

Αστροική Εξέλιξη:
Γέννηση, Ζωή και Θάνατος των
άστροων

John R. Percy

*International Astronomical Union
University of Toronto, Canada*



Η Εξέλιξη των άστρων

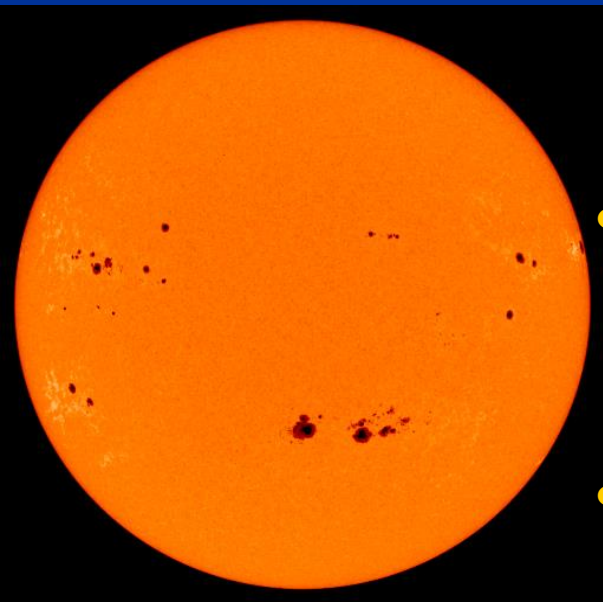
- Όταν μιλάμε για την αστρική εξέλιξη εννοούμε τις αλλαγές που συμβαίνουν στα αστέρια όσο καταναλώνουν «καύσιμα», από την γέννησή τους κατά τη διάρκεια της μακροχρόνιας ζωής τους, και μέχρι να πεθάνουν.
- Η κατανόηση της εξέλιξης των άστρων βοηθά τους αστρονόμους να καταλάβουν:
 - Την φύση, αλλά και την μελλοντική μοίρα του Ήλιου μας.
 - Την προέλευση του ηλιακού μας συστήματος.
 - το ηλιακό μας σύστημα σε σχέση με άλλα πλανητικά συστήματα
 - αν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή κάπου στο σύμπαν.



The Ring Nebula,
ένα αστέρι που πεθαίνει. Πηγή: NASA

Ιδιότητες του Ήλιου: το κοντινότερο άστρο και πώς οι αστρονόμοι τις μετρούν- σημαντικό!

- **Απόσταση:** 1.5×10^{11} m, με ανακλώμενα ραδιοκύματα από τον Ερμή και την Αφροδίτη
- **Μάζα:** 2×10^{30} kg, μετρώντας την κίνηση των πλανητών που περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο
- **Διάμετρος:** 1.4×10^9 m, από την φαινόμενη διάμετρο (γωνία) του Ήλιου και την απόστασή του
- **Ισχύς:** 4×10^{26} W, από την απόσταση και τη μετρομένη ισχύ από την Γη
- **Χημική σύσταση:** 98% υδρογόνο και ήλιο, μελετώντας από το φάσμα του.



Ο ήλιος.
Πηγή: NASA SOHO Satellite



Ιδιότητες των άστρων— μακρινοί ήλιοι και πώς οι αστρονόμοι τις μετρούν- σημαντικό!

- **Απόσταση:** από την παράλλαξη, ή την φαινόμενη λαμπρότητα αν η ισχύς είναι γνωστή.
- **Ισχύς :** από την απόσταση και την φαινόμενη λαμπρότητα
- **Θερμοκρασία της Επιφάνειας:** από το χρώμα ή το φάσμα
- **Ακτίνα:** από την δύναμη (ισχύ) και την θερμοκρασία της επιφάνειας
- **Μάζα:** χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις των δυαδικών αστεριών
- **Χημική σύσταση:** από τα αστρικά φάσματα



Αστερισμός Ωρion.

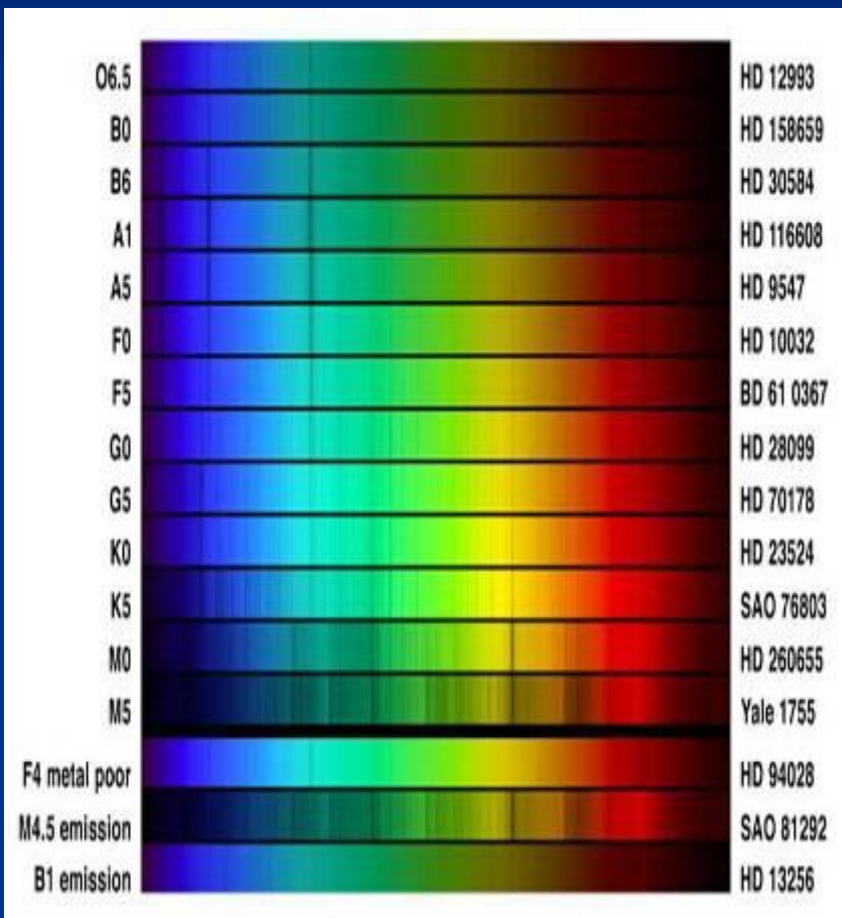
Πηγή: Hubble, ESA, Akira Fujii



Τα φάσματα των άστρων:

το φως των αστεριών, αναλυμένο σε χρώματα

- Οι αστρονόμοι μαθαίνουν για τις αστρονομικές πηγές από την μελέτη του φωτός που εκπέμπουν
- Το φάσμα παρέχει πληροφορίες για την σύνθεση, την θερμοκρασία, και άλλα χαρακτηριστικά των άστρων.

