



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
ΚΑΙ
ΕΞΕΛΙΞΗ
ΤΩΝ
ΑΣΤΕΡΩΝ

1. Δημιουργία



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



**Το Μέγα Νεφέλωμα του Ωρίωνα
(κεντρικό τμήμα)
φωτογραφημένο με το τηλεσκόπιο
των 2,2 m του ESO**

Μεσοαστρική ύλη:

Η ύλη που υπάρχει στο διάστημα μεταξύ των αστέρων.

Αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα στοιχεία σε κατάσταση αερίων ή σκόνης.

Βαρυτική κατάρρευση:

Η συστολή ενός σώματος πολύ μεγάλης μάζας που οφείλεται στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων που το απαρτίζουν.

Η κίνηση της ύλης κατά τη βαρυτική κατάρρευση γίνεται προς το κέντρο της μάζας του σώματος που καταρρέει.

Στο φαινόμενο αυτό
οφείλεται κατά κύριο λόγο ο
σχηματισμός των γαλαξιών,
των αστέρων και των
πλανητικών συστημάτων.

Ένα ωστικό κύμα που δημιουργείται από την έκρηξη ενός αστέρα μπορεί να πυροδοτήσει τη βαρυτική κατάρρευση ενός νέφους μεσοαστρικής ύλης. Καθώς το κύμα διαδίδεται συμπιέζει το νέφος και αυξάνει την πυκνότητά του.

Σύμφωνα με το επικρατέστερο
μοντέλο,
οι αστέρες δημιουργούνται από
τη βαρυτική κατάρρευση
μεσοαστρικών νεφών που
αποτελούνται κυρίως
από υδρογόνο.

Το νέφος αρχίζει να συστέλλεται
με αποτέλεσμα να αυξάνεται
η πυκνότητά του.

Με την αύξηση της πυκνότητας,
το νέφος καταρρέει λόγω της
βαρύτητας προς το κέντρο της
μάζας του και ταυτόχρονα
αρχίζει να περιστρέφεται.

Η ταυτόχρονη συστολή και
περιστροφή σε πολλές
περιπτώσεις προκαλούν τη
διάσπαση του νέφους σε
κομμάτια.

Καθένα από αυτά τα κομμάτια

-οι πρωτοαστέρες,

όπως λέγονται-

συνεχίζουν να καταρρέουν

ανεξάρτητα ο ένας

από τον άλλο.

Έτσι κάθε πρωτοαστέρας

συστέλλεται διαρκώς.

Η μάζα του συμπιέζεται σε όλο
και μικρότερο χώρο,
με αποτέλεσμα τη γρήγορη
αύξηση της πίεσης και της
θερμοκρασίας
στο εσωτερικό του.

Αν η θερμοκρασία φτάσει τους
 10^6 K,
τότε αρχίζουν να
πραγματοποιούνται στον
πυρήνα του
πυρηνικές αντιδράσεις
σύντηξης υδρογόνου σε ήλιο.

Η ενέργεια που
ελευθερώνεται προκαλεί
δραματική αύξηση της
εσωτερικής πίεσης του
πρωτοαστέρα,
που αντισταθμίζει
τη βαρυτική του κατάρρευση.

Η συστολή του
πρωτοαστέρα σταματάει
και δημιουργείται
κατάσταση
δυναμικής ισορροπίας.
Τότε λέμε ότι γεννήθηκε
ένας αστέρας.

