

# Η ΖΩΗ ΕΝΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Β' ΤΕΤΡΑΜΗΝΟΥ  
ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑΣ  
Α' ΛΥΚΕΙΟΥ  
ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ 2017- 2018**



«...Πέφτει τ' αστέρι μας  
κάνε μια ευχή  
ελεύθερη να` ναι η ψυχή μας  
κι ό,τι περάσαμε πριν στη ζωή  
να` ναι η κρυφή δύναμή μας...»

από το Alma libre Μουσική Ευανθία Ρεμπούτσικα  
Στίχοι: Ελένη Ζιώγα

## **Περιεχόμενα**

Τα Αστέρια .....	3
Το διάγραμμα H-R .....	4
Η γέννηση των αστεριών .....	5
Η ζωή.....	6
Ο θάνατος των αστεριών.....	6
Το διάγραμμα H-R διαδραστικά .....	7
Τα 25 Λαμπρότερα Αστέρια Του Ουρανού .....	8
Ομάδες Μαθητών Ερευνητικής Εργασίας: .....	10
Πηγές:.....	10

## Τα Αστέρια

Τα αστέρια είναι τα πρώτα αντικείμενα που βλέπει κανείς όταν κοιτάζει τον νυχτερινό ουρανό. Ο αριθμός τους είναι πραγματικά τεράστιος, υπάρχουν δισεκατομμύρια. Ωστόσο με ορατό μάτι είναι ορατά μόνο 3000 στην καλύτερη περίπτωση (δηλαδή μακριά από τα φώτα των πόλεων και για ανθρώπους με ικανή όραση). Όλα τα αστέρια που βλέπουμε ανήκουν στον γαλαξία μας. Και οι υπόλοιποι γαλαξίες αποτελούνται από αστέρια αλλά λόγω της μεγάλης απόστασης δεν μπορούμε να διακρίνουμε σε αυτούς ξεχωριστά αστέρια. Πολλά από τα αστέρια που βλέπουμε είναι διπλά ή πολλαπλά. Πολλές φορές τυχαίνει δύο αστέρια, που δεν είναι αναγκαίο να βρίσκονται κοντά μεταξύ τους αλλά απλά βρίσκονται και τα δύο πάνω στην ίδια νοητή ευθεία από την γη προς αυτά, να είναι ορατά ως ένα αστέρι με γυμνό μάτι αλλά να διαχωρίζονται σε δύο αστέρια με ένα τηλεσκόπιο. Τα αστέρια που είναι ορατά είναι διαφόρων ηλικιών, μεγεθών, χρωμάτων, λαμπροτήτων, αποστάσεων από εμάς.

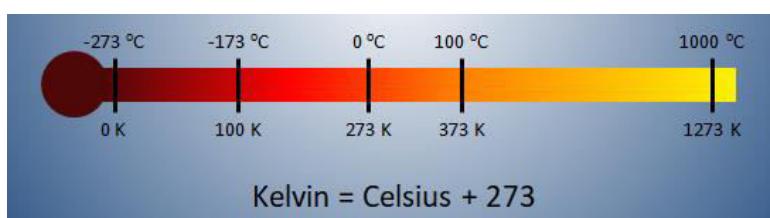
Ακόμα και τα πιο κοντινά από αυτά απέχουν από εμάς αποστάσεις απαγορευτικές για την σημερινή τεχνολογία. Τα πιο νέα αστέρια έχουν ηλικία ...μόλις μερικών χιλιάδων ετών ενώ άλλα αστέρια έχουν ηλικία πολλών εκατομμυρίων ετών.

