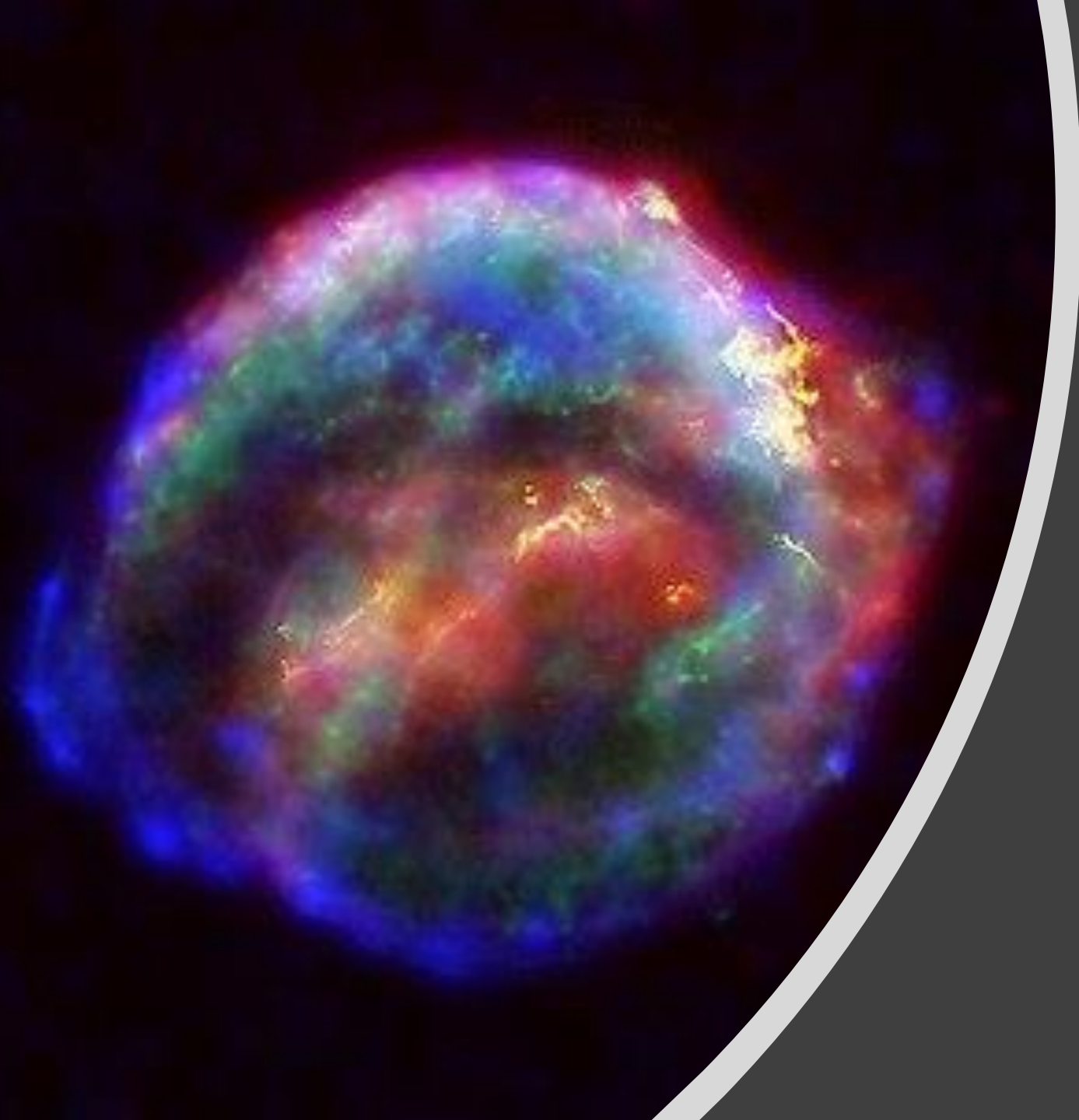




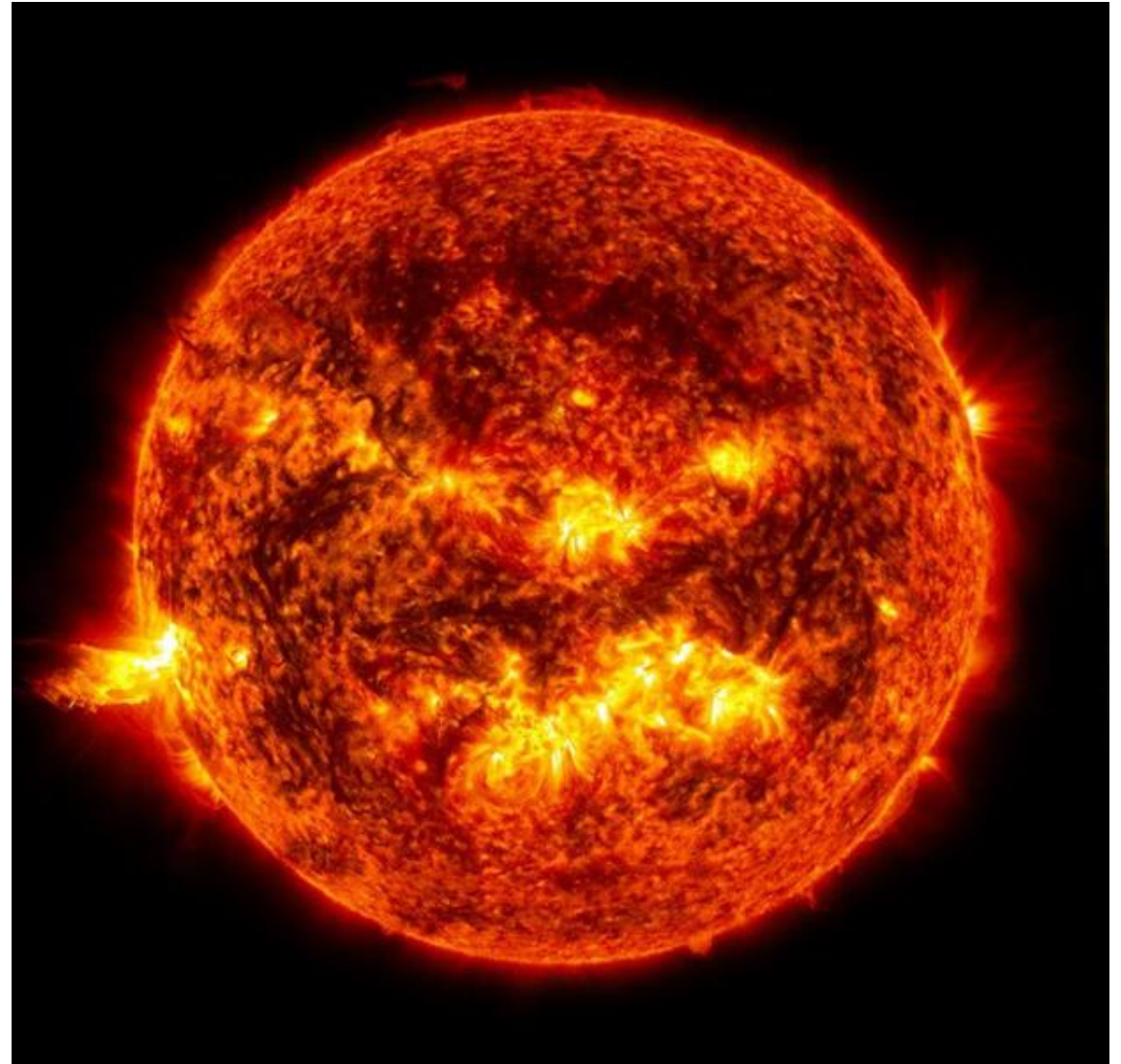
SUPERNOVA: Υπερκαινοφανείς Αστέρες

ΛΙΑΣΚΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΠΑΚΩΣΤΑΚΗΣ ΙΑΣΩΝ

ΑΣΤΕΡΑΣ

- Ο **αστέρας** είναι ένα λαμπερό ουράνιο σώμα το οποίο αποτελείται από υπερθερμενόμενα αέρια και παράγει ενέργεια από πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που συμβαίνουν στον πυρήνα του. Απαραίτητα προϋπόθεση της ύπαρξης αυτών των αντιδράσεων είναι η μάζα του σώματος να είναι μεγαλύτερη από 0,08 φορές αυτή του Ηλίου.