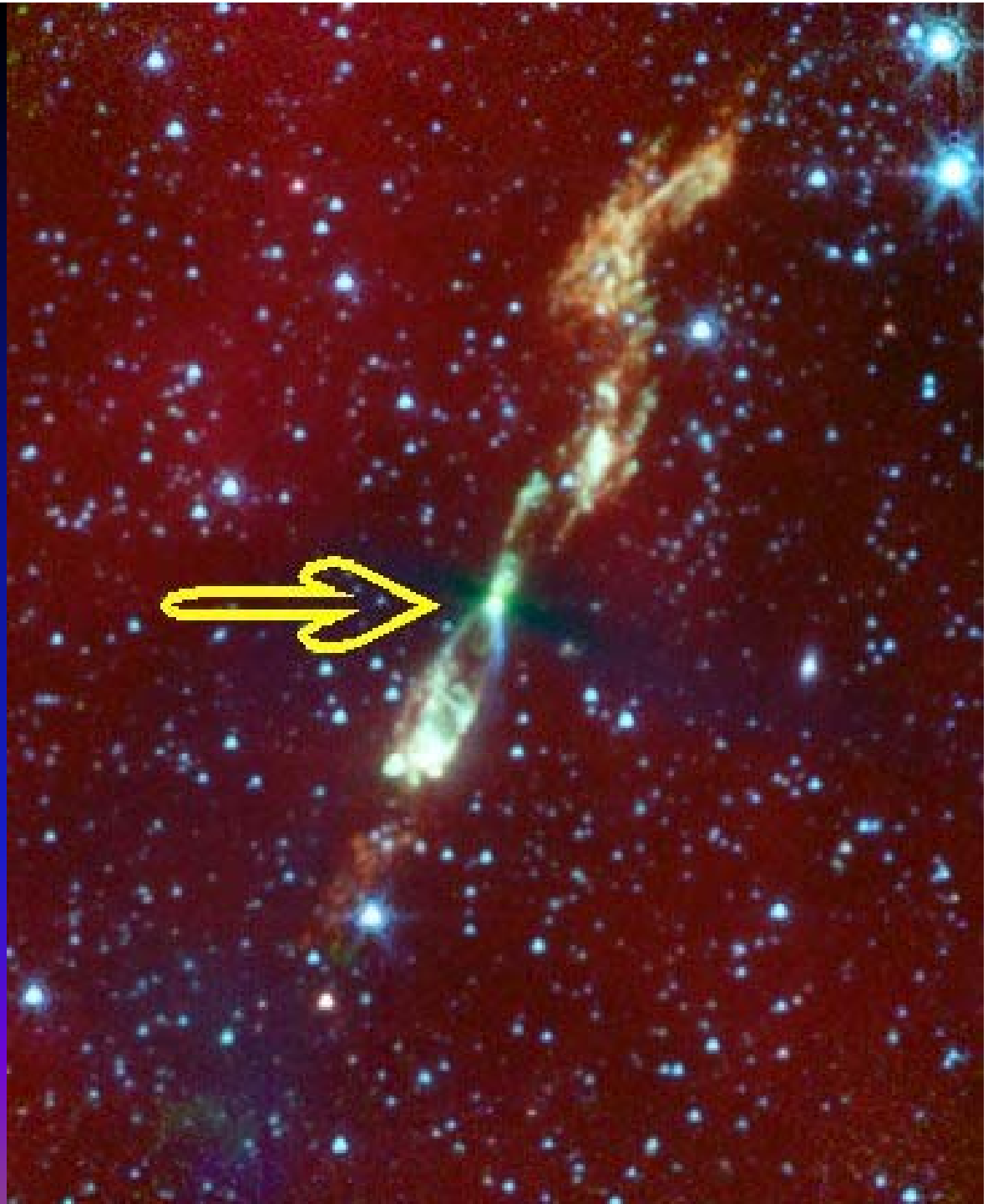
Δυναμική ισορροπία:
Κατάσταση ισορροπίας ενός
συστήματος που επιτυγχάνεται
από την αμοιβαία
εξουδετέρωση διαδικασιών
που εξελίσσονται
προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Για παράδειγμα,
η ισορροπία ενός αστέρα
συμβαίνει, όταν
η κατάρρευση της ύλης του
λόγω βαρύτητας
αντισταθμίζεται από την ενέργεια
που παράγουν οι θερμοπυρηνικές
αντιδράσεις
στο εσωτερικό του.



**Η τελευταία φάση συμπύκνωσης της
μεσοαστρικής ύλης που οδηγεί στο
σχηματισμό των αστέρων.**

Η γέννηση
ενός
αστεριού



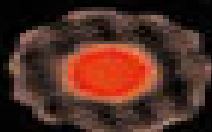
Αστρική εξέλιξη



Ένα νέφος
σκόνης και
αερίων καταρρέει



Ο πυρήνας του
νέφους συμπυκνώνεται
και σχηματίζεται ένας
πρωταστέρας.
Οι περιβάλλουσες του
πρωταστέρας περιοχές
συνεχίζουν να καταρρέουν



Από τον πρωταστέρα
προκύπτει ένας ή
περισσότεροι αστέρες



**Γέννηση αστέρων
στο νεφέλωμα του Ωρίωνα
σε απόσταση 1500 ε.φ. απο την Γη**

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ

Μια θεμελιώδης
φυσική παράμετρος
των αστέρων είναι και
η μάζα τους
που εκφράζεται
με μέτρο σύγκρισης
την ηλιακή μάζα.