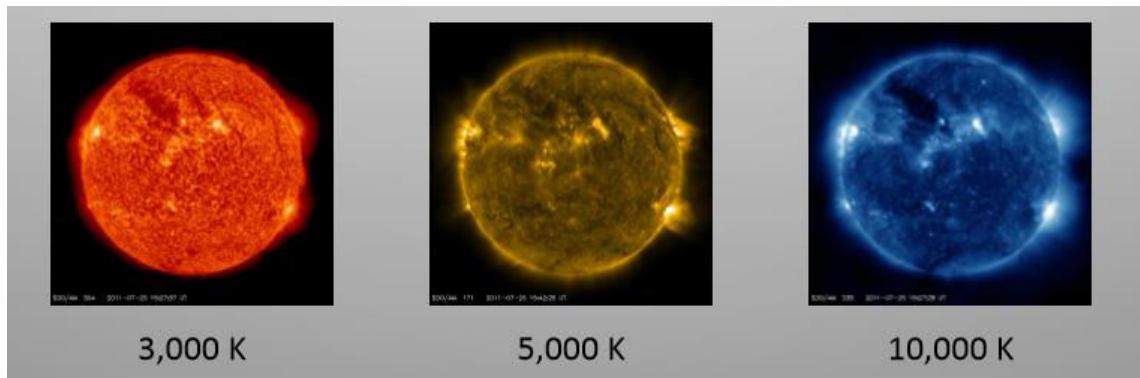
## Χαρακτηριστικά των αστεριών

Όλα τα αστέρια στον νυχτερινό ουρανό είναι διαφορετικά χάρις στη:

- ✿ **Φωτεινότητα** – Δείχνει πόσο φωτεινό είναι ένα αστέρι, δηλαδή πόση ενέργεια παράγεται στον πυρήνα του. Όσο αφορά στη μονάδα μέτρησης για να μας γίνει κατανοητό μάθαμε ότι μια κοινή λάμπα φωτός στο σπίτι μας αντιστοιχεί σε 10-20 Watt, ενώ συγκριτικά ο ήλιος παράγει 380,000,000,000,000,000,000,000 Watts (380 εκατομμύρια εκατομμύρια εκατομμύρια εκατομμύρια!) ή  $3.8 \times 10^{26}$  Watts. Αυτό είναι το ποσό της ενέργειας που εκπέμπει το δευτερόλεπτο ο ήλιος. Γενικά μετράμε όπως θα δούμε και παρακάτω τη φωτεινότητα των αστεριών σε σχέση με τον ήλιο.
- ✿ **Θερμοκρασία** – Το χρώμα ενός αστεριού δείχνει τη θερμοκρασία στην επιφάνειά του. Τα κόκκινα αστέρια είναι κρύα και τα μπλε θερμά.

Ο Ήλιος είναι κίτρινο αστέρι και η θερμοκρασία του είναι 5800 K. Η θερμοκρασία μετριέται σε Kelvin. Η κλίμακα Kelvin είναι ίδια με την κλίμακα Celsius (Celsius) με τη διαφορά ότι ξεκινά από -273°. ( 0 K (ή -273°C) είναι γνωστό ως το "απόλυτο 0" )





## Το διάγραμμα H-R

Το διάγραμμα H-R είναι το πιο ευρέως γνωστό από τα διαγράμματα της αστρονομίας και της φυσικής. 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.