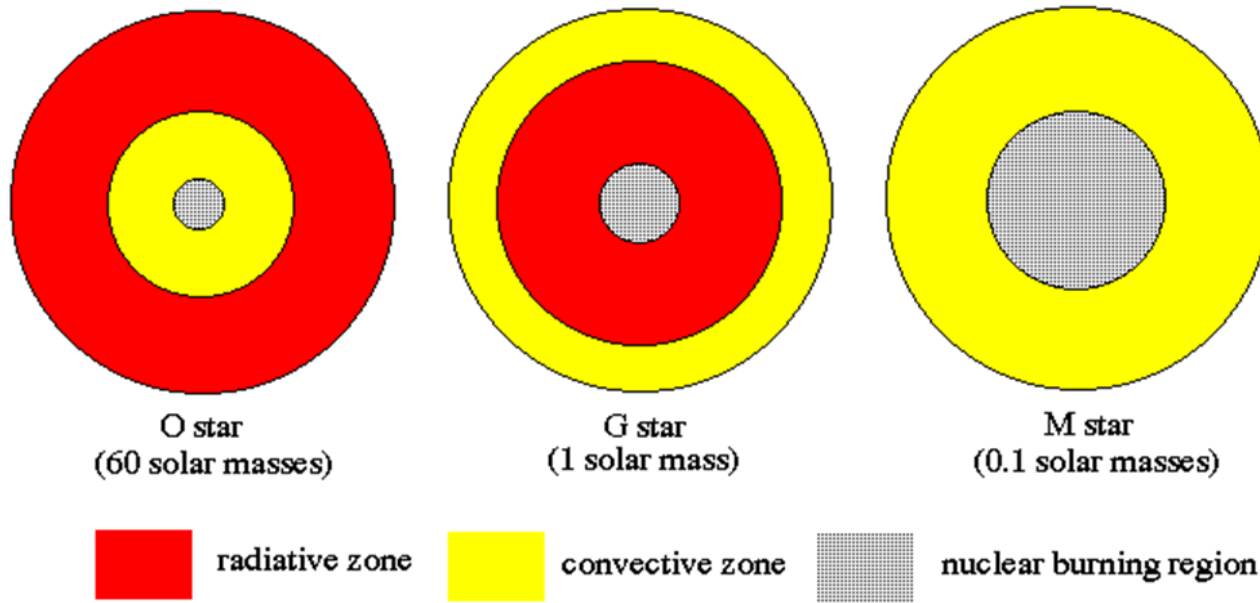
Το Νεφέλωμα

- Τα άστρα δημιουργούνται μέσα σε τεράστια νέφη αερίου και σκόνης που λέγονται **νεφελώματα**.
- Όταν το υλικό μέσα σε ένα διαγαλαξιακό νεφέλωμα φθάσει σε μια συγκεκριμένη πυκνότητα, τότε οι **ισχυρές δυνάμεις της βαρύτητας** το αναγκάζουν να καταρρεύσει προς το εσωτερικό του.
- Σχηματίζεται τότε ένα μεγάλο σφαιροειδές αντικείμενο που περιστρέφεται αργά. Αυτό ψύχεται και συμπιέζεται από τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Ο κεντρικός πυρήνας του γίνεται το **πρωτοάστρο**. Το πρωτοάστρο είναι τώρα πια ένα σταθερό άστρο της **κύριας ακολουθίας** που θα παραμείνει σε αυτή την κατάσταση (στην περίπτωση του δικού μας ήλιου) για περίπου 10 δισεκατομμύρια χρόνια.



