



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Εισαγωγή στην Αστροφυσική

Ενότητα 1: Φυσική των Αστέρων

Ξενοφών Δ. Μουσάς
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής



Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισαγωγή στην Αστροφυσική
Διάγραμμα H-R

Ξενοφών Δ. Μουσάς,
Καθηγ. Φυσικής Διαστήματος

ΑΘΗΝΑ 2014

Βιβλιογραφία:

- **Μάνου Δανέζη και Στράτου Θεοδοσίου, Το Σύμπαν που αγάπησα, Εκδ. Δίαυλος, Αθήνα, 2012, ISBN: 978-960-531-288-6**
- **Χαράλαμπου Βάρβογλη και Γιάννη Χ. Σειραδάκη, Εισαγωγή στη σύγχρονη αστρονομία, Εκδότης: Γαρταγάνης, Αριθμός Σελίδων: 352, 1994**
- **Σταύρου Ι. Αυγολούπη και Ιωάννη Χ. Σειραδάκη, Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδότης Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, 2004, Αριθμός Σελίδων 246, ISBN 960-86810-3-0**
- **B. W. Carroll and D. A. Ostlie *An Introduction to Modern Astrophysics*, εκδ. Addison-Wesley, 1996 και 2013, ISBN-13: 978-1292022932**



Βιβλιογραφία:

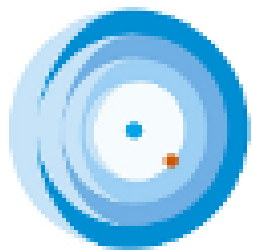
Επίσης:

- <http://www.astro.virginia.edu/class/majewski/ast551/lectures/LECTURE2/lec2b.html>
- <http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/Stars.html>
- http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar_spectroscopy_introduction.html
- <http://handprint.com/ASTRO/>
- <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit1/sptypes.html>

Γενικώς μπορείτε να βρίσκετε επιστημονικά άρθρα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, αστροφυσικής, φυσικής, μαθηματικών, φιλοσοφίας ή οτιδήποτε, στην ιστοσελίδα:

- scholar.google.gr/
- Τα **άρθρα παρουσιάζονται με αξιολόγηση** και πρώτα αναφέρονται τα πιο χρησιμοποιημένα, τα κατά τεκμήριο πιο σημαντικά.





Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22684958

Έκδοση: Πανεπιστημιακή Έκδοση/2012

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-288-6

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12212

Αριθμός τόμου: Τόμος 1

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-062-2

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12213

Αριθμός τόμου: Τόμος 2

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-063-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

1. Φυσική των Αστέρων

Εισαγωγή στην αστροφυσική

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42022440

Έκδοση: 1η/2014

Συγγραφείς: Αλυσσανδράκης Κ.

ISBN: 978-960-02-3058-1

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22846310

Έκδοση: Α' ΕΚΔΟΣΗ/2012

Συγγραφείς: ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΑΡΑΤΖΟΓΛΟΥ ΦΙΛΑΡΕΤΗ

ISBN: 978-960-530-148-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας Πανεπιστημίου Πατρών

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ Ι

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 280

Αριθμός τόμου: Ι

Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-16-7

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 282

Αριθμός τόμου: ΙΙ

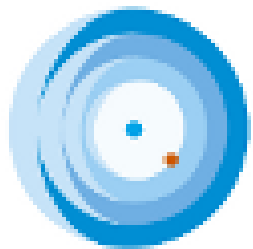
Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-17-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ



Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Αισιτών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50661503

Έκδοση: 2η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42116553

Έκδοση: 1η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Κοσμική Ακτινοβολία

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 45309

Έκδοση: 1η έκδ./2009

Συγγραφείς: Μαυρομιχαλάκη - Χριστοπούλου Ελένη

ISBN: 978-960-266-251-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Σ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Γενική Σχετικότητα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 6236

Έκδοση: 3/2007

Συγγραφείς: Bernard F. Schutz

ISBN: 960-7122-21-6

Τύπος: Σύγγραμμα

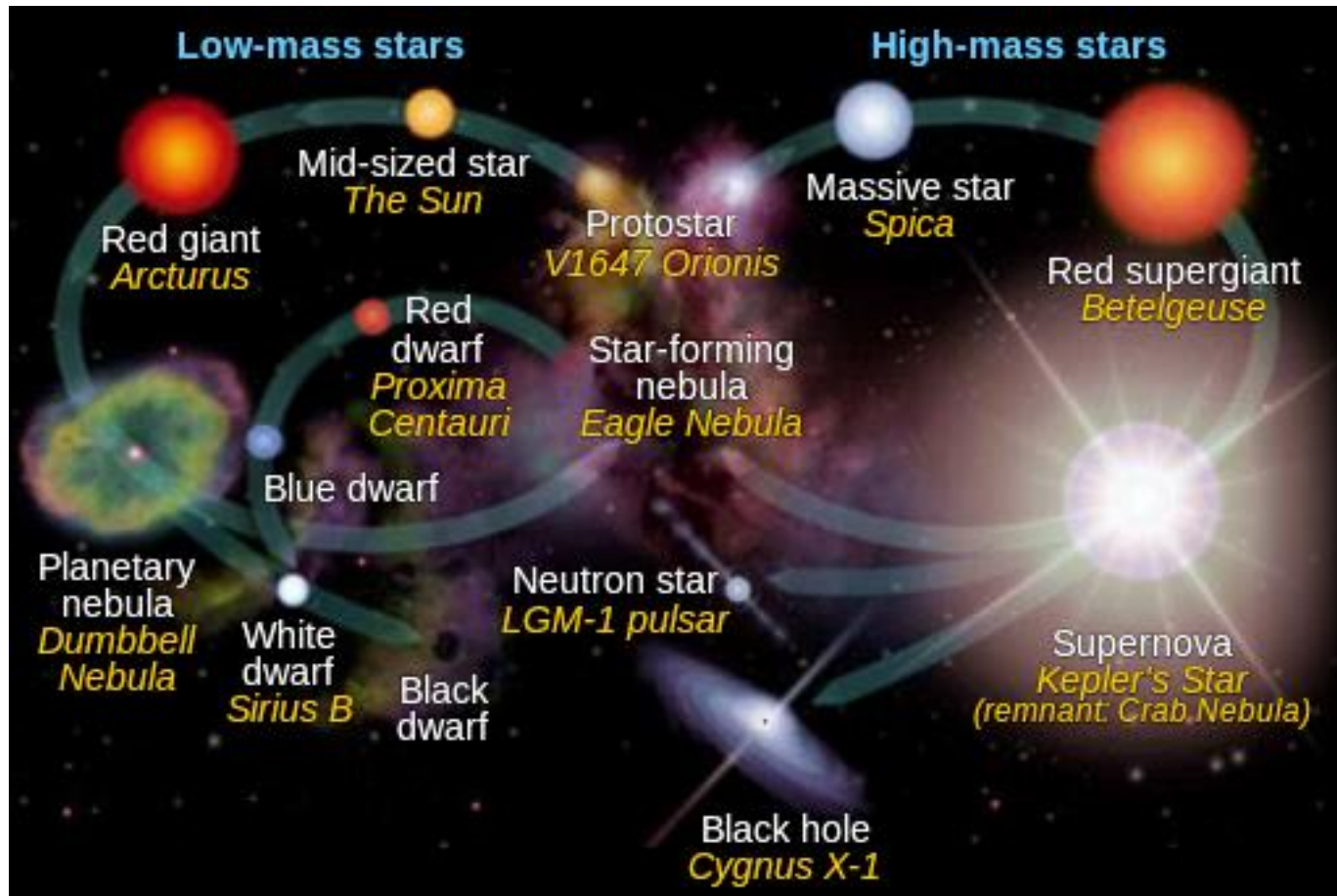
Διαθέτης (Εκδότης): ΤΡΑΥΛΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες Ευχαριστίες οφείλονται στη NASA, ESA, ESO, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF, SDO, SOHO

στους Ερευνητές και λοιπούς συντελεστές των επιγείων τηλεσκοπίων και διαστημικών πειραμάτων, στους κυρίους **Πάνο Παπασπύρου** Στράτο Κουφό, Νίκο Πασχάλη, για τις εικόνες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το μάθημα, σε αυτούς που μας έδωσαν μετρήσεις ή συμβουλές, στην Wikipedia για πολλές πολύτιμες εικόνες που προσφέρονται χωρίς δικαιώματα χρήσης και συνεπώς είναι πολύτιμες σε κάθε δάσκαλο.

Σχηματική εξέλιξη άστρου ανάλογα με την μάζα του.



Σχήμα του κ. cmglee, NASA Goddard Space Flight Center (File:star_life_cycles_red_dwarf.jpg) [CC BY-SA 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)], via Wikimedia Commons

Διάγραμμα HR

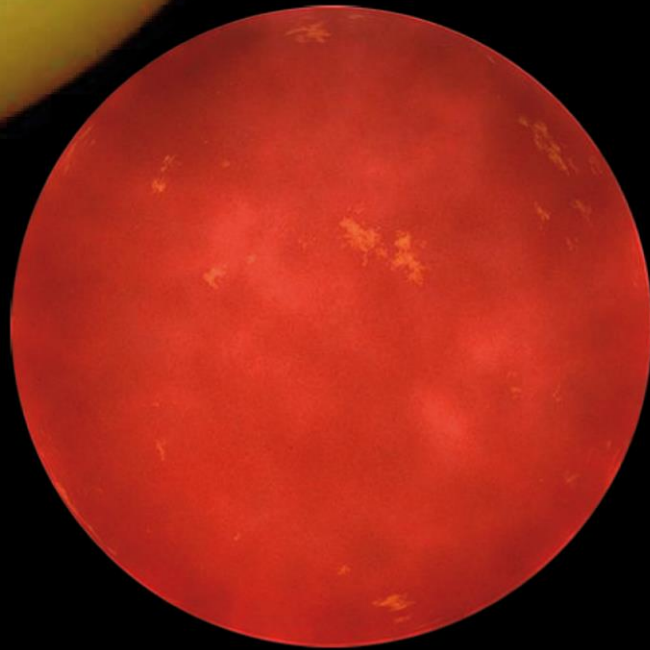
- Η στατιστική των άστρων που επιτρέπει να ελέγχουμε τις θεωρίες μας για
- την γέννηση,
- ζωή και
- Θάνατο των άστρων,
- Την εξέλιξη των αστρικών συστημάτων (γαλαξιών, σμηνών άστρων)
- Την ηλικία τους
- Την απόστασή τους από την Γη.



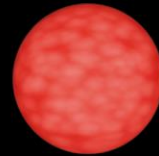
ΤΑ ΑΣΤΡΑ ΕΧΟΥΝ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΜΕΤΡΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΩΣ
ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΙΣΧΥΕΣ
ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΤΑ
ΜΕΓΕΘΗ

ΕΥΧΑΙΡΗΣΤΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ
ΜΡΙΑ/V. Joergens. (wiki)

Sun



Gliese 229A



Teide 1



Gliese 229B



WISE1828



Jupiter

5,800 K

3,600 K

2,600 K

950 K

300–500 K

125 K

G2 star

red dwarf
star

young
brown dwarf

old
brown dwarf

ultra-cool
brown dwarf

planet

Με το διάγραμμα HR ταξινομούμε τα άστρα

- Οι Ejnar Hertzsprung και Henry Norris Russell, το 1910 μελέτησαν στατιστικά τα μέχρι τότε μελετημένα άστρα
- έβαλα όλα τα άστρα σε ένα διάγραμμα με συντεταγμένες (ψ) την ισχύ των άστρων (απόλυτο μέγεθος που είναι ανάλογο του λογαρίθμου της ισχύος) και (χ) τον δείκτη χρώματος, ή τον φασματικό τύπο, που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.
- Διαπίστωσαν ότι τα άστρα συγκεντρώνονται σε διάφορες πολύ συγκεκριμένες περιοχές και τα περισσότερα συγκεντρώνονται σε μια σχεδόν «διαγώνιο» γραμμή που ονομάστηκε **κύρια ακολουθία**



Με το διάγραμμα HR μελετάμε τα άστρα

- Διαπιστώθηκε ότι στην *κύρια ακολουθία* ευρίσκονται τα άστρα στο μεγαλύτερο διάστημα της ζωής τους, όσο καίνε υδρογόνο.



Με το διάγραμμα HR μελετάμε τα άστρα

- Καθώς εξελίσσονται τα άστρα ξοδεύουν με τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις αρχικά το υδρογόνο και μετά το ήλιο κι αργότερα και τα άλλα χημικά στοιχεία και βαθμιαία απομακρύνονται από την κύρια ακολουθία.
- Μετά την κύρια ακολουθία τα άστρα, ανάλογα με την μάζα τους, γίνονται
 - Α) ερυθροί γίγαντες, ή υπεργίγαντες και στο τέλος γίνονται λευκοί νάνοι
 - Β) αστέρες νετρονίων
 - Γ) μαύρες τρύπες



Πώς μελετά τους ανθρώπους ένας εξωγήινος επιστήμων;

- Πώς θα μπορούσε ένας εξωγήινος που έρχεται για μια ημέρα στη Γη (ή μια μύγα που ζει μια ημέρα) να βγάλει συμπεράσματα για την γέννηση, την ζωή και τον θάνατο των ανθρώπων
- Ας πούμε ότι περνάει μια ημέρα στην πλατεία Συντάγματος και άλλη μια ημέρα την πλατεία Ομόνοιας.
- Τι θα του προτείνατε να κάνει;
- Υποθέτουμε ότι δεν ξέρει Ελληνικά ή άλλη γλώσσα ανθρώπινη.



