υπεργίγαντες αστέρες φασματικών τύπων F, G και K με μεταβολές 4 οπτικών μεγεθών σε χρονικά διαστήματα 30 έως 150 ημερών. Οφείλονται στήν γρήγορη απώλεια της μάζας των από τον ηλιακό άνεμο.

**Αστέρες εκλάμψεων.** Είναι ερυθροί νάνοι αστέρες της κυρίας ακολουθίας φασματικών τύπων M3 έως M6 οι οποίοι παρουσιάζουν μία ταχύτατη στιγμιαία έκλαμψη εύρους 1-2 μεγεθών. Με τον όρο **έκλαμψις** εννοούμε μία βραχείας χρονικής διάρκειας απελευθέρωση τεραστίων ποσοτήτων ενεργείας από την φωτόσφαιρα τού αστέρος η οποία δίνει τόση φωτεινότητα, ώστε ολόκληρος ο αστέρας να παρουσιάζεται πολύ λαμπρότερος. Παρόμοια φαινόμενα εκλάμψεων παρατηρούνται και στον ήλιο με τήν διαφορά όμως ότι είναι πολύ περιορισμένης εκτάσεως φαινόμενα στήν φωτόσφαιρά του. Τα φάσματα των αστέρων εκλάμψεων παρουσιάζουν γραμμές εκπομπής υδρογόνου και ιονισμένου ασβεστίου.

Τυπικά παραδείγματα αστέρων εκλάμψεων είναι ο Εγγύτατος του Κενταύρου με κύριο αντιπροσωπευτικό αστέρα τον **UV Κήτους** ο οποίος με τīs εκρήξεις πού παρουσιάζει κάθε 1,5 ημέρες περίπου αυξάνει την λαμπρότητά του κατά 1 ή 2 μεγέθη.

\* Οι αστέρες επίσης τού τύπου **BY Δράκοντος** εκτός από τīs εκλάμψεις που παρουσιάζουν, έχουν μία σκοτεινή ανομοιογένεια στίς ατμόσφαιρές των με αποτέλεσμα τīs μεταβολές των λαμπροτήτων των σε μία περιστροφή γύρω από τόν άξονά των.

**Αστέρες νονα ή νέοι αστέρες.** (βλέπε κεφάλαιο διπλοί αστέρες, εξέλιξις διπλών συστημάτων).

#### ΑΣΥΝΗΘΙΣΤΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ.

Σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνονται δύο άλλες κατηγορίες αστέρων οι οποίοι παρουσιάζουν ξεχωριστές ιδιομορφίες όπως και η περίπτωση τού ογκώδους αστέρος η Τρόπιδος.

**Αστέρες Wolf-Rayet.** Κύριο χαρακτηριστικό των αστέρων αυτών είναι ότι περιβάλλονται από κελύφη αερίων τα οποία διαστέλλονται προς όλες τīs κατευθύνσεις με ταχύτητες μέχρι και 3000 χιλ/δευτερόλεπτο. Διά μέσου τών κελυφών αυτών εκτοξεύονται μεγάλες ποσότητες υλικών στο διάστημα και ο

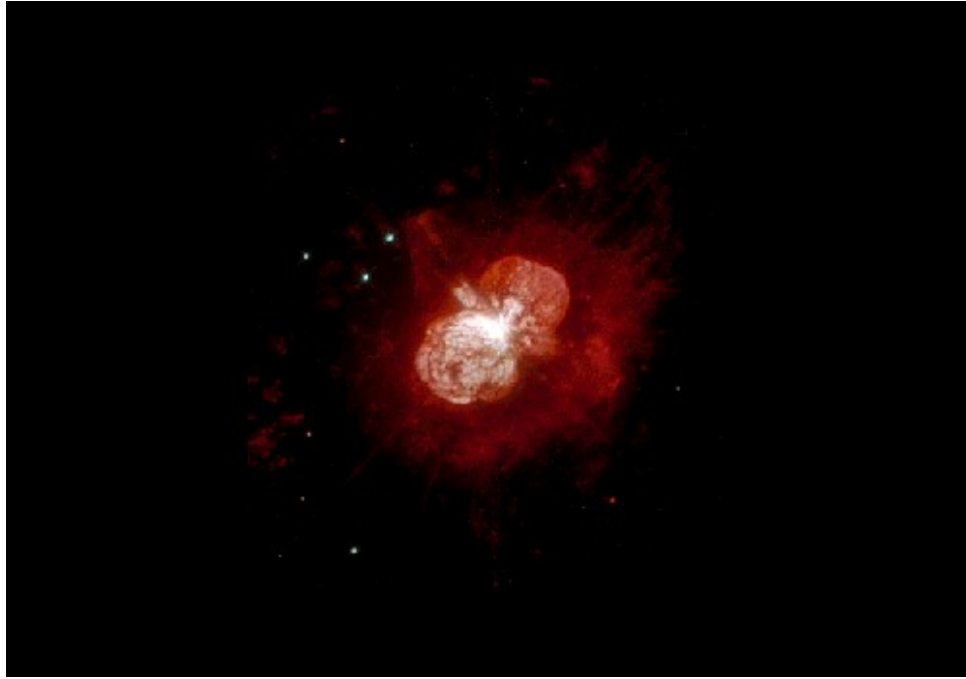
αστέρας χάνει συνεχώς μάζα. Είναι νέοι στην ηλικία με μεγάλες επιφανειακές θερμοκρασίες 20.000 έως 50,000oK και με απόλυτα μεγέθη μεταξύ -4 και -3. Στο φάσμα των κυριαρχούν γραμμές εκπομπής που οφείλονται σε ισχυρώς ιονισμένα άτομα διαφόρων στοιχείων. Με κριτήριο την χημική των σύσταση διακρίνονται στις ομάδες άνθρακος (WC) και αζώτου (WN). Παράδειγμα αστέρας Wolf-Rayet είναι ο η Ταύρου (Πλειώνη) η οποία παρουσίασε έναν αεριώδη δακτύλιο ο οποίος παράγεται από την αστάθεια περιστροφής τού αστέρος.

**Μαγνητικοί αστέρες.** Οι αστέρες αυτοί ενώ έχουν σταθερή λαμπρότητα, παρουσιάζουν στο φάσμα των σταθερές ή περιοδικές μεταβολές όπως και στις εντάσεις των μαγνητικών των πεδίων τα οποία είναι εκατοντάδες ή και χιλιάδες φορές ισχυρότερα από αυτά τού ηλίου. Οι μαγνητικοί αστέρες είναι φασματικού τύπου A με έντονες γραμμές μετάλλων όπως χρωμίου, στροντίου και σπανίων γαιών. Οι μεταβολές των μαγνητικών πεδίων κατά τον Babcock οφείλονται σε υδρομαγνητικές αναπάλσεις οι οποίες συμβαίνουν στα στρώματα της επιφανείας των αστέρων αυτών ανάλογα με την θεμελιώδη περίοδο των 22 ετών του ηλιακού κύκλου.

Το 1958 ο Babcock δημοσίευσε κατάλογο με 89 μαγνητικούς αστέρες μεταξύ των οποίων είναι ο W Παρθένου, ο α2 Θηρευτικών Κυνών κλπ.

**Αστέρας η Τρόπιδος.** Είναι ο ογκωδέστερος αστέρας τον οποίο γνωρίζουμε μέχρι σήμερα στην γαλαξιακή μας περιοχή, ένας νεοδημιουργηθείς πρόσφατα αστέρας- μαμμούθ 150 φορές μεγαλύτερος σε μάζα από τον ήλιο και εκτός των άλλων είναι ισχυρότατη πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας στον ουρανό όπως και πηγή ακτίνων X και ραδιοκυμάτων. Υπολογίζεται ότι η συνολική φωτεινότητα τού η Τρόπιδος είναι 5 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη της ηλιακής. Το οπτικό μέγεθος του αστέρος τα τελευταία 300 χρόνια παρουσίασε σημαντικές μεταβολές, Ο Halley το 1677 τον σημειώνει σαν αστέρα 4ου μεγέθους ενώ το έτος 1843 ήταν ο δεύτερος σε λαμπρότητα αστέρας μετά τον Σείριο λάμποντας με  $m = -0,9$  όταν η απόστασή του από τον ήλιο υπολογίζεται σε 7500 έτη φωτός!

Η μεγάλη αύξηση της λαμπρότητος οφείλεται σε μία κολοσσιαία έκρηξη τού αστέρος αγνώστου αιτίας από την οποία εκτινάχθηκαν μεγάλες ποσότητες υλικού μεγέθους μερικών ηλιακών μαζών με ταχύτητες 1000 χιλιομέτρων/δευτερόλεπτο. Η έκρηξις δημιούργησε ένα διπολοειδές στην μορφή νεφέλωμα το οποίο κρύβει τον ογκώδη αστέρα ο οποίος ενδέχεται να μὴν είναι ένας αστέρας, αλλά διπλό σύστημα αστέρων. Τα επόμενα 100 χρόνια το φαινόμενο μέγεθος του η Τρόπιδος μειώθηκε ανώμαλα στο όριο της ορατότητος με γυμνό οφθαλμό (6ον) ενώ στις ημέρες μας είναι αστέρας 7ου οπτικού μεγέθους με τάση αυξήσεως τής λαμπρότητός του εκ νέου. Το ορατό διπολοειδές νεφέλωμα είναι γνωστό με τό όνομα Homunculus (ανθρωποειδές), ρεαλιστικές εικόνες τού οποίου μάς έδωσε το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble (HST). Το νεφελώδες κέλυφος κάτω από την διαστολή θερμών αερίων μαζών διαδοχικά μεγαλώνει και ο αστέρας παρουσιάζεται λαμπρότερος. Με τήν βαθμιαία ψύξη των αερίων το περίβλημα γίνεται αδιαφανές "κρύβοντας" το φώς τού εσωτερικού αστέρος. Η διαστολή ξεκίνησε όταν ο αστέρας παρουσίαζε τήν μεγαλύτερή του φωτεινότητα, αλλά όμως το αεριώδες κέλυφος δέν θα κρατηθεί περισσότερο από μερικές εκατοντάδες χρόνια λόγω τού μεγάλου όγκου που καταλαμβάνει. Αστέρες σαν τόν η Τρόπιδος με τόσο μεγάλες μάζες δύσκολα θα ισορροπήσουν και οπωσδήποτε σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα θα εκραγούν χαωτικά σαν υπερκαινοφανείς.



Πολύ κοντά στον η Τρόπιδος ευρίσκεται το ομώνυμο νεφέλωμα, ένα τεράστιο νεφέλωμα όπου δημιουργούνται βρεφικοί αστέρες. (βλέπε κεφάλαιο Γαλαξίας).

## ΟΙ ΔΙΠΛΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ

**Γενικά.** Παρατηρώντας τους αστέρες με ένα μεγεθυντικό όργανο (κυάλια ή τηλεσκόπιο) εκτός του ότι διακρίνουμε αριθμητικά πολύ περισσότερους και αμυδρότερους, παρουσιάζεται η εικόνα ότι πολλοί από αυτούς οι οποίοι φαίνονται γενικά μεμονωμένοι στον γυμνό οφθαλμό, να αναλύονται σε δύο ή και περισσότερους αστέρες σε φαινομένη γωνιώδη απόσταση λίγων δευτερολέπτων τόξου. Εξηγηματικά συμβαίνουν δύο πράγματα: Η οι αστέρες αυτοί φαίνονται ότι γειτνιάζουν *από προβολή*, δηλαδή συμβαίνει να ευρίσκονται κοντά μεταξύ των στην ίδια ουράνια περιοχή αλλά με τελείως διαφορετικές αποστάσεις ο ένας από τον άλλο, ή να αποτελούν μεταξύ των φυσικά ζεύγη αστέρων οι οποίοι όπως οι πλανήτες περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρο των μαζών των. Η εικόνα των διπλών ή πολλαπλών αστέρων στο τηλεσκόπιο είναι πολύ όμορφη, καθόσον είναι δυνατόν να δημιουργείται κοντράστ διαφορετικών χρωμάτων των μελών, όπως και ανίσεων οπτικών μεγεθών σε διαφορετικές γωνιώδεις αποστάσεις.

9

Από απόψεως φυσικής δομής και εξέλιξεως οι διπλοί αστέρες μάς αποκαλύπτουν τις πολύ παράξενες όσο και συναρπαστικές ιδιομορφίες των για τον λόγο ότι αστέρες διαφορετικών φασματικών τύπων, ηλικιών και εξελικτικών μορφών ευρίσκονται πολύ κοντά "πρόσωπο με πρόσωπο" όπου ανάλογα επιδρά ο ένας στον άλλο όπως θα δούμε παρακάτω.

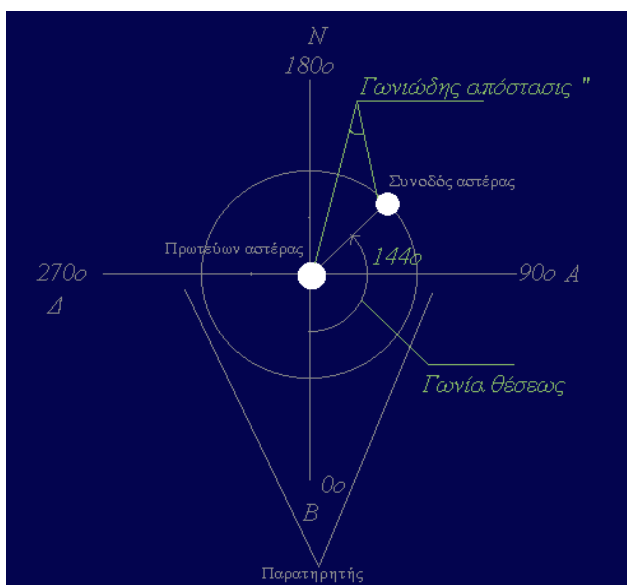
**Ιστορικό.** Ο Πτολεμαίος τον 1ον αιώνα μ.Χ αναφέρει στην "Αλμαγέστη" τον αστέρα  $\nu$  Τοξότου (αραβικά Αιν άλ-Ραμί) με την φράση "ο επί του οφθαλμού διπλούς". Χωρίς την χρήση τηλεσκοπίου αφού τότε δεν είχε εφευρεθεί και αργότερα κατά τον 9ον αιώνα μ.Χ οι Άραβες αστρονόμοι αναφέρουν ότι πολύ κοντά στον  $\zeta$  της Μεγάλης Άρκτου (Μιζάρ) υπάρχει ένας αμυδρός αστέρας, ο Αλκόρ ο οποίος φαίνεται μόνον από ανθρώπους με μεγάλη οξυδέρκεια οράσεως και γι' αυτόν τον λόγο τον μεταχειρίζονταν σαν "δοκιμή" προκειμένου να εξασκήσουν την όρασή των οι Άραβες στρατιώτες. Ο Αλκόρ αποτελεί μαζί με τον Μιζάρ ο οποίος και αυτός είναι οπτικά διπλούς, ένα πολλαπλό σύστημα αστέρων. Με την χρήση του τηλεσκοπίου στην αστρονομία, το 1650 ο Rizzoli ανακαλύπτει τον πρώτο διπλόν αστέρα, τον αναφερθέντα Μιζάρ. Στη συνέχεια (1656) ο Huygens διαπιστώνει ότι ο  $\theta$  Ωρίωνος είναι πολλαπλούς και το έτος 1668 ο Hook τον  $\gamma$  Κριού (Μποτέιν) σαν διπλό αστέρα. Το 1685 ο Fontenait ανακαλύπτει τον  $\alpha$  Νοτίου Σταυρού (Ακρούξ), ο Riseaux το 1689 τον  $\alpha$  Κενταύρου (Ρίγκιλ) και τον  $\gamma$  Παρθένου (Πορρίμα) το 1718 και τον Κάστορα το 1719, ο Bradley διαδοχικά τον  $\beta$  Κύκνου (1753) και τον  $\beta$  Κύκνου (Αλμπιρέο ή Μινκάλ-έλ-Ντετατζέ) το έτος 1755. Το 1761 ο Lampert αποδεικνύει ότι οι διπλοί αστέρες αποτελούν συστήματα φυσικών ζευγών και το έτος 1781 ο Hersel δημοσιεύει τον πρώτο κατάλογο με 703 διπλούς αστέρες. Πάντως ο σημαντικότερος ιστορικός κατάλογος είναι αυτός του Aitken (1918) με τίτλο "διπλοί αστέρες" (τόμοι 2 με 17.180 ζεύγη).

**Πλήθος των πολλαπλών αστέρων.** Με την στατιστική οδό έχει υπολογισθεί ότι ο μέσος αριθμός των διπλών αστέρων του γαλαξία μας είναι μεγάλος, αφού το 50% αυτών είναι πολλαπλοί και τουλάχιστον το 25% διπλοί. Από τους 37 πλησιέστερους αστέρες σε ακτίνα 12 ετών φωτός, 13 είναι απλοί, 18 είναι διπλοί και οι 6 τριπλοί.

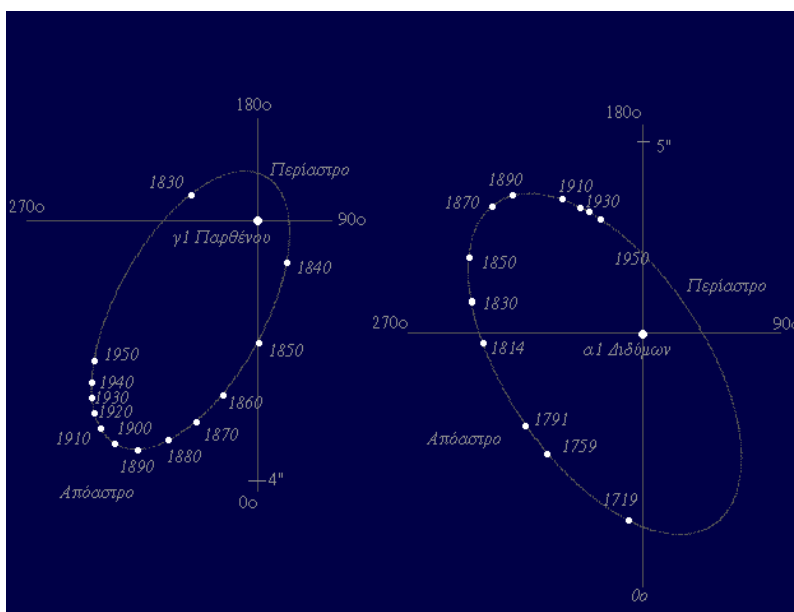
**Στοιχεία αναγνωρίσεως των τροχιών των διπλών αστέρων στον χώρο.** Σε ένα σύστημα διπλών αστέρων ο αστέρας με την μεγαλύτερη μάζα λέγεται *πρωτεύων αστέρας*, ενώ ο μικρότερος *συνοδός*. Οι τροχιές των συνοδών αστέρων είναι ελλείψεις και αυτό που διαπιστώνει ο παρατηρητής είναι η προβολή της πραγματικής τροχιάς του συνοδού στην νοητή κάθετη γραμμή που τον ενώνει με τους αστέρες αυτούς σε διάφορες κλίσεις. Όμως εδώ ο πρωτεύων αστέρας δεν κατέχει μία από τις εστίες της ελλείψεως και για τον ορισμό των τροχιών των ζευγών στις παρατηρήσεις μας χρησιμοποιούμε τις εξής παραμέτρους όπως δείχνει το σχήμα :

α) *Γωνιώδης απόστασις* ( $\rho$ ). Είναι η φαινομενική γωνία μεταξύ των αστέρων του ζεύγους και του παρατηρητή. Συνήθως είναι πολύ μικρή (μερικά δευτεροτόξου ή κλάσμα δευτερολέπτου).

β) *Γωνία θέσεως* ( $\theta$ ). Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την διεύθυνση των τεσσάρων σημείων του ορίζοντος η οποία συνδέει το ζεύγος των αστέρων και μετράται από τον βορρά



πρός ανατολάς 0-360ο (σχήμα) . Η μεταβολή αυτών των δύο ποσοτήτων μας δίνει την σχετική κίνηση και τις θέσεις των μελών όπως φαίνεται σε δύο επόμενα παραδείγματα οπτικών ζευγών, του γ Παρθένου και του α Διδύμων :



**Στοιχεία τροχιών των πολλαπλών αστέρων.** Σε ένα σύστημα πολλαπλών αστέρων όπως και στους πλανήτες εφαρμόζονται οι τρεις νόμοι του Kepler,

προκειμένου δε να καθορισθούν οι διάφοροι τροχιακοί παράμετροι των φυσικών ζευγών στον χώρο, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τα εξής:

Η μέση απόσταση των αστερών (μεγάλος ημιάξονας τροχιάς) σε δευτερόλεπτα τόξου (").

Η εκκεντρότητα της τροχιάς του συνοδού αστερός.

Η κλίση του επιπέδου της τροχιάς του συνιστώντος ως προς το επίπεδο του ουρανού και την καθετότητα της οπτικής ακτίνας που συνδέει το ζεύγος με τον παρατηρητή.

Η γωνία θέσεως (τομή του επιπέδου τροχιάς με το ουράνιο επίπεδο), όπως και η γωνία διευθύνσεως του περιάστρου με το επίπεδο της τροχιάς του συνοδού.

Ο χρόνος διαβάσεως του συνοδού από το περίαυτρο όπως και η μέση ετησία κίνησής του (περίοδος περιφοράς).

Δίδονται παρακάτω τα τροχιακά στοιχεία μερικών διπλών συστημάτων :

Όνομα αστέρος	οπτικά μεγέθη συνιστώντων (αστρ.μον.)	τελικό οπτικό μέγεθ	φασματικοί τύποι	περίοδος περιφ.(έτη)	μάζες ήλιος=1	μεγάλος ημιάξων	αποστάσεις συνιστώντων (εκατ.χιλ)
Αίζ	0,8-1,1	0,2	G0-F5	0,285	4,2-3,3	83	0,85
ζ Ηρακλέους	3,1-5,0	3,0	G0	34,38	1,1-0,5	2.040	12.2
Σείριος	-1,4-8,4	-1,4	A0-F0	49,94	2,4-1,0	3.060	20.4
α Κενταύρου	0,4-1,6	1,0	G0-K5	80,0	1,1-0,9	3.500	23.3
γ Παρθένου	3,7-3,7	2,9	F0-F2	171,4	0,8-0,6	6.800	45,3
η Κασσιόπης	3,7-7,4	3,6	F8-K0	400,9	3,2-3,1	9.000	60,0

**Σημείωση :** η στήλη με τον όρο τελικό οπτικό μέγεθος αφορά το φαινόμενο οπτικό μέγεθος του ζεύγους όταν αυτό παρατηρείται χωρίς ανάλυση από το οπτικό όργανο, δηλαδή όταν φαίνεται σαν ένας μόνο αστέρας.

Κατά κανόνα οι περίοδοι των ζευγών είναι ανάλογοι με τις περιόδους των τροχιών των εξωτερικών τροχιών των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος ενώ σε πολλές περιπτώσεις αυτές κυμαίνονται από λίγες ώρες έως και πολλά χιλιάδες χρόνια.

**Πολλαπλοί αστέρες.** Συνήθως ονομάζονται πολλαπλοί αστέρες, οι αστέρες οι οποίοι όταν παρατηρηθούν με οπτικό όργανο αναλύονται σε περισσότερους από δύο συνιστώντες, άν και κατά μίαν έννοια είναι δυνατόν ένα οπτικώς διπλό ή τριπλό σύστημα να αποτελείται και από άλλους συνοδούς οι οποίοι δεν φαίνονται οπτικά είτε γιατί έχουν πολύ μικρή απόσταση μεταξύ των, και γιατί είναι σκοτεινοί ή πολύ μικρών διαστάσεων. Εδώ θα αναφέρουμε μερικά παραδείγματα πολλαπλών αστερών ορατών στο τηλεσκόπιο και από τους τριπλούς ξεχωρίζουμε :

#### Οπτικά μεγέθη συνιστώντων

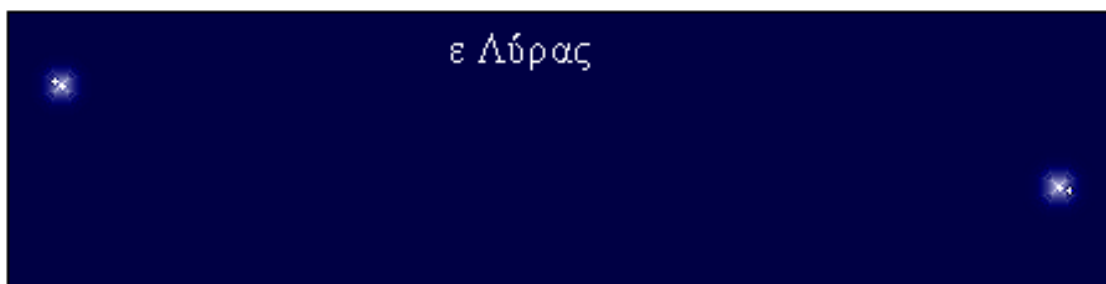
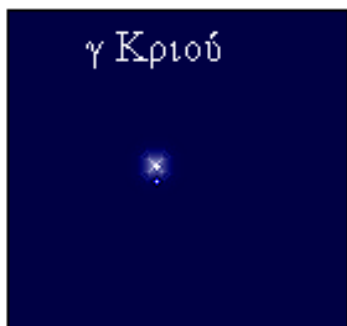
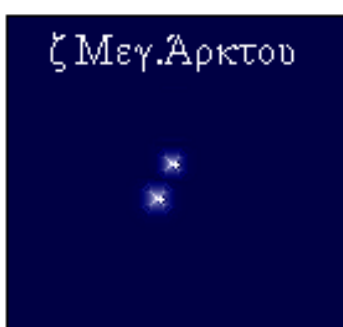
ι Κασσιόπης	4,2-7,1	8,1
11 Μονοκέρωτος	5,0-5,6	6,0
12 Λυγκός	5,2-6,1	7,4
ζ Καρκίνου	5,0-5,7	5,5
ξ Ζυγού	4,9-5,2	7,2

Οι τετραπλοί αστέρες συνήθως αποτελούνται από δύο διπλώς διπλούς με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον ε Λύρας ο οποίος άν και φαίνεται διπλός με γυμνό οφθαλμό, οι δύο αστέρες στο τηλεσκόπιο αναλύονται σε επιμέρους δύο (σχήμα).

Οι οπτικώς πολλαπλοί αστέρες οι οποίοι αποτελούνται από περισσότερους των 5 μελών είναι σπάνιοι, μερικοί από τους οποίους είναι : γ Πρύμνης-εξαπλούς, 45 Λαγωού-εννεαπλούς, β Διδύμων-εξαπλούς και τέλος ο αστέρας θ Ωρίωνος, το γνωστό "τραπέζιο του Ωρίωνος" ο οποίος λόγω του σχήματος που παρουσιάζει θεωρείται ο ωραιότερος πολλαπλούς αστέρας του ουρανού (σχήμα).

Στην διπλανή σελίδα παρουσιάζονται τα 10 κυριότερα διπλά και πολλαπλά συστήματα, τα ωραιότερα κατά την γνώμη μας με τα εξής στοιχεία :

<b>Όνομα αστέρος</b>	<b>Διαχωρισμός σε " τόξου</b>	<b>Γωνία θέσεως σε μοίρες</b>	<b>Μεγέθη συνιστώντων</b>
<i>β Κύκνου(Αλμπιρέο)</i>	34,4	54	3,1-5,0
<i>ζ Μεγ.Άρκτου(Μιζάρ)</i>	14,4	152	2,4-4,0
<i>δ Κόρακος(Αλγοράμπ)</i>	24,2	214	3,0-9,2



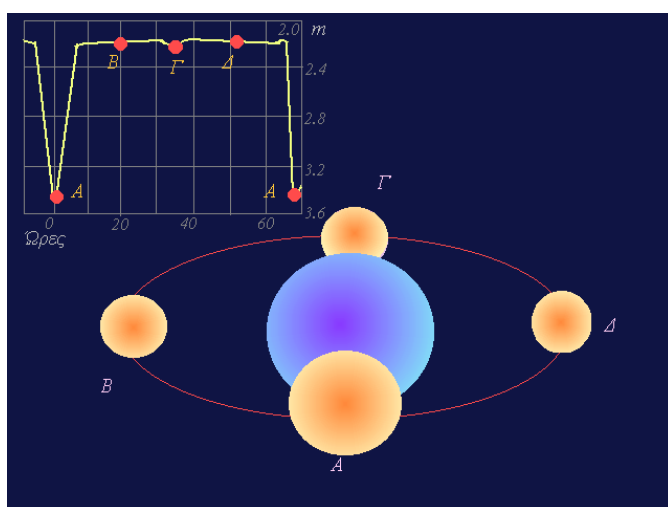
την οποία πρώτος ο Bessel ανακάλυψε τον αόρατο μικροσκοπικό συνοδό του Σειρίου που ανήκει στους λευκούς νάνους. Με τον τρόπο αυτό έχουν κυρίως εντοπισθεί σκοτεινοί συνοδοί μικρών διαστάσεων όπως 2 για τον αστέρα του Barnard , δύο συνοδοί για τον Ross 614, ένας για το οπτικό ζεύγος 61 Κύκνου κλπ. Με τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται εκτός των άλλων με μεγάλη ακρίβεια οι αποστάσεις των σκοτεινών σωμάτων από τον κεντρικό αστέρα, οι περίοδοι περιφοράς των κλπ.

**Φωτομετρικά ζεύγη και καμπύλες φωτός.** Η απόδειξη ότι ένας αστέρας είναι διπλός είναι δυνατόν να πιστοποιηθεί όταν το επίπεδο περιφοράς των συνιστώντων είναι κάθετο ως προς τον παρατηρητή. Τότε, όπως φαίνεται στο

παρακάτω σχήμα, ο συνοδός αστέρας κάθε μία φορά στην κίνησή του γύρω από τον πρωτεύοντα θα παρουσιάζεται ότι κατά χρονικά διαστήματα περνά μπροστά του προξενώντας **διάβαση** (A), ενώ όταν θα ευρίσκεται πρὸς τα οπίσω του θα προξενείται από τον κύριο αστέρα μερική ή ολική απόκρυψη η οποία λέγεται **επιπρόσθησις** (Γ), ενώ στις θέσεις B και Δ προστίθενται οι δύο λαμπρότητες. Από αυτές τις φαινομενικές κινήσεις του ζεύγους, η καμπύλη φωτός θα παρουσιάζει περιοδικές αυξομειώσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Από τις καμπύλες φωτός είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι ακτίνες των δύο αστέρων, οι περίοδοι περιφοράς και οι μορφές των τροχιών των.

Οι αστέρες αυτοί φαίνεται ότι μεταβάλλουν περιοδικά την συνολική λαμπρότητα και έχει επικρατήσει να λέγονται μεταβλητοί δι' εκλείψεων.

**Αστέρες μεταβλητοί δι' εκλείψεων.** Τυπικό παράδειγμα αστέρος αυτής της ονομασίας είναι ο β Περσέως αραβικά **Αλγόλ**, τα αίτια της μεταβολής της λαμπρότητός του



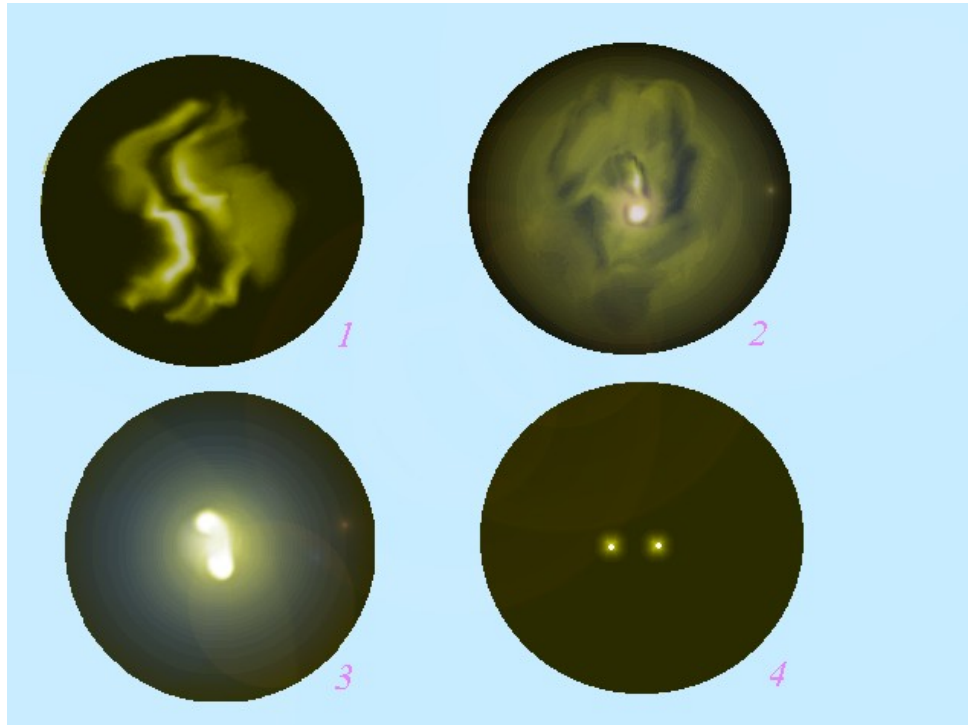
εικονίζονται στο σχήμα. Μέσα σε μία χρονική περίοδο 2 ημερών και 21 ωρών το φαινόμενο οπτικό μέγεθος του Αλγόλ κυμαίνεται από 2,3 (μέγιστο) έως 3,5 (ελάχιστο). Η άνοδος όσο και η πτώση των μεγεθών γίνεται με γρήγορους ρυθμούς και σε σχετικά ίδια διαστήματα λόγω της κυκλικής μορφής της

τροχιάς του συνοδού. Ο κύριος αστέρας είναι φασμ.τύπου B8 και ο συνοδός F, άρα είναι σκοτεινότερος, 20% μικρότερος σε διάμετρο και απέχει 21 εκατ.χλ από τον κύριο αστέρα. Οι δύο αυτοί αστέρες συγκοινωνούν μεταξύ των με μία κοινή γέφυρα ανταλλαγής υλικών ενώ γύρω τους περιστρέφεται και άλλος αστέρας σε διάστημα 1,87 έτους.

Οι περίοδοι των μεταβλητών αστέρων δι' εκλείψεων κυμαίνονται μεταξύ 80' λεπτών (WZ Βέλους) και 27 ετών (ε Ηνιόχου), όμως κατά μέσο όρο είναι 2-3 ημέρες.

### Η ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΡΙΚΩΝ ΖΕΥΓΩΝ.

**Γέννηση των διπλών αστέρων.** Η επικρατέστερη θεωρία για την δημιουργία ενός συστήματος διπλών αστέρων είναι ότι σε ένα αρχικό νέφος υλικού σχηματίζονται κέντρα μάζας τα οποία εξελίσσονται συγχρόνως σε δύο διαφορετικούς αστέρες με την περιστροφή του ενός γύρω από τον άλλο όπου διατηρείται η κεντρική ροπή του νεφελώματος (σχήμα).



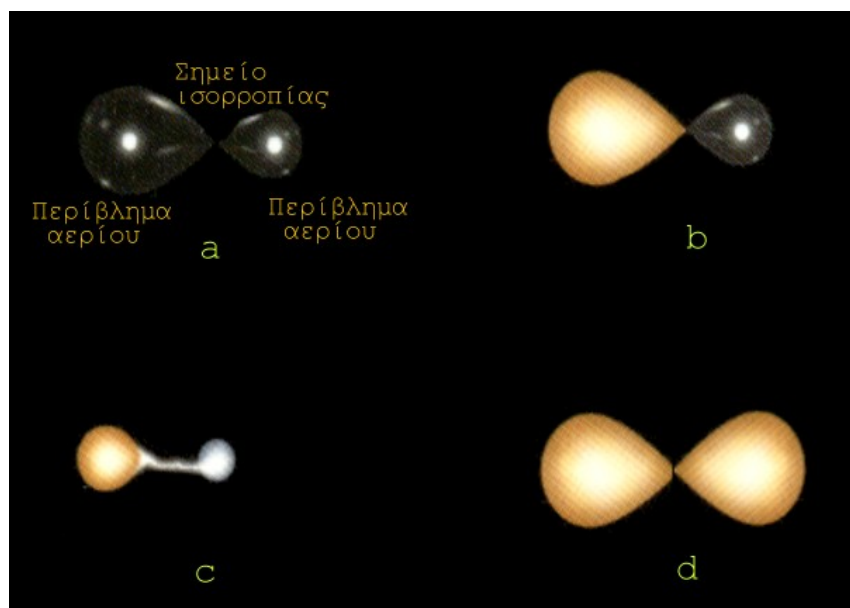
Όταν οι αστέρες ενός ζεύγους ευρίσκονται πολύ κοντά ο ένας με τον άλλο όπως συμβαίνει στην πλειοψηφία των και λόγω των κοντινών βαρυτικών αλληλεπιδράσεων και της περιστροφής, οι αστέρες αποκτούν ελλειψοειδές σχήμα ενώ μεταξύ των δημιουργούνται αεριώδη περιβλήματα τα οποία και περιβάλλουν τους συνιστώντες αστέρες. Διά μέσω αυτών των περιβλημάτων γίνεται κυκλοφορία υλικών από τον ένα αστέρα στον άλλο (βλέπε σχήμα σελ.103).

Τα αεριώδη περιβλήματα εφάπτονται μεταξύ των στα εσωτερικά σημεία **ισορροπίας** του **Langrange** και η όλη μορφή που παρουσιάζεται θυμίζει κλεψύδρα από όπου και λέγεται **κλεψύδρα Roche** από το όνομα του επιστήμονος που τα εμελέτησε (Roche lobe, σχήμα -a).

Όταν ο ένας αστέρας κατά την εξέλιξή του διασταλεί δραματικά σε ερυθρό γίγαντα σχηματίζοντας πυρήνα από ήλιον, τα υλικά της ατμόσφαιράς του θα "απλώσουν" και θα γεμίσουν το περίβλημα αερίου (**ζεύγος ημιεπαφής**, σχήμα -b). Στη συνέχεια το υλικό θα κυκλοφορήσει προς τον άλλο συνοδό διά μέσω των σημείων ισορροπίας, ο οποίος το έλκει με αποτέλεσμα την δημιουργία "γέφυρας" υλικού (σχήμα -c). Ενδιαφέροντα παραδείγματα αυτής της περιπτώσεως αποτελούν τα ζεύγη νάνων καινοφανών και ζευγών ακτίνων X όπου ο ένας αστέρας είναι θερμός γίγαντας και ο συνοδός ένας αστέρας νετρονίων ή μία μελανή οπή. Τότε ο συνοδός διά μέσω αυτής της γέφυρας "καταβροχθίζει" ακατάπαυστα τα υπέρθερμα υλικά του πρωτεύοντος αστέρος με αποτέλεσμα την φυσική δημιουργία ακτίνων X όπως θα αναφέρουμε στις επόμενες σελίδες. Στην περίπτωση του διπλού συστήματος **SS 433** το οποίο αποτελείται από έναν θερμό αστέρα φασματικού τύπου O και από έναν αστέρα νετρονίων, ο τελευταίος έλκει δυνατά τα υλικά του πρώτου τα οποία σχηματίζουν έναν αεριώδη δακτύλιο με πίδακες γύρω από τον αστέρα νετρονίων με παραγωγή ακτίνων X και ραδιοκυμάτων.

Εάν συμβεί να "γεμίσει" από υλικό και ο δεύτερος συνοδός στην πορεία της εξέλιξής του, τότε το σύστημα λέγεται **ζεύγος αστέρων επαφής** (σχήμα

-d), το οποίο χαρακτηρίζεται από την κυκλοφορία αερίων υλικών από τον ένα αστέρα στον άλλο.