Αστέρες Κύριας Ακολουθίας

Internal Structure for Main Sequence Stars

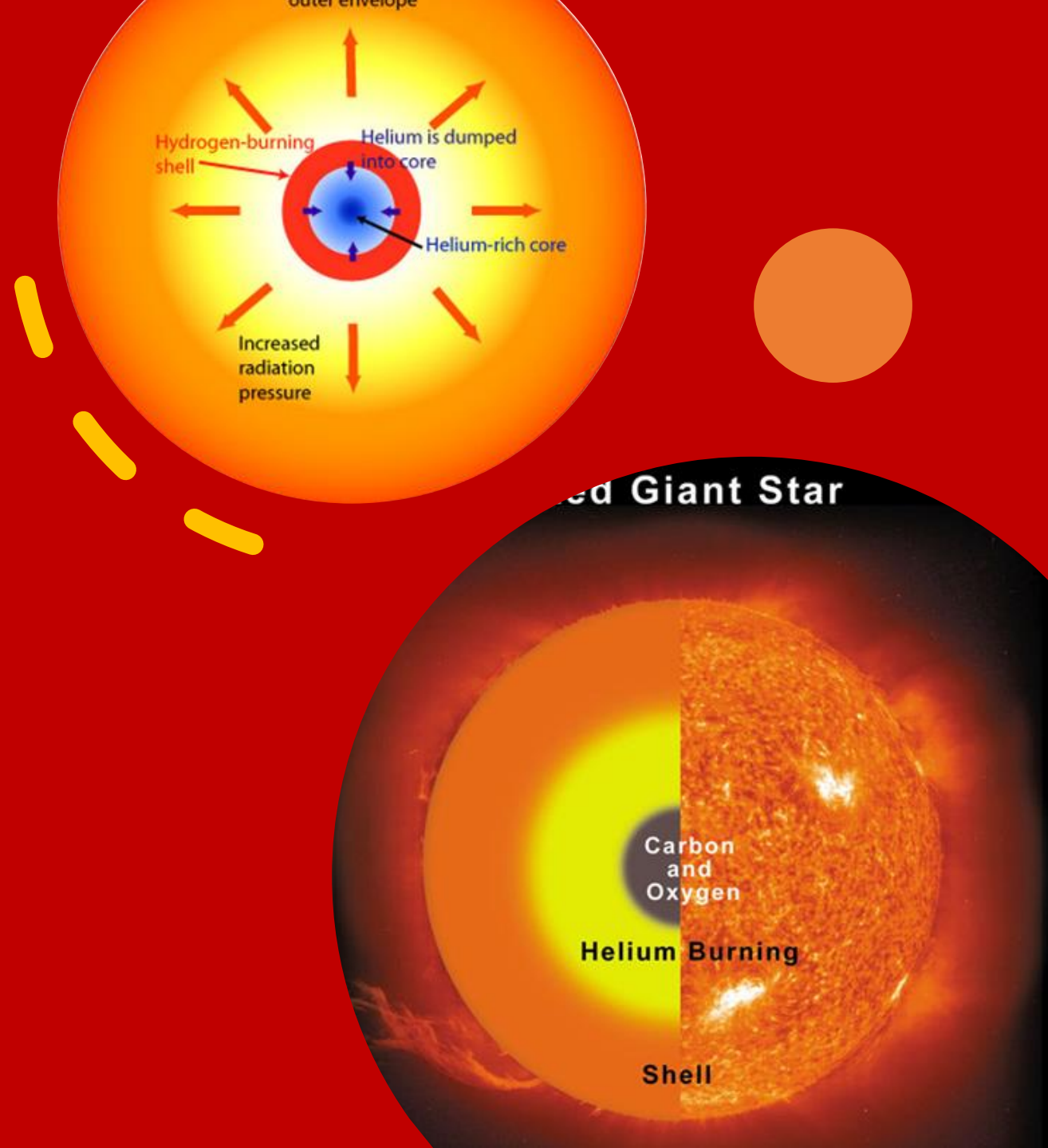


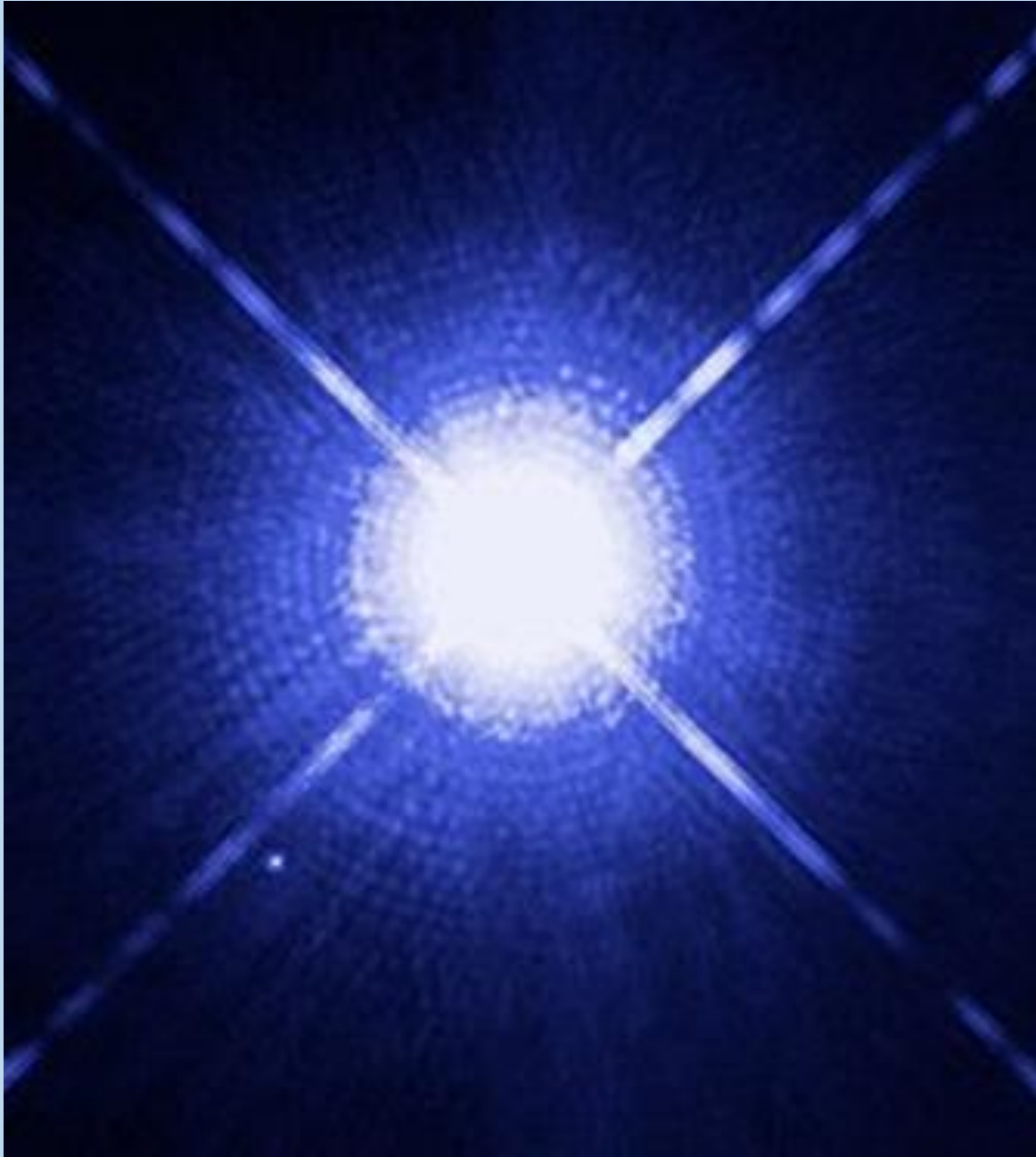
- Μετά τη δημιουργία του το άστρο παράγει θερμική ενέργεια στο πυκνό κέντρο του μέσω πυρηνικής σύντηξης. Όσο βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση μπορεί να ταξινομηθεί στην λεγόμενη **κύρια ακολουθία**, η οποία είναι ένα συνεχές και διακριτό φάσμα αστέρων τα οποία εμφανίζονται σε διαγράμματα χρώματος – φωτεινότητας ή αλλιώς **διαγράμματα Hertzsprung-Russel**.
- Το εσωτερικό του αστεριού χωρίζεται σε τρεις ζώνες: το καυτό πυρηνικό **κέντρο**, την **συγκλίνουσα ζώνη** και την **ζώνη ακτινοβολίας**.
- Όπως παρατηρείται, η περιοχές πυρηνικής σύντηξης καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο σε αστέρια χαμηλότερης μάζας.