Ανθρώπινο διάγραμμα HR

- Αν μετρήσει τα χαρακτηριστικά όλων των ανθρώπων που θα συναντήσει θα μπορέσει να βγάλει συμπεράσματα για τους ανθρώπους, έστω και αν τους μελετήσει για μια μέρα.
- Παρόμοια μελετάμε τα άστρα.
- Το διάγραμμα HR επιτρέπει να μελετήσουμε την γέννηση, εξέλιξη και θάνατο των άστρων.

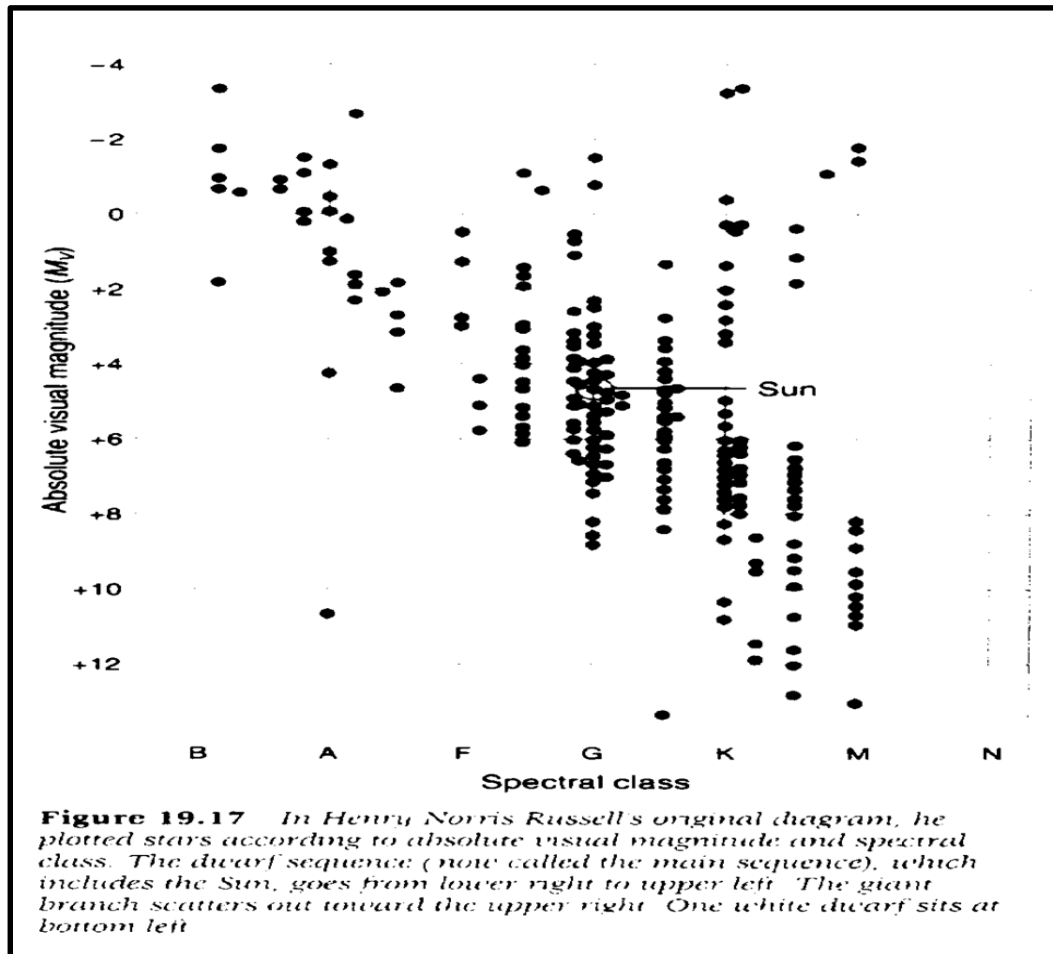
http://simple.wikipedia.org/wiki/Hertzprung%E2%80%93Russell_diagram



Το διάγραμμα Hertzsprung-Russell

- Το διάγραμμα Hertzsprung-Russell που συχνότερα ονομάζεται διάγραμμα H-R, ή διάγραμμα Δυο Χρωμάτων
- Παρουσιάζει την σχέση ανάμεσα στο απόλυτο μέγεθος ή τον λογάριθμο της ισχύος κάθε άστρου σε συνάρτηση με την θερμοκρασία του άστρου ή το χρώμα του άστρου
- Ejnar Hertzsprung και Henry Norris Russell, 1910
- Μας βοήθησε να κατανοήσουμε την εξέλιξη των άστρων
- Πώς γεννιούνται, πόσο ζουν, πότε πεθαίνουν





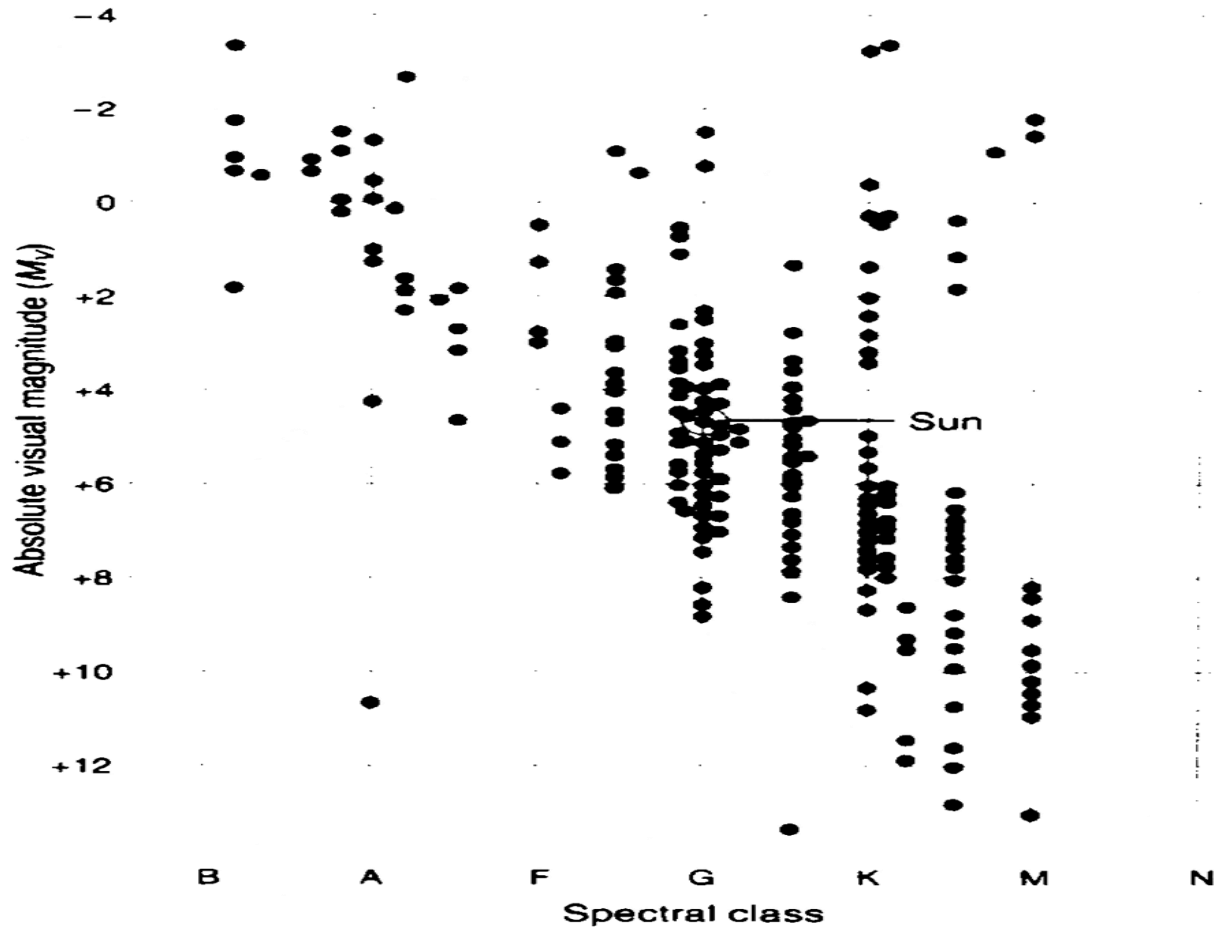
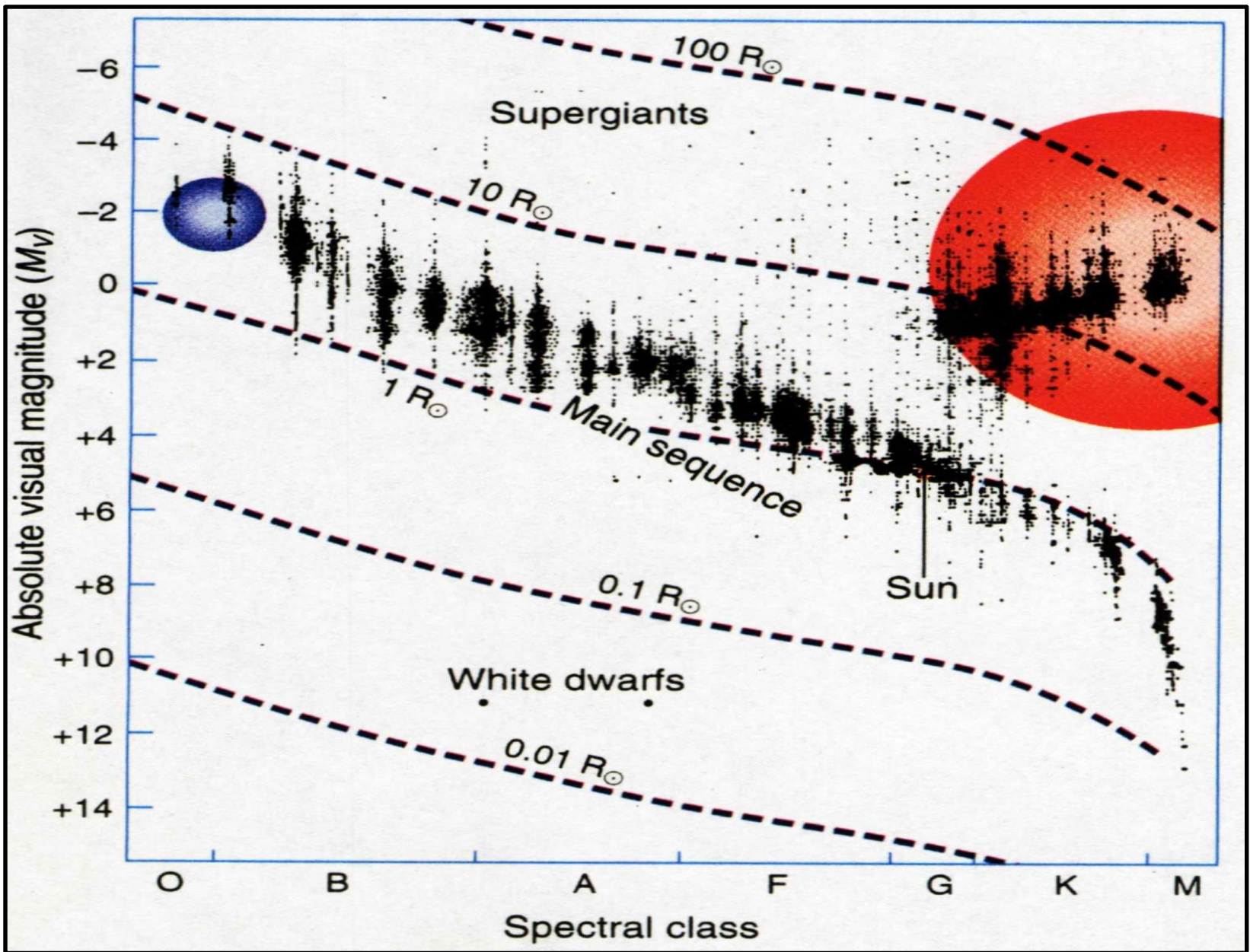
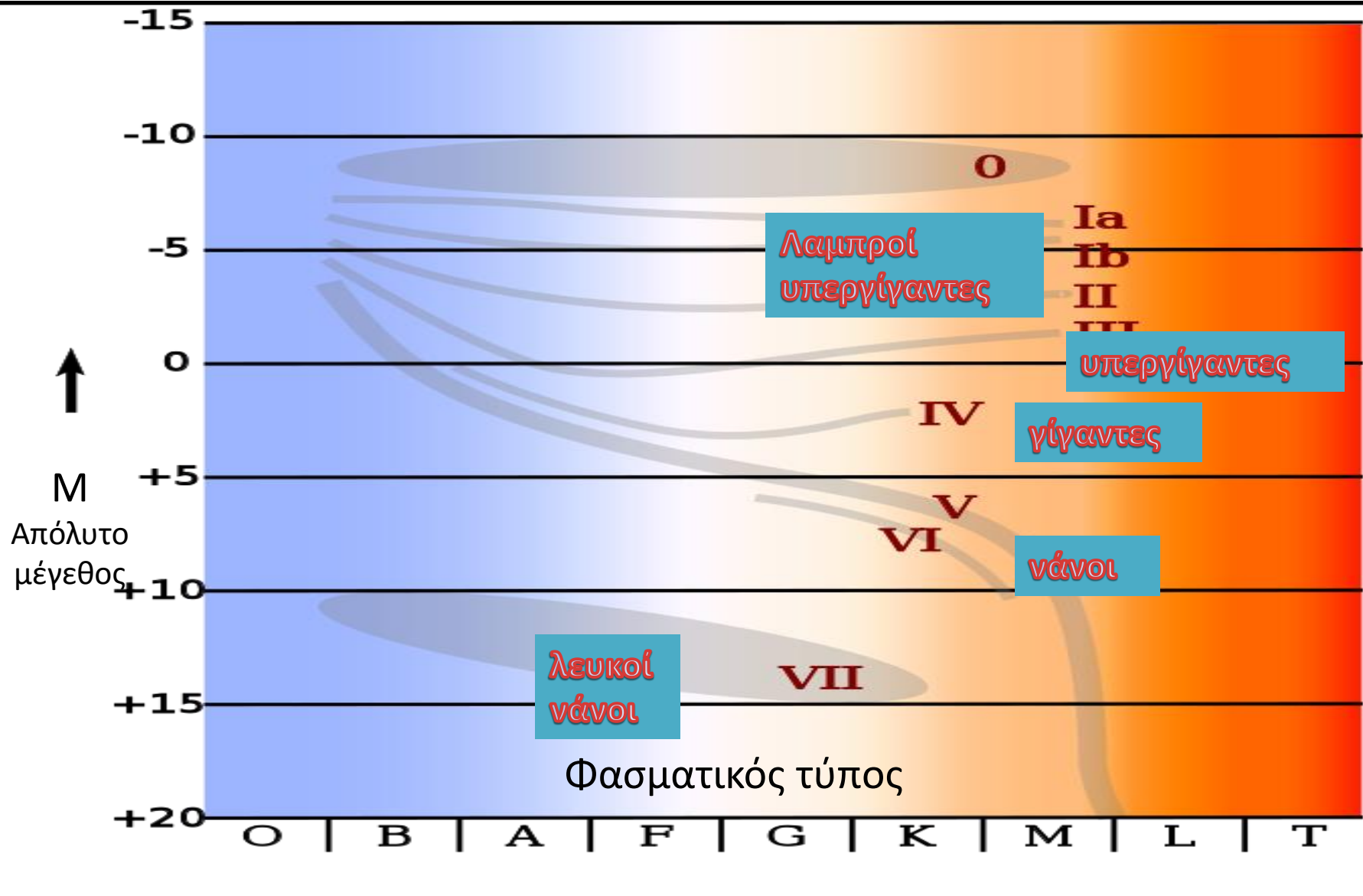