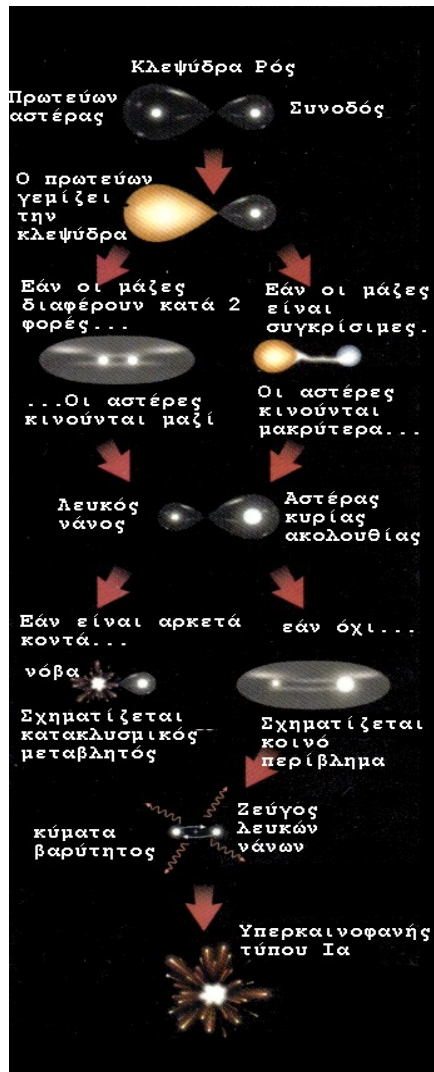
**Μεταβλητοί αστέρες τύπου  $\beta$  Λύρας.** Είναι τυπικό παράδειγμα ζεύγους αστερών επαφής όπου και τα δύο μέλη είναι ογκώδεις γίγαντες αστέρες φασματικών τύπων B9 και B2 και περίπου ίσων μαζών. Η τροχιά τού συνοδού είναι κάθετη προς την ακτίνα που συνδέει τους αστέρες με τον παρατηρητή (επιβατική ακτίνα) με αποτέλεσμα μεταξύ των άλλων να προξενώνται εκλείψεις τού κυρίου αστέρος από τον συνοδό σε μία χρονική περίοδο 12 περίπου ημερών. Η καμπύλη φωτός παρουσιάζει δύο άνισα ελάχιστα και δύο ίσα μέγιστα. Το παρεμβαλλόμενο υλικό μεταξύ των αστερών προξενεί ελάττωση και αυξομειώσεις στις φωτεινότητες των αστερών, ενώ διασκορπίζεται συνέχεια στο διάστημα με αποτέλεσμα να υπάρχει απώλεια μάζης τού συστήματος. Παρόμοιο παράδειγμα ζεύγους επαφής αποτελούν οι μεταβλητοί αστέρες τύπου *W Μεγάλης Αρκτου*.

*Ἰᾶῦἔσò ϕῆἔδῖð.*

## Η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΡΙΚΩΝ ΖΕΥΓΩΝ.

**Γενικά.** Σε ένα στενό ζεύγος αστέρων κατά την διάρκεια της εξέλιξως των συνοδών λαμβάνουν χώρα πολλές ιδιαιτερότητες , ο βαθμός των οποίων εξαρτάται από παράγοντες όπως τα μεγέθη των αρχικών μαζών των αστέρων και οι συγκριτικές μεταξύ των διαφορές σε σχέση με το κατά πόσον είναι δυνατόν ο ένας να επηρεάζει τον άλλο στην γνωστή εξελικτική των πορεία. Διάφορα κατακλυσμικά και χαωτικά φαινόμενα είναι δυνατόν να συμβούν τα οποία προξενούν ιδιαίζουσες καταστάσεις. Άς εξετάσουμε σε γενικές γραμμές αυτά τα πιθανά μοντέλα εξέλιξως διπλών αστέρων με αρχικό κριτήριο τις μάζες των σε σύγκριση με τον ήλιο, όσο και μεταξύ των.

**Ζεύγη μικρών μαζών.** Όταν το άθροισμα των μαζών των συνιστώντων



αστέρων είναι μικρότερο από 11 ηλιακές μάζες (βλέπε σχήμα , 1), η τελική των διαχρονική κατάληξη θα είναι ένα ζεύγος λευκών νάνων. Εν τούτοις όμως αυτή η οδός εξαρτάται από την επί μέρους διαφορά των μαζών των αστέρων. Όταν ο πρωτεύων αστέρας "κάμει" το υδρογόνο σχηματίζοντας πυρήνα από ήλιον, τότε από την διαστολή τού όγκου του θα "γεμίσει" το αεριώδες του περίβλημα και είναι δυνατόν μετά να συμβούν δύο πράγματα :

α- Εάν οι μάζες των συνοδών δεν διαφέρουν αρκετά και όταν ο πρωτεύων αστέρας διασταλεί και "γεμίσει" τον δίσκο του, σταδιακά το υλικό θα κυκλοφορήσει στον άλλο αστέρα σαν μία γέφυρα επικοινωνίας από τον έναν στον άλλο όπου και μετά θα δημιουργηθεί ένα κοινό περίβλημα το οποίο στην συνέχεια θα χαθεί και οι αστέρες θα μετατραπούν σε ζεύγος λευκών νάνων οι οποίοι σταδιακά απομακρύνονται .

β- Εάν οι μάζες των συνοδών διαφέρουν περισσότερο από 2 φορές και αφού ο πρωτεύων αστέρας "γεμίσει" , θα σχηματισθεί ένα κοινό πλέον περίβλημα μεταξύ των αστέρων οι οποίοι θα κινηθούν κοντύτερα ο ένας με τον άλλο και είναι δυνατόν τα υλικά του πρωτεύοντος που κυκλο-φορούν να συγκρουσθούν με τον τεραστίων πυκνοτήτων συνοδό λευκό νάνο

και να προκαλέσουν ισχυρές εκρήξεις στο σύστημα. (**καινοφανής αστέρας ή κατακλυσμικός νόνα**) . Αν πάλι δεν γίνει σύγκρουση υλικών, οι συνοδοί αστέρες σταδιακά στην εξέλιξή των θα γίνουν λευκοί νάνοι πλούσιοι σε άνθρακα καί σε νέον(σχήμα).

**Ιστορικό.** Από καιρού σε καιρό είναι δυνατόν στον ουρανό να αναλάμψει ξαφνικά ένας "νέος" αστέρας ο οποίος φαίνεται να προστίθεται στο σύνολο των υπαρχόντων και στην συνέχεια με την πάροδο χρονικού διαστήματος να εξαφανίζεται από τα μάτια μας. Ο αστέρας αυτός ονομάζεται καινοφανής ή νέος αστέρας (λατινικά nova) παρόλο που αποδεικνύεται ότι δεν είναι καθόλου νέος στην ηλικία και δεν είναι ένας, αλλά κατακλυσμικό διπλό σύστημα αστερών. Ανά την ιστορία, ιδίως τους τελευταίους αιώνες με την χρήση του τηλεσκοπίου έχουν μελετηθεί πολλοί νέοι αστέρες, οι πιο αξιοσημείωτοι του 20ου αιώνας είναι :

1-Ο νέος του Αετού (nova Aquilae)- 1918. Ανακαλύφθηκε από τον Ολλανδό Κουρβουαζιέ το έτος 1918 ενώ στην Ελλάδα μελετήθηκε από τον διευθυντή του γυμνασίου Μυτιλήνης Ολυμπίου. Την 7/6ου ήταν αστέρας 2ου μεγέθους αλλά μετά από 2 ημέρες έφθασε στο μέγιστο της λαμπρότητός του ίσο με - 0,2, δηλαδή έγινε ο τέταρτος κατά σειρά λαμπρότητος αστέρας του ουρανού και μετά σταδιακά έπεσε στο 11ο μέγεθος. Κατά την εποχή της εκλάμψεως εκτοξεύθηκαν στρώματα αερίου τα οποία διαστέλλονται με ταχύτητα 2300 χιλ/δευτερόλεπτο. Ο νέος του Αετού επειδή συνέπεσε να εμφανισθεί με το τέλος του Α' Παγκοσμίου πολέμου, ονομάστηκε από τους συμμάχους **αστέρας της νίκης.**

2-Ο νέος του Ηρακλέους (nova Herculis)-1934. Ανακαλύφθηκε την 13/12/1934 από τον Πρεντίς στον αστερισμό του Ηρακλέους 10 μοίρες ΒΑ του Βέγα σαν αστέρας 3ου μεγέθους. Η λαμπρότητά του την επόμενη ημέρα ελαττώθηκε και στην συνέχεια αυξήθηκε απότομα όπου την 22/12ου έφθασε το 1,3 μέγεθος. Με διακυμάνσεις, την 22/1/1935 έπεσε στο 1,8 μέγεθος, όπου με αυξομειώσεις της λαμπρότητός του φθίνοντας τον Μάρτιο του 1935 ήταν αστέρας 5ου μεγέθους και από τότε κατέπεσε απότομα και έγινε αόρατος στον γυμνό οφθαλμό.

**Εξήγηση των αναλαμπών των νέων αστερών.** Σε ένα εξελικτικό κλειστό ζεύγος αστερών όπου ο ένας συνοδός είναι λευκός νάνος τεραστίων πυκνοτήτων και ο άλλος είναι αστέρας κυρίας ακολουθίας, ο λευκός νάνος αστέρας έλκει και απορροφά τα υλικά της ατμόσφαιρας του πρωτεύοντος αστέρος. Τα υλικά σχηματίζουν έναν δίσκο γύρω από τον λευκό νάνο και συγκεντρώνονται σε ένα επίπεδο της επιφανείας του αστέρος κάτω από συνθήκες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που επικρατούν στον νάνο. Αυτές οι καταστάσεις είναι ικανές να θέσουν πάλι σε λειτουργία τις πυρηνικές αντιδράσεις του κύκλου του άνθρακος όμως η παραγόμενη ενέργεια είναι ανίκανη να διαφύγει στο διάστημα καθώς όλο και περισσότερο υλικό αποθηκεύεται στα ανώτερα στρώματα του νάνου με την θερμοκρασία τελικά να ανέρχεται κατακόρυφα στους 100,000,000οK .

Μερικοί καινοφανείς περιβάλλονται από ένα διαστελλόμενο κέλυφος αερίων, αποτέλεσμα της εκρήξεως το οποίο μεγαλώνει με ταχύτητα 1500 χιλ/ώρα το οποίο σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα διαφεύγει στο διάστημα και από την ταχύτητα διαστολής του κελύφους είναι δυνατόν να υπολογισθεί η απόσταση του καινοφανούς. Σε μία έκρηξη καινοφανούς αστέρος εκτιμάται ότι το ποσόν της μάζας που χάνεται ισοδυναμεί με το 1/10.000 της ηλιακής, ενώ το εκτινασσόμενο υλικό είναι πλούσιο σε άνθρακα, άζωτο, οξυγόνο και σε ισότοπα άνθρακος.

Οι περισσότεροι καινοφανείς αστέρες στην ζωή των εκρήγνυνται μόνο μία φορά σε χρονικά διαστήματα 10,000-100,000 ετών , όμως είναι δυνατόν μερικοί από αυτούς να αναλάμψουν εκ νέου, είναι οι λεγόμενοι **επαναληπτικοί καινοφανείς αστέρες** σε άτακτα χρονικά διαστήματα.

Κλασικό παράδειγμα επαναληπτικού καινοφανούς είναι ο **P Κύκνου** ο οποίος ανάλαμψε ξαφνικά τον Αύγουστο του 1600 λάμποντας σαν αστέρας 3ου μεγέθους για 6 μήνες με αργή εξασθένηση. Όμως δεύτερη ανάλαμψη σημειώθηκε το 1655 με μικρή πτώση και διακυμάνσεις ως το έτος 1715. Από την μελέτη των γραμμών του φάσματος πιστοποιείται η ύπαρξη ενός διαστελλομένου κελύφους γύρω από το ζεύγος των αστερών.

Ο καινοφανής **T Βορείου Στεφάνου** ανέλαμψε το 1866 με μέγεθος  $m=+2$  και μετά από 3 μήνες έπεσε στο 9ον μέγεθος και αίφνης το έτος 1946 ανέλαμψε πάλι με  $m=+3$ . Γενικά, σε κάθε γαλαξία σε διάστημα 1 έτους είναι δυνατόν να αναλάμψουν 10 καινοφανείς αστέρες.

**Καινοφανείς νάνοι αστέρες.** Ενδιαφέρουσα κατηγορία είναι και αυτή των νάνων καινοφανών αστερών . Οι αναλάμψεις σημειώνονται όταν υπέρθερμες περιοχές σχηματισθούν επάνω στον δίσκο αερίων που περιβάλλει το ζεύγος λευκού νάνου-αστέρος κυρίας ακολουθίας. Τυπικά παραδείγματα είναι :

\***Αστέρες U Διδύμων.** Παρουσιάζουν σχεδόν ομαλή λάμψη με σχετικά απότομες αναλάμψεις σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα.

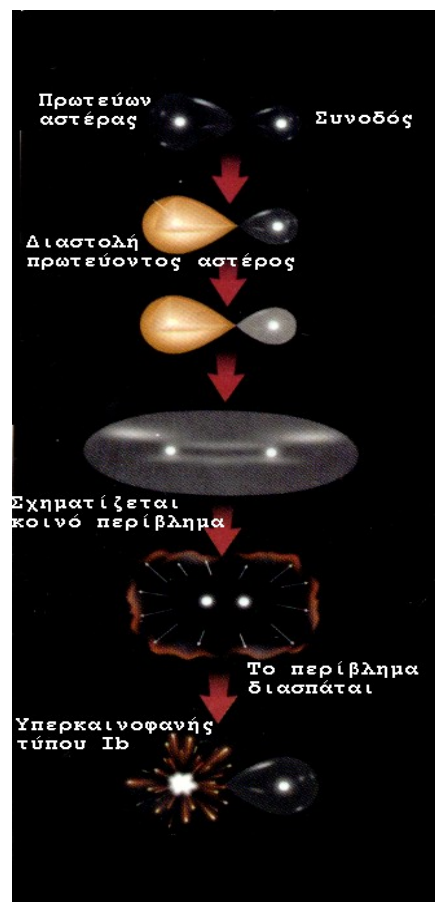
\***Αστέρες SS Κύκνου.** Παρουσιάζουν διακύμανση 2-6 οπτικών μεγεθών σε διαστήματα μερικών εβδομάδων.

\* Άλλοι τύποι νάνων καινοφανών είναι ο **SU Μεγ.Αρκτου** και ο **Z Καμηλοπαρδάλεως**.

#### Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΖΕΥΓΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΝΑΝΩΝ.

Τι θα ήταν δυνατόν να συμβεί όμως εάν στην τελική εξέλιξη του κλειστού ζεύγους και τα δύο μέλη είναι λευκοί νάνοι (σχήμα, 6) και μάλιστα όταν είναι κοντά ο ένας με τον άλλον ; Αυτό εξαρτάται από την χημική των σύσταση και από τις μάζες των υπό το καθεστώς σχηματισμού ηχητικών βαρυτικών πεδίων. Εάν συγκρουσθούν μεταξύ των θα δημιουργηθεί ένας απλός αστέρας ο οποίος θα "καίει" ήλιον στον πυρήνα του ενώ μετά θα εξελιχθεί σε έναν ανθρακούχο λευκό νάνο. Είναι όμως δυνατόν όταν ο ένας συνοδός αποτελείται από άνθρακα και οξυγόνο και ο άλλος από περίσσειμα ηλίου κατά την σύγκρουσή των να δημιουργήσουν έναν λαμπρό υπεργίγαντα αστέρα με ένα εξογκωμένο περίβλημα ηλίου η έκρηξη του οποίου είναι δυνατόν να δώσει μία έκρηξη υπερκαινοφανούς τύπου Ia , μία πλούσια πηγή σιδήρου που διασκορπίζεται στο διάστημα.

**Η εξέλιξη ζευγών αστερών μεγάλων μαζών.** Στην περίπτωση κατά την οποία οι αστέρες του αρχικού ζεύγους έχουν μεγάλες μάζες με μικρή διαφορά μεταξύ των και μάλιστα εάν έχει ο πρωτεύων



επάνω από 30 ηλιακές, θα συμβούν οι εξής καταστάσεις : Με την δημιουργία πυρήνος ηλίου ο κύριος αστέρας θα "γεμίσει" το αεριώδες περίβλημά του και μετά δημιουργείται ένα κοινό κέλυφος πέριξ των δύο αστέρων με πολύ πυκνό υλικό το οποίο διαχέεται σταδιακά στο διάστημα με μορφή νεφελώματος (αστέρας η Πρύμνης). Στη συνέχεια ο πρωτεύων αστέρας κάτω από τις ιδιόζουσες συνθήκες βαρύτητας και με την επιρροή του συνοδού οδηγείται σε μία χαωτική έκρηξη υπερκαινοφανούς τύπου Ib.

Στη συνέχεια από την έκρηξη θα δημιουργηθεί ένας αστέρας νετρονίων ή μία μελανή οπή ανάλογα με το μέγεθος της μάζας του υπό έκρηξη αστέρος.

Στό επόμενο διπλανό σχήμα περιγράφεται τί θα επακολουθήσει εάν τά δύο μέλη του συστήματος, αστέρας κυρίας ακολουθίας και αστέρας νετρονίων επιβιώσουν από την έκρηξη σουπερνόβα τύπου Ib.



Οι δύο αστέρες ή θα κρατηθούν μαζί μέσα σε ένα κοινό κέλυφος αερίων ή τελικά θα απομακρυνθούν γρήγορα μεταξύ των οπότε εδώ λήγει το σενάριο . Μετά από την έκρηξη του πρωτεύοντος αστέρος, ο συνοδός ο οποίος είναι θερμός αστέρας κυρίας ακολουθίας εκτινάσσεται και διαφεύγει στο διάστημα έχοντας αποκτήσει μεγάλη ταχύτητα και χαρακτηρίζεται σαν **αστέρας αποδράσεως** . Παραδείγματα αστέρων με μεγάλες ταχύτητες είναι ο ΑΕ Ηνιόχου και ο 53 Κριού οι οποίοι φαίνεται ότι αναχώρησαν σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (3 εκατομμύρια έτη) από την ίδια περιοχή του ουρανού η οποία ευρίσκεται στον αστερισμό του Ωρίωνος.

Η συνοχή των αστέρων εξαρτάται από την ένταση των αμοιβαίων βαρυτικών πεδίων .

Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΗΓΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ ΚΑΙ Η ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ.

Στό εξελικτικό σύστημα "αστέρας νετρονίων-αστέρας κυρίας ακολουθίας", εάν η μάζα του συνοδού αστέρος είναι

μεγαλύτερη από 11 ηλιακές, όταν αυτός διασταλεί σχηματίζοντας πυρήνα από ήλιον τα πολύ θερμά υλικά του θα "γεμίσουν" τον δίσκο αερίων ο οποίος περιβάλλει τον αστέρα νετρονίων ή την μελανή οπή. Η αιτία της δημιουργίας των ακτίνων X οφείλεται στην στυγνή απορρόφηση του υπερθερμού αερίου των υλικών του συνοδού από τα ισχυρότατα βαρυτικά πεδία του αστέρος νετρονίων ή της μελανής οπής. (σχήμα-2). Περίπου 1000 πηγές ακτίνων X έχουν εντοπισθεί στον γαλαξία μας, με διάρκεια ζωής από 10,000 έως 100,000



έτη.

Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ζευγών υψηλών μαζών πηγών ακτίνων X στον ουρανό είναι το σύστημα **Κόκνος X-1** (μελανή

οπή-υπεργίγαντας αστέρας) και *Κένταυρος X-1* (αστέρας νετρονίων-υπεργίγαντας αστέρας).

Όταν ο βαθμός της ροής του υλικού γίνει μεγαλύτερος από αυτόν που είναι σε θέση να κρατήσει ο αστέρας νετρονίων, τότε δημιουργείται ένα κοινό περιβλήμα αερίου γύρω από το ζεύγος (σχήμα-3) με μία διάρκεια ζωής 10.000 ετών οπότε και διαφεύγει στο διάστημα ενώ ο δεύτερος αστέρας τελειώνει την ζωή του σε μία έκρηξη σουπερνόβα.(σχήμα-4). Από εκεί και μετά το ζεύγος αποτελείται από δύο αστέρες νετρονίων οι οποίοι ή θα απομακρυνθούν μεταξύ των (5α) ή θα ευρεθούν κοντά ο ένας με τον άλλο περιστρεφόμενοι σε ελλειπτικές τροχιές (5β). Ο πρώτος διπλός αστέρας νετρονίων ανακαλύφθηκε το 1974. Μετά, είναι δυνατόν να συγκρουστούν οι δύο αστέρες νετρονίων με πιθανό αποτέλεσμα την δημιουργία μελανής οπής. Από αυτό το σενάριο αποδίδεται και μία πιθανή εξήγηση για την δημιουργία των στιγμιαίων πηγών των μυστηριωδών ακτίνων γ η ενέργεια των οποίων είναι μεγαλύτερη από αυτήν των εκρήξεων των υπερκαινοφανών.

Τελικά, μέσα στά επόμενα δισεκατομμύρια χρόνια στον γαλαξία μας θα δημιουργηθούν πολλοί διπλοί αστέρες νετρονίων, αρκετοί από τους οποίους με την σύγκρουσή των θα δημιουργήσουν νέες μελανές οπές, νέες πηγές ενεργείας στον γαλαξία μας.

## Ο ΓΑΛΑΞΙΑΣ ΜΑΣ

10

**Γενικά.** Παρατηρώντας τον ουράνιο θόλο μία σκοτεινή διαυγή και ασέληνη νύκτα με βασική προϋπόθεση να μην υπάρχουν τα ενοχλητικά φώτα των πόλεων, ο έναστρος ουρανός εμφανίζεται με όλη του την μεγαλοπρέπεια. Εκτός από τους χιλιάδες αστέρες με τους αστερισμούς, έρχεται να προστεθεί και να δώσει ανεπανάληπτη έμφαση στην εικόνα μία αχνή νεφελώδης ζώνη η οποία φαίνεται να διασχίζει κατά μήκος κυκλοτερώς τον νυκτερινό ουρανό παρουσιάζοντας αφ' ενός μεν άνισο πλάτος, αφ' ετέρου δέ ανομοιογενή φωτισμό κατά την διαδρομή της. Η φωτεινή αυτή γαλακτόχροη ζώνη από των αρχαιοτάτων χρόνων σε συνδυασμό με την αρχαία Ελληνική μυθολογία έχει επικρατήσει διεθνώς να ονομάζεται γαλαξίας ή δρόμος γάλακτος (Galaxy ή Milky Way). Με την πλήρη κατανόηση και εξήγηση του φωτεινής αυτής οδού, είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι ο ήλιος μας και όλοι οι διάσπαρτοι στον ουρανό αστέρες αποτελούν ένα ασήμαντο έως πολύ μικρό τμήμα του γαλαξία μας ο οποίος περιέχει μερικές εκατοντάδες δισεκατομμυρίων αστέρες στο σύνολό του, παρουσιάζομενος σαν ένα άριστο συγκρότημα διατάξεως και ταξινομήσεως ποικιλιών μορφών αστέρων και όχι μόνον, σαν ένα "νησί" μέσα στό ψυχρό απόλυτο κενό του Σύμπαντος. Όμως το μέγεθος τού ορατού μακρόκοσμου δεν τελειώνει εδώ, αφού υπολογίζεται ότι στο υπέροχο χωροχρονικό Σύμπαν υπάρχουν δισεκατομμύρια άλλων γαλαξιών που περιέχουν με την σειρά των δισεκατομμύρια αστέρων !!!

**Μυθολογία και ονομασίες του γαλαξία μας.** Ο Γαλαξίας ήταν γνωστός και σαν γαλακτίτης κύκλος ή κύκλος και γάλα. Από τους Πυθαγορείους ονομαζόταν "οδός των ψυχών" ενώ από τον ποιητή Πίνδαρο αναφέρεται σαν "λιπαρά οδός" ή "δρόμος του Διός". Οι αρχαίοι Έλληνες τον ονομάζουν "Ηριδανό ποταμό" και μέχρι σήμερα λέγεται "Ιορδάνης ποταμός" από τους παλιούς χωρικούς όπως επίσης "τού παπά τα άχειρα" ή "τού κουμπάρου τα άχειρα" ή "το ζωνάρι της καλόγριας". Πάντως σε όλους τους λαούς και σε όλες τις εποχές οι ονομασίες του Γαλαξία θυμίζουν ποταμό ή δρόμο.

Κατά την ελληνική μυθολογία σύμφωνα με μια ερμηνεία, ο Ερμής έβαλε κρυφά τον μικρό Ηρακλή να θηλάσει από τον μαστό της Ήρας η οποία όμως αφού αντιλήφθηκε την απάτη, έδιωξε βίαια το βρέφος ενώ το γάλα που εκτινάχθηκε φαίνεται ακόμα στον ουρανό με την μορφή του γαλαξία.

**Περιγραφή του Γαλαξία στην ουράνιο σφαίρα.** Για έναν παρατηρητή επάνω στην γή η οποία ευρίσκεται μέσα στον Γαλαξία σε μία ορισμένη τοποθεσία του περιστρεφόμενου γύρω από τον ήλιο, η όλη εικόνα τού Γαλαξιακού συγκροτήματος παρουσιάζεται με την μορφή μιάς ανισοπαχούς φωτεινής ζώνης η οποία διασχίζει τον ουράνιο θόλο κυκλοτερώς σε όλο του το μήκος, αποτέλεσμα της προοπτικής, φαινομένου κατά το οποίο ο ουρανός έχει σχήμα σφαίρας η οποία φαίνεται ότι περιβάλλει τον παρατηρητή. Από την κλίση που παρουσιάζει ο ήλιος στο γαλαξιακό επίπεδο, είναι σαν να τον βλέπουμε "ανφάς" όπως δηλαδή ένα πιάτο στην κόψη του με αποτέλεσμα να μην είμαστε άμεσα σε θέση να διαμορφώσουμε μια εποπτική εικόνα του σχήματος που έχει ο γαλαξίας μας όπως και της θέσεως στην οποία ευρίσκεται το κέντρο του.

Η ζώνη του γαλαξία η οποία περιζώνει την ουράνιο σφαίρα δεν παρουσιάζει ίσο πάχος ούτε ίδια λαμπρότητα στην διαδρομή της ενώ στο μεγαλύτερο μέρος της είναι απλή και στο ένα τρίτο της διαδρομής της είναι διπλή. Το διχασμένο μέρος της περιλαμβάνεται μεταξύ των αστερισμών του Κύκνου στο βόρειο ημισφαίριο και του Κενταύρου στο νότιο, ενώ μέχρι τον αστερισμό του Μικρού Κυνός παρουσιάζει τρεις διακλαδώσεις και στους αστερισμούς της Τρόπιδος, της Πρύμνης και των Ιστίων τέσσερις πτυχές. Επίσης σε όλο της το μήκος η ζώνη του Γαλαξία παρουσιάζει προεξοχές και το πλάτος της στον αστερισμό του Τοξότου είναι τετραπλάσιο από το κανονικό παρουσιάζοντας την μεγαλύτερη φωτεινότητα ενώ το μικρότερο πλάτος παρατηρείται στον αστερισμό του Νοτίου Σταυρού και η μικρότερη φωτεινότης στον αστερισμό της Τρόπιδος.

Ο Γαλαξίας διέρχεται από τους εξής αστερισμούς : Ξεκινώντας από την *Κασσιόπη* συναντά τον *Περσέα* όπου και αναπτύσσει έναν κλάδο που κατευθύνεται προς τις Πλειάδες, αλλά η κύρια ζώνη προχωρεί προς τον *Ηνίοχο*, τους *Διδύμους* και τον *Ωρίωνα* και συναντά τον ουράνιο ισημερινό στον αστερισμό του *Μονόκερω* όπου προχωράει λαμπρότερος διασχίζοντας τα *Ιστία*, την *Τρόπιδα*, την *Πρύμνη* και τον *Κένταυρο*. Εδώ συναντά τον *Νότιο Σταυρό* όπου στο μέσον της ζώνης παρατηρείται ένα κυκλικό σκοτεινό τμήμα που λέγεται "σάκκος ανθράκων". Από εδώ ξεκινά ο διαχωρισμός σε δύο βραχίονες κοντά στον αστέρα α Κενταύρου μέχρι τον αστερισμό του *Κύκνου*. Ο νοτιότερος βραχίονας διασχίζει τον *Βωμό*, τον *Σκορπιό*, τον *Τοξότη* και την



*Η ζώνη του γαλαξία όπως παρατηρείται διχαζόμενη από σκοτεινή έκταση στον αστερισμό του Κύκνου. Οι λαμπροί αστέρες είναι ο Βέγας(α Λύρας) και ο Δενέμπ(α Κύκνου).*

*Ασπίδα*, τους αστερισμούς του *Όφεως*, *Αετού*, *Βέλους* και *Αλώπεκος* όπου καταλήγει στον *Κύκνο*. Ο άλλος βραχίονας αρχίζει από τον αστερισμό του *Θηρίου* και διά μέσω του *Σκορπίου* ακολουθώντας τον *Οφιούχο* και τον *Όφιν*, συναντάει τον *Ηρακλή*, τον *Αετό* και την *Λύρα* για να ενωθεί με τον άλλο βραχίονα στον αστερισμό του *Κύκνου* όπου και εδώ παρατηρείται μεγάλη σκοτεινή έκταση στο σημείο της ενώσεως των δύο βραχιόνων. Για να κλείσει η διαδρομή της ζώνης, αφού αυτή περάσει από τον *Κηφέα*, μικρός κλάδος της οποίας κατευθύνεται προς την *Μικρά Άρκτο*, τελικά θα καταλήξει στην *Κασσιόπη*.

Όλο το πλάτος της ζώνης κυμαίνεται από 9 έως 57 μοίρες, ενώ το πάχος των βραχιόνων από 2 μέχρι 18 μοίρες. Ο συνολικός αριθμός των αστερισμών που διασχίζει ο Γαλαξίας ανέρχεται σε 26 εκ των οποίων οι 16 είναι του βορείου

ημισφαιρίου, ενώ οι υπόλοιποι 10 ανήκουν στο νότιο και από τα γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδος είναι αφανείς οι αστερισμοί της Πρύμνης, της Τρόπιδος, του Νοτίου Σταυρού και του Κενταύρου. Ο μέγιστος ιδεατός κύκλος ο οποίος περικλείει το γαλαξιακό κέντρο και τα πυκνότερα μέρη του γαλαξία λέγεται **γαλαξιακός ισημερινός** ο οποίος και παρουσιάζει κλίση 63 μοιρών ως προς τον ουράνιο ισημερινό.

**Γαλαξιακές συντεταγμένες.** Είναι ένα σύστημα συντεταγμένων βάσει του οποίου τα γαλαξιακά μήκη και πλάτη υπολογίζονται αρχής γενομένης από το κέντρο του γαλαξία το οποίο υπολογίσθηκε ότι ευρίσκεται στον αστερισμό του Τοξότου (αναφορά ορθή- $\alpha=17^{\circ}42'$  λ και απόκλιση- $\delta=-28^{\circ}05'$ ). Με αυτόν τον τρόπο ο Βόρειος γαλαξιακός πόλος (90ο βόρειο γαλαξιακό πλάτος) ευρίσκεται στην Κόμη της Βερενίκης ( $\alpha=12^{\circ}51'$  λ -  $\delta=27^{\circ}08'$ ) ενώ ο νότιος γαλαξιακός πόλος ευρίσκεται στον αστερισμό του Γλύπτη. Τις γαλαξιακές συντεταγμένες μεταχειριζόμαστε προκειμένου να καθορισθεί η θέση ενός αντικειμένου το οποίο ανήκει στο συγκρότημα του γαλαξία μας όταν αυτός παρατηρείται από έξω.

#### ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΞΙΑ.

Α' Από τον Δημόκριτο ως τις αρχές του 20ου αιώνας. Από τα πολύ παλιά χρόνια όπου οι διάφοροι λαοί δεν ήσαν σε θέση να εξηγήσουν επιστημονικά τα ουράνια σώματα και φαινόμενα, οι αρχαίοι Έλληνες με τον Δημόκριτο τον 3ον π.Χ αιώνα όπως γράφουν οι ιστορικοί Στωβαίος και Πλούταρχος αντιλαμβάνονται την πραγματική αστρική δομή του γαλαξία μας. Ο Δημόκριτος πιστεύει ότι *"ο Γαλαξίας εστί πολλών και μικρών και συνεχών αστέρων συμφωτιζομένων αλλήλοις συναγασμός διά την πύκνωσιν"*, μια θεωρία που όμως τελικά δεν υιοθετήθηκε για πολλούς αιώνες αλλά όμως είναι άξια θαυμασμού για την διορατικότητα του αρχαίου Ελληνικού πνεύματος. Πολύ αργότερα, το έτος 1612 με την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου, ο Γαλιλαίος πιστοποιεί ότι ο γαλαξίας αποτελείται από αναρίθμητους αστέρες. Το 1618 ο Κέπλερ παρατηρεί ότι η ζώνη του γαλαξία παρουσιάζει την ίδια λαμπρότητα και πάχος σε διαμετρικά αντίθετες περιοχές, πράγμα που σημαίνει ότι ο ήλιος μας ευρίσκεται κοντά στο κέντρο του. Ο Θωμάς Ράιτ στη συνέχεια διατυπώνει τις πρώτες σκέψεις για το πραγματικό σχήμα του γαλαξία μας *"όμοιο με αυτό μιάς μυλόπετρας"*.

Σύμφωνα με τον William Hersell (1738-1822) ο γαλαξίας αποτελείται από πολλές συγκεντρώσεις αστέρων, σε μία από τις οποίες ευρίσκεται και ο ήλιος μας. Ο μεγάλος αυτός αστρονόμος δέχεται ότι το σχήμα του γαλαξία είναι φακοειδές, ενώ προσπαθεί να δώσει μια εικόνα των αποστάσεων και του μεγέθους του ξεκινώντας από την υπόθεση ότι οι αμυδροί αστέρες που τον αποτελούν πρέπει να ευρίσκονται χιλιάδες ή και εκατομμύρια φορές μακρύτερα από τους λαμπρούς οι οποίοι περιζώνουν τον ουρανό, αλλά σε άγνωστες για την εποχή του αποστάσεις. Τις μελέτες του Hersell συνέχισε ο υιός του John Hersell μελετώντας τον γαλαξία από το νότιο ημισφαίριο.

Το έτος 1877 ο αστρονόμος Gould διατυπώνει την άποψη ότι οι λαμπροί διασκορπισμένοι στον ουρανό αστέρες 1ου, 2ου και τρίτου οπτικού μεγέθους σχηματίζουν με την διάταξή των στον ουράνιο θόλο μία "ταινία" η οποία περικλείει τον ήλιο δίδοντας την εντύπωση μιάς από τις πολλές συστροφές που υπάρχουν στον γαλαξία. Με την εύρεση των πρώτων αποστάσεων αστέρων από το έτος 1838 αλλά και αργότερα, ο άνθρωπος άρχισε να κατανοεί υποθετικά το τεράστιο ως και ασύλληπτο για τις τότε αντιλήψεις μέγεθος των αποστάσεων όπως και του μεγέθους των φωτεινών νεφών του γαλαξία.

B' Από τις αρχές του 20ου αιώνα μέχρι σήμερα. Ήταν γνωστό ότι ο γαλαξίας αποτελείται από διάφορες συστροφές ή σμήνη χιλιάδων αστερών όπως και από νεφελώματα φωτεινά ή σκοτεινά. Την δεκαετία του 1910 με την ραγδαία ανάπτυξη του μεγέθους των τηλεσκοπίων, της φωτογραφίας όπως και της Αστροφυσικής, ανοίχθηκαν νέοι ορίζοντες για την κατανόηση του μεγέθους του γαλαξία. Η αστρονόμος Henrietta Leavitt (1914) εργαζόμενη στο αστεροσκοπείο Harvard ανακάλυψε έναν σπουδαίο νόμο - κλειδί (**νόμος της *mis* Leavitt**) για την μέτρηση των γαλαξιακών αποστάσεων χρησιμοποιώντας την σχέση περιόδου-λαμπρότητας που διέπει τους μεταβλητούς αστέρες τύπου δ Κηφέως οι οποίοι λέγονται και Κηφείδες (βλέπε κεφάλαιο μεταβλητοί αστέρες). Με την παρατήρηση Κηφειδών αστερών στο Μικρό Νέφος του Μαγγελάνου το οποίο μαζί με το Μεγάλο Νέφος αποτελούν τους δορυφόρους - συνοδούς του Γαλαξία μας η Leavitt σημείωσε τις καμπύλες φωτός αυτών των αμυδρών μεταβλητών αστερών.

Η μελέτη έδειξε ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ των περιόδων των μεταβολών λαμπρότητας των Κηφειδών αφ' ενός, αφ' ετέρου δέ της μέσης φαινομένης λαμπρότητός των. Πιο συγκεκριμένα, όσο λαμπρότερος παρουσιάζεται ο αστέρας, τόσο μεγαλύτερη περίοδο μεταβολής έχει. Το ενδιαφέρον της ανακάλυψης συνίσταται στο ότι οι κηφείδες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες ευρέσεων αποστάσεων. Αν θεωρηθεί ότι όλοι οι κηφείδες του Μικρού Νέφους ευρίσκονται στην ίδια απόσταση από τον ήλιο, τότε τα φαινόμενα μεγέθη των  $m$  θα διαφέρουν από τα απόλυτα μεγέθη  $M$  από έναν σταθερό παράγοντα.

Την καμπύλη αντιστοιχίας μεγεθών - περιόδου πρώτος βαθμολόγησε ο Shapley από την οποία ευρίσκεται το απόλυτο μέγεθος  $M$  του κηφειδίου όπου στην συνέχεια από τον γνωστό τύπο  $M = m + 5 - 5 \log r$  υπολογίζεται η απόσταση  $r$  του αστέρος και κατά επέκταση η απόσταση του Μικρού Νέφους η οποία είναι 210.000 έτη φωτός.

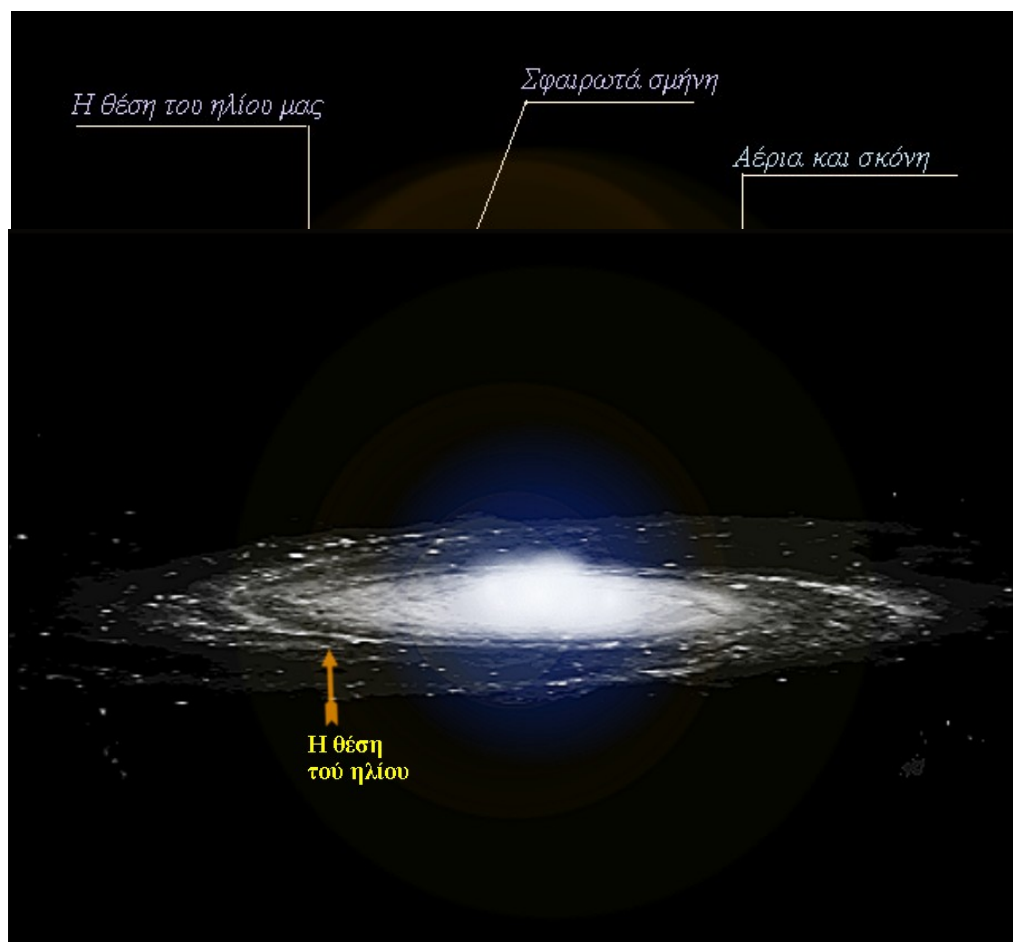
Επίσης σαν "φάροι αποστάσεων" χρησιμοποιούνται και οι μεταβλητοί αστέρες τύπου RR Λύρας (αστρικού πληθυσμού II) οι οποίοι απαντώνται πολύ συχνά μέσα στα σφαιρωτά σμήνη τα οποία είναι διασκορπισμένα γύρω από τον γαλαξία μας. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των αστερών RR Λύρας είναι ότι όλοι τους έχουν το ίδιο φαινόμενο μέγεθος  $m$  ίσο με +0,5 και με τους οποίους υπολογίζονται αποστάσεις μέσα στον γαλαξία ανερχόμενες σε δεκάδες χιλιάδων ετών φωτός.

Οι γνώσεις του ανθρώπου για τον γαλαξία μας τις επόμενες δεκαετίες του 20ου αιώνα πολλαπλασιάστηκαν σε μεγάλο βαθμό. Με την ανακάλυψη της ραδιοαστρονομίας και συγκεκριμένα της συχνότητας των 21 cm του ατομικού υδρογόνου παρουσιάζεται μια άλλη όψη στην χαρτογραφημένη εικόνα του γαλαξία.

