

Figuring Outer Space Stellar Life Cycle Cards (in English and Greek)

STELLAR NEBULA

A STELLAR NEBULA is the birthplace of stars. These giant gas clouds in space are mostly hydrogen gas. Gravity clumps the hydrogen atoms together. Once enough gas has been collected, the gravitational force becomes so strong that hydrogen atoms fuse into helium through nuclear fusion, releasing energy in the process. A star is born. Stars come in various sizes and colours, depending on the initial amount of hydrogen gas collected.

Credit: NASA, ESA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), A. Nota (ESA/STScI), and the Westerlund 2 Science Team



ΑΣΤΡΙΚΟ ΝΕΦΕΛΩΜΑ

Ένα ΑΣΤΡΙΚΟ ΝΕΦΕΛΩΜΑ είναι η γενέτειρα των αστεριών. Αυτά τα γιγάντια νέφη αερίου στο διάστημα είναι κυρίως αέριο υδρογόνο. Η ελκτική δύναμη της βαρύτητας αυξάνει τη συγκέντρωση των ατόμων υδρογόνου. Μόλις συλλεχθεί αρκετό αέριο, η βαρυτική δύναμη γίνεται τόσο ισχυρή που τα άτομα υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο μέσω της πυρηνικής σύντηξης, απελευθερώνοντας ενέργεια στη διαδικασία. Ένα αστέρι γεννιέται. Τα αστέρια έχουν διάφορα μεγέθη και χρώματα, ανάλογα με την αρχική ποσότητα αερίου υδρογόνου που συλλέγεται.

Credit: NASA, ESA, The Hubble Heritage Team (STScI/AURA), A. Nota (ESA/STScI) and the Westerlund 2 Science Team.



AVERAGE STAR

An AVERAGE STAR, such as the Sun, is in a constant tug-of-war between forces that allow it to remain stable. The energy released by nuclear fusion creates an outward force. However, gravity counteracts this outward force by applying its own inward force, keeping everything in balance.

Credit: NASA/Kepler Mission/Dana Berry



ΜΕΣΟ ΑΣΤΕΡΙ

Ένα ΜΕΣΟ ΑΣΤΕΡΙ, σαν τον Ήλιο μας, βρίσκεται σε μια συνεχή διεκυστίνδα μεταξύ δυνάμεων που του επιτρέπουν να παραμένει σταθερό. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την πυρηνική σύντηξη δημιουργεί μια εξωτερική δύναμη. Ωστόσο, η βαρύτητα εξισορροπεί αυτήν την εξωτερική δύναμη εφαρμόζοντας τη δική της εσωτερική δύναμη, διατηρώντας τα πάντα σε ισορροπία.

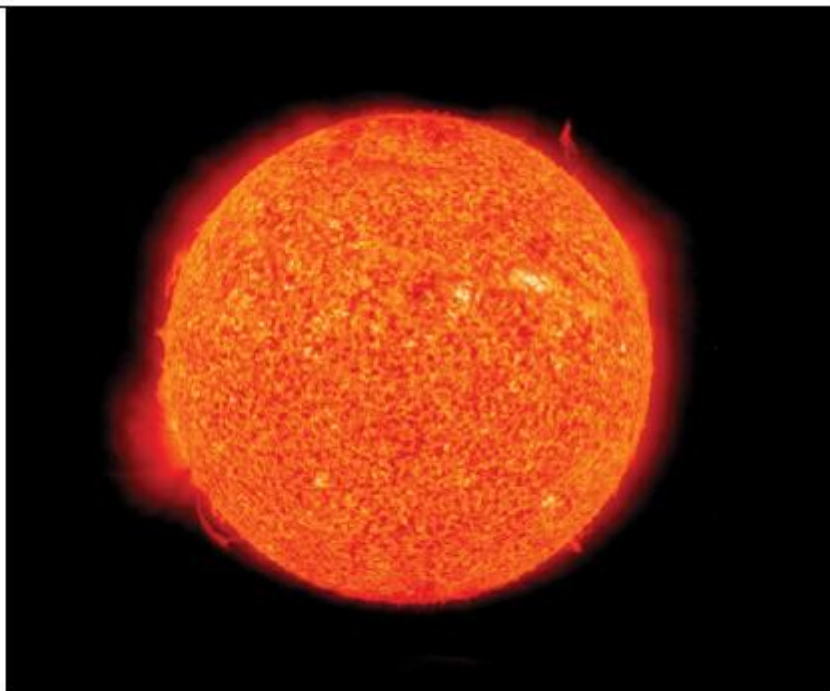
Credit: NASA/Kepler Mission/Dana Berry



RED GIANT

As an average star begins to run out of fuel, it will expand to become a RED GIANT. The pressure inside causes the star to swell to enormous proportions, typically hundreds of times larger than the original star. When the Sun becomes a red giant in about 5 to 6 billion years, it will expand enough to approximately reach Earth's orbit.

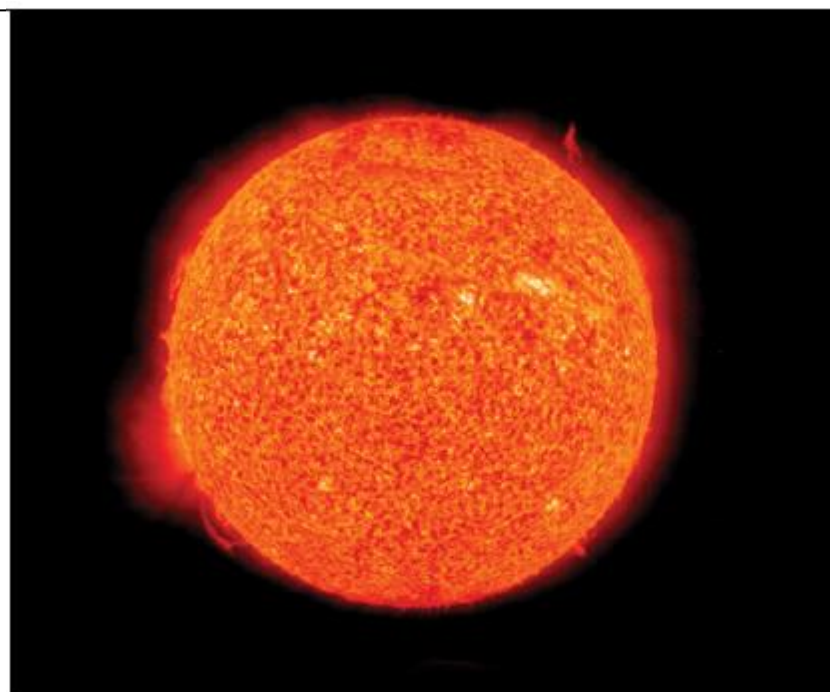
Credit: NASA/KASC



ΕΡΥΘΡΟΣ ΓΙΓΑΝΤΑΣ

Καθώς ένα μέσο αστέρι αρχίζει να ξεμένει από καύσιμα, θα επεκταθεί για να γίνει ένας κόκκινος γίγαντας. Η εσωτερική πίεση κάνει το αστέρι να διογκωθεί σε τεράστιες αναλογίες, συνήθως εκατοντάδες φορές μεγαλύτερο από το αρχικό αστέρι. Όταν ο Ήλιος γίνει κόκκινος γίγαντας σε 5 με 6 δισεκατομμύρια χρόνια, θα διαστέλλεται αρκετά ώστε να φτάσει περίπου στην τροχιά της Γης.