Figure 19.17 In Henry Norris Russell's original diagram, he plotted stars according to absolute visual magnitude and spectral class. The dwarf sequence (now called the main sequence), which includes the Sun, goes from lower right to upper left. The giant branch scatters out toward the upper right. One white dwarf sits at bottom left.

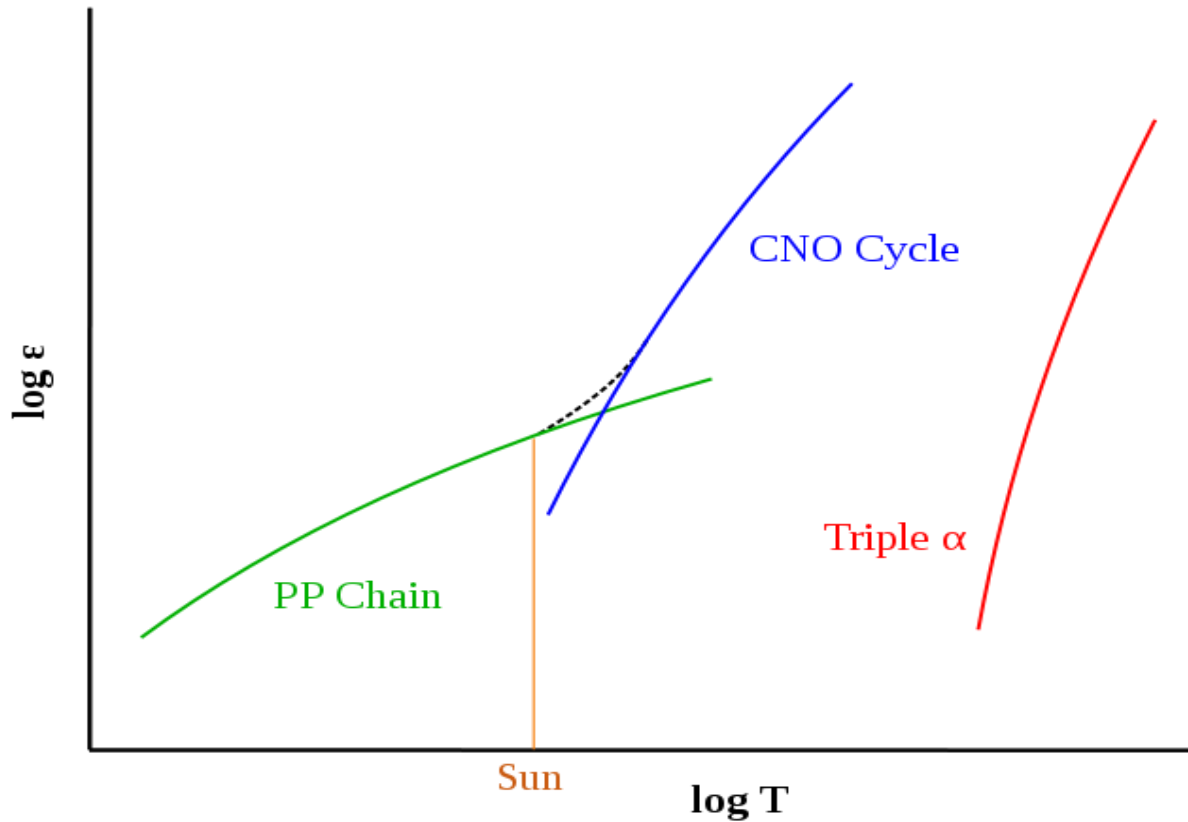




HR-diag-no-text.svg, written by User:Rursus

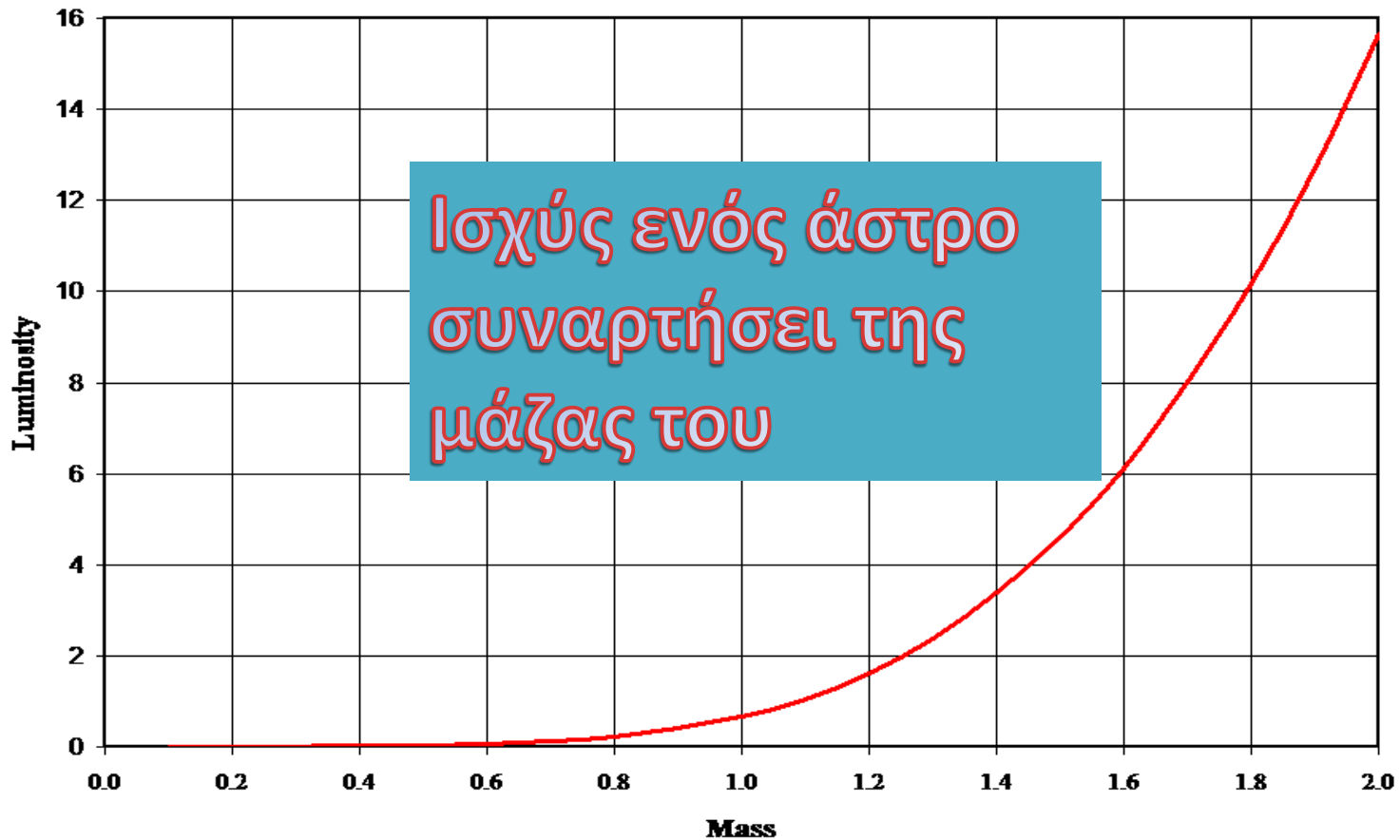
"HR-diag-no-text-2" by User:Spacepotato - Modified version of Image:HR-diag-no-text.svg, written by User:Rursus. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HR-diag-no-text-2.svg#/media/File:HR-diag-no-text-2.svg>

Kaler, James B. (1997) *Stars and Their Spectra: An Introduction to the Spectral Sequence*, Cambridge University Press, pp. p. 77 [ISBN](#): 0521585708



Παραγωγή ενέργειας στο εσωτερικό των άστρων από διάφορες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σε διάφορες θερμοκρασίες
 "Nuclear energy generation" by RJHall - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons -
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_energy_generation.svg#/media/File:Nuclear_energy_generation.svg





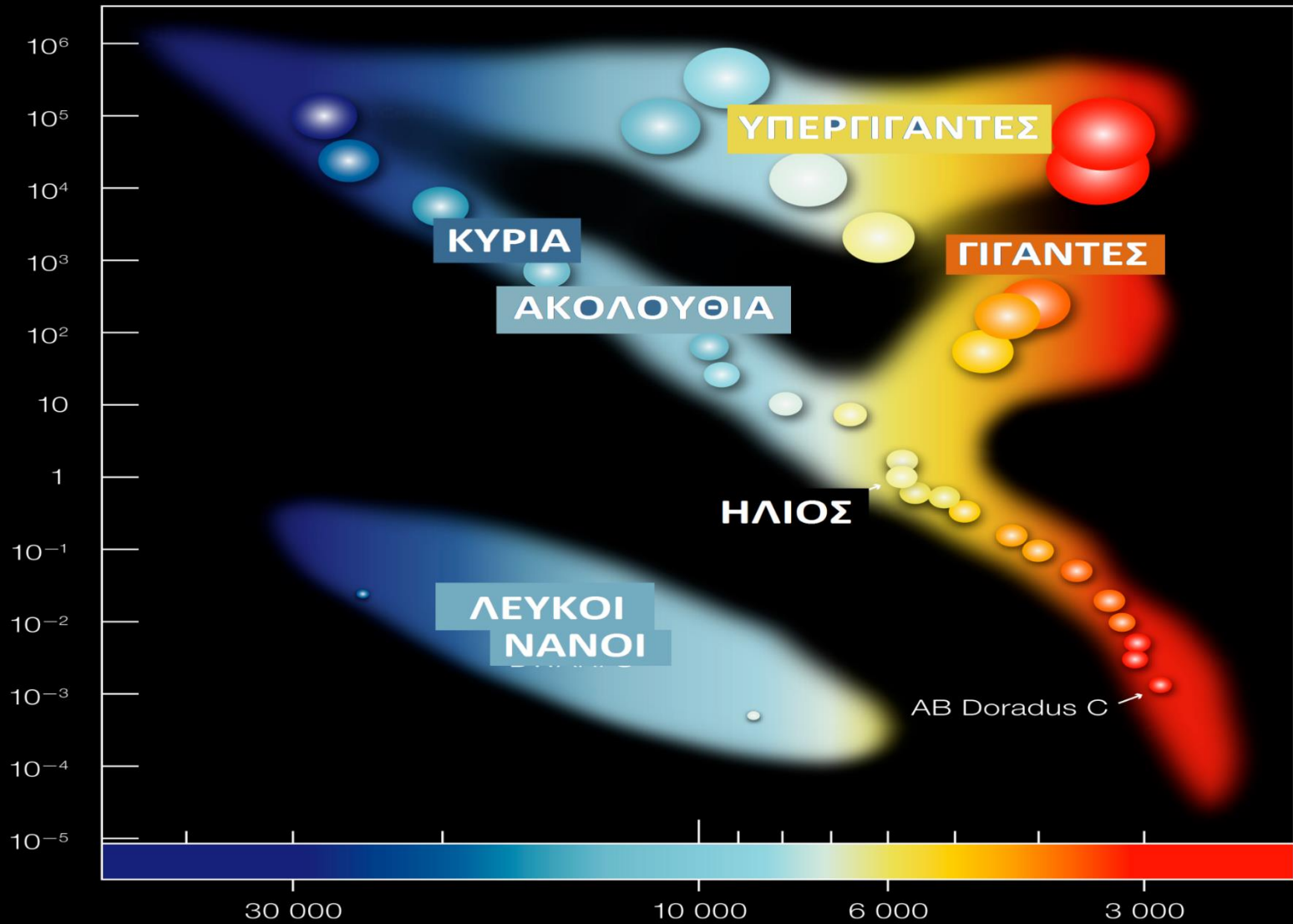
Ισχύς ενός άστρο συναρτήσσει της μάζας του