Οι μεγαλύτεροι αστέρες που
έχουν παρατηρηθεί φτάνουν
τις 100 ηλιακές μάζες,
ενώ οι μικρότεροι έχουν
μάζες ίσες
με το 1/10 της ηλιακής.

Εξέλιξη ενός αστέρα
ονομάζουμε τις μεταβολές
των φυσικών του
χαρακτηριστικών
σε συνάρτηση με το χρόνο.
Αιτία των μεταβολών είναι οι
αλλαγές του είδους των
πυρηνικών αντιδράσεων που
συμβαίνουν στο εσωτερικό του.

Η αρχική μάζα ενός αστέρα
είναι καθοριστική
για την εξέλιξη του.

Οι αστέρες με μεγάλη μάζα
ακολουθούν κύκλο ζωής
εντελώς διαφορετικό
από τους αστέρες
με μικρή μάζα.

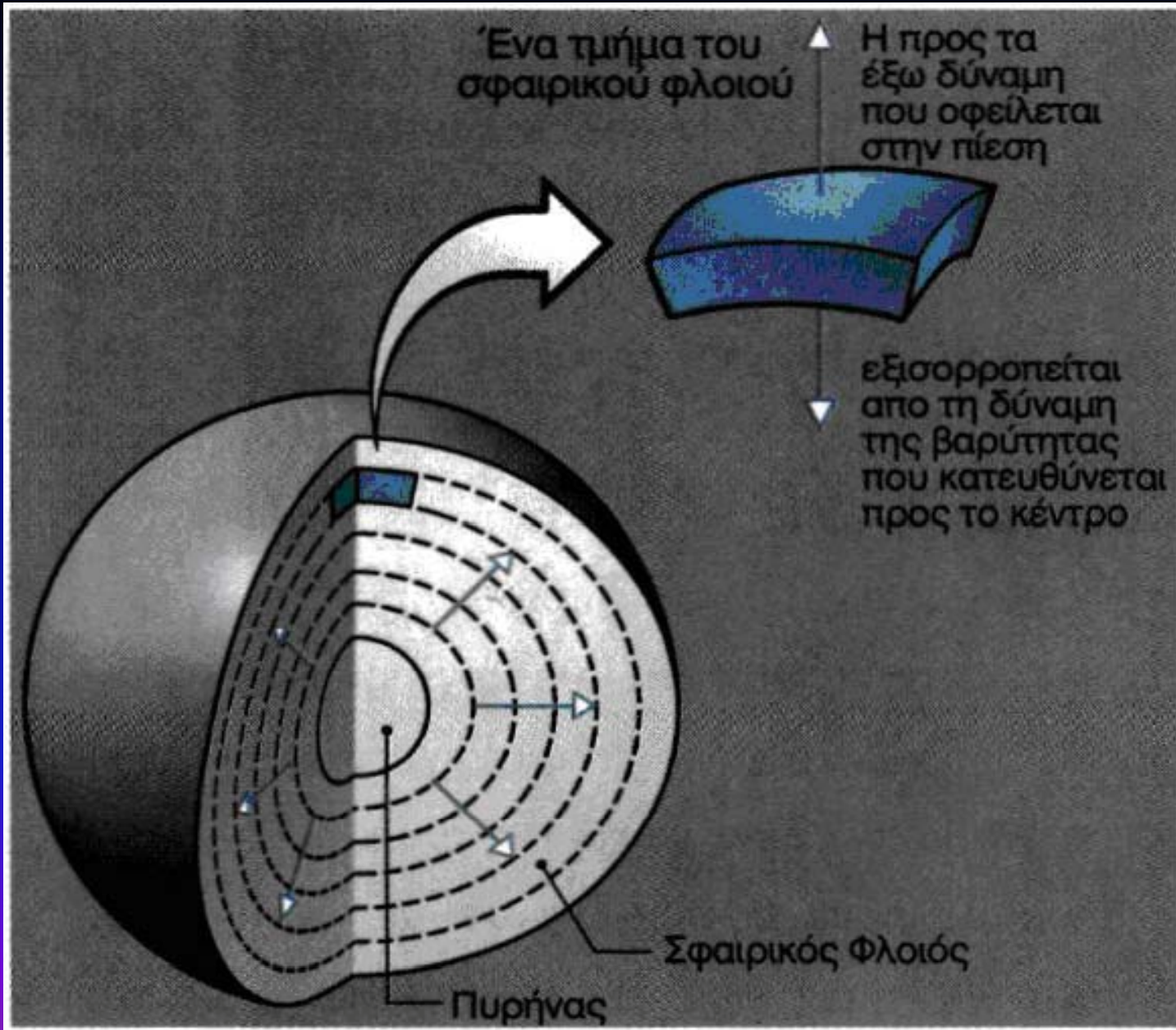
Οι αστέρες με μεγάλη μάζα
έχουν κύκλο ζωής
που διαρκεί λίγες χιλιάδες χρόνια,
με πολύ βίαιο τέλος,
ενώ οι αστέρες μικρής μάζας
παραμένουν σχεδόν «αμετάβλητοι»
για εκατοντάδες εκατομμύρια
ή
δισεκατομμύρια χρόνια.

ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ

Οι δυνάμεις που αντιμάχονται
στη διάρκεια της ζωής ενός
αστέρα είναι δύο:

α) Η δύναμη της
βαρύτητας,
που έλκει
προς το κέντρο του αστέρα
την ύλη
από την οποία
αποτελείται.

β) Η δύναμη που αναπτύσσεται
από τις πυρηνικές αντιδράσεις
στον πυρήνα του,
η οποία προέρχεται από την
αύξηση της εσωτερικής πίεσης
του αστέρα,
λόγω της ενέργειας που
ελευθερώνεται.



Αν υπήρχε μόνο η βαρύτητα,
τότε ο αστέρας θα κατέρρεε
μέσα σε λίγα λεπτά.

Αν υπήρχε μόνο η δύναμη
από την εσωτερική του
πίεση,
αυτή θα προκαλούσε
άμεση έκρηξη.

Οι δύο αυτές δυνάμεις
εξισορροπούνται μεταξύ τους στη
διάρκεια του μεγαλύτερου τμήματος
της ζωής ενός αστέρα.

Η ισορροπία έχει ως επακόλουθο τη
σταθεροποίηση όλων των φυσικών
χαρακτηριστικών του αστέρα της
πίεσης της θερμοκρασίας, των
διαστάσεων του κτλ.

Η ισορροπία του αστέρα
παρουσιάζει μεγάλη ευστάθεια.

Αν διαταραχτεί
για οποιονδήποτε λόγο,
οι τιμές των μεγεθών που την
προσδιορίζουν (πίεση, θερμοκρασία,
ακτίνα, ρυθμός των πυρηνικών
αντιδράσεων κτλ.)

μεταβάλλονται έτσι, ώστε ο αστέρας να
επανέλθει στην αρχική του κατάσταση.

Για παράδειγμα,
αν στο εσωτερικό του
παράγεται
πλεόνασμα ενέργειας,
προκαλείται εξαιτίας του
αύξηση της πίεσης
και διαστολή του αστέρα,
με αποτέλεσμα
την πτώση της θερμοκρασίας του.

Η ελάττωση της θερμοκρασίας
προκαλεί με τη σειρά της
μείωση του ρυθμού των
πυρηνικών αντιδράσεων και
τελικά ελάττωση
της παραγόμενης ενέργειας.

Αν πάλι για κάποιους άλλους
λόγους μειωθεί
η παραγόμενη ενέργεια,
τότε προκαλείται
συστολή του αστέρα
και ακολουθείται
η αντίστροφη διαδικασία.

ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΝΟΣ ΑΣΤΕΡΑ

Το χρονικό διάστημα από τη γένεση του πρωτοαστέρα μέχρι την έναρξη των πυρηνικών αντιδράσεων στο εσωτερικό του (και επομένως την είσοδο του στην Κύρια Ακολουθία του διαγράμματος H-R) αποτελεί την πρώτη φάση της ζωής του.

Φάση της Κύριας Ακολουθίας

Η δεύτερη φάση της ζωής ενός αστέρα ή φάση της Κύριας Ακολουθίας είναι η περίοδος της ζωής του που έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια.

Το χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι η «καύση» του υδρογόνου σε ήλιο στον πυρήνα του αστέρα.

Ο Ήλιος μας βρίσκεται
στη φάση αυτή
εδώ και 4,5 δισεκατομμύρια
χρόνια,
ενώ υπολογίζεται ότι θα
παραμείνει σ' αυτή
για άλλο τόσο
χρονικό διάστημα.