Επίσης, εκτός των άλλων η συνολική εντύπωση για το μέγεθος και την μορφή του γαλαξία αναθεωρήθηκαν. Η έκτασις του στον χωροχρόνο αυξήθηκε κατά 5 τουλάχιστον φορές, υπολογίστηκε το βάρος, ο χρόνος της περιστροφής όπως και οι περίπλοκες κινήσεις του στον χώρο μεταξύ των άλλων γειτονικών γαλαξιών τόσο στο παρελθόν, όσο και στο μακρινό μέλλον όπως θα αναφερθεί στις επόμενες σελίδες.

**Πανόραμα του Γαλαξία.** Θέλοντας να δώσουμε μια συνολική εποπτική εικόνα του σχήματος και των διαστάσεων του γαλαξία μας στον οποίο ανήκουμε, από όσα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα λαμβάνοντας υπ' όψη και τις μορφές των άλλων γαλαξιών όπως τους παρατηρούμε στο διάστημα, η όλη δομή και μορφή του περιγράφεται ως εξής :

Ο Γαλαξίας μας παρουσιάζεται σαν ένα τεράστιο σύνολο το οποίο περιλαμβάνει περίπου 200 δισεκατομμύρια αστέρες και από μεσοαστρικό υλικό αερίων και σκόνης, τόσο φωτεινό, όσο και σκοτεινό. Η μορφή του γαλαξία μας μοιάζει αρκετά με ένα τεράστιο χταπόδι. Το σχήμα του είναι ελλειπτικό σπειροειδές με ανάπτυξη βραχιόνων, αποτελείται δέ από τα εξής μεγάλα τμήματα :



- **Τον κεντρικό προβολή** διαμέτρου 10,000 ετών φωτός η οποία έχει επίπεδο σφαιρικό σχήμα που πιθανόν στο κέντρο της να υπάρχει μια ογκώδης μελανή οπή.
- **Τον δίσκο** ο οποίος είναι λεπτός και περιλαμβάνει αστέρες, αέρια και σκόνη. Το διαμετρικό μήκος του είναι 100,000 έτη φωτός, ενώ το μικρότερο πλάτος του στα ακραία σημεία των βραχιόνων περιορίζεται στα 1,000 έτη φωτός.
- **Την γαλαξιακή άλω** η οποία έχει σφαιρικό σχήμα περικλείοντας τον πυρήνα με διάμετρο 50,000 έτη φωτός που περιλαμβάνει τα σφαιρωτά σμήνη με τα αρχαιότερους σε ηλικία αστέρες.
- **Το γαλαξιακό στέμμα** περικλείει σφαιρικά το όλο συγκρότημα με διάμετρο 250,000 ετών φωτός.



## Ο ΓΥΡΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΞΙΑ ΜΑΣ.

Στην προσπάθειά μας να δώσουμε μια όσο πίο παραστατική εικόνα της δομής του γαλαξία μας, θα ξεναγήσουμε τον αγαπητό αναγνώστη με την βοήθεια ενός ερασιτεχνικού τηλεσκοπίου εξετάζοντας διάφορα αντιπροσωπευτικά αντικείμενα στον σκοτεινό ουράνιο θόλο τα οποία συνθέτουν τον γαλαξία μας και που φαίνονται σαν αμυδρά συγκεχυμένα φώτα τα οποία ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα νεφελώματα και τις αστρικές συστροφές. Τα αντικείμενα αυτά του σκοτεινού ουρανού προκειμένου να εντοπίζονται με ευκολία, έχουν καταγραφεί όπως και οι αστέρες σε διαφόρους καταλόγους. Πρίν ξεκινήσουμε την περιγραφή, στην εισαγωγή θεωρούμε απαραίτητο να

αναφέρουμε τους δύο σημαντικότερους καταλόγους ουρανίων αντικειμένων και το γενικό περιεχόμενό των.

**Ο κατάλογος Messier.** Ο παλαιότερος κατάλογος ουρανίων αντικειμένων είναι ο κατάλογος με την επωνυμία *Messier* τον οποίο μεταχειριζόμαστε μέχρι σήμερα και που περιλαμβάνει 110 ονομασίες από τις οποίες οι περισσότερες αφορούν τα λαμπρότερα και πλέον γνωστά αντικείμενα όπως καθορίζονται στους αστρονομικούς χάρτες. Ο Γάλλος αστρονόμος και κυνηγός κομητών Charles Messier (1730-1817) πρώτος συνέλαβε την ιδέα να καταγράψει σε κατάλογο τα συγκεχυμένα αντικείμενα που παρατηρούσε στον ουρανό με σκοπό να μην υπάρχει σύγχυση με ανακαλυπτόμενους κομήτες.

Με αυτόν τον τρόπο, το πρώτο μέρος του καταλόγου το οποίο εκδόθηκε το έτος 1774 περιελάμβανε τα πρώτα 45 ουράνια αντικείμενα. Ο κατάλογος συμπληρώθηκε αργότερα από τον Pierre Mechain. Μερικά από τα πρώτα 45 αντικείμενα κατά πρώτον αναφέρονται από τον Messier, ενώ άλλα από αυτά ήταν ήδη γνωστά. Στον κατάλογο υπάρχουν μερικά λάθη και ασάφειες όπως π.χ το Messier 40 ή M 40 το οποίο είναι διπλούς αστέρας και το M 73 το οποίο είναι ομάδα 4 μεμονωμένων αστερών. Στην συνέχεια παραθέτουμε τον ονομαστικό κατάλογο Messier με το είδος των αντικειμένων που περιγράφει:

<i>Αύξων αριθμός</i>	<i>Είδος αντικειμένου</i>	<i>Ιδία ονομασία</i>
M 1	Κατάλοιπο υπερκαινοφανούς	Νεφέλωμα καρκίνος
M 2	Σφαιρωτό σμήνος	
M 3	" "	
M 4	" "	
M 5	" "	
M 6	Ανοικτό σμήνος	
M 7	" "	
M 8	Φωτεινό νεφέλωμα με σκοτεινό υλικό	Λιμνοθάλασσα
M 9	Σφαιρωτό σμήνος	
M 10	" "	
M 11	Ανοικτό σμήνος	Αγριόπαπια
M 12	Σφαιρωτό σμήνος	
M 13	" "	Σμήνος Ηρακλέους
M 14	" "	
M 15	Σφαιρωτό σμήνος	
M 16	Ανοικτό σμήνος με φωτεινό νεφέλωμα	Νεφέλωμα Αετός
M 17	" "	Νεφέλωμα Ωμέγα
M 18	Ανοικτό σμήνος	
M 19	Σφαιρωτό σμήνος	
M 20	Ανοικτό σμήνος με νεφέλωμα	Τρυφίλλι
M 21	Ανοικτό σμήνος	
M 22	Σφαιρωτό σμήνος	
M 23	Ανοικτό σμήνος	
M 24	Ανοικτό σμήνος με νεφέλωμα	
M 25	Ανοικτό σμήνος	
M 26	" "	
M 27	Πλανητικό νεφέλωμα	Αλτήρας
M 28	Σφαιρωτό σμήνος	

M 29	Ανοικτό σμήνος με νεφέλωμα	
M 30	Σφαιρωτό σμήνος	
M 31	Γαλαξίας	Γαλαξίας Ανδρομέδας
M 32	"	
M 33	"	Γαλαξίας Τριγώνου
M 34	Ανοικτό σμήνος	
M 35	"	
M 36	"	
M 37	"	
M 38	"	
M 39	"	
M 40	"	
M 41	"	
M 42	Λαμπρό νεφέλωμα	Νεφελοειδής Ωρίωνος
M 43	" "	
M 44	Ανοικτό σμήνος	Φάτνη
M 45	" "	Πλειάδες
M 46	" "	
M 47	" "	
M 48	" "	
M 49	" "	
M 50	" "	
M 51	Γαλαξίας	
M 52	Ανοικτό σμήνος	
M 53	Σφαιρωτό σμήνος	
M 54	" "	
M 55	" "	
M 56	" "	
M 57	Πλανητικό νεφέλωμα	Δακτυλιοειδές νεφέλωμα
M 58	Γαλαξίας	
M 59	"	
M 60	"	
M 61	"	
M 62	Σφαιρωτό σμήνος	
M 63	Γαλαξίας	Ηλιολούλουδο
M 64	"	
M 65	Γαλαξίας	
M 66	"	
M 67	Ανοικτό σμήνος	
M 68	Σφαιρωτό σμήνος	
M 69	" "	
M 70	" "	
M 71	" "	
M 72	" "	
M 73	Ανοικτό σμήνος	
M 74	Γαλαξίας	
M 75	Σφαιρωτό σμήνος	
M 76	Γαλαξίας	
M 77	"	
M 78	Σκοτεινό νεφέλωμα	
M 79	Σφαιρωτό σμήνος	

M 80	" "	
M 81	Γαλαξίας	
M 82	"	
M 83	"	
M 84	"	
M 85	"	
M 86	"	
M 87	"	
M 88	"	
M 89	"	
M 90	"	
M 91	"	
M 92	Σφαιρωτό σμήνος	
M 93	Ανοικτό σμήνος	
M 94	Γαλαξίας	
M 95	"	
M 96	"	
M 97	Πλανητικό νεφέλωμα	Κουκουβάγια
M 98	Γαλαξίας	
M 99	"	
M 100	"	
M 101	"	
M 102	"	
M 103	Ανοικτό σμήνος	
M 104	Γαλαξίας	Σομπρέρο
M 105	"	
M 106	"	
M 107	Σφαιρωτό σμήνος	
M 108	Γαλαξίας	
M 109	"	
M 110	"	

Τα αντικείμενα που αναφέρει ο κατάλογος Messier ευρίσκονται μέχρι νοτίας αποκλίσεως -33 μοιρών περίπου με αποτέλεσμα να μην περιγράφονται τα λαμπρά αντικείμενα με νοτιότερες συντεταγμένες.

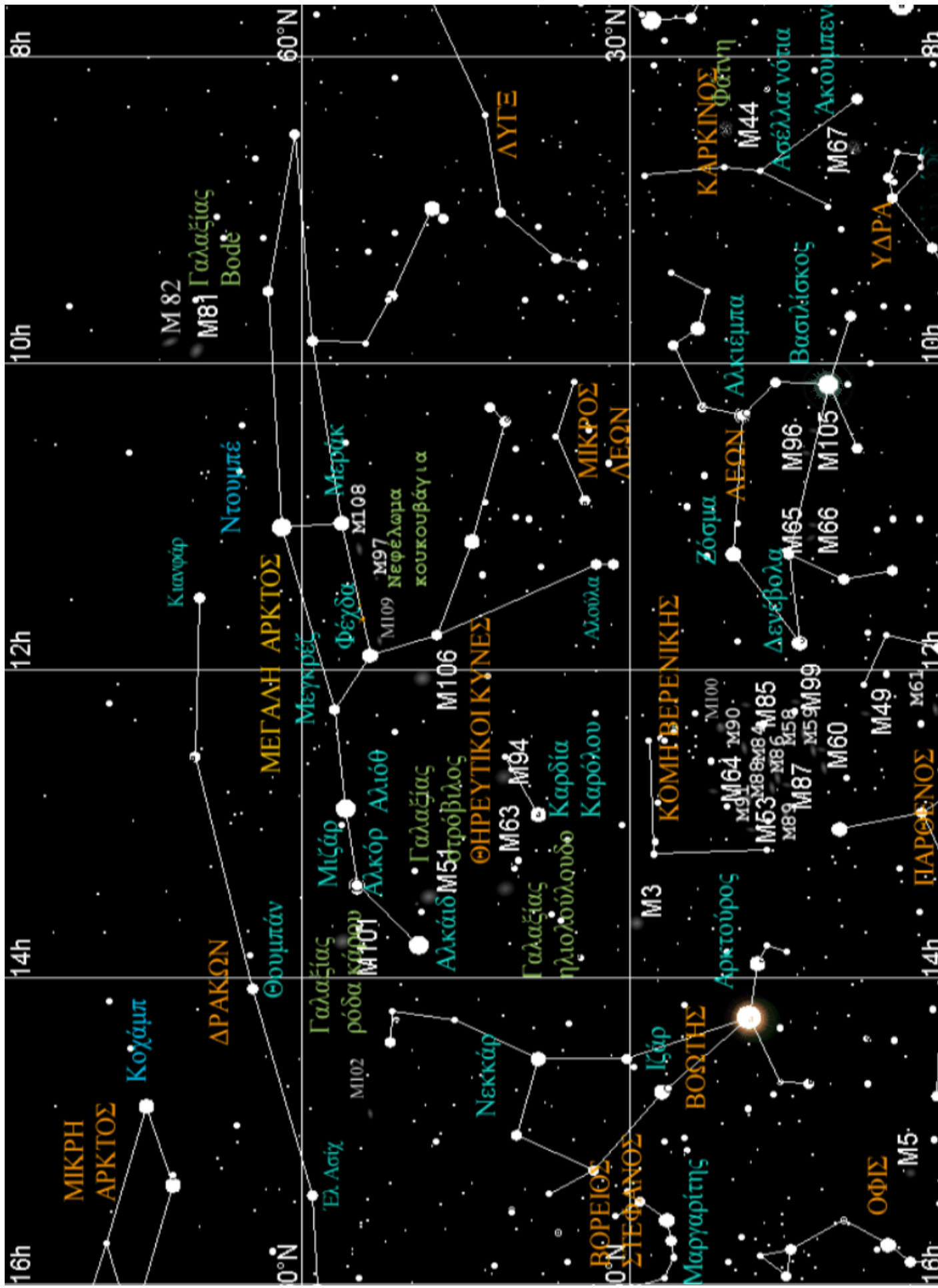
**Ο Νέος Γενικός Κατάλογος νεφελοειδών και αστρικών αντικειμένων (N.G.C).** Καταρτίστηκε από τον J. L. E Dreyer και εκδόθηκε το έτος 1888 με πλούσιο περιεχόμενο 7840 αντικειμένων. Επτά χρόνια αργότερα, το 1895 εκδίδεται ένα πρόσθετο συμπλήρωμα του καταλόγου με άλλα 1529 αντικείμενα, ο INDEX CATALOGUE (IC). Η δεύτερη έκδοσις του IC επεκτάθηκε με άλλα 5386 αντικείμενα καλύπτοντας πλήρως και τα δύο ουράνια ημισφαίρια.

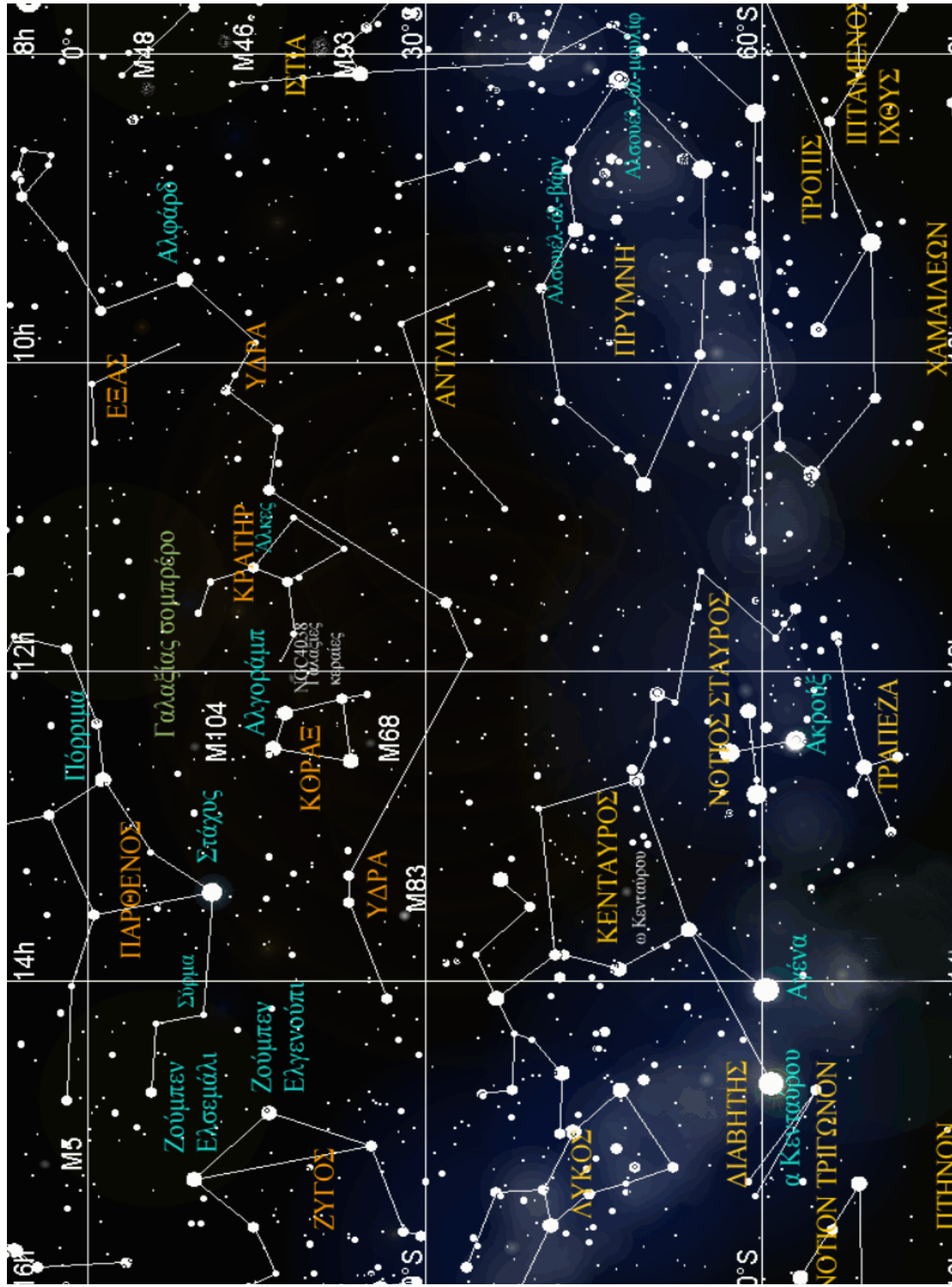
Σαν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σπουδαιότερων αντικειμένων του καταλόγου αυτού, αναφέρω τα εξής:

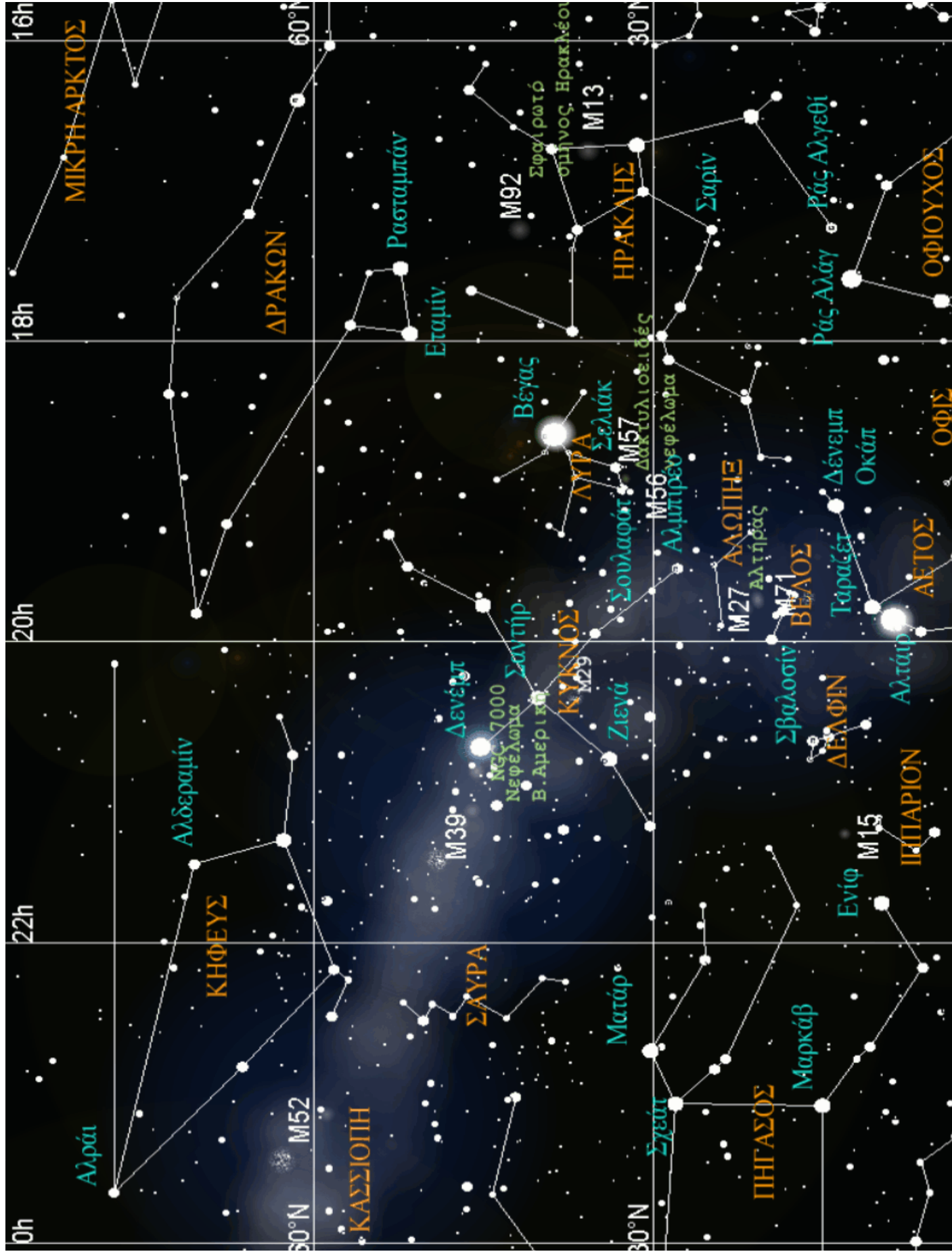
<i>Αύξων αριθμός καταλόγου</i>	<i>Είδος αντικειμένου</i>	<i>Ιδία ονομασία</i>
NGC 7000	Λαμπρό νεφέλωμα με σκοτεινό υλικό	Βόρειος Αμερική













## Ο ΜΕΣΟΑΣΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΞΙΑ.

Μεταξύ των αστέρων του γαλαξία δεν μεσολαβεί απόλυτο κενό, αλλά ο χώρος καλύπτεται από ένα διάχυτο υλικό, η συνολική μάζα του οποίου υπολογίζεται ότι ανέρχεται κατ' ελάχιστον στο 1/10 αυτής των αστέρων. Το υλικό αυτό συγκεντρώνεται τόσο στην κεντρική περιοχή του γαλαξία, όσο και στους σπειροειδείς βραχίονές του και αραιώνει στην περιοχή της γαλαξιακής άλω. Υπάρχουν συνεχόμενες εσωτερικές αντιδράσεις μεταξύ των αστέρων και των σωματιδίων του μεσοαστρικού κενού το οποίο δεν είναι ομοιογενές σε όλη του την έκταση. Το μεσοαστρικό κενό αποτελείται όπως θα εξετάσουμε πιά κάτω, από περιοχές σκοτεινών νεφών αερίου και σκόνης, υπερθέρμων αερίων, περιοχών υδρογόνου χαμηλής θερμοκρασίας, περιοχών ιονισμένου υδρογόνου, μοριακών νεφών και από σωματίδια κοσμικών ακτίνων υψηλής ενεργείας.

**Τα μεσοαστρικά νέφη.** Τα σκοτεινά μεσοαστρικά νέφη είναι οι κατ' εξοχήν περιοχές όπου γεννώνται οι αστέρες με τον συνεχή εμπλουτισμό των νεφών από υλικό παλαιών αστέρων το οποίο εκτινάσσεται δια μέσω των εκρήξεων των υπερκαινοφανών και από άλλες απώλειες αστρικών μαζών. Τα μεσοαστρικά νέφη περιβάλλονται από λεπτά κελύφη και είναι δυνατόν να συγκρουσθούν μεταξύ των ή να διασπασθούν σε μικρότερα τεμάχια.

**Η μεσοαστρική σκόνη.** Αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια που υπάρχουν στο μεσοαστρικό κενό τα οποία είναι ανακατεμένα με αέριο και αποτελούν το 1% της μάζας του μεσοαστρικού κενού. Η σκόνη απορροφά περισσότερο το φώς των μακρυνών αστέρων ενώ εκπέμπει περισσότερη υπέρυθη ακτινοβολία από αυτήν του αερίου. Η ακτινοβολία προέρχεται από την απορρόφηση και την διάχυση του φωτός των μακρυνών αστέρων. Η ένταση της ακτινοβολίας μειώνεται όσο αυξάνει το οπτικό μήκος κύματος. Έτσι, στις συχνότητες του υπέρυθρου και των ραδιοκυμάτων, η εικόνα του μεσοαστρικού κενού παρουσιάζεται πιά ολοκληρωμένη.

Το διαχεόμενο από τα σωματίδια της σκόνης φώς των αστέρων είναι η αιτία σχηματισμού των νεφελωμάτων ανακλάσεως, ενώ η απορρόφηση του φωτός από την σκόνη, ανεβάζει την θερμοκρασία σε μερικές δεκάδες βαθμούς επάνω από το απόλυτο μηδέν. Σε αυτές τις θερμοκρασίες η σκόνη εκπέμπει θερμική ραδιοφωνική ακτινοβολία, ενώ σκόνη πού θερμαίνεται άνω των 1500ο K καταστρέφεται. Η μεσοαστρική σκόνη σε όλη την έκταση των βραχιόνων του γαλαξία αποτελείται από γραφίτη, οξειδία σιδήρου, αλουμίνιο, ασβέστιο και μαγνήσιο.

**Περιοχές υδρογόνου χαμηλής θερμοκρασίας.** Είναι οι περιοχές οι οποίες αποτελούνται από αέριο υδρογόνο μή ιονισμένο (HI ή H0) το οποίο αποτελεί ενδιαφέρον συστατικό του μεσοαστρικού διαστήματος. Η πυκνότης του HI είναι πολύ χαμηλή ανερχόμενη σε 50 άτομα/cm<sup>3</sup> ενώ η θερμοκρασία του

κυμαίνεται από 25 έως 250o Kelvin, θερμοκρασία πολύ ψυχρή για να εκπέμψει ορατή ακτινοβολία. Εν τούτοις με την ραδιοφωνική εκπομπή του ΗΙ σε μήκος κύματος 21 εκατοστών, εκπονήθηκε ο ραδιοχάρτης του γαλαξία ο οποίος απεικονίζει την κατανομή σε υδρογόνο στους γαλαξιακούς βραχίονες.

**Τα μοριακά νέφη.** Είναι νέφη μεσοαστρικού υλικού όπου το αέριο έχει μοριακή σύνθεση αποτελούμενο κυρίως από μοριακό υδρογόνο (H<sub>2</sub>) και μονοξείδιο του άνθρακος (CO) όπως και άλλες οργανικές ενώσεις. Υπάρχουν δύο τύποι μοριακών νεφών οι οποίοι ευρίσκονται σε περιοχές κοντά στον γαλαξιακό ισημερινό.

Τα μικρά μοριακά νέφη έχουν έκταση μερικών ετών φωτός με περιεκτικότητα 1,000 - 10,000 μορίων/cm<sup>3</sup> και θερμοκρασία περίπου 10 έως 20o Kelvin. Είναι επίσης δυνατόν να περιέχουν ακόμα ψυχρότερους συμπαγείς "πυρήνες" επειδή δεν θερμαίνονται από αστέρες.

Οι μάζες των μεγάλων μοριακών νεφών ισοδυναμούν με 10 εκατομμύρια ηλιακές μάζες ενώ οι εκτάσεις των μεγάλων αξόνων των κυμαίνονται από 150 - 250 έτη φωτός. Η πυκνότητά των σε μόρια ανέρχεται σε 10 εκατ/cm<sup>3</sup> και είναι περιοχές ιδανικές για σχηματισμό αστέρων. Εκτός από μοριακό υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακος αποτελούνται και από οργανικά μόρια μεθυλιδίνης, κυανογενείου, υδροξυλίου κλπ. Τα μεγάλα μοριακά νέφη ανευρίσκονται κοντά σε αστρικά σμήνη που αποτελούνται από ογκώδεις θερμούς αστέρες. Στον μεγάλο νεφελοειδή του Ωρίωνος (Messier 42), ένα μεγάλο μοριακό νέφος ευρίσκεται πίσω από το οπτικά ορατό νεφέλωμα όπως και στο νεφέλωμα Messier 17. Τέλος, κοντά στο κέντρο του γαλαξία μας και εμπρός από την ραδιοπηγή Τοξότης B2 υπάρχει ένα μεγάλο μοριακό νέφος με μάζα 3 έως 5 εκατ. αντιστοιχών ηλιακών. Υπολογίζεται ότι στον γαλαξία μας υπάρχουν επάνω από 4000 μεγάλα μοριακά νέφη.

**Περιοχές νεφών ιονισμένου υδρογόνου (ΗII ή Η+).** Λέγονται και *νεφελώματα εκπομπής*. Τα νέφη υδρογόνου στο μεσοαστρικό διάστημα γρήγορα διεγείρονται και ιονίζονται από την απορρόφηση υπεριώδων φωτονίων που εκλύονται κάτω από την ακτινοβολία θερμών γειτονικών αστέρων φασματικών τύπων O και B. Να υπενθυμίσουμε ότι ιονισμός των ατόμων των χημικών στοιχείων και ιδιαίτερα του υδρογόνου συμβαίνει όταν το ηλεκτρόνιο του ατόμου κινηθεί σε ανώτερη στάθμη ενεργείας λόγω συγκρούσεώς του με ένα φωτόνιο, μεταβάλλοντας την τροχιά του γύρω από τον πυρήνα.

Το σχήμα των νεφών ΗII είναι περίπου σφαιροειδές με διάμετρο 600 ετών φωτός. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα λαμπρού ιονισμένου νέφους υδρογόνου αποτελεί ο νεφελοειδής του Ωρίωνος (Messier 42) τον οποίο περιγράφουμε αμέσως πιο κάτω. Επίσης ιονισμένο υδρογόνο δημιουργείται και σε υπολείμματα υπερκαινοφανών αστέρων και στα πλανητικά νεφελώματα.

Μία άλλη κατηγορία νεφελωμάτων υδρογόνου όσον αφορά την λαμπρότητά των είναι και τα *νεφελώματα ανακλάσεως* τα οποία δεν έχουν δικό τους φως, αλλά γίνονται ορατά από την αντανάκλαση σε αυτά του φωτός των γειτονικών αστέρων. Ως παράδειγμα αναφέρουμε το διάχυτο νεφέλωμα που περιβάλλει το αστρικό σμήνος των Πλειάδων.

## ΤΑ ΦΩΤΕΙΝΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ\_

### Α'. Ο νεφελοειδής του Ωρίωνος.

Η περιπλάνησίς μας στον γαλαξία θα ξεκινήσει εξετάζοντας την πρώτη κατηγορία των αντικειμένων τα οποία είναι τα νεφελώματα. Το ομορφότερο και πιο αντιπροσωπευτικό φωτεινό νεφέλωμα του ουρανού ευρίσκεται στον αστερισμό του Ωρίωνος από όπου και ονομάζεται "νεφελοειδής του Ωρίωνος". Το νεφέλωμα είναι πολύ λαμπρό, ώστε να διακρίνεται ακόμα και με γυμνό οφθαλμό τις καθαρές ξάστερες νύκτες του χειμώνας. Ο αστερισμός του Ωρίωνος αποτελείται από ένα μεγάλο λαμπρό τετράπλευρο αστέρων (Μπετελκέζ, Σαίφ, Ρίγκελ, Μπελλατρίξ) στην μέση του οποίου τρεις λαμπροί αστέρες (Αλνιτάμ, Αλνιτάκ, Μιντακά), οι "τρεις μάγοι" εικονίζουν την ζώνη του Ωρίωνος. Από κάτω μία σειρά αμυδροτέρων αστέρων παριστάνει το ξίφος του μυθικού κυνηγού. Στην προέκταση του τελευταίου αστέρος της σειράς διακρίνεται ο νεφελοειδής του Ωρίωνος ο οποίος στον



κατάλογο Messier έχει τον αριθμό **M 42** και **M 43**. Οι ουράνιες συντεταγμένες του είναι : Ορθή αναφορά (α)=5 ω 35 λ Απόκλισις(δ) = - 4 ο 28' και καταλαμβάνει φαινομένη έκταση στον ουρανό περίπου μία μοίρα. Η όψις του νεφελοειδούς ακόμα και με κοινά κυάλια παρουσιάζεται θεαματική, ενώ με ένα μικρό τηλεσκόπιο αποκαλύπτονται οι κυματώσεις του νεφελώματος με κοντράστ τον σκοτεινό ουρανό. Μπροστά από το νεφέλωμα προβάλλεται ο πολλαπλούς αστέρας θ1 Ωρίωνος γνωστός και σαν "τραπέζιο του Ωρίωνος". Οι τέσσερις αστέρες έχουν μεγέθη 5,1 - 6,7 - 6,7 και 8,0 οι οποίοι και "φωτίζουν" το νεφέλωμα.

Το φωτεινό νεφέλωμα είναι μέρος μίας σύνθετης περιοχής μεσοαστρικού υλικού σε απόσταση από τον ήλιο 1,300 ετών φωτός και είναι το μεγαλύτερο

γνωστό νέφος στον γαλαξία μας. Οι παρατηρήσεις με ραδιοτηλεσκόπιο αποκαλύπτουν την παρουσία ενός μεγάλου μοριακού νέφους πίσω από το ορατό νεφέλωμα που αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακος, φορμαλδεΐδη και άλλα οργανικά στοιχεία το οποίο είναι μία πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή σχηματισμού αστέρων. Πιστεύεται ότι οι αστέρες του Τραπεζίου έχουν ηλικία μόνον 100,000 ετών.

Πίσω από το ορατό νεφέλωμα κρύβεται η λαμπρότερη πηγή υπερύθρου ακτινοβολίας στον ουρανό που αποτελείται από πολύ νέους στην ηλικία ογκώδεις αστέρες φασματικού τύπου Β οι οποίοι κρύβονται από την πολλή σκόνη του νέφους στο ορατό φως και πού πιστεύεται ότι είναι μία πολύ ενεργής περιοχή σχηματισμού αστέρων. Επίσης στο κεντρικό σκοτεινό τμήμα του νεφελώματος υπάρχει άλλη μία εκτεταμένη περιοχή υπερύθρου ακτινοβολίας. Οι αστέρες του Τραπεζίου έχουν σχηματισθεί σε μία μεγάλη σφαιρική περιοχή κοντά στο άκρο του σκοτεινού νέφους. Η υπεριώδης ακτινοβολία των γειτονικών αστέρων φωτίζει και ιονίζει το αέριο στο μέσο της σκόνης, ενώ τα αραιότερα όρια του νέφους που αποτελούνται από υπολείμματα σκόνης σχηματίζουν βόρεια του Messier 42 ένα άλλο μικρότερο σφαιρικού σχήματος νεφέλωμα όπως φαίνεται στην φωτογραφία, το **Messier 43**.

Στις λαμβανόμενες φωτογραφίες του νεφελοειδούς του Ωρίωνος όπως και όλων των φωτεινών νεφελωμάτων, το χρώμα που κυριαρχεί είναι το κόκκινο το οποίο παράγεται από την γραμμή απορροφήσεως Ηα του υδρογόνου. Πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι οι όψεις όλων των αντικειμένων του σκοτεινού ουρανού και των νεφελωμάτων παρουσιάζουν λεπτομερέστερη και ρεαλιστικότερη όψη στις διάφορες τεχνικές φωτογραφήσεως, συμβατικές ή ψηφιακές από την εικόνα των με την οπτική παρατήρηση.

**Β' Το τρισχιδές νεφέλωμα.** Το δεύτερο αντιπροσωπευτικό φωτεινό νεφέλωμα ιονισμένου υδρογόνου θα το αναζητήσουμε στον αστερισμό του Τοξότου ο οποίος παρουσιάζεται στον καλοκαιρινό ουρανό με την μορφή τετραπλεύρου μέσα στην πυκνή ζώνη του γαλαξία. Ο αστερισμός αυτός είναι πολύ πλούσιος σε συστροφές και νεφελώματα. Το συγκεκριμένο νεφέλωμα έχει τον αριθμό **20** στον κατάλογο **Messier** και το ευρίσκουμε στις συντεταγμένες:  $\alpha = 18 \text{ } \omega, 2 \lambda$   $\delta = - 22 \text{ } \circ, 57'$



Το όνομα τρισιχιδής ή τριφύλλι δόθηκε από το σχήμα του στις λεπτομερείς φωτογραφίες όπου στο κύριο φωτεινό νεφέλωμα παρεμβάλλονται και διασταυρώνονται τρεις μαύρες ταινίες σκοτεινού νεφελώματος.

Γ' Το νεφέλωμα "Λιμνοθάλασσα" (Messier 8). Λαμπρό νεφέλωμα, μία σύνθετη περιοχή ιονισμένου υδρογόνου, πολύ θερμού αερίου και σκόνης όπως και νεοσχηματισθέντων αστέρων. Το M 8 ευρίσκεται και αυτό στον αστερισμό του Τοξότου λίγο νοτιότερα από το M 20 στις συντεταγμένες :  $\alpha \approx 18 \omega, 4 \lambda$   $\delta = -23 \circ, 39'$ . Το σμήνος αστέρων NGC 6530 προβάλλεται στο κέντρο του νεφελώματος, το οποίο ιονίζεται από το φως των δύο λαμπροτέρων αστέρων του σμήνους. Η απόσταση του σμήνους υπολογίζεται σε 4,500 έτη φωτός. Στην οπτική εικόνα της περιοχής παρουσιάζεται με μεγαλοπρέπεια το σμήνος των αστέρων, ενώ το νεφέλωμα γίνεται αντιληπτό με την φωτογραφική έκθεση.

Δ' Το νεφέλωμα "Αετός" (Messier 16). Φωτεινό νεφέλωμα εκπομπής που περιβάλλεται από λαμπρό σμήνος αστέρων στον αστερισμό του



Όφως με συντεταγμένες:  $\alpha \approx 18 \omega, 18 \lambda$   $\delta = -12 \circ, 10'$ . Στις φωτογραφίες, το νεφέλωμα μοιάζει με το σχήμα αετού όπου και το όνομά του και παρουσιάζει έντονο κόκκινο χρώμα. Η ηλικία του νεφελώματος εκτιμάται σε 2 εκατομ. έτη μόνον. Ρεαλιστικές φωτογραφίες του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble αποκαλύπτουν με πάσα λεπτομέρεια περιοχές γενέσεως νέων αστέρων μέσα σε πολυπληθή "σφαιρίδια".

Ε' Το νεφέλωμα "Ωμέγα" (Messier 17). Λαμπρό νεφέλωμα στον αστερισμό του Τοξότου με συντεταγμένες:  $\alpha \approx 18 \omega, 20 \lambda$   $\delta = -15 \circ, 46'$ . Η απόσταση του νεφελώματος ανέρχεται σε 4.800 έτη φωτός και η διάμετρος του είναι 27 έ.φ. Είναι περιοχή ιονισμένου υδρογόνου που φωτίζεται από ομάδα 5 αστέρων και ένα σκοτεινό νέφος σκόνης ευρίσκεται στο δυτικό άκρο του νεφελώματος.

ΣΤ' Το νεφέλωμα "Βόρειος Αμερική" (NGC 7000). Άν και σχετικά λαμπρό, επειδή είναι μετά δυσκολίας ορατό με γυμνό οφθαλμό κάτω από εξαιρετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, δεν περιλαμβάνεται στον κατάλογο Messier. Η μορφή του νεφελώματος στις φωτογραφίες παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το σχήμα της Βορείου Αμερικής από όπου και η ονομασία του. Ανακαλύφθηκε το 1786 από τον W. Hersell και φωτογραφήθηκε για πρώτη φορά από τον M. Volf.



Ευρίσκεται στον αστερισμό του Κύκνου με συντεταγμένες:  $\alpha = 21 \omega, 1 \lambda, \delta = 44^{\circ} 12'$ . Είναι μία σύνθετη περιοχή η οποία περιλαμβάνει νεφέλωμα εκπομπής, νεφέλωμα ανακλάσεως και νεφέλωμα απορροφήσεως καταλαμβάνοντας στον ουρανό έκταση μιάς μοίρας περίπου ενώ η απόστασής του υπολογίζεται στά 2,300 έτη φωτός.

Τέλος, στο νότιο ουράνιο ημισφαίριο, αόρατο από την Ελλάδα στον αστερισμό της Τρόπιδος, ευρίσκεται το μεγαλύτερο σε έκταση νεφέλωμα ιονισμένου υδρογόνου, παρόμοιο με τον νεφελοειδή του Ωρίωνος, το *NGC 3372* που είναι ευρύτερα γνωστό σαν "**νεφέλωμα η Τρόπιδος**", διότι φωτίζεται από τον ογκώδη αστέρα η Τρόπιδος. Είναι περιοχή ιονισμένου υδρογόνου όπου δημιουργούνται αστέρες. Οι διαστάσεις του νεφελώματος υπολογίζονται σε 400 έτη φωτός, ενώ η απόστασής του από τον ήλιο σε 8.000 έτη φωτός.

#### ΤΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΩΣ.

Άλλη μια σπουδαία κατηγορία νεφελωμάτων είναι τα νεφελώματα απορροφήσεως τα οποία είναι σκοτεινά μεσοαστρικά νέφη που απορροφούν το

φώς των γειτονικών αστερών και τους αποκρύβουν. Η παρουσία ενός σκοτεινού νεφελώματος γίνεται έμμεσα αντιληπτή είτε με την οπτική του προβολή σε αντίστοιχο φωτεινό νεφέλωμα, είτε με την απόκρυψη μιάς περιοχής αστερών στον ουρανό. Εκεί δηλαδή όπου μία συγκεκριμένη περιοχή είναι γεμάτη από αστέρες, απότομα στην έκτασή της παρουσιάζεται μαύρη (αστέρες πίσω από το νεφέλωμα) ή αραιωμένη (αστέρες προβολής). Τα νεφελώματα απορροφήσεως κυμαίνονται σε μέγεθος από μικρά σφαιρίδια (globules) μέχρι μεγάλα νέφη τα οποία καταλαμβάνουν ορισμένες εκτάσεις. Περιέχουν σκόνη και αέριο, ενώ οι θερμοκρασίες των είναι χαμηλές για σχηματισμό απλών μορίων. Η μελέτη των σκοτεινών νεφελωμάτων πραγματοποιείται με υπέρυθρες και ραδιοπαρατηρήσεις επειδή το ορατό φως δεν τα διαπερνά. Ο ισημερινός του γαλαξία μας σε όλο του το μήκος καλύπτεται από σκοτεινά νεφελώματα. Αξιοσημείωτη είναι μία περιοχή στο νότιο ουράνιο ημισφαίριο αφανής από την Ελλάδα, ο λεγόμενος **σάκκος ανθράκων**. Είναι μία σκοτεινή μαύρη περιοχή κυκλικού σχήματος, ένα σκοτεινό νεφέλωμα το οποίο παρεμβαλλόμενο "αδειάζει" τους αστέρες της γαλαξιακής ζώνης.

Ένα άλλο παράδειγμα σκοτεινού νεφελώματος είναι το νεφέλωμα **κεφαλή ίππου (NGC 2024)** ευρισκόμενο κάτω από τον πρώτο αστέρα της ζώνης του Ωρίωνος (Αλνιτάμ) στον ουράνιο ισημερινό με συντεταγμένες:  $\alpha=5\omega,40\lambda-$



$\delta=-1\omega,38'$ . Το σκοτεινό νεφέλωμα αυτό προβάλλεται επάνω στο φωτεινό νεφέλωμα ανακλάσεως **IC 434**. Φαίνεται στις φωτογραφίες ότι μοιάζει με κεφαλή αλόγου όπου και το όνομά του.

### ΤΑ ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΜΗΝΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

Παρατηρώντας την αστρική οδό του γαλαξία, διακρίνουμε την ύπαρξη πολλών συγκεντρώσεων αμυδρών αστερών οι οποίοι είτε φαίνονται διεσπαρμένοι σε μικρές εκτάσεις, είτε είναι "στιβαγμένοι" σε μεγάλες σφαιρικές περιοχές. Ονομάζουμε με τον όρο αστρικό σμήνος μια

συγκεκριμένη ομάδα από αστέρες οι οποίοι έχουν την ίδια καταγωγή και φύση, συνεχόμενοι από κοινές δυνάμεις. Τα αστρικά σμήνη χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα **ανοικτά σμήνη** και τα **σφαιρωτά σμήνη**.

Ένα ανοικτό σμήνος αποτελείται από μερικές εκατοντάδες ή και χιλιάδες αστέρες ως επί το πλείστον μικρής ηλικίας (μερικών εκατομμυρίων ετών) με μεγάλες φωτεινότητες και με κοινή συνοχή στο διάστημα η οποία με την πάροδο μεγάλων χρονικών διαστημάτων γίνεται περισσότερο αδύνατη και τελικά καταστρέφεται. Οι αστέρες των ανοικτών σμηνών καταλαμβάνουν έναν μικρό χώρο διαμέτρου μερικών ετών φωτός. Τα ανοικτά σμήνη ευρίσκονται σε περιοχές κοντά στον γαλαξιακό δίσκο και σε σχετικά μικρές αποστάσεις εκατοντάδων έως χιλιάδων ετών φωτός.

Οι όψεις των ανοικτών σμηνών αστέρων στο οπτικό πεδίο ενός μεγεθυντικού οργάνου (κυαλιών ή τηλεσκοπίου) είναι πολύ όμορφες με έντονο χαρακτηριστικό την διασπορά ή τις τυχόν διαφορές των χρωμάτων και των λαμπροτήτων των αστέρων. Με γυμνό οφθαλμό διακρίνονται 7 από τους αστέρες του ονομαστού σμήνους των Πλειάδων, όπως και μερικοί των Υάδων. Σμήνη σαν την Φάτνη του Καρκίνου και το διπλό σμήνος του Περσέως φαίνονται σαν θαμπές περιοχές στον ουρανό. Αλλά ακόμα και με καλά κυάλια είναι δυνατόν να παρατηρηθούν πλείστα όσα ανοικτά σμήνη κάτω από έναν διαυγή σκοτεινό ουρανό και με την κατάλληλη καθοδήγηση.

Στην ουράνια αυτή αναζήτησή μας θα παρουσιάσουμε μερικά από τα κυριότερα και ομορφότερα ανοικτά σμήνη:

-----  
1) **Πλειάδες (Messier 45).** Είναι το λαμπρότερο και γνωστότερο ανοικτό



$\alpha=3\omega,47\lambda$   
 $\delta=24\omega,7'$



σμήνος αστέρων. Ευρίσκεται στον αστερισμό του Ταύρου κοσμώντας τον χειμωνιάτικο έναστρο ουρανό. Το συνολικό φαινόμενο μέγεθος m του σμήνους είναι 1,2 με έκταση στον ουρανό περίπου μία μοίρα. Με οξυδερκή γυμνό οφθαλμό διακρίνονται οι λαμπρότεροι 7 αστέρες του σμήνους σε σχήμα παρόμοιο με αυτό της Μεγάλης Άρκτου, ενώ γύρω από τις Πλειάδες διακρίνεται επίσης ένα διάχυτο νεφέλωμα ανακλάσεως. Η όψη του σμήνους ακόμα και με κυάλια γίνεται θεαματική, ενώ σε ένα μικρό τηλεσκόπιο παρουσιάζονται εκατοντάδες αστέρες.

Κατά την Ελληνική μυθολογία οι Πλειάδες ήσαν οι θυγατέρες του Άτλαντος και της Πλειώνης. Αυτές ήσαν κατά σειρά ηλικίας : η μεγαλύτερη Μαία, η Ταυγέτη, η Ηλέκτρα, η Στερόπη, η Κελαινώ, η Αλκυόνη και η μικρότερη Μερόπη. Από την μεγάλη των λύπη για τον χαμό του πατέρα των Άτλαντα, αυτοκτόνησαν και ο Ζεύς τις μετέφερε όλες μαζί στον ουρανό κατά μία εκδοχή. Ο λαός μας αποκαλεί τις Πλειάδες "Πούλια" ή "εφτάστρι" και είναι γνωστή η παροιμία των γεωργών και των ποιμένων: "*Όντας η Πούλια βασιλεύει, ο καλός ζευγολάτης αποσπέρνει, κι' ούτε τσοπάνος στα βουνά, ούτε ζευγάς στους κάμπους*".

Το σμήνος των Πλειάδων αποτελείται από 300 - 500 αστέρες οι οποίοι είναι κατανομημένοι σε μία σφαίρα διαμέτρου 30 ετών φωτός, ενώ η απόστασής των από τον ήλιο είναι 410 έτη φωτός και είναι ένα από τα πλησιέστερα ανοικτά σμήνη με ηλικία μόνον 50 εκατομμυρίων ετών. Το σμήνος περιβάλλεται από λαμπρό νεφέλωμα ανακλάσεως μπλέ χρώματος, ενώ η ακτινική κίνησής του είναι 7 χιλ/δευτερόλεπτο.

Οι κυριώτεροι αστέρες των Πλειάδων είναι : Στερόπη ( $m=6,0$ ), Ταυγέτη (4,5), Μαία (4,0), Κελαινώ (5,5), Ηλέκτρα (3,8), Μερόπη (4,3), Αλκυόνη (3,0), Πλειώνη (5,2) και Άτλας (3,8).

-----  
**2) Υάδες.** Η ανοικτή συστροφή των Υάδων ευρίσκεται και αυτή στον αστερισμό του Ταύρου, μία προσφιλή ουράνια περιοχή για τον γράφοντα. Οι αστέρες του σμήνους των Υάδων ευρίσκονται πολύ κοντά στον λαμπρό αστέρα Αλδεβαράν (α Ταύρου) ο οποίος όμως δεν αποτελεί αστέρα του



σμήνους, αλλά απλώς προβάλλεται σε αυτές. Η απόστασις των Υάδων ανέρχεται σε 150 έτη φωτός και είναι το πλησιέστερο στον ήλιο ανοικτό σμήνος αποτελούμενο ως επί το πλείστον από παλαιούς αστέρες μεταγενεστέρων ηλικιών (φασματικοί τύποι K III. Αυτό μάλλον σημαίνει ότι είναι ένα μεγάλης ηλικίας ανοικτό σμήνος σε διάλυση με μεγάλη διασπορά (8 μοίρες) στον ουρανό και γι' αυτόν τον λόγο δεν αναφέρονται στους καταλόγους Messier και NGC.

Κατά την Ελληνική μυθολογία, οι Υάδες μαζί με τις Πλειάδες ήσαν θυγατέρες του Άτλαντος και της Πλειώνης.

---

--  
**3) Φάτνη (Messier 44).** Στόν αστερισμό του Καρκίνου, έναν σχετικά αμυδρό αστερισμό του ανοιξιάτικου ουρανού μεταξύ των λαμπρών αστέρων των αστερισμών των Διδύμων και του Λέοντος, ορατό με γυμνό οφθαλμό σαν θαμπό νέφος αστέρων συνολικού μεγέθους 3,1, διακρίνεται το τρίτο κατά σειρά αποστάσεως από τον ήλιο ανοικτό σμήνος αστέρων το οποίο από τους χωρικούς είναι γνωστό με τα ονόματα "φάτνη" ή "μελίσσι" επειδή οι αστέρες του σμήνους δίνουν την



$\alpha=8\omega,40 \lambda$   
 $\delta=19\omicron,59'$



εντύπωση ενός σμήνους μελισσών.

Η απόστασις της φάτνης ανέρχεται σε 515 έτη φωτός και οι αστέρες του συνολικά 161 τον αριθμό, είναι διεσπαρμένοι σε διάμετρο 15 ετών φωτός.

---

**4) Το διπλό σμήνος του Περσέως. (h+x, NGC 884 και NGC 889).**

Πρόκειται για δύο ξεχωριστά ανοικτά αστρικά σμήνη τα οποία είναι ανεξάρτητα μεταξύ των αλλά στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου φαίνεται ότι το ένα σχεδόν εφάπτεται με το άλλο για τον λόγο ότι προβάλλεται κοντά δίδοντας την εντύπωση ενός διπλού σμήνους που φαίνεται στον αστερισμό του Περσέως, ακριβέστερα μέσα στην ζώνη του γαλαξία μεταξύ Κασσιόπης και

Περσέως, ορατό με γυμνό οφθαλμό.

Το σμήνος NGC 869 είναι το πιο μακρινό, απέχοντας 7276 έτη φωτός ενώ το NGC 884 απέχει 7244 έτη φωτός. Οι διαστάσεις του πρώτου σμήνους (μεγάλη διάμετρος)



$\acute{\alpha}=2\grave{\upsilon},19\grave{\epsilon}$   
 $\grave{\alpha}=57\grave{\iota},9'$



είναι 30 έτη φωτός, ενώ περιέχει 317 αστέρες με συνολικό οπτικό μέγεθος  $m=4,4$  και έχει ηλικία 11,5 εκατ. έτη. Το NGC 884 περιέχει 303 αστέρες με  $m=4,7$  ηλικίας 6,4 εκατ. ετών.

**Λοιπά ανοικτά σμήνη καταλόγου Messier.** Στόν παρακάτω πίνακα παραθέτουμε μερικά ενδιαφέροντα στοιχεία των λαμπροτέρων ανοικτών σμηνών :



*Φωτογραφικό Απόστασις διάμετρος Αριθμός  
μέγεθος parsec parsec αστέρων Αστερισμός*

M 6	$\alpha=17\omega,40\lambda$	$\delta=-31\omicron,50'$	4,2	486	2,6	331	Σκορπίος
M 7	$17\omega,53\lambda$	$-33\omicron,12$	3,3	239	5,6	80	"
M 11	$18\omega,51\lambda$	$-5\omicron,36'$	5,8	1675	7,0	682	Ασπίς
M 18	$18\omega,19\lambda$	$-16\omicron,49'$	6,9	1202	3,4	40	Τοξότης
M 21	$18\omega,04\lambda$	$-21\omicron,29'$	5,9	1230	5,1	63	"
M 23	$17\omega,56\lambda$	$-18\omicron,59'$	5,5	637	5,2	131	"
M 24	$18\omega,18\lambda$	$-17\omicron,32'$	11,1		4,2		"
M 25	$18\omega,31\lambda$	$-18\omicron,40'$	4,6	711	5,3	601	"
M 26	$18\omega,45\lambda$	$-8\omicron,29'$	8,0	1519	6,8	120	Ασπίς
M 29	$20\omega,23\lambda$	$38\omicron,31'$	6,6	1343	2,5	81	Κύκνος
M 34	$2\omega,42\lambda$	$42\omicron,47'$	5,2	446	4,5	50	Περσεύς
M 35	$6\omega,08\lambda$	$24\omicron,20'$	5,1	853	7,1	434	Δίδυμοι
M 36	$5\omega,36\lambda$	$34\omicron,07'$	6,0	1230	4,4	50	Ηνίοχος
M 37	$5\omega,52\lambda$	$32\omicron,32'$	5,6	1343	9,4	842	"
M 38	$5\omega,28\lambda$	$35\omicron,50'$	6,4	1234	8,1	160	"
M 39	$21\omega,32\lambda$	$48\omicron,26'$	4,6	292	2,5	28	Κύκνος
M 41	$6\omega,47\lambda$	$-19\omicron,22'$	4,5	642	8,2	69	Μεγ.Κύων
M 46	$7\omega,41\lambda$	$-13\omicron,25'$	6,1	1637	1,1	186	Πρύμνη
M 47	$7\omega,36\lambda$	$-13\omicron,43'$	4,4	474	4,2	117	"
M 48	$8\omega,13\lambda$	$-4\omicron,30'$	5,8	628	9,6	37	Ύδρα
M 50	$7\omega,03\lambda$	$-7\omicron,48'$	5,9	1023	4,4	15	Μονόκερως
M 52	$23\omega,24\lambda$	$61\omicron,35'$	6,9	1565	5,6	173	Κασσιόπη
M 67	$8\omega,50\lambda$	$11\omicron,48'$	6,9	791	6,3	324	Καρκίνος
M 73	$20\omega,59\lambda$	$-10\omicron,58'$	8,9			4	Υδροχόος
M 93	$7\omega,44\lambda$	$-22\omicron,22'$	6,2	1091	7,2	36	Πρύμνη
M 103	$1\omega,33\lambda$	$60\omicron,42'$	7,4	2493	5,3	372	Κασσιόπη
NGC6530	$18\omega,04\lambda$	$-23\omicron,39'$	4,6	1528	7,8	113	Τοξότης

#### ΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΣΤΕΡΩΝ.

Με τον όρο "αστρική συγκέντρωση" ονομάζουμε μία συγκεκριμένη αραιή ομάδα νέων στην ηλικία αστέρων η οποία περιλαμβάνει από 10 έως 1000 μέλη διασκορπισμένους σε μία ακτίνα μερικών εκατοντάδων ετών φωτός. Οι αστρικές συγκεντρώσεις ευρίσκονται μεταξύ των σπειροειδών βραχιόνων του γαλαξία μας και είναι γνωστές γύρω στις 70 τον αριθμό. Αποτελούνται από νέους στην ηλικία αστέρες οι οποίοι από την μελέτη των ακτινικών κινήσεων των συμπεραίνεται ότι έχουν αναχωρήσει από την ίδια περιοχή όπου δημιουργήθησαν πρίν από μικρό χρονικό διάστημα μερικών εκατομμυρίων ετών.

Την ύπαρξη των αστρικών συγκεντρώσεων οι οποίες λέγονται και **διαστελλόμενες ομάδες**, πρώτος διεπίστωσε και μελέτησε ο αστροφυσικός Abatzzourmian. ×ñβæϊόάέ όά äÿϊ όýðϊόò :

Οι συγκεντρώσεις τύπου **O ή OB** αποτελούνται από νέους στην ηλικία

ογκώδεις αστέρες με μεγάλες φωτεινότητες, ενώ οι συγκεντρώσεις αστερών τύπου **T Ταύρου** περιέχουν αστέρες μικρών μαζών. Παράδειγμα της πρώτης κατηγορίας αποτελεί η διαστελλόμενη ομάδα-OB 3 του Περσέως.

Οι αστέρες φαίνονται διεσπαρμένοι γύρω από τον λαμπρό α Περσέως (Μιρφάκ), 70 τον αριθμό μεγεθών μεταξύ 5ου και 10ου. Έχουν εκτιναχθεί από ένα



κοινό κέντρο πριν από 4 εκατομμύρια χρόνια ευρισκόμενοι σε απόσταση 554 ετών φωτός.



$\alpha = 3\omega, 24\lambda$   
 $\delta = 49\circ, 52'$

### ΤΑ ΠΛΑΝΗΤΙΚΑ ΝΕΦΕΛΩΜΑΤΑ.

Η κατηγορία γαλαξιακών αντικειμένων η οποία περιλαμβάνει τα πλανητικά νεφελώματα τα οποία αποτελούν μία μορφή αστρικής εξέλιξης, έχει περιγραφεί στις σελίδες 88 - 89 με αντιπροσωπευτικά παραδείγματα (Messier 57, δακτυλιοειδές νεφέλωμα της Λύρας και Messier 27, Αλτήρας).

Το ίδιο ισχύει και για την κατηγορία των υπολειμμάτων υπερκαινοφανών (σελίδες 84 - 85) με παράδειγμα το Messier 1 (νεφέλωμα καρκίνος).

### ΤΑ ΣΦΑΙΡΩΤΑ ΣΜΗΝΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ.

**Γενικά.** Μεταξύ των σμηνών αστερών που αποτελούν τον γαλαξία μας υπάρχει μία άλλη σπουδαία κατηγορία, τα σφαιρωτά σμήνη τα οποία σε αντίθεση με τα ανοικτά σμήνη αποτελούνται από εκατοντάδες χιλιάδες ή και εκατομμύρια αστέρων οι οποίοι συνωστιάζονται πολύ κοντά ο ένας με τον άλλο σε μία σφαιρική περιοχή διαμέτρου δεκάδων ετών φωτός μόνο. Η δεύτερη διαφορά είναι ότι τα σφαιρωτά σμήνη ευρίσκονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και έξω από το κύριο σώμα του γαλαξία μας στην σφαιρική περιοχή της **γαλαξιακής άλω** σε ακτίνα 50,000 ετών φωτός από το κέντρο του γαλαξία περιστρεφόμενα γύρω του σε ελλειπτικές τροχιές.

Η όψις ενός σφαιρωτού σμήνους σε κύαλια ή και στον γυμνό οφθαλμό θυμίζει μία ξεθωριασμένη χιονόμπαλα η οποία στα καλά τηλεσκόπια αποκαλύπτει την αστρική της δομή στην περιφέρεια του σμήνους. Οι αστέρες της κεντρικής σφαιρικής περιοχής λόγω των μεγάλων συγκεντρώσεών των δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν ακόμα και με τα μεγαλύτερα τηλεσκόπια. Για πρώτη φορά τα

σφαιρωτά σμήνη παρατηρήθηκαν το έτος 1786 από τον W. Hersel ο οποίος από το σχήμα που παρουσιάζουν πρώτος τα ονόμασε "globular clusters" (σφαιρωτά σμήνη). Η επιστημονική σπουδή των αστρικών σμηνών όμως άρχισε την δεκαετία 1910-20 όταν ο Shappley με την σχέση περιόδου-λαμπρότητας των μεταβλητών αστερών τύπου RR Λύρας οι οποίοι είναι άφθονοι μέσα στα σμήνη υπολόγισε τις αποστάσεις των. Στις ημέρες μας, η σπουδή των σφαιρωτών σμηνών επεκτείνεται στην δυναμική εικόνα των με την βοήθεια ηλεκτρονικών προσωμειωτών.

**Αποστάσεις και δομή των σφαιρωτών σμηνών.** Τα σφαιρωτά σμήνη φαίνονται στον ουρανό διεσπαρμένα σε μία μόνο διεύθυνση εκατέρωθεν του κέντρου του γαλαξία που προβάλλεται στον αστερισμό του Τοξότου, ένδειξη ότι ο ήλιος μας ευρίσκεται περίπου στο μέσον ενός γαλαξιακού βραχίονος έξω από την γαλαξιακή προβολή. Στην πραγματικότητα όμως τα σφαιρωτά σμήνη περιβάλλουν τον γαλαξία μας κυκλοτερώς, όπως αυτά διακρίνονται σε παρόμοιους γαλαξίες. Οι αποστάσεις των από τον ήλιο κυμαίνονται από 16,500 έτη φωτός (σμήνος  $\omega$  Κενταύρου) έως 330,000 έτη φωτός (σμήνος Palomar-3). (Απόσταση 425,000 έ.φ από γαλαξιακό κέντρο). Ο αριθμός των σφαιρωτών σμηνών που έχουν παρατηρηθεί στον γαλαξία μας ανέρχεται σε 131, ενώ εάν υπολογισθούν και όσα κρύβονται πίσω από το γαλαξιακό κέντρο, τότε ο συνολικός αριθμός πλησιάζει τα 300.

Τα σφαιρωτά σμήνη, σε αντίθεση με τα ανοικτά σμήνη, αποτελούνται από γηρασμένους ερυθρούς αστέρες μεγάλων ηλικιών με μικρή περιεκτικότητα σε μέταλλα (πληθυσμός II). Οι αστέρες έχουν μικρή περιεκτικότητα σε στοιχεία βαρύτερα του ηλίου (He), γεγονός που σημαίνει ότι έχουν σχηματισθεί από το ίδιο πρωταρχικό υλικό με το οποίο δημιουργήθηκε ο γαλαξίας μας πριν από 15 δισεκατομμύρια έτη συγχρόνως με τον σχηματισμό όλων των άλλων γαλαξιών στο μικρής ηλικίας σύμπαν. Τα σφαιρωτά σμήνη είναι δυνατόν να προέρχονται από τυχόν συγκρούσεις των γαλαξιών όπως δείχνουν φωτογραφίες του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble στους βραχίονες των δύο συγκρουόμενων γαλαξιών με το όνομα "κεραίες".

**Η δυναμική των σφαιρωτών σμηνών.** Στις κεντρικές περιοχές ενός σφαιρωτού σμήνους, εκατοντάδες χιλιάδες αστέρες μοιράζονται έναν μικρό χώρο μερικών κυβικών ετών φωτός με αποτέλεσμα να προκαλούνται σύν τω χρόνω αναπόφευκτες καταστάσεις πολυπλόκων συγκρούσεων μεταξύ των αστερών, όπως σχηματισμοί διπλών ή τριπλών συστημάτων με έντονες κατακλυσμικές συνέπειες ή την εκτόξευση των συνοδών και την έκλυση τεραστίων ποσών ενεργείας. Τα βραχυχρόνια αποτελέσματα αυτών των καταστάσεων είναι διαταραχές των ισορροπιών που διέπουν την συνοχή του σμήνους όπως υπολογίζεται με προγράμματα εξομοιωτών. Είναι επίσης γνωστό ότι οι αστέρες περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα του σφαιρωτού σμήνους σε δεδομένα μεγάλα χρονικά διαστήματα. Όμως είναι δυνατόν να συμβεί ένας ή περισσότεροι αστέρες των εξωτερικών περιοχών κατά την περιστροφή των να διαφύγουν από το όλο σμήνος με αποτέλεσμα την συρρίκνωση του πυρήνος και την περαιτέρω διατάραξη των βαρυτικών ισορροπιών που διέπουν το σμήνος.

Από το άλλο μέρος, καθώς το σφαιρωτό σμήνος κατά την περιστροφή του συμβεί να πλησιάσει κοντά από το κέντρο ή τον δίσκο του γαλαξία, βάσει πάντα των εξομοιώσεων, θα υποστεί μεγάλες βαρυτικές παρενοχλήσεις στον πυρήνα του. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη περιστροφή των αστερών, ενώ όσοι κινούνται γρηγορότερα, θα αποδράσουν από το σμήνος προς την γαλαξιακή άλω. Τοιούτοτρόπως με την πάροδο του χρόνου το

σμήνος διαλύεται και πιστεύεται ότι με αυτόν τον τρόπο τροφοδοτείται η γαλαξιακή άλως.

**Τα κυριότερα σφαιρωτά σμήνη.** 1) Γιά τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας μας το λαμπρότερο σφαιρωτό σμήνος του βορείου ουρανού ημισφαιρίου είναι



$\alpha = 16\omega,41\lambda$   
 $\delta = 36\omicron,27'$



το **Messier 13** που επίσης ονομάζεται και "σφαιρωτό σμήνος του Ηρακλέους". Ανήκει στον αστερισμό του Ηρακλέους, έναν μεγάλο σχετικά αμυδρό αστερισμό τραπεζοειδούς σχήματος ο οποίος ευρίσκεται βοριοανατολικά του λαμπρού Βέγα στον θερινό ουρανό. Το Messier 13 διακρίνεται με γυμνό οφθαλμό σαν συγκεχυμένος αστέρας μεγέθους 5,4 δυτικά του τετραπλεύρου, ενώ με ισχυρά κυάλια μεγάλου διαμετρήματος διακρίνεται με λεπτομέρεια η μορφή του. Ευρισκόμενο σε απόσταση 10,30 kiloparsec (33.000 ετών φωτός περίπου), έχει διάμετρο (μεγάλος άξονας) 65 parsec (212 έτη φωτός).

2) **Messier 22** . Είναι το λαμπρότερο σφαιρωτό σμήνος που φαίνεται από την Ελλάδα, αλλά δυστυχώς όμως χάνει την αίγλη του επειδή ευρίσκεται στον νότιο ουρανό κοντά στον ορίζοντα. Διακρίνεται στον θερινό ουρανό στον αστερισμό του Τοξότου με μέγεθος 5,2. Απέχει 19.000 έτη φωτός ενώ οι πραγματικές του διαστάσεις ανέρχονται σε 78 έτη φωτός. Συντεταγμένες:  $\alpha = 18\omega,36\lambda$   $\delta = -21\omicron,59'$

3) **ω Κενταύρου**. Είναι το μεγαλύτερο σε διαστάσεις ελλειψοειδούς σχήματος (μεγ. άξων 620 έ.φ) και το πλησιέστερο στον ήλιο σφαιρωτό σμήνος (απόστασις 16.500 έ.φ). Ως εκ τούτου η φαινομένη έκτασις του στον ουρανό υπερβαίνει την μία μοίρα και η λαμπρότητά του είναι 3,6 οπτικά μεγέθη. Όμως δυστυχώς είναι αόρατο από τα Ελληνικά γεωγραφικά πλάτη εκτός από την νότια Κρήτη

Τέλος, τα στοιχεία των υπολοίπων σφαιρωτών σμηνών του καταλόγου Messier είναι :



*Φαινόμενο μέγεθος*    *Απόστασις σε kiloparsec*    *Διάμετρος σε parsec*    *Αστερισμός*

M 2     $\alpha = 21\omega,32\lambda$   $\delta = -00\omicron,46'$     5,7    12    30    Υδροχόος

M 3	13ω,42λ	28ο,22'		16	35	Θηρευτ.Κύνες
M 4	16ω,23λ	- 25ο,42'	6,3	7,4	21,5	Σκορπίος
M 5	15ω,18λ	2ο,04'	6,2	10,8	40	Ώφις
M 9	17ω,19λ	- 17ο,35'	8,3	20,9	21	Οφιούχος
M 10	16ω,57λ	- 4ο,02'	7,8	12	34	"
M 12	16ω,47λ	- 0ο,13'	8,2	11	43	"
M 14	17ω,37λ	- 0ο,48'	9,1	22,90	25	"
M 15	21ω,30λ	12ο,10'	6,6	15,30	36	Πήγασος
M 19	17ω,02λ	- 25ο,52	7,4	16,30	21	Οφιούχος
M 28	18ω,24ο	- 24ο,04'	7,4	16,60	20	Τοξότης
M 30	21ω,40λ	- 22ο,21'	6,2	14,60	31	Αιγόκερως
M 53	13ω,12λ	18ο,09'	7,8	28,20	53	Κόμη
M 54	18ω,55λ	- 29ο,24'	7,9	21,50	27	Τοξότης
M 55	19ω,40λ	- 30ο,49'	5,7	8,8	32	"
M 56	19ω,16λ	30ο,10'	8,9	20,30	8,6	Λύρα
M 62	17ω,01λ	- 30ο,01'	7,4	18,40	24	Σκορπίος
M 68	12ω,39λ	- 25ο,48'	8,3	50	34	Υδρα
M 69	18ω,31λ	- 31ο,34'	8,2	20,10	6	Τοξότης
M 70	18ω,43λ	- 31ο,36'	8,5	21	18	"
M 71	19ω,53λ	18ο,47'	7,6	27,50	9	Βέλος
M 72	20ω,53λ	- 11ο,04'	9,8	23,40	34	Υδροχόος
M 75	20ω,06λ	- 21ο,47'	8,7	48,50	39	Τοξότης
M 79	5ω,24λ	- 23ο,23'	8,3	21,40	34	Λαγώς
M 80	16ω,17λ	-21ο,15'	7,8	17,90	27	Σκορπίος
M 92	17ω,17λ	43ο,08'	6,2	11,20	16	Ηρακλής
M 107	16ω,32λ	- 11ο,09'	9,6	21,20	34	Οφιούχος

#### Η ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗΣ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΞΙΑ.

Όταν παρατηρείται ο γαλαξίας μας από τα έξω παρουσιάζει σπειροειδή μορφή με την έκταση ενός αριθμού βραχιόνων οι οποίοι περιστρέφονται ο καθένας σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα γύρω από τον γαλαξιακό πυρήνα. Αναφορικά με τον ήλιο, είναι γνωστοί τέσσερις βραχιόνες οι οποίοι πήραν το όνομά των από τους αστερισμούς όπου προβάλλονται :

Ο ήλιος μας ευρίσκεται στον **βραχίονα του Ωρίωνος** και σε απόσταση 28.000 ετών φωτός από το κέντρο του γαλαξία.

Ο **βραχίων του Τοξότου** είναι εσωτερικότερα και συνορεύει με τον βραχίονα του Ωρίωνος.

Ο **βραχίων του Περσέως** ευρίσκεται από το εξωτερικό μέρος του γαλαξία.

Ο **βραχίων του Κενταύρου** είναι ο πλησιέστερος προς την κεντρική γαλαξιακή προβολή.

Το κατωτέρω σχήμα μάς παρουσιάζει τις θέσεις διαφόρων νεφελωμάτων και συστροφών στους βραχιόνες αυτούς .



**Η διαφορική περιστροφή του γαλαξία.** Το όλο συγκρότημα του γαλαξία περιστρέφεται γύρω από το κέντρο του ανισοταχώς σε διαφορετικούς χρόνους περιστροφής των σπειροειδών βραχιόνων οι οποίοι συμπαρασύρουν το σύνολο των αστερών και του μεσοαστρικού υλικού που τους αποτελεί. Οι πλησιέστεροι προς το γαλαξιακό κέντρο αστέρες βάσει των νόμων του Κέπλερ χρειάζονται μικρότερο χρονικό διάστημα για μια πλήρη περιστροφή σε σχέση με αυτούς των απομακρυσμένων βραχιόνων οι οποίοι περιστρέφονται σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη η ύπαρξη ποσότητας του λεγομένου **μαύρου υλικού** το οποίο επιταχύνει τον χρόνο περιστροφής των προς τα έξω αστερών. Π.χ ο ήλιος μας απέχοντας 28.000 έτη φωτός από το κέντρο χρειάζεται 220 εκατομμύρια έτη για μια περιστροφή με ταχύτητα 300 χιλιομέτρων/δευτερόλεπτο.

Κατά καιρούς τα τελευταία 50 χρόνια πολλές θεωρίες ειπώθηκαν για την εξήγηση της σπειροειδούς μορφής και της διαφορικής περιστροφής του γαλαξία μας. Η επικρατέστερη είναι η θεωρία των **κυμάτων πυκνότητας**, τα οποία συμπεριφέρονται παρόμοια με τα ηχητικά κύματα. Όπως συμβαίνει στην περίπτωση της παραμορφώσεως στον χώρο των κλασσικών ηχητικών κυμάτων που παράγονται π.χ στην ομιλία μας όπου η διάδοσις των παρουσιάζει μικροδιακυμάνσεις οι οποίες εξαρτώνται από την περιεκτικότητα σε μόρια του αέρα που ευρίσκονται στον χώρο μεταξύ ομιλούντος και ακροατού, έτσι και στον γαλαξία μας καθώς ένα κύμα πυκνότητας ταξιδεύει γύρω του, το αέριο και η σκόνη είναι αιτίες παραμορφώσεων της μεταδόσεώς του.

Τα κύματα πυκνότητας παράγονται από την διέλευση υλικών σωματιδίων διά μέσω μιάς συμπιεσμένης περιοχής όπου τα στοιχεία του υλικού κινούνται γύρω από τις μέσες θέσεις των. Καθώς οι αστέρες και το μεσοαστρικό υλικό περιστρέφονται γύρω από το γαλαξιακό κέντρο, σχηματίζονται περιοχές

ενισχυμένης πυκνότητας στην αρχή που έχουν ελλειπτική μορφή. Με την πάροδο του χρόνου όπως δείχνουν οι προσωμειώσεις με υπολογιστές, οι ελλειπτικές γραμμές περιστροφής επιμυκνούνται και τελικά παίρνουν σπειροειδές σχήμα. Οι γαλαξιακοί βραχίονες σχηματίστηκαν από διαφορετικούς αστέρες και νέφη αερίου σε διαφορετικές χρονικές εποχές.

**Ο γαλαξιακός πυρήνας.** Ευρίσκεται στο κέντρο της σφαιρικής γαλαξιακής προβολής και καταλαμβάνει μια δακτυλιοειδή στροβιλιζόμενη έκταση αερίων και σκόνης διαμέτρου 1000 ετών φωτός η οποία λόγω της περιστροφής της με ταχύτητα 110 χιλ/δευτερόλεπτο, εκτείνεται σε μέγεθος συμπαράσύροντας τους γύρω αστέρες. Για έναν παρατηρητή στη γη ο γαλαξιακός πυρήνας ευρίσκεται προς την διεύθυνση του αστερισμού του Τοξότου κρυμμένος πίσω από πυκνές συγκεντρώσεις αστερών όπου υπάρχει μια ισχυρή πηγή ραδιοφωνικής ακτινοβολίας, ο **Τοξότης Α** που για την ακρίβεια διαχωρίζεται σε τέσσερις ανεξάρτητες πηγές. Από παρατηρήσεις στο υπέρυθρο, στις ραδιοφωνικές περιοχές και στα μήκη κύματος των ακτίνων γ και Χ αποκαλύπτεται ότι ο γαλαξιακός πυρήνας περιέχει μια σφαίρα από αστέρες και πιθανόν στο κέντρο του μια τεράστια μελανή οπή μεγέθους 100 ηλιακών μαζών.

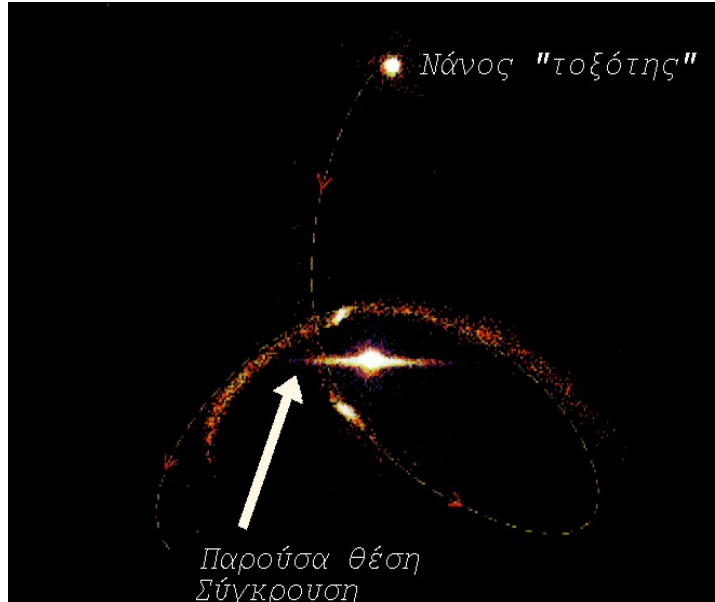
**Η γαλαξιακή άλως.** Σε έναν σπειροειδή γαλαξία όπως ο γαλαξίας μας έξω από τον δίσκο σε μεγάλες αποστάσεις σχηματίζεται μία σφαιρική περιοχή αραιού υλικού γύρω από τον πυρήνα με ακτίνα 50.000 ετών φωτός η οποία εκτός από τα σφαιρωτά σμήνη περιέχει πολύ θερμό αέριο και εκπέμπει ακτίνες Χ. Οι αστέρες της γαλαξιακής άλως είναι όπως αναφέραμε οι αρχαιότεροι και σχηματίστηκαν στα πρώτα στάδια της ιστορίας του γαλαξία πριν συγκροτηθεί ο δίσκος του.

**Το γαλαξιακό στέμμα.** Τα γνωστά όρια του γαλαξιακού συγκροτήματος στις εξωτερικές περιοχές του έχουν αυξηθεί σημαντικά έως και 5 φορές με την ανακάλυψη ενός αραιότατου υλικού σωματιδίων σε απόσταση έως και 250.000 ετών φωτός από το κέντρο. Η παρουσία του γαλαξιακού στέμματος έγινε γνωστή το 1973 από τις κινήσεις του γαλαξία όπου τα εξωτερικά του μέρη περιστρέφονται πολύ πιο γρήγορα από ότι αναμενόταν. Έτσι, η συνολική τελική μάζα του γαλαξία μας είναι το λιγώτερο 600 δισεκατομμύρια και πιθανόν 2 τρισεκατομμύρια ηλιακές μάζες ενώ ο ορατός γαλαξίας αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνόλου του.

**Οι κινήσεις του γαλαξία μας στην τοπική ομάδα γαλαξιών.** Οι γαλαξίες που υπάρχουν στο σύμπαν δεν είναι τυχαία διεσπαρμένοι, αλλά συγκροτούνται με την μορφή σμηγών ή ομάδων. Η ομάδα του γαλαξία μας όπως θα εξετάσουμε πιο κάτω περιλαμβάνει άλλους 30 γνωστούς γαλαξίες διαφόρων μορφών και μεγεθών οι οποίοι εξουσιάζονται από κοινές βαρυτικές συνοχές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κάθε ένας γειτονικός μας γαλαξίας ή να φαίνεται ότι μάς πλησιάζει ή ότι απομακρύνεται σε συνδυασμό με την ταχύτητα με την οποία τρέχει ο δικός μας γαλαξίας προς το κέντρο της ομάδος, ταχύτητα ίση με 266 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο.

Είναι δυνατόν κατά την διάρκεια των κινήσεων των γαλαξιών μέσα σε εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια ένας γαλαξίας να πλησιάσει αρκετά κοντά έναν άλλο, με αποτέλεσμα την αναπόφευκτη σύγκρουσή των λόγω των παλιορροιογόνων δυνάμεων που ασκούνται από τον μεγαλύτερο στον μικρότερο γαλαξία. Το επακόλουθο είναι η μερική ή ολοσχερής μεταβολή της συνοχής των αστερών και του υλικού όπως και της μορφής του μικρότερου σε μέγεθος γαλαξία από τον μεγαλύτερο, μία κατάσταση που ονομάζεται **γαλαξιακός καννιβαλισμός**, όπου "φαγώνεται" ο μικρός από τον μεγάλο.