"Isochrone ZAMS Z2pct". Licensed under Public Domain via Wikipedia -

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Isochrone_ZAMS_Z2pct.png#/media/File:Isochrone_ZAMS_Z2pct.png



ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΑΣΤΡΟΥ, ΔΗΛΑΔΗ ΙΣΧΥΣ ΑΣΤΡΟΥ



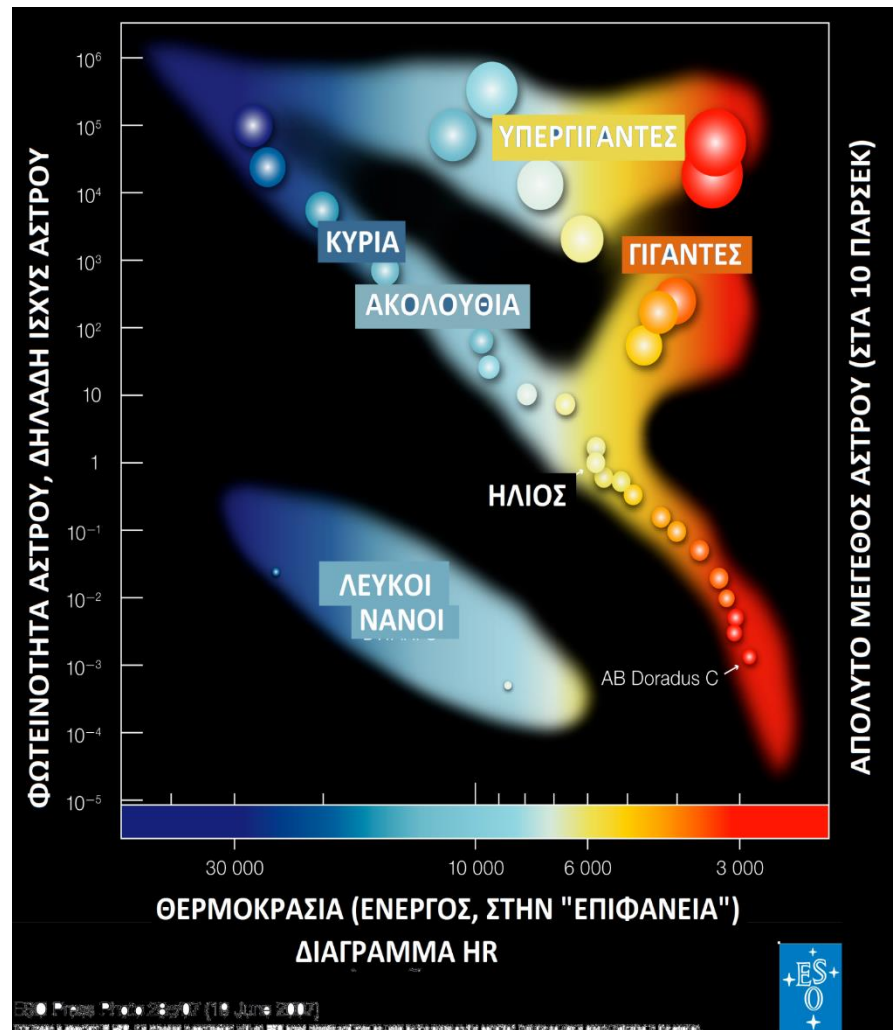
ΑΠΟΛΥΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΣΤΡΟΥ (ΣΤΑ 10 ΠΑΡΣΕΚ)

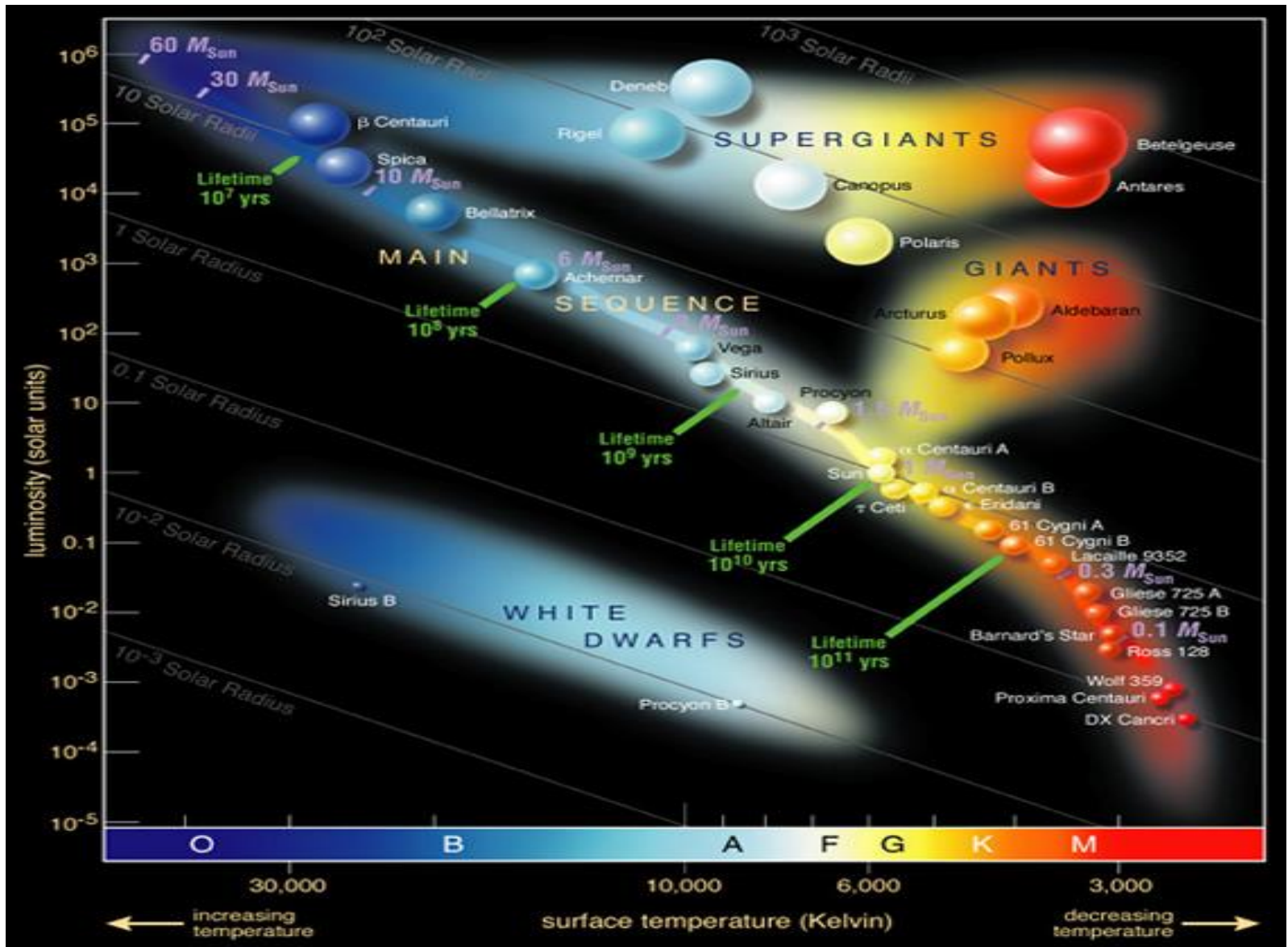
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (ΕΝΕΡΓΟΣ, ΣΤΗΝ "ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ")
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ HR

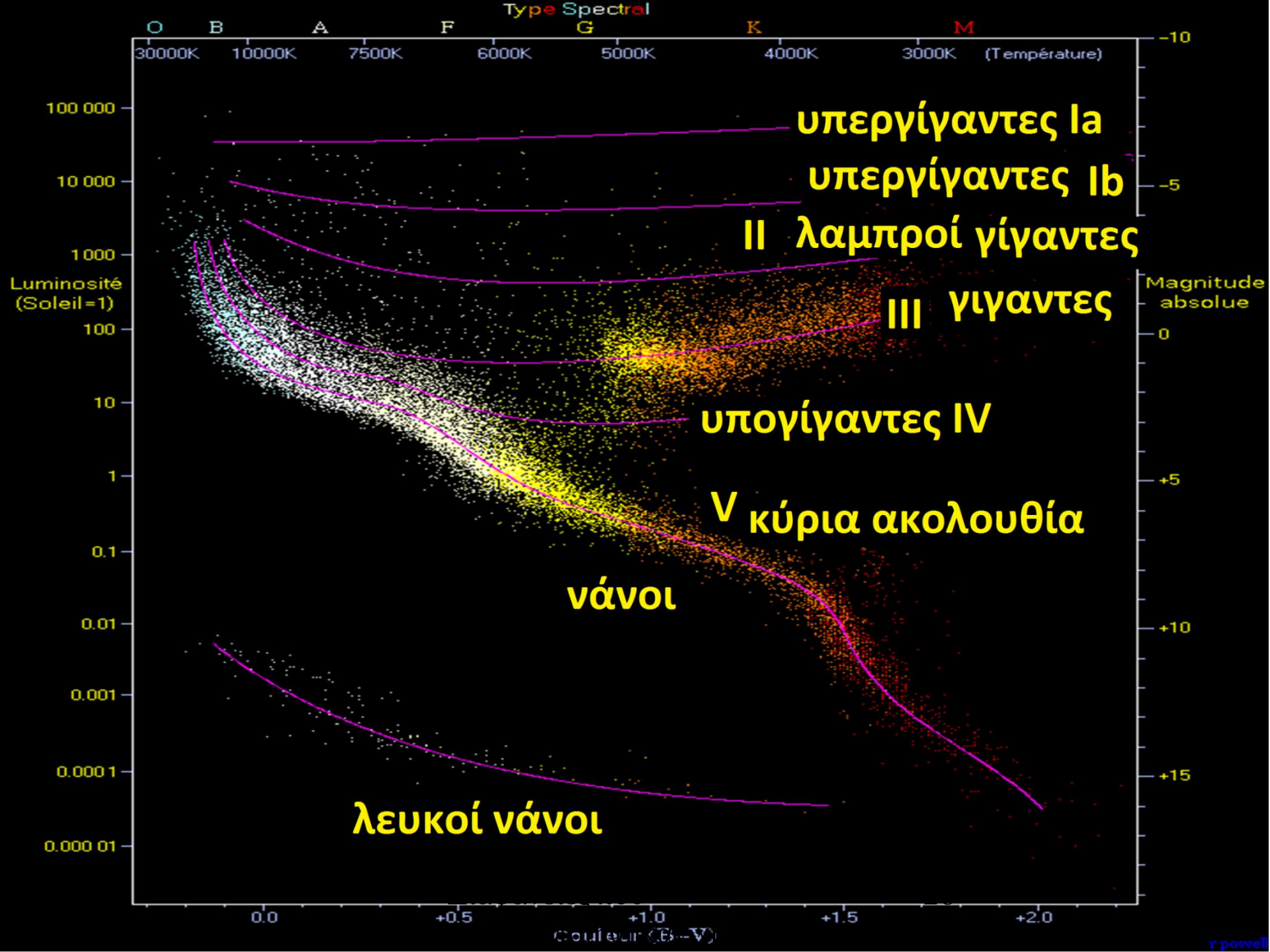
ESO Press Photo 2007 (19 June 2007)



