

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα θέματα για έναν ερασιτέχνη αστρονόμο είναι η συστηματική παρατήρηση και καταγραφή των μεταβλητών αστερών.

Από τις παρατηρήσεις αυτές οι επαγγελματίες αστρονόμοι αντλούν χρήσιμα στοιχεία για την εξέλιξη και συμπεριφορά των άστρων και του σύμπαντος. Για τον λόγο αυτό υπάρχουν μεγάλες ενώσεις παρατηρητών, οι οποίες συλλέγουν παρατηρήσεις από όλον τον κόσμο. Τέτοιες ενώσεις είναι η *American Association of Variable Stars Observers* (A.A.V.S.O.), η *Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables* (AFOEV) καθώς και η *Royal Astronomical Society of New Zealand* (RASNZ).

Μεταβλητοί ονομάζονται οι αστέρες οι οποίοι για εσωτερικούς ή εξωτερικούς, προς αυτούς, λόγους αυξομειώνουν την λαμπρότητα τους. Η αυξομείωση αυτή μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή, περιοδική ή μη.

Με βάση την μορφή της καμπύλης φωτός τους, οι μεταβλητοί αστέρες κατατάσσονται σε διακριτές κατηγορίες και υποκατηγορίες. Οι δύο μεγαλύτερες κατηγορίες διαχωρισμού, οι οποίες έχουν σχέση με τον τρόπο δημιουργίας της μεταβολής, είναι οι **παλλόμενοι** και οι **εκλειπτικοί**.

Στην πρώτη κατηγορία η μεταβολή οφείλεται στην παλλόμενη, για διάφορους λόγους, επιφάνεια τους, ενώ στους εκλειπτικούς η μεταβολή προκαλείται από κάποιον συνοδό αστέρα ο οποίος περιστρέφεται σε επίπεδο που συμπίπτει με την οπτική ακτίνα και σε κάθε περιστροφή προκαλούνται διαδοχικές εκλείψεις.

Μία τρίτη μικρή κατηγορία περιλαμβάνει αστέρες οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε νέφος μεσοαστρικής σκόνης και η μεταβολή της λαμπρότητας τους οφείλεται στην μεταβαλλόμενη διαφάνεια του νέφους.

✚ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ:

Δύο είναι οι κυριότεροι τρόποι ονομασίας των μεταβλητών αστερών:

■ Σύμφωνα με την I.A.U. ο πρώτος μεταβλητός που ανακαλύφθηκε σ'έναν αστερισμό , παίρνει το γράμμα **R** και το όνομα του αστερισμού. Ακολουθεί ο **S** ο **T** μέχρι το γράμμα **Z**. Στη συνέχεια γίνεται συνδυασμός δύο γραμμάτων αρχίζοντας από το RR, RS,RZ, SS ως το SZ φθάνοντας μέχρι το ZZ. Ακολουθούν συνδυασμοί δύο γραμμάτων από τα πρώτα γράμματα της αλφαβήτου, δηλαδή AA, AB, ...BB, BC μέχρι το QZ. Στην ακολουθία αυτή παραλείπεται ο συνδυασμός με πρώτο γράμμα το J.

Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται 334 αστέρες. Αν στον αστερισμό υπάρχουν περισσότεροι μεταβλητοί , μετά τον QZ ακολουθούν οι V335 ,V336, V337Έτσι έχουμε μεταβλητούς με τις ονομασίες R And., RR And., SS Cyg., AA Cyg., V2134 Cyg κλπ

■ Ο δεύτερος τρόπος ονομασίας μεταβλητών καθιερώθηκε από το πανεπιστήμιο του Harvard. Εδώ ο κάθε μεταβλητός χαρακτηρίζεται από έναν **εξαψήφιο** αριθμό. Τα τέσσερα πρώτα νούμερα αντιστοιχούν στην ορθή αναφορά του αστέρα και τα δύο επόμενα στην απόκλιση του ,για το έτος 1900. Η απόκλιση χαρακτηρίζεται σαν “+” ή “-” αν είναι βόρειος ή νότιος αστέρας, αντίστοιχα. Έτσι έχουμε μεταβλητούς 2138+43 , 0214-03 . Το σύστημα αυτό ακολουθεί και η A.A.V.S.O. για την καταχώρηση των χαρτών της κατά ορθή αναφορά και από βορρά προς νότο.

Έναν συνδυασμό των δύο συστημάτων, δείχνει ο παρακάτω πίνακας.

IAU	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			HARVARD	
RR And.	00h	45m	57s	33d 50',0	0046+33
SU And.	23	59	28	42 59,7	2359+43
TW Aqr.	20	58	55	-02 26,5	2058-02
U Aur.	05	35	38	31 59,4	0535+31

Μερικοί λαμπροί αστέρες , οι οποίοι έφεραν ονομασία με το ελληνικό αλφάβητο και εκ των υστέρων χαρακτηρίστηκαν ως μεταβλητοί, διατηρούν το όνομα τους. Έτσι έχουμε τους μεταβλητούς ο Cet, α Ori, δ Cep.

Αστέρες οι οποίοι είναι πιθανώς μεταβλητοί θα τους βρούμε ως NSV 251 ή CSV 3335. Το πρώτο μέρος του ονόματος αναφέρεται στον κατάλογο που έχουν δημοσιευτεί , και το νούμερο, στον αύξοντα αριθμό καταχώρησης.

Τέλος οι *novae* χαρακτηρίζονται από το γράμμα **N** , το όνομα του αστερισμού και το έτος της ανακάλυψης. Είναι δηλαδή N Cyg.1998.

ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Για την οπτική παρατήρηση των μεταβλητών χρειάζονται σχετικά απλά όργανα , προσιτά για τον ερασιτέχνη αστρονόμο.Υπάρχουν λαμπροί μεταβλητοί οι οποίοι μπορούν να παρατηρηθούν και με γυμνό μάτι. Τέτοιοι αστέρες είναι:

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ	ΕΥΡΟΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
α Cas.	2.1-2.5	Ανώμαλος
ο Cet.	2.0-10.2	332 ημ.
β Per.	2.2-3.5	2,87
ρ Per.	3.2-4.1	Ανώμαλος
λ Tau.	3.5-4.1	3,95
ζ Aur.	4.9-5.5	972
ε Aur.	3.1-3.8	9383
η Gem.	3.2-4.2	236
ζ Gem.	3.7-4.1	10,15
δ Cep.	3.5-4.2	5,3
μ Cep.	3.7-4.7	Ανώμαλος
R Sct.	4.5-9.0	Ανώμαλος
β Lyr.	3.4-4.3	12,9
χ Cyg.	4.2-14.0	413
η Aql.	3.7-4.4	5,4
α Her.	3.1-3.9	7.2
α Ori.	0.1-1,2	Ανώμαλος 2070

Αν χρησιμοποιήσει κάποιος **κυάλια** (7X50) τότε έχει στη διάθεση του μεγαλύτερο αριθμό αστέρων για να παρακολουθήσει και το ενδιαφέρον αυξάνεται. Με τα κιάλια μπορεί κανείς να διακρίνει αστέρες μέχρι 7^{ου} ως 9^{ου} μεγέθους. Μερικοί αστέρες αυτής της λαμπρότητας είναι οι εξής:

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ	A.A.V.S.O.	ΕΥΡΟΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
W Ori.	0500+01	8.6-11.2	212 ημ.
X Mon.	0652-08	7.4-9.1	156
U Mon.	0726-09	61-8.1	92
Z U.Ma.	1151+58	6.5-9.4	196
R Cr.B.	1544+28	5.7-14.8	Ανώμαλος
X Her.	1559+47	7.5-8.6	95
X Oph.	1833+08	6.8-8.8	334
R Sct.	1842-05	4.5-8.2	140
AF Cyg.	1927+45	6.2-8.1	93

Για αμυδρότερους όμως μεταβλητούς είναι απαραίτητη η χρήση **τηλεσκοπίου**, οπότε ο ερασιτέχνης θα έχει την δυνατότητα να διαλέξει για παρατήρηση ανάμεσα σε χιλιάδες αστέρες διαφόρων τύπων.

Το τηλεσκόπιο δεν είναι απαραίτητο να έχει ισημερινή στήριξη , ίσως να είναι και καλύτερη η αλταζιμουθιακή. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία είναι το εύρος του πεδίου.Όπως θα δούμε παρακάτω διευκολύνει κατά πολύ να έχουμε όσον το δυνατόν μεγαλύτερο πεδίο . Για τον λόγο αυτό υπάρχει προτίμηση στα κατοπτρικά τηλεσκόπια με εστιακό λόγο f/4 ως f/6. Οι προσοφθάλμιοι δε που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να έχουν μικρή μεγέθυνση για να εκμεταλλευθούμε το μεγάλο τους πεδίο. Μεγάλες μεγεθύνσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ,για πολύ αμυδρούς αστέρες , μόνο από πεπειραμένους παρατηρητές οι οποίοι έχουν εξοικειωθεί με το τηλεσκόπιο και γνωρίζουν καλά το πεδίο.

