



# Παρατηρησιακή Αστρονομία

Ενότητα 6: Ταξινόμηση αστρικών φασμάτων  
Διάγραμμα H-R

Ιωάννης Χ. Σειραδάκης  
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

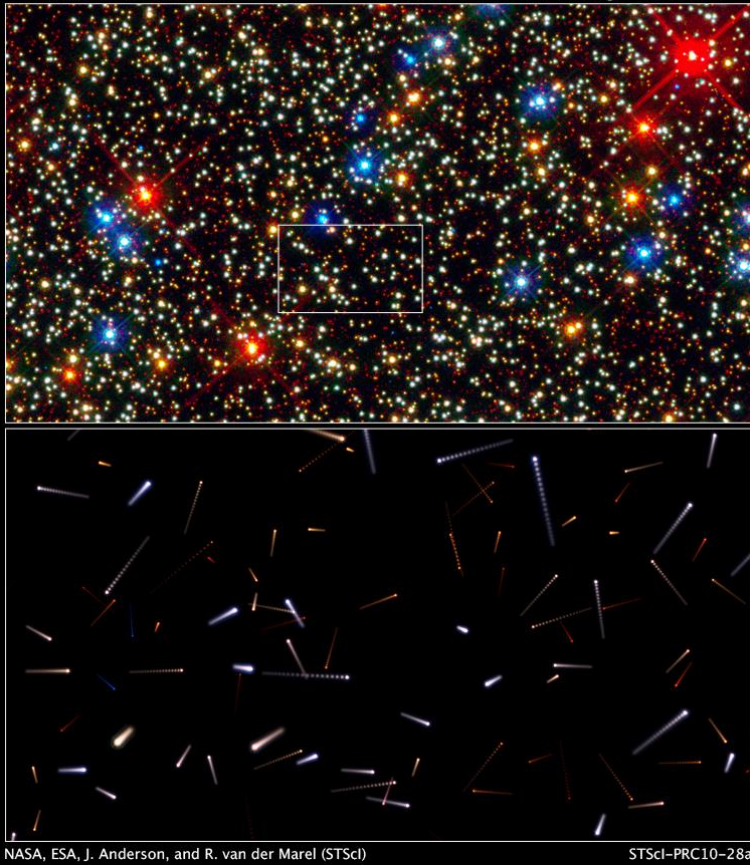
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού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



# Ταξινόμηση αστρικών φασμάτων

## Διάγραμμα Η-Ρ

Visualization of Motion of Stars in Globular Cluster Omega Centauri



Παρατηρησιακή Αστρονομία  
Γιάννης Σειραδάκης

Το σφαιρωτό σμήνος Omega Centauri ( $\omega$  Cen) (επάνω) φωτογραφημένο από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Χάρη στην εκπληκτική διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου οι ίδιες κινήσεις των αστέρων μπόρεσαν να μετρηθούν και οι κατευθύνσεις τους να απεικονιστούν (κάτω).

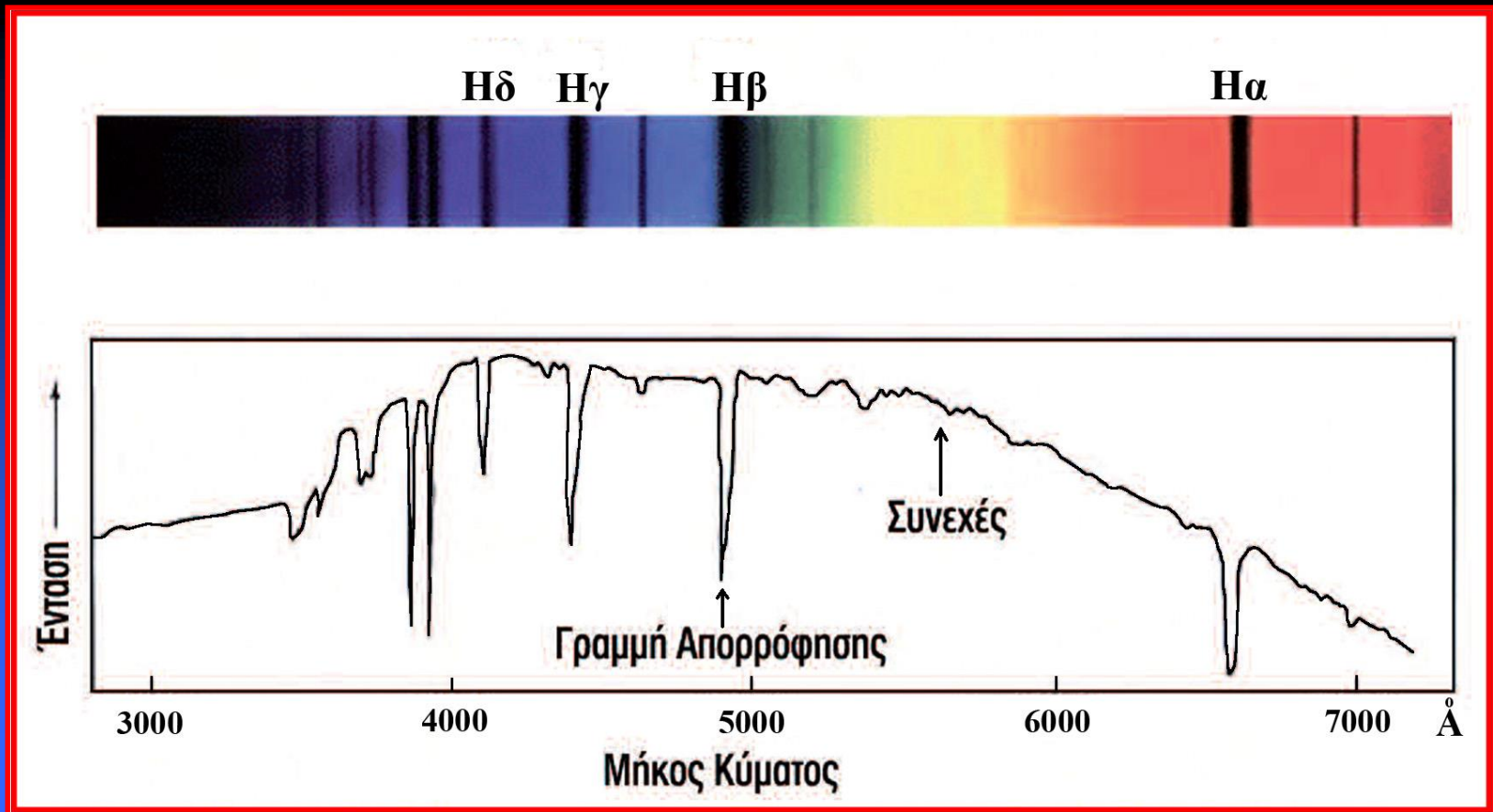
# Το Διάγραμμα H-R

Το Διάγραμμα H-R μας βοηθά να μελετήσουμε τις βασικές ιδιότητες και την εξέλιξη των αστέρων.

Με το διάγραμμα σχεδιάζουμε δύο παρατηρήσιμες ποσότητες των αστέρων:

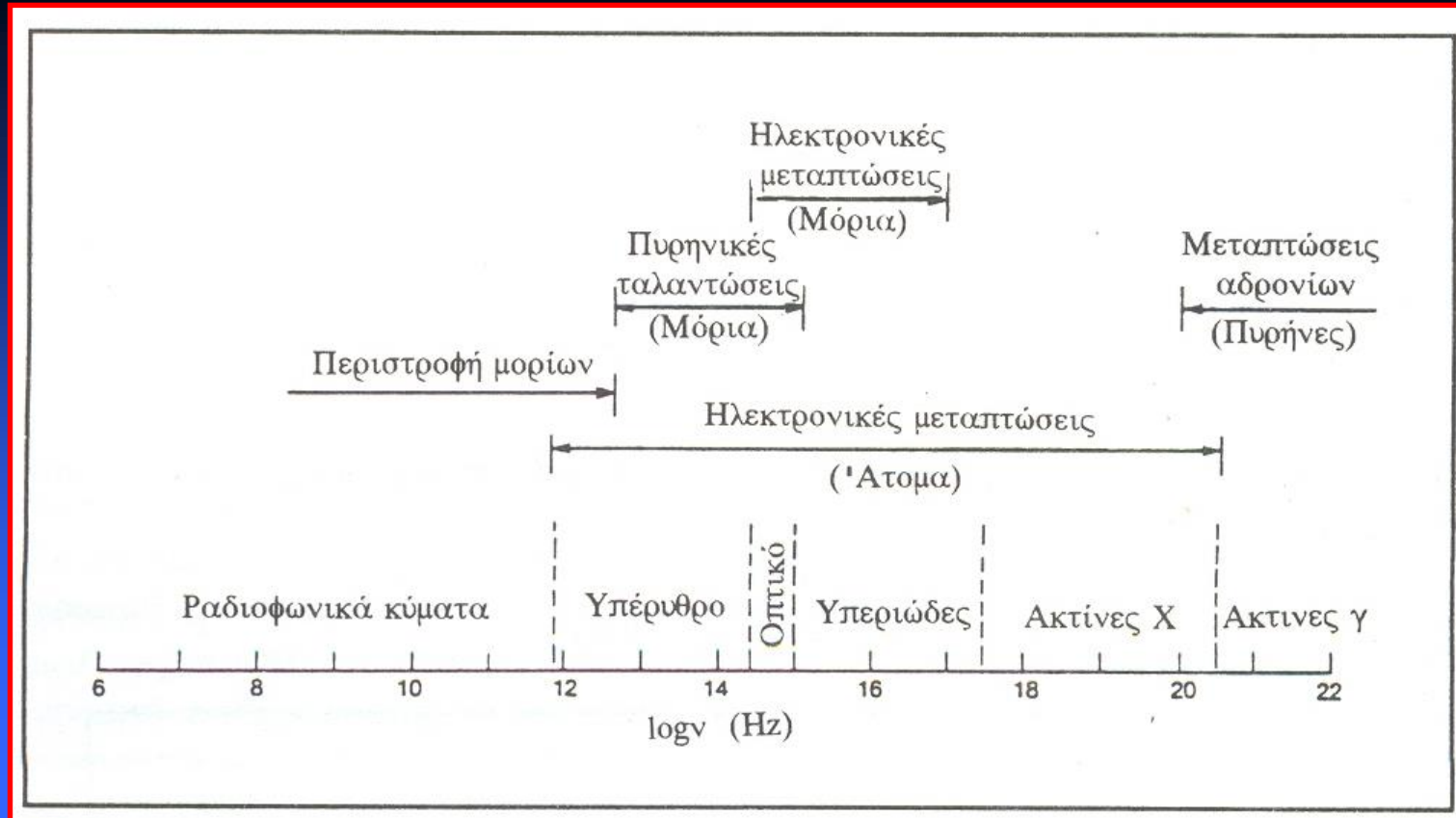
Το **απόλυτο μέγεθός** τους και  
το **φασματικό τύπος** τους