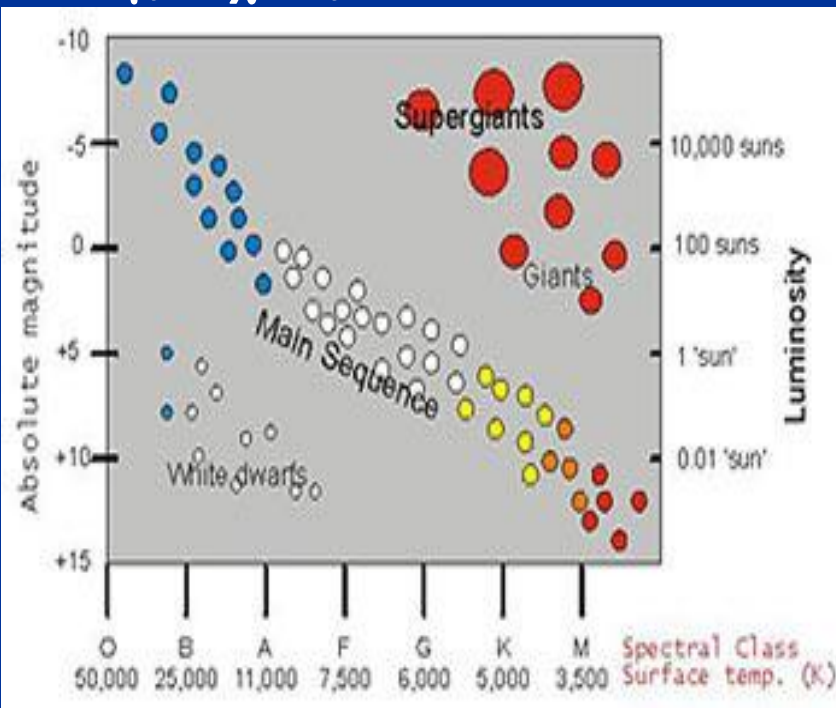


Αριστερά: τα 13 πρώτα φάσματα των άστρων με διαφορετικές επιφανειακές θερμοκρασίες (τα λαμπρότερα στην κορυφή); τα τελευταία τρία φάσματα πάρθηκαν από άστρα με ιδιαίτερες ιδιότητες.

Το διάγραμμα Hertzsprung-Russell

Υπάρχει τάξη στις ιδιότητες των άστρων!

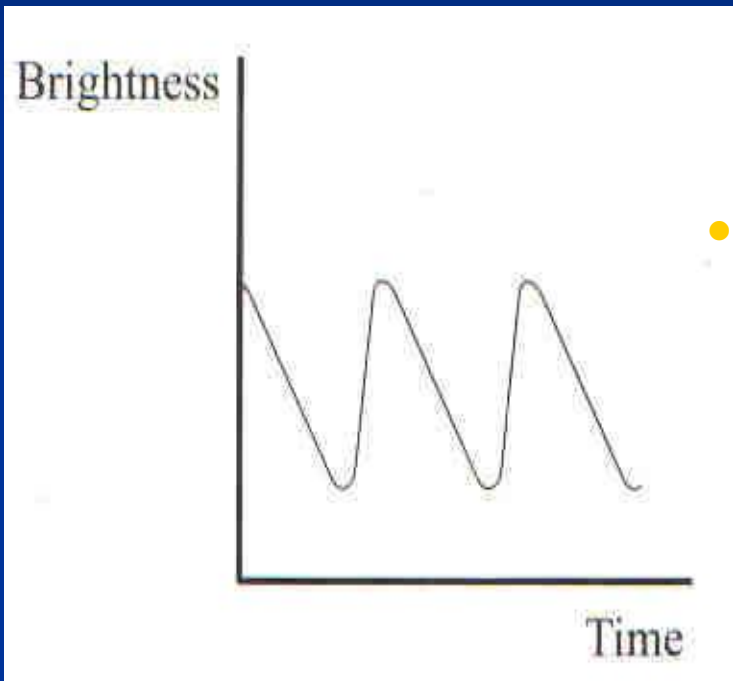
- Το διάγραμμα του Hertzsprung-Russell (HR), δείχνει την ισχύ (λαμπρότητα) ως μια ιδιότητα της θερμοκρασίας (φασματικοί τύποι): Η συντεταγμένη «απόλυτη λαμπρότητα» είναι λογαριθμική μέτρηση της ισχύος.



- Τα περισσότερα άστρα βρίσκονται στην “κύρια ακολουθία”: τα μεγάλης μάζας άστρα είναι θερμά και έχουν μεγάλη ισχύ (πάνω αριστερά), ενώ τα μικρής μάζας άστρα, είναι κρύα και έχουν χαμηλή ισχύ (κάτω δεξιά)
- Τα γιγάντια αστέρια βρίσκονται στο πάνω-δεξιό μέρος του διαγράμματος, ενώ οι άσπροι νάνοι είναι κάτω-αριστερά

Μεταβλητοί αστέρες

- Μεταβλητοί αστέρες είναι οι αστέρες που μεταβάλλουν την λαμπρότητά τους με τον χρόνο.
- Τα περισσότερα αστέρια είναι μεταβλητά: μπορούν να μεταβληθούν επειδή δονούνται, ακτινοβολούν έντονα, ειτοξεύουν αστρικό υλικό ή εκρήγνυνται ή περιστρέφονται γύρω από ένα συνοδό αστέρι ή πλανήτη.

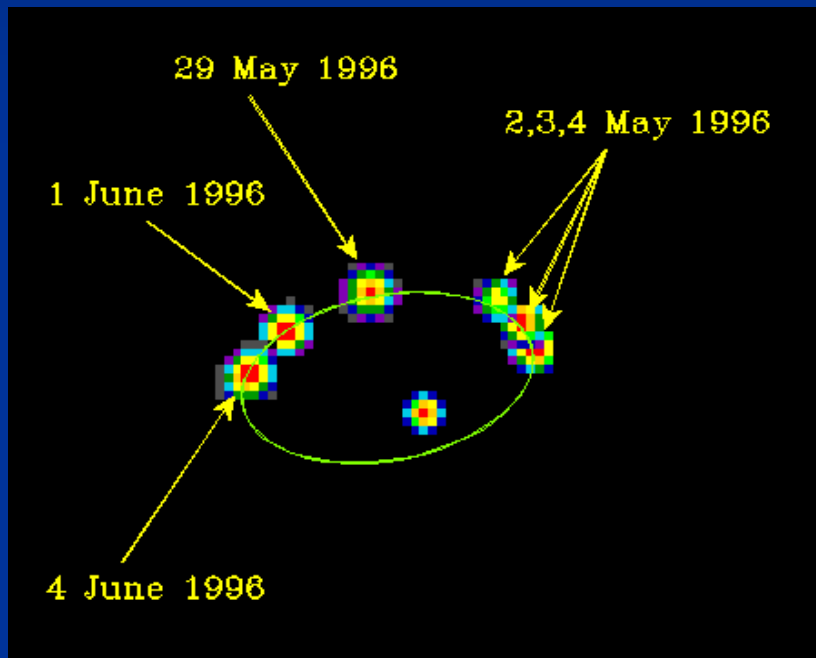


Καμπύλη φωτός: ένα γράφημα φωτεινότητας έναντι χρόνου.

Οι μεταβλητοί αστέρες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την αστρική εξέλιξη και φύση των άστρων.