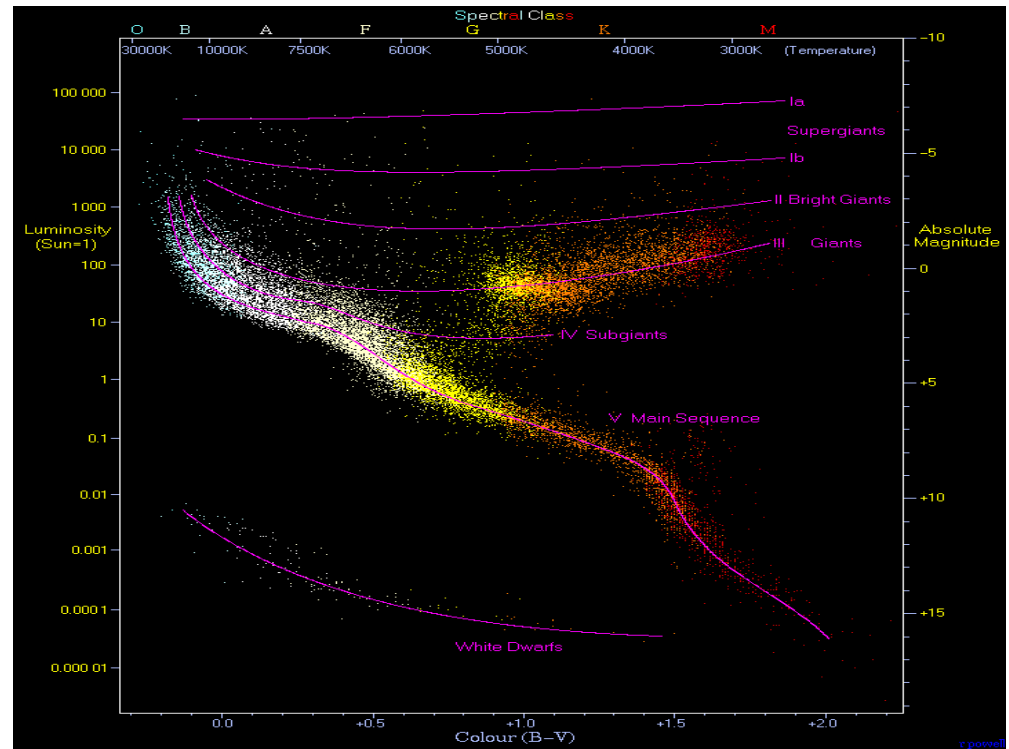
In the Hertzsprung-Russell diagram the temperatures of stars are plotted against their luminosities. The position of a star in the diagram provides information about its present stage and its mass. Stars that burn hydrogen into helium lie on the diagonal branch, the so-called main sequence. Red dwarfs like AB Doradus C lie in the cool and faint corner. AB Dor C has itself a temperature of about 3 000 degrees and a luminosity which is 0.2% that of the Sun. When a star exhausts all the hydrogen, it leaves the main sequence and becomes a red giant or a supergiant, depending on its mass (AB Doradus C will never leave the main sequence since it burns so little hydrogen). Stars with the mass of the Sun which have burnt all their fuel evolve finally into a white dwarf (left low corner). [ESO](#) (WIKIPEDIA)



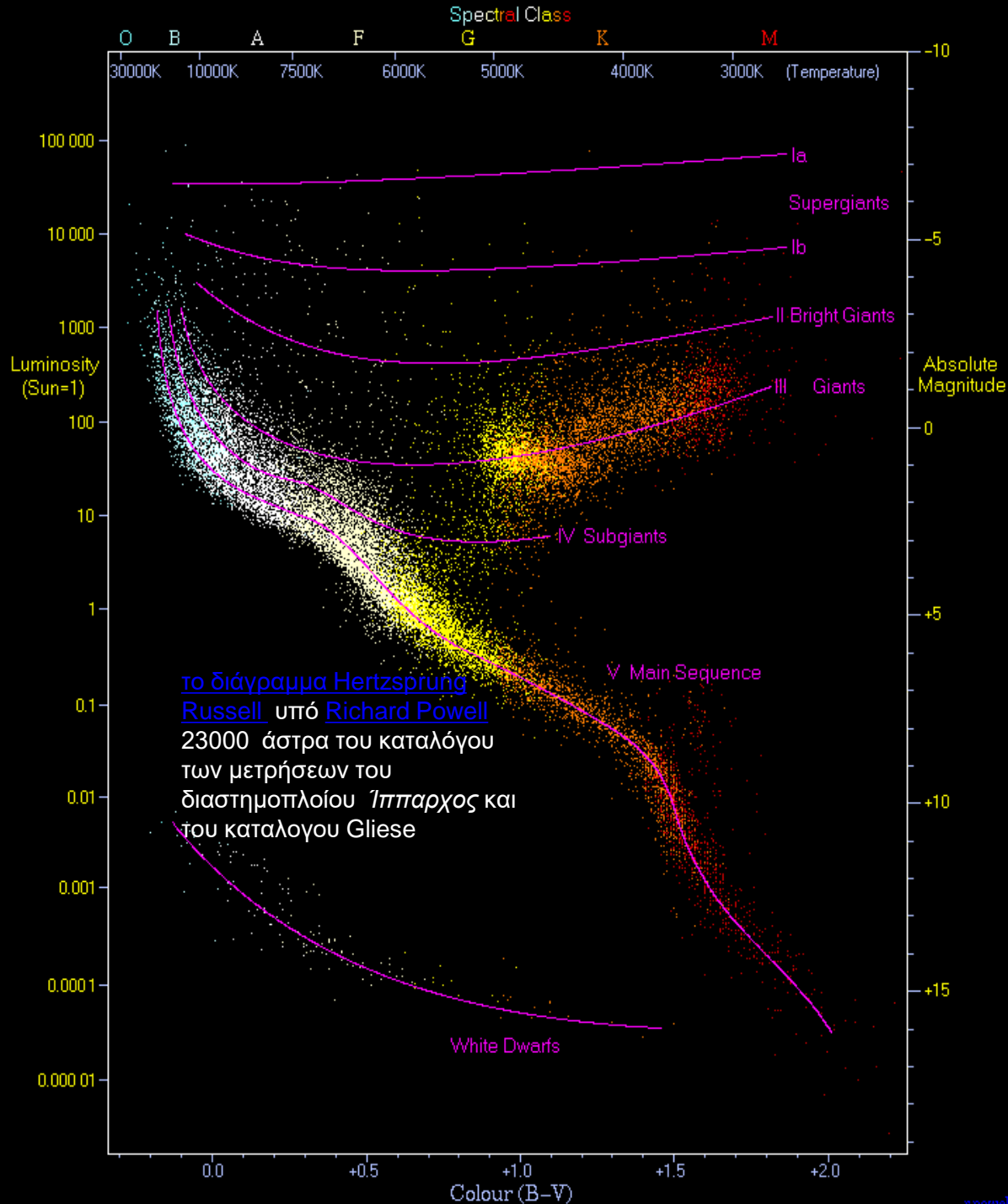




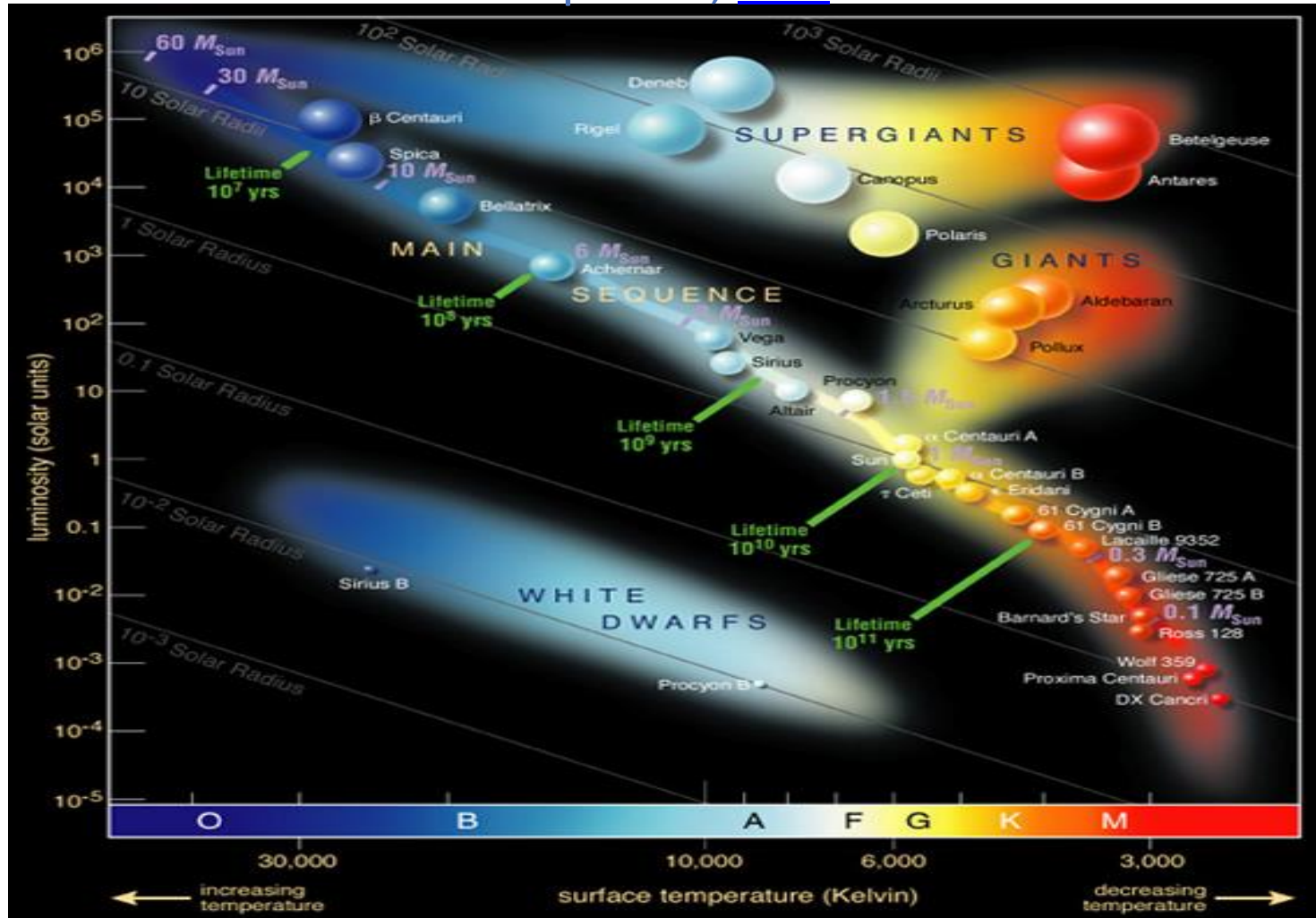
το διάγραμμα
Hertzsprung Russell υπό
Richard Powell 23000
άστρα του καταλόγου
των μετρήσεων του
διαστημοπλοίου
Ίππαρχος και του
καταλογου Gliese



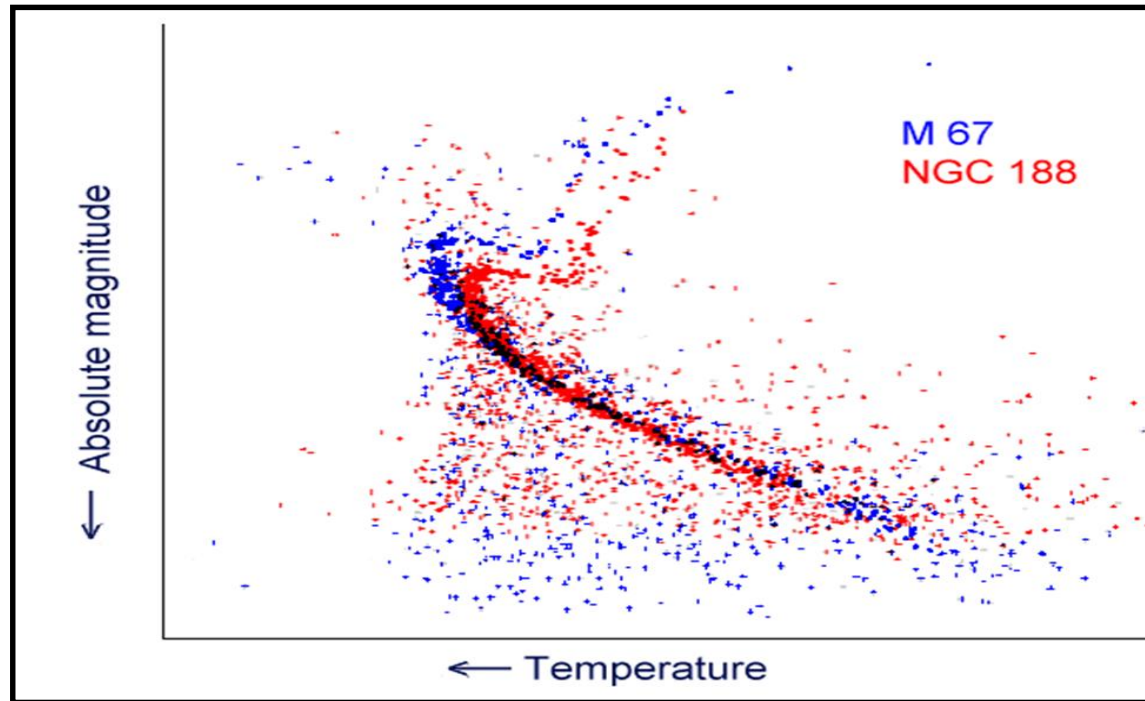
Hertzsprung-Russell diagram. A plot of luminosity (absolute magnitude) against the colour of the stars ranging from the high-temperature blue-white stars on the left side of the diagram to the low temperature red stars on the right side. "This diagram below is a plot of 22000 stars from the Hipparcos Catalogue together with 1000 low-luminosity stars (red and white dwarfs) from the Gliese Catalogue of Nearby Stars. The ordinary hydrogen-burning dwarf stars like the Sun are found in a band running from top-left to bottom-right called the Main Sequence. Giant stars form their own clump on the upper-right side of the diagram. Above them lie the much rarer bright giants and supergiants. At the lower-left is the band of white dwarfs - these are the dead cores of old stars which have no internal energy source and over billions of years slowly cool down towards the bottom-right of the diagram.