# Φάσματα απορρόφησης



Τα φάσματα των αστέρων είναι συνήθως φάσματα απορρόφησης που αποτελούνται από ένα φωτεινό υπόβαθρο (συνεχές φάσμα) που διακόπτεται από σκοτεινές γραμμές (γραμμές απορρόφησης) σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Πηγή: Αυγολούπη Σ.Ι., Σειραδάκη Ι.Χ., Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.

# Δημιουργία φασματικών γραμμών από ενεργειακές μεταπτώσεις



Δημιουργία φασματικών γραμμών από ενεργειακές μεταπτώσεις. Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης Ι.Χ., Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994.

# Δημιουργία φασματικών γραμμών υδρογόνου

$$E = -\frac{1}{n^2} \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2}$$

Όπου  $n$ : ο πρώτος κβαντικός αριθμός, | 1, 2, 3, ..

Μετάπτωση μεταξύ δύο ενεργειακών σταθμών

$$\Delta E = (E_2 - E_1) = -\frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2} \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται σε συχνότητα:

$$\nu = \left| \frac{\Delta E}{h} \right|$$

ή μήκος κύματος:

$$\frac{1}{\lambda} = R \times \left| \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$$

όπου

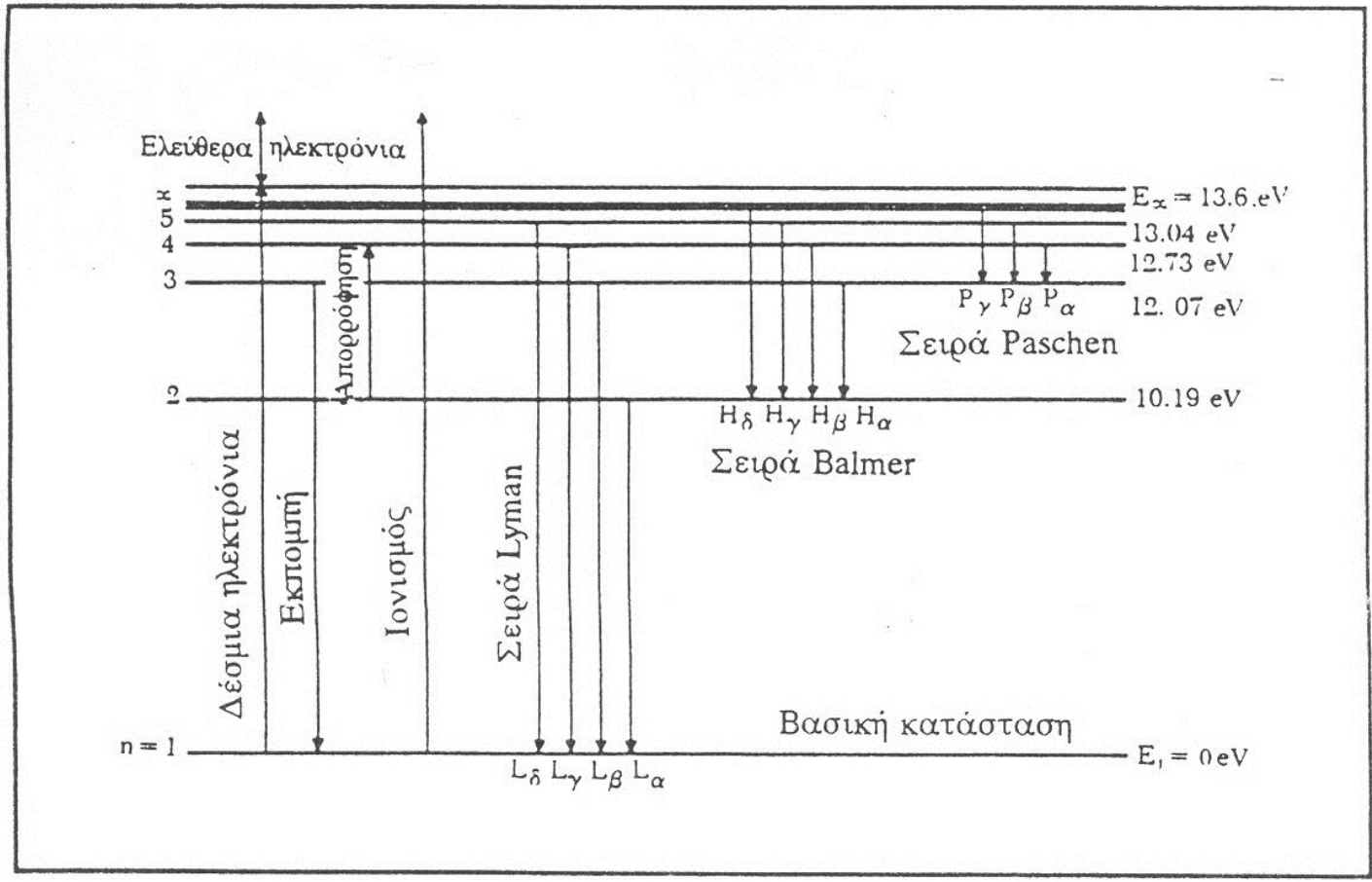
$$R = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^3 c}$$

η σταθερά του Rydberg



# Δημιουργία φασματικών γραμμών υδρογόνου

## Σειρά Balmer



$$\lambda(\text{H}_\alpha): 6563 \text{ \AA}$$

$$\lambda(\text{H}_\beta): 4861 \text{ \AA}$$

$$\lambda(\text{H}_\gamma): 4340 \text{ \AA}$$

$$\lambda(\text{H}_\delta): 4101 \text{ \AA}$$

$$\lambda(\text{H}_\epsilon): 3970 \text{ \AA}$$

$$\lambda(\text{H}_\infty): 3646 \text{ \AA}$$

(Ασυνέχεια Balmer)

Δημιουργία φασματικών γραμμών υδρογόνου Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης, Ι.Χ. Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994

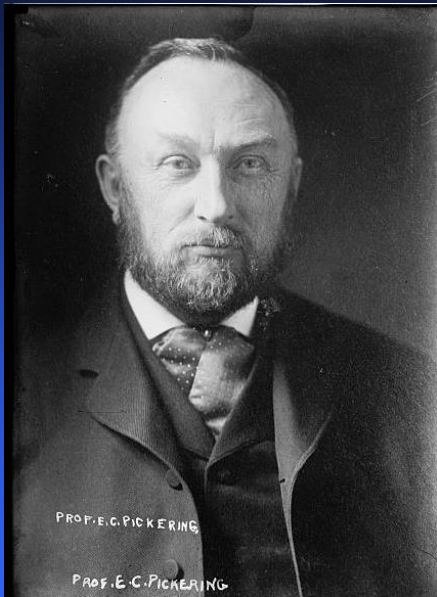
# Φασματική ταξινόμηση αστέρων

- **1890: Ανάπτυξη φωτογραφίας**
- **Harvard: Καταγραφή χιλιάδων φασμάτων αστέρων**
- **Κυρίως φάσματα απορρόφησης**
- **Ιδιαίτερα ευκρινείς οι γραμμές Balmer του H**
- **Αλφαβητική ταξινόμηση έντασης γραμμής H $\alpha$  (A, B, C, ..., O)**
- **Σημαντική συμβολή: E.C. Pickering & A.J. Cannon**

# Edward Charles Pickering

και

# Annie Jump Cannon



Edward Charles Pickering. Πηγή:  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward  
\\_Charles\\_Pickering\\_06050r.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_Charles_Pickering_06050r.jpg)