Αστέρια διπλά και πολλαπλά



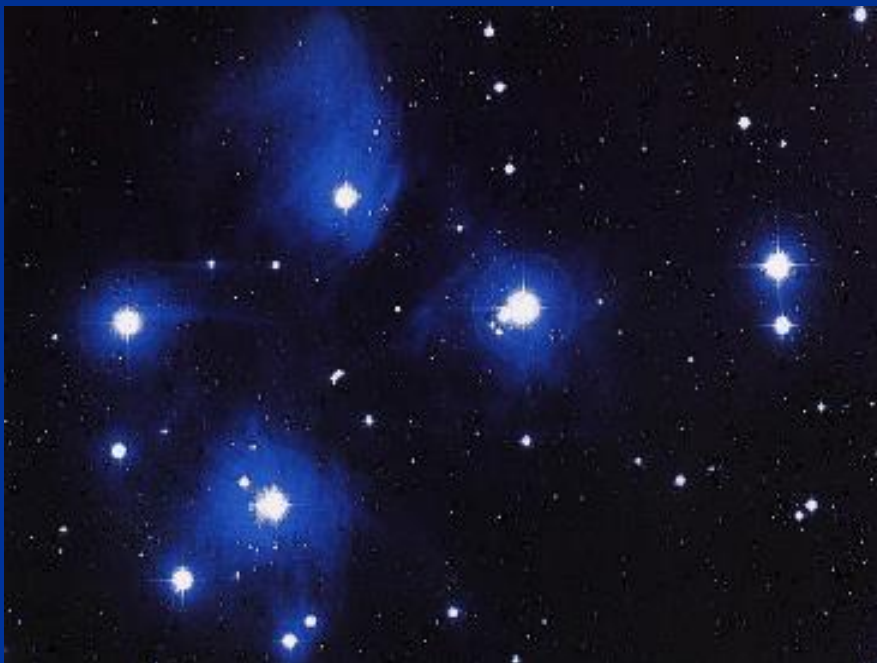
Η τροχιακή κίνηση του Μιζάρ,
στο Μέγα Όσα Πηγή: NPOI Group, USNO, NRL

- Τα διπλά αστέρια είναι ζευγάρια άστρων που, λόγω της βαρύτητας, περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας.
- Μπορούν να εντοπιστούν με οπτική παρατήρηση (όπως στην εικόνα), ή από τα φάσματά τους, ή από τις έλλειψεις μεταξύ των άστρων τους .
- Είναι τα σημαντικότερα εργαλεία για να μετρήσουμε τις μάζες των άστρων
- Πολλαπλά αστέρια είναι τρία ή περισσότερα άστρα που λόγω της βαρύτητας, περιστρέφονται γύρω από το κοινό τους κέντρο μάζας.



Αστρικά σμήνη

«Πειράματα της φύσης»



Open Cluster The Pleiades.

Πηγή: Παρατηρητήριο Mount Wilsont

- Τα αστρικά σμήνη είναι ομάδες αστεριών που είναι κοντά το ένα με το άλλο λόγω βαρύτητας, και κινούνται όλα μαζί στο διάστημα
- Σχηματίστηκαν την ίδια χρονική περίοδο και στον ίδιο χώρο, από τα ίδια στοιχεία-υλικά, βρίσκονται δε στην ίδια απόσταση από την Γη, διαφέρουν μόνο ως προς την μάζα τους.
- Τα σμήνη είναι δείγματα αστεριών διαφορετικής μάζας, αλλά με την ίδια ηλικία.



Από τι είναι φτιαγμένος ο Ήλιος και τα άστρα?



Τα χημικά στοιχεία στο Σύμπαν: κανναβούρι H (90%), ρύζι He (8%), φασόλια C, N, και O και λίγο από όλα τα άλλα στοιχεία (2%).

- Χρησιμοποιώντας φασματοσκοπία και άλλες τεχνικές, οι αστρονόμοι μπορούν να αναγνωρίσουν τα “πρωταρχικά υλικά” με τα οποία έχουν φτιαχτεί τα αστέρια.
- Το υδρογόνο (H) και το Ήλιο (He) είναι τα αφθονότερα στοιχεία, και σχηματίστηκαν μαζί με την δημιουργία του Σύμπαντος
- Τα βαρύτερα στοιχεία είναι εκατομμύρια ή δισεκατομμύρια φορές σπανιότερα. Σχηματίστηκαν μέσα στα αστέρια από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις τους.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|---------|----------|----------|
| 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He | | | | |
| 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | | | | | | | | | | | | | | | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr | | | | |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe | | | | |
| 55 Cs | 56 Ba | | | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn | | | |
| 87 Fr | 88 Ra | | | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | 111 Rg | 112 Cn | 113 Uut | 114 Fl | 115 UUp | 116 Lv | 117 Uus | 118 Uuo | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu | | | | | |
| | | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr | | | | | |



Elements created at the Big Bang



Elements produced by nucleosynthesis, in the core of the stars



Elements produced by supernovas



Οι νόμοι της δομής των άστρων

- Μέσα στο άστρο, όπως πάμε προς το εσωτερικό του, η πίεση αυξάνεται λόγω του βάρους από τα ανώτερα στρώματά του.
- Σύμφωνα με τους νόμους των αερίων, η θερμοκρασία και η πυκνότητα αυξάνονται όσο η πίεση αυξάνεται.
- Η ενέργεια εκλύεται από το θερμότερο εσωτερικό τμήμα και ρέει προς το εξωτερικό ψυχρότερο τμήμα του άστρου, με ακτινοβολία και μεταφορά.
- Καθώς η ενέργεια διαφεύγει από το αστέρι, το αστέρι θα ψυχραίνεται- αν δεν δημιουργείται περισσότερη ενέργεια στο εσωτερικό του.
- Τα άστρα διέπονται από αυτούς τους απλούς και παγκόσμιους νόμους της φυσικής.



Παράδειγμα: Γιατί ο Ήλιος δεν καταρρέει ή συστέλλεται;



- Φουσκώστε ένα μπαλόνι όπως φαίνεται στα αριστερά
- Η ατμοσφαιρική πίεση «ωθεί» το μπαλόνι προς τα μέσα. Δεν συρρικνώνεται όμως, επειδή η πίεση του αέρα «ωθεί» το μπαλόνι προς τα έξω
- Στον Ήλιο, η βαρύτητα, ωθεί το υλικό προς τα μέσα, αλλά ισορροπείται από την αέρια πίεση.

Η πηγή ενέργειας του Ήλιου και των άστρων

- Χημική καύση των αερίων, πετρέλαιο ή άνθρακας;

Αυτή η διαδικασία είναι τόσο ανεπαρκής που φέρνει ενέργεια στον Ήλιο για μόνο λίγα χιλιάδες χρόνια

- Αργή βαρυτική συστολή;

Αυτό θα μπορούσε να φέρνει ενέργεια στον Ήλιο κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών, αλλά ο ήλιος είναι δισεκατομμυρίων ετών

- Ραδιενέργεια (πυρηνική σχάση);