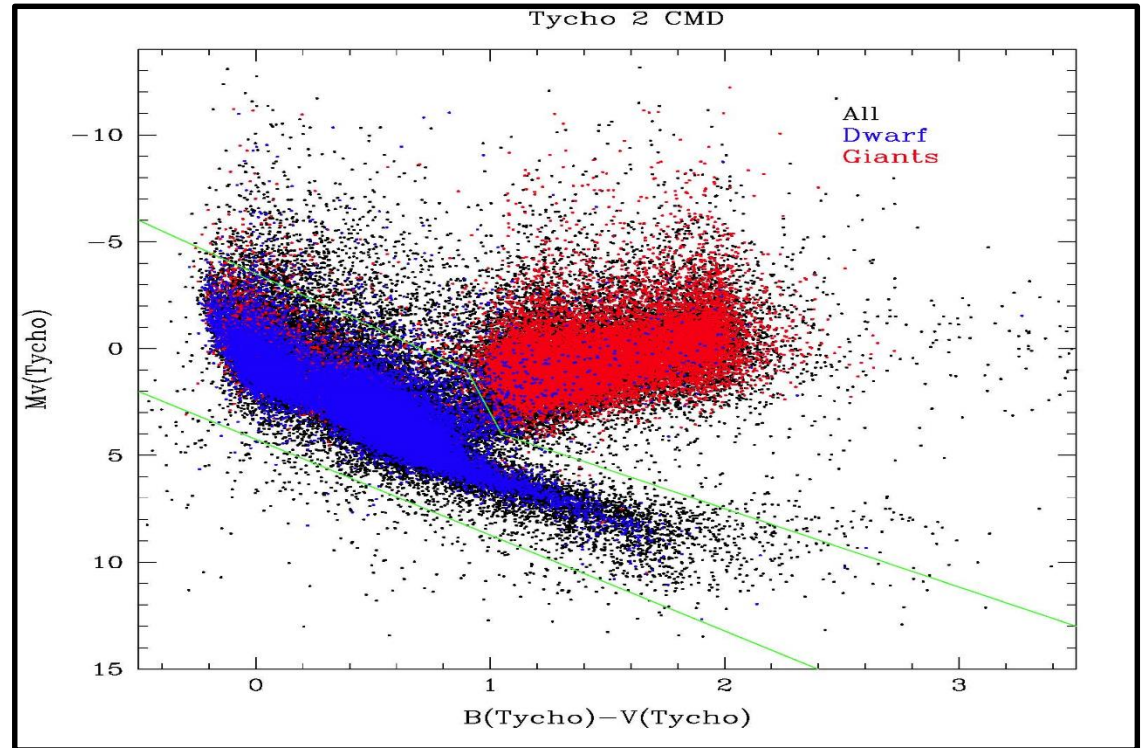
το διάγραμμα Hertzsprung Russell με τα πιο γνωστά άστρα του ουρανού, ESO



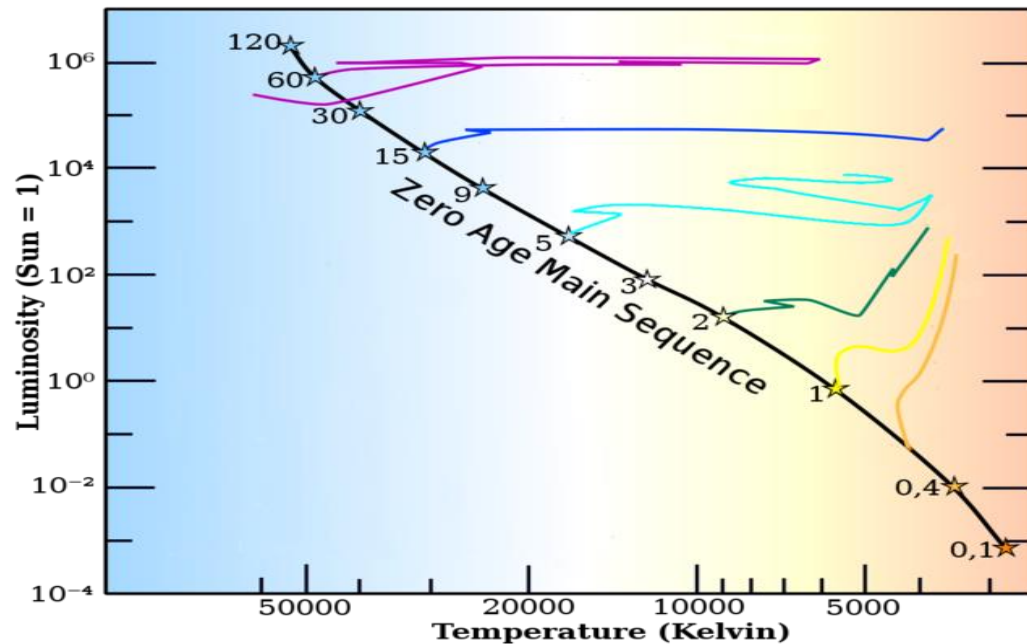
το διάγραμμα Hertzsprung Russell δύο ανοικτών σμηνών, [M67](#) και [NGC 188](#), που έχουν διαφορετικές ηλικίες και το σημείο που αποκλίνουν διαφέρει, ενδεικτικό της ηλικίας τους. Σχήμα υπό Worldtraveller.



το διάγραμμα
Hertzsprung
Russell με τους
νάνους αστέρες
με γαλάζιο και
τους γίγαντες με
κόκκινο χρώμα

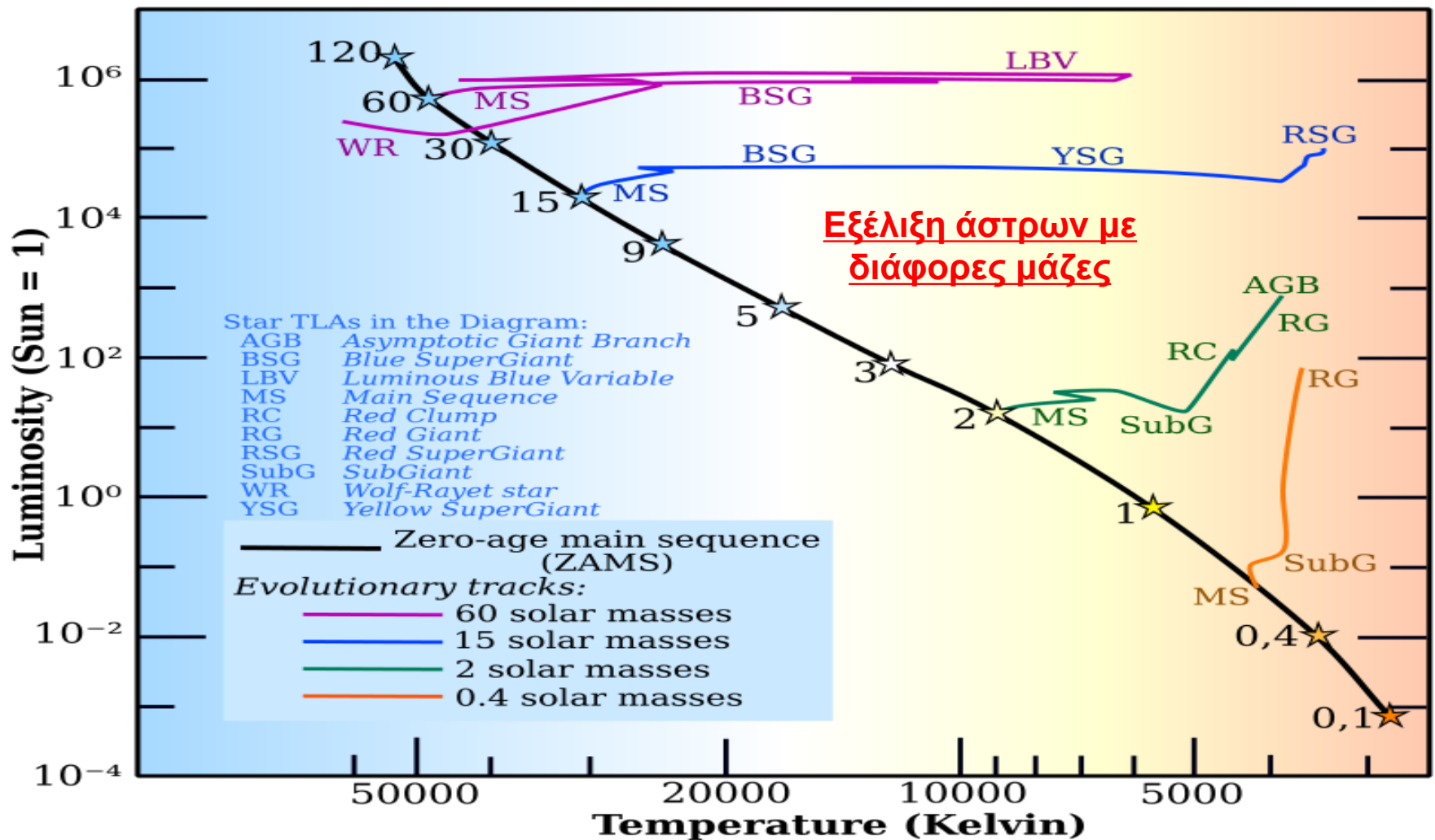


**Από τον αριθμό των
άστρων σε κάθε
περιοχή αυτού του
διαγράμματος,
βγάζουμε
συμπεράσματα σχετικά
με το πώς εξελίσσεται
ένα άστρο, πόσο χρόνο
ζει, πόσο διαρκεί κάθε
φάση της ζωής του.**



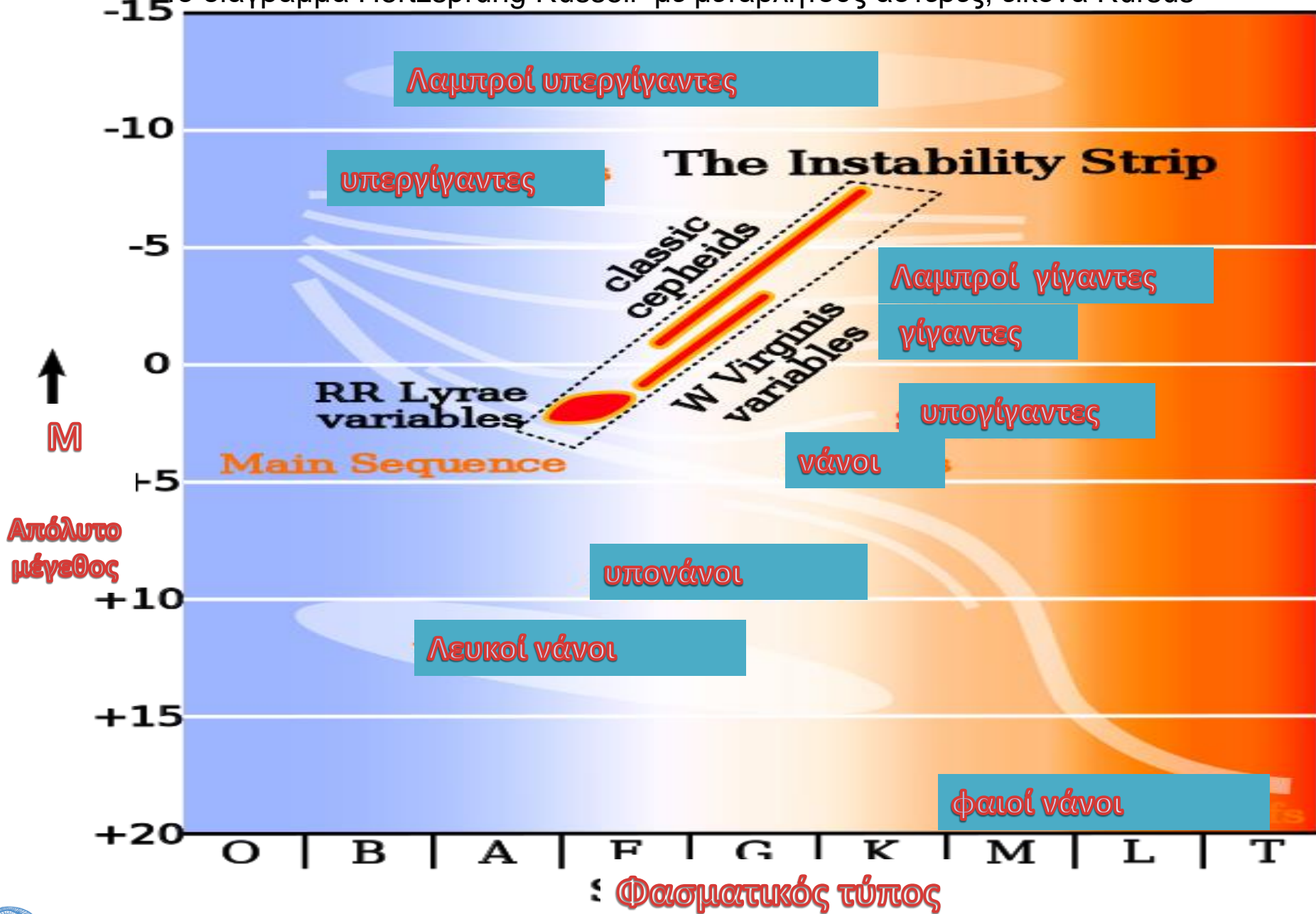
By derivative work: Rursus (talk) Stellar_evolutionary_tracks-en.PNG: *derivative work: G.A.S Stellar_evolutionary_tracks.gif: Jesusmaiz (Stellar_evolutionary_tracks-en.PNG) [CC BY 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>)], via Wikimedia Commons