Ενδεικτικές τιμές για τα ποιο αμυδρά αντικείμενα που μπορεί να διακρίνει κανείς ανάλογα το μέσο που χρησιμοποιεί μας δίνει ο παρακάτω πίνακας.

		ΜΕ ΤΑ ΜΑΤΙ Α	ΜΕ ΤΑ ΚΥΑΛΙ Α	ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ		
				15 cm	25 cm	40 cm
ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΛ Η	ΜΕΤΡΙΟΣ	3,0	5,8	10,3	11,8	12,8
	ΙΔΑΝΙΚΟΣ	3,8	7,0	11,1	13,0	14,0
ΣΚΟΥΡΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	4,6	8,0	11,8	13,3	14,3
	ΙΔΑΝΙΚΟΣ	5,3	9,5	12,7	14,0	15,0
ΠΟΛΥ ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ	6,0	10,3	13,2	14,4	15,3
	ΙΔΑΝΙΚΟΣ	6,5	10,9	13,4	15,1	15,8

‡ Η ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνουν σωστές παρατηρήσεις, εκτός του καθαρού ουρανού, είναι ο παρατηρητής να βρίσκεται σε ήρεμη κατάσταση, ξεκούραστος και πριν αρχίσει την παρατήρηση

να περιμένει 10-15 λεπτά έτσι ώστε το μάτι να προσαρμοστεί στο σκοτεινό περιβάλλον. Οι πρώτοι αστέρες που θα διαλέξει για παρατήρηση καλό είναι να βρίσκονται 1-2 μεγέθη πάνω από το όριο που μπορεί να διακρίνει. Χρήσιμο είναι να ξέρει, εκ των προτέρων, ποιους αστέρες θα παρατηρήσει, κάνοντας ένα πρόγραμμα της βραδιάς. Έτσι δεν χάνεται χρόνος και είναι πιο εύκολη η σύγκριση με προηγούμενες παρατηρήσεις.

Ένας νέος παρατηρητής θα πρέπει να διαλέγει αστέρες με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος, έτσι ώστε η τυχόν λάθος εκτίμηση του μεγέθους να μην επηρεάζει σημαντικά την τελική μορφή της καμπύλης. Ιδανικός αστέρας για την πρώτη γνωριμία είναι ο **ο Cet**. (Θαυμάσιος του Κήτους)

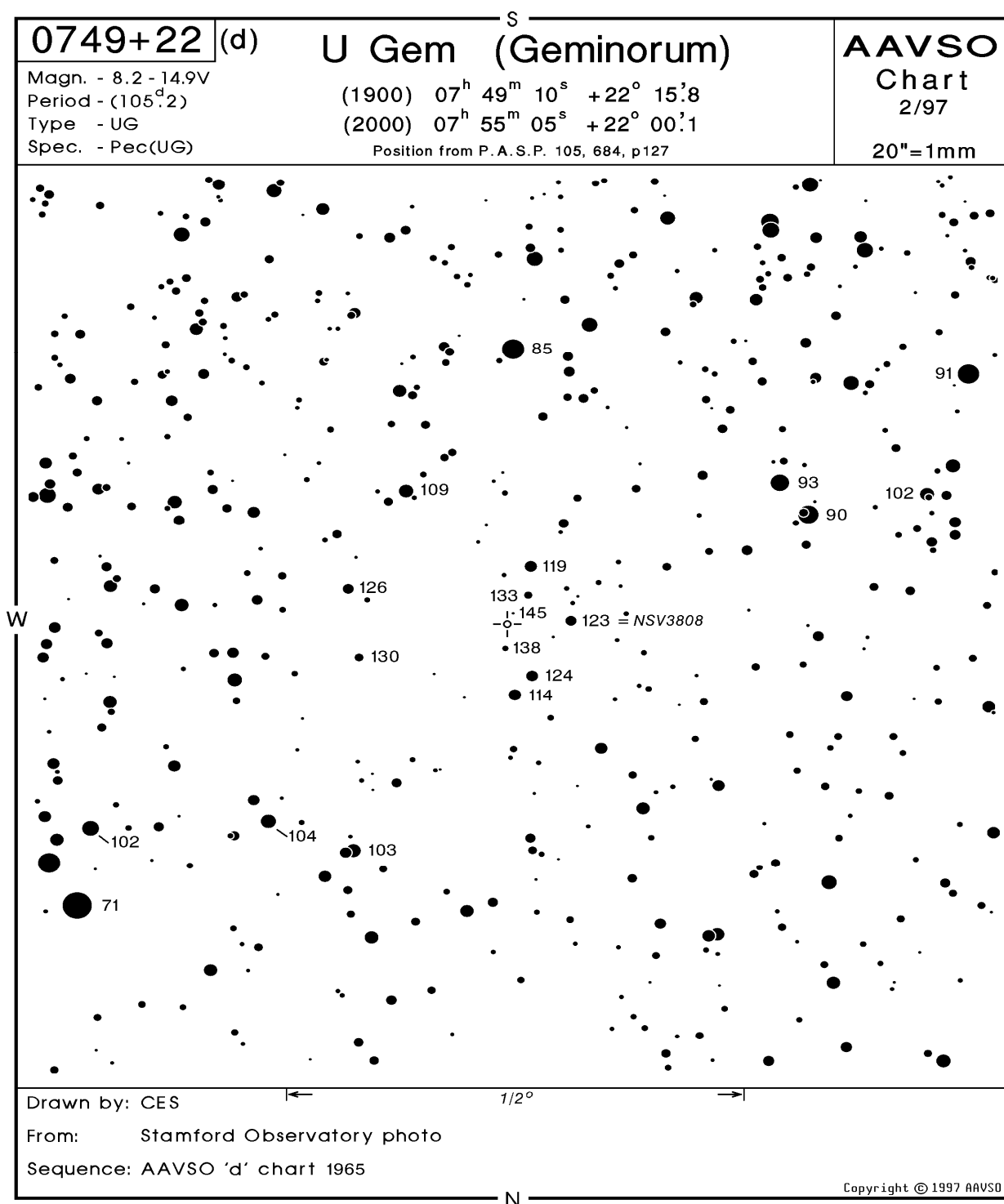
Απαραίτητο εφόδιο για τον παρατηρητή είναι ένας καλός άτλαντας του ουρανού. Αυτός μπορεί να είναι ο **NORTON STAR ATLAS** ή ο **STAR ATLAS** της A.A.V.S.O. Επιπλέον πρέπει να έχει μία σειρά από χάρτες των μεταβλητών που τον ενδιαφέρουν και είναι μέσα στα όρια λαμπρότητας που μπορεί να δει. Τέτοιοι χάρτες εκδίδονται από την A.A.V.S.O.

Στους χάρτες αυτούς ο μεταβλητός φαίνεται στο κέντρο σαν ένας μικρός κύκλος ☼, ενώ στη γύρω περιοχή οι αστέρες συγκρίσεως είναι αστέρες σταθερής λαμπρότητας, φωτομετρημένοι και αναφέρεται το μέγεθος τους. Στην τιμή του μεγέθους παραλείπεται πάντα η τελεία του δεκαδικού μέρους. Στο επάνω μέρος του χάρτη αναφέρεται το όνομα του αστέρα, οι συντεταγμένες του για το έτος 1900 και 2000, ο εξαψήφιος αριθμός καταχώρησης της A.A.V.S.O., στοιχεία του αστέρα, όπως μέγεθος μεγίστου και ελαχίστου, περίοδος, τύπος του αστέρα και φασματικός τύπος. Στο δεξί επάνω μέρος αναγράφεται ο τύπος του χάρτη και η ημερομηνία έκδοσής του. Στις τέσσερις δε πλευρές αναφέρονται τα σημεία του ορίζοντα για τον προσανατολισμό του χάρτη.

Υπάρχουν 8 διαφορεικοί τύποι χαρτών οι οποίοι αναλόγως του πεδίου που καλύπτουν χαρακτηρίζονται από τα γράμματα a, ab, b, c, d, e, f, g. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται η κλίμακα του κάθε τύπου σε λεπτά ή δευτερόλεπτα τόξου ανά χιλιοστό και το πεδίο κάθε κατηγορίας χάρτη.