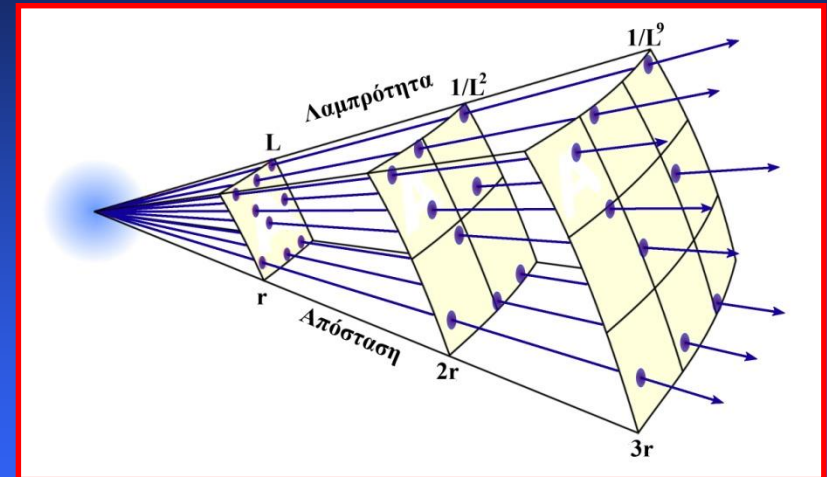
Annie Jump Cannon. Πηγή:  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:  
Annie\\_Jump\\_Cannon\\_1922\\_Portrait.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Annie_Jump_Cannon_1922_Portrait.jpg)

**Ταξινόμηση 300 000 φασμάτων αστέρων!!!**

**Έργο ζωής...**

# Το διάγραμμα Η - R

- Φασματική ταξινόμηση  $\equiv$   
Ταξινόμηση θερμοκρασιών ?
- Σχέση Έντασης γραμμής Η $\alpha$  -  
Φωτεινότητα
- Σχέση Φωτεινότητας –  
Θερμοκρασίας:  
 $[L = 4\pi R^2 \sigma T^4]$
- Σχέση Λαμπρότητας – Απόστασης  
 $I = L/4\pi r^2$



Σχέση λαμπρότητας και απόστασης.

Άρα 'Έντασης γραμμής Η $\alpha$ '  $\sim$  'Θερμοκρασίας' ???

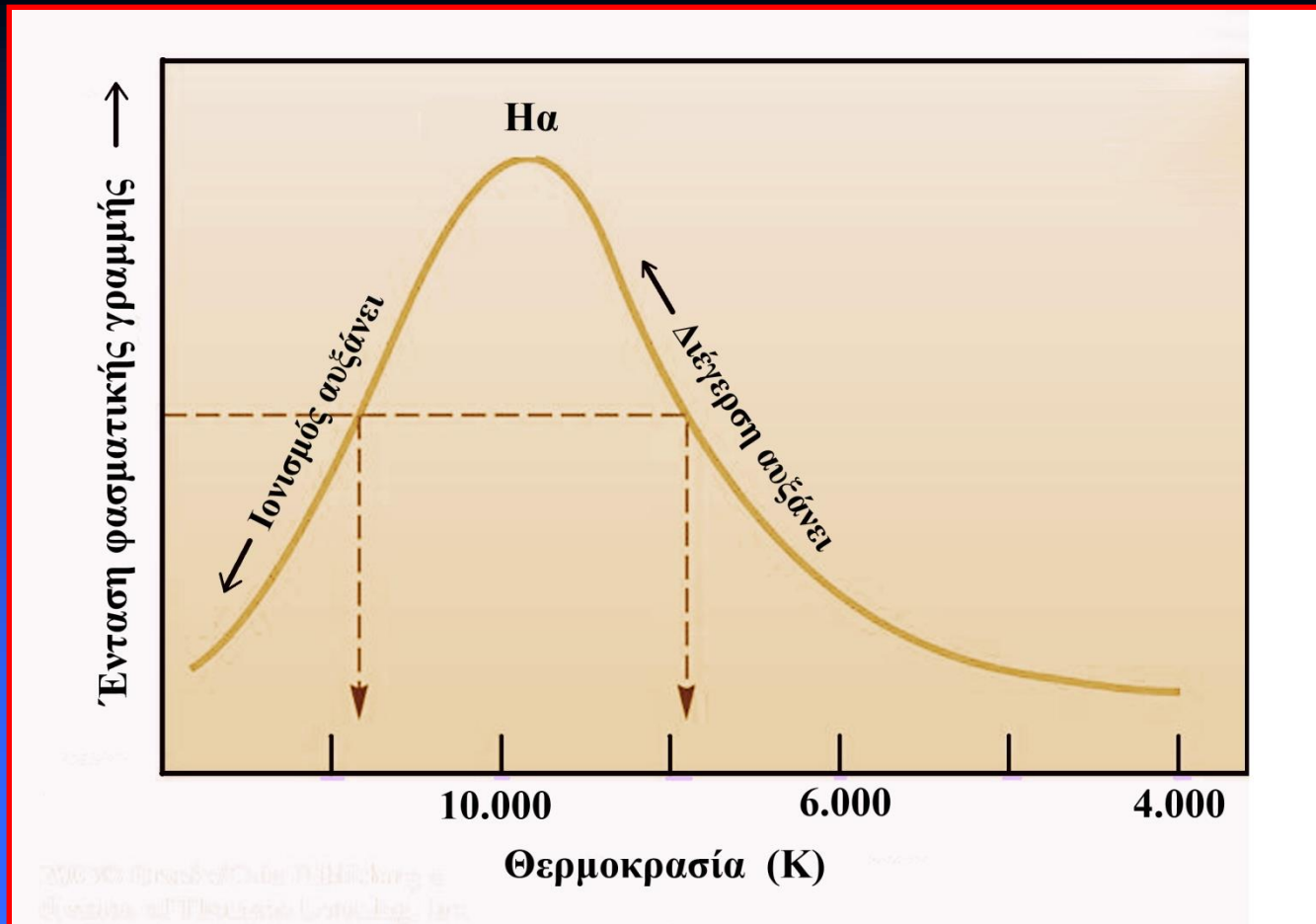
# Το διάγραμμα H - R

Λάθος!!!

Η ένταση των γραμμών δεν εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία...

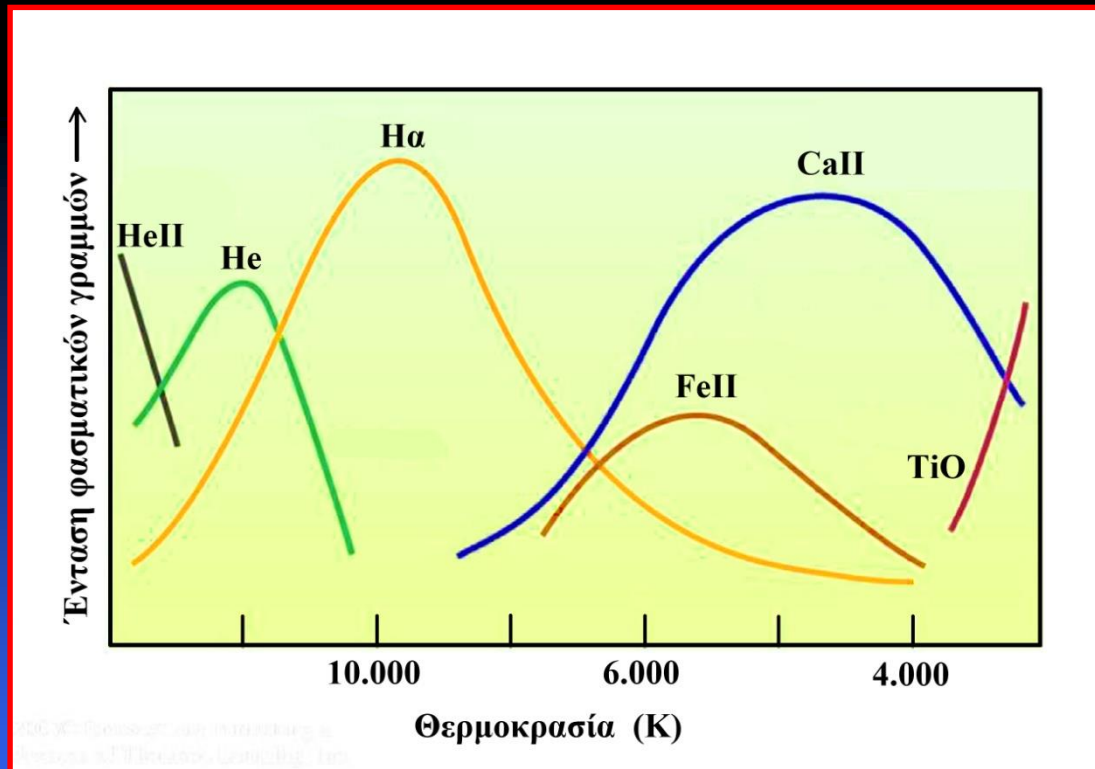
Εξαρτάται και από την **κατάσταση διέγερσης**  
και από την **κατάσταση ιονισμού**

# Το διάγραμμα H - R



Διάγραμμα της έντασης των φασματικών γραμμών της οικογένειας Balmer του υδρογόνου ως προς τη θερμοκρασία.

# Το διάγραμμα Η - R



Διάγραμμα της έντασης των φασματικών γραμμών των διαφόρων χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα των αστέρων ως προς τη θερμοκρασία.

