

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΕΜΜΗΣ

- α) Οι γραφικές είναι πιο βαθιές από τις κινούμενες γραφικές, επειδή περισσότερα φωτόνια σκευάζονται από τη γραφή στο συνεχές γύρω από το συνεχές.
- β) Η γραφή δεν εμφανίζεται στο τέλος.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

- Ακίδες: Gaussian profile
- Ισχυρές: πτέρυγες Lorentz
- Γραφικές Η: βαθύτερο έτος, επειδή η βαρύτητα Η είναι μικρή \Rightarrow βαθύτερη λήη.

ΓΥΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

$\omega_H = \frac{eB}{mc}$ \rightarrow εκπομπή ιση με τη συχνότητα περιστροφής

Το ηλεκτρικό πεδίο που θα δει ο παρατηρητής θα έχει μια περιοδικότητα με συχνότητα ίση με τη συχνότητα περιστροφής.

Επειδή το πεδίο δεν θα έχει μητρωειδμή μορφή, η εκπομπή δεν θα είναι μόνο στη γυροσυχνότητα, αλλά και στις αρμονικές της.

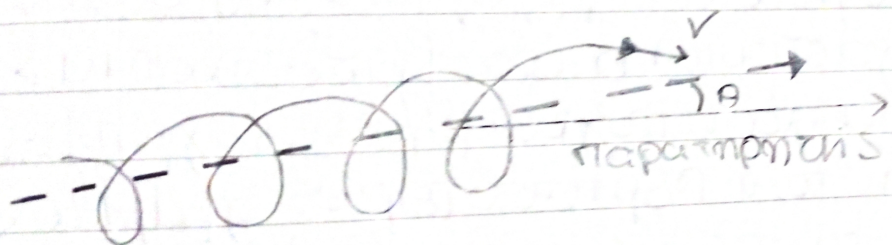
$$\omega_s = \frac{5\omega_H \gamma}{1 - \beta \cos\theta \cos\varphi}, \quad \gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}, \quad \theta = \angle(\vec{\omega}_s, \vec{v}),$$

$$\varphi = \angle(\vec{v}, \vec{e})$$

Φασματικό εύρος: για $\cos\varphi = 1 \Rightarrow \omega_{s1} = \frac{5\omega_H \gamma}{1 - \beta \cos\theta}$, για

$$\cos \varphi = -1 = \frac{\omega s_2}{\omega s_1} = \frac{5\omega_H / \gamma}{1 + \beta \cos \theta} \quad \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{\omega_{s1} - \omega_{s2}}{\omega_H} = 2\beta \cos \theta$$

Αραιότητα για ακτινοβολία $\omega = \sqrt{4\pi N_e e^2 / m_e}$



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΧΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

- Πρώτη ανίχνευση ηλιακών γραμμών - Wallon (1802)
- Πρώτη μελέτη ηλιακών γραμμών - Fraunhofer (ως πιο ισχυρές με γραμμάκια A, B, C, ... α, β, γ, ...)
- Kirchhoff - Bunsen: εργαστηριακή φασματοσκοπία → σε κάθε στοιχείο αντιστοιχούν συγκεκριμένες γραμμές
- Απέδωσαν την ύπαρξη των περισσότερων γραμμών σε ανδρόφηση από αυτά τα στοιχεία στον ήλιο.

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ He

- Μεγάλη μορφολογική ποικιλία των αστρικών φασμάτων (πολλές γραμμές με ποια ένταση)
- 1^η ταξινόμηση Secchi (1860) σε 4 κατηγορίες σύμφωνα με το χρώμα και τις γραμμές απορρόφησης
 - 1^η άσπρα αστέρια με λίγες γραμμές
 - 2^η κίτρινα με περισσότερη
 - 3^η κόκκινα με ακόμα περισσότερες
 - 4^η βαθιά κόκκινα με πάρα πολλές γραμμές

■ Φωτογραφίες φασμάτων (H. Draper)

