

## Το διάγραμμα H-R (Hertzsprung-Russell)

του Παναγιώτη Αντωνόπουλου

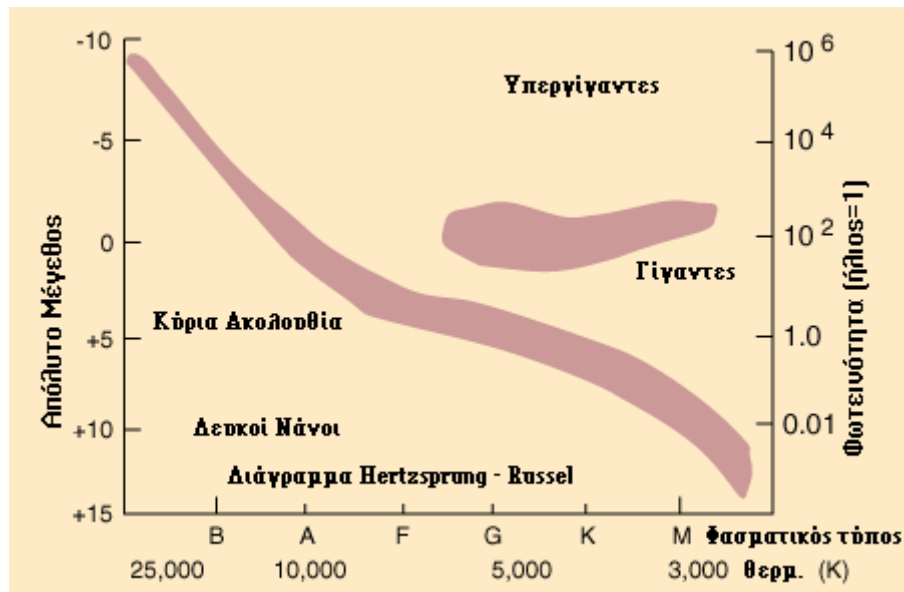
Κανένα άλλο διάγραμμα της αστρονομίας και της αστροφυσικής δεν είναι ίσως τόσο ευρέως γνωστό όσο το διάγραμμα H-R. Και πώς να μην είναι άλλωστε, αφού απ' αυτό αντλούμε τόσες πολλές πληροφορίες, σχεδόν τα πάντα για την εξέλιξη και τη ζωή των άστρων. Το διάγραμμα αυτό μάλιστα, μετρά ήδη έναν αιώνα ύπαρξης, αφού επινοήθηκε από τους **Herzsprung και Russell** στις αρχές του εικοστού αιώνα.

Αλλά τι είναι ακριβώς το διάγραμμα H-R, το οποίο είναι τόσο σημαντικό για την επιστήμη της αστροφυσικής; Σε αυτό θα απαντήσουμε αμέσως τώρα. Με πολύ απλά λόγια είναι ένα διάγραμμα ορθογωνίων αξόνων, το οποίο παρουσιάζεται εάν συσχετίσουμε διάφορα φυσικά μεγέθη των αστερών.

Τα μεγέθη αυτά είναι συνήθως τα:

- A. Θερμοκρασία** αστερών, στον άξονα των τετμημένων.
- B. Φασματικός Τύπος** αστερών, στον άξονα των τετμημένων.
- Γ. Απόλυτο Οπτικό Μέγεθος** αστερών, στον άξονα των τεταγμένων.
- Δ. Φωτεινότητα** αστερών, στον άξονα των τεταγμένων.

Κλασσικό παράδειγμα του οποίου αποτελεί το διάγραμμα της παρακάτω εικόνας:



Είναι δυνατό να δει το διάγραμμα κάποιος σε διάφορες μορφές και συνδυασμούς δύο π.χ. από τα παραπάνω μεγέθη, όπως Απόλυτο Μέγεθος συναρτήσει του Φασματικού Τύπου, ή Απόλυτο Μέγεθος συναρτήσει της Θερμοκρασίας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι δεν επιλέγουμε τυχαία τα συγκεκριμένα μεγέθη για το σκοπό μας, αλλά επειδή είναι θεμελιώδεις παράμετροι ενός αστερός και αλληλένδετοι μεταξύ τους. Είναι αυτοί που μας δίνουν τα βασικά και απαραίτητα στοιχεία για να μελετήσουμε ένα άστρο.