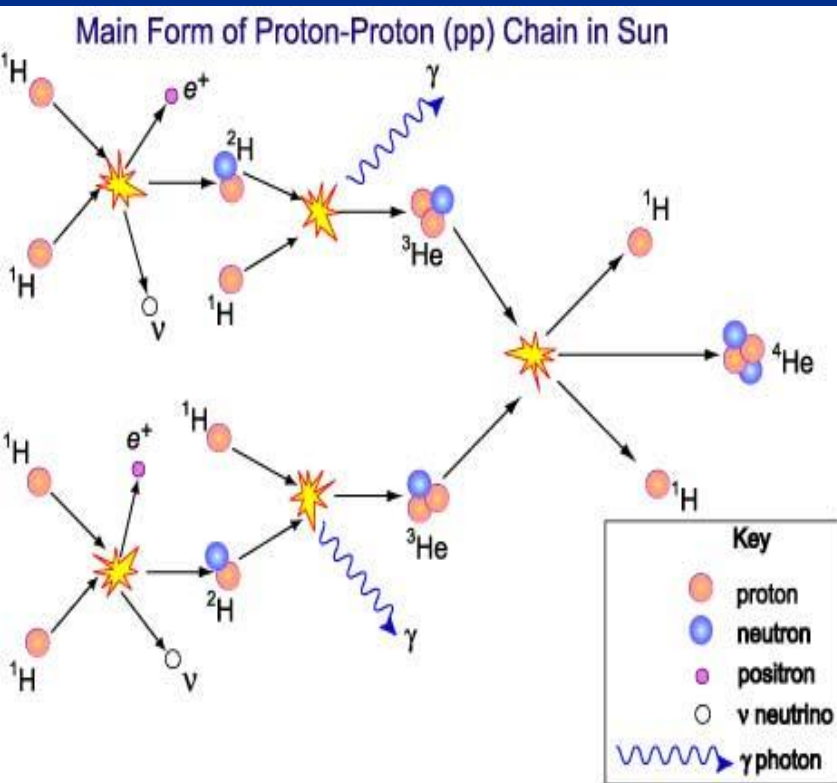
Τα ραδιενεργά ισότοπα είναι σχεδόν ανύπαρκτα μέσα τον Ήλιο και τα αστέρια

- Η πυρηνική σύντηξη των πιο ελαφριών στοιχείων σε βαρύτερα;

Ναι! Αυτή είναι μια πολύ αποτελεσματική διαδικασία, και τα ελαφρά στοιχεία καθώς το υδρογόνο και το ήλιο αντιπροσωπεύουν το 98% του Ήλιου και των αστεριών



Η Αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου είναι η κύρια διαδικασία της σύντηξης στον Ήλιο



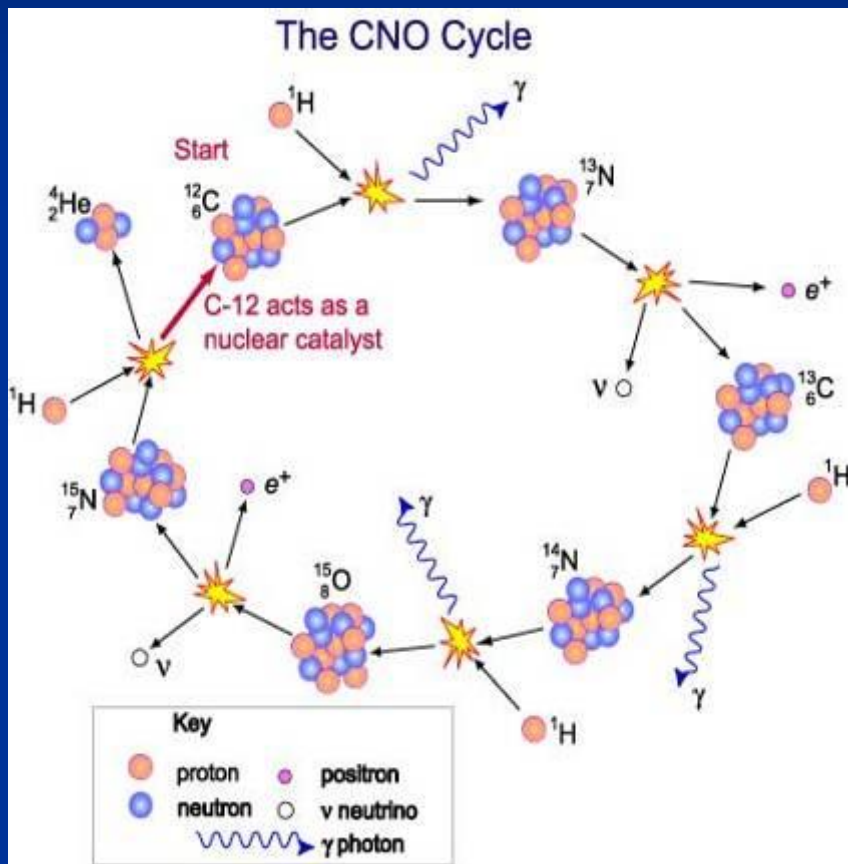
Κύκλος πρωτονίων-πρωτονίων

Πηγή: Εθνικό τηλεσκόπιο Αυστραλίας

- Σε υψηλές θερμοκρασίες και πυκνότητες, στα αστέρια όπως ο Ήλιος μας, τα πρωτόνια (σε κόκκινο) ξεπερνούν την ηλεκτροστατική άπωση μεταξύ τους, και σχηματίζουν ^2H (δευτέριο) και νεutrino (ν)
- Αργότερα, άλλο πρωτόνιο αλληλεπιδρά με το δευτέριο για να σχηματίσουν το ^3He
- Αργότερα, οι ^3He πυρήνες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν έναν πυρήνα ^4He , ελευθερώνοντας δύο πρωτόνια.
- Αποτέλεσμα: 4 Πρωτόνια μαζί σχηματίζουν ήλιο και ενέργεια (ακτίνες γάμμα και κινητική ενέργεια)



Ο κύκλος άνθρακα-αζώτου- οξυγόνου



- Στα τεράστια άστρα, με πολύ θερμό πυρήνα, τα πρωτόνια (κόκκινο) μπορούν να συγκρουστούν με έναν ^{12}C (άνθρακας) πυρήνα (πάνω αριστερά)
- Αυτό ξεκινά μια κυκλική ακολουθία των αντιδράσεων στις οποίες τελικά τέσσερα πρωτόνια fuse για να σχηματίσουν έναν πυρήνα ηλίου (πάνω αριστερά)
- Ένας ^{12}C πυρήνας is recovered ξανά στο τέλος του κύκλου, ως εκ τούτου δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται: συμπεριφέρεται σαν πυρηνικός καταλύτης

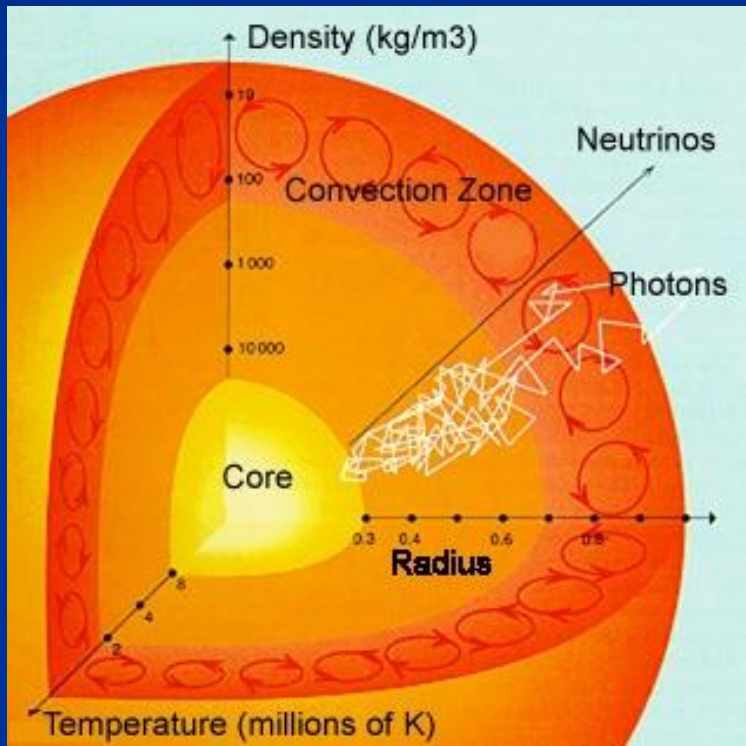
Φτιάχνοντας αστρικά “μοντέλα”