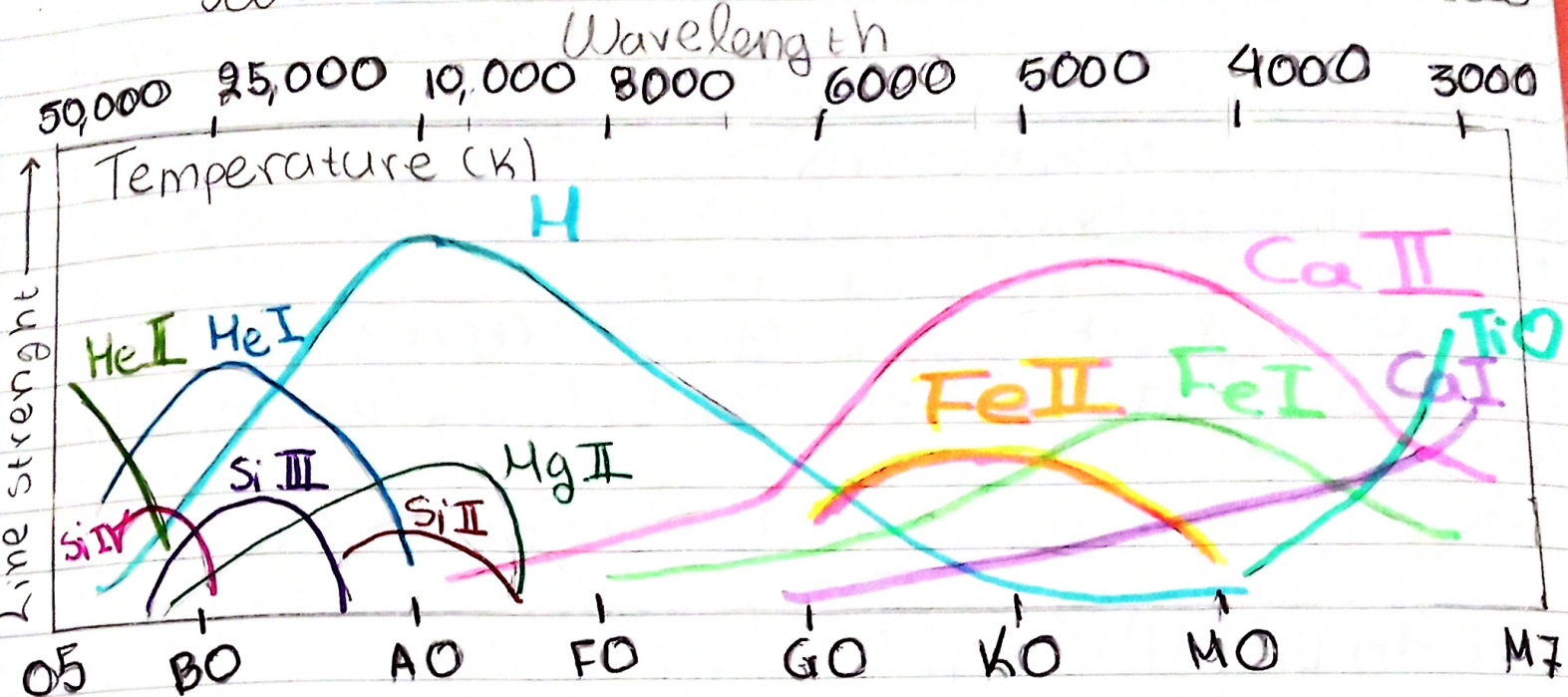
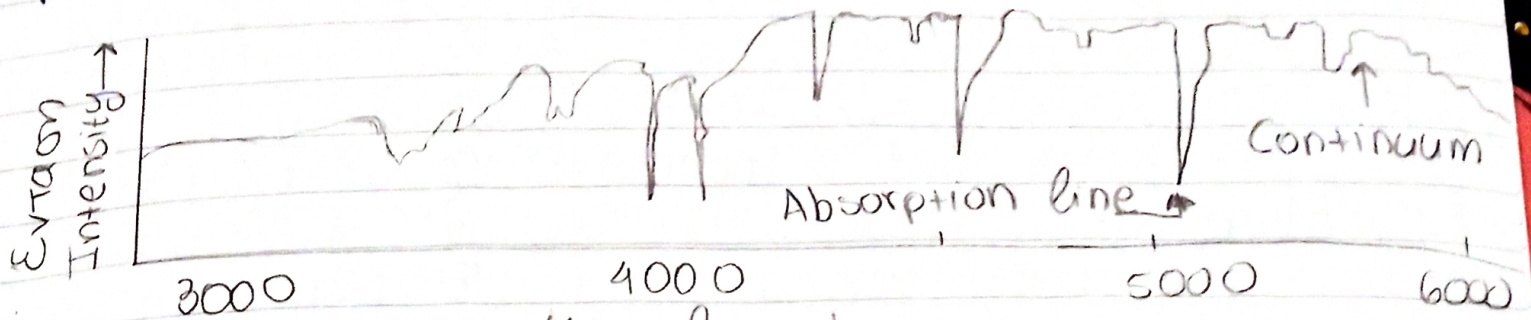
■ Διάτ 1890s Harvard Pickering ουστηματική φωτογράφιση και μελέτη φασμάτων (μέχρι το 1949 ~ 360.000 αστέρια)