Credit: NASA/KASC



PLANETARY NEBULA

Later in its lifetime, a red giant becomes unstable and disintegrates. The internal nuclear pressure will blow off much of the outside layers of the star into space. Gravity will still confine a solid core, left over in the centre. The gas that has been blown off is called a PLANETARY NEBULA.

*Credit: C.R. O'Dell, (Vanderbilt) et al.
ESA, NOAO, NASA*



ΠΛΑΝΗΤΙΚΟ ΝΕΦΕΛΩΜΑ

Αργότερα στη διάρκεια της ζωής του, ένας κόκκινος γίγαντας γίνεται ασταθής και διαλύεται. Η εσωτερική πυρηνική πίεση θα εκτινάξει πολλά από τα εξωτερικά στρώματα του άστρου στο διάστημα. Η βαρύτητα θα συνεχίσει να περιορίζει έναν συμπαγή πυρήνα, ο οποίος παραμένει στο κέντρο. Το αέριο που έχει εκτοξευθεί ονομάζεται πλανητικό νεφέλωμα.

*Credit: C.R. O'Dell (Vanderbilt) et al.,
ESA, NOAO, NASA*



WHITE DWARF

The leftover core of a red giant is called a WHITE DWARF. White dwarfs have a mass close to the mass of the Sun, but packed into the volume of Earth, therefore making them very dense. After a lifetime of fusing hydrogen to make heavier elements, white dwarfs are mostly composed of carbon and oxygen. A white dwarf will continue to produce light for many billions of years as it cools.

Credit: NASA, ESA, and G. Bacon (STScI)



ΛΕΥΚΟΣ ΝΑΝΟΣ

Ο πυρήνας που απομένει από έναν κόκκινο γίγαντα ονομάζεται ΛΕΥΚΟΣ ΝΑΝΟΣ. Οι λευκοί νάνοι έχουν μάζα κοντά στη μάζα του Ήλιου, αλλά συσσωρευμένη στον όγκο της Γης, με αποτέλεσμα να είναι πολύ πυκνοί. Μετά από μια ζωή σύντηξης υδρογόνου για τη δημιουργία βαρύτερων στοιχείων, οι λευκοί νάνοι αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και οξυγόνο. Ένας λευκός νάνος θα συνεχίσει να παράγει φως για δισεκατομμύρια χρόνια καθώς ψύχεται.

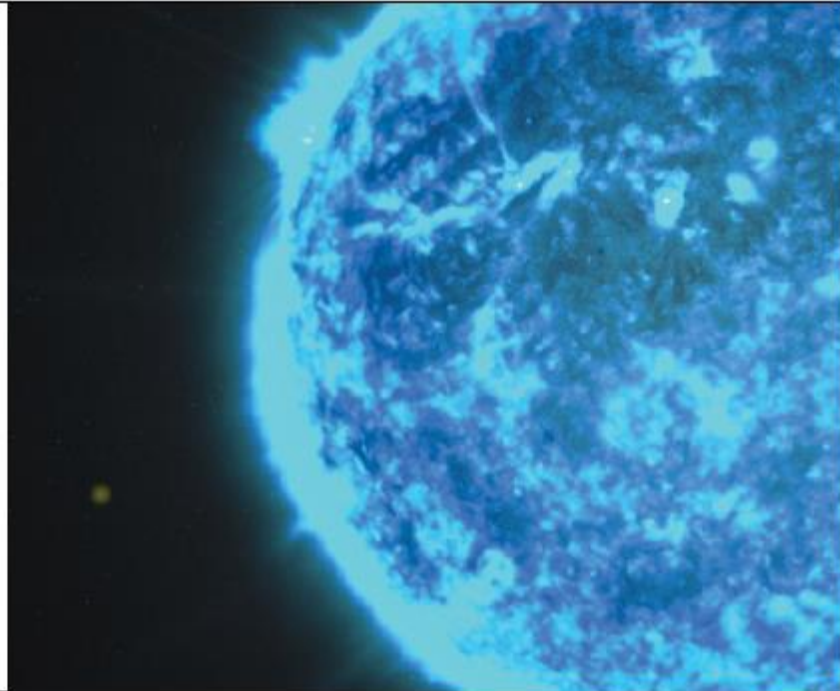
Credit: NASA, ESA and G. Bacon (STScI)



MASSIVE STAR

MASSIVE STARS can form from a stellar nebula and are much larger than the Sun. Compared to average stars, massive stars burn their hydrogen fuel much more quickly, making them hotter and bluish in colour, and giving them shorter lifespans.

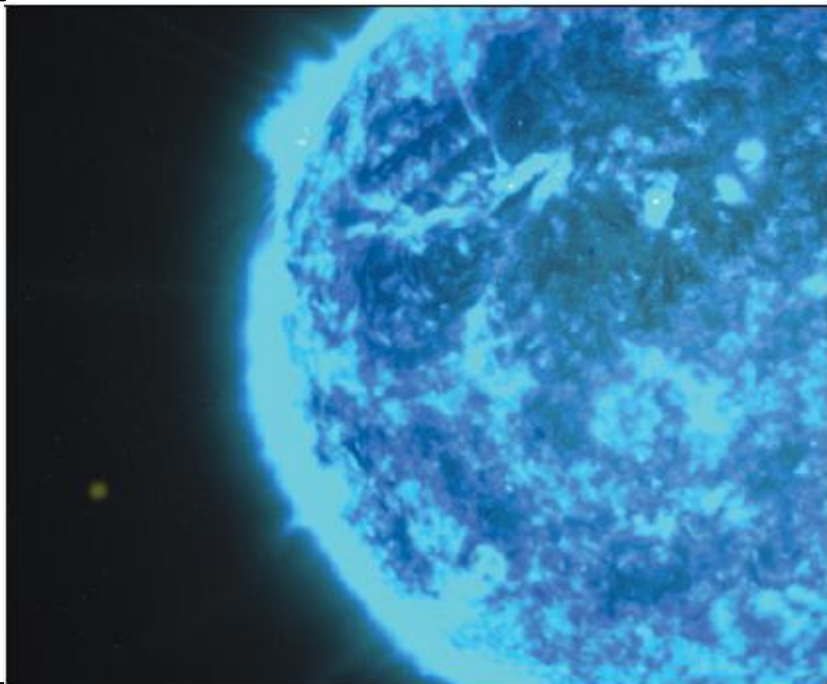
Credit: NASA's Goddard Space Flight Center/S. Wiessinger



ΤΕΡΑΣΤΙΟ ΑΣΤΕΡΙ

Τα ΤΕΡΑΣΤΙΑ ΑΣΤΕΡΙΑ μπορούν να σχηματιστούν από ένα αστρικό νεφέλωμα και είναι πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο. Σε σύγκριση με τα μεσαία αστέρια, τα τεράστια αστέρια καίνε το καύσιμο υδρογόνου τους πολύ πιο γρήγορα, καθιστώντας τα πιο ζεστά και γαλαζωπά στο χρώμα και δίνοντάς τους μικρότερη διάρκεια ζωής.