- Η ένταση των φασματικών γραμμών των διαφόρων χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα των αστέρων εξαρτάται από την αφθονία των στοιχείων και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας

# Το διάγραμμα H - R

- **Φασματική ταξινόμηση (OBAFGKM)**
  - **Αστέρες τύπου O & B**
    - ✓ πολύ υψηλή επιφανειακή θερμοκρασία ( $> 10,000$  K)
    - ✓ ιδιαίτερα φωτεινά στο υπεριώδες (UV)
    - ✓ Τα φάσματά τους περιέχουν ισχυρές γραμμές ιονισμένου και ουδέτερου He.
  - **Αστέρες τύπου A & F**
    - ✓ ψυχρότερη επιφάνεια ( $6,000 - 10,000$  K), μέγιστη ένταση στο κυανό.
    - ✓ ισχυρές γραμμές Balmer και αμυδρές γραμμές Ca.
  - **Αστέρες τύπου G & K**
    - ✓ Αρκετά χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία ( $3,500 - 6,000$  K)
    - ✓ αμυδρές γραμμές Balmer και ισχυρές γραμμές ιονισμένου Ca.
  - **Αστέρες τύπου M**
    - ✓ πολύ ψυχρή επιφάνεια ( $< 3,500$  K), μέγιστη ένταση στο ερυθρό
    - ✓ Ισχυρές γραμμές TiO.
- **Υποδιαίρεση φασματικών τύπων από 0 έως 9: (0, 1, ..., 9)**



# Φασματική ταξινόμηση αστέρων

Πίνακας με τη φασματική ταξινόμηση των αστέρων

Φασμ. Τύπος	Χαρακτηριστικές Γραμμές Απορρόφησης	Χρώμα	B-V	M <sub>V</sub>	Επιφαν. Θερμοκρασία (K)	% Αστέρων στο Γαλαξία Φαν. Πραγ.	Παραδείγματα
Wolf-Rayet W	(e) HeII, CII, NIII, NIV, OIII, OIV	Κυανό			50.000		HD191765 HD192103 HD192641 WR104
O (O5)	HI, HeI, HeII, OIII, NIII, CIII, SiIV	Κυανό-λευκό	-0.45	-6	35.000		δ Ori ζ Ori ζ Pup
B	HI, HeI, CII, OII, NII, FeIII, MgIII	Κυανό-λευκό	-0.20	-3.7	21.000	2.5 0.03	Rigel Στάχης Βασίλεισκος Algol
A	HI, SiII, MgII, CaII	Λευκό	0.0	+0.7	10.000	26.7 0.6	Σείριος Βέγας Κάστορας Deneb
F	HI, CaII, TiII, FeII, CrII, FeI	Κιτρινό-λευκό	+0.40	+2.8	7200	11.0 0.2	Προκύων α Car Πολικός α Per
G	CaI, CaII, FeI, FeII, μοριακές ταινίες	Κίτρινο	+0.60	4.6	6000	16.7 9.3	Ήλιος Αίγα α Cen η Cas

K	CaII, HI, μοριακές ταινίες	Πορτοκαλί	+1.0	+5.2	4700	35.4 39.1	Αρκτούρος Λαμπαδίας Πολυδεύκης α UMa
M	Μοριακές Ταινίες TiO και CaI	Κόκκινο	+1.5	+8.9	3300	7.6 50.0	Αντάρης Betelgeuse Θαυμάσιος UV Cet
C (R, N)	Ταινίες ενόσεων του C	Κόκκινο			3500		S Cam R Lep
S	Μοριακές Ταινίες των ZrO, LaO	Κόκκινο			3000		χ Cyg

**Χαρακτηριστικές ιδιότητες των φασματικών τύπων αστέρων**

# Η ταξινόμηση κατά Harvard



# Χαρακτηρισμός ειδικών κατηγοριών

- m (metallic): ισχυρές γραμμές βαρέων στοι-χείων,
- e (emission): έντονες γραμμές εκπομπής.
- v (variable): μεταβολές στην ένταση των φασματικών γραμμών
- n (nebulous): διάχυτες πλατιές γραμμές
- nn: πολύ διάχυτες γραμμές
- s (sharp): σαφείς γραμμές
- K (γραμμή K ιονισμένου Ca): έντονες γραμμές H και K του CaII
- p ή pec (peculiar): ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πρέπει να περιγραφούν αναλυτικά.

# Το διάγραμμα Η - R

## Ακρωνύμια διαγράμματος Η-R

**Oh, Be A Fine Girl (Guy), Kiss Me! Right Now! Smack**

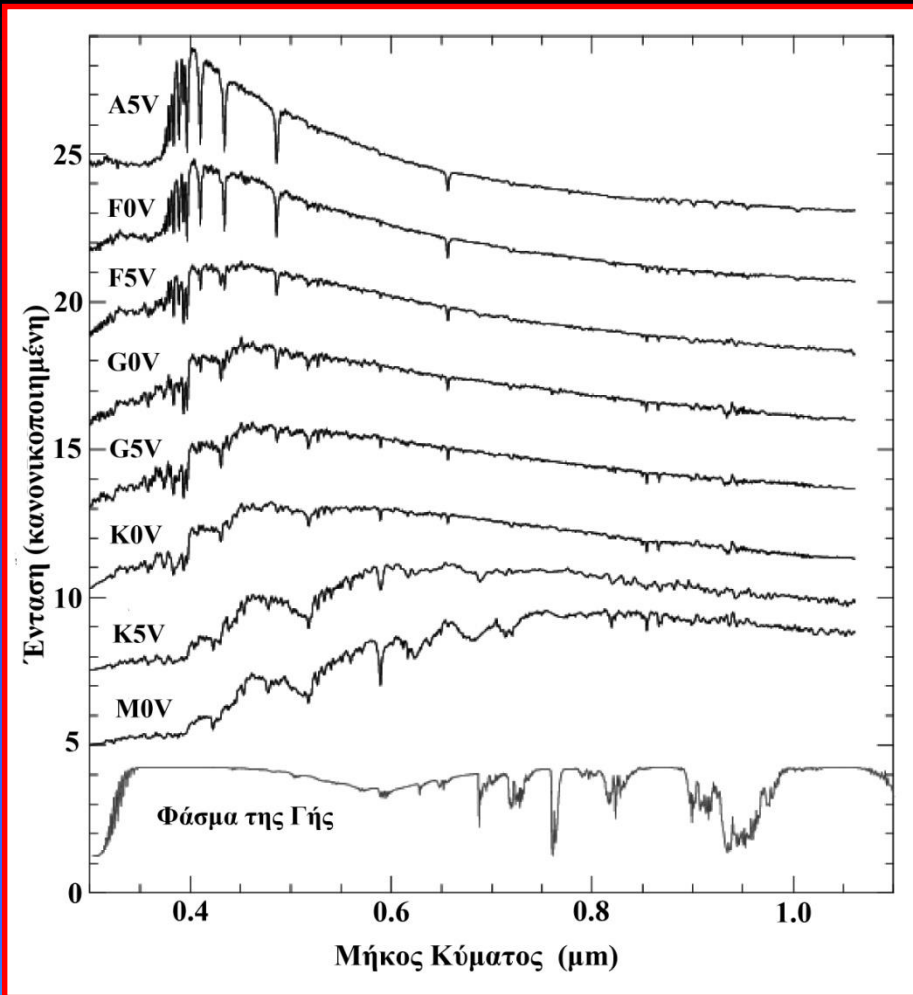
**Oh, Bring A Fully Grown Kangaroo. My Recipe Needs Some**