■ Ταξινόμηση: κριτήριο η ένταση των γραμμών του H. Αστέρια με πιο έντονες γραμμές, ζώνου A, μετά B, C, ... μέχρι P.

■ Τελικά από Cannon: OBAFGKM (Z πριν OS & μετά MZ)
↳ κάθε κατηγορία έχει 10 υποδιαίρεσεις

■ Η ταξινόμηση είναι μορφολογική, αλλά έχει φυσική

σημεία, γιατί η εμφάνιση των γραμμών Balmer εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Σε πολύ μεγάλες T γιατί το H έχει ιονιστεί, ενώ σε αρκετά χαμηλές T πολύ λίγα άτομα έχουν διεγερθεί στη 2^η κατάσταση.

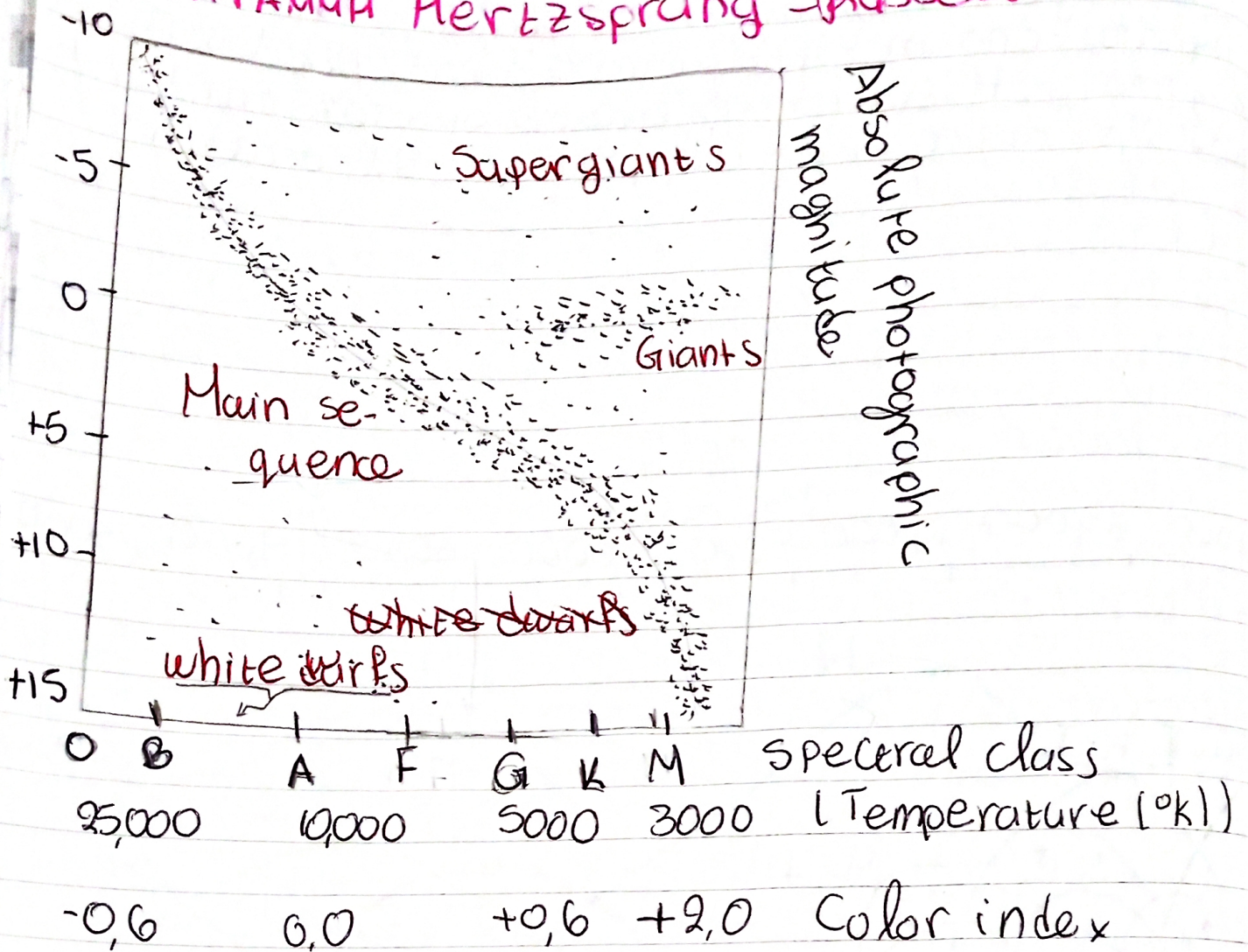


Spectral type

Έχει αναδιαταχθεί δομούν, από $O \rightarrow M$ ώστε η θερμοκρασία να μικραίνει.

Για όλα τα στοιχεία: η ένταση των γραμμών εξαρτάται από T για τον αντίστοιχο φασματικό τύπο.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΗ Hertzsprung - Russell



$$L = 4\pi R^2 F \neq 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Διαγράμμα M (ως μέτρο απόδοσης λαμπρότητας) και φασματικού τύπου θα αναμενόταν να έδειχνε διασπασμένα σημεία. Όμως, δεν συμβαίνει αυτό.

Τύπια ακολουθία, γίγαντες, υπέργίγαντες, άστροι νάνοι.

Γίγαντες/υπεργίγαντες έχουν μεγαλύτερη R γιατί από την (L) αν T = σταθεροί για δοσμένο φασματικό τύπο για να έχω L↑ πρέπει R↑.

Τα σημεία HR αντιστοιχούν σε διαφορετικές φάσεις στη ζωή του αστέρα.