- Οι νόμοι που περιγράφουν την αστρική δομή εκφράζονται με εξισώσεις, που λύνονται με τους υπολογιστές.
- Ο υπολογιστής υπολογίζει την θερμοκρασία, πυκνότητα, πίεση και την ενέργεια σε κάθε σημείο του Ήλιου ή του αστεριού. Αυτό λέγεται ένα μοντέλο.
- Στο κέντρο του Ήλιου, η πυκνότητα είναι 150 φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού, και η θερμοκρασία είναι $\sim 15,000,000$ K.



Στο εσωτερικό του ήλιου

Βασισμένο σε ένα «μοντέλο» του Ήλιου φτιαγμένο με τον υπολογιστή



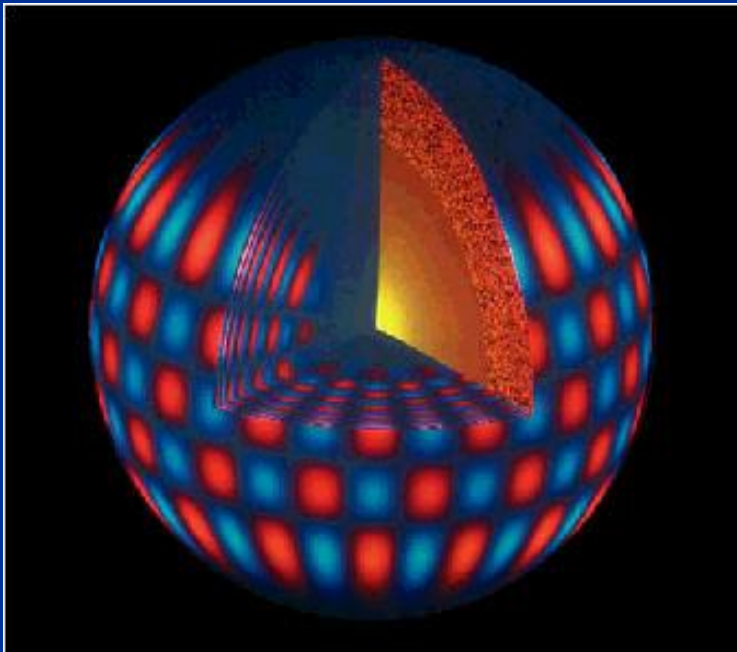
- Μέσα στον καυτό πυρήνα, οι πυρηνικές αντιδράσεις παράγουν ενέργεια από την σύντηξη υδρογόνου σε ήλιο.
- Στη ζώνη ακτινοβολίας, πάνω από τον πυρήνα, η ενέργεια ρέει προς τα έξω μέσω του μηχανισμού ακτινοβολίας.
- Στη ζώνη της μεταφοράς, μεταξύ της περιοχής ακτινοβολίας και της περιοχής της επιφάνειας, η ενέργεια ρέει προς τα έξω μέσω του μηχανισμού μεταφοράς.
- Η φωτόσφαιρα, στην επιφάνεια, είναι το στρώμα όπου το αστέρι γίνεται διαφανές

Ηλιακό μοντέλο

Πηγή: Ινστιτούτο Θεωρητικής Φυσικής, Πανεπιστήμιο του Όσλο



Δοκιμάζοντας το ηλιοσεισμολογικό μοντέλο

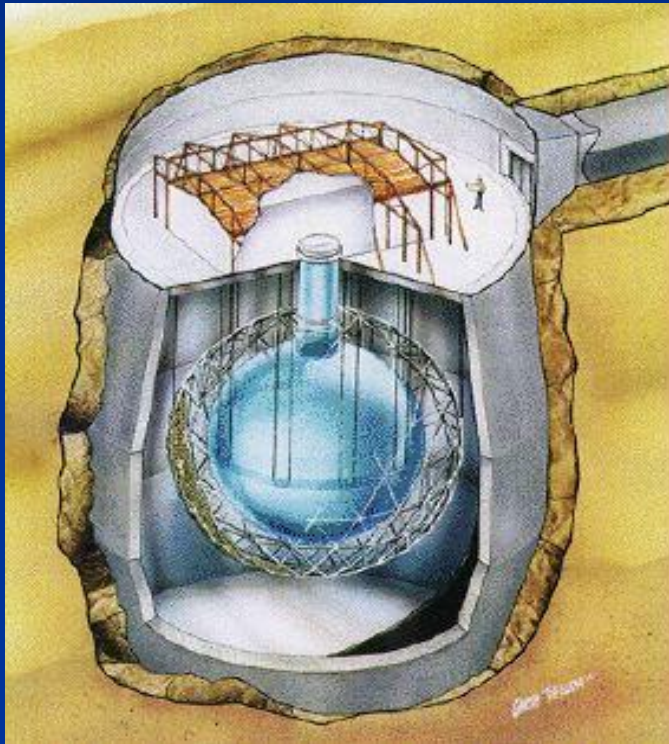


Καλλιτεχνική σύλληψη της ηλιακής δόνησης.
Πηγή: Εθνική οπτική αστρονομία των
ΗΠΑ Αστεροσκοπείο

- Ο Ήλιος δονείται απαλά με χιλιάδες τρόπους (μοτίβα). Ένας από αυτούς φαίνεται στην εικόνα.
- Αυτές οι δονήσεις μπορούν να παρατηρηθούν και μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε για να συμπεράνουμε την εσωτερική δομή του Ήλιου, δοκιμάζοντας έτσι τα υπάρχοντα μοντέλα της δομής του. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως ηλιοσεισμολογία
- Παρόμοιες δονήσεις μπορούν να παρατηρηθούν σε άλλα αστέρια: αστροσεισμολογία



Δοκιμάζοντας το ηλιακό μοντέλο νετρίνων



Observatory of neutrino, Sudbury
Πηγή: Sudbury Neutrino Observatory

- Οι αντιδράσεις πυρηνικής σύντηξης παράγουν στοιχειώδη σωματίδια που ονομάζονται νετρίνα.
- Έχουν πολύ μικρή μάζα, και σπάνια αλληλοεπιδρούν με την ύλη.
- Η μάζα τους εντοπίστηκε και μετρήθηκε χάρη σε ειδικά παρατηρητήρια, όπως το Παρατηρητήριο Νετρίνων του Sudbury (αριστερά). Τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με προβλέψεις αποκτημένες από τα μοντέλα



Διάρκεια των αστρικών ζώων

- Η διάρκεια ζωής ενός αστεριού εξαρτάται από το πόσο πυρηνικό καύσιμο (υδρογόνο) έχει και πόσο γρήγορα το καταναλώνει (ισχύς).
- Αστέρια μικρότερης μάζας από τον Ήλιο μας, είναι τα πιο συνηθισμένα. Έχουν λιγότερα καύσιμα, αλλά πολύ μικρότερη «κατανάλωση», επομένως έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Αστέρια μεγαλύτερης μάζας από τον Ήλιο είναι σπανιότερα. Έχουν περισσότερα καύσιμα, αλλά η «κατανάλωση» είναι πολύ υψηλότερη, επομένως έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής.