**Oven-Baked Ants, when Fried Gently and Kept Moist, Retain Natural Succulence**

**One Bug Ate Five Green Killer Moths**

**Only Boring Astronomers Forget Generally Known Mnemonics**

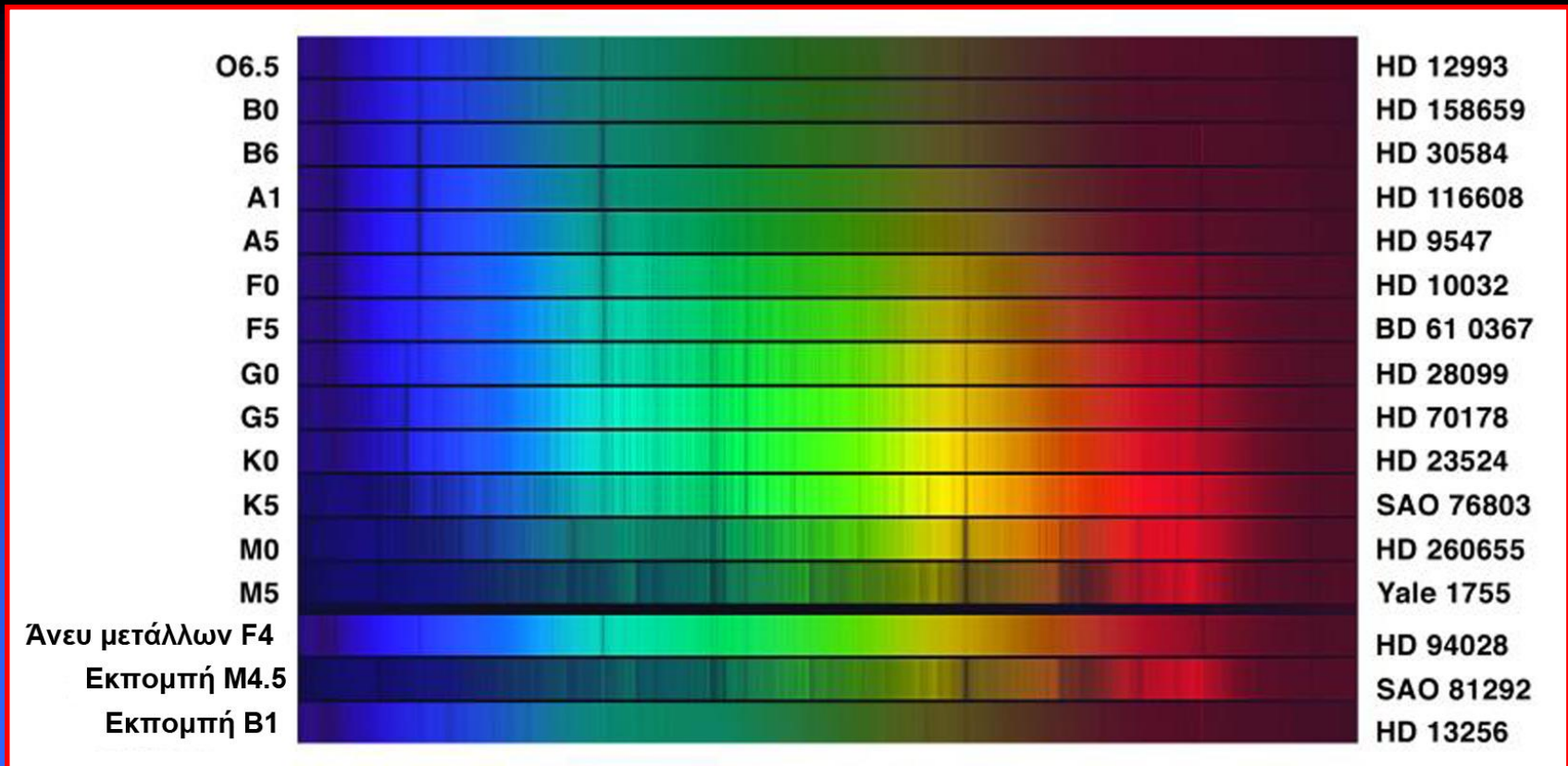
# Το διάγραμμα H - R



**Φάσματα Αστέρων  
διάφορων φασματικών τύπων**

Φάσματα αστέρων διάφορων φασματικών τύπων.

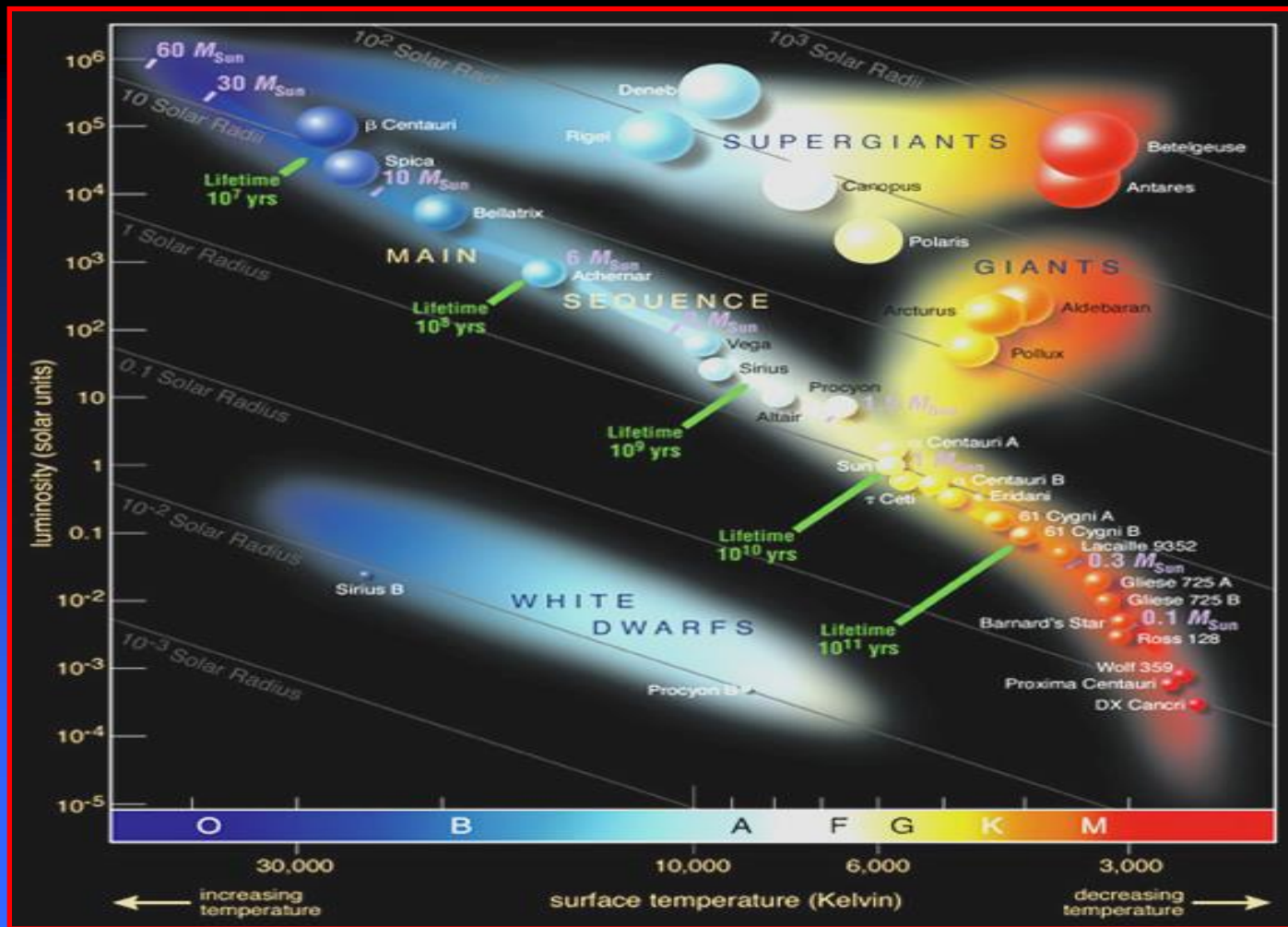
# Το διάγραμμα Η - R



Το διάγραμμα Herzprung – Russel. Πηγή:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Obafgkm\\_noao\\_big.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Obafgkm_noao_big.jpg)

# Το διάγραμμα Herzprung - Russel

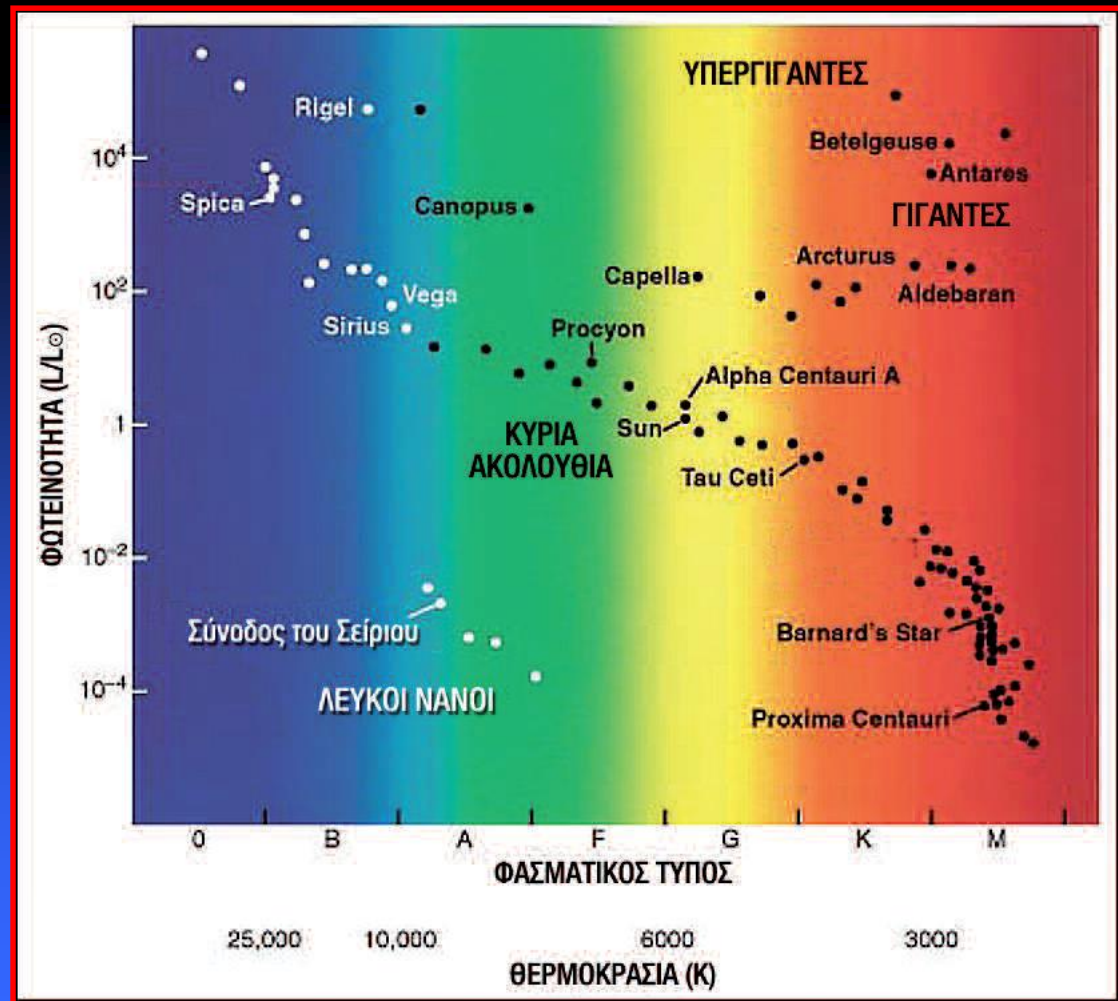


Το διάγραμμα Herzprung – Russel. Πηγή:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertzprung-Russel\\_StarData.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertzprung-Russel_StarData.png)