Πιο αναλυτικά: Οι κόκκινοι γίγαντες είναι κόκκινοι γιατί από το διαγράμμα H-R, παρατηρούμε ότι βρίσκεται προς τα δεξιά σε χαμηλές θερμοκρασίες όπου το μήκος κύματος είναι κοντά στα 700 που αντιστοιχεί στο κόκκινο χρώμα.

Είναι γίγαντες επειδή: από τον τύπο που συνδέει την λαμπρότητα με τη θερμοκρασία ($L = 4\pi R^2 \sigma T^4$) αν θεωρήσω τη θερμοκρασία σταθερή, αυτά στον κλάδο των γιγάντων έχουν μεγαλύτερη απόλυτη λαμπρότητα σε σχέση με τα αστέρια της κύριας ακολουθίας και άρα το L αυξάνει. Για να έχουμε ισότητα, θα πρέπει αναγκαστικά και το R να αυξάνει.

Οι υπεργίγαντες έχουν ακόμη μεγαλύτερη R .

Με τον ίδιο τρόπο αποδεικνύουμε ότι οι λευκοί νάνοι είναι λευκοί και νάνοι.

Έχουμε μεγάλες θερμοκρασίες, άρα έχουμε ασπρο χρώμα. Είναι νάνοι, γιατί ένα αστέρι ιδιουφαστικού τύπου, τραβώντας κάθετη στο διαγράμμα H-R από εκεί που αντιστοιχούν οι white dwarfs, πρώτα ~~απλά~~ βρίσκουμε τους λευκούς νάνους και έπειτα την κύρια ακολουθία. Έχουμε μικρότερη λαμπρότητα (απλά βρίσκουμε κάτω αριστερά στο διαγράμμα H-R), κρατάμε σταθερή θερμοκρασία, επομένως για να έχουμε ισότητα, πρέπει R να μικρίνει.

Με το διαγράμμα H-R μπορούμε να υπολογίσω και αποστάσεις. Όμως,

1. Πρέπει να μιλάμε για αστέρια στην κύρια ακολουθία

και 2. Να γνωρίζουμε το φασματικό τύπο.