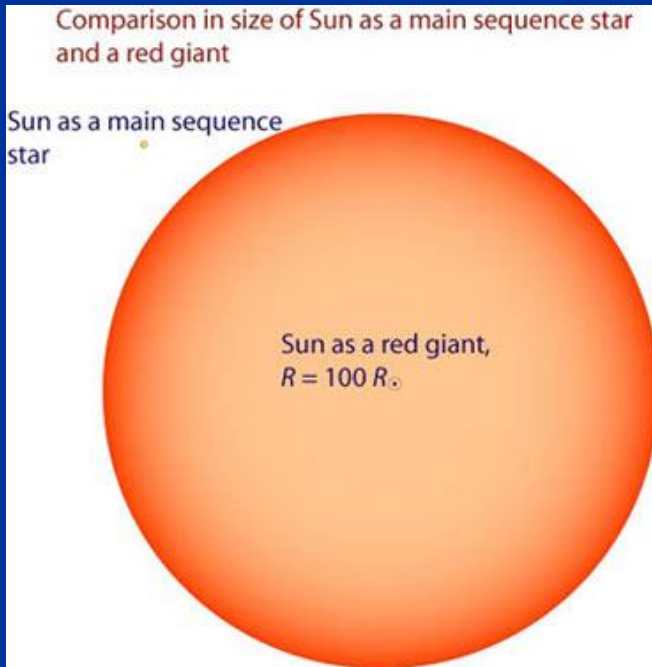
Πώς μαθαίνουν οι αστρονόμοι για την αστρική εξέλιξη;

- Παρατηρώντας τα αστέρια σε διάφορα στάδια της ζωής τους και βάζοντας τα σε μια ακολουθία λογικής εξέλιξης.
- Δημιουργώντας μοντέλα με χρήση υπολογιστών, χρήση των νόμων της φυσικής και των αλλαγών στη σύνθεση των αστεριών που συμβαίνουν λόγω της πυρηνικής σύντηξης.
- Μελετώντας τα αστρικά σμήνη ή / και ομάδες αστεριών με διαφορετικές μάζες, αλλά με την ίδια ηλικία.
- Μελετώντας τις σύντομες και παράξενες φάσεις στις αστρικές ζωές (π.χ. Supernovae και novae).
- Μέσα από τη μελέτη μεταβλητών παλλόμενων αστεριών, μετρώντας τις αργές αλλαγές στην περίοδό τους, που προικαλούνται από την εξέλιξή τους.



Η εξέλιξη των αστεριών που μοιάζουν με τον Ήλιο

- Το αστέρι που μοιάζει με τον Ήλιο δεν αλλάζει πολύ κατά το πρώτο ~ 90% της ζωής του, εφόσον έχει αρκετό καύσιμο (υδρογόνο) για να συνεχίσει με θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Το ονομάζουμε αστέρι κύριας ακολουθίας.
 - Όταν το καύσιμο υδρογόνο, εξαντλείται, το άστρο διαστέλλεται σε ένα κόκκινο γιγαντιαίο αστέρι.
 - Μέσα στον πυρήνα, οι θερμοκρασίες μπορούν να αυξηθούν αρκετά ώστε να αρχίσει να παράγει ενέργεια μέσω της σύντηξης ηλίου σε άνθρακα.
 - Όταν εξαντληθεί το καύσιμο του ηλίου, το αστέρι διογκώνεται και πάλι σε ακόμη μεγαλύτερο κόκκινο γίγαντα, εκατοντάδες φορές μεγαλύτερο από τον Ήλιο



Σύγκριση μεγέθους: Ήλιος - κόκκινος γίγαντας
Πηγή: Εθνικό τηλεσκόπιο Αυστραλίας



Ο θάνατος των αστεριών που μοιάζουν με τον Ήλιο



Helix Planetary Nebula.

Πηγή: NASA

- Όταν το αστέρι γίνεται ένας κόκκινος γίγαντας, αρχίζει να δονείται (δονείται). Το ονομάζουμε αστέρι Mira.
- Ο παλμός προκαλεί το διαχωρισμό των εξωτερικών στρωμάτων του αστεριού, παράγοντας ένα όμορφο πλανητικό νεφέλωμα .
- Ο πυρήνας του αστεριού είναι ένας λευκός νάνος, πυκνός, μικρός και χωρίς καύσιμο.



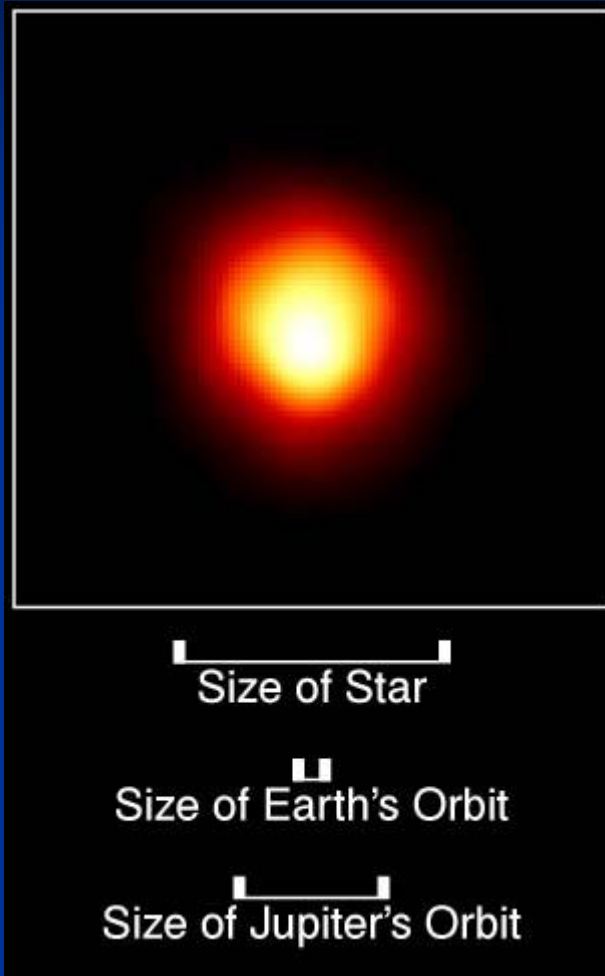
Λευκός νάνος



Ο λευκός νάνος σύντροφος (κάτω)
του Sirius (πάνω). Πηγή NASA

- Ένας λευκός νάνος αντιπροσωπεύει τον νεκρό πυρήνα από αστέρια σαν τον Ήλιο.
- Ένας λευκός νάνος έχει μάζα παρόμοια με τον Ήλιο, όγκο παρόμοιο με τη Γη, και πυκνότητα εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτή του νερού.
- Σε έναν λευκό νάνο, η κεντρομόλος βαρυτική δύναμη εξισορροπείται από την εξωτερική κβαντική πίεση των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του.
- Πολλά κοντινά αστέρια, όπως ο Σείριος (αριστερά) και ο Προκύων, έχουν λευκούς νάνους ως συνοδούς αστέρες.