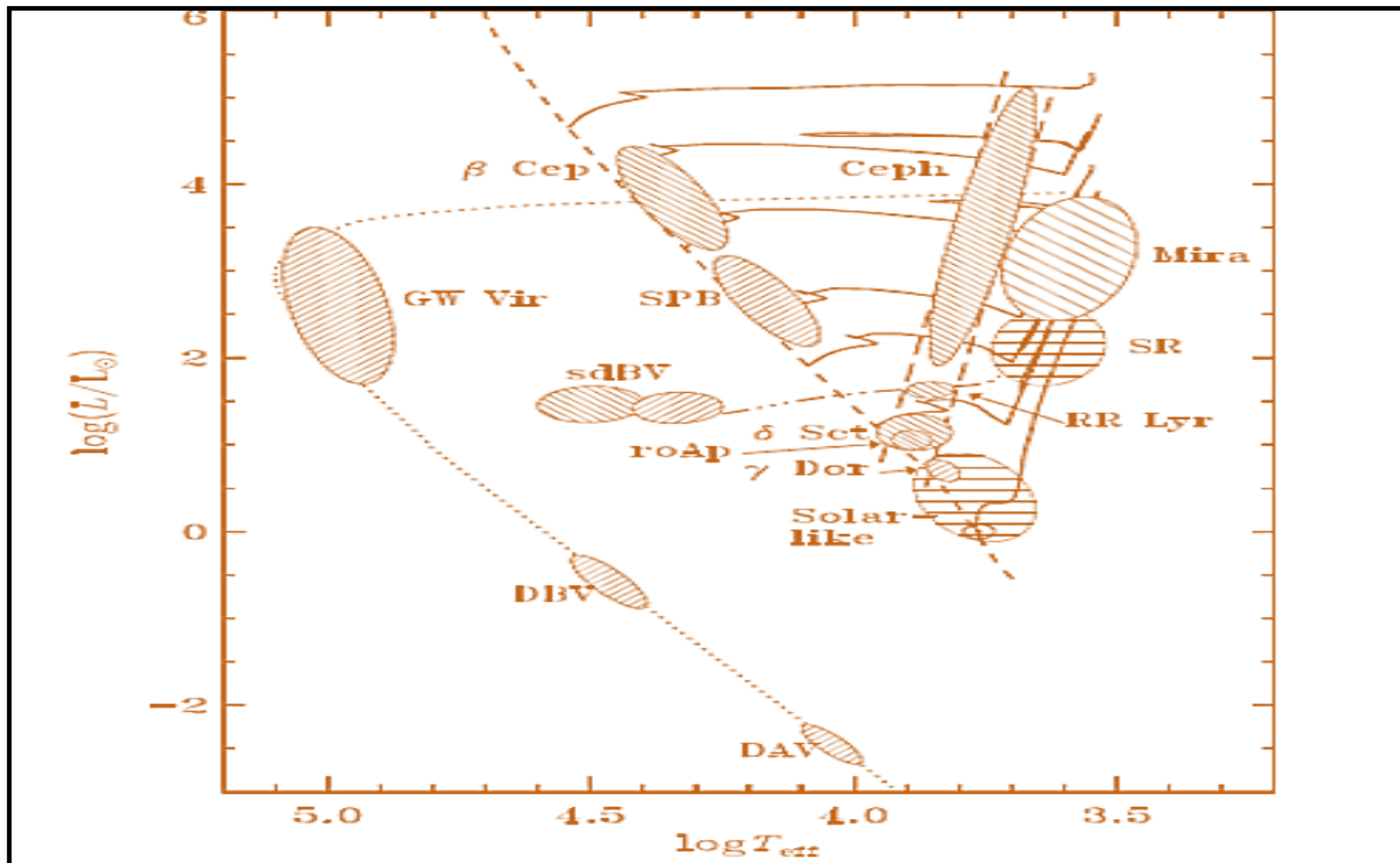




Sample stellar evolutionary tracks for single stars, zero initial rotational velocity, and solar metallicity: **AGS** Asymptotic Giant Branch **RG** Red Giant **SubG** Subgiant **MS** Main Sequence **RC** Red Clump **BSG** Blue SuperGiant **YSG** Yellow SuperGiant **RSG** Red SuperGiant **WR** Wolf-Rayet stars **LBV** Luminous blue variables. The image was redrawn in inkscape, to generate SVG. The text was transformed to line loops, εικόνα [Rursus](#)







Εικόνα του κ. Christensen-Dalsgaard που δείχνει πόσο $\log(L/L_{\odot})$ μεταβάλλουν την ισχύ τους διάφοροι αναπαλλόμενοι αστέρες

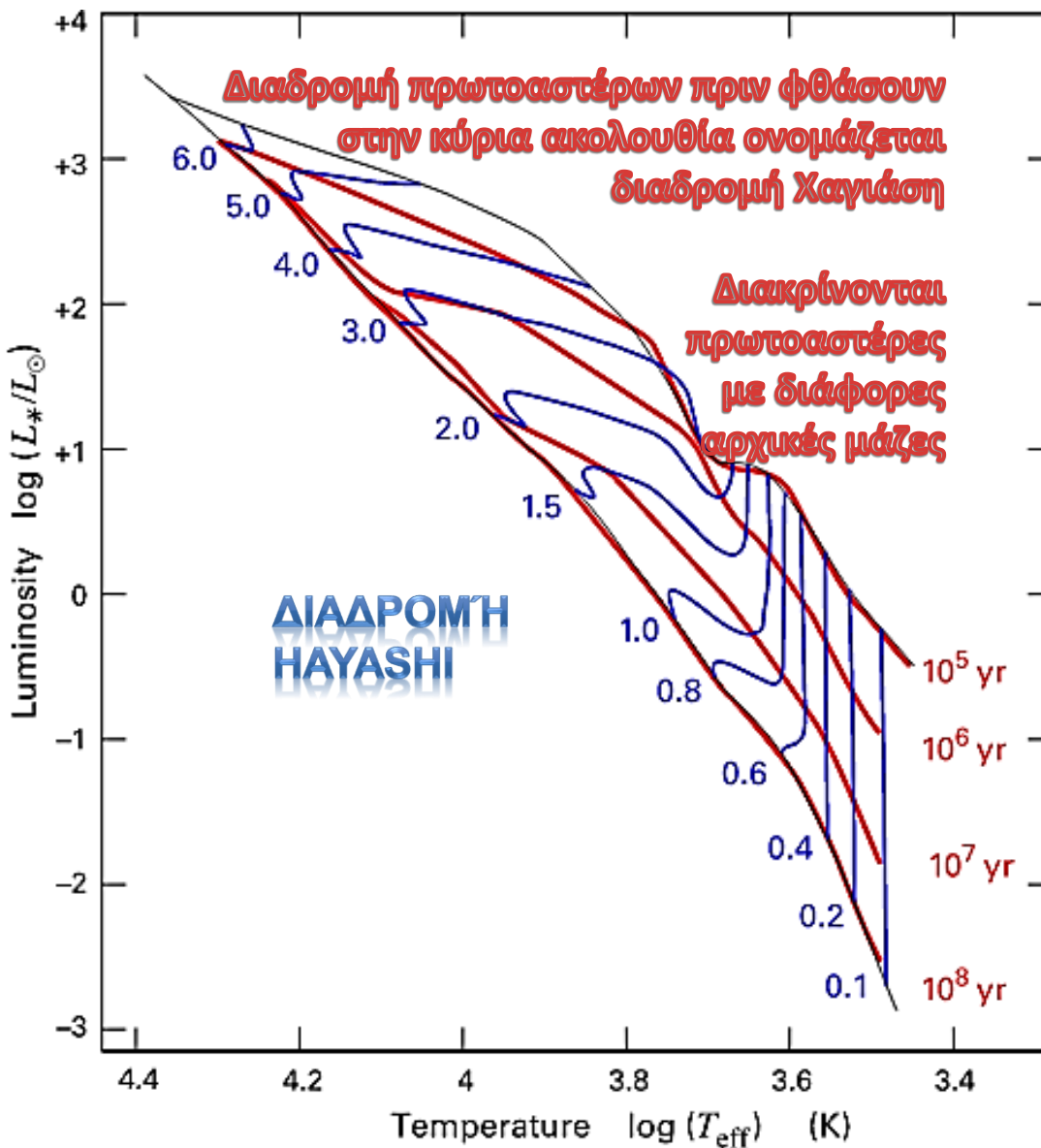


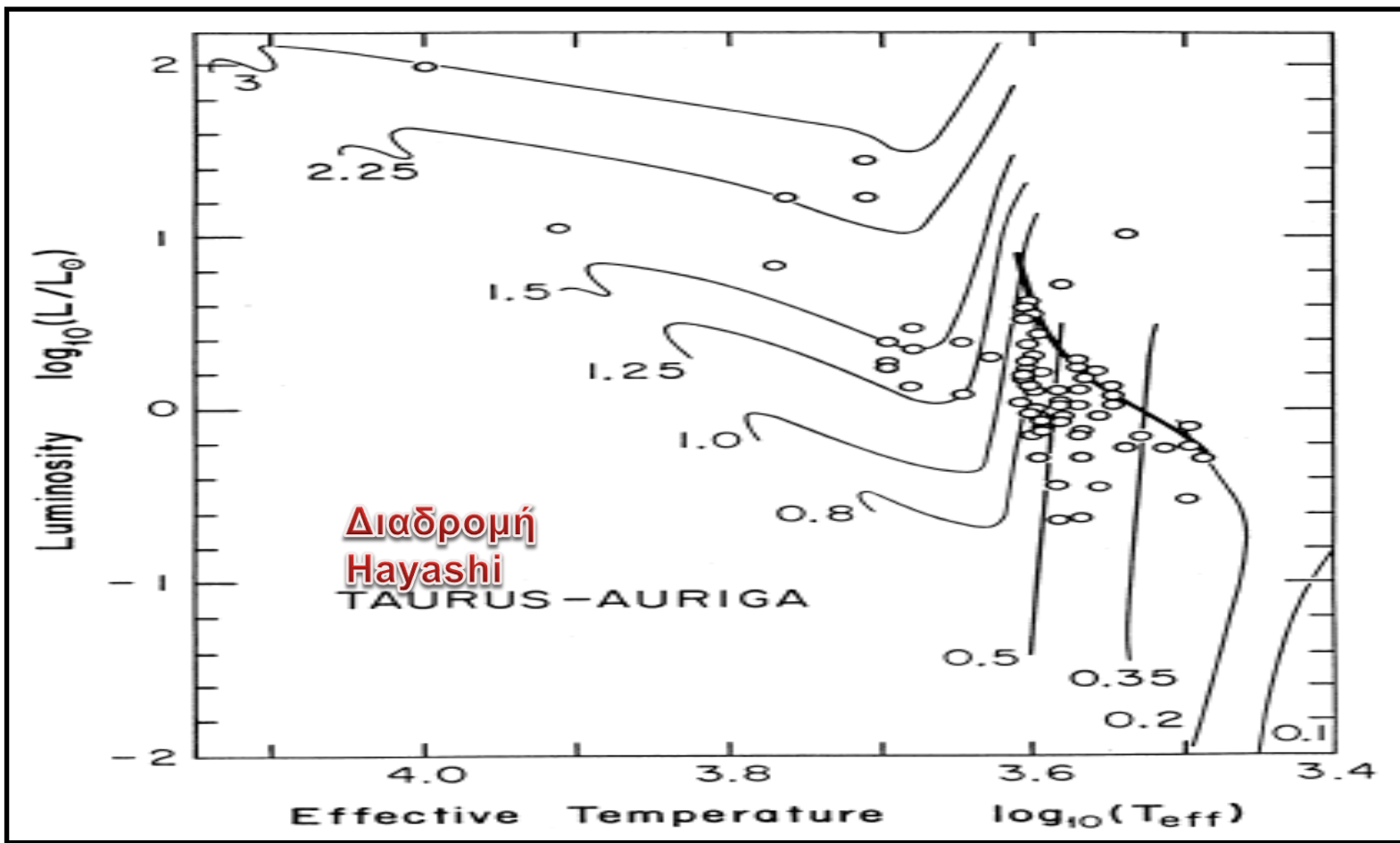
Εξελικτική πορεία πρωτοαστέρων πριν την κύρια ακολουθία.