Αλλά ας πούμε μερικά βασικά πράγματα για τα μεγέθη τα οποία αναφέραμε παραπάνω. Πρώτον, η **Θερμοκρασία**, η οποία είναι ο παράγοντας που καθορίζει και το χρώμα ενός αστερού. Κυμαίνεται από περίπου 3000 K (ερυθρά άστρα) έως 25000 K περίπου (κυανά άστρα). Πρόκειται συνήθως για την **θερμοκρασία χρώματος** την οποία υπολογίζουμε από το φάσμα του αστερού που φτάνει στη Γη, μέσω του κβαντικού νόμου της μετατόπισης του Wien. Στη συνέχεια, ο **Φασματικός Τύπος**, ο οποίος αφορά την κατάταξη των αστερών σε 7 κύριες φασματικές ομάδες, τις O, B, A, F, G, K, M, κάθε μία απ' τις οποίες υποδιαιρείται σε 10 υποομάδες (π.χ. G0, G1, G2...G9). Ο διαχωρισμός σε αυτές τις 7 ομάδες έγινε εξαιτίας των διαφορών στα φάσματα που παρατηρούνται στα άστρα και σχετίζονται με τη διαφορετική θερμοκρασία του καθενός. Όπως μπορούμε να δούμε και στο σχήμα, μεγαλύτερη θερμοκρασία (~25000 K) έχουν τα άστρα τύπου O στα αριστερά και η θερμοκρασία μειώνεται συνεχώς πηγαίνοντας προς τα δεξιά (προς τον τύπο M). Το **Απόλυτο Οπτικό Μέγεθος** είναι ο αριθμός που εκφράζει τη φαινόμενη λαμπρότητα ενός αστερού όταν βρίσκεται σε απόσταση 10 παρσέκ=32,6 έτη φωτός. Με αυτό το μέγεθος

βρίσκουμε ποιο άστρο είναι πράγματι λαμπρότερο από κάποιο άλλο. Και τέλος, η **Φωτεινότητα** ορίζεται ως ο ρυθμός της εκλυόμενης ακτινοβολίας, σε όλα τα μήκη κύματος, από τη συνολική επιφάνεια του αστέρου.

Μπορούμε τώρα, μετά τη σύντομη ανασκόπηση της έννοιας των μεγεθών, να μιλήσουμε για τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το διάγραμμα H-R. Καταρχήν να τονίσουμε ότι το διάγραμμα προκύπτει από τις παρατηρήσεις χιλιάδων αστέρων. Τοποθετώντας λοιπόν τις παραπάνω παρατηρησιακές τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων, βλέπουμε ότι το διάγραμμα αποκαλύπτει **τρεις** σημαντικούς σχηματισμούς αστεριών. Οι περισσότεροι από τους αστέρες βρίσκονται πάνω σε μία στενή λωρίδα η οποία αρχίζει από την πάνω αριστερή γωνία του διαγράμματος (θερμοί και φωτεινοί κίτρινοι γίγαντες αστέρες), διασχίζει διαγώνια το διάγραμμα και τελειώνει στη κάτω δεξιά γωνία (ψυχροί και αμυδροί ερυθροί νάνοι αστέρες). Αυτή η ομάδα αστέρων ονομάζεται **Κύρια Ακολουθία** και αποτελεί τη μεγάλη πλειοψηφία των παρατηρούμενων άστρων γύρω μας, καθότι περιλαμβάνει τα αστέρια που παράγουν την ενέργειά τους με τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο. Μια άλλη κατηγορία αποτελεί ο **Κλάδος των Γιγάντων** στην πάνω δεξιά γωνία του διαγράμματος, η οποία χαρακτηρίζει τους ψυχρούς και πολύ φωτεινούς αστέρες, τους **γίγαντες αστέρες** και τους **υπεργίγαντες**, ο αριθμός των οποίων είναι κατά πολύ μικρότερος του αριθμού των αστέρων της κύριας ακολουθίας. Τα άστρα της ομάδας που καταλαμβάνουν τη κάτω αριστερή γωνία του διαγράμματος ονομάζονται **Λευκοί Νάνοι**. Τα γνωστά μας αστρικά πτώματα στα οποία δεν εκτελούνται πια πυρηνικές συντήξεις και στα οποία καταλήγουν αστέρες με μάζα έως και 1,44 Ηλιακές Μάζες (=Όριο Chandrasekhar). Είναι θερμοί και αμυδροί, ενώ αποτελούνται από ηλεκτρόνια. Ακόμα να αναφέρουμε ότι για τη κύρια ακολουθία μόνο, ισχύει ότι μεγαλύτερη φωτεινότητα έχουν οι αστέρες μεγάλης μάζας. Όσο δηλαδή αυξάνεται η μάζα, αυξάνεται και η φωτεινότητα.