- Η ενέργεια που παράγει ο πυρήνας θερμαίνει το εσωτερικό του αστεριού, δημιουργώντας πίεση που αντιτίθεται στις βαρυτικές δυνάμεις και διατηρεί το άστρο αέριο. Κατά την πάροδο του χρόνου το **υδρογόνο** στον πυρήνα το αστεριού μετατρέπεται μέσω σύντηξης σε **ήλιο**, γεμίζοντας το κέντρο με «στάχτη» ηλίου. Όσο το ήλιο αυξάνεται, η παραγωγή ενέργειας σταματά στον πυρήνα, και άρα η διαδικασία σύντηξης μεταφέρεται στο «κέλυφος» που τον περιβάλλει, κάτι που καθιστά τον πυρήνα τον μικρότερων αστεριών ανενεργό.
- Τα αστέρια ξεκινούν την ζωή τους αποτελούμενα από **74% υδρογόνο, 25% ήλιο και 1% από τα υπόλοιπα στοιχεία στον περιοδικό πίνακα (κατά μάζα)**. Ο Ήλιος μας, πραγματοποιεί σύντηξη εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια, και έτσι αποτελείται από **29% υδρογόνο, 70% ήλιο και 1% υπόλοιπα**.
- Η συνολική ενέργεια που απελευθερώνει ένα αστέρι στην διάρκεια ζωής του μπορεί να εκφραστεί από την σχέση $E_* = Lt$, όπου L η φωτεινότητα του αστεριού (ενέργεια ανά δευτερόλεπτο) και t ο χρόνος ζωής του. Μέσω αυτού του συσχετισμού μπορούμε να συμπεράνουμε πως **τα μεγαλύτερα και θερμότερα άστρα καταναλώνονται ταχύτατα, ενώ τα μικρότερα και ψυχρότερα «ζουν» πολύ περισσότερο**.

Ερυθροί Γίγαντες

- **Ερυθρός γίγαντας** ονομάζεται κάθε μεγάλος ψυχρός **αστέρας φασματικού τύπου K ή M** που έχει εξελιχθεί τόσο ώστε να μη συγκαταλέγεται πλέον στους αστέρες της κύριας ακολουθίας.
- Ο ερυθρός γίγαντας δημιουργείται όταν ένας αστέρας **μάζας 0,4 ως 10 φορές από εκείνη του Ήλιου** μας εξαντλεί το υδρογόνο που μετέτρεπε σε ήλιο στον πυρήνα του με **θερμοπυρηνική σύντηξη**.