Διαδρομή Χαγιάση

Εικόνα από Patrick87 [Public domain], via Wikimedia Commons

Pre-main-sequence (PMS) evolutionary tracks. These tracks show the relationship between luminosity and temperature holding for [pre-main-sequence stars](#) of different masses. Each PMS track (blue lines) is labeled by the stellar mass in units of M_{\odot} (the mass of the sun). The red curves intersecting the tracks are isochrones which give the age of an evolving star at the intersection and are labeled in years. As an example, stars 10^6 years old lie along the curve labeled 10^6 . The PMS tracks start at the stars birth depicted by the isochrone (which is the upper black line near the 10^5 yr isochrone) and end when the star is entering the [zero age main sequence \(ZAMS\)](#) (which is the lower black line near the 10^8 yr isochrone). The nearly vertical parts of the tracks which exist for stars weighing up to three solar masses are called [Hayashi tracks](#), whereas the horizontal parts connecting [Hayashi](#) tracks and the ZAMS are called Heney tracks





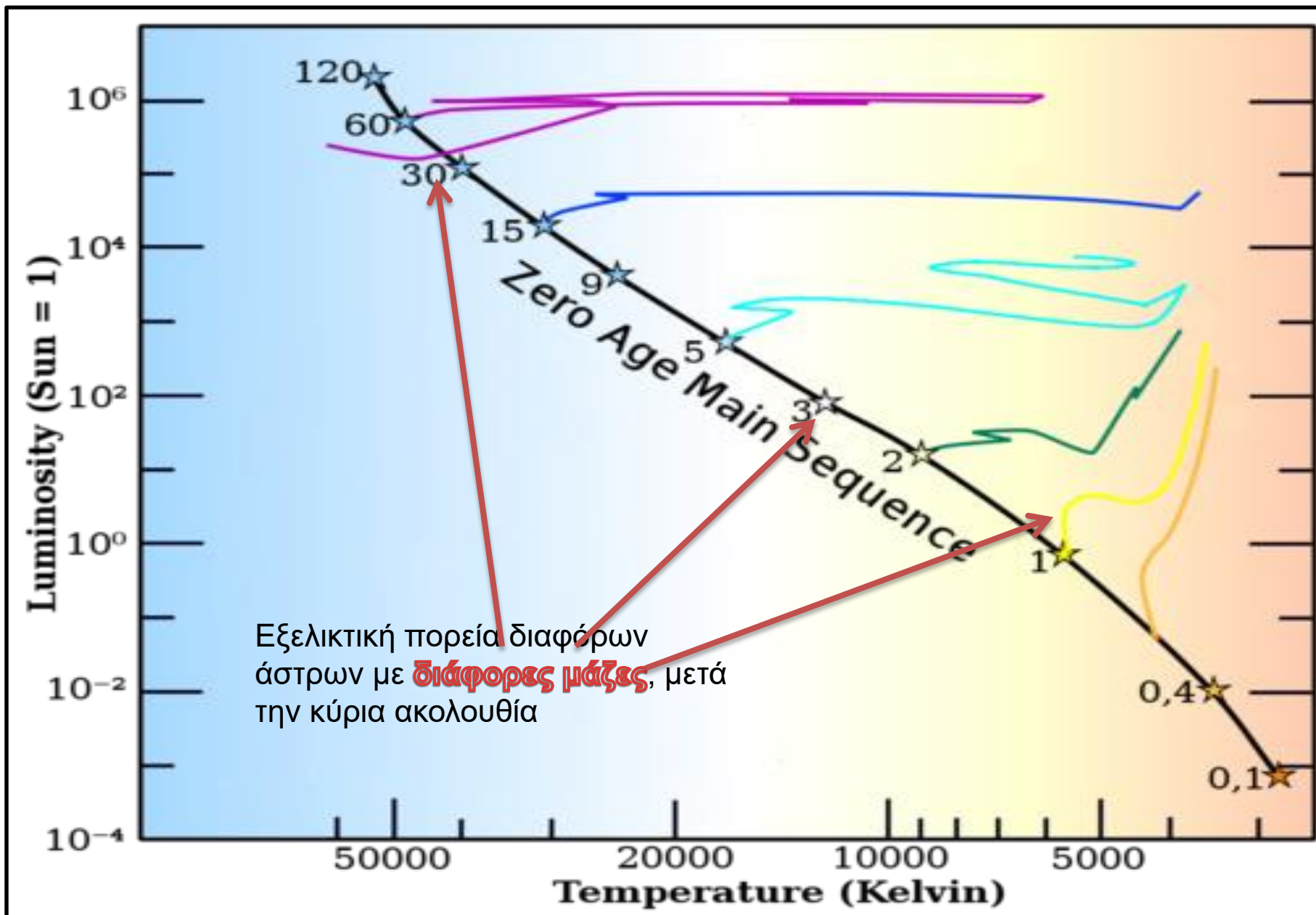
Σχήμα του κ. Steven Stahler [Public domain], via Wikimedia Commons

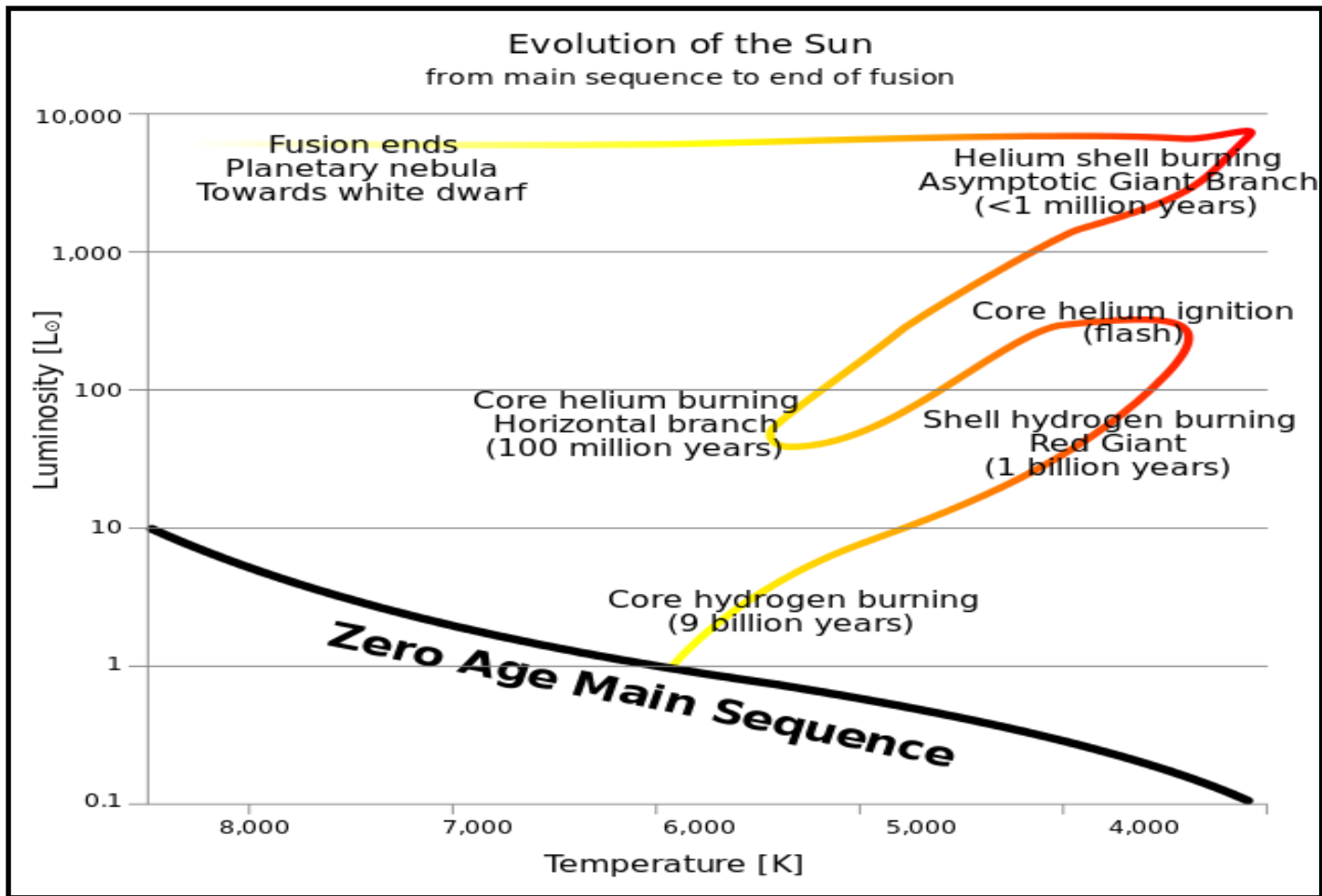
The numbered curves show the Hayashi tracks of stars of that mass (in solar masses). The small circles represent observational data of T Tauri stars. The bold curve to the right is the birthline, above which few stars exist. December 1988

Source Understanding young stars: A History (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1988PASP..100.1474S>)

Author Steven Stahler







Εξέλιξη ενός άστρου με μάζα ίση με του Ηλίου, έργο του κ. Szczureq

"Evolution of a Sun-like star" by Szczureq - Own work. Licensed under CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_of_a_Sun-like_star.svg#/media/File:Evolution_of_a_Sun-like_star.svg

Πολύ σημαντικό

Προσομοιώσεις εξέλιξης άστρων

- <http://abyss.uoregon.edu/~js/ast122/lectures/lec15.html>
- <http://1.1.1.3/bmi/abyss.uoregon.edu/~js/images/hrevolv.gif>
- <http://w.astro.berkeley.edu/~dperley/univage/univage.html>
- http://1.1.1.4/bmi/w.astro.berkeley.edu/~dperley/univage/clusterh_ranim.gif
- <http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/lectures/whitedwrf.htm>
- <http://1.1.1.4/bmi/ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/movies/suntrack3.gif>
- <http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/text/clusterages.htm>

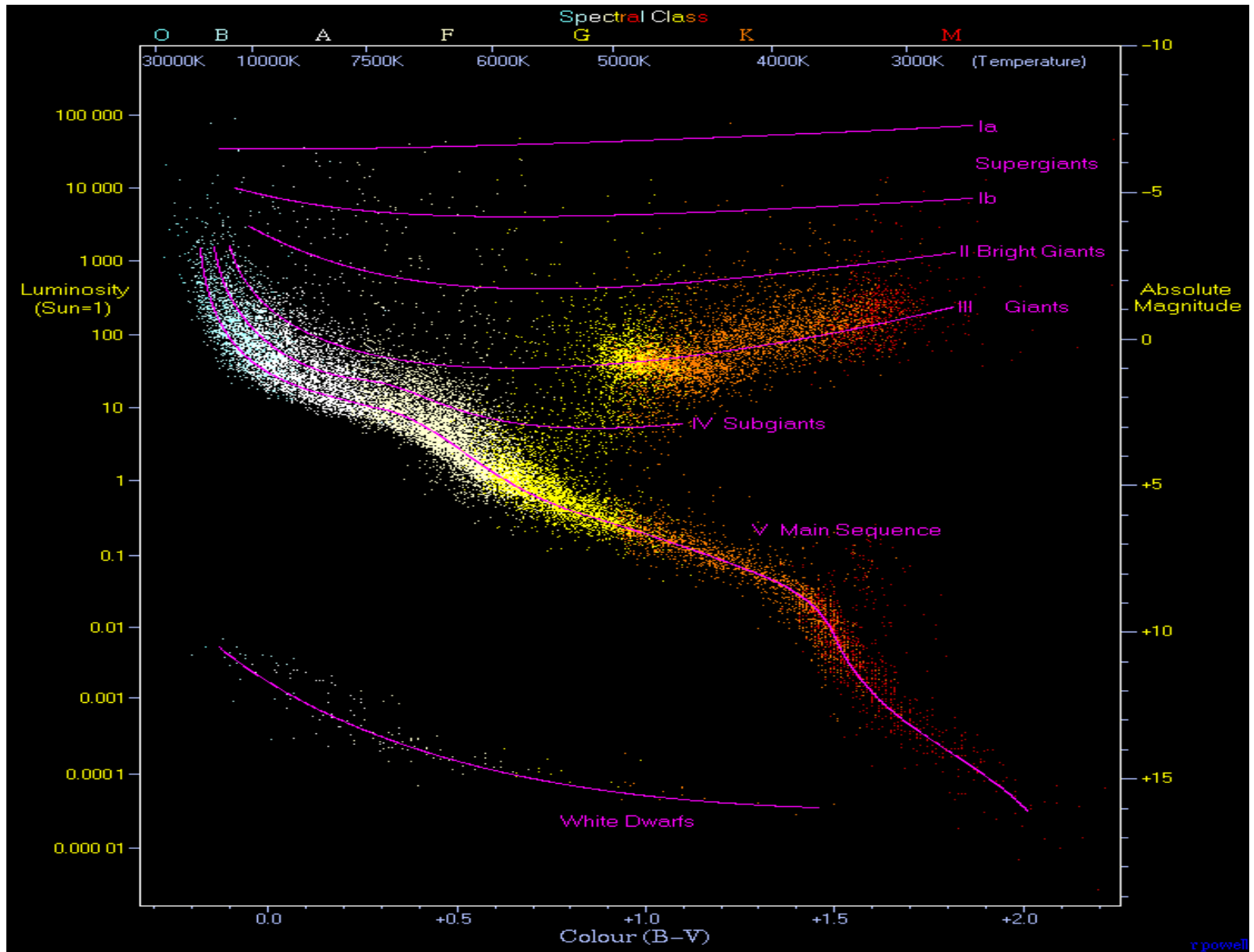


Πολύ σημαντικό

Προσομοιώσεις εξέλιξης άστρων

- <http://1.1.1.2/bmi/ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/movies/clusevolv.gif>
- <http://astro.if.ufrgs.br/evol/evolve/hansen/StellarEvolnDemo/m5z02evoln.html>
- http://astro.if.ufrgs.br/evol/evolve/hansen/StellarEvolnDemo/m5z02/CHeB_He+HRDvmovie.gif
- <http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci/lectures/whitedwarf.htm>
- <http://garage.physics.iastate.edu/astro150/images/isoanim.gif>
- <http://leo.astronomy.cz/sclock/sclock.html>
- http://ecampus.matc.edu/mihalj/astronomy/test5/high_mass_stars.htm





r.powell



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ξενοφών Δ. Μουσάς 2015. «Εισαγωγή στην Αστροφυσική. Φυσική των Αστέρων». Έκδοση :1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση : <http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS1/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