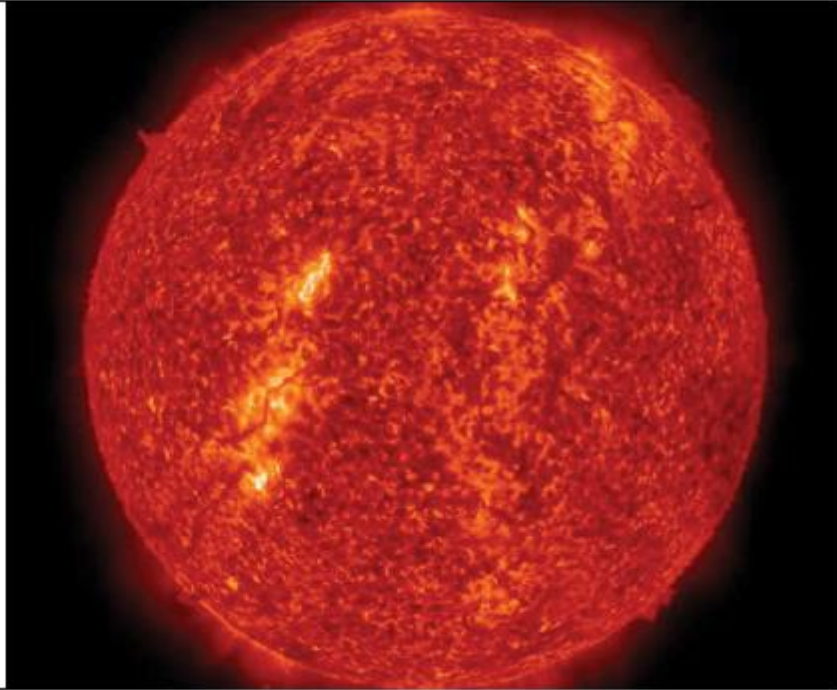
Credit: NASA's Goddard Space Center/S. Wiessinger



RED SUPERGIANT

When a massive star begins to run out of fuel, it will grow to an enormous volume and become a RED SUPERGIANT. Red supergiants are some of the largest stars known. Because of their initial masses, they are able to build up and store heavier elements in their cores, such as magnesium, titanium, and iron.

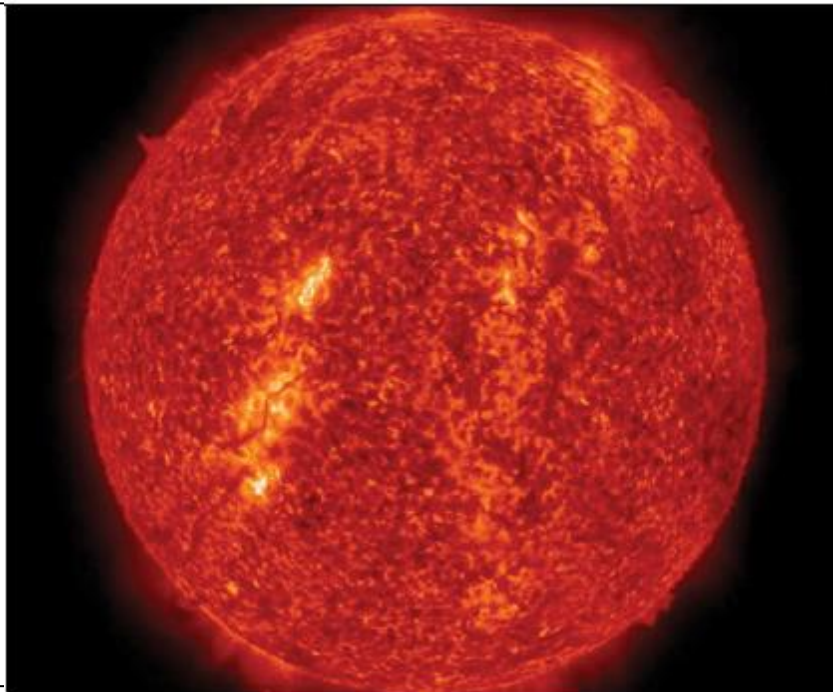
Credit: NASA/SDO



ΚΟΚΚΙΝΟ ΥΠΕΡΓΙΓΑΝΤΑ

Όταν ένα τεράστιο αστέρι τελειώσει από καύσιμο, θα αυξηθεί σε τεράστιο όγκο και θα γίνει ένας ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΥΠΕΡΓΙΓΑΝΤΑΣ. Λόγω της αρχικής τους μάζας, είναι σε θέση να συσσωρεύουν και να αποθηκεύουν βαρύτερα στοιχεία στους πυρήνες τους, όπως μαγνήσιο, τιτάνιο και σίδηρο.

Credit: NASA, SDO



SUPERNOVA

After the red supergiant stage of a massive star, the star will end its life in a violent explosion called a SUPERNOVA (shown in the lower right corner of the image). Layers of heavier elements stacked upon each other at the core of the star collapse due to gravity since they are no longer supported by outward nuclear pressure. As the elements fall down onto each other, they rebound out from the core, producing an enormous explosion of matter, light, and energy.

Credit: High-Z Supernova Search Team, HST, NASA



ΥΠΕΡΚΑΙΝΟΦΑΝΗΣ ΑΣΤΕΡΑΣ (ΣΟΥΠΕΡΝΟΒΑ)

Μετά τη φάση του κόκκινου υπεργίγαντα ενός αστεριού, το αστερί θα τελειώσει τη ζωή του με μια βίαιη έκρηξη που ονομάζεται ΣΟΥΠΕΡΝΟΒΑ (φαίνεται στην κάτω δεξιά γωνία της εικόνας).

Στρώματα βαρύτερων στοιχείων που στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο στον πυρήνα του αστεριού καταρρέουν λόγω της βαρύτητας αφού δεν υποστηρίζονται πλέον από εξωτερική πυρηνική πίεση. Καθώς τα στοιχεία πέφτουν το ένα πάνω στο άλλο, αναπηδούν έξω από τον πυρήνα, παράγοντας μια τεράστια έκρηξη ύλης, φωτός και ενέργειας.

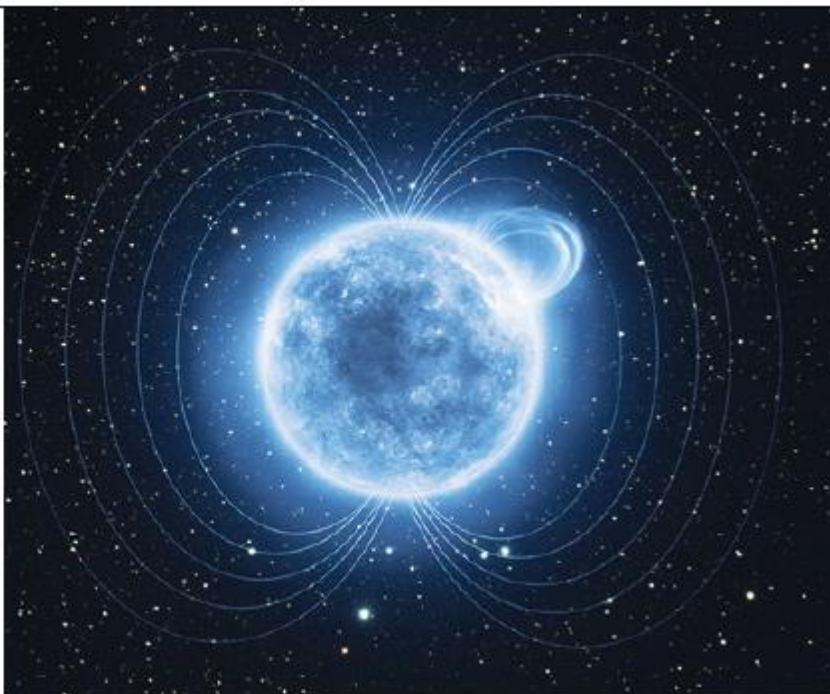
Credit: High-Z Supernova Search Team, HST, NASA



NEUTRON STAR

A NEUTRON STAR is a what remains after a massive star has become a supernova. Gravity is so incredibly strong that it makes the electrons combine with the protons in each atom to create neutrons. Neutron stars spin incredibly quickly, have enormous magnetic fields, and are some of the densest objects in the universe. The radius of a typical neutron star is only 10 km. A smartphone with the same density as a neutron star would have a mass of approximately 10 billion tonnes!