Έστω ότι έχω αέρια G_0 , φέρω κάθετη σαν κέριο άξονα μέχρι να βρω την ωρία ακολουθία και έπειτα σημειώνω το απόλυτο μέγεθος του άξονα g . Έπειτα από τον τύπο που συνδέει φαινόμενο μέγεθος m και το φασματικό τύπο M ($m - M = 5 \log d - 5$) και άρα βρίσκω την απόσταση d .

ΤΑΞΕΙΣ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ

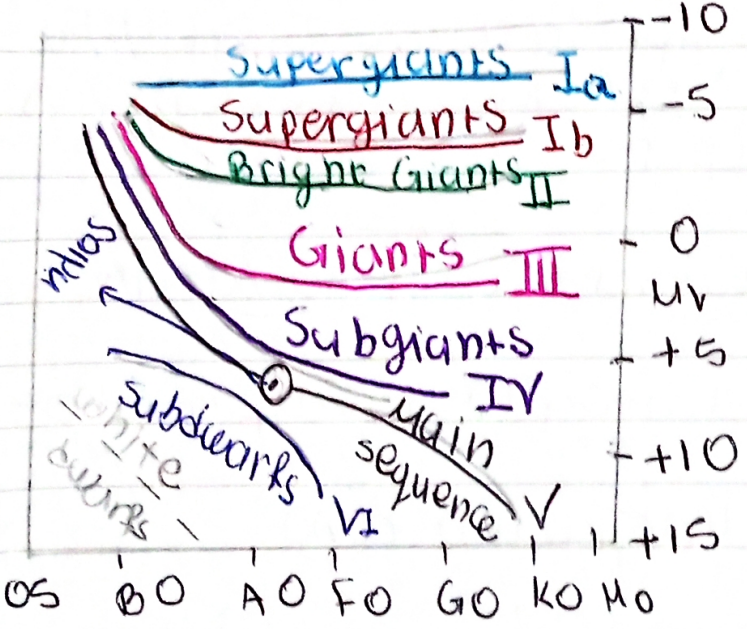
Οι γίγαντες / υπεργίγαντες δεν διαφέρουν μόνο από τα άστρα κΑ στην λαμπρότητα τους, αλλά και στο φάσμα.

Οι γραμμές των υπεργίγαντων έχουν μικρότερο εύρος από τις αντίστοιχες της κΑ.

Εξήγηση λόγω μεγάλου όγκου έχουν μικρή ένταση βαρύτητας \Rightarrow πολύ αραιές ατμόσφαιρες \Rightarrow οι γραμμές υφίστανται μικρότερη διαίρεση λόγω συγκρούσεων

Επειδή $n_e \downarrow$ χρειάζεται $T \downarrow$ για ιονισμό \Rightarrow ο ίδιος φασματικός τύπος αντιστοιχεί σε λίγο μικρότερη T_{eff} .

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ Yerkes (Morgan - Keenan)



Διείσαση ταξινόμηση του Yerkes που έχει:

- φασματικός τύπος, όπως Harvard
- ταξη λαμπρότητας (που δηλώνονται με λατινικούς αριθμούς)

Οι υπεργίγαντες έχουν τσίφη διαίτησης Ia ή Ib,
οι γίγαντες III, η κΑ V,
υπάρχουν ακόμα οι διαίτητοι γίγαντες II, οι υπογίγα-
ντες IV, οι υποάνοι (VZ)

Ο μήκος στο διαγράμμα Hertzs είναι G2V

Το ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΓΕΘΟΥΣ - ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Όπως ο φασματικός τύπος έτσι και ο δείκτης χρώμα-
τος $B-V$ είναι μέτρο της θερμοκρασίας \Rightarrow μπορεί να
χρησιμοποιηθεί σε H-R διαγράμμα (οριζόντιος άξονας)

$$T = \frac{8510}{(B-V) + 0.865} \quad 4000 < T < 10000 \text{ K}$$

Φασματοσκοπικές παραλλήλες: $m-M = 5 \log d - 5$

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

- Αφθονία στοιχείων αστεριών δεν είναι κατ'ανάγκη ίδια με του Ηλίου.
- Ξ και κάποια με μικρότερη περιεκτικότητα σε μέταλλα (παλαιότερα αστερία)