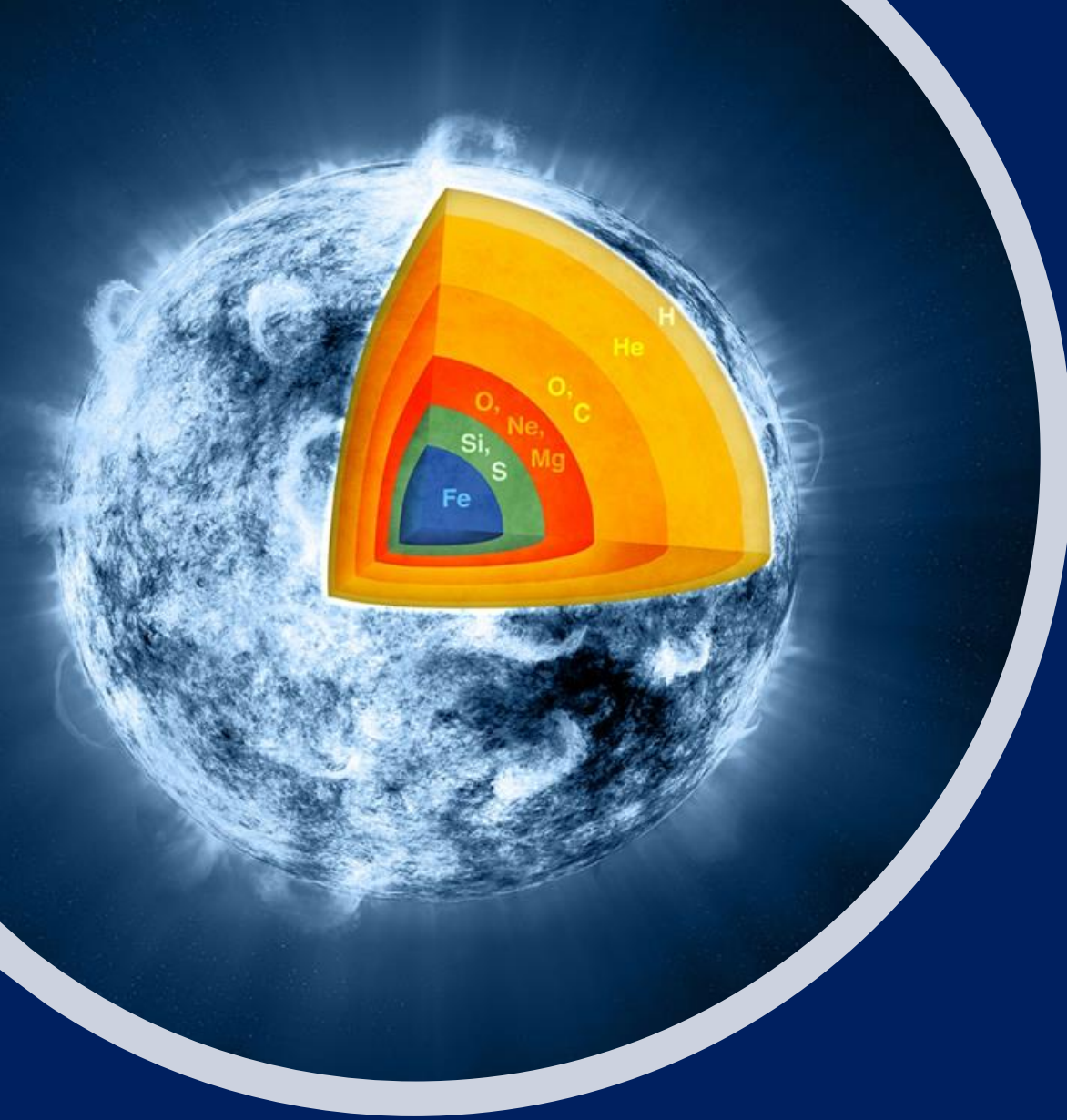
Λευκοί Νάνοι

- **Λευκός νάνος** χαρακτηρίζεται το **υπόλειμμα του πυρήνα ενός αστέρα μικρής ή μεσαίας μάζας που απομένει μετά τον θάνατο του.**
- Σύμφωνα με την πρότυπη αστρική εξέλιξη, οι αστέρες **μικρής** σχετικώς μάζας δεν ασκούν αρκετή βαρυτική πίεση στην κεντρική τους περιοχή ώστε να συνεχίσουν πυρηνικές αντιδράσεις μετά την εκεί μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο ικανές να συγκρατήσουν τη δομή του. Αφού τότε ο αστέρας μετατραπεί σε ερυθρό γίγαντα, απωθεί τα αραιότατα εξωτερικά του στρώματα, που μετατρέπονται σε πλανητικό νεφέλωμα, αφήνοντας έναν αδρανή αστρικό πυρήνα που καταρρέει βαρυτικά σε ένα σώμα **δεκάδες φορές μικρότερο (συγκρίσιμο με τις διαστάσεις της Γης).**
- Στους λευκούς νάνους δεν συμβαίνουν πυρηνικές αντιδράσεις, ούτε άλλη διαδικασία που να παράγει ενέργεια. Συνεπώς βαθμιαία ακτινοβολεί τη θερμική του ενέργεια ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και ψύχεται.