	Τόξο/χιλιοστό	Περιοχή	Κατάλληλος για:
a	5 λεπτά	15 μοίρες	Κιάλια
ab	2,5 λεπτά	7,5 μοίρες	Κιάλια
b	1 λεπτό	3 μοίρες	Τηλεσκόπια μικρά
c	40 δεύτερα	2 μοίρες	ηλεσκόπια ως 10 cm
d	20 δεύτερα	1 μοίρα	ηλεσκόπια ως 35 cm
e	10 δεύτερα	30 λεπτά	ηλεσκόπια \geq 40 cm
f	5 δεύτερα	15 λεπτά	Μεγάλα τηλεσκόπια
g	2,5 δεύτερα	7,5 λεπτά	Μεγάλα τηλεσκόπια

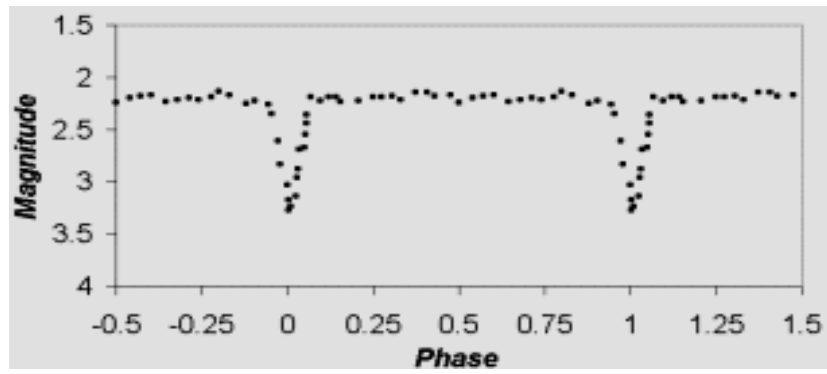
Ένα τυπικό δείγμα χάρτη τύπου b για τον 0749+22 U Gem είναι ο παρακάτω.



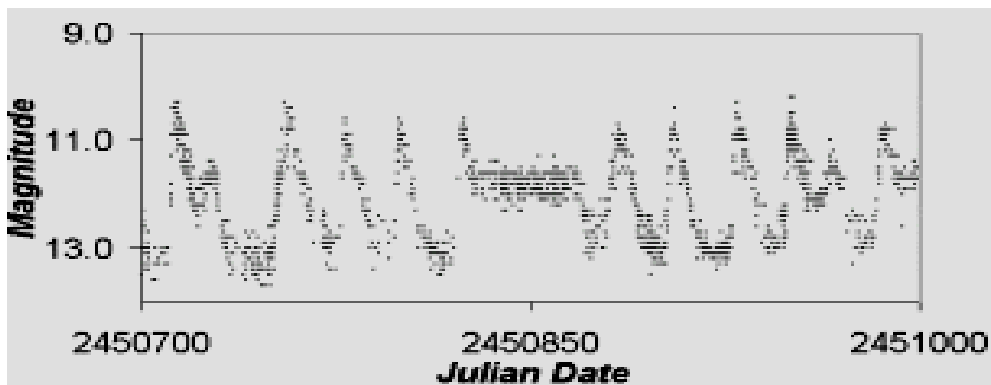
Σκοπός της παρατήρησης των μεταβλητών από τον ερασιτέχνη είναι η καταγραφή της μεταβολής λαμπρότητας του, συναρτήσει του χρόνου. Ο χρόνος αυτός μπορεί να είναι από λίγες ώρες ως αρκετά έτη. Έτσι κάθε εκτίμηση της λαμπρότητας καταγράφεται σε ένα διάγραμμα, όπου στον οριζόντιο άξονα είναι ο χρόνος και στον κάθετο το μέγεθος του αστέρα.

Μετά από πολλές παρατηρήσεις δημιουργούνται καμπύλες, όπως στα παρακάτω σχήματα, αναλόγως του τύπου του μεταβλητού:

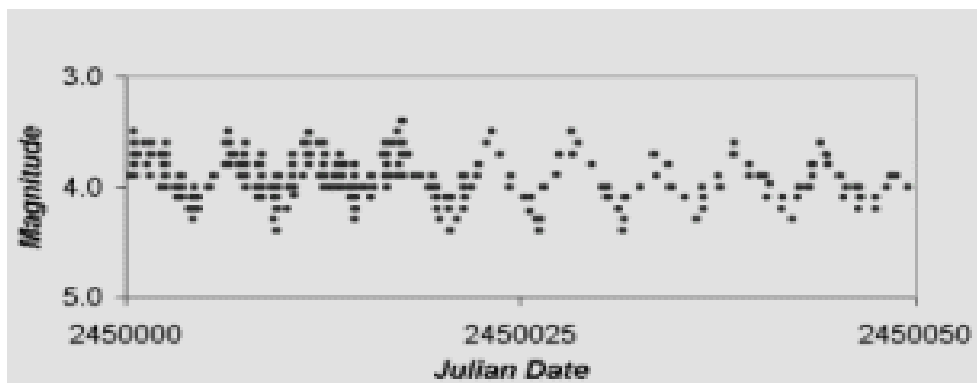
ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΟ ΖΕΥΓΟΣ — beta Per