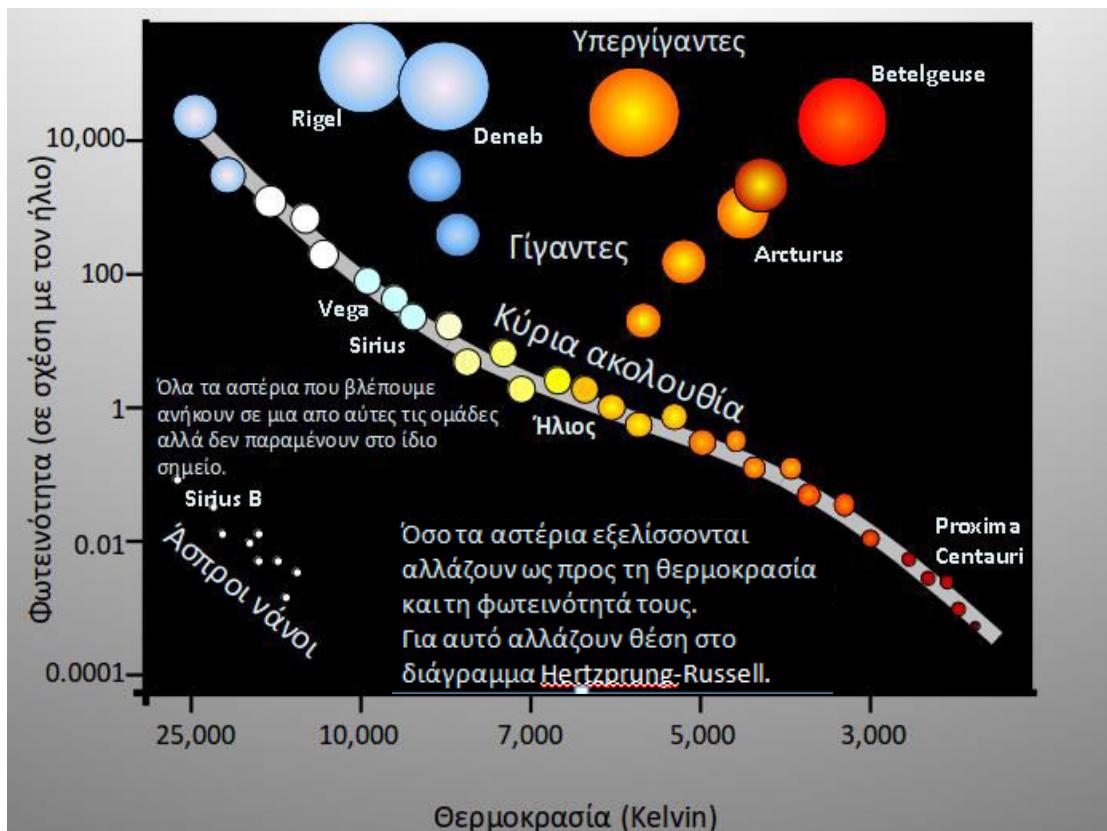
Είναι ένα διάγραμμα ορθογωνίων αξόνων, το οποίο παρουσιάζεται εάν συσχετίσουμε διάφορα φυσικά μεγέθη των αστέρων. Τα μεγέθη αυτά είναι συνήθως τα

A. Θερμοκρασία αστέρων, στον άξονα των τετμημένων.

B. Φωτεινότητα αστέρων, στον άξονα των τεταγμένων.

Αλλά ας ξαναθυμίσουμε μερικά βασικά πράγματα για τα μεγέθη τα οποία αναφέραμε παραπάνω.

Η Θερμοκρασία είναι ο παράγοντας που καθορίζει και το χρώμα ενός άστρου. Μεγαλύτερη θερμοκρασία ( $\sim 25000K$ ) έχουν τα αστέρια στα αριστερά και η θερμοκρασία μειώνεται συνεχώς πηγαίνοντας προς τα δεξιά. Και τέλος, η Φωτεινότητα ορίζεται ως ο ρυθμός της εκλυόμενης ακτινοβολίας, σε όλα τα μήκη κύματος, από τη συνολική επιφάνεια του αστέρος.



Συμπεράσματα από 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 κυανοί 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 παρατηρουμένων άστρων γύρων 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**. Ακόμη για την κύρια ακολουθία μόνο, ισχύει ότι μεγαλύτερη φωτεινότητα έχουν οι αστέρες μεγάλης μάζας. Όσο δηλαδή αυξάνεται η μάζα, αυξάνεται και η φωτεινότητα.