**Ο "νάνος Τοξότης".** Έχει αποδειχθεί πρόσφατα το 1994 από τον Ibata ότι ο γαλαξίας μας αυτήν την στιγμή έχει συγκρουσθεί με έναν άλλο νάνο γαλαξία, τον *νάνο Τοξότη*, τον οποίο στην συνέχεια θα τον "σκορπίσει" γύρω του. Η ονομασία αυτή προέρχεται από την τοποθεσία του νάνου γαλαξία στον αστερισμό του Τοξότου. Ο νάνος Τοξότης ευρίσκεται σε απόσταση 80.000 ετών φωτός από τον ήλιο σε διαμετρικά αντίθετη περιοχή σε σχέση με το



πυκνό κέντρο του γαλαξία μας ώστε να μην είναι δυνατόν να παρατηρηθεί οπτικά. Από την σύγκρουση αυτή η οποία αποδεικνύεται φασματοσκοπικά, ο γαλαξίας μας του "έφαγε" 3 σφαιρωτά σμήνη όπως και το Messier 54 τα οποία σήμερα περιστρέφονται γύρω από αυτόν. Η διπλανή

προσομείωση των θέσεων των δύο γαλαξιών μέσα σε 1,5 δις. έτη έχει εκπονηθεί από τους K.Johnston και C.Mhos.

## ΟΙ ΓΑΛΑΞΙΕΣ.

**Γενικά.** Η Αστρονομία και η Αστροφυσική με την αλματώδη των

11

ανάπτυξη την πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνας είχε να μάς παρουσιάσει ένα μοντέλο του μακρόκοσμου που τα όριά του έφθαναν μέχρι τα σύνορα του γαλαξία μας στον οποίο μέσα στους δισεκατομμύρια αστέρες-ηλίους συμπεριλαμβανόταν και ο ήλιος μας με την γή σαν αμελητέα ποσότητα σε ένα σύμπαν που δεν είχε κατανοηθεί πλήρως. Όλα τα συγκεκριμένης μορφής αστρικά αντικείμενα που παρατηρούσαν στον ουρανό οι αστρονόμοι εθωρείτο ότι αποτελούσαν διάφορα μέρη του γαλαξία μας. Ενώ έτσι είχαν τα πράγματα, την δεκαετία του 1920 και συγκεκριμένα το έτος 1923 ο αστρονόμος Edwin Hubble με το εξελιγμένο τότε τηλεσκόπιο του Mount Wilson στην προσπάθειά του να μετρήσει με την μέθοδο των μεταβλητών κηφειδών αστερών την απόσταση του γνωστού νεφελοειδούς της Ανδρομέδας, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι παρουσιάζόταν δυσανάλογα μεγάλη σε σχέση με τις αποστάσεις των αστρικών συστημάτων και άλλων νεφελοειδών που πράγματι ανήκουν στον γαλαξία μας.

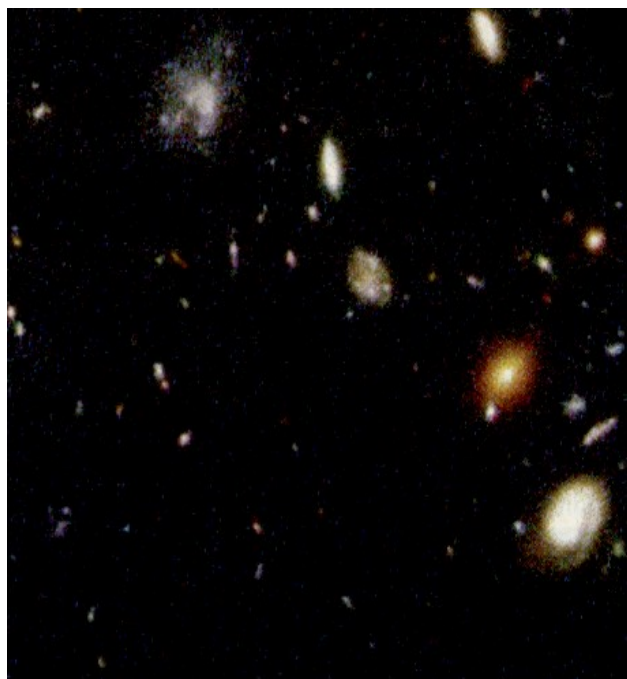
Η ευρεθείσα απόσταση των 900,000 ετών φωτός του νεφελοειδούς της Ανδρομέδας αν και λάθος στην πρώτη της εκτίμηση, υπέβαλε το συμπέρασμα ότι ο εν λόγω νεφελοειδής πρέπει να θεωρείται ότι είναι ένας άλλος ξεχωριστός γαλαξίας παρόμοιος με τον δικό μας. Στη συνέχεια με την εύρεση των αποστάσεων άλλων μακρυνότερων γαλαξιών, οι αστρονόμοι με την μέθοδο των πιθανοτήτων εκτιμούσαν ότι ο συνολικός των αριθμός ανέρχεται σε δισεκατομμύρια επεκτείνοντας ασύλληπτα την έκταση του σύμπαντος. Οι γαλαξίες αποτελούν πραγματικά "νησιά στο κενό", ένας όρος τον οποίο πρώτος χρησιμοποίησε τον 18ον αιώνα με τα μάτια του στοχασμού ο Γερμανός φιλόσοφος Κάντ χωρίζοντας τον ορατό κόσμο σε "μακρόκοσμο" και "μικρόκοσμο" επίσης.

Ακόμα και με γυμνό οφθαλμό είναι δυνατόν να παρατηρηθεί ο κοντινότερός μας μεγάλος γαλαξίας, ο γαλαξίας της Ανδρομέδας (Messier31) σαν μία λευκή κηλίδα στον μαύρο ουρανό, όπως και οι συνοδοί του γαλαξία μας, νάνοι γαλαξίες του Μαγγελάνου. Με μεγάλα κυάλια είναι δυνατόν να παρατηρηθούν αρκετοί γαλαξίες όπως ο γαλαξίας του Τριγώνου (Messier 33), οι Messier 81 και 82 , στην Μεγάλη Άρκτο, ο Messier 51 στους Θηρευτικούς Κύνες κλπ. Η εικόνα των μακρυνών γαλαξιών στην φωτογραφική πλάκα ή στην ψηφιακή επεξεργασία παρουσιάζεται πολύ θεαματική αποκαλύπτοντας μεταξύ των άλλων τις διαφορετικές των μορφές με ευκρίνεια.

Οι γαλαξίες έχουν σχηματισθεί κατά τα πρώτα στάδια της ηλικίας του σύμπαντος που προήλθε από το μοντέλο Big-Bang πριν από 15 περίπου δισεκατομμύρια έτη σε μία εποχή όπου οι παρουσιασθέντες αστέρες στο σύμπαν συγκροτούνταν σε ορισμένες περιοχές. Κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι οι γαλαξίες με τις διάφορες μορφές των δεν είναι μεμονωμένοι στο διάστημα, αλλά αποτελούν διάφορες ομάδες παρουσιαζόμενοι με μορφή μεγάλων σμηνών τα οποία περιλαμβάνουν με την σειρά τους άλλα μικρότερα. Κάθε ένας από τους γαλαξίες του σμήνους με μεγάλες ταχύτητες περιστρέφεται γύρω από το κοινό κέντρο βάρους της ομάδας. Ερευνώντας και παρατηρώντας όλο και πιο απομακρυσμένους γαλαξίες, τόσο περισσότερο εισχωρούμε στην σφαίρα του μακρυνού παρελθόντος της προιστορίας των. Με την ευκρίνεια του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble στην εποχή μας έχουν

εντοπισθεί γαλαξίες στην ιλιγγιώδη απόσταση των 14 δισεκατομμυρίων ετών φωτός οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τις αρχικές εποχές της εξέλιξης του σύμπαντος. Γενικά, παρατηρώντας έναν γαλαξία είναι σαν να παρουσιάζεται στα μάτια μας ένας ολόκληρος κόσμος δισεκατομμυρίων αστερών σε μία πολύ μικρή οπτική έκταση σηματοδοτώντας μία ορισμένη παρελθούσα χρονική εποχή.

**Διαστάσεις και μορφές των γαλαξιών.** Οι γαλαξίες ποκίλλουν και ως



πρός το μέγεθος και ως προς τις μορφές με τις οποίες παρουσιάζονται στο διάστημα.

Οι **νάνοι γαλαξίες** περιέχουν μόνον μερικές εκατοντάδες χιλιάδες έως μερικά εκατομμύρια αστέρες με μικρή πυκνότητα, η μορφή των μοιάζει πολύ με αυτή των μεγάλων ανοικτών σμηνών αστερών και παρουσιάζουν μικρές φωτεινότητες. Οι διάμετροί των είναι μόλις το 2 έως 7 % της διαμέτρου του γαλαξία μας (100,000 έτη φωτός). Συμβολίζονται με τα γράμματα dE (dwarf elliptical). Έξι νάνοι σφαιροειδείς γαλαξίες είναι γνωστοί σαν δορυφόροι του γαλαξία μας.

Στον αντίποδα, οι **γίγαντες γαλαξίες** όπως ο περισσότερο γνωστός ογκώδης γαλαξίας Messier 87 περιέχει 3 δισεκατομμύρια ηλιακές μάζες, δηλαδή είναι σε μέγεθος 15 φορές μεγαλύτερος από τον γαλαξία μας.

**Ταξινόμηση των γαλαξιών κατά Hubble.** Ο αστρονόμος Edwin Hubble (1889-1953) πρώτος αποφάσισε να ταξινομήσει τους γαλαξίες σύμφωνα με την μορφή που παρουσιάζουν, ταξινόμηση η οποία εφαρμόζεται μέχρι σήμερα αν και παρουσιάζει ατέλειες. Όλοι οι γαλαξίες ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες, τους Ελλειπτικούς, τους Σπειροειδείς, και τους Σπειροειδείς ραβδωτούς όπως παρουσιάζονται στην σελίδα 147.

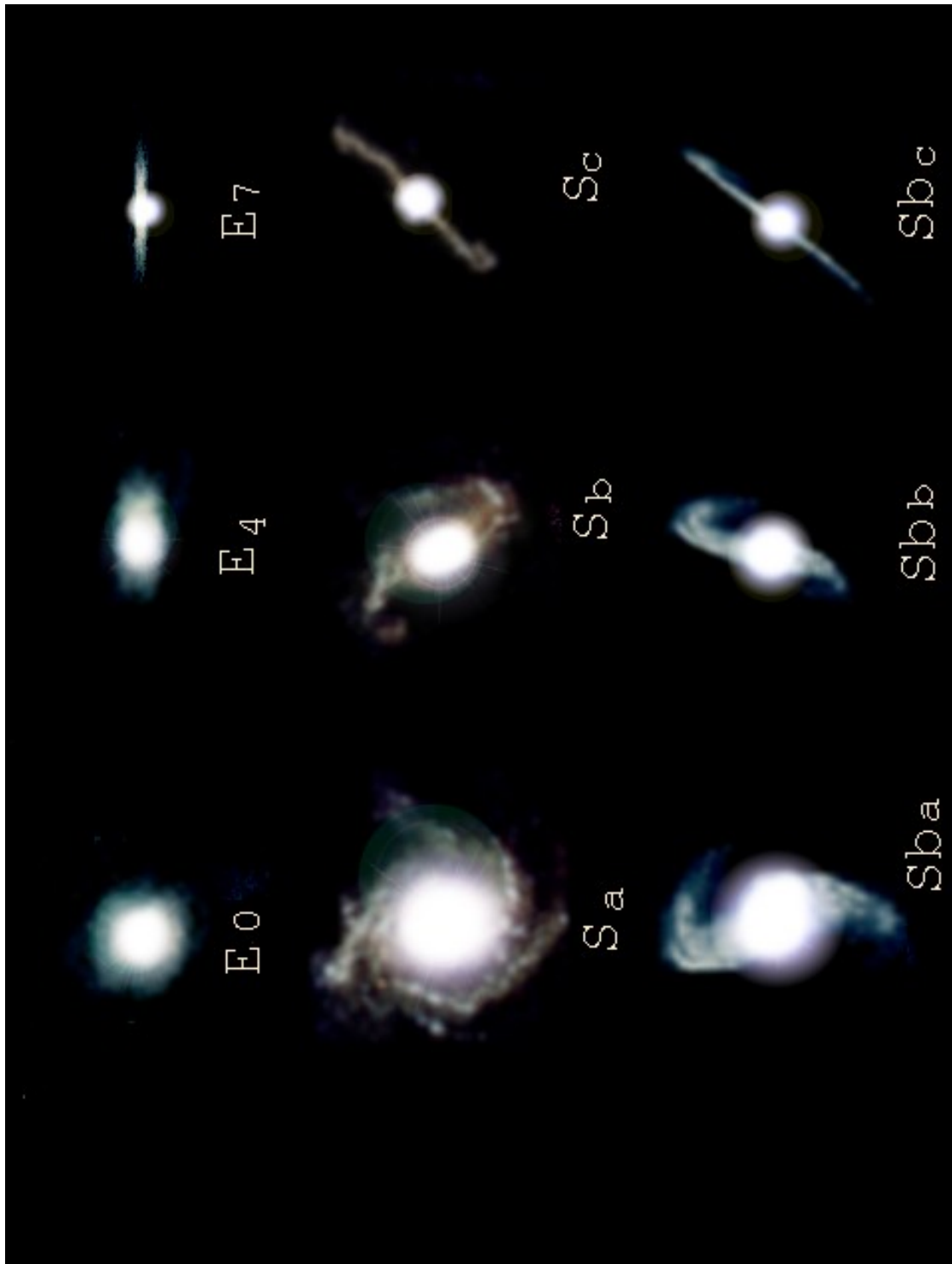
Οι **ελλειπτικοί γαλαξίες**. Συμβολίζονται με το γράμμα **E** (Elliptical) και τους συναντάμε με μορφές από σφαιρική **E 0** και για σταδιακή αυξανόμενη ελλειπτικότητα από **E 1** έως **E 7**. Οι ελλειπτικοί γαλαξίες δεν έχουν σπειροειδή μορφή και δεν υπάρχει μαρτυρία για ύπαρξη σε αυτούς μεσοαστρικού υλικού ή πρόσφατης δημιουργίας νέων αστερών. Σχέδόν όλοι οι αστέρες αυτών των γαλαξιών είναι ερυθροί γίγαντες μεγάλης ηλικίας. Επί του συνόλου των κανονικών γαλαξιών, το 80 % είναι ελλειπτικοί.

Οι **σπειροειδείς γαλαξίες**. Συμβολίζονται με το γράμμα **S** (Spiral). Με κριτήριο την σταδιακή αύξηση του ανοίγματος των βραχιόνων των σε συνδυασμό με την μείωση του μεγέθους της κεντρικής προβολής σε σχέση το συνολικό των μέγεθος, υποδιαιρούνται στις κατηγορίες **Sa**, **Sb** και **Sc**. Οι σπειροειδείς γαλαξίες έχουν δισκοειδές σχήμα με μία κεντρική προβολή και με περιστρεφόμενους βραχίονες. Ο γαλαξίας μας έχει σπειροειδή μορφή, πιθανώτατα τύπου Sb. Η δομή αυτών των γαλαξιών όπως συμβαίνει και με τον δικό μας περιλαμβάνει πολλούς νέους στην ηλικία αστέρες και άφθονο μεσοαστρικό υλικό συγκεντρωμένο στον δίσκο και στους σπειροειδείς βραχίονες, ενώ περιβάλλονται από την γαλαξιακή άλω η οποία περιέχει παλαιούς αστέρες και σφαιρωτά σμήνη.

Οι **σπειροειδείς ραβδωτοί γαλαξίες**. Συμβολίζονται στην ταξινόμηση Hubble με τα γράμματα **Sb** (αρχικά λέξεων spiral και bar=ράβδος). Έχουν κατ' αρχάς μορφή ίδια με την σπειροειδή, αλλά έξω από την κεντρική προβολή εκτείνεται ένα σύνολο αστερών με μορφή ράβδου και οι βραχίονες εφάπτονται στά άκρα της. Οι γαλαξίες αυτής της κατηγορίας περιέχουν πολύ νέους στην ηλικία αστέρες μεγάλων φωτεινοτήτων και μεγάλες ποσότητες μεσοαστρικού υλικού συγκεντρωμένου στους βραχίονες.

Οι **ακανόνιστοι ή ανώμαλοι γαλαξίες**. (Irregular). Οι γαλαξίες αυτοί δεν είναι ούτε σπειροειδείς ούτε ελλειπτικοί. Περίπου το 1/4 των γνωστών γαλαξιών ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Πολλοί από αυτούς αποτελούνται από περιοχές λαμπρών αερίων και φωτεινών νεφών τα οποία

περιέχουν μικρούς σε ηλικία αστέρες. Οι ραδιοφωνικές παρατηρήσεις του αερίου υδρογόνου συχνά αποκαλύπτουν την ύπαρξη ενός μη ορατού δίσκου αερίων ο οποίος και περιστρέφεται.



δι  
αι  
ρί  
ος  
δι  
ό  
ς  
α  
η

Ταξινόμηση των γαλαξιών κατά τον Edwin Hubble.

ἸΈ ἘΆἸΘἸἸΌΆἸἸΈ ἌΆἘΆἸΈΆ.

**Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας** (Messier 31). Είναι ο περιφημότερος και λαμπρότερος γαλαξίας ορατός με γυμνό οφθαλμό κάτω από διαυγή και ασέλινο ουρανό σαν μια λευκή συγκεχυμένη κηλίδα με ολικό φαινόμενο μέγεθος +4,3. ϕί έάέ έάιδἠἠ άίόέέάβιáίί, äÝí áíáöÝἠάόάέ



$\alpha=00\omega,42\lambda$   
 $\delta=41\sigma,16'$



στον ιστορικό κατάλογο του Πτολεμαίου, την Μαθηματική Σύνταξη, αλλά η πρώτη αναφορά γίνεται τον 10ον μ.Χ αιώνα από το Άραβα αστρονόμο Άλ-Σουφί. Η πρώτη τηλεσκοπική παρατήρηση του νεφελώματος έγινε το έτος 1612 από τον Σίμωνα Μάριο ο οποίος τον περιγράφει σαν "φλόγα κεριού".

Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας ευρίσκεται στον ομώνυμο αστερισμό της Ανδρομέδας όπου και το όνομά του. Ο αστερισμός αυτός ανήκει στον φθινοπωρινό ουρανό και σχηματίζεται από τρεις λαμπρούς αστέρες 2ου μεγέθους (Αλαμάκ, Σιράχ, Αλφεράτζ) οι οποίοι ενώνονται με το μεγάλο τετράπλευρο του Πηγάσου. Εάν προεκτείνουμε την νοητή ευθεία από τον μεσαίο αστέρα του αστερισμού προς τα επάνω, κοντά στον αστέρα μ του αστερισμού θα συναντήσουμε επιβλητικό τον νεφελοειδή της Ανδρομέδας. Η φαινόμενη έκταση στον ουρανό του νεφελοειδούς είναι μεγάλη, αφού υπερβαίνει τις 3 μοίρες (6 πανσέληνοι).

Η απόσταση του γαλαξία της Ανδρομέδας υπολογίζεται σε 2 εκατομμύρια 300 χιλιάδες έτη φωτός και είναι το μεγαλύτερο μέλος της **τοπικής** ομάδος μαζί με τον γαλαξία μας. Έχει σπειροειδή μορφή με ανάπτυξη βραχιόνων, πράγμα που όμως δεν φαίνεται εύκολα επειδή ο γαλαξίας αυτός έχει κλίση με γωνία 13ο ως προς τον παρατηρητή. Κατά την ταξινόμηση του Hubble, ο γαλαξίας ανήκει στον τύπο Sb και πιστεύεται ότι είναι παρόμοιος με τον γαλαξία μας αλλά με διπλάσια μάζα ίση με 300 δισεκατομμύρια ηλιακές. Ακόμα και με ένα ερασιτεχνικό τηλεσκόπιο διακρίνονται οι δύο λαμπρότεροι συνοδοί του ελλειπτικοί γαλαξίες, ο Messier 32 και ο Messier 110, ενώ με μεγάλα τηλεσκόπια διακρίνονται πολλά σφαιρωτά σμήνη και κατά καιρούς αρκετοί καινοφανείς αστέρες. Τέλος, ο γαλαξίας της Ανδρομέδας μας πλησιάζει με ταχύτητα 296 χιλ. ανά δευτερόλεπτο.

**Τα νέφη του Μαγγελάνου.** Είναι δύο ακανόνιστοι μικροί γαλαξίες δορυφόροι του γαλαξία μας οι οποίοι φαίνονται με γυμνό οφθαλμό από τα νότια γεωγραφικά πλάτη αθέατα για τους κατοίκους του βορείου ημισφαιρίου. Το όνομά των οφείλεται στον Πορτογάλο θαλασσοπόρο Φερδινάνδο Μαγγελάνο ο οποίος πρώτος τα διέκρινε το έτος 1519 ευρισκόμενος στο νότιο ημισφαίριο καθ' οδόν προς το ακρωτήριο Χόρν της Νοτίου Αμερικής. Το **μεγάλο νέφος** (φωτογραφία) ευρίσκεται στον



αστερισμό της Τουκάνας σε απόσταση 169.000 ετών φωτός όπου το έτος 1987 ανέλαμψε ο υπερκαινοφανής αστέρας των ημερών μας φθάνοντας το 2ον μέγεθος.

Το **μικρό νέφος του Μαγγελάνου** ευρίσκεται στον αστερισμό της Δοράδος σε απόσταση 210.000 ετών φωτός. Μια μεγάλη δίνη από μοριακό υδρογόνο, η **γέφυρα του Μαγγελάνου** μήκους 200,000 έ.φ συνδέει τα δύο νέφη με τον

γαλαξία μας και που οφείλεται σε εσωτερικές παλαιορροιογόνες δυνάμεις του γαλαξιακού μας συγκροτήματος.

-----  
**Ο γαλαξίας του Τριγώνου** (Messier 33). Είναι ο τρίτος μεγάλος γαλαξίας



$\alpha=01^{\circ},33'$   
 $\delta=30^{\circ},35'$



της τοπικής ομάδος γαλαξιών και ευρίσκεται στον αστερισμό του Τριγώνου ενός αμυδρού φθινοπωρινού αστερισμού κάτω από τον αστερισμό της Ανδρομέδας. Με συνολικό φαινόμενο μέγεθος 6,5 αλλά με χαμηλή λαμπρότητα είναι δυνατόν να φανεί με ισχυρά κυάλια. Είναι σπειροειδής γαλαξίας τύπου Sc σε απόσταση 2,700,000 ετών φωτός ενώ φαίνεται

ότι μάς πλησιάζει με ακτινική ταχύτητα 184 χιλ/δευτερόλεπτο. Ο γαλαξίας, μας παρουσιάζεται ανοικτός με σχεδόν κάθετη γωνία παρατηρήσεως.

**Ο στροβιλώδης γαλαξίας** (Messier 51). Ευρίσκεται στον αστερισμό των Θηρευτικών Κυνών κάτω από την άκρη της ουράς της Μεγάλης Άρκτου (αστέρας Αλκείδ) και παρατηρείται καλύτερα το καλοκαίρι. Παρουσιάζει μία ιδιόμορφη όψη επειδή εκτός από τον κύριο γαλαξία φαίνεται πολύ κοντά του ένας άλλος μικρότερος ακανόνιστος γαλαξίας (NGC 5195) ο οποίος τείνει να συγκρουσθεί με τον μεγαλύτερο ενώ συνδέονται με μία γέφυρα υλικού. Ο γαλαξίας παρουσιάζεται σχετικά λαμπρός (μέγεθος 8,8) λόγω της μεγάλης του



$\alpha=13^{\circ},29'$   
 $\delta=47^{\circ},11'$



αποκλίσεως και εύκολα φαίνεται η έκφυσή του ακόμα και με μεγάλα κυάλια. Είναι ο πρώτος νεφελοειδής γαλαξίας όπου αναγνωρίσθηκε η σπειροειδής

μορφή του από τον λόρδο Rosse το 1845 (κλίση 163ο). Ο Messier 51 ευρίσκεται σε απόσταση 13 εκατομμυρίων ετών φωτός ενώ απομακρύνεται με 445 χιλ/δευτερόλεπτο από τον γαλαξία μας. ζ αὐίβὰ δὰήάδρῆΒοάυò òιῶ äáéáίβὰ äβίáé 163ί.

**Messier 81 και Messier 82.** Δύο γαλαξίες με διαφορετικές μορφές που



$\alpha=9^{\circ}55'$   
 $\delta=69^{\circ}03'$



παρουσιάζονται οπτικά κοντά ο ένας με τον άλλο σε βόρεια απόκλιση μεταξύ των αστερισμών Μεγάλης και Μικρής Άρκτου στον ουρανό της ανοίξεως και κοντά στον βόρειο ουράνιο πόλο. Ο λαμπρότερος είναι ο γαλαξίας Messier 81 με μέγεθος 8,1. Είναι σπειροειδής τύπου Sb και ονομάζεται και **νεφέλωμα του Bode**, ενώ μάς πλησιάζει με ακτινική ταχύτητα 38 χιλ/δευτερόλεπτο. Έχει κλίση ως προς το οπτικό επίπεδο 157ο. Ο άλλος γαλαξίας, ο Messier 82 είναι ακανόνιστος οπτικού μεγέθους 9,2. Απομακρύνεται με ακτινική ταχύτητα 148 χιλ/δευτερόλεπτο ενώ παρατηρείται με γωνία 65ο. Και οι δύο γαλαξίες είναι ορατοί με μεγάλα κυάλα.

Στη συνέχεια, παραθέτουμε στοιχεία των λαμπροτέρων γαλαξιών του ιστορικού καταλόγου Messier για τους φίλους ερασιτέχνες αστρονόμους οι οποίοι διαθέτουν καλό τηλεσκόπιο:



**Συνολικό φωτ. Ταξινόμηση Ακτινική Οπτική γων.**  
**φαινόμε. μέγεθος Hubble ταχύτης παρατηρήσ.**  
**m**

χιλ/δευτ.

**Αστερισμός**

M 32	$\alpha=00^{\circ}42\lambda$	$\delta=40^{\circ}51'$	9,2	E	-204		Ανδρομέδα
M 49	$12^{\circ}29\lambda$	$7^{\circ}59'$	10,2	E	948	1550	Παρθένος
M 58	$12^{\circ}37\lambda$	$11^{\circ}48'$	11,5	Sb	1752	95	"
M 59	$12^{\circ}42\lambda$	$11^{\circ}38'$	11,0	E	424	165	"
M 60	$12^{\circ}43\lambda$	$11^{\circ}33'$	10,3	E	1269	105	"
M 61	$12^{\circ}21\lambda$	$4^{\circ}27'$	10,9	Sbb	1671		"
M 63	$13^{\circ}15\lambda$	$42^{\circ}01'$	9,7	Sb	520	105	Θηρευτ. Κύνες
M 64	$12^{\circ}56\lambda$	$21^{\circ}40'$	8,9	Sb	368	115	Κόμη
M 65	$11^{\circ}18\lambda$	$13^{\circ}05'$	9,6	Sa	755	174	Λέων
M 66	$11^{\circ}20\lambda$	$12^{\circ}59'$	8,9	Sb	706	173	"
M 74	$1^{\circ}36\lambda$	$15^{\circ}46'$	10,5	Sc	653	180	Ιχθύες
M 77	$2^{\circ}42\lambda$	$0^{\circ}25'$	9,7	Sb	1080	70	Κήτος
M 83	$13^{\circ}37\lambda$	$-28^{\circ}39'$	8,4	S	506		Ύδρα
M 84	$12^{\circ}25\lambda$	$12^{\circ}52'$	10,8	E	954	135	Παρθένος
M 85	$12^{\circ}25\lambda$	$18^{\circ}11'$	10,2	S	765		Κόμη
M 86	$12^{\circ}26\lambda$	$12^{\circ}56'$	10,9	E	-227	130	Παρθένος
M 87	$12^{\circ}30\lambda$	$12^{\circ}23'$	10,4	E	1261		"

M 88	12ω,31λ	14ο,24'	10,6	Sb	2120	140	Κόμη
M 89	12ω,35λ	12ο,33'	11,1	E	265		Παρθένος
M 90	12ω,36λ	13ο,09'	11,8	Sb	-245	23	"
M 91	12ω,36λ	14ο,11'	13,6	Sc	348	55	Κόμη
M 94	12ω,50λ	41ο,05'	8,7	Sb	300	105	Θηρευτ.Κύνες
M 95	10ω,44λ	11ο,41'	11,2	Sbb	776	13	Λέων
M 96	10ω,46λ	11ο,48'	10,0	Sa	935	5	"
M 98	12ω,13λ	14ο,53'	11,0	Sb	-142	155	Κόμη
M 99	12ω,18λ	14ο,23'	10,2	Sc	2471	180	"
M 100	12ω,22λ	15ο,47'	10,6	Sc	1617	30	"
M 101	14ω,03λ	54ο,21'	8,7	Sc	266	180	Μεγ.Άρκτος
M 102	15ω,06λ	55ο,45'	11,1	Sc	788	128	Δράκων
M 104	12ω,39λ	-10ο,55'	9,1	Sbc	1160		Παρθένος
M 105	10ω,47λ	12ο,34'	9,6	E	877		Λέων
M 106	12ω,19λ	47ο,17'	9,6	Sb	459	150	Θηρ. Κύνες
M 108	11ω,11λ	55ο,40'	10,7	Sc	680	80	Μεγ.Άρκτος
M 109	11ω,57λ	53ο,21'	10,7	Sbb	1059	68	"
M 110	00ω,40λ	41ο,40'	9,4	E	-236	170	Ανδρομέδα

#### ΟΙ ΕΝΕΡΓΟΙ ΓΑΛΑΞΙΑΚΟΙ ΠΥΡΗΝΕΣ.

Ο γαλαξίας μας όπως και όλοι οι γαλαξίες στον πυρήνα των περικλείουν μεγάλων διαστάσεων μελανές οπές (σελ. 142) η ύπαρξη των οποίων επιβεβαιώνεται από την τεράστια ενέργεια η οποία εκλύεται σε διαφορετικά μήκη κύματος. Καθώς η μελανή οπή απορροφά στο εσωτερικό της οτιδήποτε γειτονικό υλικό σώμα (αέρια, αστρικό υλικό), η θερμοκρασία αυξάνει σε εκατοντάδες εκατομμύρια βαθμούς με επακόλουθο την δημιουργία πηγών ακτίνων X όπως και άλλων μορφών ενεργείας, όπως εκπομπές ραδιοκυμάτων. Στην περίπτωση των διπλών συστημάτων αστέρων η υπάρχουσα μικρών διαστάσεων μελανή οπή δημιουργείται σαν επακόλουθο των εξελικτικών μορφών διαφόρων γιγάντων αστέρων. Οι μελανές οπές είναι περιοχές του χωροχρόνου οι οποίες έχουν "αποκοπεί" από αυτόν, παρουσιάζονται δε σε διάφορα μεγέθη από μικροσκοπικές έως υπερμεγέθεις με εκατομμύρια μάζες από αυτήν του ηλίου μας κατά περίπτωση. Όμως είναι δυνατόν μελανές οπές να εμφανίστηκαν μαζί με την δημιουργία ενός γαλαξία στο νεαρό σύμπαν.

Σε ορισμένους τύπους γαλαξιών είναι δυνατόν να υπάρχουν τεραστίων μεγεθών μελανές οπές με κύριο χαρακτηριστικό οι γαλαξίες αυτοί να εκλύουν μεγάλα ποσά ενεργείας στο διάστημα. Οι κατηγορίες αυτών των γαλαξιών είναι:

**Γαλαξίες Seyfert.** Ο πρώτος που περιέγραψε αυτούς τους γαλαξίες είναι ο αστρονόμος Carl Seyfert το έτος 1943. Έχουν φωτεινό πυρήνα και εμφανίζουν αμυδρότερους σπειροειδείς βραχίονες. Το φάσμα των γαλαξιών Seyfert παρουσιάζει ευρείες γραμμές εκπομπής ενώ μερικοί από αυτούς είναι δυνατές πηγές υπερύθρου ακτινοβολίας. Σε άλλους πάλι η κεντρική περιοχή των εκπέμπει έντονα ραδιοκύματα με συνηθισμένες μεταβολές λαμπρότητας του πυρήνα. Περίπου το 1% των σπειροειδών γαλαξιών είναι τύπου Seyfert.

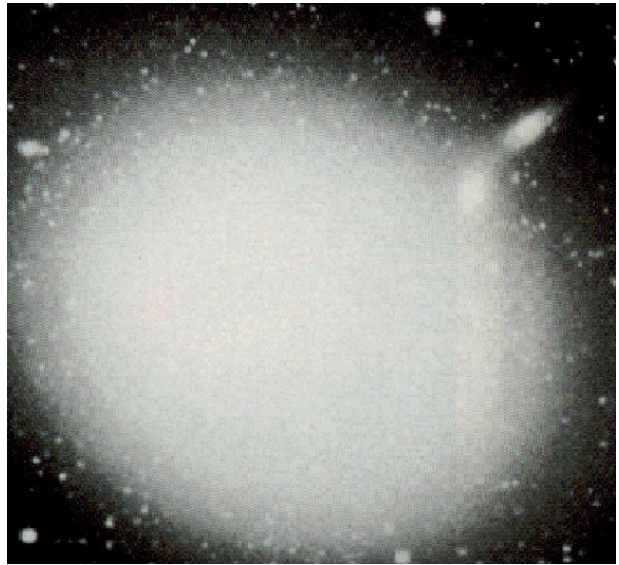
**Ραδιογαλαξίες.** Χαρακτηρίζονται από έντονες εσωτερικές πηγές εκπομπών ραδιοκυμάτων. Οι εκπομπές ραδιοκυμάτων είναι αποτέλεσμα της **ακτινοβολίας συνχρότρου** η οποία παράγεται από ηλεκτρόνια που κινούνται με ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός μέσα σε ισχυρά μαγνητικά πεδία. Επίσης είναι δυνατόν η μελανή οπή που ευρίσκεται στο

κέντρο των γαλαξιών αυτών να ενεργεί σαν "κεντρική μηχανή" παραγωγής της ραδιοφωνικής δραστηριότητας. Περίπου ένας γαλαξίας στο εκατομμύριο είναι ραδιογαλαξίας. Κλασικά παραδείγματα ραδιογαλαξιών είναι:

**Ο γαλαξίας Κύκνος Α.** Ενεργός ελλειπτικός γαλαξίας, μία από τις ισχυρότερες πηγές ραδιοκυμάτων στον ουρανό ο οποίος εντοπίστηκε με τα πρώτα ραδιοτηλεσκόπια. Η πηγή αποτελείται από δύο όμοια νέφη ραδιοεκπομπών τα οποία ευρίσκονται σε συμμετρική απόσταση από τον πυρήνα του γαλαξία αυτού ο οποίος είναι 15ου οπτικού μεγέθους. Τα νέφη εκτείνονται μέχρις αποστάσεως 300.000 ετών φωτός και η ενέργεια που εκπέμπουν είναι περίπου 10 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτήν ενός κοινού γαλαξία όπως του γαλαξία της Ανδρομέδας. Στο οπτικό φάσμα ο Κύκνος Α παρουσιάζει δυνατές γραμμές εκπομπής, ενώ ο πυρήνας του είναι ενεργός με μία κεντρική μελανή οπή που εκλύει πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας και ακτίνων X καθώς απορροφά το γύρω της υλικό. Η απόσταση του Κύκνου Α ανέρχεται σε 1150 εκατομμύρια έτη φωτός.

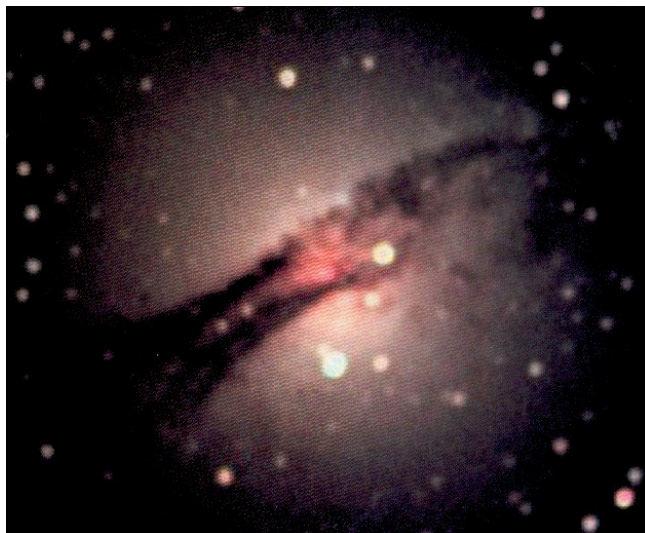
**Γαλαξίας "Messier 87" (Παρθένος Α).** Γιγαντιαίος ελλειπτικός γαλαξίας, ο

μεγαλύτερος του σμήνους γαλαξιών της Παρθένου. Ευρισκόμενος σε απόσταση 50 εκατομμυρίων ετών φωτός, είναι 20 φορές μεγαλύτερος από τον γαλαξία μας και κατά 40 φορές ογκωδέστερος. Η ραδιοεκπομπή σχηματίζεται από ένα μεγάλο ορατό εξόγκωμα-πίδακα μήκους 4.000 ετών φωτός που φαίνεται με μορφή ευθείας ράβδου και το οποίο οφείλεται στην ύπαρξη μίας τεράστιας μελανής οπής στο



κέντρο του γαλαξία. Η ισχύς των εκπεμπομένων ραδιοκυμάτων είναι 1.000 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του γαλαξία μας προερχόμενη από ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας τα οποία μεταφέρονται από τον ενεργό πυρήνα του γαλαξία προς τον πίδακά του. Η ακτινοβολία πιθανώς προέρχεται από ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια με την παρουσία ισχυρού μαγνητικού πεδίου.

**Γαλαξίας "Κένταυρος Α" (NGC 5128).** Ελλειπτικός γαλαξίας σε απόσταση

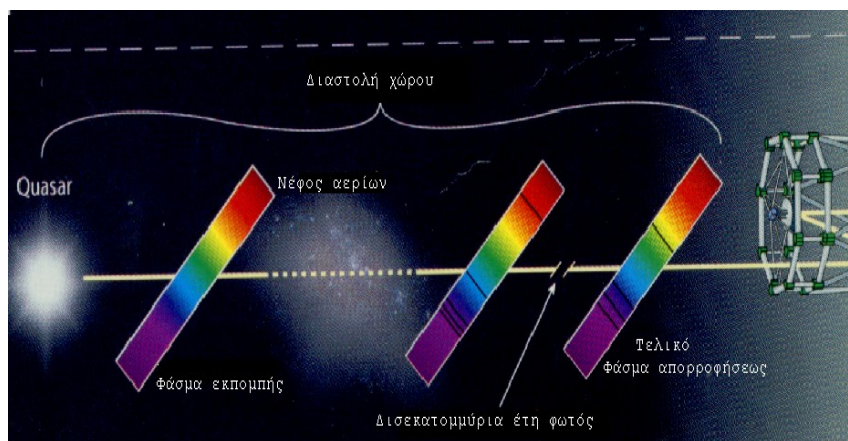


15 εκατομμυρίων ετών φωτός από τον γαλαξία μας, ο κοντινότερος ραδιογαλαξίας. Ο ορατός γαλαξίας φαίνεται ότι διασχίζεται από μία παχιά σκοτεινή ζώνη σκόνης η οποία πιστεύεται ότι προέρχεται από την σύγκρουση με έναν άλλο μικρότερο σπειροειδή γαλαξία. Η πηγή των ραδιοεκπομπών ευρίσκεται προς τα έξω



κοντυνότερους), γεγονός που κατά πάσα πιθανότητα αντικατοπτρίζει την διαστολή του χώρου του σύμπαντος.

**Τα αρχέγονα νέφη και η πιθανή προιστορία των γαλαξιών.** Το φάσμα των πύο απομακρυσμένων quazars παρουσιάζει έναν μεγάλο αριθμό γραμμών απορροφήσεως με ποικιλία μετατοπίσεων στο υπέρυθρο οι οποίες λέγονται **δάσος γραμμών Lyman A**. Οι γραμμές απορροφήσεως σχηματίζονται από αρχαία μεσοαστρικά νέφη υδρογόνου τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ του quazar αφ' ενός και του παρατηρητή αφ'



ετέρου (σχήμα). Η κυριώτερη γραμμή η οποία παρουσιάζεται είναι η γραμμή A που σχηματίζεται από το υδρογόνο. Δείχνει εύρος μετατοπίσεων πρός την ερυθρή περιοχή σύμφωνα με τις ταχύτητες απομακρύνσεως των μεσογαλαξιακών νεφών. Γενικά, αυτά τα νέφη περικλείουν το πρωτογενές αέριο υδρογόνο μαζί με το ήλιον το οποίο σχηματίσθηκε στο σύμπαν κατά τα πρώτα λεπτά ύστερα από την Μεγάλη Έκρηξη (Big-Bang) όπου κανένα βαρύτερο στοιχείο δεν είχε παρουσιαστεί και κανένας αστέρας δέν είχε σχηματισθεί.