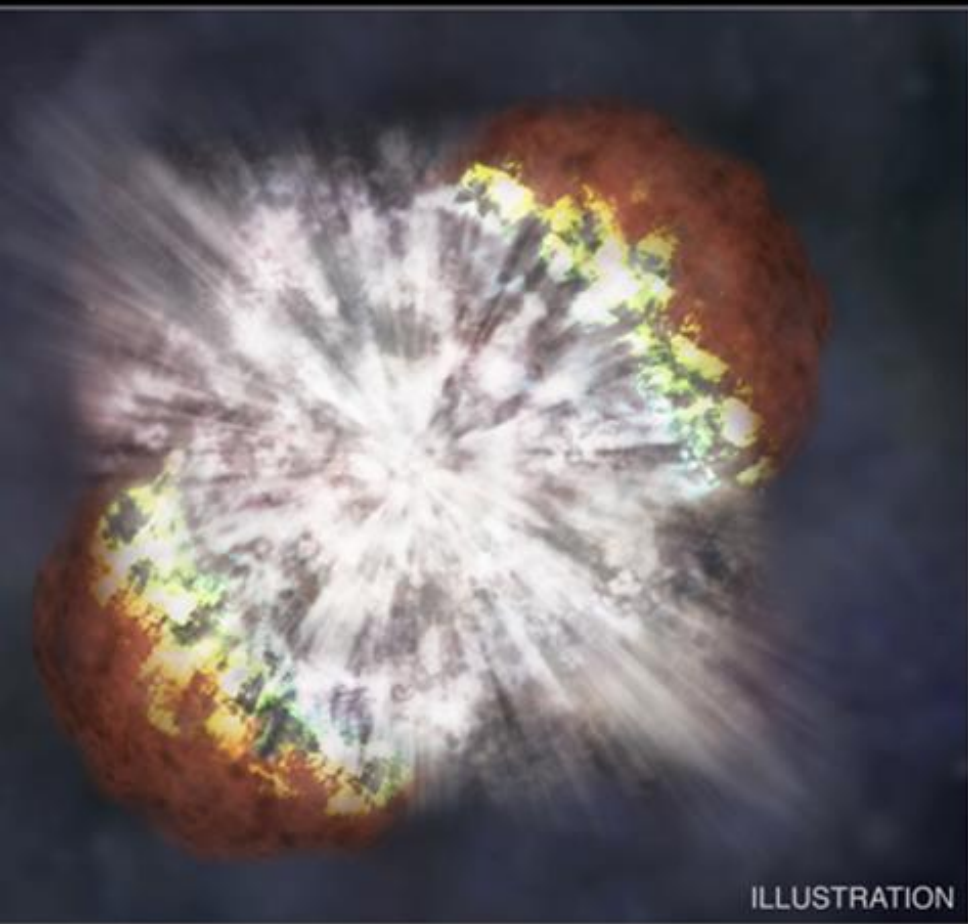


ΥΠΕΡΚΑΙΝΟΦΑΝΕΙΣ ΑΣΤΕΡΕΣ

- Άστρα με μάζα σαν του Ήλιου μας και **μέχρι τέσσερις ηλιακές μάζες**, θα τελειώσουν τη ζωή τους ως άσπροι νάνοι.
- Άστρα με **πέντε ηλιακές μάζες και πάνω** καταναλώνουν το καύσιμο υδρογόνο τους, φτάνοντας στο στάδιο του ερυθρού γίγαντα μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια.
- Σε ένα άστρο με υλικά 25 ηλιακών μαζών, για παράδειγμα, τα αποθέματα του υδρογόνο στον πυρήνα του εξαντλούνται μέσα σε 3 εκατομμύρια χρόνια, και το καύσιμο ήλιο σε μερικές χιλιάδες. Από εκεί και έπειτα τα πάντα γίνονται σχεδόν **αστραπιαία**, σε σύγκριση με τη συνολική διάρκεια ζωής του. Ο άνθρακας εξαντλείται σε 200 χρόνια, το νέον σε ένα χρόνο, και μερικοί μόνο μήνες είναι αρκετοί για να «καεί» και το οξυγόνο, σχηματίζοντας πυρίτιο και θείο. Τελικά το πυρίτιο μέσα σε μία μόνο μέρα μεταστοιχιάζεται σε σίδηρο. Σε αυτό το σημείο η ήρεμη ζωή του άστρου σταματάει και αρχίζει η διαδικασία της μετατροπής του σε **υπερκαινοφανή αστέρα ή αλλιώς supernova**.



- Με κάθε μετατροπή απελευθερώνεται ενέργεια κι έτσι η προς τα έξω εσωτερική του πίεση **αντισταθμίζει** τη βαρυτική δύναμη των εξωτερικών του αέριων στρωμάτων. Όταν όμως το άστρο αυτό έχει δημιουργήσει όλα τα χημικά στοιχεία μέχρι και το σίδηρο, έχει φτάσει πια στο **κρίσιμο** εκείνο σημείο, όπου **αντί να απελευθερώνεται** ενέργεια, **αντίθετα απορροφάται**. Με αυτό τον τρόπο η πίεση που συγκρατούσε το τεράστιο αυτό άστρο, ενάντια στην αδυσώπητη δύναμη της ίδιας του της βαρύτητας, ξαφνικά σταματάει να υπάρχει, και η **κατάρρευση** του άστρου είναι **απότομη** και **ραγδαία**.
- Όταν στον πυρήνα ενός άστρου η θερμοκρασία φτάσει τους 3 δισεκατομμύριους βαθμούς Κελσίου, το πυρίτιο που έχει συγκεντρωθεί εκεί αρχίζει να μετατρέπεται σε σίδηρο, κι έτσι μέσα σε μερικές ώρες η ποσότητα του σιδήρου στο κέντρο αρχίζει να μεγαλώνει. Όταν η σιδερένια καρδιά του υπεργίγαντα αρχίσει να **συμπιέζεται από τη βαρύτητα** των ανώτερων στρωμάτων του, η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή για να αρχίσει η καύση του σιδήρου. Κάτι τέτοιο, όμως, ανοίγει την πόρτα σε πραγματικά απόκοσμες καταστροφικές διαδικασίες.



Η Έκρηξη

Έτσι, όταν ο συγκεντρωμένος σίδηρος στην καρδιά του άστρου φτάσει στις 1,4 ηλιακές μάζες, η συμπίεση είναι τόσο μεγάλη, ώστε η θερμοκρασία στο σιδερένιο πυρήνα του άστρου ξεπερνάει τους 4 δισεκατομμύριους βαθμούς Κελσίου. Τα υψηλής ενέργειας φωτόνια που παράγονται διασπούν το σίδηρο σε ελαφρότερα χημικά στοιχεία, με αποτέλεσμα την όλη και μεγαλύτερη **απορρόφηση ενέργειας από την καρδιά του άστρου**.

Στο επόμενο δευτερόλεπτο ο πυρήνας του άστρου **διασπάται σε δύο τμήματα**. Το **εσωτερικό τμήμα** του πυρήνα καταρρέει ανεμπόδιο προς το κέντρο και τα υλικά του συμπιέζονται τόσο ώστε η διάμετρος του **συρρικνώνεται** από 6.000 σε μόνο 6 χιλιόμετρα. Επειδή η πίεση είναι τεράστια, τα ηλεκτρόνια συγχωνεύονται με τα πρωτόνια δημιουργώντας **νετρόνια και νετρίνα**. . Σε χιλιοστά του δευτερολέπτου η ύλη του πυρήνα αποτελείται μόνο από νετρόνια και τεράστιες ποσότητες νετρίνων, που λόγω της μεγάλης πυκνότητας της ύλης δεν μπορούν να δραπετεύσουν.