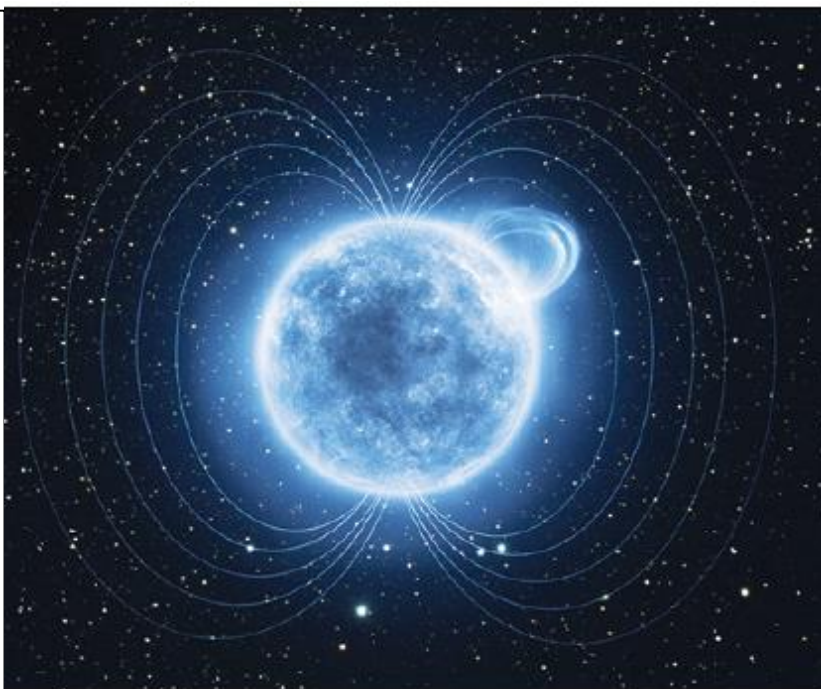
Credit: ESA/ATG medialab



ΑΣΤΕΡΑΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ

Ένα ΑΣΤΕΡΙ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ είναι αυτό που μένει αφού ένα τεράστιο αστέρι έχει γίνει σουπερνόβα. Η βαρύτητα είναι τόσο απίστευτα ισχυρή που κάνει τα ηλεκτρόνια να συνδυάζονται με πρωτόνια σε κάθε άτομο για να δημιουργήσουν νετρόνια. Τα αστέρια νετρονίων περιστρέφονται απίστευτα γρήγορα, έχουν τεράστια μαγνητικά πεδία και είναι μερικά από τα πιο πυκνά αντικείμενα στο σύμπαν. Η ακτίνα ενός τυπικού αστέρα νετρονίων είναι μόνο 10 χμ. Ένα κινητό με την ίδια πυκνότητα ενός αστέρι νετρονίων θα είχε μάζα περίπου 10 δισεκατομμύρια τόνους!

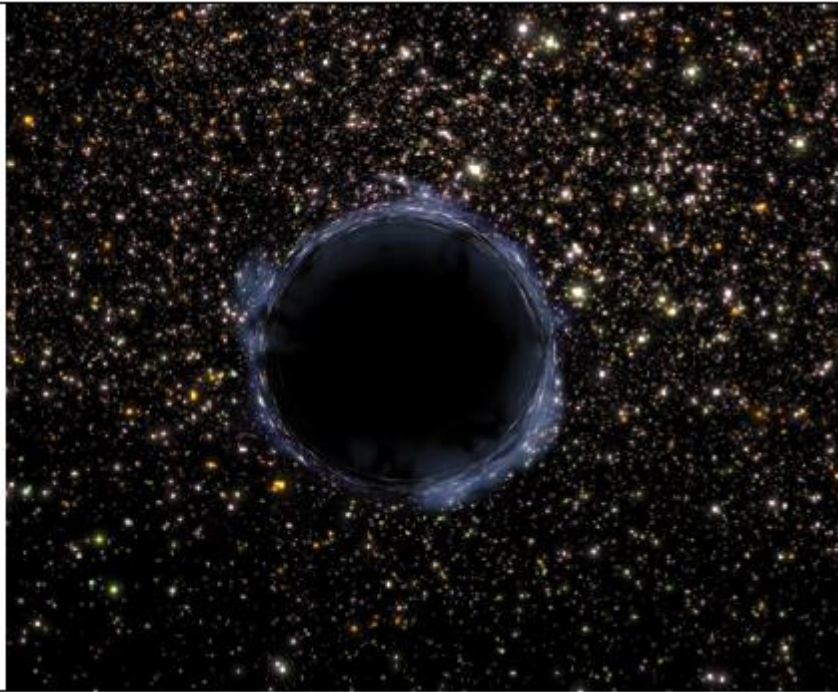
Credit: ESA/ATG medialab



BLACK HOLE

If a red supergiant is massive enough following the supernova explosion, what remains will become gravitationally crushed, warping space and time to the point where nothing, not even light, can escape its gravity. The leftover matter will collapse into a singularity with infinite density, leaving a void in space. This is called a BLACK HOLE.

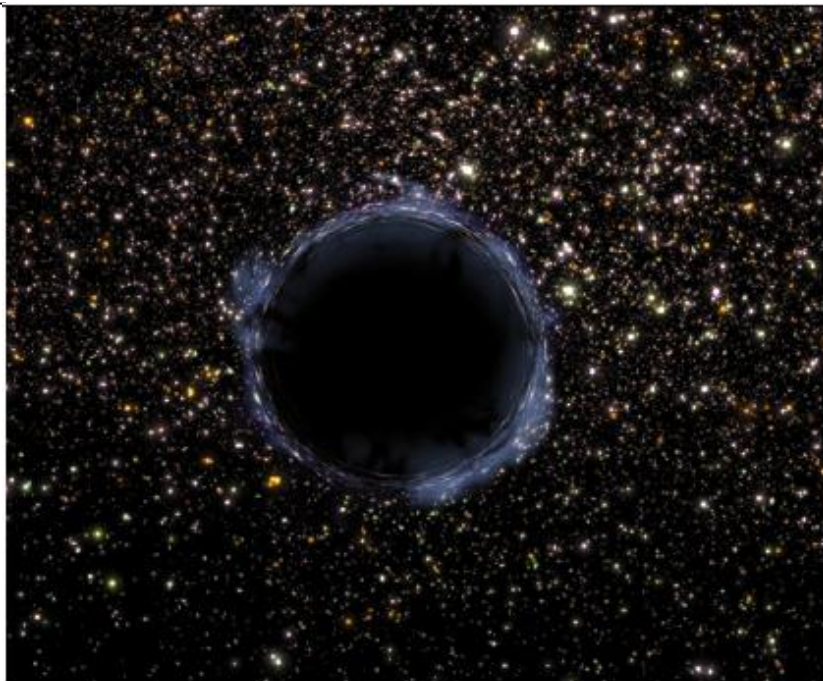
Credit: NASA/ESA and G. Bacon (STScI)