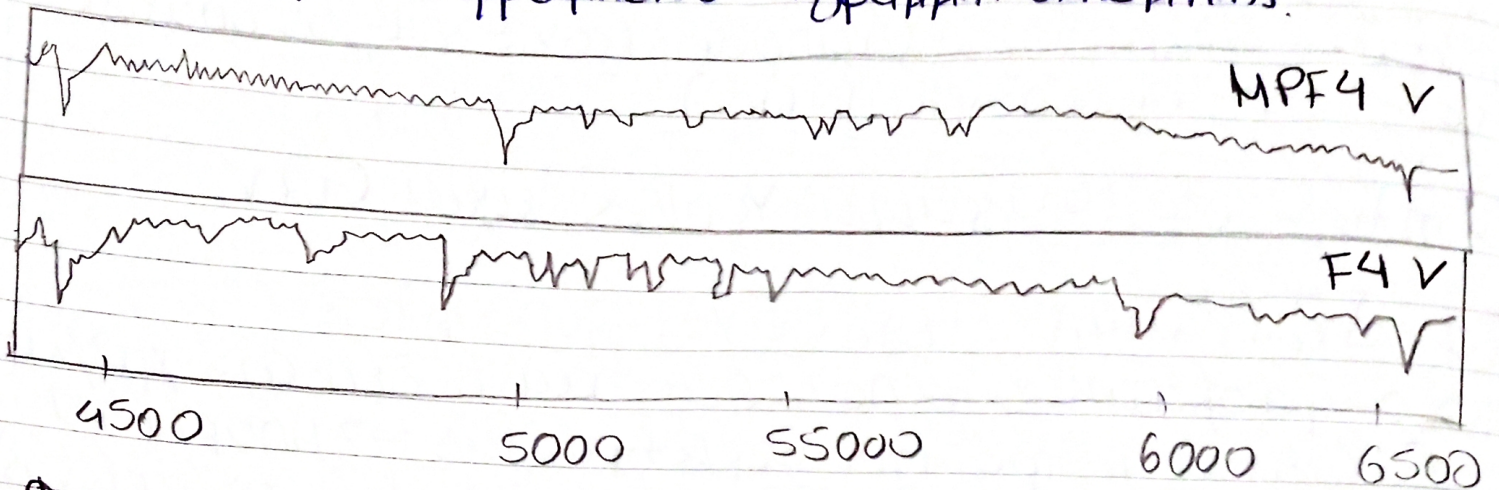
Pop I (Population I) : ίδια μεταλλικότητα με τον ήλιο

Pop II : μικρότερη μεταλλικότητα από τον ήλιο

Εξήγηση : εικτεταμένη χρωμάσειρα (δηλ. $T \uparrow$ με Z)

Αστέρι που περιβάλλεται από κέλυφος αραιού αερίου.
Το μέρος του κελύφους που βρίσκεται μπροστά από το
αστέρι συμβάλλει στην απώρευση. Αυτό που είναι γύρω
του δεν έχει αρκετή θερμοκρασία ώστε να δώσει
συνέχιση ακαννοβολία, όμως είναι οπτικά πυκνό σε
ισχυρές φασματικές γραμμές. Αν η ακαννοβολία που

Εκπέμπει είναι μεγαλύτερη από αυτή που χάνεται
στη γραμμική απορρόφηση = > γραμμική εκπομπής.



Φάσματα δύο αστεριών τύπου F4V. Το επάνω φάσμα
δείχνει μικρή περιεκτικότητα σε μέταλλα

Τα μέταλλα αντιστοιχούν σε σπενές φασματικές
γραμμές, ενώ το υδρογόνο φασματικές
επομένως, στο επάνω διαγραμμα έχουμε πιο
σπενές "κορυφές," ενώ το κάτω πιο "αιχμηρές,"

Αυτές τις φασματικές γραμμές εκπομπής είναι
ορατές είτε στις μπλε κές εκκλειψείς, είτε με
διαστημικά τηλεσκόπια.

Αυξάνει η θερμοκρασία με το ύψος → εκπομπή
Μειώνεται η θερμοκρασία με το ύψος → απορρό-
φηση