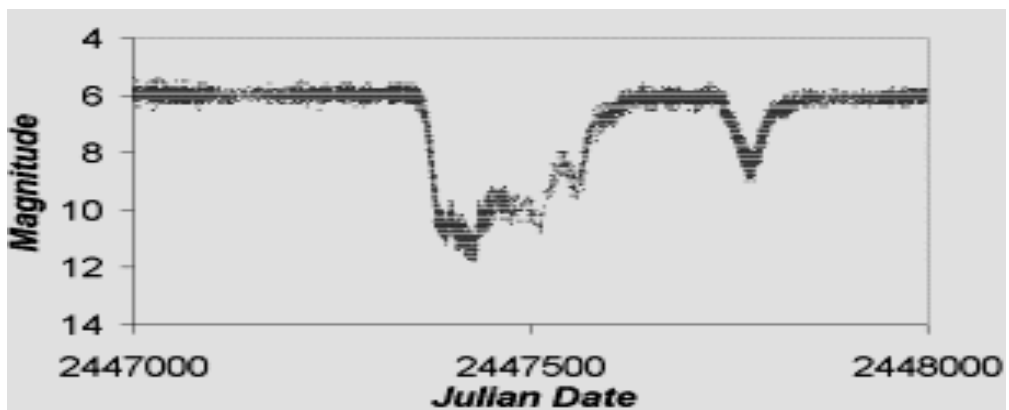
Z Cam



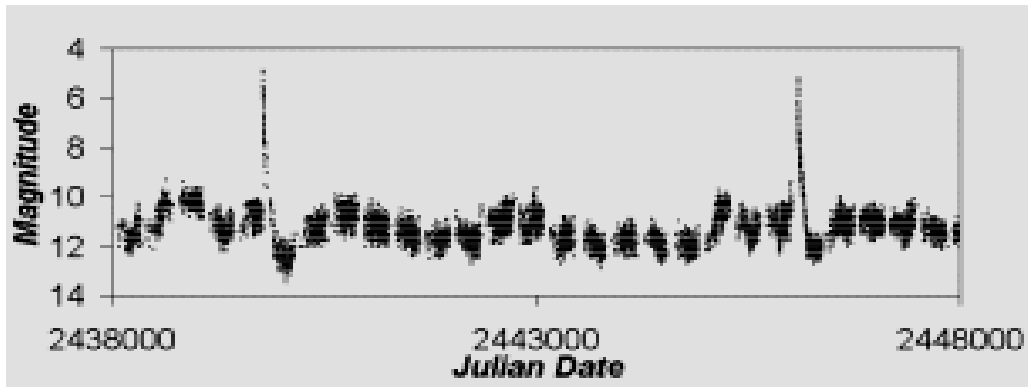
delta Cep



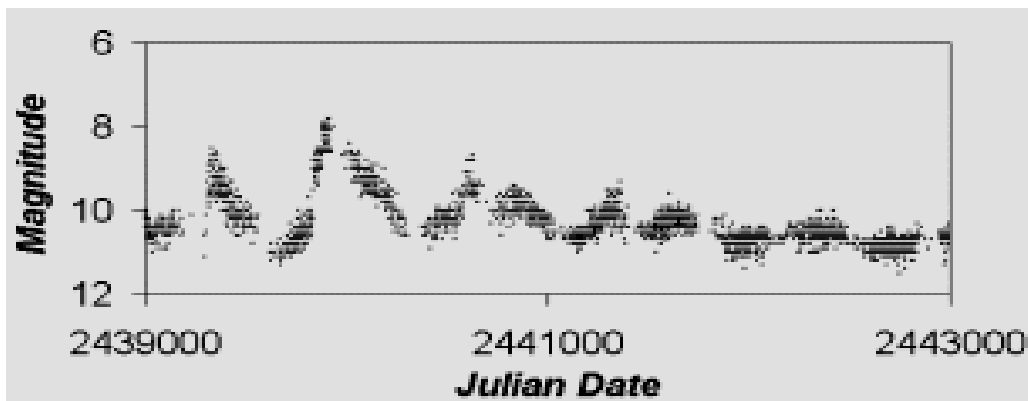
R CrB



Recurrent Nova — RS Oph



Symbiotic — Z And



Ο χρόνος στις παρατηρήσεις των μεταβλητών μετράται σε Ιουλιανές ημέρες (J.D.) και δεκαδικά της ημέρας. Είναι ένα εύκολο σύστημα υπολογισμού του χρόνου, στο οποίο η ημέρα αρχίζει και τελειώνει το μεσημέρι του Greenwich. Έτσι δεν υπάρχει αλλαγή της ημερομηνίας στη μέση των νυχτερινών παρατηρήσεων. Είναι ένα απλό νούμερο όπου δεν υπάρχουν μήνες και χρόνια. Τα δεδομένα κάθε αστέρα ,από οποιοδήποτε σημείο της γης και αν παρατηρηθεί, είναι εύκολα συγκρίσιμα. Αρχίζοντας από τις 12:00 GMT την 1/1/05 με J.D. 2453372,0 κάθε ημέρα προσθέτουμε μία μονάδα. Έτσι για τα επόμενα χρόνια θα έχουμε τον Πίνακα 1

Τα δεκαδικά δε μέρη της ημέρας είναι:

J.D./10	ΩΡΕΣ
0,0	00h 00' - 01h 11'
0,1	01h 12' - 03h 36'
0,2	03h 37' - 06h 00'
0,3	06h 01' - 08h 24'
0,4	08h 25' - 10h 48'
0,5	10h 49' - 13h 12'
0,6	13h 13' - 15h 36'
0,7	15h 37' - 18h 00'
0,8	18h 01' - 20h 24'
0,9	20h 25' - 22h 48'
1,0	22h 49' - 23h 59'

Πίνακας 1

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	J.D.
1/1/2005	2453372
1/1/2006	2453737
1/2/2006	2453768
1/3/2006	2453796
1/4/2006	2453827
1/5/2006	2453857
1/6/2006	2453888
1/7/2006	2453918
1/8/2006	2453949
1/9/2006	2453980
1/10/2006	2454010
1/11/2006	2454041
1/12/2006	2454071
1/1/12007	2454102

Πίνακας 2

⇒ Ας υποθέσουμε ότι κάνουμε μία παρατήρηση στις 10/2/06 στις 22h 30':

Βρίσκουμε πρώτα την Ιουλιανή Ημέρα από τον Πίνακα 1 ⇒ J.D 2453768 +9d = J.D.2453777.

Αφαιρούμε 2 ώρες για να βρούμε το G.M.T. (Με την θερινή ώρα αφαιρούμε 3 ώρες)

Αφαιρούμε άλλες 12 ώρες, γιατί η J.D. αρχίζει από το μεσημέρι του Greenwich.

Σύνολο 14 ώρες (Με θερινή ώρα 15) και έχουμε 22h 30' - 14h = 8h 30'.

Στον πίνακα 2 οι 8h 30' είναι μεταξύ των 8h 25' και 10h 48'.

Άρα το δεκαδικό μέρος είναι 0,4.

Έτσι η παρατήρηση έγινε σε Ιουλιανές ημέρες **J.D. = 2453777,4**.

Η Α.Α.Υ.Σ.Ο.εκδίδει ειδικούς πίνακες με υποδιαιρέσεις δεκάκις χιλιοστού της ημέρας.

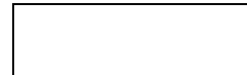
Η παρατήρηση των μεταβλητών έχει δύο σκέλη. Τον **εντοπισμό** του μεταβλητού, και την **εκτίμηση της λαμπρότητας** του.

Ο παρατηρητής για να εντοπίσει τον μεταβλητό, πρέπει να ακολουθήσει μια σειρά διαδοχικών κινήσεων με τα κυάλια ή το τηλεσκόπιο.

Πρώτον πρέπει να εντοπίσει τον αστερισμό . Η γνώση της θέσης των λαμπρότερων αστερών του κάθε αστερισμού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να ξεκινήσει τις παρατηρήσεις.

Δεύτερον σκοπεύει με τα κυάλια ή το τηλεσκόπιο τον αμυδρότερο αστέρα που μπορεί να δει με γυμνό μάτι, στην περιοχή του μεταβλητού συμβουλευόμενος τον χάρτη. Από εκεί και πέρα μετακινώντας το τηλεσκόπιο από αστέρα σε αστέρα, σύμφωνα με τον χάρτη θα φθάσει στον μεταβλητό. Χρήσιμο είναι ο παρατηρητής να γνωρίζει για κάθε προσοφθάλμιο το πεδίο το οποίο βλέπει (TF).Αυτό βρίσκεται εύκολα αν γνωρίζουμε το φαινόμενο πεδίο του συγκεκριμένου φακού (AF), το οποίο μας δίνει ο κατασκευαστής, και το διαιρέσουμε με την μεγέθυνση του τηλεσκοπίου (M). Δηλαδή:

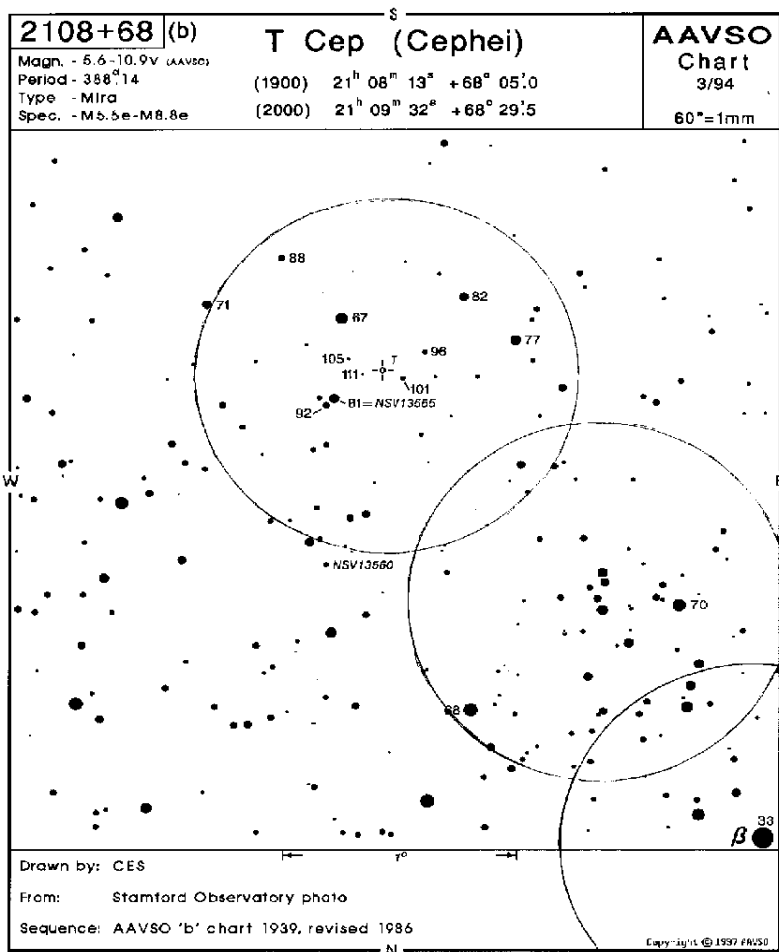
$$TF = AF / M$$



$$\text{όπου } M = \frac{F}{f} \frac{(\text{Εστιακή απόστ.τηλεσκοπίου})}{(\text{Εστιακή αποστ.προσοφθαλμίου})}$$

Έτσι με έναν προσοφθάλμιο με πεδίο 50° και μία μεγέθυνση 40 το ωφέλιμο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου θα είναι $TF = 50/40=1,25$ μοίρες. Περίπου 2,5 φορές την διάμετρο της πανσελήνου ή κάτι λιγότερο από το μισό ενός χάρτη τύπου b της A.A.V.S.O.