Βάσει του μοντέλου Big-Bang, θεωρητικά, μετά από την πάροδο 1 έως 1,5 δισεκατομμυρίου ετών από την Μεγάλη Έκρηξη ( $z = 3$ , η οποία δέ τοποθετείται περίπου στα 15 δισεκατομμύρια έτη πρίν) και με την σταδιακή ψύξη του νεαρού σύμπαντος, εμφανίσθηκαν οι πρώτοι quazars μαζί με τα αρχέγονα νέφη τα οποία ήταν ο "σκελετός" του σχηματισμού των πρώτων γαλαξιών. Μέσα σε αυτούς τους σχηματισμούς και με τις τοπικές συστολές μαζών υδρογόνου και ηλίου, αέρια τα οποία εμφανίσθηκαν από την ψύξη της πρωτογενούς "σούπας" φωτονίων και σωματιδίων τελικά παρουσιάσθηκαν και ανέλαμψαν οι πρώτοι αστέρες. Οι πλέον γεμάτοι από φώς και ενέργεια γαλαξίες άρχισαν να συγκροτούνται σε διάφορες ομάδες, τα λεγόμενα γαλαξιακά σμήνη, ενώ οι quazars πιθανόν γίνονται αμυδροί και τελικά εξαφανίζονται σε περίοδο 4,2 δισεκατομμυρίων ετών ( $z = 1$ ) ύστερα από το Big-Bang.

Είναι βασικό να τονίσουμε ότι οι εικόνες των απομακρυσμένων quazars σε πολλές περιπτώσεις μας παρουσιάζονται μεγενθυμένες πρός όφελός μας, φαινόμενο που αποδίδεται στους λεγόμενους **βαρυτικούς φακούς**. Η **Γενική θεωρία της Σχετικότητας** προβλέπει ότι η ύπαρξη μεγάλων μαζών (π.χ σμήνος γαλαξιών) παραμορφώνει τον χωροχρόνο με αποτέλεσμα εάν τύχει στην πορεία του φωτός ενός αντικειμένου να παρεμβληθεί ένα άλλο ογκωδέστερο, τότε το είδωλο του πρώτου παρουσιάζεται μεγαλύτερο από ότι στην πραγματικότητα είναι.

## ΤΑ ΣΜΗΝΗ ΤΩΝ ΓΑΛΑΞΙΩΝ.

Οι γαλαξίες στο διάστημα δεν παρουσιάζονται μεμονωμένοι, αλλά έχουν συγκροτηθεί σε διάφορες ομάδες που λέγονται γαλαξιακά σμήνη τα οποία με τη σειρά των αποτελούν μία μεγαλύτερη συνοχή, τα υπερσμήνη. Τα σμήνη των γαλαξιών είναι δυνατόν να προσομειασθούν με μία πολυσύνθετη και νευραλγική αστική περιοχή η οποία αποτελείται από σχεδιασμένα οικοδομικά τετράγωνα από και πρὸς το κέντρο της πόλεως, μεγαλουπόλεις οι οποίες έχουν διαφορετικά ρυμοτομικά σχέδια καταλαμβάνοντας διαφορετικές γεωγραφικές εκτάσεις. Με την σειρά τους οι πόλεις αυτές αποτελούν τμήματα μιάς μεγαλύτερης σε έκταση αστικής περιοχής.

**Δομή των γαλαξιακών σμηνών.** Τα σμήνη των γαλαξιών τα οποία αποτελούνται από μέλη διαφόρων μορφών και μαζών εξουσιάζονται



Το σμήνος γαλαξιών του Ηρακλέους.

από κοινές βαρυτικές δυνάμεις. Η κατανομή των γαλαξιών στο διάστημα δεν είναι ομοιογενής, αλλά καταλαμβάνουν χώρους διαμέτρου εκατομμυρίων ετών φωτός. Αυτοί οι χώροι δεν είναι κενοί, αλλά αποτελούνται από πολύ θερμό αέριο θερμοκρασίας εκατομμυρίων βαθμών όπου τα ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια εκπέμπουν φωτόνια με ακτίνες Χ. Η εκπομπή των ακτίνων έρχεται από διαφορετικές περιοχές του σμήνους, πράγμα που επιτρέπει την μέτρηση της συνοχής και της ποσότητας του διαγαλαξιακού αερίου. Τα σμήνη των γαλαξιών έχουν διάφορες μορφές από σφαιρικά και συμμετρικά μέχρι ανώμαλα σε σχήμα και περιλαμβάνουν εκατοντάδες ή και χιλιάδες τον αριθμό γαλαξίες οι οποίοι όμως είναι δυνατόν να μὴν συγκεντρώνονται γύρω από το κέντρο του σμήνους.

Στην πραγματικότητα, οι γαλαξίες αποτελούν μόνον το 10 % της συνολικής μάζας ενός σμήνους ενώ το υπόλοιπο ποσοστό περιέχει τα θερμά αέρια όπως και το **σκοτεινό υλικό**, μία αόρατη μάζα, η ύπαρξη της οποίας διαπιστώνεται έμμεσα από τις ίδιες κινήσεις των γαλαξιών στο σμήνος οι οποίες επιταχύνονται. Γιά το σκοτεινό υλικό θα αναφερθούμε πὶό κάτω.

Επίσης, οι ισχυρές βαρυτικές δυνάμεις ενός σμήνους γαλαξιών βάσει της **θεωρίας της Σχετικότητας** επενεργούν σαν γιγαντιαίοι μεγενθυντικοί φακοί φέρνοντας οπτικά πιο κοντά το φως ενός άλλου απομακρυσμένου γαλαξία ή Quasar όταν αυτός τύχει να προβάλλεται ακριβώς πίσω από το σμήνος (βλέπε κεφ. θεωρία σχετικότητας).

Ο γαλαξίας μας, ο γαλαξίας της Ανδρομέδας, του Τριγώνου όπως και άλλοι 27 νάνοι γαλαξίες συγκροτούν το σμήνος που ανήκουμε το οποίο λέγεται **τοπική ομάδα**. Τα συνήθη σμήνη γαλαξιών εμφανίζονται να περιέχουν ελλειπτικούς γαλαξίες ενώ στα ακανόνιστα σμήνη περιλαμβάνονται γαλαξίες όλων των τύπων. **Πλούσια σμήνη** λέγονται τα σμήνη εκείνα των γαλαξιών τα οποία περιέχουν συγκεντρώσεις πολύ μεγάλων σε μέγεθος γαλαξιών χιλιάδων τον αριθμό, όπως το σμήνος της Παρθένου και το σμήνος της Κόμης της Βερενίκης. Εξ' άλλου, το κέντρο ενός πλουσίου σμήνους τυπικά περιέχει έναν γιγαντιαίο ελλειπτικό γαλαξία με μάζα 10-100 φορές μεγαλύτερη του γαλαξία μας. Ο κεντρικός κυρίαρχος γαλαξίας πιστεύεται ότι έλκει τους μικρότερους γαλαξίες γύρω του με αποτέλεσμα να τους "καταπίνει" μεγαλώνοντας σε μέγεθος. Αυτά τα φαινόμενα λέγονται **γαλαξιακοί κανιβαλισμοί** ενώ ο τεράστιος κεντρικός γαλαξίας ονομάζεται **γαργαντούας γαλαξίας**. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ο κεντρικός γαλαξίας του σμήνους Abell 3287 ο οποίος έχει καταβροχθίσει πολλούς μικρότερους ενώ είναι ισχυρή πηγή ραδιοκυμάτων.

Από το άλλο μέρος, τα πτωχά σμήνη γαλαξιών είναι λιγότερο συνηθισμένα όπως το σμήνος του Γλύπτη με 6 μέλη, το σμήνος του γαλαξία Messier 81 με 8 μέλη και το σμήνος της Καμίνου με 17 γαλαξίες, όπως φυσικά και η τοπική ομάδα στην οποία περιέχεται ο γαλαξίας μας με 30 γνωστά μέλη.

Τα κοντινότερα και σπουδαιότερα σμήνη γαλαξιών αναφορικά ως προς τον ήλιο είναι τα εξής:

---

**Το σμήνος της Παρθένου.** Σε απόσταση 50 έως 60 εκατομμυρίων ετών φωτός είναι το πλησιέστερό μας σμήνος λαμπρών γαλαξιών προβαλλόμενο στον αστερισμό της Παρθένου όπου και το όνομά του. Καλύπτει στον ουρανό έκταση 120 τετραγωνικών μοιρών περιέχοντας χιλιάδες γαλαξίες. Είναι ακανόνιστο σμήνος με ασύμμετρη συνοχή γαλαξιών ενώ το ογκωδέστερο μέλος του είναι ο γιγαντιαίος ελλειπτικός γαλαξίας Messier 87.

---

--

**Το σμήνος της Κόμης.** Προβάλλεται στον αστερισμό της Κόμης Βερενίκης σε έκταση μερικών μοιρών στον ουρανό και περιέχει περισσότερο από χίλιους λαμπρούς γαλαξίες. Ευρίσκεται σε απόσταση 300 εκατομμυρίων ετών φωτός ενώ η μορφή του σμήνους είναι σφαιροειδής. Οι περισσότεροι γαλαξίες συγκεντρώνονται γύρω από το κέντρο του σμήνους, ενώ οι μέσες αποστάσεις των είναι τρεις φορές μικρότερες από αυτή του γαλαξία μας με τον γαλαξία της Ανδρομέδας.

## ΤΑ ΥΠΕΡΣΜΗΝΗ ΤΩΝ ΓΑΛΑΞΙΩΝ ΚΑΙ Η ΤΟΠΙΚΗ ΟΜΑΔΑ.

**Η τοπική ομάδα γαλαξιών (Local Group).** Ο γαλαξίας μας ανήκει σε μία αραιή έως πτωχή ομάδα γαλαξιών η οποία περιέχει συνολικά περίπου 30

γαλαξίες, τρεις μεγάλους σπειροειδείς και 27 νάνους ακανονίστων ή ελλειπτικών μορφών. Το ογκωδέστερο μέλος της τοπικής ομάδος είναι ο γαλαξίας της Ανδρομέδας (Messier 31) με τον Γαλαξία μας και τον γαλαξία του Τριγώνου (Messier 33). Οι περισσότεροι από τους ελλειπτικούς νάνους γαλαξίες μοιάζουν με σφαιρωτά σμήνη και είναι πολύ αμυδροί.

Τέσσερις από τους μικρούς ελλειπτικούς γαλαξίες (NGC 221, 205, 185 και 147) είναι δορυφόροι του γαλαξία της Ανδρομέδας, τα νέφη του Μαγγελάνου και διάφοροι νάνοι γαλαξίες είναι δορυφόροι του γαλαξία μας. Η τοπική ομάδα έχει ακτίνα άνω των 3 εκατομμυρίων ετών φωτός και δεν έχει κεντρική συνοχή, αλλά δύο υποομάδες έχουν κέντρο γύρω από τα δύο ογκωδέστερα μέλη. Το έτος 1968 ανακαλύφθηκαν από τον P. Maffei δύο ενδιαφέροντες γαλαξίες στα όρια της τοπικής ομάδος οι οποίοι είναι ορατοί μόνο στο ερυθρό και το υπέρυθρο.

Ο γαλαξίας **Maffei 1** είναι γίγαντας ελλειπτικός με μάζα 200 δισεκατομμυρίων ηλιακών και σε απόσταση περίπου 4 εκατομμυρίων ετών φωτός αποτελώντας το εξωτερικό μέλος της ομάδος. Ο **Maffei 2** είναι μέσου μεγέθους σπειροειδής γαλαξίας έξω από την τοπική ομάδα, 5 φορές μακρύτερα από τον συνώνυμό του.

Όσον αφορά τις κινήσεις των μελών μέσα στην τοπική ομάδα, ο γαλαξίας μας με τον γαλαξία της Ανδρομέδας πλησιάζουν ο ένας τον άλλο με ταχύτητα 100 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο όπου μετά από 500 εκατομμύρια χρόνια από τώρα θα συγκρουσθούν σχηματίζοντας ίσως έναν μεγάλο ελλειπτικό γαλαξία.

--

**Υπερσμήνη γαλαξιών.** Με τον όρο γαλαξιακό υπερσμήνος εννοούμε μία ευρύτερη συγκέντρωση σμηνών γαλαξιών τα οποία συνέχονται με κοινές βαρυτικές δυνάμεις. Είναι γνωστά περίπου 50 υπερσμήνη τα οποία περιέχουν με την σειρά τους κατά μέσο όρο 12 πλούσια σμήνη γαλαξιών ενώ τα μεγαλύτερα περιέχουν πολύ περισσότερα. Οι διάμετροι των υπερσμηνών ανέρχονται σε χιλιάδες ή εκατομμύρια έτη φωτός.

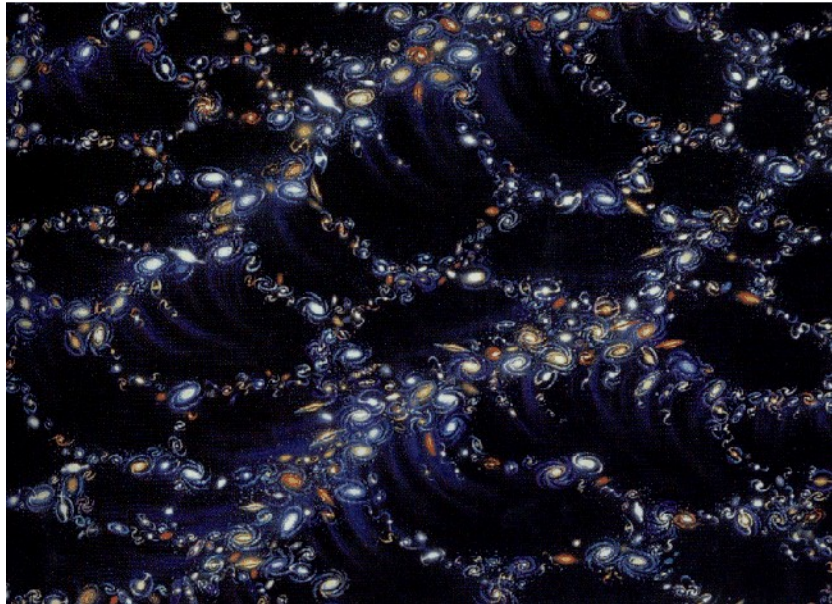
Το **τοπικό υπερσμήνος γαλαξιών** έχει σαν κέντρο το σμήνος της Παρθένου ενώ η δική μας τοπική ομάδα γαλαξιών ανήκει στην περιφέρειά του. Η διάμετρος του τοπικού υπερσμήνους όπως υπολογίσθηκε το 1956 από τον G de Vacoulers ανέρχεται σε 100 εκατομμύρια έτη φωτός.

Σύμφωνα με το σύστημα των **υπεργαλαξιακών συντεταγμένων** οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των θέσεων των κοντινών γαλαξιών, ο **υπεργαλαξιακός ισημερινός** είναι η νοητή ευθεία η οποία διέρχεται διά μέσω του ηλίου, του κέντρου του γαλαξία μας και από το κέντρο του σμήνους της Παρθένου.

**Ο Μεγάλος Ελκυστής (Great Attractor).** Με αυτήν την ονομασία καθορίζεται μία μεγάλη συνάθροιση σμηνών γαλαξιών και υλικού με μάζα της τάξεως των  $5 \times 10^{16}$  ηλιακών μαζών. Η κατανομή αυτών των γαλαξιακών σμηνών στην οποία συμπεριλαμβάνεται και ο γαλαξίας μας με την τοπική ομάδα έχει ακανόνιστη μορφή διαστάσεων 150 - 300 ετών φωτός προς την διεύθυνση των αστερισμών της Ύδρας και του Κενταύρου. Οι μετρήσεις των ταχυτήτων των σμηνών των γαλαξιών σε αποστάσεις άνω των 300

εκατομμυρίων ετών φωτός δείχνουν ότι αυτές παρεκτρέπονται με ταχύτητες άνω των 500 χιλ/δευτερόλεπτο. Αυτό το γεγονός οφείλεται στο ότι οι γαλαξίες στον χώρο του σύμπαντος κινούνται κατά ρεύματα, τα οποία ονομάζονται **ρεύματα του Hubble**. Αυτά τα ρεύματα στα οποία κινούνται τα διάφορα γαλαξιακά υπερσμήνη παρουσιάζουν ανομοιογένεια και οφείλονται στην διαστολή του σύμπαντος και στην **διάχυτη ακτινοβολία μικροκυμάτων**. Είναι μία διάχυτη ηλεκτρομαγνητικής φύσεως ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από όλο τον χώρο του σύμπαντος. Αυτή η κοσμική ακτινοβολία προέρχεται από τα υπολείμματα της αρχικής Μεγάλης Εκρήξεως από την οποία δημιουργήθηκε το σύμπαν και είναι η ισχυρή απόδειξη της περίφημης θεωρίας Big-Bang.

Από το άλλο μέρος, η κατανομή των γαλαξιών στον χώρο δεν είναι ομοιογενής, αλλά δίνει την εντύπωση ότι αυτοί ευρίσκονται με μορφή παρόμοια με αυτή των φουσαλλίδων όπου μεταξύ των δημιουργούνται μεγάλα κενά ( σχήμα).



#### ΓΑΛΑΞΙΕΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ.

Όπως αναφέραμε, οι γαλαξίες οι οποίοι ανήκουν σε ένα σμήνος κινούνται γρήγορα μέσα σε αυτό με αποτέλεσμα όταν τύχει να ευρεθούν κοντά δύο ή και περισσότεροι αναπόφευκτα να συγκρουσθούν μέσα σε μεγάλες χρονικές περιόδους δεκάδων εκατομμυρίων ετών. Επίσης οι κινήσεις των γαλαξιών επιταχύνονται από το αόρατο σκοτεινό υλικό επάνω στο οποίο "επιπλέουν" οι γαλαξίες σαν φουσαλλίδες σε νερό. Οι κοινές παλαιοιρροιογόνες δυνάμεις που αναπτύσσονται όταν τύχει να πλησιάσουν δύο γαλαξίες, προξενούν διαταραχές στο σχήμα και την δομή των με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν στον οφθαλμό του παρατηρητή τελικά ασυνήθιστα σχήματα, οι μορφές των οποίων εξαρτώνται από τις μορφές των συγκρουομένων μερών αφ' ενός και από τις γωνίες των συγκρούσεων αφ' ετέρου.

Με την βοήθεια ειδικών ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι δυνατόν να διαμορφώσουμε μία ρεαλιστική εικόνα τού πώς και πότε όπως και του ύστερα

αυτών των γαλαξιακών συγκρούσεων σε εξομοιωτικά διαστήματα εκατομμυρίων ετών. Από τις αναπόφευκτες συγκρούσεις δημιουργούνται πολλές και ποικίλλες χαωτικές καταστάσεις στο τελικό συνχωνευόμενο μέλος,, όπως δημιουργία αστέρων, μεταβολές σφαιρωτών σμηνών, συχνές αλυσιδωτές εκρήξεις υπερκαινοφανών αστέρων κλπ. Μία πολύ μικρή σύγκρουση συμβαίνει αυτήν την στιγμή στον γαλαξία μας ο οποίος έχει έλθει σε επαφή στο ένα του άκρο με έναν άλλο νάνο γαλαξία (βλέπε σελ. 143).

Το αντιπροσωπευτικότερο παράδειγμα συγκρούσεως δύο γαλαξιών, είναι οι



*γαλαξίες "κεραίες"* (NGC 4038, 4039). Οι γαλαξίες αυτοί 11ου οπτικού μεγέθους και ευρίσκονται στον αστερισμό του Κόρακος σε απόσταση 48 εκατομμυρίων ετών φωτός. Η τελική μορφή της συγκρούσεως των παρουσιάζει δύο μεγάλους πίδακες που θυμίζουν κεραίες με μήκος 100.000 ετών φωτός η κάθε μία.

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή η εξέλιξη της συγκρούσεως δύο ελλειπτικών γαλαξιών η οποία δημιούργησε τις κεραίες μέσα σε χρονικό διάστημα 315 εκατομμυρίων ετών.



Άλλο παράδειγμα συγκρούσεως δύο γαλαξιών παρουσιάζεται στην περίπτωση του λεγόμενου **γαλαξία "ρόδα κάρου"** (cartwheel galaxy). Ευρισκόμενος σε απόσταση

500 εκατομμυρίων ετών φωτός έχει κυκλικό σχήμα παρόμοιο με ρόδα όπου και το όνομά του. Η διάμετρος του κύκλου ανέρχεται σε 170.000 έτη φωτός ενώ ο γαλαξίας αποτελείται από γηρασμένους κόκκινους αστέρες. Οι εξομοιωτές δείχνουν ότι η "ρόδα" δημιουργήθηκε ύστερα από την σύγκρουση ενός κανονικού σπειροειδούς γαλαξία με έναν μικρότερο πριν από



εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια. Στην περιφέρεια του γαλαξία υπάρχει μεγάλος αριθμός ογκωδών αστέρων, αποτέλεσμα της συγκρούσεως όπως και η συχνότητα εκρήξεων υπερκαινοφανών αστέρων η οποία είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από έναν κανονικό γαλαξία. Η φωτογραφία είναι δανεισμένη από τα αρχεία της NASA (διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble).

## ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΟΣΜΟΓΟΝΙΑ.

12

Από τα πολύ παλιά χρόνια ο άνθρωπος παρατηρώντας την φύση και τον έναστρο ουρανό προσπαθούσε να δώσει μία εξήγηση για το πώς δημιουργήθηκε αυτό το υπέροχο οικοδόμημα μαζί με αυτόν τον ίδιο επάνω στην γή. Στο κεφάλαιο αυτό, θεωρούμε σκόπιμο να πραγματοποιήσουμε μία συνοπτική ιστορική και φιλοσοφική αναδρομή όταν στην αρχαιότητα η κοσμολογία ήταν συνυφασμένη με την θεολογία κάθε λαού και ως εκ τούτου ονομάζεται **Κοσμογονία**. Με την γενική εποπτεία του περιβάλλοντος κόσμου η κοσμογονία προσπαθούσε να εξηγήσει τρία ερωτήματα: 1) την πρώτη αρχή με την οποία πήρε υπόσταση ο κόσμος. 2) την εξελικτική πορεία που διάνυσε ο κόσμος για να φθάσει στην τωρινή του κατάσταση. 3) τις δυνάμεις οι οποίες συγκρατούν την ενότητα του κοσμικού συνόλου όπως και την θέση του ανθρώπου μέσα σε αυτό. Οι κοσμογονίες των αρχαίων λαών της Ανατολής θεωρούν ως αιτία δημιουργίας του κόσμου τον Θεό ή τους θεούς όπου οι υπερφυσικές δυνάμεις δημιουργούν και κυβερνούν το κοσμικό σύνολο. Στην Γένεση της Παλαιάς Διαθήκης διαβάζουμε ότι ο κόσμος δημιουργήθηκε σε διάστημα έξι ημερών. "...είπεν ο Θεός. γεννηθήτω φώς. και εγένετο φώς". Στον αρχαίο Ελληνικό χώρο θα σάς υπενθυμίσω ένα απόσπασμα της ραψωδίας Ξ' στ. 246 της Ιλιάδος όπου ο Όμηρος αναφέρει: "*ποταμοίο ρέεθρα Ωκεανοίο, όσπερ γένεσιν πάντεσι τέτυκται*" ότι δηλαδή από τα νερά του Ωκεανού δημιουργήθηκαν οι θεοί και από αυτούς ο κόσμος. Σύμφωνα με τις Ορφικές παραδόσεις ο Αριστοφάνης στις "Όρνιθες" (στιχ.695) γράφει ότι "*η Νύξ εγέννησε ένα ωόν εκ τού οποίου εξεκολάφη ο Έρωσ ο οποίος εκ του Ταρτάρου δημιούργησε τους ανθρώπους*" μέσα σε διάστημα έξι κοσμολογικών εποχών με πρώτη εποχή τον Χρόνο.

Όμως οι πρώτες καθαρά επιστημονικές κοσμογονικές θεωρίες πρωτοδιατυπώθηκαν από τους Ίωνες αστρονόμους και φιλοσόφους τον 5ον π. Χ αιώνα και ήταν η αφετηρία όλων των μετέπειτα θεωριών που είχαν σκοπό να εξηγήσουν την δομή των φυσικών νόμων που διέπουν την ολότητα του σύμπαντος και αυτήν την φύση των ουρανίων σωμάτων. Ο **Θαλής ο Μιλήσιος** (624-541 π.Χ) ανακάλυψε τον ηλεκτρισμό, η δύναμη του οποίου εμφανιζόταν σαν η σημαντικότερη μορφή ενεργείας η οποία κατά την γνώμη του εξουσίαζε καθολικά το σύμπαν. Ο Θαλής εφαντάζετο έναν κόσμο ηλεκτρομαγνητικό όπου το φώς αποτελείται από σωματίδια τα οποία έλκονται όπως το κεχριμπάρι έλκει διάφορα σώματα με την τριβή του ενώ το σύμπαν έχει προέλευση το νερό και το σχήμα του είναι ημισφαιρικό. Ο **Αναξίμανδρος** (610-545 π.Χ) ως πρώτη ύλη του σύμπαντος θεωρεί την γή, το ύδωρ, τον αέρα και την φωτιά. Οι **Πυθαγόριοι** (Ηρακλείδης, Εύδοξος, Κάλιππος) παρεδέχοντο σαν πρώτη γενική αρχή του σύμπαντος το πύρ ενώ η έλξη του προς τα γειτονικά υλικά συνετέλεσε στην μορφοποίηση των ουρανίων σωμάτων (6<sup>ος</sup> αιώνας π.Χ). Κατά τον **Εμπεδοκλή** (495-435 π.Χ) η ανάμειξη της γής, του πυρός και του ύδατος ήταν η αιτία σχηματισμού των ουρανίων σωμάτων. Η ατομική θεωρία του **Λευκίππου** και του **Δημοκρίτου** (5<sup>ος</sup> αιώνας π.Χ) περιγράφει έναν κόσμο ο οποίος αποτελείται από ελάχιστα άτομα υλικά άτομα, ενώ ο μεγάλος φιλόσοφος **Αριστοτέλης** (384-323 π.Χ) edίδασκε για την καθολική ομοιογένεια των στοιχείων του σύμπαντος που δημιουργήθηκαν από τον «*αικίνητο πρότον κανόντα*» Θεό.

## ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ ΑΥΤΗΣ.

Η σύγχρονη Κοσμολογία είναι ένας ιδιαίτερος κλάδος της Αστρονομίας η οποία σε συνδυασμό με την Φυσική επιστήμη, την Φιλοσοφία και την Θεολογία ασχολείται αφ' ενός με την φύση και τους κανόνες οι οποίοι διέπουν το σύμπαν στην καθολικότητά του και αφ' ετέρου με την δημιουργία, την προϊστορία και την εξέλιξή του. Η **Φυσική ή Παρατηρησιακή Κοσμολογία** με τις πραγματοποιούμενες παρατηρήσεις δίνει πληροφορίες γιά την ολότητα του σύμπαντος, ενώ η **Θεωρητική Κοσμολογία** καθιερώνει πρότυπα τα οποία επιτρέπουν την περιγραφή των παρατηρουμένων ιδιοτήτων στο σύμπαν με μαθηματικούς όρους, τα λεγόμενα **Μοντέλα**. Στήν επιστήμη τα μοντέλα θεμελιώνουν την περιγραφή μίας φυσικής θέσεως λαμβάνοντας υπ' όψη αριθμητικές ποσότητες των φυσικών παραμέτρων οι οποίες δίδονται με μαθηματικές εκφράσεις. Ένα ικανοποιητικό μοντέλο πρέπει να είναι σε θέση με τις υφιστάμενες παρατηρήσεις να προβλέπει τυχόν αλλαγές ή προσθήκες.

Η σύγχρονη παρατηρησιακή Κοσμολογία εκτιμά σε κλίμακα μεγάλων αποστάσεων την κατανομή του υλικού στο σύμπαν, τις ταχύτητες των γαλαξιών κλπ, Παραδείγματα κοσμολογικών ερευνών αποτελούν οι ραδιοπηγές ή οι ουράνιες πηγές ακτίνων Χ όπου με την μελέτη των κατανοούμε την εξέλιξη του σύμπαντος. Επίσης με την μέτρηση των ταχυτήτων απομακρύνσεως των μακρυνών γαλαξιών από όπου υπολογίζεται η ταχύτητα διαστολής του σύμπαντος. Μετρώντας την ισοτροπία της ακτινοβολίας διαπιστώνεται η ομοιογένεια του σύμπαντος προς όλες τις κατευθύνσεις.

Η κλασική Μηχανική του Νεύτωνος και του Γαλιλαίου τον 17ον αιώνα δημιουργήθηκε για να εξηγήσει τα φαινόμενα του ορατού μηχανισμού του σύμπαντος. Ένα από τα αξιώματα της Μηχανικής είναι ότι ο χώρος ο οποίος βαζίζεται στην Ευκλείδιο γεωμετρία των τριών διαστάσεων (μήκος-πλάτος-ύψος) είναι σταθερός και απόλυτος μέσα στον οποίο τοποθετούνται τα φυσικά φαινόμενα ανεξαρτήτως της θέσεως παρατηρήσεώς των. Ο χρόνος είναι μια ξεχωριστή οντότητα, απόλυτος και παγκόσμιος για όλους τους παρατηρητές ανεξάρτητα από την θέση των όπου η κίνηση των ουρανίων σωμάτων καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η θέση των με την πάροδο του χρόνου. Η θεωρία του νόμου της Παγκοσμίου Έλξεως του **Νεύτωνος** βάσει της οποίας τα ουράνια σώματα αλληλοέλκονται προυπέθεταν την ύπαρξη ενός αγνώστου για την εποχή «αιθέρος» ο οποίος πληρεί το σύμπαν.

Τον 19ον αιώνα και συγκεκριμένα το έτος 1860 διατυπώνεται η Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία από τον **James Maxwell** (1831-1879) ο οποίος κατόρθωσε να ενοποιήσει τις θεωρίες περί ηλεκτρισμού και μαγνητισμού με βάση την ιδέα των **ηλεκτρομαγνητικών πεδίων**. Οι εξισώσεις του περιγράφουν την σχέση μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων κατά έναν πρωτοποριακό τρόπο γιά εκείνη την εποχή, όπου ο χώρος δεν είναι κενός, αλλά παρουσιάζει ιδιότητες σχετικές με τον ηλεκτρομαγνητισμό. Τα διάφορα οπτικά φαινόμενα εξηγούνται με την κυματοειδή φύση του φωτός.

Η σύγχρονη Κβαντομηχανική εμφανίζεται το έτος 1900 από τον Γερμανό **Max Planck** (1858-1947) ο οποίος επινόησε την **Θεωρία των Κβάντων** σύμφωνα με την οποία η ύλη εκπέμπει ή απορροφά την ακτινοβολία όχι συνεχώς, αλλά με συγκεκριμένα "πακέτα", τα λεγόμενα κβάντα ή φωτόνια τα οποία είναι ανάλογα της συχνότητας της ακτινοβολίας ( $\nu$ ) επί έναν σταθερό συντελεστή ( $h$ =κβαντική σταθερά). Τα φωτόνια έχουν μάζα και βάρος και θεωρούνται σαν ενέργεια κινούμενα με την ταχύτητα του φωτός. Το έτος 1926 ο **W.**

**Heinzeberger** εφαρμόζοντας την Κβαντομηχανική στον μικρόκοσμο των ατόμων και των πυρήνων των, περιέγραψε τους μαθηματικούς κανόνες με τους οποίους γίνεται η διάσπασή των.

**Η θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας.** Το έτος 1905 δημοσιεύεται από τον **Albert Einstein** η θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας σε αντίθεση με την κλασική Μηχανική η οποία δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει την βαρύτητα και τον ηλεκτρισμό. Με αφετηρία τις διατυπωθείσες διαφορές υπό του **Lorentz** για τον μετασχηματισμό της Μηχανικής και Ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας, η Ειδική και η Γενική Σχετικότητα απέδειξε μαθηματικά ότι οι τρεις διαστάσεις του μήκους, του πλάτους και του ύψους είναι ενωμένες με την διάσταση του χρόνου ώστε να αποτελούν ένα αδιάλυτο κράμα, τον χωροχρόνο. Είναι το λεγόμενο τετραδιάστατο συνεχές. Σε αυτό το συνεχές οι διαφορετικοί παρατηρητές έχουν διαφορετική αντίληψη περί του χώρου και του χρόνου. Ενώ κατά τον Νεύτωνα τα αντικείμενα δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν χωρίς τον χώρο, κατά τον Einstein ο χώρος δεν υπάρχει χωρίς αντικείμενα. Για παράδειγμα ένα υλικό σώμα με σχετική κίνηση προς τον παρατηρητή φαίνεται μικρότερο κατά την διεύθυνση της κινήσεώς του από έναν παρατηρητή ο οποίος ευρίσκεται επάνω σε αυτό κινούμενος μαζί του.

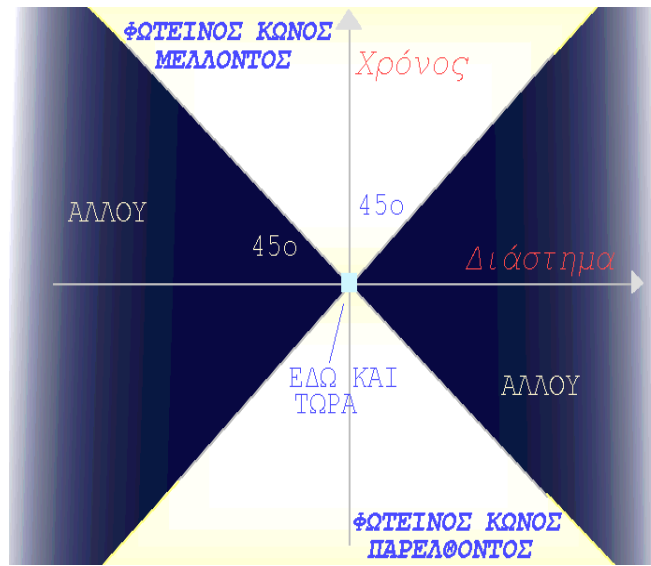
Π.χ ράβδος ενός μέτρου η οποία ευρίσκεται επάνω στο σώμα αυτό και παράλληλη με την κίνησή του σώματος θα φαίνεται μικρότερη κατά το μήκος της στον δεύτερο παρατηρητή. Συστολή η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο η ταχύτητά της είναι πιο μεγάλη, ταχύτητα που σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατόν να υπερβεί την ταχύτητα του φωτός η οποία είναι αξεπέραστο όριο. Επίσης η συστολή των μηκών συνοδεύεται από φαινομενική επιβράδυνση των ρολογιών με αποτέλεσμα ο χρόνος για τον κινούμενο παρατηρητή να κυλά πιο αργά σε σχέση με τον χρόνο του άλλου παρατηρητή. Η Γενική Σχετικότητα προβλέπει επίσης ότι κανένα υλικό σώμα δεν είναι δυνατόν να κινηθεί γρηγορότερα από την ταχύτητα του φωτός. Στην υπέρβαση της ταχύτητας του φωτός, το σώμα μετατρέπεται σε ενέργεια ( $E=mc^2$ ). Συνεπώς η ύλη θεωρείται συμπυκνωμένη ενέργεια η οποία έχει και μάζα και βάρος.

**Η έννοια του χωροχρόνου.** Κατά έναν ορισμό, χρόνος είναι η έννοια της διάρκειας ή της αλληλουχίας η οποία εκφράζεται σαν «πρίν» ή «μετά» και αποτελεί ουσιώδες δεδομένο της συνειδήσεως. Φιλοσοφικά, ο Πλάτων δέχεται ότι ο χρόνος δεν είναι δυνατόν να υπάρξει χωρίς κίνηση, ενώ ο Νεύτων στο σύγγραμμά του «Principia» κατηγορηματικά διατύπωσε την άποψη ότι ο μαθηματικός χρόνος έχει απόλυτη υπόσταση ανεξάρτητα από τα φαινόμενα που διαδραματίζονται μέσα σε αυτόν. Ο χωροχρόνος βάσει της Σχετικότητας καθορίζεται σαν μία περιοχή όπου παρατηρούνται όλα τα ουράνια σώματα (πλανήτες, αστέρες, γαλαξίες) τα οποία περιγράφονται μεταξύ των με την διάσταση του χρόνου (παρελθόν-παρόν-μέλλον) και με την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή σε σχέση με την ίδια κίνηση του παρατηρητή. Η περιγραφή του χωροχρόνου είναι η ίδια για όλους τους παρατηρητές στο σύμπαν, ενώ τα διαστήματα του χώρου και του χρόνου μεταξύ των δέν είναι όμοια.

**Διάγραμμα του χωροχρόνου.** Η έννοια του επίπεδου χωροχρόνου είναι δυνατόν να παρουσιασθεί σε ένα διάγραμμα όπου ο οριζόντιος άξονας παριστάνει θέσεις σε μία από τις τρεις διαστάσεις (μήκος-πλάτος-ύψος). Η θέση του παρατηρητή ευρίσκεται στην αρχή του διαγράμματος και ονομάζεται "εδώ και τώρα", όπου το "εδώ" είναι η θέση του παρατηρητή στο διάστημα και

το "τώρα" είναι ο παρόν χρόνος. Η επάνω από τον οριζόντιο άξονα περιοχή παριστάνει το μέλλον και η κάτω περιοχή το παρελθόν.

Παραδείγματος χάριν, εάν η πρώτη μετακίνηση στον άξονα του διαστήματος



αντιπροσωπεύει "ένα έτος φωτός από εδώ", η αντίστοιχη μετακίνηση στον άξονα του χρόνου δηλώνει "ένα έτος από τώρα". Επειδή το φως με την γνωστή του ταχύτητα ταξιδεύει ένα έτος σε ένα έτος του χρόνου, η διέλευσή του σχηματίζει γωνία 45 μοιρών στο διάγραμμα. Τα υλικά σωματίδια όμως που ταξιδεύουν πάντα με μικρότερη ταχύτητα από αυτήν των 300.000

χιλ/δευτερόλεπτο αμβλύνουν την γωνία

περισσότερο από 45ο ανάλογα με την ταχύτητά των. Οι φωτεινές περιοχές του διαγράμματος εκατέρωθεν των 45ο είναι οι κώνοι του μέλλοντος και τού παρελθόντος, όπου ο παρατηρητής θεωρητικά είναι δυνατόν να μεταβεί ή να στείλει φως. Γεγονότα έξω από τους δύο αυτούς κώνους χαρακτηρίζονται σαν "αλλού" επειδή για να ταξιδεύσουν στον παρατηρητή χρειάζονται ταχύτητα μεγαλύτερη του φωτός.