Ένας αστέρας με 10πλάσια μάζα
από τη μάζα του Ηλίου
παραμένει στην Κύρια Ακολουθία
πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα,
περίπου 50 εκατομμύρια χρόνια.
Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής οι
αστέρες εμφανίζουν μεγάλη
σταθερότητα ως προς τα διάφορα
φυσικά χαρακτηριστικά τους.

Φάση μετά την Κύρια Ακολουθία.

Η τρίτη αυτή φάση αναφέρεται στην εξέλιξη του αστέρα μετά την Κύρια Ακολουθία και είναι το πιο σύντομο στάδιο της ζωής του.

Μετά την εξάντληση του υδρογόνου η ισορροπία του αστέρα καταστρέφεται.

Ο πυρήνας του αρχίζει πάλι
να συστέλλεται
λόγω βαρύτητας,
η θερμοκρασία του ανεβαίνει
και, όταν φτάσει περίπου
στους 10^8 K,
αρχίζει η πυρηνική καύση
του ηλίου σε άνθρακα.

Η έναρξη αυτής της καύσης
συνοδεύεται
από τρομερή έκλυση
ενέργειας
που προκαλεί δραματική
διαστολή του αστέρα.

Η διαστολή αυτή έχει αποτέλεσμα
την πτώση της θερμοκρασίας του
και τη μετατόπιση του
φάσματος της ακτινοβολίας του
προς το ερυθρό.

Ο αστέρας τότε μετατρέπεται
σε έναν
ερυθρό γίγαντα.

Αυτή είναι η πορεία
που θα ακολουθήσει
και ο Ήλιος.

Στη φάση αυτή
η ακτίνα του Ηλίου
θα γίνει περίπου ίση με 1,1 A.U.
και η Γη θα περιστρέφεται
στα όρια της εξωτερικής του
ατμόσφαιρας.

Τότε η ατμόσφαιρα
της Γης
θα διαλυθεί
και τα εξωτερικά στρώματα
του φλοιού της
θα αρχίσουν
να εξατμίζονται.

Η ακτίνα περιφοράς της Γης
γύρω από τον Ήλιο
θα μειώνεται σταδιακά
λόγω της τριβής
και σε λιγότερο από
200 χρόνια
θα συγχωνευτεί
με τον πυρήνα του.

Η αυξανόμενη λαμπρότητα του
Ηλίου θα εξατμίσει
και τους υπόλοιπους
εσωτερικούς πλανήτες,
ενώ οι εξωτερικοί
θα χάσουν τα παγωμένα
εξωτερικά τους στρώματα,
ώσπου να εμφανιστούν
οι πετρώδεις πυρήνες τους.

Αν ο αστέρας έχει μάζα
πολύ μεγαλύτερη από τη μάζα
του Ηλίου,
τότε, μετά την εξάντληση
του στοιχείου ηλίου,
ακολουθείται πάλι μια
διαδικασία
παρόμοια με την προηγούμενη

Ο πυρήνας συστέλλεται
εκ νέου

λόγω βαρύτητας,
η θερμοκρασία του
ανεβαίνει στους 10^9 K,
οπότε αρχίζει η
πυρηνική καύση
του άνθρακα.

Η ενέργεια που
απελευθερώνεται
είναι τώρα
ακόμα μεγαλύτερη.
Ο αστέρας διαστέλλεται
και παίρνει
τρομακτικές διαστάσεις.
Γίνεται ένας
ερυθρός υπεργίγαντας.

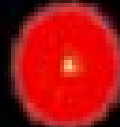
Μάζα μεταξύ 0,8 και 11 ηλιακών μαζών

Μάζα μεταξύ 11 και 50 ηλιακών μαζών

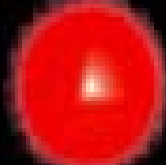
Μάζα άνω των 50 ηλιακών μαζών



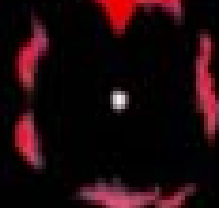
Αστέρας Κύριας Ακολουθίας τύπου B, A, F, ή G



Αστέρας Κύριας Ακολουθίας τύπου B, A, F, ή G



Ερυθρός γίγαντας με πυρήνα από ήλιο



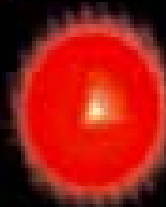
Ερυθρός υπεργίγαντας με πυρήνα από άνθρακα και οξυγόνο