Η γνώση της έκτασης του πεδίου ενός τηλεσκοπίου, διευκολύνει και την ανεύρεση ενός



μεταβλητού ή οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου. Στον δίπλα χάρτη του T Κηφέα, τοποθετώντας στο κέντρο του τηλεσκοπίου τον β Κηφέα, ο οποίος είναι λαμπρός και φαίνεται με γυμνό μάτι, μετακινούμενοι κατά δύο πεδία Ν.Δ., φθάνουμε στον μεταβλητό. Ο τρόπος αυτός λειτουργεί καλά όταν στην περιοχή υπάρχουν αρκετοί αστέρες, σε διαφορετική περίπτωση, μόνο με ισημερινή στήριξη, μπορούμε να μετακινήσουμε το τηλεσκόπιο ακριβώς κατά ένα πεδίο.

Όταν γίνεται για πρώτη φορά η διαδικασία αυτή ίσως φανεί λίγο κουραστική. Ίσως να γίνει λάθος στην πορεία προς τον μεταβλητό και να πρέπει το ψάξιμο να αρχίσει και πάλι από την αρχή.

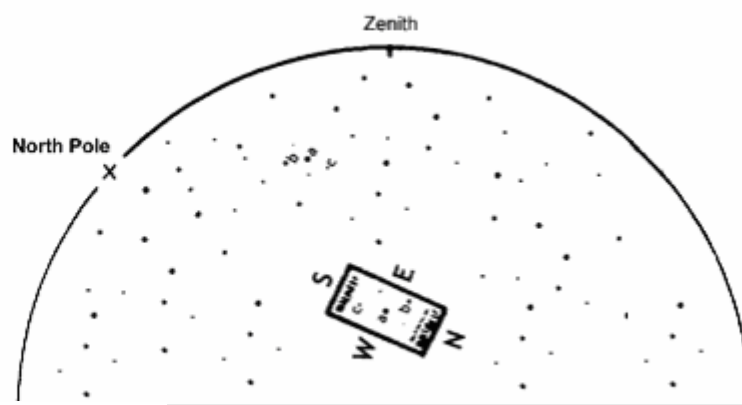
Ο παρατηρητής πρέπει να γνωρίζει πως θα προσανατολίσει τον χάρτη αναλόγως προς τα πού κοιτάει.

Αυτό θα διευκολύνει πολύ την

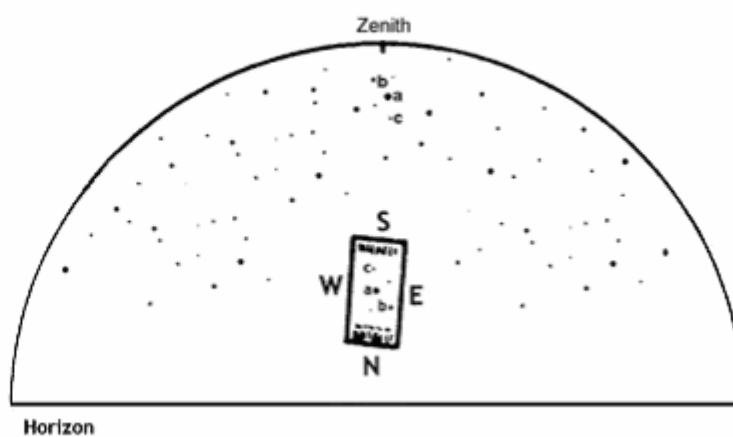
ανεύρεση του μεταβλητού.

Οι χάρτες της A.A.V.S.O. όπως αναφέραμε παραπάνω σημειώνουν στις τέσσερις πλευρές τους τα σημεία του ορίζοντα (N,W,S,E). Οι χάρτες τύπου (α) είναι ορθοί με τον βορρά προς τα πάνω και προορίζονται για παρατηρήσεις με γυμνό μάτι ή με κυάλια. Όλοι οι άλλοι τύποι χαρτών από το b ως το g είναι αντεστραμμένοι με τον βορρά (N) προς τα κάτω όπως φαίνονται οι αστέρες στο τηλεσκόπιο. Ο σωστός προσανατολισμός του χάρτη κοιτώντας από το τηλεσκόπιο φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.

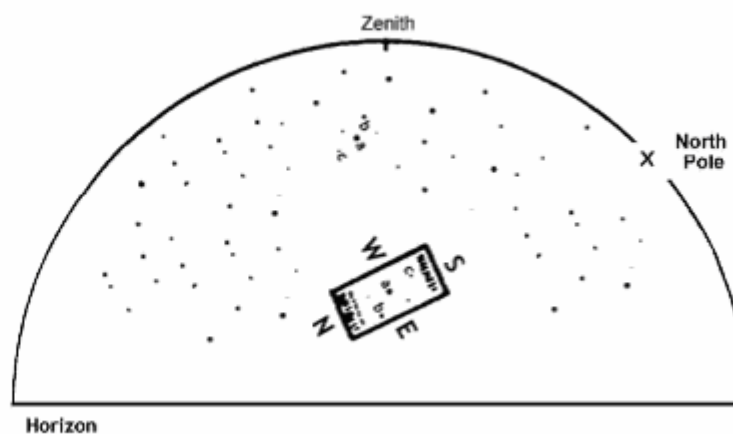
**Κοιτώντας
Ανατολικά**



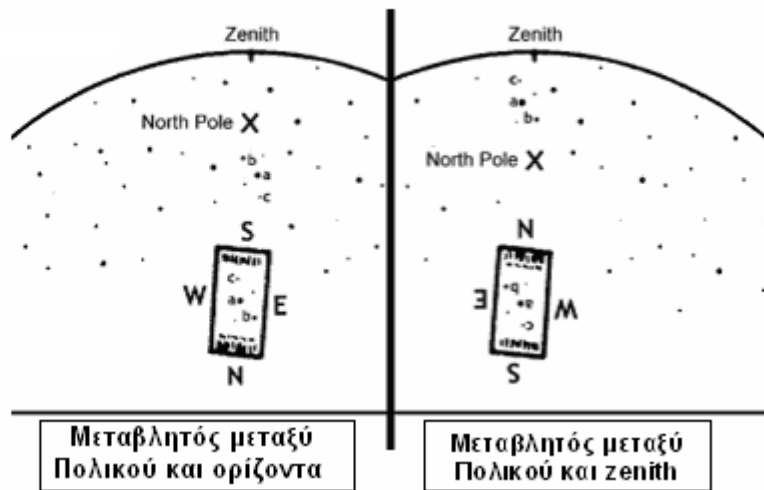
**Κοιτώντας
Νότια**



**Κοιτώντας
Δυτικά**



Κοιτώντας Βόρεια



Καλό είναι ο παρατηρητής ν'αποτυπώνει στο μυαλό του την πορεία που ακολούθησε, δημιουργώντας διάφορα νοητά σχήματα, όπως καμπύλες, τρίγωνα, ρόμβους, έτσι ώστε την επόμενη φορά θα φτάσει στον μεταβλητό πολύ πιο γρήγορα και ξεκούραστα. Μετά από μια μικρή εμπειρία, αφού παρατηρηθεί ο αστέρας αρκετές φορές, δεν θα χρειάζεται ούτε ο χάρτης για την ανεύρεση του. Πάντα όμως θα πρέπει να γίνεται μια επαλήθευση με τους γύρω αστέρες.

Αφού εντοπίσουμε τον μεταβλητό, τον παρατηρούμε για 1-2 δευτερόλεπτα, ώστε να πάρουμε μια ιδέα της λαμπρότητας του. Στη συνέχεια ψάχνουμε στην γύρω περιοχή να βρούμε δύο φωτομετρημένους αστέρες, εκ των οποίων ο ένας να είναι λίγο λαμπρότερος και ο άλλος λίγο αμυδρότερος του μεταβλητού. Το ιδανικό είναι - αν μπορούμε να διακρίνουμε και το χρώμα του μεταβλητού - να βρούμε αστέρες του ίδιου χρώματος. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι οι κόκκινοι αστέρες, που είναι και οι περισσότεροι μεταβλητοί, φαίνονται αμυδρότεροι από τους κίτρινους ή τους άσπρους. Για τον λόγο αυτό ποτέ δεν παρατηρούμε έναν κόκκινο αστέρα για πολλή ώρα. Το σφάλμα είναι σίγουρο. Φροντίζουμε, αν είναι δυνατόν, οι αστέρες συγκρίσεως να μην έχουν διαφορά μεγαλύτερη του μισού μεγέθους. Παρατηρούμε ξεχωριστά τον κάθε αστέρα και κρίνουμε για την λαμπρότητα του μεταβλητού. Αν υποθέσουμε ότι η λαμπρότητα του μεταβλητού είναι μεταξύ δύο αστέρων 8,5 και 9,0 μεγέθους, με επανειλημμένες εναλλαγές του ματιού μεταξύ των αστέρων, αποφασίζουμε για την διαφορά που έχει ο μεταβλητός με τους αστέρες συγκρίσεως. Ποτέ δεν παρατηρούμε τους δύο ή και τους τρεις αστέρες συγχρόνως. Η σωστή εκτίμηση θα γίνει όταν ο κάθε αστέρας τοποθετείται στο κέντρο του πεδίου, έτσι ώστε το είδωλο του ν'απεικονίζεται στο ίδιο σημείο της οπτικής επιφάνειας του ματιού. Σε αντίθετη περίπτωση θα έχουμε πιθανό σφάλμα στην εκτίμηση. Επίσης ποτέ δεν τοποθετούμε τον αστέρα στα όρια του προσοφθαλμίου όπου υπάρχουν παραμορφώσεις όσο καλό και αν είναι το όργανο που χρησιμοποιούμε.