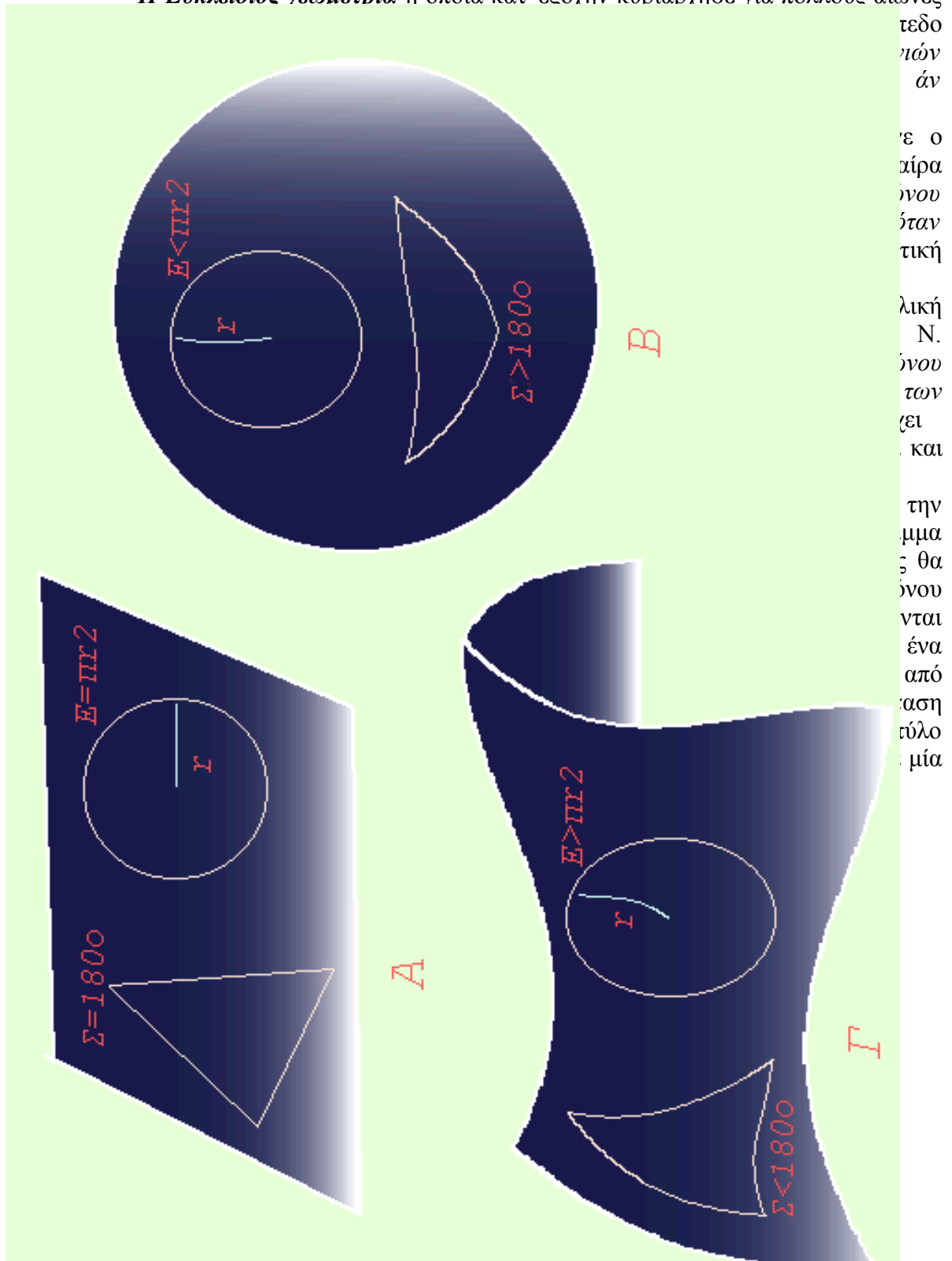
Το διάγραμμα υφίσταται παραμόρφωση σε ένα σφαιρικό χωροχρόνο, η καμπυλότητα του οποίου εξαρτάται από την παρουσία υλικών μαζών και ενεργείας, όπου κατά έναν ορισμό, ο χώρος υποδεικνύει στην ύλη πώς να κινείται, και η ύλη καθορίζει το πώς ο χρόνος να παραμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στην θεωρία της Γενικής Σχετικότητας

**Η Γενική Σχετικότητα.** Μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνας και συγκεκριμένα το έτος 1916 όπου ο Albert Einstein ολοκλήρωσε την διατύπωση της θεωρίας της Γενικής Σχετικότητας, επικρατούσε η άποψη ότι όλα τα ουράνια σώματα και τα αστρονομικά φαινόμενα διέπονται αποκλειστικά και μόνο από τον νόμο της Παγκοσμίου Έλξεως. Η θεωρία του Νεύτωνα σε συνδυασμό με τους νόμους του Κέπλερ εξηγούσε με ικανοποιητικό αλλά όχι απόλυτο τρόπο τις κινήσεις των μελών του πλανητικού συστήματος και γενικότερα των αστρικών συστημάτων με αναφορά στις τρεις γνωστές διαστάσεις, του μήκους, του πλάτους και του ύψους. Η κεντρική ιδέα της θεωρίας της Γενικής Σχετικότητας προσθέτει την διάσταση του χρόνου όπου η βαρύτητα δεν είναι στην πραγματικότητα μία δύναμις, αλλά το φυσικό επακόλουθο της παραμορφώσεως των τεσσάρων διαστάσεων του χωροχρόνου από μία μικρή ή μεγάλη ποσότητα ύλης στο διάστημα (πλανήτης, αστέρας, γαλαξίας). Καθώς τα αντικείμενα αυτά κινούνται στον χωροχρόνο ο οποίος αποτελεί μορφή της γεωμετρίας του σύμπαντος, είναι σαν να "κυλάνε" μέσα και έξω από αυτές τις παραμορφώσεις τις οποίες δεν είναι δυνατόν να δούμε. Αυτό που διαπιστώνουμε είναι η επίδραση της βαρύτητας των ουρανίων σωμάτων. Ενώ σε ένα σύμπαν τριών διαστάσεων αναφερόμαστε σε "σημεία", στο τετραδιάστατο σύμπαν αυτά τα σημεία παρουσιάζονται σαν "γεγονότα".

Δέν είναι δηλαδή αρκετό να πούμε ότι "ένα γεγονός συμβαίνει", αλλά "ο χρόνος μέσα στον οποίο αυτό το γεγονός συμβαίνει" μέσα σε έναν συγκεκριμένο χώρο του διαστήματος. Εάν υποθέσουμε ότι στο σύμπαν απουσιάζουν η μάζα ή η ενέργεια και συνεπώς και η βαρύτητα, τότε ο χωροχρόνος θα είναι τελείως επίπεδος χωρίς να παρουσιάζει παραμορφώσεις. Παραδείγματος χάριν φαντασθείτε την επιφάνεια της γής μας η οποία όταν παρατηρείται από το διάστημα φαίνεται κυκλική στο σύνολό της, ενώ μία μικρή κλίμακα αυτής σε μεγέθυνση δίδει την εντύπωση ότι είναι επίπεδη.

**Η γεωμετρία του επιπέδου και του καμπύλου χωροχρόνου.** Η έννοια του χωροχρόνου ευκολότερα κατανοείται σε ένα χώρο τριών διαστάσεων, η πιθανή μορφή του οποίου περιγράφεται από τις εξής γεωμετρίες όπως παρουσιάζονται στην διπλανή σελίδα.

**Η Ευκλείδειος γεωμετρία** η οποία κατ' εξοχήν κυριάρχησε για πολλούς αιώνες



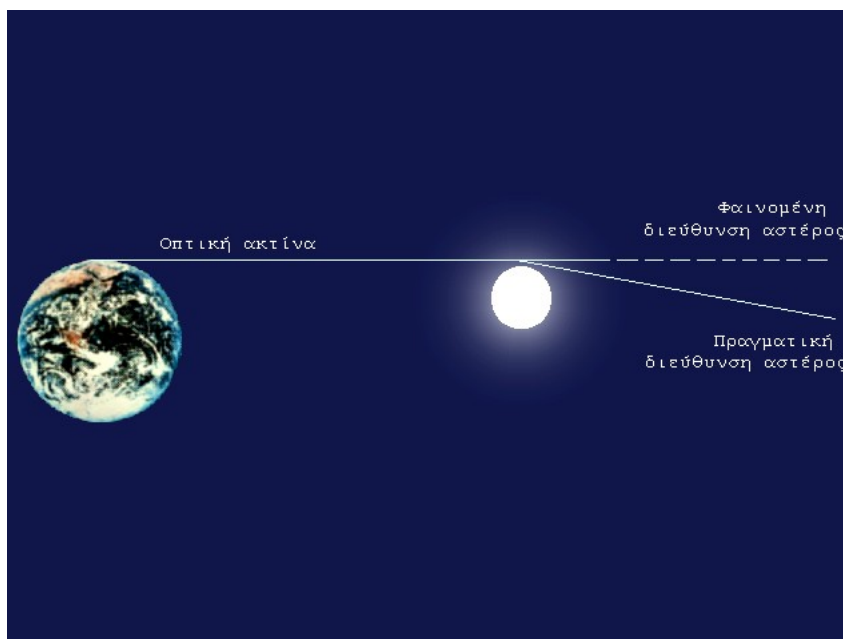
τεδο  
ιών  
άν  
  
ε ο  
αίρα  
όνου  
όταν  
τική  
  
λική  
N.  
όνου  
των  
ζει  
και  
  
την  
μμα  
ς θα  
όνου  
νται  
ένα  
από  
αση  
τύλο  
μία

Οι τρεις γεωμετρίες χώρου.

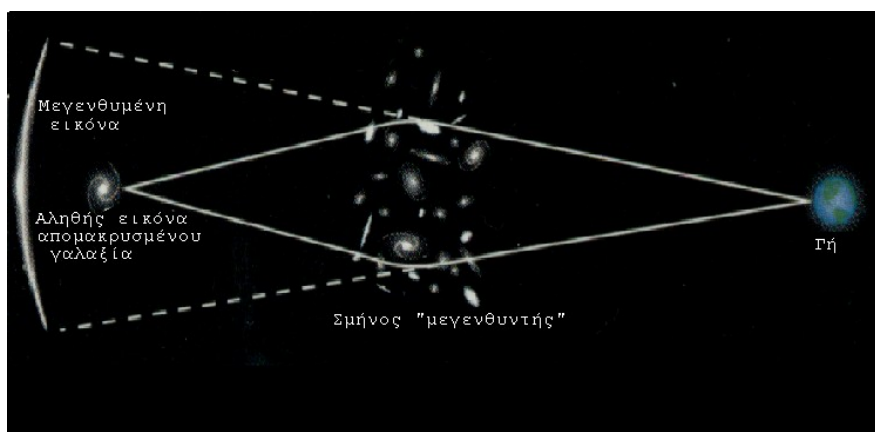
δύο σημείων είναι βραχύτερη στην περιφέρεια από αυτήν που διέρχεται από το κέντρο της σφαίρας.

Μία βασική αρχή της Γενικής Σχετικότητας είναι ότι κάθε φυσικός νόμος έχει καθολική ισχύ σε ένα οποιοδήποτε σημείο του χωροχρόνου. Οι νόμοι είναι νόμοι του χωροχρόνου και όχι νόμοι των σημείων. Επίσης το αξίωμα ότι η επιτάχυνση είναι ισοδύναμη με την βαρύτητα αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της θεωρίας (*αρχή της ισοδυναμίας*).

**Αποτελέσματα της Γενικής Σχετικότητας.** Μία αληθοφανής απόδειξη της θεωρίας της Γενικής Σχετικότητας είναι η καμπύλωση του χωροχρόνου κοντά στον ήλιο, η μάζα του οποίου είναι αιτία της αποκλίσεως της διεύθυνσεως των φωτεινών ακτίνων αστέρων οι οποίοι προβάλλονται πίσω από τον ήλιο (σχήμα). Η θεωρία επιβεβαιώθηκε κατά την ολική έκλειψη ηλίου της 19/5/1919 όπου με σύγκριση των θέσεων των αστέρων στο ίδιο οπτικό πεδίο με εκείνο όπου ευρίσκετο ο ήλιος διαπιστώθηκε διαφορά των πραγματικών θέσεων των κατά 1,75" τόξου όπως προέβλεπε η θεωρία.



Τα αποτελέσματα της Γενικής Σχετικότητας επιβεβαιώνονται και στην περίπτωση της μεταθέσεως του περιηλίου του πλανήτη Ερμή κατά 43" περίπου κάθε χρόνο, ποσό μεγαλύτερο από την μετατόπιση η οποία συμβαίνει βάσει των νόμων της παγκοσμίου έλξεως (531"/ανά έτος) από την μεγάλη έλξη του ηλίου όταν ο Ερμής τον πλησιάζει αισθητά λόγω της μεγάλης εκκεντρότητας της τροχιάς του. Ανάλογη είναι η περίπτωση καθυστερήσεων λήψεως των ραδιοσημάτων του διαστημοπλοίου Viking 1 από τον Άρη προς τη Γή όταν μεταξύ των δύο πλανητών παρεμβαλλόταν ο ήλιος, η μάζα του οποίου καμπύλωνε τον χρόνο λήψεως των σημάτων κατά 200 μικροδευτερόλεπτα. Μία μεγάλη στρέβλωση του χωροχρόνου στο εξωγαλαξιακό διάστημα



δημιουργείται με τους **βαρυτικούς φακούς** όπου μεταξύ ενός μακρινού γαλαξία παρεμβάλλεται ένα ογκώδες γαλαξιακό σμήνος ή άλλος σπειροειδής γαλαξίας, η βαρύτητα των οποίων είναι αιτία μεγενθύσεως ή και τετραπλασιασμού της εικόνας του quazar ή του γαλαξία (σχήμα). Σαν παραδείγματα αναφέρουμε το κυκλικό είδωλο του Quazar MG 1654+1348 (**δακτυλίδι Einstein**) όπως και την τετραπλή εικόνα ενός Quazar (**σταυρός Einstein**).

Αποτέλεσμα της αρχής της ισοδυναμίας μεταξύ βαρύτητας και επιταχύνσεως είναι η παρουσιαζόμενη **ερυθρά μετατόπιση** του φάσματος λόγω βαρύτητας όπου σε έναν αστέρα τα φωτόνια χάνουν ενέργεια καθώς ταξιδεύουν σε περιοχές με μεγάλη βαρύτητα. Παρόμοιο γεγονός αλλά με πολύ μικρή μετατόπιση παρατηρείται στον ήλιο με εμπόδιο όμως την δυναμική του ατμόσφαιρα. Βαρυτικές ερυθρές μετατοπίσεις 1000 φορές μεγαλύτερες της ηλιακής μετρώνται στις λεπτές ατμόσφαιρες των λευκών νάνων οι οποίοι όμως έχουν την ίδια μάζα με τον ήλιο ή και μεγαλύτερες (αστέρες νετρονίων).

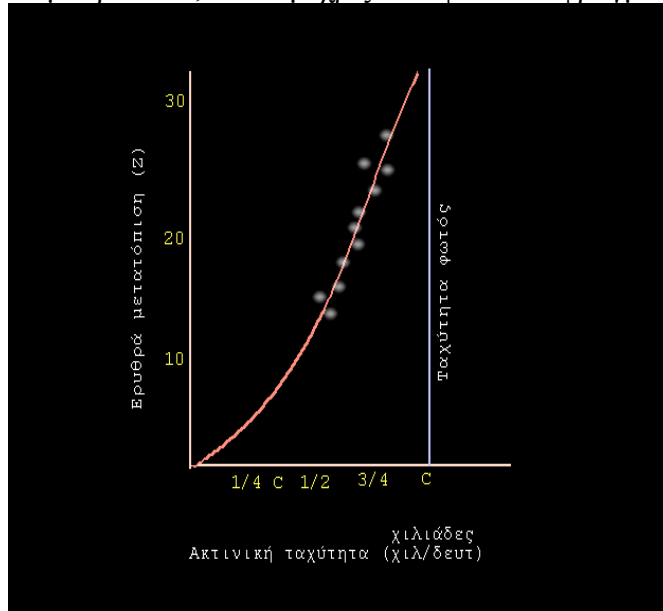
Η Γενική Σχετικότητα προβλέπει και μία εξήγηση για τα **κύματα βαρύτητας** τα οποία ως γνωστό παράγονται κυρίως είτε από εκρήξεις υπερκαινοφανών αστέρων ή από ζεύγη αστέρων νετρονίων κυρίως. Τα κύματα βαρύτητας τρέχουν με την ταχύτητα του φωτός και χαρακτηρίζονται σαν κύματα καμπυλότητας του χωροχρόνου, τον οποίο και τον διαταράσσουν τοπικά. Σε ένα διπλό σύστημα αστέρων νετρονίων δαπανάται ενέργεια ικανή για εκπομπή κυμάτων βαρύτητας εκατέρωθεν των δύο αστέρων με σπειροειδή μορφή. Επαλήθευση της θεωρίας είναι η συρρίκνωση της χρονικής περιόδου περιστροφής των δύο αστέρων.

Μεγάλη καμπύλωση του χωροχρόνου προξενείται και από τις **μελανές οπές** όπου αυτές παρουσιάζονται εξαφανισμένες επειδή το φως εγκλωβίζεται μέσα σε αυτές και είναι εντελώς άγνωστες οι περιοχές με τις οποίες συγκοινωνούν. Με βάση την Μετρική των Robertson-Walker ο χωροχρόνος διαχωρίζεται σε δύο έννοιες κοινές για όλους τους παρατηρητές, το καμπύλο διάστημα και τον κοσμικό χρόνο. Αυτός ο διαχωρισμός εξαρτάται από τις μεγάλες χωροχρονικές καμπυλώσεις όπου στις μελανές οπές η κατανομή του χώρου και του χρόνου διαταράσσεται ισχυρά.

## Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ.

**Ο παγκόσμιος νόμος του Hubble.** Το έτος 1919 ο αστρονόμος Edwin Hubble εξετάζοντας το φάσμα του νεφελοειδούς της Ανδρομέδας στο αστεροσκοπείο Wilson διαπίστωσε ότι οι φασματικές ραβδώσεις παρουσιάζουν μετατοπίσεις προς το ερυθρό τμήμα, γεγονός από το οποίο τελικά συμπεραίνεται ότι ο κοντινός μας μεγάλος σπειροειδής γαλαξίας απομακρύνεται ταχύτατα από τον παρατηρητή και κατά συνέπεια από τον ίδιο το γαλαξία μας. Από την γενική αρχή των Doppler-Fizeaux είναι γνωστό ότι όταν ένα κινούμενο φωτεινό σώμα μας πλησιάζει τότε οι γραμμές του φάσματός του μετατίθενται προς το ιώδες μέρος, ενώ στην αντίθετη περίπτωση όταν αυτό απομακρύνεται οι γραμμές συγκλίνουν προς τα δεξιά, στην ερυθρή περιοχή. Η παρουσιαζόμενη μετατόπιση προς το ερυθρό του φάσματος των γαλαξιών έχει επικρατήσει να ονομάζεται με τον όρο **redshift** και συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα *z*.

Βάσει των τύπων της φυσικής η πραγματική ταχύτητα με την οποία απομακρύνεται ο νεφελοειδής της Ανδρομέδας ανέρχεται σε πολλές δεκάδες χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Κατά παρόμοιο τρόπο, στα φάσματα άλλων μακρυνότερων γαλαξιών ο Hubble και οι συνεργάτες του αστρονόμοι διαπίστωσαν μεγαλύτερες μετατοπίσεις στο ερυθρό, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγαλύτερες ταχύτητες απομακρύνσεως από τον γαλαξία μας. Ισχύει ο κανόνας ότι όσο πιο μακριά είναι ένας γαλαξίας, τόσο αναλογικά αυξάνεται το  $z$  και συνεπώς η ταχύτητα με την οποία απομακρύνεται, αλλά μέχρις του φυσικού φραγμού της ταχύτητας του φωτός



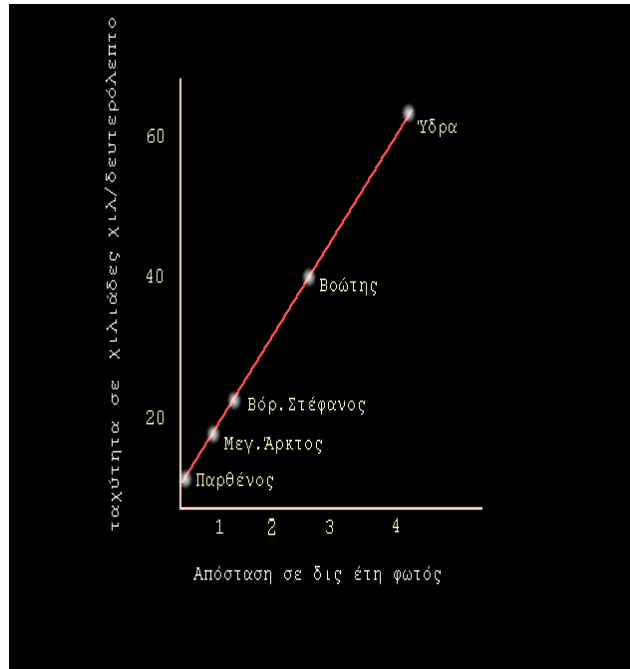
( $c = 300.000$  χιλ/δευτερόλεπτο). Η ταχύτητα του φωτός είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί ένα υλικό σώμα και στην υπέρβασή της η ύλη μετατρέπεται σε ενέργεια. (Θεωρία Ειδικής Σχετικότητας). Η ευρεθείσα σχέση αποστάσεων και

ταχυτήτων απομακρύνσεως των γαλαξιών αποτελεί τον καθολικό νόμο του Hubble (1929), όπως παρουσιάζεται στο διπλανό σχήμα. Στην αρχή διαμορφώθηκε η άποψη ότι μεταξύ των γαλαξιών επικρατεί ο νόμος της απώσεως σε αντίθεση με τον νόμο της παγκοσμίου έλξεως που εφαρμόζεται μόνο μέσα στον χώρο των αστερών και των πλανητών, όπως επίσης ότι η ερυθρά μετατόπιση οφείλεται στην Γενική σχετικότητα (αρχή της ισοδυναμίας). Όμως ο νόμος του Hubble αποτελεί την ισχυρή απόδειξη ότι το σύμπαν δεν είναι στατικό, αλλά διαστέλλεται κάτω από την χρονική διάσταση. Αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα σύμφωνα με την επικρατέστερη θεωρία της Μεγάλης Εκρήξεως (Big-Bang) είναι ότι διαστέλλεται ο χώρος του σύμπαντος, επάνω στον οποίο "επιπλέουν" οι γαλαξίες. Η αρχική εντύπωση που δημιουργείται είναι ότι ο γαλαξίας μας κατέχει το κέντρο του σύμπαντος και όλοι οι άλλοι γαλαξίες απομακρύνονται από αυτόν, πράγμα που όμως δεν συμβαίνει, γιατί απλούστατα σε όποιο γαλαξία και να βρεθούμε, θα μάς δημιουργείται η ανάλογη εντύπωση ότι δηλ. αυτός κατέχει το κέντρο της διαστολής.

Το φαινόμενο της φυγής των γαλαξιών είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί με ένα μπαλόνι που στην απλούστερή του μορφή παριστάνει το σύμπαν, επάνω στο οποίο είναι ζωγραφισμένες μικρές κουκκίδες οι οποίες αντιπροσωπεύουν τους διάφορους γαλαξίες. Με το σταδιακό φούσκωμα του μπαλονιού θα μεγαλώνει ο όγκος του με αποτέλεσμα οι κουκκίδες να απομακρύνονται μεταξύ των. Αν υποθέσουμε ότι μια ορισμένη κουκκίδα παριστάνει τον γαλαξία μας, τότε οι πιο μακρινές κουκκίδες θα φαίνονται ότι μετατοπίζονται γρηγορότερα από τις κοντινότερες, ενώ όποια κουκκίδα θεωρήσουμε σαν κέντρο, θα παρατηρούμε ανάλογα φαινόμενα απομακρύνσεως.

### Διάγραμμα του Hubble.

Σε αυτό το διάγραμμα με τεταγμένη τις αποστάσεις και τετμημένη τις ταχύτητες των γαλαξιών (γαλαξιακών συστροφών) ο Hubble προσπάθησε να υπολογίσει τις ταχύτητες διαφυγής των γαλαξιών για κάθε 1 megaparsec απόσταση. Όμως στις παρουσιαζόμενες μεγάλες μετατοπίσεις προς το ερυθρό η μορφή του διαγράμματος δεν είναι αληθοφανής, αλλά εξαρτάται από την πιθανή γεωμετρία του σχήματος του σύμπαντος.



### Η σταθερά Hubble (H<sub>0</sub>).

Είναι ένας υποθετικά σταθερός αριθμός ο οποίος προσπαθεί να καθορίσει από το προηγούμενο διάγραμμα την ταχύτητα με την οποία διαστελλεται το σύμπαν ανάλογα με την χρονική διάσταση. Όμως δεν είναι εύκολο να υπολογισθεί σε κλίμακες εξωγαλαξιακών αντικειμένων στο διαστελλόμενο σύμπαν. Η H<sub>0</sub> τροποποιείται με την αύξηση των χωροχρονικών αποστάσεων και χάνει την έννοια της σταθεράς, γι' αυτό ονομάζεται και *παράμετρος του Hubble*. Πάντως η σταθερά του Hubble για κάθε απόσταση ενός megaparsec (mpc) κυμαίνεται μεταξύ 50-100 χιλ/δευτερόλεπτο.

## TA MONTELLA TOY SYMΠANTOS.

Ο 20ος αιώνας με την αλματώδη πρόοδο των φυσικών και μαθηματικών επιστημών όπως και της Αστροφυσικής, δημιούργησε τις προϋποθέσεις εκείνες δια μέσω διαφόρων θεωριών από όπου ο άνθρωπος άρχισε τελικά να κατανοεί τον ασύλληπτο στον νού του μέχρι τότε σύμπαν του μακροκόσμου και μικροκόσμου. Από την Σχετικότητα και την Κβαντομηχανική μέχρι τις τελευταίες σύγχρονες θεωρίες σε συνδυασμό με την τεχνολογική πρόοδο του ανθρώπου στο διάστημα όπου με την λήψη ουσιωδών πληροφοριών αφ' ενός και αφ' ετέρου με την εξέλιξη των επιταχυντών σωματιδίων από όπου ερευνάται η δομή του ατόμου, τελικά έρχεται στο προσκήνιο η πλέον αξιόπιστη θεωρία της Μεγάλης Εκρήξεως (Big-Bang) βάσει της οποίας δημιουργήθηκε από το Μηδέν το εξελισσόμενο ορατό Σύμπαν. Αξίζει εδώ να συνοψίσουμε όλες τις θεωρίες εκείνες με τις οποίες παρουσιάζεται το μέγεθος, η δημιουργία και η πιθανή μορφή του Σύμπαντος.

**Το τετραδιάστατο Σύμπαν των Einstein-Minkowski.** Οι πολύπλοκες και δυσκολονόητες εξισώσεις της Γενικής Σχετικότητας τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνας μάς παρουσιάζουν ένα κλειστό σφαιρικό χωροχρονικό σύμπαν το οποίο δεν είναι δυνατόν να είναι άπειρο, αλλά συνάμα είναι και "περιορισμένο" και "πεπερασμένο", η δε ισορροπία του εξασφαλίζεται από τις

δυνάμεις της έλξεως και της απώσεως για μια ωρισμένη πυκνότητα της ύλης.. Αυτό από πρώτη όψη φαίνεται ότι δεν είναι λογικό, και οφείλεται στο γεγονός ότι δέν είναι δυνατόν να κατανοηθεί άμεσα η έννοια του χωροχρόνου. Ο ορισμός αυτός γίνεται σαφέστερος με το παράδειγμα μιάς ακτίνας φωτός η οποία κατευθύνεται ευθύγραμμα μέσα στο διάστημα. Αυτή η ακτίνα δεν θα σταματούσε πουθενά διότι το σύμπαν του Einstein δεν είναι πεπερασμένο, αλλά δέν θα απομακρυνόταν και στο άπειρο διότι το σύμπαν δέν είναι περιορισμένο και τελικά η φωτεινή ακτίνα θα κατάληγε στο σημείο από όπου αναχώρησε για τον λόγο ότι αυτή θα καμπυλωνόταν συνέχεια στον χώρο. Η απλούστερη μέτρηση του διαστήματος (s) για έναν επίπεδο χωροχρόνο σε ένα κλειστό σύμπαν χωρίς υλικές παραμορφώσεις δίδεται από τον τύπο  $s^2 = t^2 - (x^2 + y^2 + z^2)/c^2$ . Ένα άλλο κατανοητότερο παράδειγμα παρουσιάζεται σε έναν χώρο τριών διαστάσεων όπου ένας άνθρωπος βαδίζει συνεχώς στην επιφάνεια της γής όλο εμπρός και σε ευθεία γραμμή. Ο οδοιπόρος μας δέν θα συναντούσε ποτέ πέρατα, αλλά μόνον στην περίπτωση κατά την οποία η γή είχε μόνο δύο διαστάσεις (επίπεδη και κυκλική). Συνεπώς κατά το βάδισμά του δεν θα σταματούσε πουθενά αλλά όμως θα περνούσε από το σημείο όπου αναχώρησε. Η αντίληψη που θα διαμόρφωνε θα ήταν ότι η γή είναι πεπερασμένη, αλλά συγχρόνως ότι δεν έχει και όρια επειδή θα εκινείτο επ' άπειρον στην ίδια διεύθυνση όπως και θά ήταν σε θέση να μετρήσει πόσα χιλιόμετρα διατρέχει. Κατά παρόμοιο τρόπο στο σύμπαν του Einstein ο αστρονόμος θεωρητικά είναι σε θέση και να μετρήσει όλους τους γαλαξίες που το αποτελούν και να υπολογίσει την ακτίνα του, εφ' όσον το σύμπαν είναι περιορισμένο.

**Η κοσμολογική σταθερά.** Ο Einstein μετά την ολοκλήρωση της θεωρίας του είχε την πεποίθηση ότι το σύμπαν είναι στατικό άν και οι εξισώσεις του έδειχναν ακριβώς το αντίθετο ότι δηλαδή και δυναμικό είναι, και επεκτείνεται. Αποδεχόμενος με επιφύλαξη την στατικότητα του σύμπαντος, εισήγαγε στις εξισώσεις του έναν πρόσθετο όρο, την κοσμολογική σταθερά (σύμβολ.  $\lambda$ ), η οποία "διορθώνει" τρόπον τινά τις δυνάμεις ασταθούς ισορροπίας του σύμπαντος προκειμένου αυτό να παραμείνει αδιατάρακτο. Η κοσμολογική σταθερά εξαρτάται από την μέση πυκνότητα της ύλης και της ακτινοβολίας αυτής. Εάν η μέση πυκνότητα είναι κατώτερη της τιμής της κοσμολογικής σταθεράς, η απώθηση υπερνικά την έλξη και το σύμπαν διαστέλλεται, ενώ σε αντίστροφη περίπτωση το σύμπαν θα συστέλλεται.

Όμως στην επόμενη δεκαετία και κύρια με την διαπίστωση από τον Edwin Hubble (1929) του φαινομένου των απομακρύνσεων και της συνεχούς διαφυγής των γαλαξιών από την γή με ταχύτητες ανάλογες των αποστάσεων των αποδείχθηκε περίτρανα ότι το σύμπαν και διαστέλλεται και επεκτείνεται. Με αυτό το γεγονός τελικά υποχρεώθηκε ο Einstein να διακηρύξει το έτος 1932 ότι η κοσμολογική σταθερά ισούται με το μηδέν ενώ την αποκάλεσε ως "το μεγαλύτερο λάθος της ζωής του".

**Το μοντέλο De Sitter.** Διατυπώθηκε το 1917 από τον De Sitter βάσει του οποίου το σύμπαν διαστέλλεται αλλά με την απουσία υλικού και ακτινοβολίας. Αυτή η εσφαλμένη υπόθεση είναι ιστορικά ενδιαφέρουσα επειδή αποτελεί τον προπομπό της ιδέας ότι πράγματι το σύμπαν διαστέλλεται όπως αποδείχθηκε μετά με το φαινόμενο της απομακρύνσεως των γαλαξιών.

**Το Σύμπαν Friedman.** Το έτος 1922 ο Ρώσος μαθηματικός Alexander Friedman (1888-1925) στις εργασίες του απέδειξε ένα λάθος στην κοσμολογική σταθερά κατά τρόπον ώστε πιθανά μοντέλα διαστελλομένου και παλλομένου σύμπαντος να είναι εφικτά στην Γενική Σχετικότητα. Εάν η πυκνότητα των υλικών του σύμπαντος είναι μεγαλύτερη από μία οριακή

τιμή, την λεγόμενη **κρίσιμη πυκνότητα**, τότε το σύμπαν θα καταρρεύσει ενώ εάν είναι μικρότερη, το σύμπαν θα διαστέλλεται διαρκώς. Στην περίπτωση κατά την οποία είναι ίση με την κρίσιμη πυκνότητα, τότε το σύμπαν πάλι θα διαστέλλεται αλλά με επιβραδυνόμενο ρυθμό. Το σύμπαν Friedman είναι ομογενές και ισότροπο όπου ο χωροχρόνος είναι δυνατόν να διαχωρισθεί σε δύο έννοιες κοινές για όλους τους παρατηρητές, το καμπύλο διάστημα και τον κοσμικό χρόνο. (Μετρική Robertson-Walker).

**Η υπόθεση του Lemaitre.** Διατυπώθηκε το 1927 από τον Βέλγο ιερέα και μαθηματικό George Lemaitre (1894-1966) και είναι η πρώτη θεωρία στο προσκήνιο η οποία ανατρέπει στην ιστορική προέλευση του σύμπαντος η οποία λέγεται και θεωρία του **κοσμικού ατόμου**. Ο Lemaitre είχε την άποψη ότι το σύμπαν προέρχεται από την απότομη διαστολή μιάς απειροελάχιστης ποσότητας ενεργείας την οποία ονομάζει κοσμικό άτομο σε μία χρονική εποχή κατά την οποία το σύμπαν ήταν συμπιεσμένο σε μία υπέρπυκνη μάζα μεγέθους ενός πρωτονίου όπου όλη η ύλη και η ενέργειά του ήταν περιορισμένη σε ένα και μοναδικό μαθηματικό σημείο. Αυτή η θεωρία αποτελεί τον προπομπό της σύγχρονης θεωρίας της Μεγάλης Εκρήξεως.

**Το εκραγέν σύμπαν του Milne.** Η θεωρία του Edward Milne η οποία παρουσιάστηκε το 1948 μας παρουσιάζει ένα ανοικτό με αρνητική καμπυλότητα διαστελλόμενο σύμπαν χωρίς την χρήση της Γενικής Σχετικότητας όπου αυτό κατά τα πρώτα στάδια της υπάρξεώς του εξερράγη δημιουργώντας τους γαλαξίες και τους αστέρες. Αποτελεί την πρώτη σε διατύπωση θεωρία η οποία δέχεται την αρχική εξέλιξη του σύμπαντος κατά εκρηκτικό τρόπο. Το σύμπαν του Milne κατά την έκρηξή του είχε ισοτροπία και ομοιογένεια ενώ υπήρχε απουσία υλικού.

## Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΡΗΞΕΩΣ (BIG-BANG).

**Γενικά.** Το αληθοφανέστερο μοντέλο για την δημιουργία και την εξέλιξη του σύμπαντος των τεσσάρων διαστάσεων συμπεριλαμβανομένων των θεμελιωδών φυσικών δυνάμεων, του μικροκόσμου των ατόμων όπως και του μακροκόσμου των γαλαξιών, των αστερών και πλανητών αποτελεί η θεωρία της Μεγάλης Εκρήξεως με προπομπούς το κοσμικό άτομο Lemaitre αφ' ενός και αφ' ετέρου το εκρηκτικό σύμπαν του Milne. Η Μεγάλη Έκρηξη αντιτίθεται με την θεωρία κατά την οποία το σύμπαν δημιουργήθηκε κατά τρόπο στατικό, βάσει της οποίας η προσθήκη σε αυτό νέου υλικού είναι αιτία της διαστολής του. Τα ισχυρά επιχειρήματα της θεωρίας της Μεγάλης Εκρήξεως επάνω στα οποία βασίζεται είναι το γεγονός της απομακρύνσεως των γαλαξιών και η εντόπιση μιάς διάχυτης ακτινοβολίας μικροκυμάτων που περιβάλλει ολόκληρο το σύμπαν, χαρακτηριζόμενη σαν αρχαιολογικό υπόλειμμα της Μεγάλης Εκρήξεως.

Η απομάκρυνση των γαλαξιών με ταχύτητες ανάλογες των αποστάσεών των είναι αποτέλεσμα της συνεχούς διαστολής και απλώματος του χώρου του σύμπαντος επάνω στον οποίο ευρίσκονται οι γαλαξίες (νόμος Hubble). Όσον αφορά την ύπαρξη της διάχυτης ακτινοβολίας μικροκυμάτων η οποία διατυπώθηκε θεωρητικά το 1948 από τον George Gamow και τους συνεργάτες του, αυτή ανακαλύφθηκε το έτος 1964. Οι ερευνητές Arno Penzias και Robert Wilson διαπίστωσαν σε ειδικά εργαστήρια ότι η γή βομβαρδίζεται συνεχώς από μια ακτινοβολία χαμηλής θερμοκρασίας της τάξεως των 2,73 βαθμών Kelvin, υπόλειμμα της Μεγάλης Εκρήξεως. Το έτος 1989 έγινε δυνατή η

απεικόνιση της κατανομής των διακυμάνσεων της διάχυτης αυτής ακτινοβολίας στον ουρανό από τον δορυφόρο COBE.

Με την βοήθεια των διαφόρων σύγχρονων θεωριών της Φυσικής περιενοποιήσεως των Ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων με την ασθενή πυρηνική δύναμη και της ηλεκτρομαγνητικής με την Γενική Σχετικότητα, οι κοσμολόγοι είναι σε θέση να υπολογίσουν την χρονική στιγμή κατά την οποία με απότομο τρόπο από έναν πρωταρχικό κοσμικό πυρήνα πολύ μικρών διαστάσεων μεγέθους ενός πρωτονίου, όπου με «μία εντολή» αν θέλετε δημιουργήθηκε ο χρόνος και ο χώρος, η ενέργεια και η ύλη πριν από 15 περίπου δισεκατομμύρια έτη, δύο επάνω ή δύο κάτω, δεν έχει ουσιαστική σημασία. Ο όρος «Μεγάλη Έκρηξη» δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και είναι παραπλανητικός. Η σωστή ερμηνεία του είναι η απότομη και εκθετική διαστολή αυτού του απειροελαχίστου σημείου ανωμάλου ιδιομορφίας κατά έναν τρόπο ανεπανάληπτο. Είναι αυτονόητο ότι ο ανθρώπινος νους δεν είναι σε θέση να συλλάβει το «τι» υπήρχε πριν από την Μεγάλη Έκρηξη επειδή ο χρόνος και ο χώρος δεν είχαν οντότητα όπως και το «γιατί» αυτή πραγματοποιήθηκε, εάν πρόκειται για ένα και μοναδικό σύμπαν ή για μια αλληλουχία απείρων συμπάντων, απαντήσεις που τελικά μόνο η Θεολογία είναι σε θέση να δώσει. Όμως τα θεωρητικά και πειραματικά μοντέλα με αξιοπρεπή βεβαιότητα μας περιγράφουν τις διάφορες εποχές της προιστορίας και εξελίξεως του σύμπαντος μέσα στο οποίο ζούμε, τις οποίες και περιγράφουμε συνοπτικά, αν αναλογισθούμε ότι στα 10 πρώτα λεπτά της υπάρξεώς του το σύμπαν υπέστη πολύ καθοριστικές μεταβολές, όσες δεν συνέβησαν στα επόμενα 15 δισεκατομμύρια έτη.

**Από την Μεγάλη Έκρηξη έως τους γαλαξίες.** Προκειμένου να περιγράψουμε την δημιουργία και εξέλιξη του σύμπαντος με το μοντέλο της Μεγάλης Εκρήξεως στις επόμενες σελίδες, είναι αναγκαίο να ξεκινήσουμε από τον κόσμο του απείρων μικρού όπου θα συμφωνήσουμε ότι τρισεκατομμυριοστά ενός δευτερολέπτου ξετυλίγονται σε χρόνο μερικών λεπτών ώστε να δοθεί σε συμβατικό χρόνο μία περιγραφή της δημιουργίας των υποατομικών σωματιδίων. Από το άλλο μέρος στον κόσμο του ασύλληπτα μεγάλου, των αστέρων και των γαλαξιών, είναι απαραίτητο να υποθέσουμε ότι πάροδος χρόνου πολλών δισεκατομμυρίων ετών συρρικνώνεται επίσης σε λίγα λεπτά και σε μια σελίδα του βιβλίου η οποία περικλείει όλο το σύμπαν... Το σύμπαν είναι αρρήκτως συνδεδεμένο με τον χρόνο μέσα στον οποίο αυτό δημιουργήθηκε και εξελίσσεται «μετά χρόνου» και όχι «εν χρόνω». Ο έναστρος ουρανός είναι ένα παρελθόν, μία μηχανή του χρόνου και όταν παρατηρούμε τους αστέρες και τους απομακρυσμένους γαλαξίες είναι σαν να είμαστε μάρτυρες ενός χρονικού παρελθόντος εκατομμυρίων ή και δισεκατομμυρίων ετών της ιστορίας του σύμπαντος η οποία αναδιπλώνεται έως το σήμερα το οποίο και βιώνουμε.



Τα πλέον απομακρυσμένα γαλαξιακά αντικείμενα και τα quasar που έχουν παρατηρηθεί με το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble απέχουν από τον παρατηρητή 13 δισεκατομμύρια έτη φωτός, με άλλες λέξεις παρατηρώντας τα είναι σαν να βλέπουμε το παρελθόν του σύμπαντος όπως ήταν πριν από 13 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια σε μία εποχή όπου ο γαλαξίας μας δεν είχε δημιουργηθεί και πόσο μάλλον ο ήλιος μας ο οποίος μαζί με τον πλανήτη μας που έχουν ηλικία περίπου το 1/3 της ηλικίας του σύμπαντος !