## Η γέννηση των αστεριών

Όπως ο άνθρωπος έτσι και τα αστέρια γεννιούνται, μεγαλώνουν και έπειτα πεθαίνουν. Ο τόπος γέννησής τους είναι μεγάλα σύννεφα από αέριο (κυρίως υδρογόνο και ήλιο) και σκόνη που είναι γνωστά ως νεφελώματα. Το πιο γνωστό είναι το νεφέλωμα του Ωρίωνα το οποίο είναι ορατό με γυμνό μάτι. Αυτά τα σύννεφα αρχίζουν να συρρικνώνται εξαιτίας της ίδιας της βαρύτητας. Καθώς τα σύννεφα γίνονται μικρότερα, σπάνε σε συστάδες. Κάθε συστάδα τελικά οδηγείται σε πυρηνικές αντιδράσεις επειδή αποκτά μεγάλη θερμοκρασία και πυκνότητα. Από εκεί προέρχεται η ενέργεια που κάνει τα αστέρια να λάμπουν. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 10 εκατομμύρια Κελσίου, τότε η συστάδα μετατρέπεται σε ένα καινούργιο αστέρι. Μετά την γέννησή τους τα νεαρά αστέρια βρίσκονται στο κέντρο ενός επίπεδου δίσκου που αποτελείται από αέριο και σκόνη. Στο τέλος όμως τα περισσότερα από αυτά τα

υλικά διώχνονται από την ραδιενέργεια του αστεριού. Πριν συμβεί αυτό, πλανήτες μπορεί να δημιουργηθούν γύρω από το κεντρικό αστέρι. Τηλεσκόπια υπέρυθρων ακτινών που έχουν την δυνατότητα να ανιχνεύσουν μεγάλες θερμοκρασίες μπορούν να εντοπίσουν αόρατα ( σε εμάς ) αστέρια που βρίσκονται μέσα σε τέτοια νεφελώματα. Ένα από τα καλύτερα τηλεσκόπια αυτού του είδους είναι το Herschel της ESA, το οποίο μπήκε σε λειτουργία τον Μάιο του 2009. Το Herschel θα περάσει τουλάχιστον τρία χρόνια μελετώντας τα νεφελώματα σκόνης όπου αστέρια – και μεγάλα και μικρά- γεννιούνται.

## Η ζωή

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.

## Ο θάνατος των αστεριών

Τα περισσότερα αστέρια χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για να πεθάνουν. Όταν ένα αστέρι σαν τον Ήλιο έχει κάψει όλο το καύσιμο του υδρογόνου του, μεγαλώνει, διογκώνεται για να γίνει ένας κόκκινος γίγαντας. Αυτό μπορεί να είναι εκατομμύρια χιλιόμετρα μεγάλο, τόσο που μπορεί να καταπιεί τους πλανήτες Ερμή και Αφροδίτη.

Αφού ξεφουσκώσει τα εξωτερικά του στρώματα, το αστέρι καταρρέει για να σχηματίσει έναν πολύ πυκνό λευκό νάνο. Ένα κουταλάκι του γλυκού από υλικό από λευκό νάνο θα ζυγίζει μέχρι και 100 τόνους. Μετά από δισεκατομμύρια χρόνια, ο λευκός νάνος γίνεται πιο κρύος και αόρατος.