Μόλις γίνει η σύγκριση και η εκτίμηση του μεγέθους του μεταβλητού καταγράφουμε την παρατήρηση σ'ένα ημερολόγιο με την εξής μορφή.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ	ΑΣΤ.ΣΥΓΚΡ.	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΗΜΕΡΑ-ΩΡΑ	J.D	ΧΑΡΤΗΣ
074922 U Gem.	13,8 – 14,5	14,1	5/1/06 – 21:30	2453741,3	S,B,2/97
.....

Στη στήλη **ΧΑΡΤΗΣ** το S φανερώνει ότι ο χάρτης είναι της σειράς Standard (γιατί υπάρχει και η σειρά Preliminary) το B είναι ο τύπος του χάρτη και το 2/97 η ημερομηνία έκδοσης του.

Ποτέ δεν πρέπει να προσπαθούμε να απομνημονεύσουμε τις εκτιμήσεις, ούτε να τις αλλοιώνουμε εκ των υστέρων. Κάτι τέτοιο θεωρείται έλλειψη επιστημονικής συνέπειας.

Οι παρατηρήσεις όμως δεν πρέπει να μένουν μόνο στο χαρτί. Για την καλύτερη αξιοποίηση τους στέλνονται σε αστρονομικές ενώσεις, οι οποίες συγκεντρώνουν παρατηρήσεις χιλιάδων παρατηρητών απ'όλον τον κόσμο. Έτσι υπάρχει συνεχής ροή πληροφοριών για την κατάσταση του κάθε αστέρα, την οποία μπορεί να παρακολουθήσει ο κάθε ερασιτέχνης παρατηρητής αλλά και να αποδειχθούν χρήσιμες στην παγκόσμια αστρονομική κοινότητα.

Οι παρατηρήσεις στέλνονται στις αστρονομικές ενώσεις ,από τα μέλη τους, είτε με e-mail σε ειδικούς πίνακες που διαθέτουν στο site τους, ή ταχυδρομικώς σε ειδικό έντυπο που εκδίδουν.

Η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρατηρείται η κάθε κατηγορία μεταβλητών είναι περίπου η εξής:

- * **Κηφείδες:** 1 ως 2 παρατηρήσεις κάθε βράδυ.
- * **Τύπου RR Lyrae:** Κάθε 10 λεπτά.
- * **Τύπου RV Tauri:** Μία φορά την εβδομάδα.
- * **Τύπου o Ceti:** Μία φορά την εβδομάδα.
- * **Ημικανονικοί:** Μία φορά την εβδομάδα.
- * **Εκρηκτικοί :** Κατά την διάρκεια της έκρηξης 1ως 2 παρατηρήσεις κάθε βράδυ.
- * **Συμβιωτικοί:** Μία φορά την εβδομάδα.
- * **Τύπου R Cr.B.** Κατά την διάρκεια του μεγίστου μία φορά την εβδομάδα. Στη διάρκεια του ελαχίστου κάθε βράδυ
- * **Εκλειπτικοί:** Κατά την διάρκεια της έκλειψης κάθε 10 λεπτά.
- * **Περιστροφικοί:** Κάθε 10 λεπτά.
- * **Τύπου Flare:** Συνεχώς για 15 τουλάχιστον λεπτά.
- * **Ανώμαλοι μεταβλητοί:** Μία φορά την εβδομάδα.
- * **Πιθανοί μεταβλητοί:** Κάθε βράδυ.

ΕΚΡΗΚΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΙ

Μία ενδιαφέρουσα ομάδα ανώμαλων μεταβλητών είναι οι εκρηκτικοί οι οποίοι σε σχετικά ακανόνιστα διαστήματα εκρήγνυνται εκτοξεύοντας ύλη στο μεσοαστρικό χώρο. Οι παρατηρήσεις αυτών των αστέρων έχουν αποσπάσει το ενδιαφέρον μου τα τελευταία χρόνια. Μετά από 35 περίπου χρόνια παρατήρηση σε μεταβλητούς όλων των τύπων, τα τελευταία 10 περίπου χρόνια ασχολούμαι σχεδόν αποκλειστικά με την παρατήρηση των εκρηκτικών ή κατακλυσμαίων αστέρων.

Για τις παρατηρήσεις μου χρησιμοποιώ τους χάρτες της A.A.V.S.O. και τηλεσκόπιο 40 εκ. Dobsonian της Meade.

Οι αστέρες αυτοί είναι συνήθως πολύ αμυδροί στο ελάχιστο (12-20 μέγεθος) και μόνο κατά την έκρηξη είναι δυνατόν να παρατηρηθούν. Η περίοδος τους παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Ενδεικτικές τιμές περιόδου, (δίχως αυτές να είναι καθόλου σταθερές), είναι του AB Dra με μέση περίοδο 12 ημέρες και του SW UMa με μέση περίοδο 450 ημερών. Δεδομένου ότι η έκρηξη διαρκεί 1-2 ημέρες, οι παρατηρήσεις πρέπει να είναι, όσο το δυνατόν, πιο συστηματικές, γιατί ποτέ δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων πότε θα αναλάμψει ένας αστέρας.

Περίπου 100 αστέρες αυτού του τύπου έχουν μελετηθεί ικανοποιητικά. Μερικοί από αυτούς είναι οι SS Cyg. U Gem. SS Aur. UU Aql. X Leo. SU UMa. RU Peg. SW UMa. TY Psc. AM Cas. UV Per. IR Gem.

Την ερμηνεία των εκρήξεων των αστέρων αυτών φαίνεται να μας την δίνει η φασματοσκοπική μελέτη τους.

Οι αστέρες είναι διπλοί με τα δύο μέλη να βρίσκονται σε σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ τους. Μία ζώνη μεταφοράς ύλης συνδέει τους δύο αστέρες και εναποθέτει ύλη στον μικρότερο και συνήθως πυκνότερο αστέρα. Η θερμοκρασία του αυξάνεται με αποτέλεσμα να επιταχύνονται οι πυρηνικές αντιδράσεις μέχρι του σημείου που ο αστέρας με μια έκρηξη εκτοξεύει στο διάστημα μέρος του εξωτερικού φλοιού του.

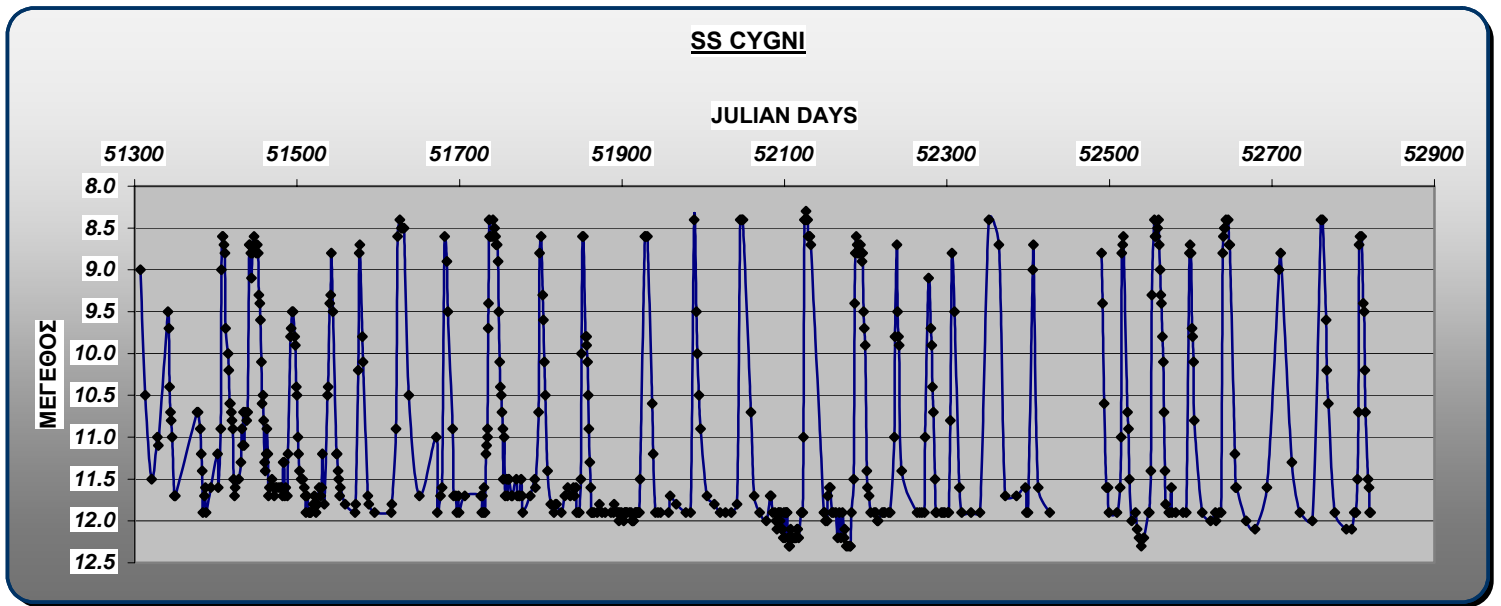
Για έναν ερασιτέχνη αστρονόμο οι πιο εύκολοι αστέρες για παρατήρηση είναι οι SS Cygni, U Geminorum, και ο SS Aurigae.