**Το κοσμικό «ρολόι» του σύμπαντος.** Στην κοσμολογία με τον όρο «αιώνας» καθορίζονται τα διάφορα στάδια των μεταβολών οι οποίες συνέβησαν και μέλλουν να συμβούν στην διαχρονική εξέλιξη του σύμπαντος όπως περιγράφονται με τα μοντέλα της σύγχρονης Φυσικής. Οι μεταβολές αφορούν την δημιουργία και εξέλιξη του Μικρόκοσμου των υποατομικών σωματιδίων αφ' ενός (περίοδος ακτινοβολίας) και του Μεγάκοσμου των γαλαξιών και των αστερών αφ' ετέρου (περίοδος ύλης). Όσον αφορά τον κόσμο των υποατομικών σωματιδίων, αυτός ερευνάται με την βοήθεια τεραστίων κυκλικών επιταχυντών όπου επιτυγχάνονται θερμοκρασίες τρισεκατομμυρίων βαθμών οι οποίες μας δίνουν μία προσομείωση των συνθηκών οι οποίες επικρατούσαν στα πρώτα τρισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου μετά από την ώρα Μηδέν. Από το άλλο μέρος, στον κόσμο των γαλαξιών, το παρελθόν της Δημιουργίας παρουσιάζεται ολοζώντανο με την βοήθεια των διαστημικών τηλεσκοπίων, η διακριτική ικανότητα των οποίων εισχωρεί σε πολύ μεγάλο χρονικό βάθος.

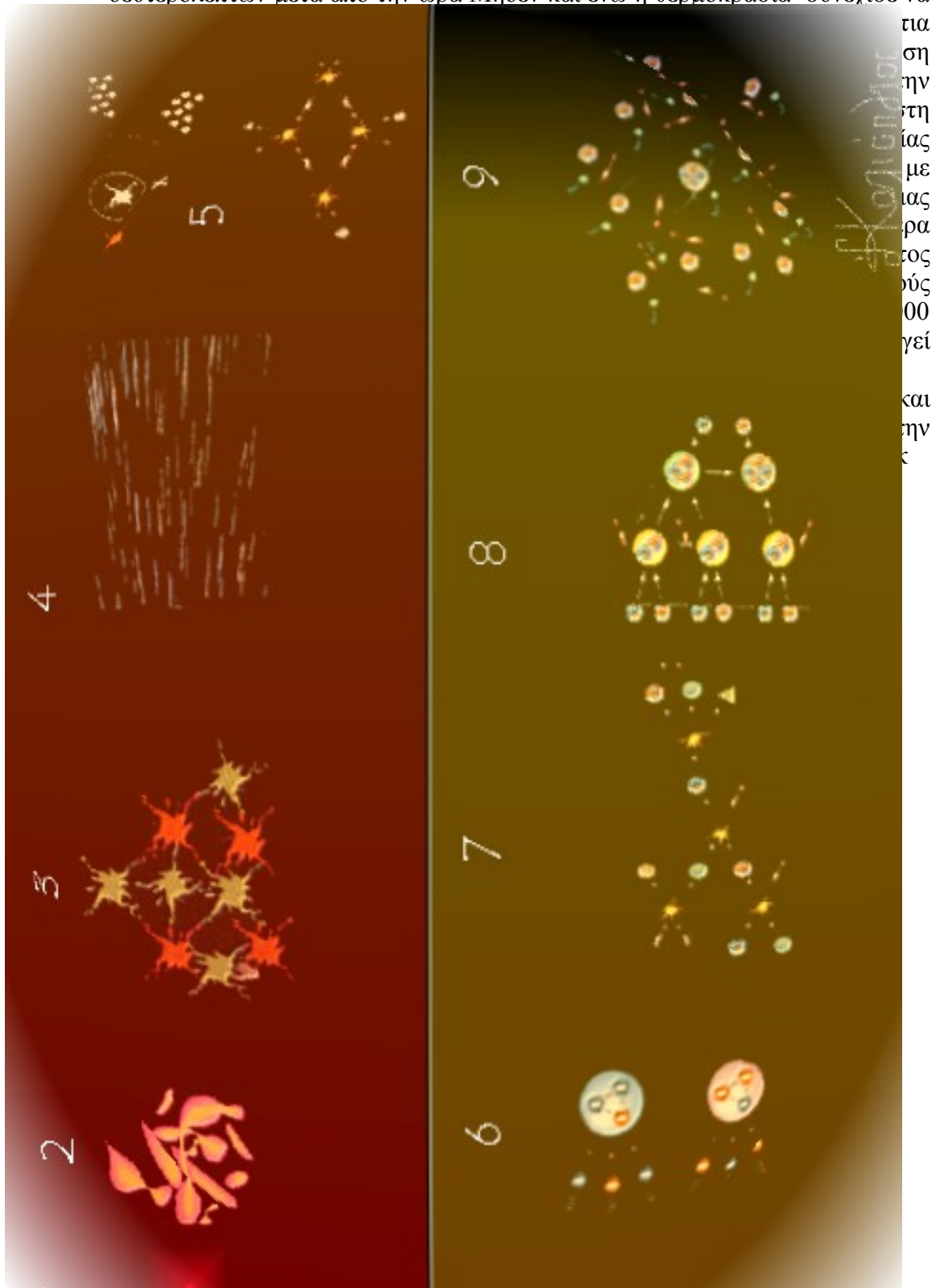
Σε απειροελάχιστα τρισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου από την ώρα Μηδέν (σχήμα-1) όπου στον αρχικό πυρήνα μεγέθους ενός πρωτονίου επικρατούσαν θερμοκρασίες τρισεκατομμυρίων βαθμών με ανάλογες πιέσεις τρισεκατομμυρίων ατμοσφαιρών και σε μία ακατανόητη από τους φυσικούς κανόνες κατάσταση, θεωρητικά συνέβησαν τα εξής γεγονότα σε ένα σύμπαν το οποίο ήταν ένας τεράστιος πυρηνικός αντιδραστήρας παραγωγής σωματιδίων.

**Η Ώρα του Planck.** Σε χρόνο ίσο με κλάσμα  $10^{-43}$  του δευτερολέπτου από την στιγμή της Γενέσεως στο μικροσκοπικό και χαώδες εκείνο σύμπαν δημιουργήθηκαν διάφορα σωματίδια ύλης και αντιύλης (φερμιόνια) όπως τα κουάρκ με τα αντικουάρκ. Με την συνεχή αλληλοσύγκρουση και εξαύλωσή

των εκλύετο ενέργεια με μορφή φωτονίων. Το σύνολο των υποατομικών σωματιδίων αποτέλεσε τον λεγόμενο «κβαντικό αφρό» όπου υπήρχαν ενοποιημένες δυνάμεις 10 διαστάσεων (σχήμα -2).

Στον επακολουθήσαντα χρόνο μεταξύ  $10^{-43}$  δευτ. έως  $10^{-35}$  δευτερόλεπτα και με την σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας, οι 10 διαστάσεις συγχωνεύονται η μία με την άλλη και ενοποιούνται σε 4 (μήκος-πλάτος-ύψος-χρόνος), ενώ η ακατάσχετη ενέργεια συνεχίζει να δημιουργεί ποσότητες ύλης και αντιύλης. (σχήμα-3). Επίσης αποδεσμεύονται οι τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις της φύσεως οι οποίες είναι η Βαρύτητα, η Ηλεκτροπυρηνική δύναμις και κατόπιν η Ηλεκτρασθενής (χρόνος  $10^{-32}$  δευτ) και η Ηλεκτρομαγνητική δύναμις (χρόνος  $10^{-12}$  δευτ).

**Ο αιώνας του Πληθωρισμού.** Στην χρονική περίοδο των  $10^{-35}$  δευτερολέπτων μετά από την ώρα Μηδέν και ενώ η θερμοκρασία συνέχισε να



για  
ση  
την  
τη  
ίας  
με  
ίας  
ρα  
τος  
ούς  
00  
γεί  
και  
την  
κ

εξαυλώνονται με τα Κουάρκ (σχήμα-5 σελ.177) ενώ τα υπεράριθμα Κουάρκ εγκλωβίζονται υπό το καθεστώς ισχυρών αλληλοεπιδράσεων δημιουργώντας μεταξύ των άλλων σωματιδίων πρωτόνια και νετρόνια τα οποία κινούνταν με μεγάλες ταχύτητες λόγω των υψηλών θερμοκρασιών (σχήμα-6 σελ.177). Για την δημιουργία πρωτονίων από κουάρκ απαιτείται θερμοκρασία 22 τρισεκατομμυρίων βαθμών. Στη συνέχεια, τα νετρόνια διασπώνται σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια όπως και σε νεutrίνο σε χρόνο 10<sup>-4</sup> δευτερόλεπτα μετά από την ώρα Μηδέν όπου η θερμοκρασία έπεσε στους 12 δισεκατομμύρια βαθμούς Kelvin (σχήμα -7 σελ 177).

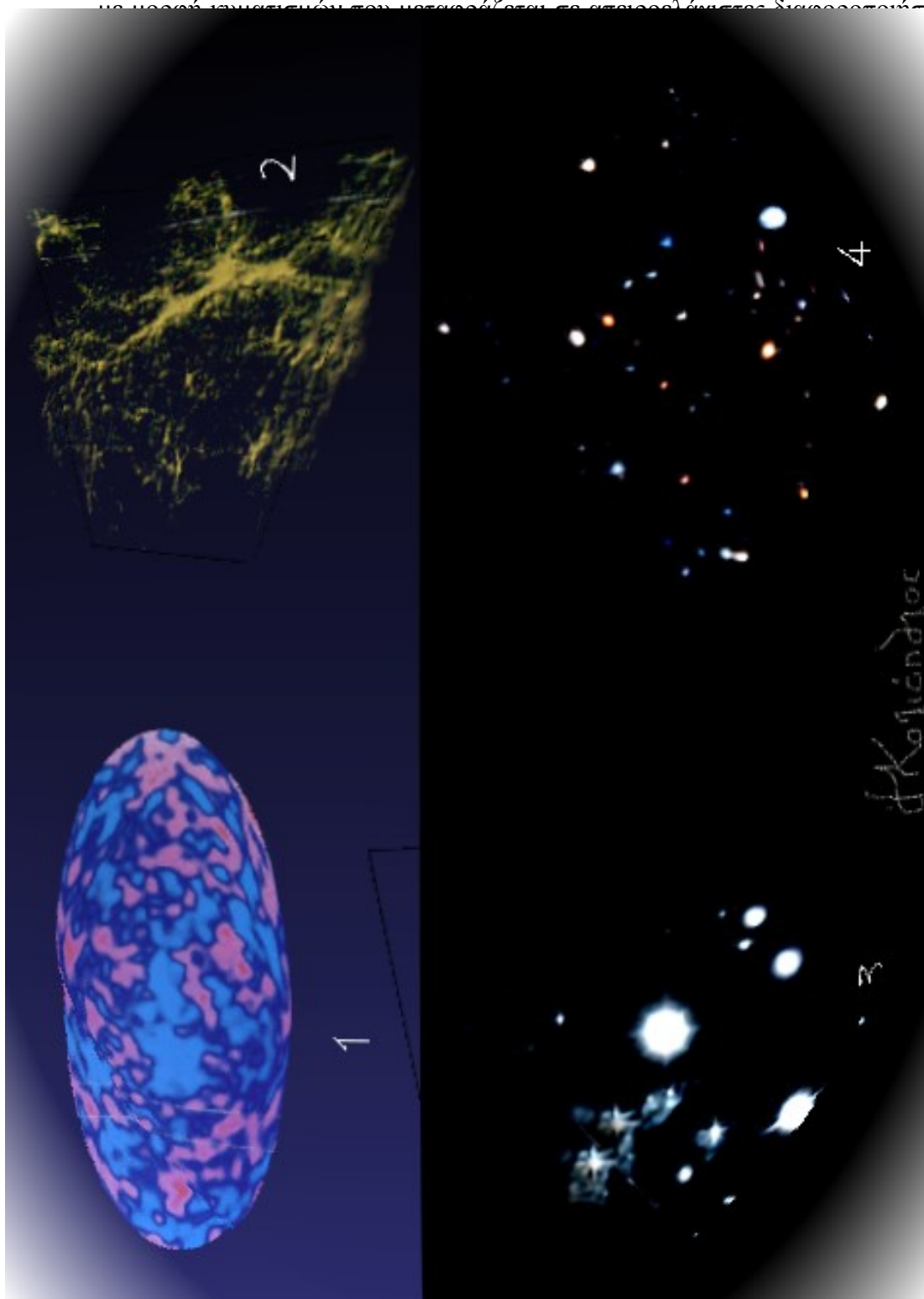
Τα επόμενα τρία λεπτά μετά από την ώρα Μηδέν και ενώ η θερμοκρασία του σύμπαντος κατέβηκε στους 10 δισεκατομμύρια βαθμούς, τα ελεύθερα πρωτόνια και νετρόνια συνδυάζονται σχηματίζοντας πυρήνες ελαφρών στοιχείων όπως υδρογόνου, δευτερίου, ηλίου και λιθίου (σχήμα-8 σελ 177). Από το άλλο μέρος, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εξαυλώνωνταν από τα υπεράριθμα φωτόνια και δεν ήταν ακόμα δυνατόν να συνδυασθούν με τα πρωτόνια για την παραγωγή χημικών στοιχείων..

Κατά την διάρκεια των επόμενων 300.000 ετών από την στιγμή της Γενέσεως πολύ λίγα πράγματα συνέβησαν σε αυτήν την σύνθεση της «κοσμικής σούπας» εκτός από το ότι το σύμπαν εξακολουθούσε να διαστέλλεται και να ψύχεται αποκτώντας διαφανή όψη, όπου η θερμοκρασία έπεσε στους 3.000 ο Kelvin.. Το χρώμα του σύμπαντος αλλάζει και από βαθύ κόκκινο μετατρέπεται στο χρώμα του μαύρου σκοταδιού το οποίο υπάρχει σήμερα στο διάστημα. Επίσης τότε απελευθερώνεται η διάχυτη ακτινοβολία μικροκυμάτων. Η «εξαφανισθείσα λαμπρότητα των κόσμων » όπως αλλιώς λέγεται, σήμερα μας βομβαρδίζει συνεχώς με θερμοκρασία της τάξεως των 2,7 ο Kelvin ή -270 ο

Κελσίου. Η εποχή της ακτινοβολίας τελειώνει με την απαρχή της ατομικής εποχής.

Η περίοδος της ύλης. Με την ψύξη του σύμπαντος και την υπερίσχυση της ύλης έναντι της ακτινοβολίας, τα ηλεκτρόνια κατορθώνουν να ενωθούν και να συνδυασθούν με τα πρωτόνια (σχήμα-9 σελ 177) σχηματίζοντας άτομα Υδρογόνου(1 πρωτόνιο-1 ηλεκτρόνιο), Ηλίου (2 πρωτόνια -2 νετρόνια-2 ηλεκτρόνια) σε αναλογία περίπου 75%-25%, όπως και ελαχίστου Δευτερίου και Λιθίου. Τα υπόλοιπα 93 χημικά στοιχεία δημιουργήθηκαν πολύ αργότερα σαν προϊόντα θερμοπυρηνικών αντιδράσεων του εσωτερικού των αστέρων όπως και των εκρήξεων υπερκαινοφανών αστέρων.

Την διαφανή σφαίρα του σύμπαντος με την διάχυτη ακτινοβολία μικροκυμάτων κατόρθωσε να χαρτογραφήσει για πρώτη φορά το 1989 η διαστημική συσκευή COBE (σχήμα-1,σελ 179). Στον χάρτη του νεαρού σύμπαντος αποτυπώθηκε η ύπαρξη συγκεντρώσεων μεγαλύτερης πυκνότητας



είχε  
ρες  
τον  
αι,  
οι

περιοχές με υπερβολική συμπύκνωση ύλης και ενεργείας. Τα θεμέλια αυτών των μεγάλων συμπύξεων του χώρου και του χρόνου δημιουργήθηκαν τον αιώνα του Πληθωρισμού και είναι γνωστές σαν *κοσμικές χορδές*. Με την γρήγορη και συνεχή ανάπαλσή των υπό μορφή βρόγχου και με ταχύτητες των τάξεων της ταχύτητας του φωτός, τα παραγόμενα βαρυτικά κύματα ήταν σε θέση να συγκεντρώσουν τοπολογικά ποσότητες ύλης, όπως ένας μαγνήτης προσελκύει γύρω του υλικά σωματίδια (σχήμα-2 σελ.179). Το γεγονός ότι οι χωροχρονικές συμπύξεις είχαν μορφή κυψελίδων επιβεβαιώνεται από την κατανομή στον χώρο των γαλαξιακών σμηνών (σελ.159). Τελικά, δύο δισεκατομμύρια χρόνια μετά από την Μεγάλη Έκρηξη με τον κατακερματισμό και την σύμπτυξη των νεφών υδρογόνου επακολουθούσης της ανόδου της θερμοκρασίας, οι πρωτογαλαξίες άρχισαν να «φωταγωγούνται» με την ανάλαμψη σε αυτούς δισεκατομμυρίων αστέρων, η δημιουργία των οποίων έγινε πιο βίαια από αυτή των πρώτων αστέρων. Στους πυρήνες των γαλαξιών αυτών εμφανίσθηκαν υπερμεγέθεις μελανές σπές με αποτέλεσμα την έκλυση από αυτούς μεγάλων ποσών ενεργείας από την ορμητική απορρόφηση του γύρω αστρικού υλικού. Τα πρώτα γαλαξιακά είδη πρέπει να ήταν οι Quazars με τα αρχέγονα νέφη που τους περιτριγυρίζουν (σχήμα-3 σελ.179). Οι εξαιρετικά μεγάλες αποστάσεις των από τον παρατηρητή με τις εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες απομακρύνσεώς των είναι ενδείξεις ότι αυτά τα αντικείμενα σήμερα έχουν εξαφανισθεί (βλέπε και σελ.154). Οι μεμονωμένοι γαλαξίες μετά τον σχηματισμό των συνεκροτούντο σε σμήνη και υπερσμήνη (σχήμα 4, σελ. 179).

Ο γαλαξίας μας υπολογίζεται ότι δημιουργήθηκε πρίν από 13 δισεκατομμύρια έτη ενώ η εικόνα του σχηματισμού του μάλλον παρουσιάζεται ως εξής. Στην αρχική ακανόνιστη συμπύκνωση των αερίων μαζών υδρογόνου, οι πρώτοι αστέρες του ανέλαμψαν στα σφαιρωτά σμήνη γύρω του, ενώ με την πάροδο του χρόνου το κύριο σώμα του γαλαξία μας με την περιστροφή του απέκτησε στο κέντρο την κεντρική προβολή με περαιτέρω σχηματισμό των σπειροειδών βραχιόνων με νέους στην ηλικία αστέρες, ενώ οι γηρασμένοι είναι τοποθετημένοι κοντά στην γαλαξιακή άλω...

Οι νεοδημιουργηθέντες γαλαξίες συγκρούωνταν συνεχώς μεταξύ των με αποτέλεσμα την δημιουργία μεγαλύτερων διαφόρων σχημάτων όπως δείχνουν οι ηλεκτρονικές προσωμειώσεις (σελ.161). Στην περίπτωση της συγκρούσεως πολλών γαλαξιών (επάνω από 4) κατόπιν περιστροφής γύρω από το βαρύκεντρό τους, τότε σχηματίζεται ένας μεγάλος ελλειπτικός γαλαξίας ο οποίος κατέχει το κέντρο του σμήνους (σελ.157). Παρόμοια μοίρα θα έχει και ο γαλαξίας μας ο οποίος υπολογίζεται ότι σε 500 εκατομμύρια έτη από τώρα θα συγκρουσθεί με τον γαλαξία της Ανδρομέδας.

Ένα «ανοικτό σύμπαν». Η θεωρία της Μεγάλης Εκρήξεως προβλέπει τρεις υποθετικές εκδοχές για το πιθανό σχήμα και την μορφή του σύμπαντος. Με τον προσδιορισμό της συνολικής βαρύτητας των υλικών του σύμπαντος σε σχέση με την αριθμητική τιμή της **κρίσιμου πυκνότητας**, είναι δυνατόν να υπολογισθεί η ηλικία, το μέγεθος, η μορφή και το μέλλον του.

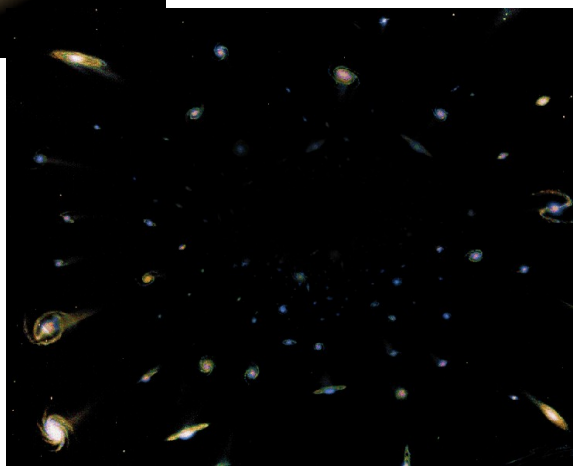
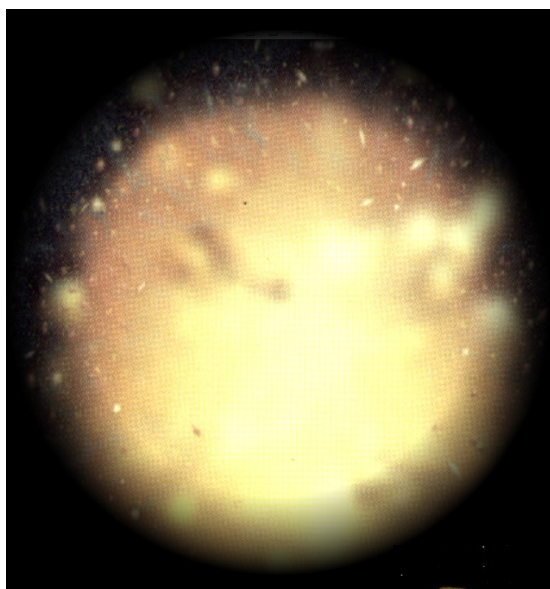
Η κρίσιμη πυκνότης η οποία συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα  $\Omega_0$  κεφαλαίο καθορίζεται σαν η ελάχιστη εκείνη ποσότητα υλικού η οποία είναι απαραίτητη ώστε το σύμπαν να μην διαστέλλεται επ' άπειρον. Το  $\Omega_0$  είναι μια συνένωση τριών κοσμικών αριθμών, όπως της σταθεράς Hubble (σελ. 171) ,

του ρυθμού επιβραδύνσεως της διαστολής του σύμπαντος όπως και της κοσμολογικής σταθεράς του Einstein (σελ. 173) και που προσδιορίζει την αναλογία μεταξύ της πραγματικής ύλης αφ' ενός και της κρίσιμου πυκνότητας των υλικών του σύμπαντος αφ' ετέρου.

Πιο απλά, εάν είναι το  $\Omega_0 > 1$ , τότε η συνολική βαρύτης των υλικών του σύμπαντος θα υπερिशύσει έναντι της κρίσιμου πυκνότητας με επακόλουθο τον τερματισμό και την αναστροφή της διαστολής του. Σε αυτήν την περίπτωση το σύμπαν θα αρχίσει να συστέλλεται και να καταρρέει με κατεύθυνση το κέντρο του όπου τελικά θα συνθλιβεί κάτω από την πίεση των υλικών του. Εδώ έχουμε την εκδοχή του **κλειστού σύμπαντος** με την μορφή σφαίρας πεπερασμένων διαστάσεων όπου εφαρμόζεται η Ρημάνειος γεωμετρία

(σελ. 167). Ένας φανταστικός ταξιδιώτης θα επέστρεφε πίσω στο μέρος όπου ξεκίνησε. Η θεωρία του **παλλομένου σύμπαντος** προβλέπει ότι στα επόμενα 13 δισεκατομμύρια χρόνια οι γαλαξίες θα επιστρέψουν πίσω στο κέντρο από όπου εξεκίνησαν και ο ουρανός θα λαμπρύνεται συνεχώς μέχρις ότου αρχίσει η εκ νέου εποχή της διαστολής του σύμπαντος.

Άλλες θεωρίες πάλι υποστηρίζουν πιθανότερα μία



«Μεγάλη Σύνθλιψη» όπου σε αντιδιαστολή με την Μεγάλη Έκρηξη, η ύλη, η ενέργεια και ο χρόνος θα περιορισθούν ξανά σε ένα ελάχιστο όριο ανυπαρξίας. Στην περίπτωση κατά την οποία είναι το  $\Omega_0 < 1$ , τότε η διαστολή είναι μεγαλύτερη από την βαρύτητα και το σύμπαν είναι ανοικτό, πράγμα που σημαίνει ότι θα συνεχίσει να διαστέλλεται εσαεί. Κάποια στιγμή οι αστέρες θα «σβήσουν», θα επικρατήσει παντού μαύρο σκοτάδι για πάντα και τότε «οι ουρανοί ως μιάτιον παλαιωθήσονται». Ο χώρος του σύμπαντος θα έχει μορφή σέλας αλόγου όπου εφαρμόζεται η υπερβολική γεωμετρία του Lobatzencki (σελ. 167). Ο φανταστικός μας ταξιδιώτης ποτέ δεν θα επέστρεφε πίσω στο μέρος από όπου αναχώρησε.

Εάν πάλι είναι το  $\Omega_0 = 1$ , πράγμα που σημαίνει ότι η διαστολή εξισορροπείται από την βαρύτητα, τότε και ξανά το σύμπαν θα διαστέλλεται για πάντα αλλά με επιβραδυνόμενο ρυθμό στο οποίο εφαρμόζεται η επίπεδος γεωμετρία του Ευκλείδου (σελ. 167).

Τα αποτελέσματα των προσφάτων ερευνών δείχνουν ότι ο κόσμος είναι «επίπεδος» όπου το  $\Omega_0$  είναι μικρότερο ή ίσο της μονάδος, αλλά παραδόξως η διαστολή του σύμπαντος πραγματοποιείται με επιταχυντικούς ρυθμούς. Εξ' άλλου το  $\Omega_0$  σε συνδυασμό με την σταθερά Hubble είναι σε θέση να μας πληροφορήσει την ακριβή ηλικία του σύμπαντος. Εάν η  $H_0$  αποδειχθεί ότι είναι 15 χιλ/δευτ. ανά 1 εκατομμύριο έτη φωτός, τότε η ηλικία του σύμπαντος είναι 15 δισεκατομμύρια έτη. Αυτή μειώνεται σε 10 δισεκατομμύρια έτη, εάν η σταθερά Hubble ευρεθεί ότι είναι 21 χιλ/δευτερόλεπτο. Σπουδαίο ρόλο για τον υπολογισμό της σταθεράς στους μακρινούς γαλαξίες διαδραματίζουν οι παρατηρούμενες σε αυτούς εκρήξεις υπερκαινοφανών αστέρων τύπου Ia. Μετρώντας το φαινόμενο μέγεθος του υπερκαινοφανούς σε σχέση με το δεδομένο απόλυτο μέγεθός του είναι τελικά δυνατόν να υπολογισθεί η απόσταση του γαλαξία μέσα στον οποίο αυτός ανέλαμψε, μέθοδος όμως η οποία δεν έχει πάντα την απαιτούμενη ακρίβεια.

**Η ελλείπουσα μάζα και το σκοτεινό υλικό.** Είναι δύο «κοσμικά προβλήματα» της συγχρόνου κοσμολογίας τα οποία αναζητούν την λύση των. Με τον όρο ελλείπουσα μάζα κατανομάζεται η μη προσδιορισμένη ποσότητα του υλικού η οποία είναι απαραίτητη ώστε το σύμπαν να ισορροπήσει έναντι της απεριόριστου διαστολής του. Με υπολογισμούς εκτιμάται ότι η μέση πυκνότητα των υλικών του σύμπαντος είναι ένας γαλαξίας 100 δισεκατομμυρίων αστέρων ανά 3.500 κυβικά έτη φωτός. Όμως αυτή είναι εκατομμύρια φορές μικρότερη από το εργαστηριακό κενό ενώ εκτιμάται ότι κυμαίνεται από το 1/10 έως το διπλάσιο της κρίσιμου πυκνότητας.  $\Omega_0$ . Εάν όντως υπάρχει αυτή η έλλειψη μάζας, πρέπει να αποδοθεί στην ύπαρξη του **σκοτεινού υλικού**.

Η σκοτεινή ύλη η οποία υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στο σύμπαν δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί, αλλά την αντιλαμβανόμαστε έμμεσα με την μέτρηση της συνολικής μάζας ενός γαλαξία σε σχέση με τις ταχύτητες περιστροφής των αστέρων γύρω από το κέντρο του. Αυτές παρουσιάζουν διαφορές σε σχέση με τις αναμενόμενες, δηλαδή δεν είναι ανάλογες με την ορατή ποσότητα της ύλης. Επίσης οι κινήσεις των γαλαξιών ενός σμήνους παρουσιάζουν επιτάχυνση σαν αυτοί να «γλιστρούν» επάνω σε ένα άρατο υλικό (σελ. 156). Οι πιθανές θεωρίες για την προέλευση του σκοτεινού υλικού προβλέπουν δύο πιθανές εξηγήσεις.

Η πρώτη θεωρία υποθέτει ότι η σκοτεινή ύλη αποδίδεται σε διάφορα αντικείμενα (MACHOS) τα οποία είναι άρατα λόγω της μεγάλης των αποστάσεως και που περιλαμβάνουν αέριους και μη πλανήτες άλλων αστέρων. Αυτά τα σκοτεινά σώματα είναι δυνατόν να είναι αστέρες με ελάχιστα υλικά,

όπως αστέρες νετρονίων, λευκοί ή καφέ νάνοι αστέρες, μελανές οπές και άλλα αντικείμενα. Βάσει της δεύτερης θεωρίας το σκοτεινό υλικό είναι προϊόν ορισμένων υλικών σωματιδίων (WIMP's) τα οποία έχουν μικρή αλληλεπίδραση με τα υλικά του σύμπαντος. Τέτοια σωματίδια είναι δυνατόν να είναι νετρίνο ή άλλα σωματίδια με μικρή μάζα που δεν έχουν ανακαλυφθεί. Τα **νετρίνο** είναι υποατομικά σωματίδια τα οποία δεν έχουν μάζα και ηλεκτρικό φορτίο διαπερνώντας με την ταχύτητα του φωτός σε μεγάλο πάχος τα υλικά σώματα χωρίς να συγκρούονται με αυτά.

Η δημιουργία του σκοτεινού υλικού ανάγεται στα πρώτα 10<sup>-32</sup> δευτερόλεπτα του χρόνου μετά από την Μεγάλη Έκρηξη.

**Η εξέλιξη και το τέλος του αστρικού αιώνας.** Η ανακύκλωση των αστέρων πραγματοποιείται με τον εμπλουτισμό των μεσοαστρικών νεφών από υλικά εκρήξεων υπερκαινοφανών, πλουσίων σε συστατικά για την δημιουργία νέων γενεών αστέρων με την ανάλαμψη των μέσα στους βραχίονες των σπειροειδών γαλαξιών. Ο ήλιος μας μαζί με το πλανητικό του σύστημα και την γή μας δημιουργήθηκε πριν από 4,5 δισεκατομμύρια έτη από τις «στάχτες» αστέρων πρώτων γενεών του γαλαξία μας. Όμως οι διαδικασίες των αστρικών δημιουργιών στο μέλλον θα έχουν ένα τέλος, καθόσον οι εκρήξεις των μετέπειτα αστέρων θα είναι εμπλουτισμένες σε στοιχεία πολύ βαρύτερα από ότι το υδρογόνο και το ήλιον. Καθώς λοιπόν εξελίσσεται ο αστρικός αιώνας, ένα σημαντικό ρόλο στην «αυλαία» του θα παίζουν οι λεγόμενοι ερυθροί νάνοι αστέρες.

Αυτοί οι αστέρες έχουν την μισή ή και μικρότερη μάζα από την ηλιακή με αποτέλεσμα οι πυρηνικές αντιδράσεις μετατροπής υδρογόνου σε ήλιον να διαρκούν για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα σε σχέση με αυτές των άλλων αστέρων της κυρίας ακολουθίας. Για παράδειγμα, ερυθρός νάνος αστέρας με μάζα μόλις το 0,08 της ηλιακής τοποθετημένος στα κάτω δεξιά της κυρίας ακολουθίας, υπολογίζεται ότι θα έχει κανονική ζωή για άλλα 10 τρισεκατομμύρια έτη. Συνεπώς γίνεται παραδεκτό ότι τα τελευταία φωτεινά σημεία μέσα στους γαλαξίες του σύμπαντος για τα επόμενα 10<sup>14</sup> (100 τρισεκατομμύρια έτη) από την Μεγάλη Έκρηξη θα είναι μόνον οι ερυθροί νάνοι με τα πλανητικά των συστήματα.

**Ο αιώνας της αποσυνθέσεως.** Σε αυτήν την χρονική εποχή, τα αστρικά λείψανα του σκοτεινού και κρύου πλέον σύμπαντος θα αποτελούνται από ψυχρούς καφέ νάνους, λευκούς νάνους, αστέρες νετρονίων όπως και μελανές οπές. Οι μεταβολές των τροχιών των εκφυλισμένων αυτών αστέρων γύρω από τα γαλαξιακά κέντρα θα έχουν σαν αποτέλεσμα την σταδιακή αποσύνθεση των των γαλαξιών έτσι ώστε τα γαλαξιακά σμήνη και υπερσμήνη να χάσουν την υπάρχουσα συνοχή των. Πολλοί αστέρες θα κινηθούν προς τα έξω, ενώ άλλοι θα αρχίσουν να συγκρούονται (10<sup>20</sup> -10<sup>24</sup> χρόνια μ.Μ.Ε.).

Για παράδειγμα, οι **καφέ νάνοι αστέρες** είναι αντικείμενα με πολύ μικρή μάζα, ανίκανη για δημιουργία πυρηνικών αντιδράσεων. Όμως στην περίπτωση πιθανών συγκρούσεων των στα επόμενα 10<sup>14</sup> έως 10<sup>20</sup> χρόνια μ.Μ.Ε, τότε σχηματίζεται ένας κόκκινος νάνος αστέρας με ψυχρά πλανητικά συστήματα, τα τελευταία στην ιστορία του σύμπαντος. Μία μεγάλη αστρική έκλαμψη ενός υπερκαινοφανούς με μικρές πιθανότητες, είναι δυνατόν να προκαλεσθεί από μία σύγκρουση ενός ζεύγους λευκών νάνων αστέρων.

Άλλο αναμενόμενο αποτέλεσμα του αιώνας της αποσυνθέσεως του σύμπαντος στα επόμενα 10<sup>24</sup> -10<sup>26</sup> χρόνια μ.Μ.Ε. είναι η απορρόφηση του σκοτεινού

υλικού της γαλακτικής άλω από τους σκοτεινούς λευκούς νάνους. Εάν η εξήγησις του σκοτεινού υλικού αποδοθεί σε σωματίδια με μικρή αλληλεπίδραση (WIMP's), τα οποία συλλαμβάνονται και συγκρατώνται από τους λευκούς νάνους, αυτή η πηγή με την πάροδο του χρόνου θα εξαντληθεί.

Στο χρονικό διάστημα  $10^{32}$  -  $10^{34}$  ετών μ.Μ.Ε. οι μελανές οπές οι οποίες υπάρχουν στα κέντρα των γαλαξιών θα μεγαλώσουν σε μέγεθος γαλαξιακών κλιμάκων καταπίνοντας όλα τα αστρικά υπολείμματα. Επίσης, σύμφωνα με τους φυσικούς τα πρωτόνια των ατόμων θα καταστραφούν μετατρέπόμενα ίσως σε φωτόνια στα επόμενα  $10^{40}$  έως  $10^{44}$  χρόνια μ.Μ.Ε σηματοδοτώντας το τέλος της εποχής της αποσυνθέσεως.

**Ο αιώνας των μελανών οπών.** Καθώς οι λευκοί νάνοι εξατμίζονται και εξαφανίζονται από το σύμπαν, οι μελανές οπές σαν οι μοναδικές συγκεντρώσεις μαζών, καταπίνοντας το εκφυλισμένο αστρικό υλικό θα αυξηθούν σε μέγεθος, αλλά δεν θα παραμείνουν για πάντα ως οι μόνοι κάτοικοι του σύμπαντος. Είναι γνωστό ότι η επιφάνεια μιάς μελανής οπής ακτινοβολεί ενέργεια από την υφή του γύρω της χωροχρόνου η οποία καθορίζει την καμπύλωσή του, η δε συχνότης της ακτινοβολίας εξαρτάται από το μέγεθος της οπής. Η χρονική σειρά της εξαφανίσεως των μελανών οπών στο σύμπαν εξαρτάται από την μάζα των. Μελανές οπές με μάζα ίση με την ηλιακή αναμένεται να εξατμισθούν σε χρονικό διάστημα μέχρι  $10^{65}$  χρόνια μ.Μ.Ε., ενώ αυτές με μάζα εκατομμυρίων ηλιακών θα χαθούν στα επόμενα  $10^{83}$  έτη μ.Μ.Ε.

Τελικά, αυτή η εποχή του σύμπαντος θα κλείσει σε  $10^{100}$  χρόνια μ.Μ.Ε όταν θα εξατμισθούν οι μεγέθους γαλαξιακών κλιμάκων μελανές οπές.

**Ο σκοτεινός αιώνας .** Τό σύμπαν τώρα αποτελείται μόνον από φωτόνια που έχουν τεράστιες συχνότητες απομακρύνσεων, όπως και λίγα νεutrίνο, ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια. Τα ηλεκτρόνια με τα ποζιτρόνια είναι δυνατόν με αλληλοπεριστροφές να σχηματίσουν άτομα ποζιτρονίου....Κάπου εδώ λοιπόν πρέπει να πέσει η αυλαία του υλικού σύμπαντος.

Έτσι σε γενικές γραμμές παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξις του παραδεκτού σύγχρονου μοντέλου του ανοικτού σύμπαντος.

Άλλες ρεαλιστικότερες θεωρίες πάλι παραδέχονται την ύπαρξη όχι ενός και μοναδικού σύμπαντος, αλλά απείρου αριθμού συμπάντων τα οποία εάν κατορθώσουν να επιζήσουν στα αρχικά στάδια της δημιουργίας των, ίσως να συνδέονται μεταξύ των διά μέσω μελανών οπών με μορφή ενός υπερκοσμικού πάζλ.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

*Η γή, το ηλιακό μας σύστημα, ο ήλιος, τα δισεκατομμύρια των αστέρων του γαλαξία μας, τα άπειρα γαλαξιακά σμήνη, μία ενορχηστρωμένη συμφωνία συνόλου δισεκατομμυρίων και δισεκατομμυρίων... Οι πρόσφατες ανακαλύψεις της κοσμολογίας αναπόφευκτα θα μας οδηγήσουν στην σφαίρα της Θεολογίας με συνεπαγόμενο λογικό συμπέρασμα την ύπαρξη ενός ανωτέρου Δημιουργού όντος. Είναι μια επιστημονική κατά την γνώμη μου υπόδειξη για την παρουσία του Θεού. Σε αυτό το θέμα της τυχαίας ή της προγραμματισμένης κατόπιν σχεδίου δημιουργίας του κόσμου, οι απόψεις, τα πιστεύω, των μεγάλων ερευνητών συγκλίνουν συντριπτικά στην ύπαρξη της Ανωτέρας δυνάμεως.*

*Από το άλλο μέρος, η εικόνα του μεγέθους του μακρόκοσμου την οποία αρχίζει να κατανοεί σήμερα ο άνθρωπος, όπως και των φυσικών δυνάμεων που τον διέπουν, έχει αυξηθεί σε ασύλληπτο βαθμό σε σχέση με αυτήν που επικρατούσε τα παλαιά χρόνια με αποτέλεσμα την ολοένα εκτόπιση και περαιτέρω εκμηδενισμό του πλανήτη γή ο οποίος φιλοξενεί ίσως τα μοναδικά λογικά σκεπτόμενα όντα τα οποία εμφανίσθηκαν σε μία εποχή του ζετυλίγματος του κοσμικού χρόνου.*

*Ο Stephen Hawking, ένας από τους μεγαλύτερους σύγχρονους κοσμολόγους, σε ένα βιβλίο του γράφει το «**πως ο Θεός διηγείται για την σύντομη ιστορία του χρόνου**» μέσα από την Μεγάλη Έκρηξη. Ένας άλλος επιστήμονας, ο George Smoot, επικεφαλής της χαρτογράφησης από τον δορυφόρο COBE της διάχυτης ακτινοβολίας μικροκυμάτων του νεαρού σύμπαντος, επίσης, αναφέρει ότι αυτές οι απεικονίσεις της ακτινοβολίας προσομοιάζονται σαν «**τα δακτυλικά αποτυπώματα του χεριού του Δημιουργού του κόσμου**». Ο Alan Guth ο οποίος διετύπωσε την θεωρία του Πληθωρισμού του σύμπαντος, τον προσομοιάζει σαν «**το τέλειο τρέξιμο της Δημιουργίας**».*

*Κάπου εδώ κλείνει η προσωπική μου περιήγηση στον υπέροχο κόσμο του διαστήματος όπως αυτή παρουσιάσθηκε στους δύο τόμους της βιβλιοθήκης σας οι οποίοι έχουν γραφεί με έμπνευση την μεγάλη αγάπη του γράφοντος για την ερασιτεχνική Αστρονομία.*

**Τ Ε Λ Ο Σ Β' ΤΟΜΟΥ**

.....