# Το διάγραμμα Herzprung - Russell

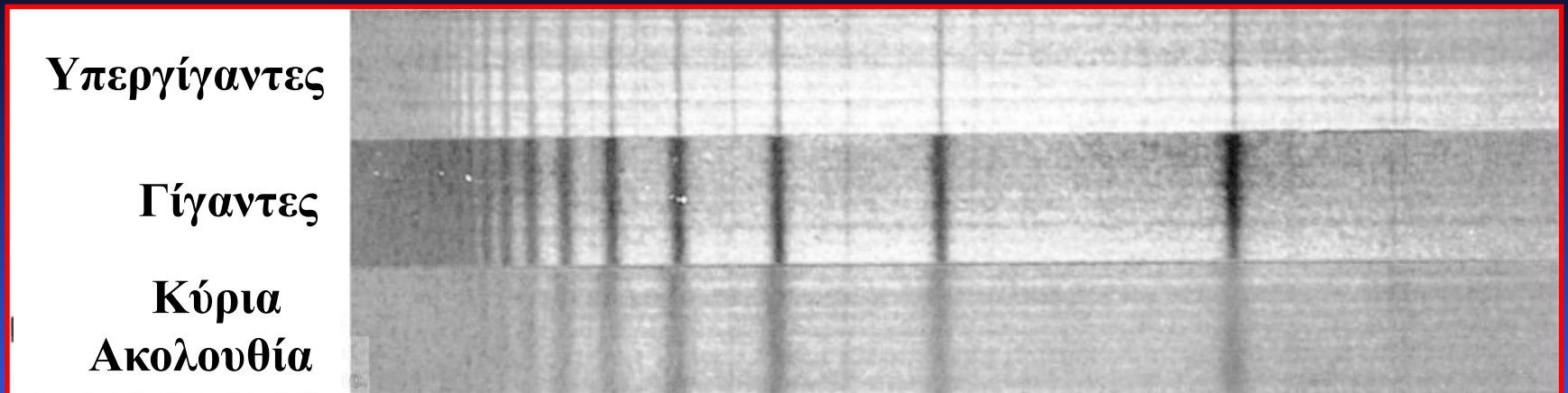
Η θέση μερικών  
πολύ γνωστών  
αστεριών στο  
διάγραμμα H-R



Η θέση μερικών πολύ γνωστών αστεριών στο διάγραμμα H-R. Πηγή: Αυγολούπη Σ.Ι., Σειραδάκη Ι.Χ., Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.



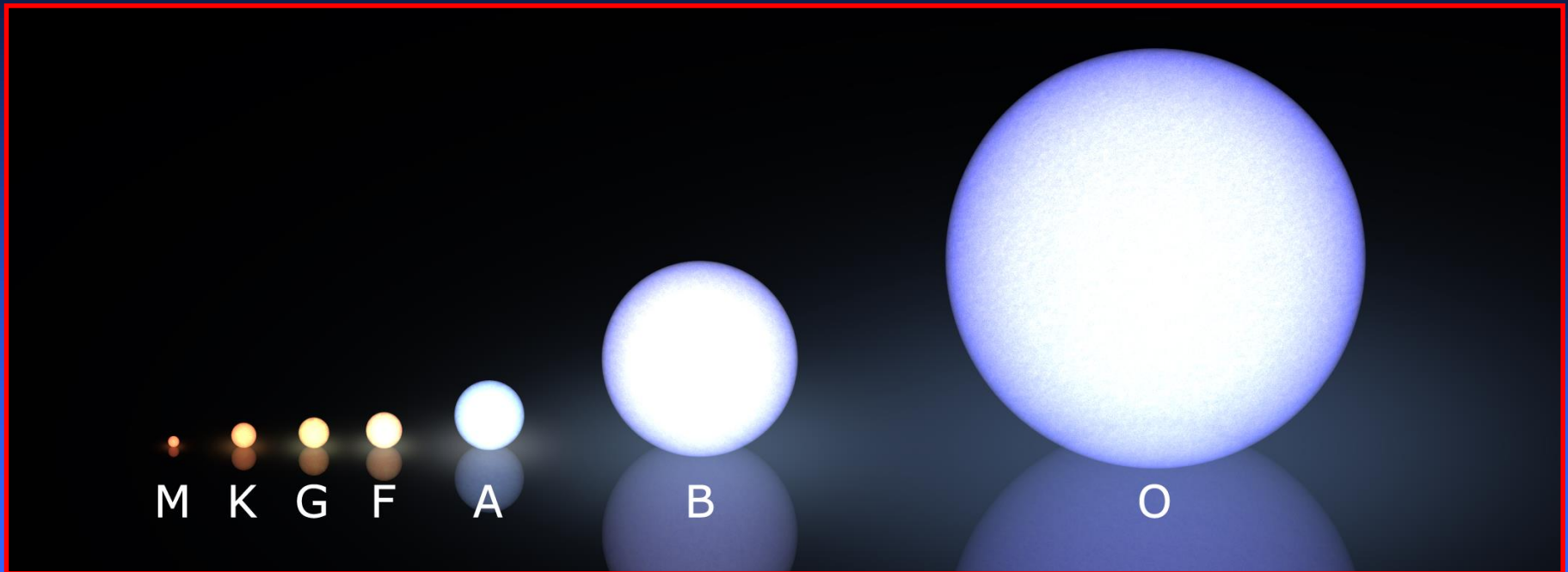
# Πλάτυνση φασματικών γραμμών



Πλάτυνση φασματικών γραμμών. Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης Ι.Χ., Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994

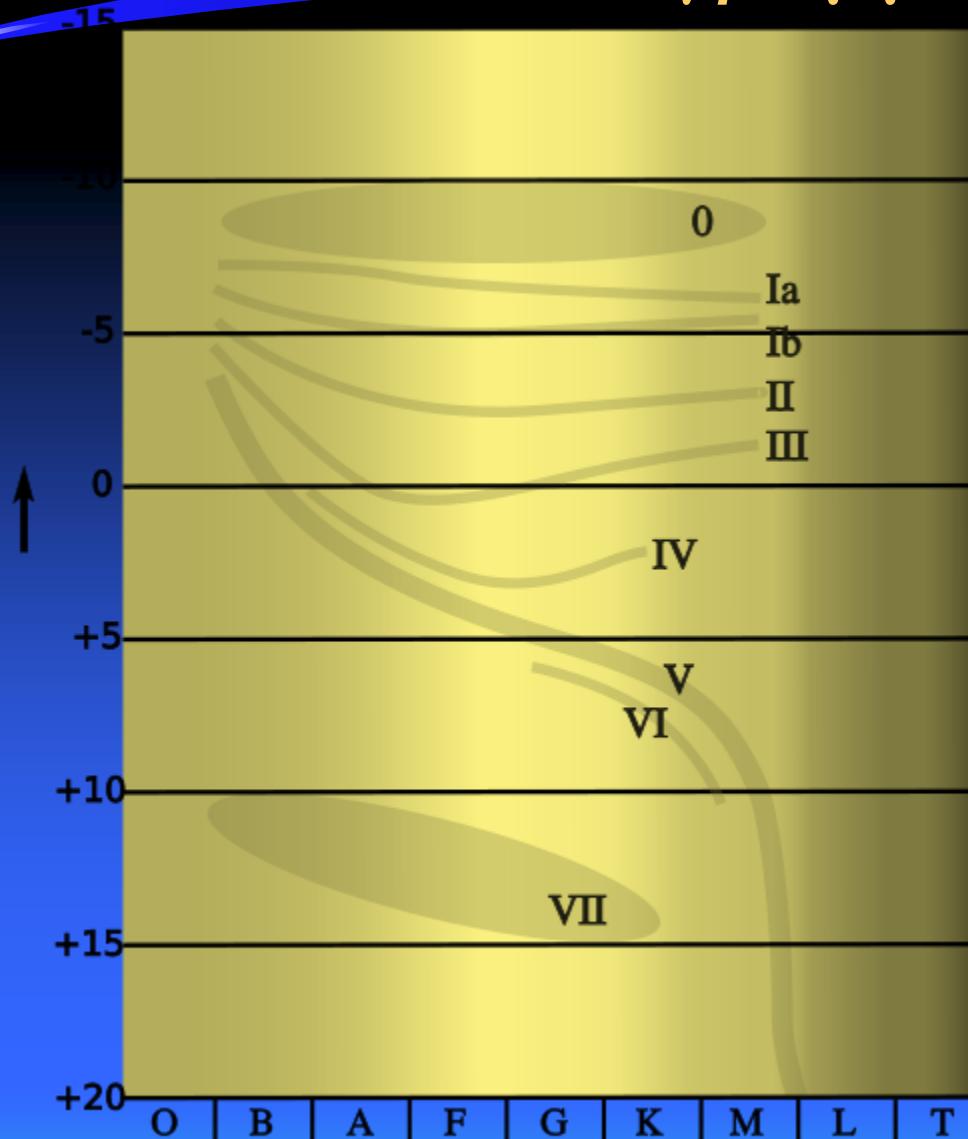
# Το διάγραμμα Η - R

## Φασματική ταξινόμηση κατά Yerkes



Φασματική ταξινόμηση κατά Yerkes. Τα χρώματα των αστέρων είναι εκείνα που γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι. Οι διαστάσεις αναφέρονται σε αστέρια της κύριας ακολουθίας. Πηγή: [http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Morgan-Keenan\\_spectral\\_classification.png?uselang=it](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Morgan-Keenan_spectral_classification.png?uselang=it)

# Το διάγραμμα Η - R



Φασματική  
ταξινόμηση  
κατά Yerkes

Το διάγραμμα Hertzsprung-Russell με φασματική ταξινόμηση των αστερών κατά Yerkes.