Ας δούμε μερικές λεπτομέρειες παραπάνω για τους αστέρες αυτούς.

SS Cygni.

Ανακαλύφθηκε το 1896 από την Miss L.D. Wells στο Harvard. Είναι ο αστέρας στον οποίο έχω κάνει τις πιο πολλές και συστηματικές παρατηρήσεις. Το διάγραμμα 1 είναι αποτέλεσμα παρατηρήσεων 4^{ωv} περίπου χρόνων.

Διάγραμμα 1



Ο SS Cygni είναι εντυπωσιακός λόγω των συχνών και ξαφνικών εκρήξεων του. Ο αστέρας είναι περίπου $12^{\text{ου}}$ μεγέθους και με μία περίοδο 30-80 ημερών αναλάμπει στο $8^{\text{ο}}$ μέγεθος σε διάστημα 1-1,5 ημερών. Η μέση περίοδος του είναι 51 ημέρες. Είναι ο πιο λαμπρός αστέρας των εκρηκτικών μεταβλητών και γι'αυτό είναι ιδανικός για παρατήρηση με σχετικά μικρά τηλεσκόπια. Ο SS Cyg παρουσιάζει 2 κυρίως τύπους μεγίστων. Ο ένας διαρκεί 5-10 ημέρες και ο άλλος 1-2 ημέρες. Ένας τρίτος τύπος μεγίστου συμβαίνει πολύ σπάνια και διαρκεί 20-25 ημέρες.

Από φασματοσκοπικές παρατηρήσεις πρόκειται για ένα διπλό σύστημα αστέρων. Το ένα μέλος είναι *κίτρινος νάνος* ηλιακού τύπου με φάσμα G5 και το άλλο μέλος είναι ένας *θερμός μπλέ νάνος* με φάσμα B. Το ζεύγος έχει περίοδο περιφοράς γύρω από το κέντρο βάρους του συστήματος 0,27 ημέρες ή 6,5 ώρες. Είναι από τις συντομότερες περιόδους που παρουσιάζουν οι εκρηκτικοί αστέρες. Η μάζα του κάθε μέλους δε ξεπερνά σχεδόν την μισή ηλιακή μάζα, ενώ οι διάμετροί τους φθάνουν το 0,9 της ηλιακής διαμέτρου για τον κίτρινο αστέρα και 0,1 της ηλιακής διαμέτρου για τον μπλέ αστέρα.

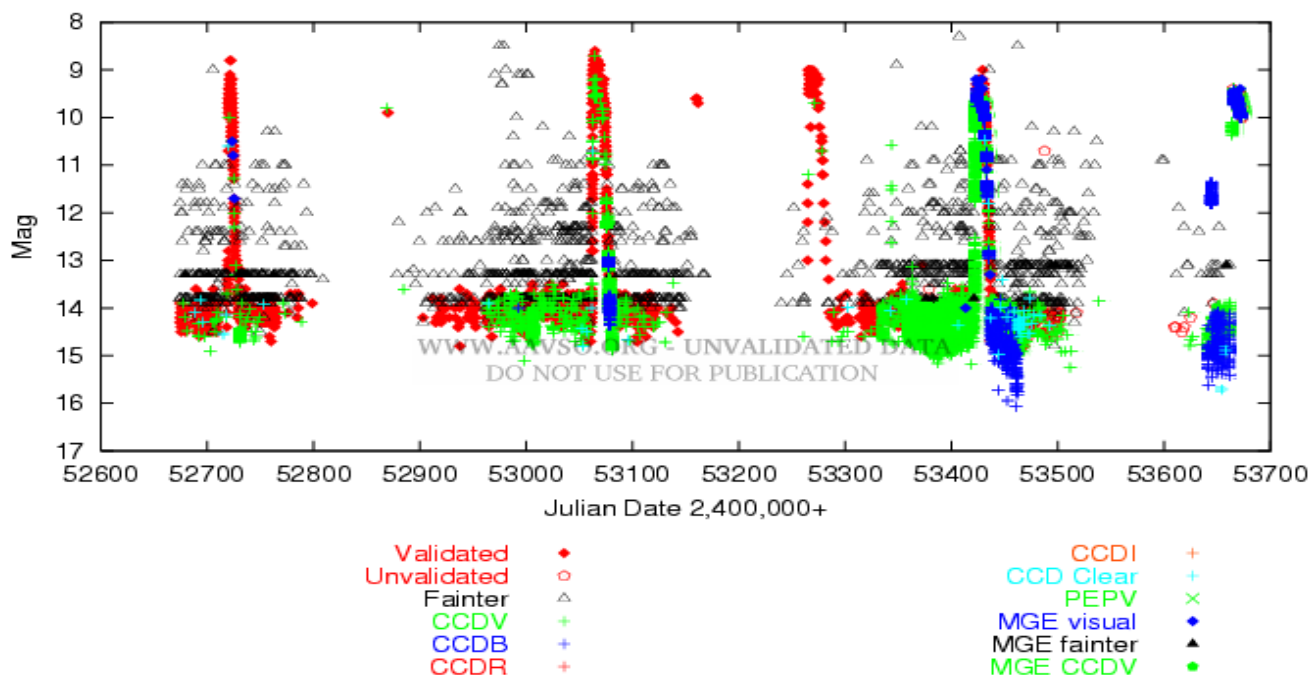
Μία συνεχής ροή μάζας υπάρχει από τον κίτρινο προς τον μπλέ νάνο, σχηματίζοντας γύρω του ένα δίσκο που επικάθεται στον μπλε αστέρα αυξάνοντας την θερμοκρασία του έως ότου αυτός αναγκαστεί να εκραγεί για να απελευθερώσει ένα μέρος της επιπλέον ενεργείας του. Μετά την έκρηξη ακολουθεί μία περίοδος σχετικής ηρεμίας δυνάμεων μέχρι να φθάσει ο επόμενος κύκλος έκρηξης.

Το φάσμα του μπλε αστέρα από τύπου B φθάνει κατά την έκρηξη να γίνεται τύπου A0 και είναι τόσο έντονο που να καλύπτει και το φάσμα του κίτρινου αστέρα. Και κατά την διάρκεια του ελαχίστου όμως ο SS Cyg παρουσιάζει μικρές μεταβολές της τάξεως του 0,2 μεγέθους με δύο περιόδους των 10 λεπτών και 2-3 ωρών.

Ο W.J.Laysten το 1965 μέτρησε την ετήσια παράλλαξη του SS Cyg, η οποία είναι 0,12 δευτερόλεπτα και είναι η μεγαλύτερη που έχει μετρηθεί σε αστέρα αυτού του τύπου. Αργότερα ο B.V.Kukarkin προσδιόρισε την απόσταση του από τον ήλιο σε 90 έτη φωτός. Σύμφωνα με αυτό το απόλυτο μέγεθος του συστήματος είναι, στο ελάχιστο +9,5 δηλαδή 0,0145 του ηλίου. Ακόμα και στο μέγιστο η λαμπρότητα του συστήματος φθάνει μόλις τη μισή του ηλίου. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που διακρίνει τους εκρηκτικούς αυτού του τύπου από τους novae, των οποίων η λαμπρότητα είναι πολύ μεγαλύτερη.