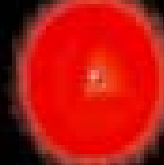
Πλανητικό νεφέλωμα με ένα κεντρικό αστέρα



Αστέρας Κύριας Ακολουθίας τύπου O ή B



Ερυθρός ή γαλάζιος υπεργίγαντας με πυρήνα από ήλιο



Ερυθρός υπεργίγαντας με σιδερένιο πυρήνα



Υπερκαινοφανής



Αστέρας νετρονίων



Αστέρας Κύριας Ακολουθίας τύπου O με ισχυρό αστρικό άνεμο



Αστέρας Wolf Rayet



Υπερκαινοφανής



Μαύρη τρύπα

Συνοπτικά

Στάδια εξέλιξης ενός αστέρα

1η
φάση

Το χρονικό διάστημα από τη γένεση του πρωτοαστέρα μέχρι την έναρξη των πυρηνικών αντιδράσεων στο εσωτερικό του

Πριν την κύρια ακολουθία

2η
φάση

Το χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι η "καύση" του υδρογόνου σε ήλιο στον πυρήνα του αστέρα. Είναι η περίοδος της ζωής του με την μεγαλύτερη διάρκεια.

Φάση κύριας ακολουθίας

3η φάση

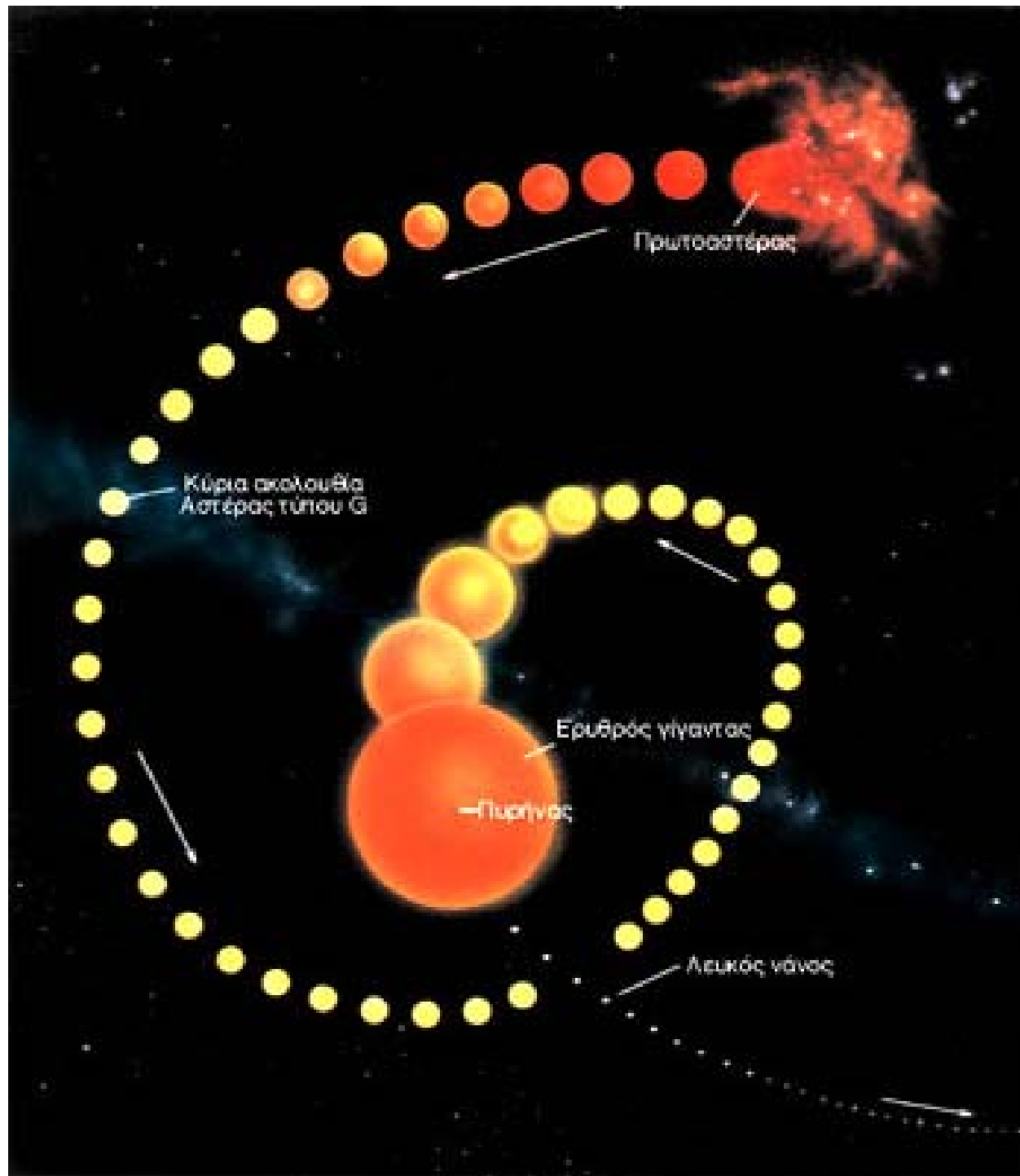
Είναι το πιο σύντομο στάδιο της ζωής του