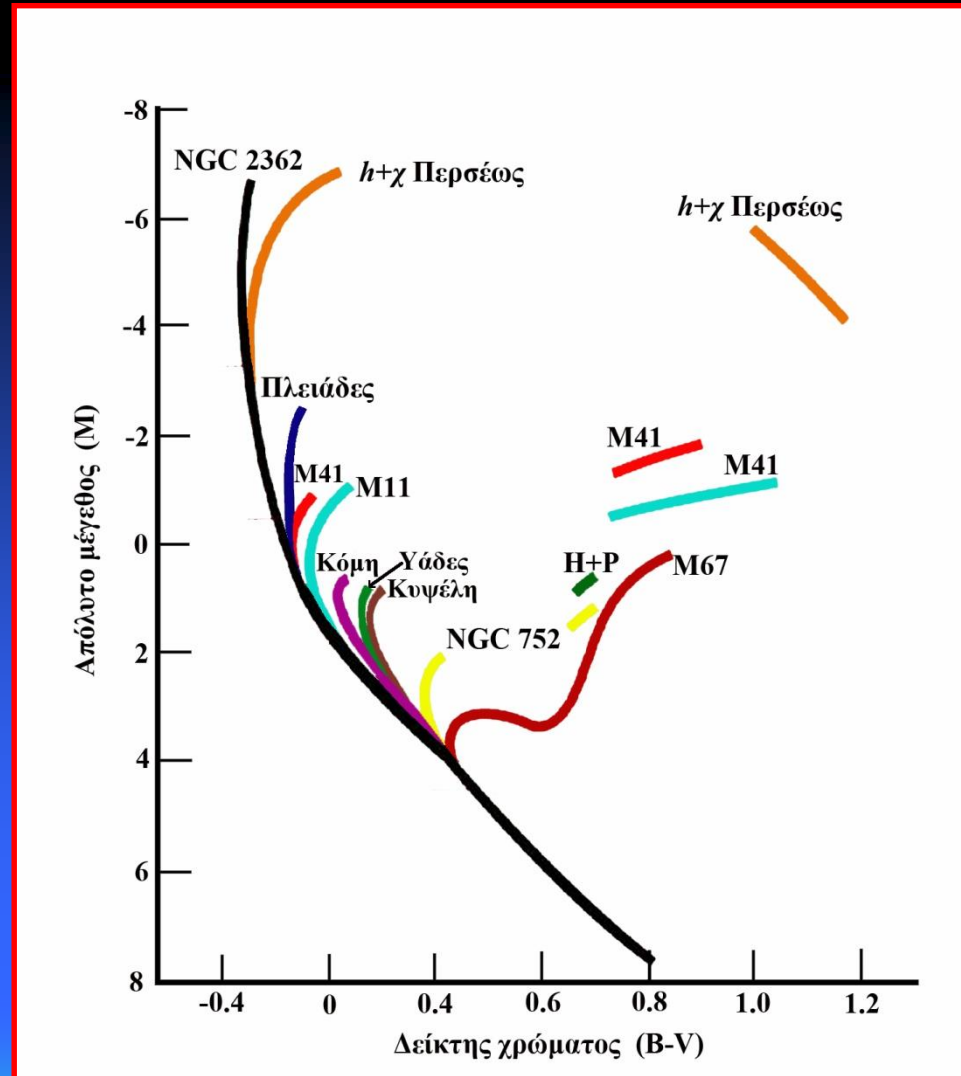
Πηγή: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HR-diag-no-text-2.svg>

# Το διάγραμμα H - R

## Φασματική ταξινόμηση κατά Yerkes

- ✓ Ia & Ib: Υπεργίγαντες
- ✓ II & III: Γίγαντες
- ✓ IV : Υπογίγαντες
- ✓ V : Αστέρρες Κύριας Ακολουθίας
- ✓ VI & VII : Νάνοι και Υπονάνοι

# Το διάγραμμα H - R



Σύνθετο διάγραμμα H-R διαφόρων αστρικών σημείων.

# Το διάγραμμα H - R

- Χαρακτηριστικά των διαφόρων περιοχών του Διαγράμματος H-R

- Κύρια Ακολουθία

- ✓ Σύντηξη υδρογόνου
- ✓ Υδροστατική ισορροπία
- ✓ 90% της ζωής τους οι αστέρες βρίσκονται στην Κύρια Ακολουθία
- ✓ Οι αστέρες μεγάλης μάζας έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής

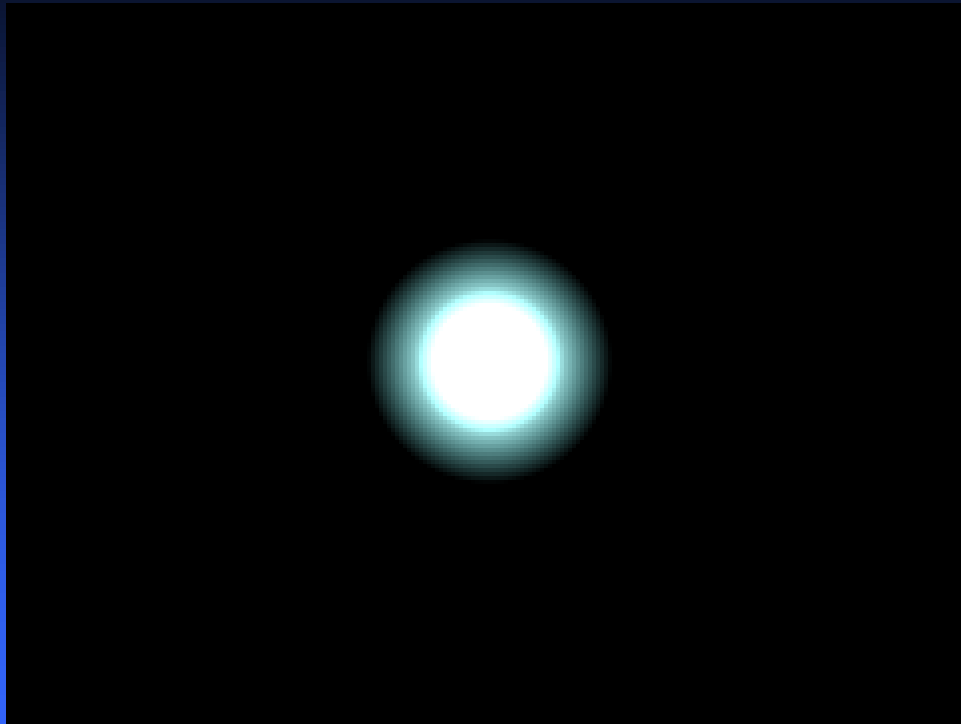
- Ερυθροί γίγαντες και υπεργίγαντες

- ✓ Σύντηξη He στον πυρήνα και H σε εξωτερικό κέλυφος
- ✓ Προσωρινή υδροστατική ισορροπία
- ✓ Ηυξημένη παραγωγή ενέργειας. Οι αστέρες διαστέλλονται
- ✓ Η θερμοκρασία ελαττώνεται, αλλά η φωτεινότητα αυξάνει
- ✓ 10% της ζωής τους οι αστέρες βρίσκονται στο στάδιο των γιγάντων
- ✓ Αστέρες μεγάλης μάζας, γίνονται μεταβλητοί γίγαντες αστέρες

- Λευκοί νάνοι

- ✓ Δεν λαμβάνει χώρα σύντηξη. Αστρικά πτώματα
- ✓ Ο αστέρας εκπέμπουν ακτινοβολία και ψύχονται
- ✓ Εξελίσσονται σε φαιούς νάνους και τελικά σε σκοτεινούς νάνους