Υπάρχουν δύο ειδών διαγράμματα H-R:

1. Τα **παρατηρησιακά** H-R διαγράμματα, όπου τοποθετούνται τα παρατηρησιακά χαρακτηριστικά των άστρων και παίρνουμε όλα τα φυσικά χαρακτηριστικά τους (ακτίνα, μάζα κτλ).
2. Τα **θεωρητικά** διαγράμματα H-R, όπου αποτυπώνουν τη θεωρητική εξέλιξη των αστέρων σύμφωνα με τις τιμές των φυσικών τους χαρακτηριστικών.

Έτσι, μπορεί κάθε αστέρι να αντιπροσωπευθεί από ένα σημείο στο διάγραμμα H-R, αλλά ταυτόχρονα ο κύκλος ζωής κάθε αστεριού μπορεί να αντιπροσωπευθεί από μία τροχιά. Δηλαδή, ένα αστέρι αρχίζει στα δεξιά ως ψυχρό, συστελλόμενο νέφος διαστρικού αερίου. Καθώς θερμαίνεται, θα κινηθεί αριστερά προς την κύρια ακολουθία. Όταν αρχίσουν οι πυρηνικές συντήξεις στο εσωτερικό του και αρχίσει το αστέρι να καίει το υδρογόνο του, «στέκεται» στην κύρια ακολουθία. Εκεί μένει σχεδόν εξ ολοκλήρου σε μια θέση έως να καταναλωθεί όλο το υδρογόνο του πυρήνα σε ήλιο. Ο Ήλιος για παράδειγμα, θα μείνει περίπου 10 δισεκατομμύρια χρόνια στην κύρια ακολουθία. Ήδη βρίσκεται εκεί για 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια. Όταν το υδρογόνο του πυρήνα εξαντληθεί, θα αρχίσουν πιο σύνθετες πυρηνικές αντιδράσεις. Αυτές θα αναγκάσουν την επιφάνεια του Ήλιου μας να ψυχθεί και να διογκωθεί, και ο Ήλιος μας τότε θα μετακινηθεί προς το άνω δεξιό μέρος του διαγράμματος και θα γίνει ένας ερυθρός γίγαντας. Τέλος, όταν σταματήσουν όλες οι πυρηνικές αντιδράσεις στον πυρήνα, το μόνο που θα παραμείνει στη θέση του θα είναι ένας λευκός νάνος, που θα βρίσκεται κάτω αριστερά στο διάγραμμα.

Συμπερασματικά, το διάγραμμα H-R έλυσε το πρόβλημα της ταξινόμησης των άστρων, διάταξε τα αστέρια τοποθετώντας τα σαν καθορισμένα σημεία στο διάγραμμα, και αναπαριστά τους κύκλους της ζωής τους, το παρελθόν αλλά το μέλλον των άστρων..

### **Βιβλιογραφία:**

- «*Αστροφυσική Ι*», Χρ. Γούδη, Καθηγητή Παν/μίου Πατρών
- «*Περί αστέρων και συμπάντων*», Β. Ξανθόπουλου
- «*Λεξικό Αστρονομίας*», Κ. Δ. Μαυρομάτη
- <http://www.physics4u.gr/>