Η εξέλιξη ενός μεγάλης μάζας αστεριού



- Τα μεγάλης μάζας αστέρια είναι σπάνια, ισχυρά και καταναλώνουν τα καύσιμα τους πολύ γρήγορα - σε λίγα εκατομμύρια χρόνια.
- Όταν ξοδέψουν το καύσιμό τους, διογκώθηκαν και έγιναν κόκκινοι υπεργίγαντες .
- Ο πυρήνας τους είναι πολύ μεγάλης θερμοκρασίας, ώστε να παράγει βαριά στοιχεία όπως ο σίδηρος.
- Ο Betelgeuse (αριστερά), στον αστερισμό του Orion, είναι ένας κόκκινος υπεργίγαντας. Είναι πολύ μεγαλύτερο από την τροχιά της Γης

Betelgeuse.

Πηγή: NASA / ESA / HST



Ο θάνατος ενός μεγάλης μάζας αστεριού

- Όταν ο πυρήνας ενός μεγάλης μάζας αστεριού γίνεται κυρίως από σίδηρο, δεν έχει πλέον πυρηνικό καύσιμο για να συνεχίσει την σύντηξη και δεν μπορεί πλέον να παραμείνει ζεστό.
- Η βαρύτητα συνθλίβει τον πυρήνα σε ένα αστέρι νετρονίων, απελευθερώνοντας τεράστιες ποσότητες βαρυτικής ενέργειας και οδηγώντας το αστέρι σε μια έκρηξη σουπερνόβα (αριστερά).
- Οι σουπερνόβα παράγουν στοιχεία βαρύτερα από το σίδηρο και αποβάλλουν αυτά και άλλα στοιχεία στο χώρο, στοιχεία που θα γίνουν μέρος νέων αστεριών, πλανητών και ζωής.



Το νεφέλωμα του καβουριού, το υπόλοιπο του παρατηρήθηκε έκρηξη σουπερνοβών το 1054 μ.Χ.
Πηγή: NASA

Αστέρια νετρονίων

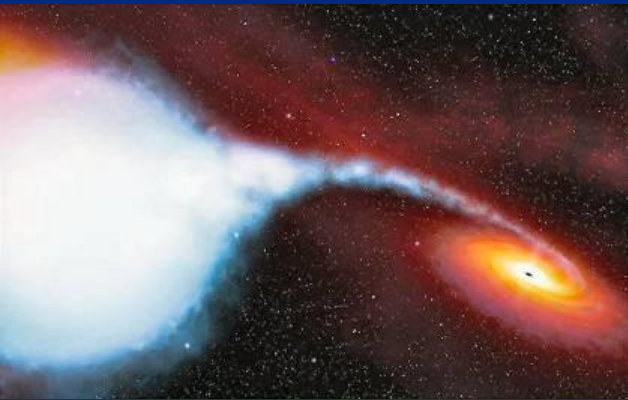


- Οι αστρικοί πυρήνες με μάζες μεταξύ 1,5 και 3 φορές τη μάζα του Ήλιου καταρρέουν και γίνονται αστέρια νετρονίων στο τέλος της αστρικής ζωής τους.
- Έχουν διάμετρο περίπου 10 km και πυκνότητες τρισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από το νερό.
- Είναι κατασκευασμένα από νετρόνια και πιο εξωτικά σωματίδια.
- Τα νεαρά αστέρια νετρονίων περιστρέφονται γρήγορα και εκπέμπουν περιοδικούς παλμούς στα ραδιοκύματα και είναι γνωστοί ως πάλσαρ.

Pulsar, αστέρι νετρονίων στην καρδιά του Crab Nebula.

Πηγή: NASA / ESA / HST

Μαύρες τρύπες



Καλλιτεχνική σύλληψη του Cygnus X-1, ένα αστέρι (αριστερά) με μια μαύρη τρύπα (δεξιά) σε ένα κέντρο δίσκου αύξησης. Πηγή: NASA

- Μια μαύρη τρύπα είναι ένα αστρονομικό αντικείμενο του οποίου η βαρύτητα είναι τόσο ισχυρή που τίποτα δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτό, ούτε καν φως.
- Οι πυρήνες των ασυνήθιστων μεγάλης μάζας αστεριών (πάνω από 30 φορές τη μάζα του Ήλιου) γίνονται μαύρες τρύπες όταν εξαντλείται το καύσιμους τους.
- Ένας τρόπος ανίχνευσης μαύρης τρύπας: όταν ένα ορατό αστέρι περιστρέφεται γύρω από αυτό (αριστερά).



Ειδικές περιπτώσεις μεταβλητών αστεριών



- Πολλά αστρικά υπολείμματα - λευκοί νάνοι, μαύρες τρύπες ή αστέρια νετρονίων - έχουν ένα κανονικό ορατό αστέρι-συνοδό, σε τροχιά γύρω τους.
- Εάν το αέριο της ατμόσφαιρας από το κανονικό αστέρι πέσει στο αστρικό υπόλειμμα, σχηματίζεται ο δίσκος προαύξησης γύρω του (αριστερά).
- Καθώς το αέριο πέφτει στο αστρικό υπόλειμμα, μπορεί να εκραγεί με ένταση διαφόρων μεγεθών, και ονομάζουμε τότε το άστρο, κατακλυσμικό μεταβλητό αστέρι.

Ένα ζευγάρι κανονικού αστεριού (αριστερά) και ένα λευκό αστέρι νάνου με δίσκο συσσώρευσης κλέβοντας αέριο από τον σύντροφο (δεξιά).

Πηγή: NASA

Η γέννηση των αστεριών



- Τα αστέρια σχηματίζονται μέσα στα μοριακά σύννεφα (νεφελώματα), φτιαγμένα από κρύο αέριο και σκόνη.
- Η διαστρική σκόνη και το αέριο είναι περίπου το 10% της ύλης στον Γαλαξία μας.
- Τα νεαρά αστέρια μπορούν γενικά να βρεθούν μέσα ή κοντά στο νεφέλωμα από το οποίο προήλθαν.
- Το πιο κοντινό και σαφές παράδειγμα μιας περιοχής σχηματισμού αστεριών είναι το νεφέλωμα του Ωρίωνα (αριστερά), περίπου 1500 έτη φωτός μακριά μας.

Νεφέλωμα Ωρίωνα
Πηγή: NASA



Διαστρικό Νέφος

Το αέριο μεταξύ των αστεριών



- Το διαστρικό νέφος (άτομα ή μόρια) μπορεί να ενεργοποιηθεί με υπεριώδες φως που προέρχεται από ένα κοντινό αστέρι, δημιουργώντας ένα νεφέλωμα εκπομπής (αριστερά).
- Το κρύο αέριο μεταξύ των άστρων, παράγει ραδιοκύματα που μπορούν να ανιχνευθούν με ραδιοτηλεσκοπία.
- Το 98% του διαστρικού νέφους αποτελείται από υδρογόνο και ήλιο

Το νεφέλωμα του Ωρίωνα.

Το αέριο ενεργοποιείται από υπεριώδες φως από τα αστέρια στο νεφέλωμα.