Αναφέρεται στην εξέλιξη του αστέρα μετά την κύρια ακολουθία

- ❑ Με την εξάντληση του υδρογόνου η **ισορροπία του αστέρα καταστρέφεται.**
- ❑ Ο πυρήνας του αρχίζει πάλι να συστέλλεται λόγω βαρύτητας, η **θερμοκρασία του ανεβαίνει** και, όταν φτάσει περίπου στους 10^8 K, αρχίζει η **πυρηνική καύση του ηλίου σε άνθρακα.**
- ❑ Η έναρξη αυτής της καύσης συνοδεύεται από τρομερή έκλυση ενέργειας που προκαλεί **δραματική διαστολή του αστέρα.**
- ❑ Η διαστολή αυτή έχει ως αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας του και τη μετατόπιση του φάσματος της ακτινοβολίας του προς το ερυθρό. Ο αστέρας τότε μετατρέπεται σε έναν **ερυθρό γίγαντα.**

Αυτή είναι η πορεία που θα ακολουθήσει και ο Ήλιος.

- ✓ Στη φάση αυτή η ακτίνα του Ήλιου θα γίνει περίπου ίση με 1,1 A.U. και η Γη θα περιστρέφεται στα όρια της εξωτερικής του ατμόσφαιρας.
- ✓ Τότε η ατμόσφαιρα της Γης θα διαλυθεί και τα εξωτερικά στρώματα του φλοιού της θα αρχίσουν να εξατμίζονται.
- ✓ Η ακτίνα περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο θα μειώνεται σταδιακά λόγω της τριβής και σε λιγότερο από 200 χρόνια θα συγχωνευτεί με τον πυρήνα του.
- ✓ Η αυξανόμενη λαμπρότητα του Ήλιου θα εξατμίσει και τους υπόλοιπους εσωτερικούς πλανήτες, ενώ οι εξωτερικοί θα χάσουν τα παγωμένα εξωτερικά τους στρώματα, ώσπου να εμφανιστούν οι πετρώδεις πυρήνες τους.



Σχηματική αναπαράσταση της εξέλιξης του Ήλιου.

1. Ο σχηματισμός του πρωτοαστέρα από ένα μεσοαστρικό νέφος.
2. Η είσοδος στη φάση της Κύριας Ακολουθίας με την έναρξη των πυρηνικών αντιδράσεων στον πυρήνα του.
3. Η μακρόχρονη διάρκεια της φάσης της Κύριας Ακολουθίας
4. Η φάση μετά την Κύρια Ακολουθία. Η μετατροπή του σε ερυθρό γίγαντα και τέλος σε λευκό νάνο.

Αν ο αστέρας έχει μάζα πολύ μεγαλύτερη από τη μάζα του Ήλιου, τότε,

- ❑ μετά την εξάντληση του στοιχείου ηλίου, ακολουθείται πάλι μια διαδικασία παρόμοια με την προηγούμενη:
- ❑ Ο πυρήνας συστέλλεται εκ νέου λόγω βαρύτητας,
- ❑ Η θερμοκρασία του ανεβαίνει στους 10^9 K, οπότε αρχίζει η πυρηνική καύση του άνθρακα.
Η ενέργεια που απελευθερώνεται είναι τώρα ακόμα μεγαλύτερη.
- ❑ Ο αστέρας διαστέλλεται και παίρνει τρομακτικές διαστάσεις.
Γίνεται ένας ερυθρός υπεργίγαντας.

ΤΕΛΟΣ