U GEMINORUM

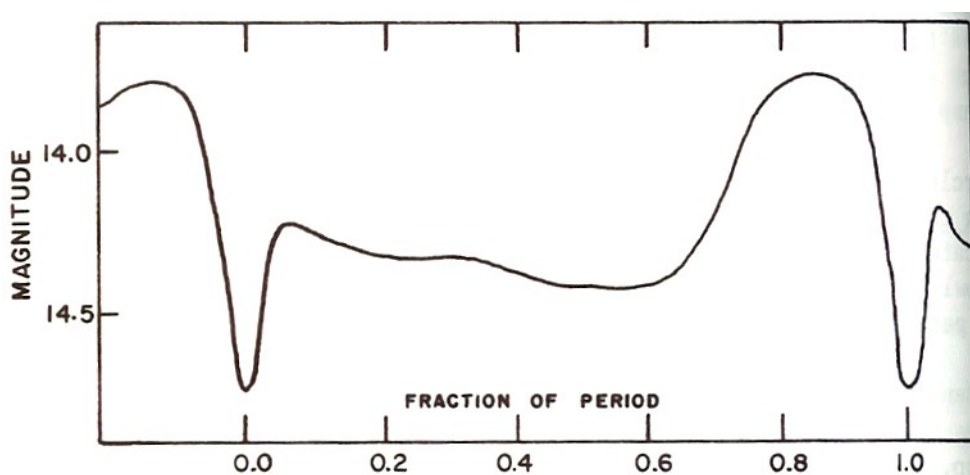
Ανακαλύφθηκε από τον J.R. Hind το 1855. Είναι αστέρας 14^{ου} μεγέθους, ο οποίος σε διαστήματα 50-200 ημέρες αυξάνει την λαμπρότητα του στο 8,8-9,0 μέγεθος. Η άνοδος δεν διαρκεί περισσότερο από 2 ημέρες ενώ η κάθοδος του στο ελάχιστο διαρκεί 8-15 ημέρες. Παρουσιάζει δύο τύπους μεγίστου, ένα με διάρκεια 15-17 ημέρες και ένα σύντομο 5-9 ημερών, το οποίο είναι και το πιο συνηθισμένο. Το διάγραμμα 2 είναι από το αρχείο της AAVSO και δείχνει τις μεταβολές του αστέρα σε διάστημα 1000 ημερών.



Διάγραμμα 2

Ο U Gem. αποτελείται από ζεύγος αστέρων. Ένας θερμός μπλέ αστέρας φασματικού τύπου dBe (Νάνος τύπου B με γραμμές εκπομπής) και ένας νάνος τύπου G. Οι δύο αστέρες έχουν την μικρότερη γνωστή περίοδο περιφοράς με 0,1778 ημέρες ή 4,5 ώρες.

Το 1965 ο W. Krzeminski διαπίστωσε ότι το ένα από τα δύο μέλη είναι ένα πολύ γρήγορο εκλειπτικό ζεύγος με περίοδο 15 min και εύρος 13,9-14,7 μέγεθος. Η μεταβολή της λαμπρότητας λόγω εκλείψεως φαίνεται στο διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 3

Ο U Gem παρουσιάζει την δεύτερη μεγαλύτερη ετήσια παράλλαξη (μετά τον SS Cygni) 0.004 δευτερόλεπτα, η οποία σημαίνει ότι βρίσκεται σε απόσταση 300 περίπου ετών φωτός από τον ήλιο. Το απόλυτο μέγεθος του ζεύγους είναι στο ελάχιστο +9,1 δηλαδή 0,02 της λαμπρότητας του ήλιου και στο μέγιστο +4,1 ή 1,9 της ηλιακής λαμπρότητας. Οι δύο αστέρες του ζεύγους έχουν μάζες 1,3 και 1,2 της ηλιακής μάζας για

τον κόκκινο και μπλέ αστέρα αντίστοιχα, ενώ η διάμετρος τους φθάνει τα 0,7 και 0,025 της ηλιακής.

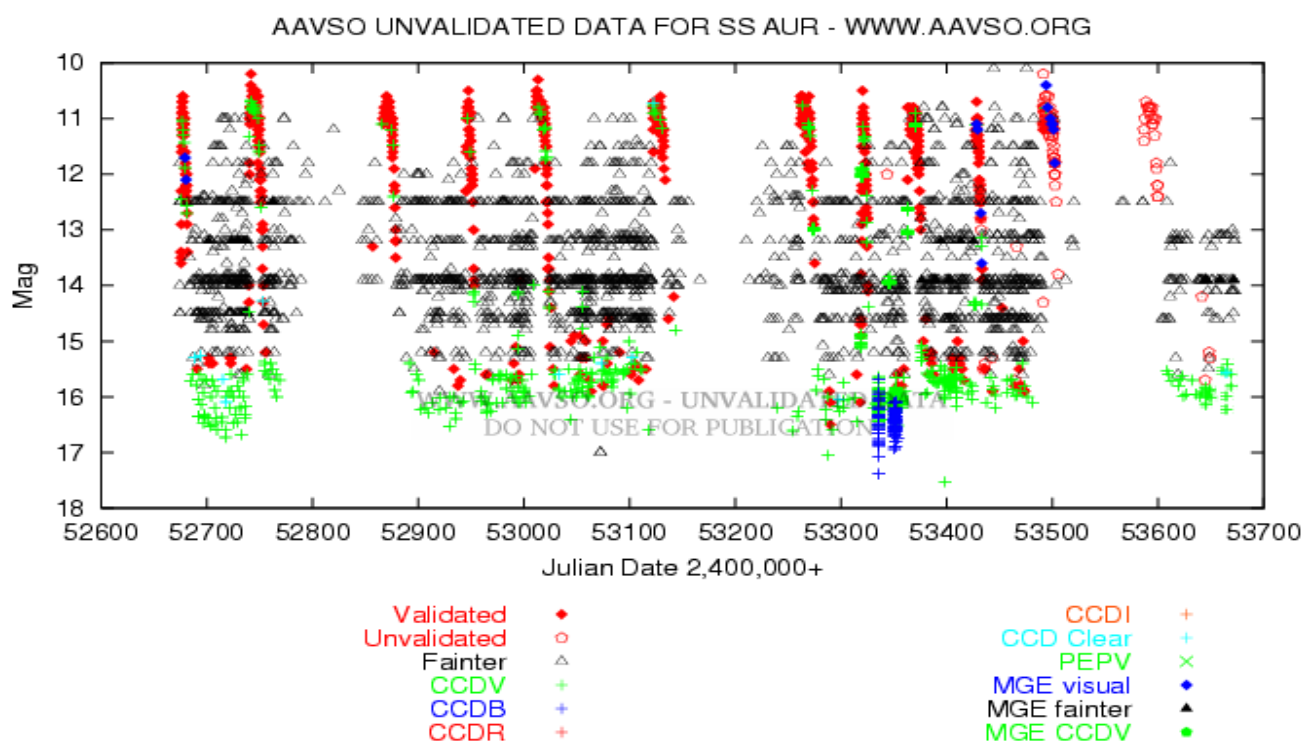
Ο μηχανισμός της έκρηξης και για τον U Geminozum είναι παρόμοιος με αυτόν του SS Cygni υπεύθυνος για την έκρηξη είναι και εδώ ο μπλέ «βαρύς» αστέρας.

SS AURIGAE

Είναι ο πιο αμυδρός από τους προηγούμενους εκρηκτικούς. Στο ελάχιστο είναι αστέρας 15^{ου} μεγέθους, ενώ στο μέγιστο φθάνει το 10-11 μέγεθος με μέσο όρο περιόδου 100 ημέρες. Σε σπάνιες περιπτώσεις μεταξύ των κυρίων μεγίστων παρουσιάζει δευτερεύοντα μέγιστα στο 13,0 μέγεθος.

Αποτελείται και αυτός από δύο νάνους αστέρες με περίοδο περιφοράς περίπου 5 ώρες. Με μία ετήσια παράλλαξη της τάξης των 0,03 δευτερολέπτων ο SS Aurigae βρίσκεται σε απόσταση 350-400 ετών φωτός.

Το διάγραμμα 4 είναι από το αρχείο της AAVSO και δείχνει τις μεταβολές του αστέρα σε διάστημα 1000 ημερών.



Διάγραμμα 4

Πληροφορίες σχετικές με τους μεταβλητούς αστέρες μπορεί να βρει ο κάθε ενδιαφερόμενος στις εξής διευθύνσεις:

www.konkoly.hu/

www.aavso.org/

www.cdsweb.u-strasbg.fr/afoev/

www.rasnz.org.nz/

...Καλές παρατηρήσεις!!!