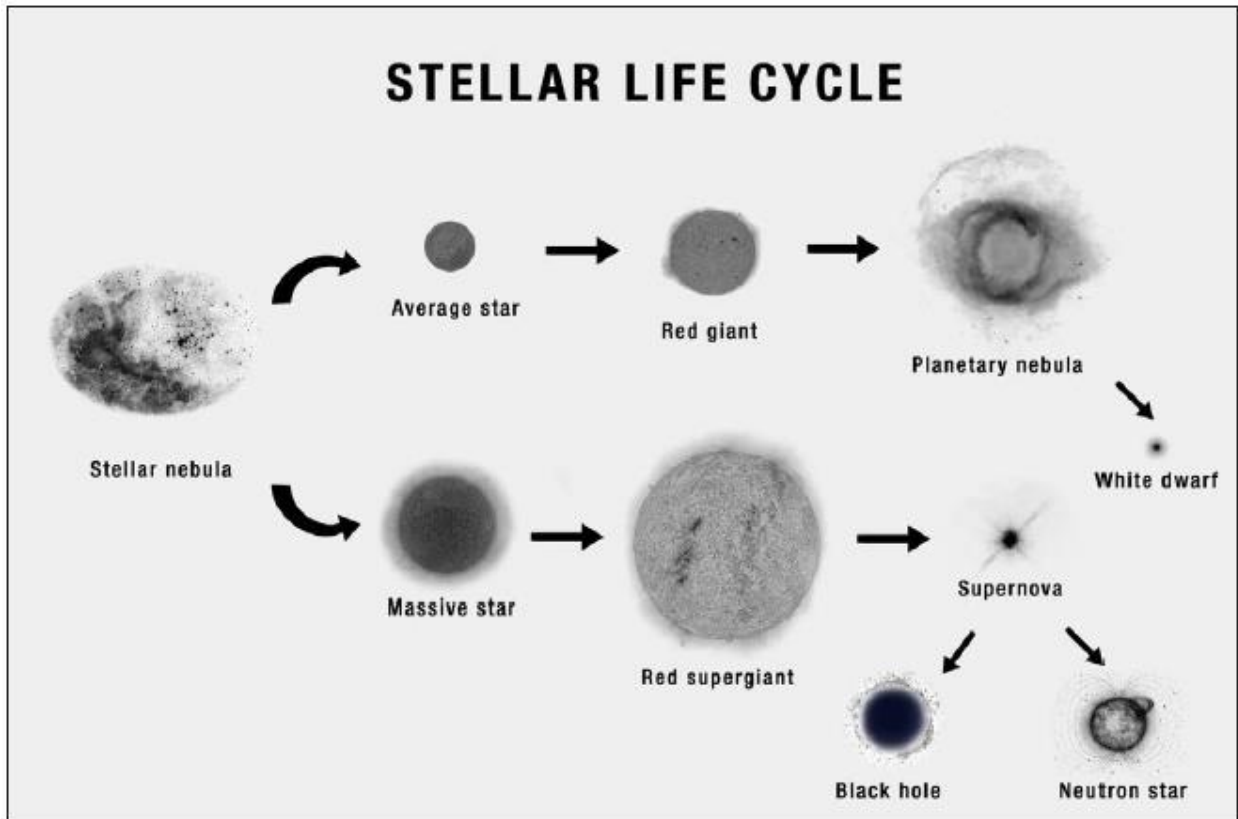
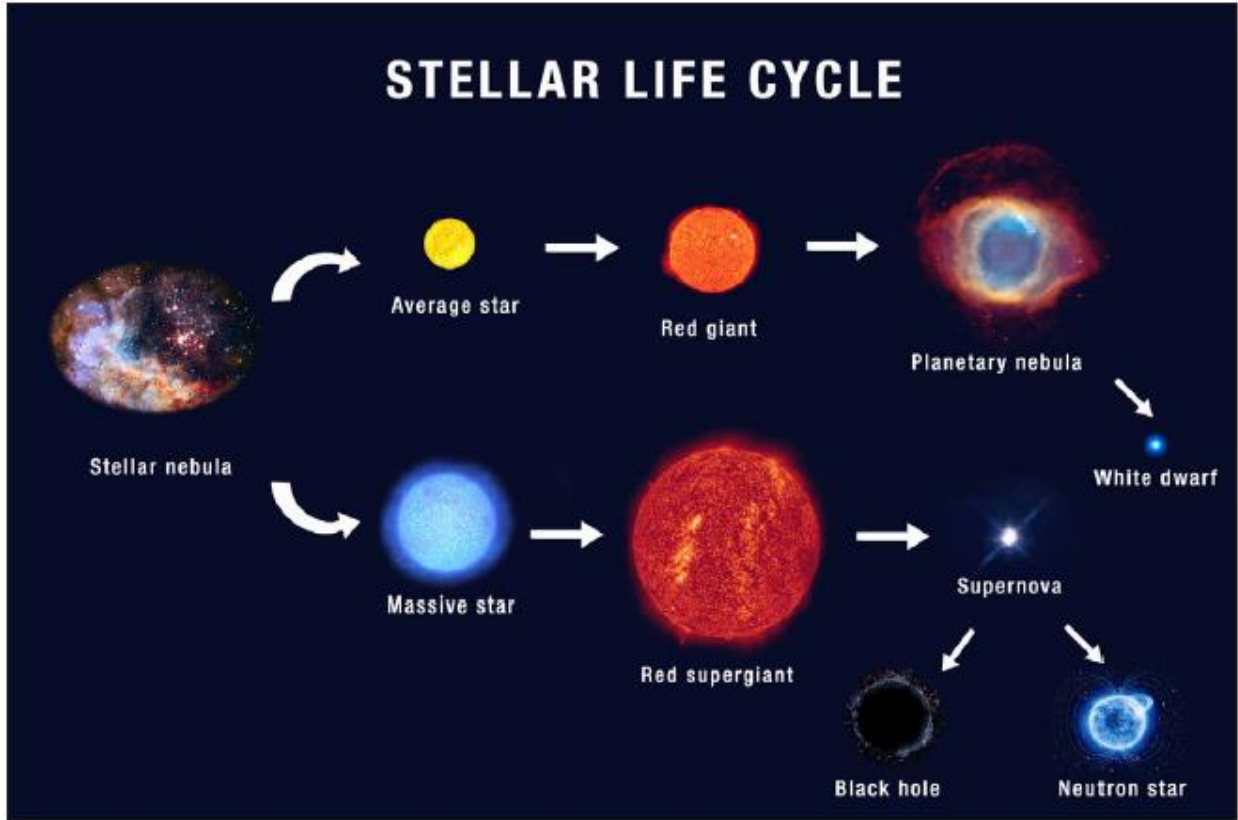


ΜΑΥΡΗ ΤΡΥΠΑ (ή ΜΕΛΑΙΝΑ ΟΠΗ)