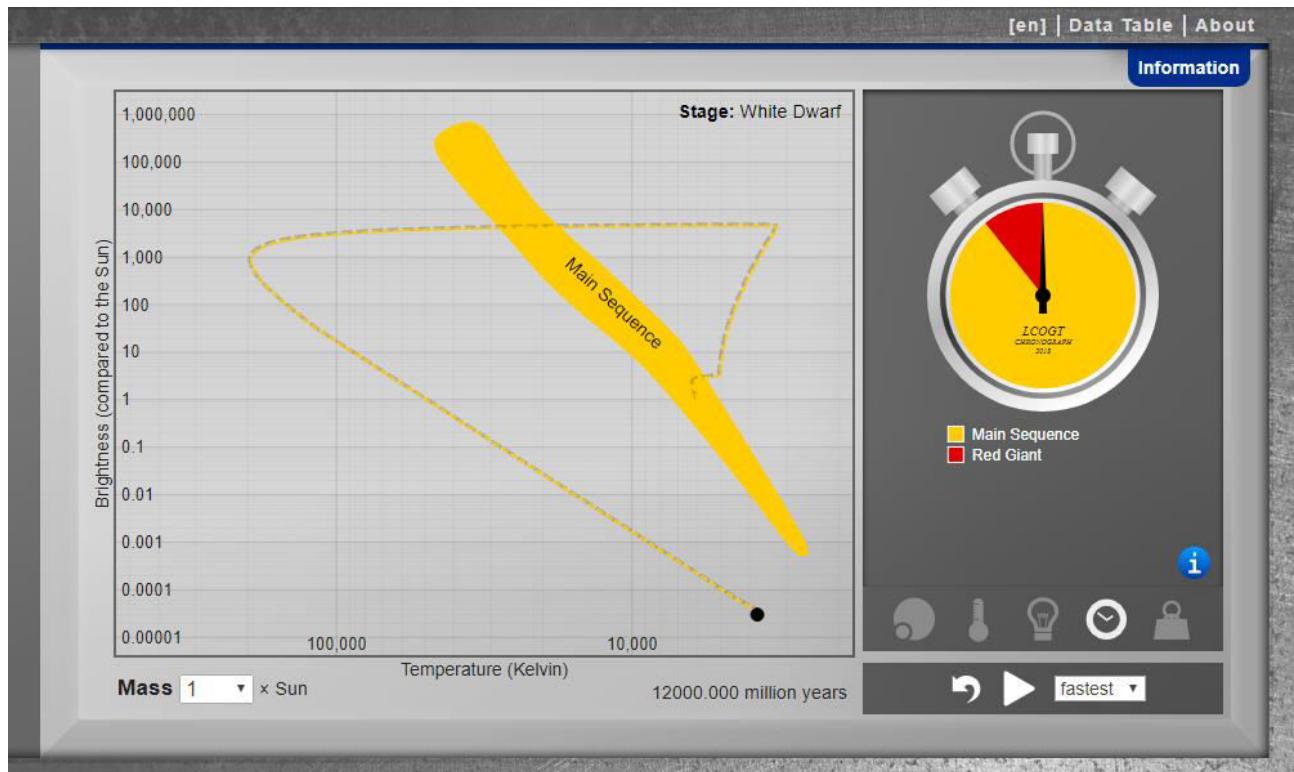
Τα αστέρια βαρύτερα περισσότερο από οκτώ φορές από τη μάζα του Ήλιου τερματίζουν τη ζωή τους ξαφνικά. Όταν εξαντλούνται τα καύσιμα, διογκώνονται σε κόκκινους υπεργίγαντες. Προσπαθούν να κρατηθούν ζωντανοί κάνοντας καύση διαφορετικών καυσίμων, αλλά αυτό λειτουργεί μόνο για μερικά εκατομμύρια χρόνια. Στη συνέχεια, αυτοανατινάζονται σε μια τεράστια έκρηξη σουπερνόβα.

Για περίπου μια εβδομάδα, η σουπερνόβα λάμπει περισσότερο από όλα τα άλλα αστέρια στον γαλαξία της. Τότε γρήγορα εξασθενίζει. Το μόνο που έχει απομείνει είναι ένα μικροσκοπικό, πυκνό αντικείμενο - ένα αστέρι νετρονίων ή μια μαύρη τρύπα - που περιβάλλεται από ένα επεκτεινόμενο σύννεφο πολύ θερμού αερίου.

Τα στοιχεία που δημιουργούνται μέσα στον υπεργίγαντα (όπως το οξυγόνο, ο άνθρακας και ο σίδηρος) είναι διάσπαρτα στο διάστημα. Αυτή η αστρική σκόνη δημιουργεί τελικά άλλα αστέρια και πλανήτες.