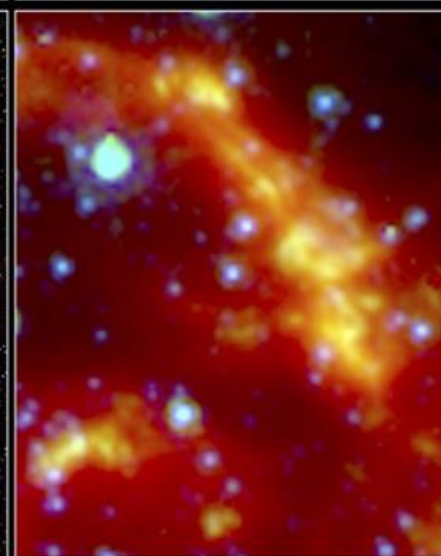
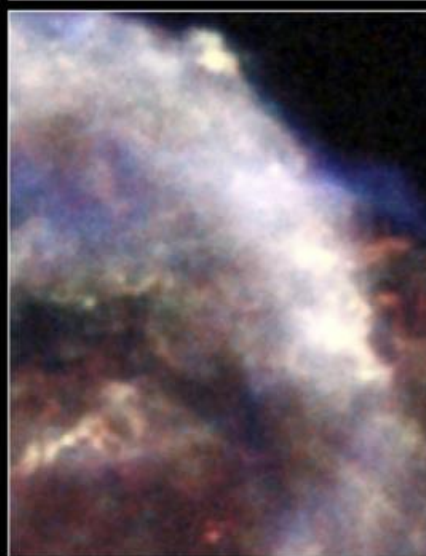
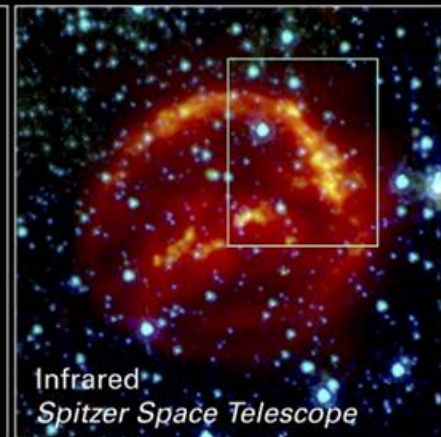
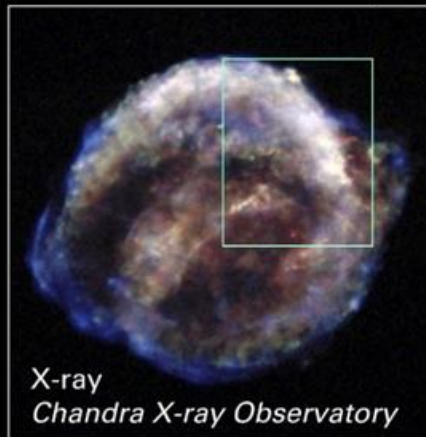
- Σε δέκα χιλιοστά του δευτερολέπτου η πυκνότητα της αστρικής καρδιάς φτάνει να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα, ενώ η θερμοκρασία έχει φτάσει του 100 C^0 . Εξαναγκάζονται έτσι τα νετρόνια και τα νετρίνα να εξοστρακιστούν με δύναμη προς τα έξω, σχηματίζοντας μια σφαίρα 20 περίπου χιλιομέτρων, όπου η πυκνότητα των υλικών είναι παρόμοια με την πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα.
- Η εκτίναξη αυτή του εσωτερικού πυρήνα τον κάνει να συγκρουστεί βίαια με τον καταρρέοντα ακόμη εξωτερικό πυρήνα, δημιουργώντας έτσι ένα κρουστικό κύμα με **περισσότερη ενέργεια από αυτήν που ελκύει ένας ολόκληρος γαλαξίας σε δέκα περίπου χρόνια**. Καθώς το κύμα αυτό μαζί με τα νετρόνια διαστέλλονται μέσα στον καταρρέοντα εξωτερικό αστρικό πυρήνα, επιτρέπουν στα νετρόνια να διαφύγουν με την ταχύτητα του φωτός στο διάστημα.
- Το κρουστικό αυτό κύμα παρασύρει στο διάβα του και συντριβεί τα αστροϋλικά που συναντάει. Η **σύγκρουση αυτή παράγει αρκετές ποσότητες όλων των βαρέων χημικών στοιχείων**, όπως το ασβέστιο, ο μόλυβδος και το ουράνιο.



Το Επακόλουθο

- Μετά από μια έκρηξη supernova, και ενώ το μεγαλύτερο μέρος του άστρου καταστρέφεται εκτοξευόμενο στο διάστημα, **ο πυρήνας του παραμένει στη θέση του ανέπαφος μεν αλλά σε φοβερά ασταθή κατάσταση**. Αν η μάζα του πυρήνα δεν ξεπερνάει περίπου τις 3 ηλιακές μάζες, τότε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεσή του σταματάει. Αυτό που **απομένει**, όταν η κατάρρευση και ο εξοστρακισμός σταματήσουν, είναι ένας **γιγάντιος ατομικός πυρήνας νετρονίων με διάμετρο περίπου 20 χιλιομέτρων**, που περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του εκατοντάδες φορές κάθε δευτερόλεπτο. Είναι ένα άστρο νετρονίων, γνωστότερο με την ονομασία **πάλσαρ**. Όλα τα υπόλοιπα υλικά του άστρου εκτοξεύονται στο διάστημα εμπλουτίζοντας έτσι το Σύμπαν με όλα τα χημικά στοιχεία της φύσης.

Kepler's Supernova Remnant • SN 1604



Χωρίς τις εκρήξεις των σουπερνόβα, δηλαδή, δε θα υπήρχαν πλανήτες και δορυφόροι. Χωρίς τις σουπερνόβα δε θα υπήρχε η Γη, δε θα υπήρχαν βράχια και βότσαλα, δε θα υπήρχαν φυτά και ζώα. Χωρίς τις εκρήξεις των supernova, δεν θα υπήρχε ο άνθρωπος. **Ολόκληρη η ύλη στο σώμα μας, όλα τα χημικά στοιχεία που το αποτελούν φτιάχτηκαν στην <<κόλαση>> τέτοιων αστρικών θανάτων.** Είμαστε δηλαδή αστράνθρωποι, που δημιουργηθήκαμε από χημικά στοιχεία που προήλθαν από τις θανατηφόρες εκρήξεις υπεργιγάντιων άστρων. Είμαστε όλοι μας αστρόσκονη, και κάποια μέρα θα ξαναγυρίσουμε στα άστρα.