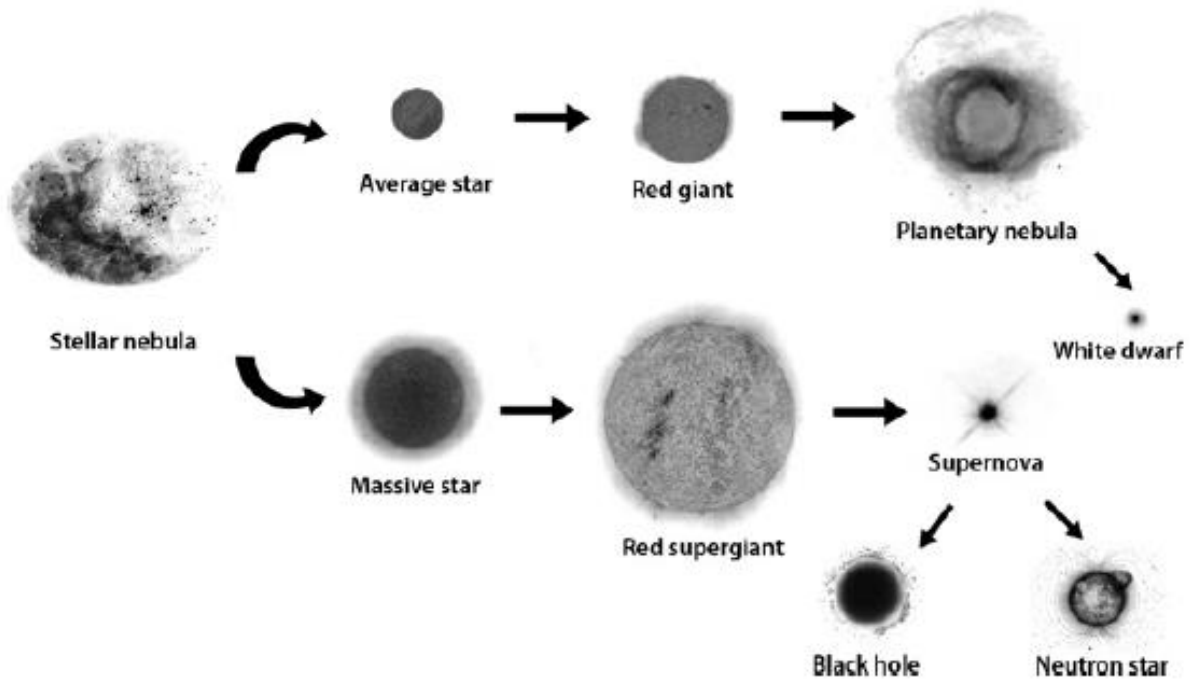
Εάν ένας κόκκινος υπεργίγαντας έχει αρκετά μεγάλη μάζα μετά από μια έκρηξη σουπερνόβα, ό,τι απομένει θα συνθλιβεί βαρυτικά, παραμορφώνοντας τον χώρο και τον χρόνο σε σημείο που τίποτα, ούτε καν το φως, δεν μπορεί να ξεφύγει από τη βαρύτητά του. Η υπολειπόμενη ύλη θα καταρρεύσει σε μια μοναδικότητα με άπειρη πυκνότητα, αφήνοντας ένα κενό στο διάστημα. Αυτό ονομάζεται ΜΑΥΡΗ ΤΡΥΠΑ (ή Μέλαινα Οπή)

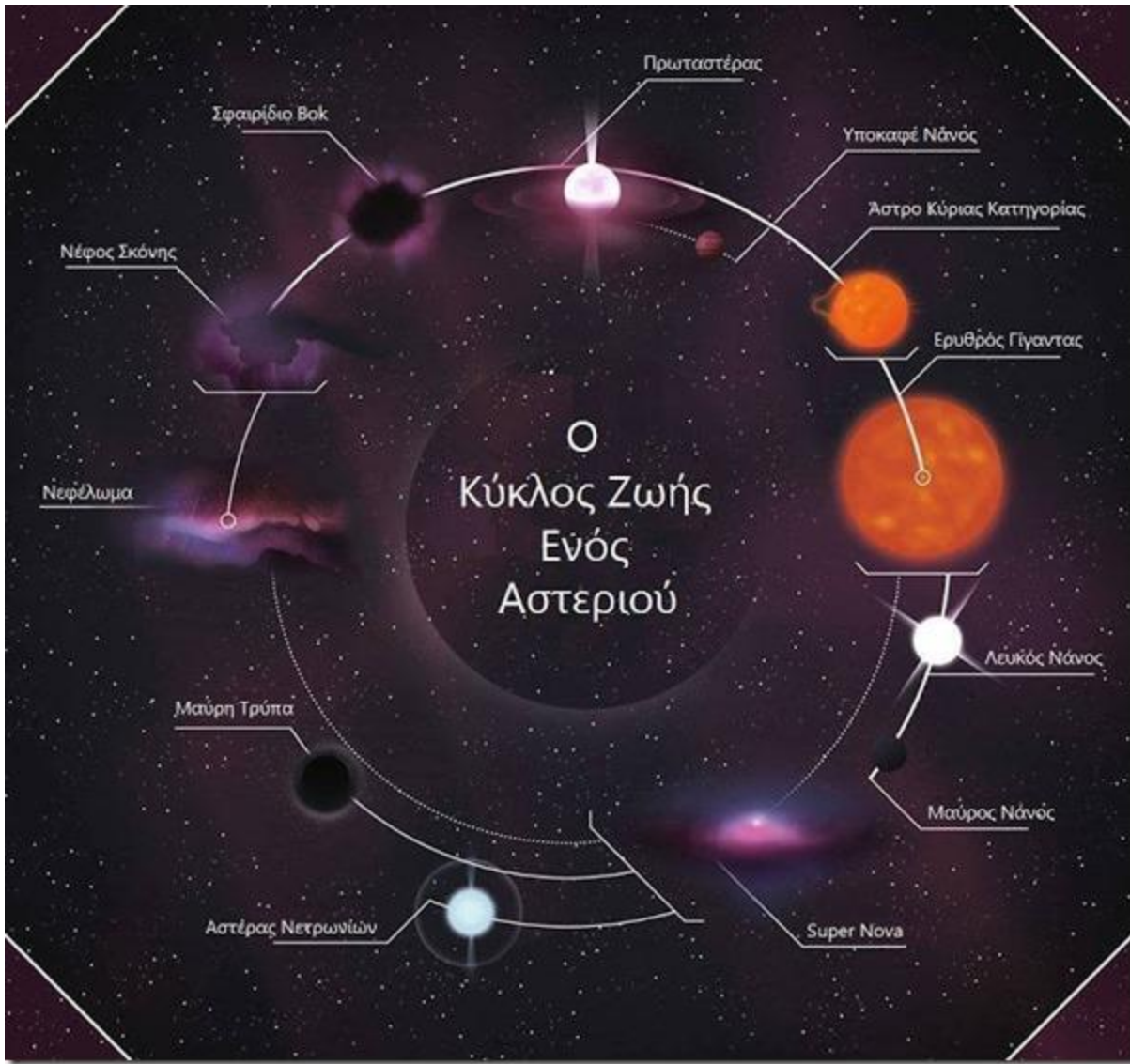
CREDIT: NASA/ESA and G. Bacon (STScI)