## Το διάγραμμα H-R διαδραστικά

Αξιοποιώντας την εκπαιδευτική πλατφόρμα του astroEDU (<http://astroedu.iau.org/en/about/>) μελετήσαμε το διάγραμμα του Herzsprung και Russell με τη βοήθεια της δραστηρότητας <https://starinabox.lco.global/>, όπου μπορέσαμε να αναπαραστήσουμε γραφικά τα διαφορετικά στάδια της ζωής ενός αστέρα και να δούμε πώς αλλάζει το μέγεθος, η θερμοκρασία, η φωτεινότητα και η μάζα σε σχέση με το χρόνο. Εξετάσαμε αστέρια διαφορετικών μαζών πάντα σε σύγκριση με τον Ήλιο.



Δημιουργήσαμε τον παρακάτω πίνακα με τις τιμές που παρατηρήσαμε για τα διάφορα μεγέθη:

Μάζα αστεριού ( $M_{\text{Sun}}$ )	Χρονικό διάστημα στην Κύρια Ακολουθία (Εκ. χρόνια)	Αριθμός σταδίων ζωής	Τελικό στάδιο	Συνολική Ζωή (Εκ. χρόνια)	Μέγιστη ακτίνα $R$ ( $R_{\text{Sun}}$ )	Μέγιστη Φωτεινότητα $L$ ( $L_{\text{Sun}}$ )	Μέγιστη Θερμοκρασία (σε Kelvin)
0.2	868,300.00	4	*Helium White Dwarf	1,034,300	0.33	87.78	119,316
.65	57,610.00	4	Helium White Dwarf	62,450	1.45	422.47	191,117
1	8992.81	7	*Carbon/ Oxygen White Dwarf	10,210.26	200.26	3910.21	194,312
2	1163.03	7	Carbon/ Oxygen White Dwarf	1491.92	204.31	4656.93	233,346

4	178.91	7	Carbon/ Oxygen White Dwarf	214.64	353.02	14,154.68	322,701
6	65.96	7	Carbon/ Oxygen White Dwarf	76.2	444.02	23,621.09	434,410
10	24.46	6	*Neutron star	27.44	748.00	64,520.84	1,942,227
20	8.82	5	Neutron star	9.84	1507.39	191,029.31	2,123,244
30	5.95	6	*Black hole	6.66	1142.88	266,317.68	129,062
40	4.87	6	Black hole	5.48	1433.51	425,402.46	132,008

\*Neutron star: Αστέρας νετρονίου

\* Helium White Dwarf: Άσπρος νάνος ηλίου

\* Carbon/ Oxygen White Dwarf: Άσπρος νάνος Άνθρακα/Οξυγόνου

\*Black hole: Μάυρη Τρύπα

Σύμφωνα με τα στοιχεία των αποτελεσμάτων όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός αστεριού τόσο διαφέρει το μέγεθος της ακτίνας, η φωτεινότητα, η θερμοκρασία, τα στάδια από τα οποία περνά στην ζωή του και η συνολική ζωή του. Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα η ακτίνα μεγαλώνει όπως και η φωτεινότητα. Ενώ η θερμοκρασία αυξάνεται και όταν φτάσει το μέγιστο ποσό αρχίζει να μειώνεται. Μερικά από τα στάδια που περνάει ένα αστέρι κατά την διάρκεια της ζωής του είναι άσπρος νάνος, αστέρι νετρονίων και μάυρη τρύπα. Τελειώνοντας όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα αστέρι τόσο λιγότερα είναι τα χρόνια της ζωής του.

## Τα 25 Λαμπρότερα Αστέρια Του Ουρανού

Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα 25 λαμπρότερα αστέρια του ουρανού. Δίνεται επίσης το λατινικό τους όνομα, ο αστερισμός όπου ανήκουν καθώς και η απόστασή τους σε έτη φωτός. (Το έτος φωτός είναι μονάδα μέτρησης μήκους - απόστασης (και όχι χρόνου). Ορίζεται ως η απόσταση που θα ταξιδέψει ένα φωτόνιο, κινούμενο στο κενό, μακριά από μάζες και ηλεκτρομαγνητικά πεδία, σε ένα Ιουλιανό έτος (365,25 ημέρες με 86.400 δευτερόλεπτα η καθεμιά). Το σύμβολό του είναι το ly (από το αγγλικό light year).)