# Το διάγραμμα H - R

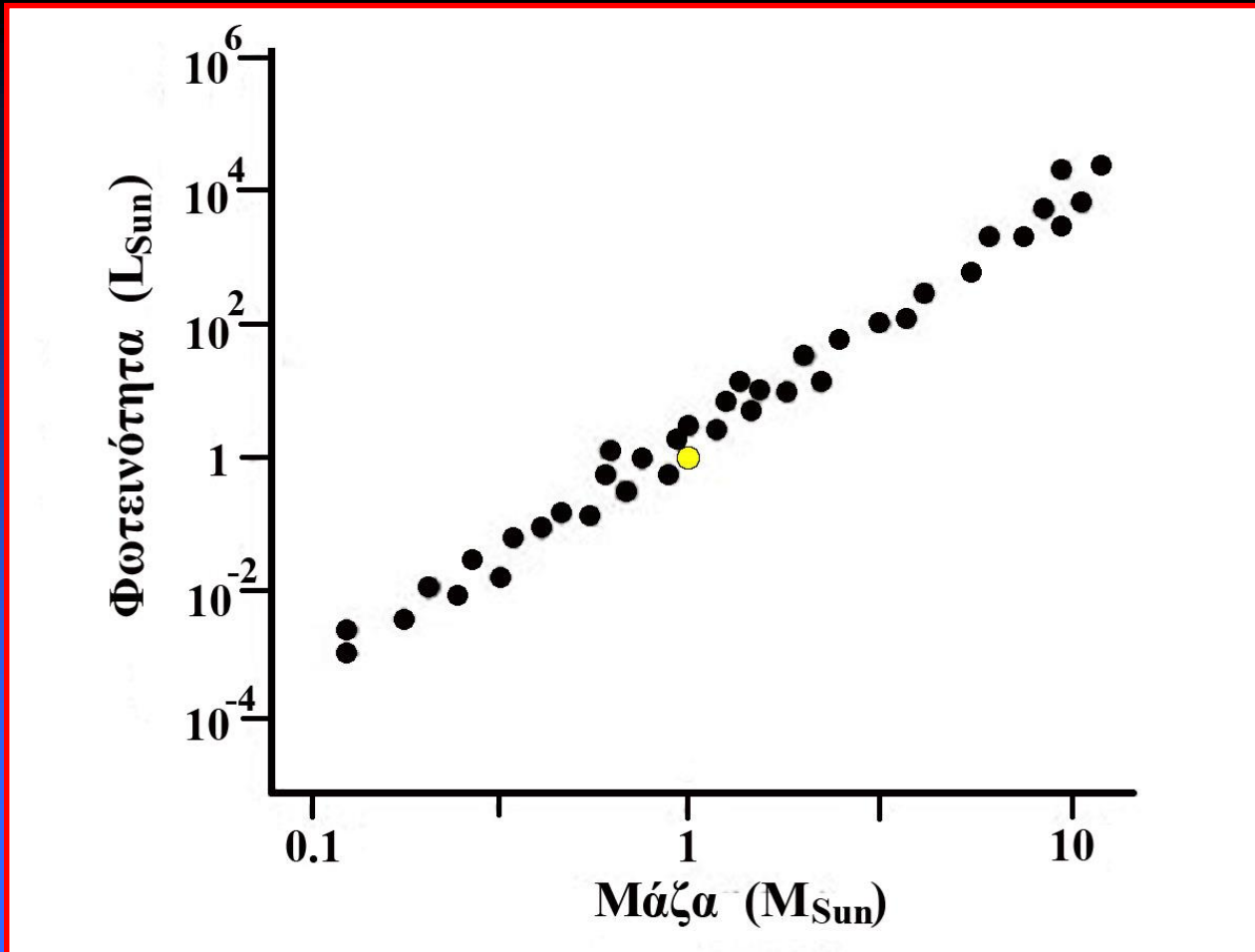


Μεταβλητοί  
αστέρες

Απεικόνιση μεταβλητού Κηφείδα αστέρα. Copyright: Kirk Korista /  
Western Michigan University. Πηγή:

<http://astrobob.areavoices.com/2009/08/30/we-laud-you-henrietta/>

# Το διάγραμμα Η - R



Διάγραμμα μάζας-φωτεινότητας των αστερων της κύριας ακολουθίας.



# Κατασκευή του διαγράμματος H-R

Constructing The Hertzsprung–Russell Diagram  
for Globular Star Cluster Omega Centauri

Κατασκευάζοντας το H-R διάγραμμα από σφαιρωτό σμήνος. Credit: NASA, ESA, and J. Anderson, R. van der Marel, G. Bacon, and M. Estacion (STScI). Πηγή:  
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2010/28/video/d/>

# Κατασκευή του διαγράμματος H-R

Constructing The Hertzsprung–Russell Diagram  
for Globular Star Cluster Omega Centauri

Κατασκευάζοντας το H-R διάγραμμα από σφαιρωτό σμήνος. Credit: NASA, ESA, and J. Anderson, R. van der Marel, G. Bacon, and M. Estacion (STScI). Πηγή:  
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2010/28/video/d/>

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Διαφάνεια	Πνευματικά δικαιώματα
Διαφ.1	-
Διαφ.2	-
Διαφ.3	-
Διαφ.4	«Το σφαιρωτό σμήνος Omega Centauri ( $\omega$ Cen) (επάνω) φωτογραφημένο από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Χάρη στην εκπληκτική διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου οι ίδιες κινήσεις των αστέρων μπόρεσαν να μετρηθούν και οι κατευθύνσεις τους να απεικονιστούν (κάτω).» NASA
Διαφ.5	-
Διαφ.6	«Τα φάσματα των αστέρων είναι συνήθως φάσματα απορρόφησης που αποτελούνται από ένα φωτεινό υπόβαθρο (συνεχές φάσμα) που διακόπτεται από σκοτεινές γραμμές (γραμμές απορρόφησης) σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Πηγή: Αυγολούπη Σ.Ι., Σειραδάκη Ι.Χ., Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.»
Διαφ.7	«Δημιουργία φασματικών γραμμών από ενεργειακές μεταπτώσεις. Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης Ι.Χ., Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994.
Διαφ.8	-
Διαφ.9	«Δημιουργία φασματικών γραμμών υδρογόνου Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης Ι.Χ., Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994
Διαφ.10	-
Διαφ.11	<p>Αριστερά: «Edward Charles Pickering. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_Charles_Pickering_06050r.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_Charles_Pickering_06050r.jpg</a></p> <p>Δεξιά: Annie Jump Cannon. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Annie_Jump_Cannon_1922_Portrait.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Annie_Jump_Cannon_1922_Portrait.jpg</a>»</p>
Διαφ.12	«Σχέση λαμπρότητας και απόστασης.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη
Διαφ.13	-
Διαφ.14	«Διάγραμμα της έντασης των φασματικών γραμμών της οικογένειας Balmer του υδρογόνου ως προς τη θερμοκρασία.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη
Διαφ.15	«Διάγραμμα της έντασης των φασματικών γραμμών των διαφόρων χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα των αστέρων ως προς τη θερμοκρασία.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη
Διαφ.16	-
Διαφ.17	«Πίνακας με τη φασματική ταξινόμηση των αστέρων»



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Διαφ.21	«Φάσματα αστέρων διάφορων φασματικών τύπων.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη.
Διαφ.22	«Το διάγραμμα Herzprung – Russel. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Obafgkm_noao_big.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Obafgkm_noao_big.jpg</a> ».
Διαφ.23	«Το διάγραμμα Herzprung – Russel. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertzsprung-Russel_StarData.png">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertzsprung-Russel_StarData.png</a> »
Διαφ.24	«Η θέση μερικών πολύ γνωστών αστεριών στο διάγραμμα H-R. Πηγή: Αυγολούπη Σ.Ι., Σειραδάκη Ι.Χ., Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.»
Διαφ.25	«Πλάτυση φασματικών γραμμών. Πηγή: Βάρβογλης Χ., Σειραδάκης Ι.Χ., Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1994»
Διαφ.26	«Φασματική ταξινόμηση κατά Yerkes. Τα χρώματα των αστέρων είναι εκείνα που γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι. Οι διαστάσεις αναφέρονται σε αστέρια της κύριας ακολουθίας. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Morgan-Keenan_spectral_classification.png?uselang=it">http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Morgan-Keenan_spectral_classification.png?uselang=it</a>
Διαφ.27	«Το διάγραμμα Hertzsprung-Russell με φασματική ταξινόμηση των αστέρων κατά Yerkes. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HR-diag-no-text-2.svg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HR-diag-no-text-2.svg</a> ».
Διαφ.28	-
Διαφ.29	«Σύνθετο διάγραμμα H-R διαφόρων αστρικών σημύων.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη.
Διαφ.30	-
Διαφ.31	Απεικόνιση μεταβλητού Κηφείδα αστέρα. Copyright: Kirk Korista / Western Michigan University. Πηγή: <a href="http://astrobob.areavoices.com/2009/08/30/we-laud-you-henrietta/">http://astrobob.areavoices.com/2009/08/30/we-laud-you-henrietta/</a>
Διαφ.32	«Διάγραμμα μάζας-φωτεινότητας των αστέρων της κύριας ακολουθίας.» Φωτογραφία επεξεργασμένη από τον κ.Σειραδάκη.
Διαφ.33	«Κατασκευάζοντας το διάγραμμα H-R από σφαιρωτό σμήνος. Credit: NASA, ESA, and J. Anderson, R. van der Marel, G. Bacon, and M. Estacion (STScI). Πηγή: <a href="http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2010/28/video/d/">http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2010/28/video/d/</a> »





# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αναστασίου Μαγδαληνή

Θεσσαλονίκη, 27/07/2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