STELLAR LIFE CYCLE





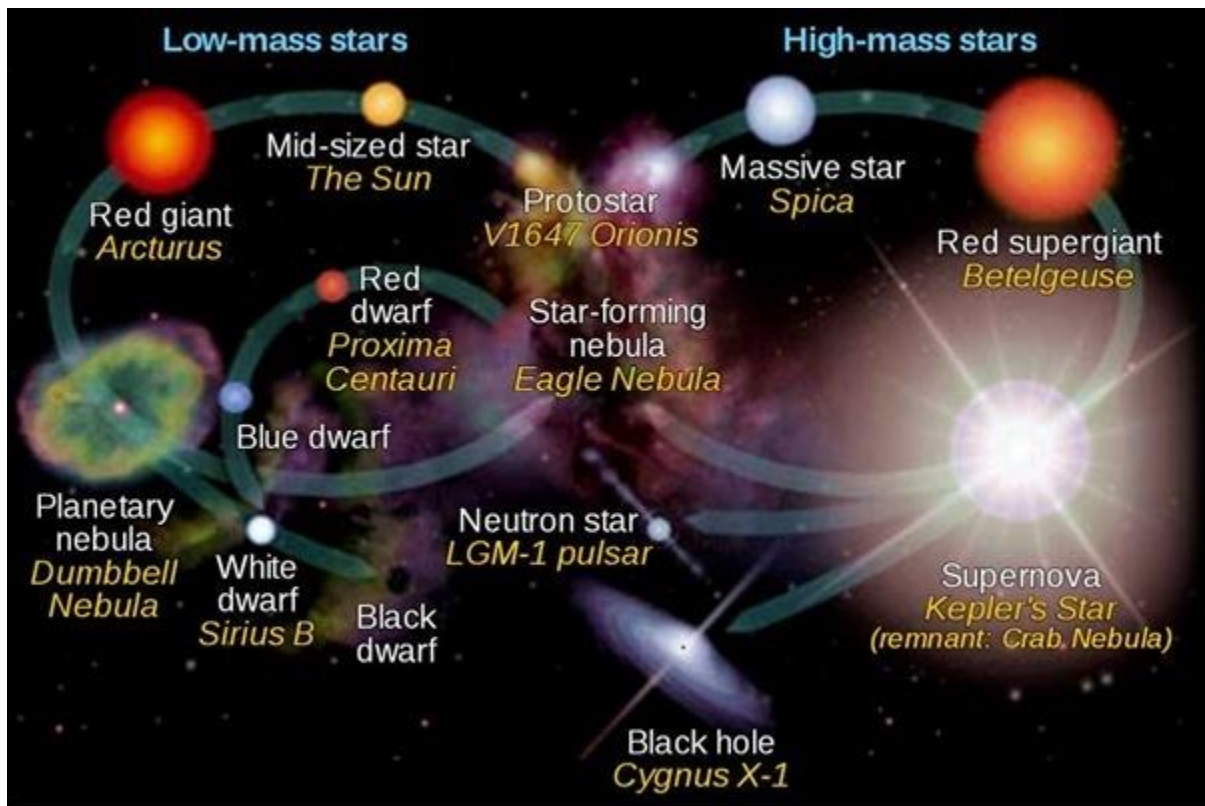
Αστρική εξέλιξη αστέρων μικρής (πάνω δεξιός κύκλος) και μεγάλης μάζας (κάτω δεξιός – αριστερός κύκλος)

Ανάλογα με τη μάζα του ένα άστρο είναι δυνατό να ζήσει από μερικά εκατομμύρια έως αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια. Ο κύκλος ζωής ενός άστρου καθορίζεται από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του, τόσο μικρότερη είναι η διάρκεια ζωής του. Η μάζα του καθορίζεται από την ποσότητα της ύλης που είναι διαθέσιμη στο αρχικό νεφέλωμα της, το γιγάντιο νέφος αερίου και σκόνης από το οποίο γεννήθηκε.

Στην περίπτωση μεγάλης μάζας η κατανάλωση των “καυσίμων” του είναι ταχύτερη, ως εκ τούτου μικρότερος ο χρόνος ζωής του. Με άλλα λόγια ο χρόνος ζωής ενός άστρου είναι αντιστρόφως ανάλογος της μάζας του. Μετά το “θάνατό” τους, τα μικρής και μεσαίας μάζας άστρα μετατρέπονται σε λευκούς νάνους, ενώ αυτά με μεγαλύτερη μάζα είναι δυνατό να μετατραπούν είτε σε αστέρες νετρονίων είτε σε μαύρες τρύπες. Συγκεκριμένα, ένα άστρο με μάζα έως και (περίπου) οκτώ φορές μεγαλύτερη από αυτή του Ήλιου, θεωρείται “μικρό”.

Με την πάροδο του χρόνου, το αέριο υδρογόνου στο νεφέλωμα συστέλλεται λόγω της βαρύτητας και αρχίζει να περιστρέφεται. Καθώς το αέριο στρέφεται ολοένα και πιο γρήγορα, θερμαίνεται και γίνεται πρωτοαστέρας. Τελικά η θερμοκρασία φτάνει τους 15.000.000 βαθμούς και η πυρηνική σύντηξη εμφανίζεται στον πυρήνα του νέφους. Το νέφος αρχίζει να λάμπει με έντονο τρόπο και αργότερα πέφτει λίγο και γίνεται σταθερό. Είναι τώρα ένα αστέρι της κύριας ακολουθίας και θα παραμείνει σε αυτό το στάδιο λάμποντας για εκατομμύρια έως δισεκατομμύρια χρόνια. Εκεί τώρα βρίσκεται ο ήλιος μας αυτή τη στιγμή.

Καθώς το αστέρι της κύριας αλληλουχίας αρχίζει να καίει το υδρογόνο στον πυρήνα του, αυτό μετατρέπεται σε ήλιο με πυρηνική σύντηξη. Όταν η παροχή υδρογόνου στον πυρήνα αρχίζει να εξαντλείται και το αστέρι δεν παράγει πλέον θερμότητα με πυρηνική σύντηξη, ο πυρήνας γίνεται ασταθής και συστέλλεται. Το εξωτερικό κέλυφος του αστεριού, το οποίο εξακολουθεί να είναι κυρίως υδρογόνο, αρχίζει να αναπτύσσεται προς τα έξω. Καθώς επεκτείνεται, ψύχεται και λάμπει με κόκκινο χρώμα. Το αστέρι έχει φτάσει πλέον στην κόκκινη φάση. Είναι κόκκινο επειδή είναι πιο δροσερό από ό,τι ήταν στο στάδιο της κύριας ακολουθίας αστερών και είναι ένας γιγάντιο επειδή το εξωτερικό κέλυφος έχει επεκταθεί προς τα έξω. Στον πυρήνα του κόκκινου γίγαντα, το ήλιο συγχωνεύεται προς άνθρακα. Όλα τα αστέρια εξελίσσονται με τον ίδιο τρόπο μέχρι την κόκκινη γιγάντια φάση. Η ποσότητα μάζας ενός αστέρα έχει καθορίσει ποια από τις ακόλουθες διαδρομές κύκλου ζωής θα πάρει από εκεί.



Ο κύκλος ζωής των τεράστιων άστρων (10 φορές ή περισσότερο του μεγέθους του ήλιου μας) ξεκινά όπως και στα αστέρια χαμηλής μάζας μέσα σε νεφελώματα και εξελίσσονται και ζουν στην Κύρια Ακολουθία. Ωστόσο, οι κύκλοι ζωής τους αρχίζουν να διαφέρουν μετά την φάση του ερυθρού γίγαντα. Ένα τεράστιο αστέρι θα υποστεί μια έκρηξη σουπερνόβα . Εάν το κατάλοιπο αυτής της υπερκαινοφανούς έκρηξης είναι 1,4 έως (περίπου) 3 φορές σαν τη μάζα του Ήλιου μας, θα γίνει αστέρι νετρονίων. Ο πυρήνας ενός τεράστιου αστέρα που έχει μάζα πάνω από (περίπου) 3 φορές τη μάζα του Ήλιου μας μετά την έκρηξη θα κάνει κάτι εντελώς διαφορετικό. Η δύναμη της βαρύτητας υπερνικά τις πυρηνικές δυνάμεις που διατηρούν τα πρωτόνια και τα νετρόνια μαζί μέσα στον πυρήνα. Έτσι ο πυρήνας καταπίπτει από τη δική του βαρύτητα. Έχει πλέον γίνει μια μαύρη τρύπα που προσελκύει εύκολα κάθε ενέργεια και ύλη που πλησιάζει.