	Όνομα	Λατ. Όνομα	Αστερισμός	Απόσταση (LY*)
1.	Σείριος	Sirius	α Μεγάλου Κυνός	8,7
2.	Κάνωβος	Canopus	α Τρόπιδος	1200
3.	Ρίγκελ Κενταύρου	Rigel Kentaurus	α Κενταύρου	4,3
4.	Αρκτούρος	Arcturus	α Βοώτη	36
5.	Βέγα	Vega	α Λύρας	26
6.	Αιξ	Capella	α Ηνίοχου	42
7.	Ρίγκελ	Rigel	β Ωρίωνα	910

8.	Προκύων	Procyon	α Μικρού Κυνός	11,3
9.	Αχερνάρ	Achernan	α Ηριδανού	85
10.	β Κενταύρου	β Centauri	β Κενταύρου	460
11.	Αλταίρ	Altair	α Αετού	16
12.	Μπετελγκέζ	Betelgeuse	α Ωρίωνα	310
13.	Αλδεβαράν	Aldebaran	α Ταύρου	68
14.	Α σταυρού	α Crucis	α Σταυρού	369
15.	Αντάρης	Antares	α Σκορπιού	330
16.	Στάχυς	Spica	α Παρθένου	260
17.	Πολυδεύκης	Pollux	β Διδύμων	36
18.	Φομαλχούτ	Fomalhaut	α Νότιου Ιχθύος	22
19.	Ντένεμπ	Deneb	α Κύκνου	1600
20.	β Σταυρού	β Crucis	β Σταυρού	570
21.	Βασιλίσκος	Regulus	α Λέοντος	85
22.	Αδάρα	Adhara	ε Μεγάλου Κυνός	490
23.	Κάστωρ	Castor	α Διδύμων	45
24.	λ Σκορπιού	Shaula	λ Σκορπιού	988
25.	Μπελατρίξ	Bellatrix	γ Ωρίωνα	213

## Ομάδες Μαθητών Ερευνητικής Εργασίας:

### “Η ΖΩΗ ΕΝΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΥ”

Α ΟΜΑΔΑ: (ΑΦΡΟΔΙΤΗ)	◆ Ευαγγελία Τέτσιου ◆ Χρύσα Κατσικιώτη ◆ Στέλλα Στύλου ◆ Μαρίνα Μπούγια
Β ΟΜΑΔΑ: (ΚΡΟΝΟΣ)	◆ Βασίλης Σιούλης ◆ Παλόμα Μπραούσι ◆ Χρήστος Τζίμας ◆ Δημήτρης Μπουντέκας
Γ ΟΜΑΔΑ: (ΟΥΡΑΝΟΣ)	◆ Βασιλική Τσιατούρα ◆ Σοφία Τσιατούρα ◆ Αθηνά Κοντοστέργιου ◆ Αριστοτέλης Τασιούλας ◆ Νεκτάριος Τσιώνης
Δ ΟΜΑΔΑ : (ΠΟΣΕΙΔΩΝΑΣ)	◆ Μαρίνα Γκουντέβενου ◆ Ευαγγελία Τσουμάνη ◆ Ελένη Λαγού ◆ Μαρία Μυρτάλι

### Πηγές:

<https://www.orionas.gr/wp-content/uploads/2007/12/Antonopoulos-HR.pdf>  
<https://www.astrovox.gr>  
<http://www.esa.int/esaKIDSen/OurUniverse.html>  
<http://astroedu.iau.org/en/activities/1302/star-in-a-box-high-school/>  
<https://starinabox.lco.global/>