Πηγή: NASA



Διαστρικό Νέφος

Το αέριο μεταξύ των αστεριών

- Η διαστρική σκόνη κοντά στα φωτεινά αστέρια μπορεί να ανιχνευθεί στο ορατό μέρος του φάσματος
- Η σκόνη μπορεί να εμποδίσει το φως από τα αστέρια και το αέριο (αριστερά). Τα αστέρια δημιουργούνται μέσα σε αυτά τα σύννεφα.
- Μόνο το 1% του υλικού μεταξύ των αστεριών είναι σκόνη. Τα σωματίδια σκόνης έχουν μέγεθος μερικές εκατοντάδες nm και είναι κυρίως πυριτικά άλατα ή γραφίτης

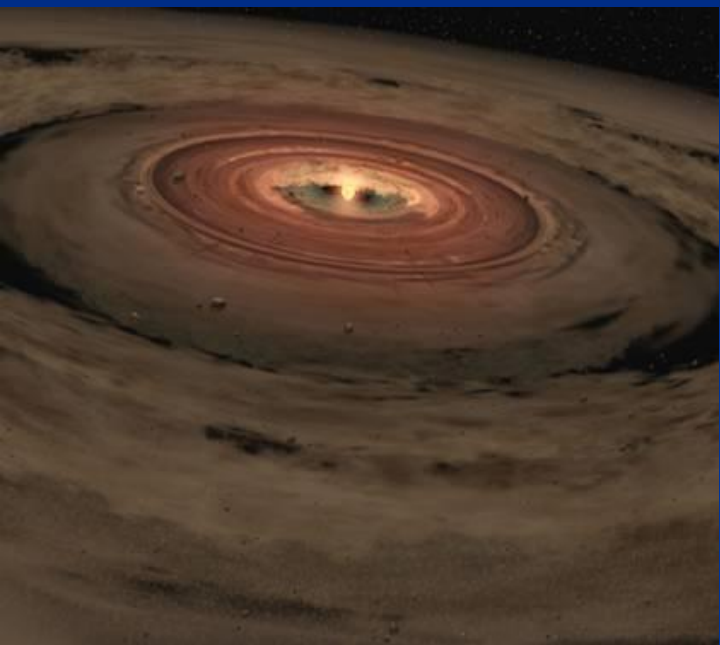


M16

Πηγή: NASA/ESA/HST



Σχηματισμός αστεριών



Καλλιτεχνική σύλληψη ενός πλανητικού συστήματος στη διαδικασία σχηματισμού.

Πηγή: NASA

- Τα αστέρια σχηματίζονται μέσα στα νεφελώματα, στα μέρη που ονομάζονται πυρήνες και τα οποία είναι πυκνά ή συμπιεσμένα.
- Η βαρύτητα είναι υπεύθυνη για την προσέλκυση πυρήνων.
- Η διατήρηση της στροφορμής αυξάνει την περιστροφή των πυρήνων, οι οποίοι επιπεδοποιούνται και τελικά μετατρέπονται σε δίσκους.
- Τα αστέρια σχηματίζονται στο κέντρο των δίσκων. Οι πλανήτες σχηματίζονται στα ψυχρότερα, εξωτερικά μέρη του δίσκου.



Πρωτοπλανητικοί δίσκοι: Proplyds

Πλανητικά συστήματα στη διαδικασία σχηματισμού



- Πρωτοπλανητικοί δίσκοι έχουν παρατηρηθεί στο νεφέλωμα του Orion (αριστερά)
- Το αστέρι δύσκολα είναι ορατό στο κέντρο του δίσκου.
- Ο δίσκος σκόνης εμποδίζει το φως.
- Αυτές και άλλες παρατηρήσεις παρέχουν μια άμεση απόδειξη του σχηματισμού των πλανητικών συστημάτων.

Proplyds

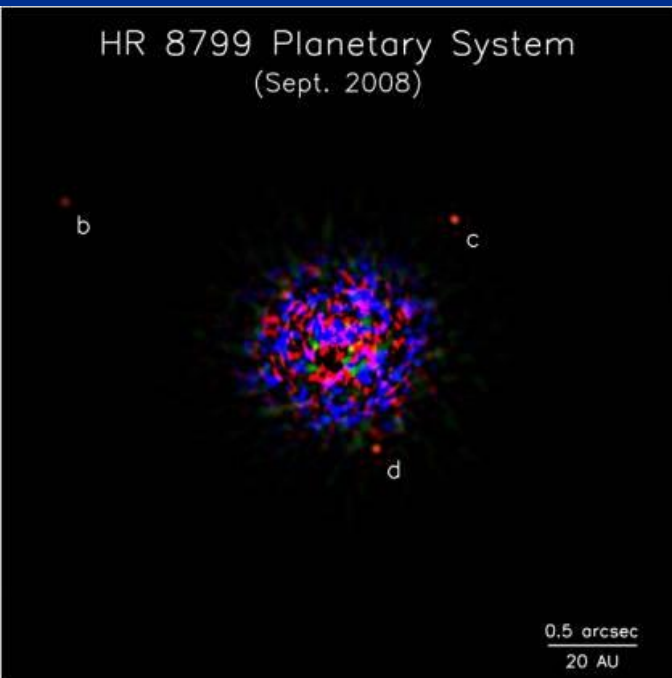
Πηγή: NASA / ESA / HST



Exoplanets = εξωηλιακοί πλανήτες

Πλανήτες γύρω από άλλα αστέρια

- Οι εξωπλανήτες συνήθως ανακαλύπτονται και μελετώνται μέσω της βαρυτικής επίδρασης που έχουν στο αστέρι, ή μέσω της ελαφριάς εξασθένισης του φωτός του αστεριού του σε περίπτωση διέλευσης.
- Πολύ λίγοι έχουν εντοπιστεί άμεσα (αριστερά).
- Σε αντίθεση με τους πλανήτες στο ηλιακό μας σύστημα, πολλοί εξωπλανήτες είναι τεράστιοι και πολύ κοντά στο αστέρι τους. Αυτό επιτρέπει στους αστρονόμους να τροποποιήσουν / διορθώσουν τις θεωρίες τους για την δημιουργία των πλανητικών συστημάτων.



Σύστημα exoplanet HR 8799

Πηγή: C. Marois et al., NRC Canada



Τελικές εκτιμήσεις

- «Η βαρύτητα οδηγεί τον σχηματισμό, την ζωή και τον θάνατο των αστεριών» [Καθηγητής R.L. Bishop]
- Η γέννηση ενός αστεριού εξηγεί την προέλευση του Ηλιακού μας Συστήματος και άλλων πλανητικών συστημάτων.
- Η ζωή του αστεριού εξηγεί την πηγή ενέργειας που καθιστά δυνατή τη ζωή στη Γη.
- Κατά την διάρκεια της ζωής και του θανάτου τους τα αστέρια, παράγουν χημικά στοιχεία βαρύτερα από το υδρογόνο, από τα οποία δημιουργούνται άλλα αστέρια, πλανήτες και ζωή.
- Κατά τη διάρκεια του θανάτου ενός αστεριού, η βαρύτητα παράγει τα πιο παράξενα αντικείμενα στο σύμπαν: λευκούς νάνους, αστέρια νετρονίων και μαύρες τρύπες.



Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή
σας!