Αυτό που συμβαίνει μεταξύ της κόκκινης γιγάντιας φάσης και της έκρηξης του σουπερνόβα περιγράφεται παρακάτω.

Μόλις τα αστέρια που είναι 5-πλάσια ή και περισσότερο από τον Ήλιο μας φτάνουν στην κόκκινη γιγάντια φάση, η θερμοκρασία του πυρήνα τους αυξάνεται καθώς τα άτομα άνθρακα σχηματίζονται από τη σύντηξη ατόμων ηλίου. Η βαρύτητα συνεχίζει να έλκει τα άτομα του άνθρακα μαζί καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία και συνεχίζονται οι πρόσθετες διεργασίες σύντηξης, σχηματίζοντας οξυγόνο, άζωτο και ενδεχομένως σίδηρο.

Όταν ο πυρήνας περιέχει ουσιαστικά μόνο σίδηρο, η σύντηξη στον πυρήνα παύει. Αυτό συμβαίνει επειδή ο σίδηρος είναι το πιο συμπαγές και σταθερό από όλα τα στοιχεία. Χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για να σπάσει ο πυρήνας του σιδήρου από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Η δημιουργία βαρύτερων στοιχείων μέσω της σύντηξης του σιδήρου απαιτεί έτσι τεράστια ενέργεια εισροής και όχι απελευθέρωση ενέργειας. Καθώς η ενέργεια δεν ακτινοβολείται πλέον από τον πυρήνα, σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο, το άστρο αρχίζει την τελική φάση της βαρυτικής κατάρρευσης . Η θερμοκρασία του πυρήνα ανέρχεται σε πάνω από 100 δισεκατομμύρια βαθμούς καθώς τα άτομα σιδήρου συνθλίβονται. Η απωστική δύναμη μεταξύ των πυρήνων ξεπερνά τη δύναμη της βαρύτητας και ο πυρήνας απομακρύνεται από την καρδιά του αστέρα με ένα κύμα κλονισμού , το οποίο βλέπουμε ως έκρηξη σουπερνόβα.

Καθώς το κύμα κλονισμού συναντά υλικό στα εξωτερικά στρώματα του αστεριού, το υλικό θερμαίνεται υφιστάμενο σύντηξη για να σχηματίσει έτσι νέα στοιχεία και ραδιενεργά ισότοπα. Ενώ πολλά από τα πιο κοινά στοιχεία γίνονται μέσω της πυρηνικής σύντηξης στους πυρήνες των αστεριών, οι ασταθείς συνθήκες της έκρηξης του σουπερνόβα φτιάχνουν πολλά από τα βαρύτερα στοιχεία. Το κύμα κλονισμού προωθεί το υλικό αυτό στο αχανές διάστημα. Το υλικό που εξερράγη μακριά από το αστέρι είναι τώρα γνωστό ως υπόλειμμα υπερκαινοφανών.

Το θερμό υλικό, τα ραδιενεργά ισότοπα, καθώς και ο πυρήνας του απομακρυσμένου αστέρα, παράγουν ακτίνες Χ και ακτίνες γάμμα

Περίληπτικά

Γέννηση

- Μέσα σε νέφη αερίων και σκόνης που υπάρχουν σε όλο το σύμπαν, υπό την επίδραση βαρυτικών δυνάμεων, τα νεφελώματα συμπυκνώνονται και στο κέντρο τους δημιουργείται ο πρωταστέρας.
- Από τον πρωταστέρρα γεννώνται κατά ομάδες αστέρες που απομακρύνονται από το κέντρο.

Κύρια ακολουθία

- Μετά το σχηματισμό του αστέρα, παράγεται στο κέντρο του (που είναι καυτό και πυκνό) ενέργεια μέσω της πυρηνικής σύντηξης ατόμων υδρογόνου (H) σε Ήλιο (He).
- Η φάση αυτή ονομάζεται Κύρια Ακολουθία, ξεκινά από την ηλικία 0 και σε αυτήν ο αστέρας θα παραμείνει για το 90% της ζωής του (αστέρια νάνοι)
- Το πόσο θα μείνει το άστρο στην Κύρια Ακολουθία εξαρτάται από την αρχική του μάζα και φωτεινότητα (το ποσό του καυσίμου και το ρυθμό με τον οποίο αυτό καταναλώνεται).

Μετά την Κύρια Ακολουθία

- Τα αστέρια μεγάλης μάζας, καίνε γρήγορα το καύσιμο τους και ζουν μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια.
- Τα μικρότερα αστέρια, καίνε αργά το καύσιμο τους και ζουν δισεκατομμύρια χρόνια.
- Τα μικρά αστέρια, καθώς εξαντλούν το υδρογόνο στον πυρήνα τους, γίνονται Ερυθροί γίγαντες και καίνε το Ήλιο τους. Απομακρύνουν τα εξωτερικά τους στρώματα και σχηματίζουν έτσι τα πλανητικά νεφελώματα. Αυτό που μένει θα είναι ένας Λευκός Νάνος που θα εξασθενίσουν σε Μαύρους Νάνους.
- Τα μεγάλα αστέρια, θα γίνουν Κόκκινοι Υπεργίγαντες. Ο πυρήνας τους (από σίδηρο) θα καταρρεύσει και θα προκαλέσει έκρηξη Υπερκαινοφανούς Αστέρας (Super Nova). Η διασκορπισμένη ύλη του θα σχηματίσει Νεφελώματα και ό,τι μένει θα είναι ένας Αστέρας Νετρονίων (πάλσαρ) ή μια Μαύρη Τρύπα.

Ο Ήλιος μας

Ο ήλιος μας βρίσκεται σήμερα στο στάδιο της κύριας ακολουθίας και θα παραμείνει εκεί, καίγοντας σταθερά το υδρογόνο του για δισεκατομμύρια χρόνια. Τελικά, το υδρογόνο στον πυρήνα θα εξαντληθεί, προκαλώντας συστολή του πυρήνα. Καθώς ο πυρήνας συστέλλεται, η εξωτερική ατμόσφαιρα του ήλιου θα διασταλεί σχηματίζοντας ένα κόκκινο γιγαντιαίο αστέρι περίπου 100 φορές μεγαλύτερο από το σημερινό μέγεθος του Ήλιου και θα παραμείνει σε αυτό το στάδιο για πολλά εκατομμύρια χρόνια.

Ο πυρήνας του τελικά θα καταρρεύσει και θα γίνει ένα λευκό νάνο αστέρι, περίπου στο μέγεθος της Γης μας. Η εξωτερική ατμόσφαιρα στη συνέχεια θα απελευθερωθεί στο διάστημα ως ένα νεφέλωμα αερίου και σκόνης. Στη συνέχεια, μετά από αρκετά εκατομμύρια χρόνια, ο πυρήνας θα ψυχθεί εντελώς καθιστώντας τον μαύρο νάνο αστέρι.

Πηγές: NASA, Wikipedia

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%81%CE%B1%CF%82>

https://www.astro.noa.gr/journal/Periodic/journal_01hantzios.htm