

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**



ΘΕΜΑ

**Ψηφιακή Ανάλυση Και Αρχαιοθέτηση Δεδομένων
Μεταβλητών Αστέρων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΚΕΣΚΙΛΙΔΟΥ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Ι. Χ. ΣΕΙΡΑΔΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ : ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

1.1	Εισαγωγή	
1.2	Είδη φωτομετρίας.....	8
1.3	Φωτομετρικά Συστήματα	9
1.4	Ανιχνευτές – Ιδανικός ανιχνευτής.....	12
1.5	Τηλεσκόπια.....	13
1.6	Φωτοηλεκτρική Φωτομετρία. Μέρη φωτομετρικού συστήματος..	15
1.7	Θόρυβοι.....	17
1.8	Ατμοσφαιρικές διαταραχές.....	19
1.9	Φωτομετρία μεταβλητών αστερών	22
1.10	Φωτομετρικές παρατηρήσεις αστρικών κηλίδων	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΑΣΤΕΡΕΣ ΕΚΛΑΜΨΕΩΝ

2.1	Εισαγωγή	29
2.2	Οπτικά και φασματικά παρατηρησιακά δεδομένα αστερών εκλάμψεων	32
2.3	Γενικά χαρακτηριστικά.....	34
2.4	Θεωρητική Προσέγγιση – Φυσική Ερμηνεία	38

2.5	Κύκλοι δραστηριότητας, συσχετίσεις με το αντίστοιχο ηλιακό φαινόμενο	40
2.6	Νεότερος κατάλογος αστέρων εκλάμψεων	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ : ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΣΤΕΦΑΝΙΟΥ

3.1	Γενικά	48
3.2	Πρόγραμμα Παρατηρήσεων	50
3.3	Περιγραφή τηλεσκοπίου και εξαρτημάτων για Φωτοηλεκτρική Φωτομετρία	51
3.4	Στάδια Μελέτης	53
3.5	Κύρια στάδια ανάλυσης δεδομένων : Ιστορικό.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1	Εισαγωγή	63
4.2	Περιγραφή μελέτης.....	63
4.3	Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις	67
4.4	Παρατηρήσεις	74

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετάτε η φωτοηλεκτρική φωτομετρία των μεταβλητών αστέρων και δίνονται μερικά σύγχρονα στοιχεία για την πρόοδο της φωτομετρίας των αστέρων εκλάμψεων (flare stars). Στη συνέχεια μελετώνται φωτοηλεκτρικές παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί απο το Αστεροσκοπείο Στεφανίου, Κορινθίας. Κατ'αρχήν γίνεται μια αρχειοθέτηση όλων των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από την αρχή λειτουργίας του Αστεροσκοπείου Στεφανίου (1971). Επίσης παρουσιάζεται η πρώτη ανάλυση των δεδομένων που έχουν ληφθεί σε ψηφιακή μορφή, χρησιμοποιώντας τον νέο καταγραφέα του Αστεροσκοπείου (απόκτημα των τελευταίων τριών ετών), κατά τις περιόδους *Οκτωβρίου 2001* και *Φεβρουαρίου & Οκτωβρίου 2002*. Τέλος συγκρίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτών των δεδομένων, με τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων έτσι όπως λαμβάνονταν με την προηγούμενη μέθοδο (καταγραφή μόνο σε καταγραφικό χαρτί με την χρήση του παλαιού καταγραφέα και ψηφιοποίηση των μετρήσεων ανά 0.02 ή 0.04 λεπτά)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική αυτή δεν θα μπορούσε να είχε φτάσει εις πέρας αν δεν είχαν συντελέσει σε αυτό κάποιοι άνθρωποι. Θα ήταν μεγάλη παράλειψή μου αν δεν τους ανέφερα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον *Μάριο Χατζίκο* που τώρα συνεχίζει τις σπουδές του στην Αμερική. Η βοήθειά του και η συμπαράστασή του στην αρχή της ενασχόλησής μου με το θέμα, ήταν αναντικατάστατη. Η προθυμία έπειτα του *Κώστα Λιακάκη* για συζήτηση πάνω στον τρόπο καταγραφής των δεδομένων και βοήθεια σε κάθε πρόβλημα που εμφανιζόταν, καθώς και η προσωπική του συμβολή στην διεξαγωγή των παρατηρήσεων με την παρεύρεσή του στο Αστεροσκοπείο του Στεφανίου, είναι πράγματα που δεν θα έκανε ο καθένας στη θέση. Ειλικρινά τον ευχαριστώ και εγώ και ο επιβλέπων καθηγητής μου πάρα πολύ.

Δεν είναι εύκολο να βρω τον κατάλληλο τρόπο για να χαρακτηρίσω την συνεργασία μου με τον κ. *Σειραδάκη*. Με λίγα λόγια ήταν άριστη. Τόσο η εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθόλη την διάρκεια της ενασχόλησής μου με την διπλωματική, όσο και η διαρκής συμπαράσταση και βοήθεια που μου προσέφερε, έκαναν τα πράγματα για μένα πολύ πιο ευχάριστα. Τον ευχαριστώ πολύ για όλα. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κ. *Αυγολούπη*. Η συνεισφορά του ειδικά στο δεύτερο μέρος αυτής της διπλωματικής είναι κυρίαρχης σημασίας. Τον ευχαριστώ για τις ατελείωτες ώρες που δούλεψε υπομονετικά μαζί μου αναλύοντας τα ψηφιακά δεδομένα και μαθαίνοντας μου πράγματα τόσο για την διεξαγωγή των παρατηρήσεων όσο και για τους αστέρες εκλάμψεων. Όλες οι συζητήσεις μας, τόσο επιστημονικές όσο και φιλοσοφικές, αποτελούν ένα πολύ σημαντικό εφόδιο για την πορεία μου και γενικά για την υπόλοιπη ζωή μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα παιδιά του Αστεροσκοπείου Θεσσαλονίκης για το φιλικό κλίμα και την συμπαράσταση όλων αυτόν τον καιρό.

Η ενασχόληση μου με την εργασία αυτή είναι ίσως ότι καλύτερο έχω να θυμάμαι από τα Τμήμα Φυσικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

1.1 Εισαγωγή

Η φωτομετρία είναι ένα από τα βασικά εργαλεία των παρατηρησιακών αστρονόμων για την μελέτη των αστρικών αντικειμένων. Οι φωτομετρικές διατάξεις καταγράφουν τη φωτεινή ενέργεια που φτάνει στον δέκτη τους όταν αυτός στραφεί προς ένα από τα ουράνια αντικείμενα του βραδινού – κυρίως – ουρανού. Με αυτόν τον τρόπο, καταγράφουν την εκπομπή ακτινοβολίας από τα αντικείμενα του ουρανού σε διάφορες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθώς και μεταβολές στην φαινόμενη λαμπρότητά τους. Η τελευταία συνήθως εκφράζεται σε $\text{erg sec}^{-1} \text{cm}^{-2}$ ή σε W m^{-2} ή και έτσι όπως ορίστηκε από τον Ίππαρχο και τον Πτολεμαίο σε αστρικά μεγέθη m , ενώ χαρακτηριστικό μέγεθος αποτελεί η ειδική ένταση, $I_\nu(r)$:

$$I_\nu(\bar{r}) = \frac{dE_\nu}{d\Omega dt d\nu dA}, \bar{r} = rn \quad (1.1)$$

όπου • dA η ακτινοβολούσα επιφάνεια

• dE_ν η φωτεινή ενέργεια

• $d\Omega$ στερεά γωνία στην οποία περικλείεται η φωτεινή ενέργεια.

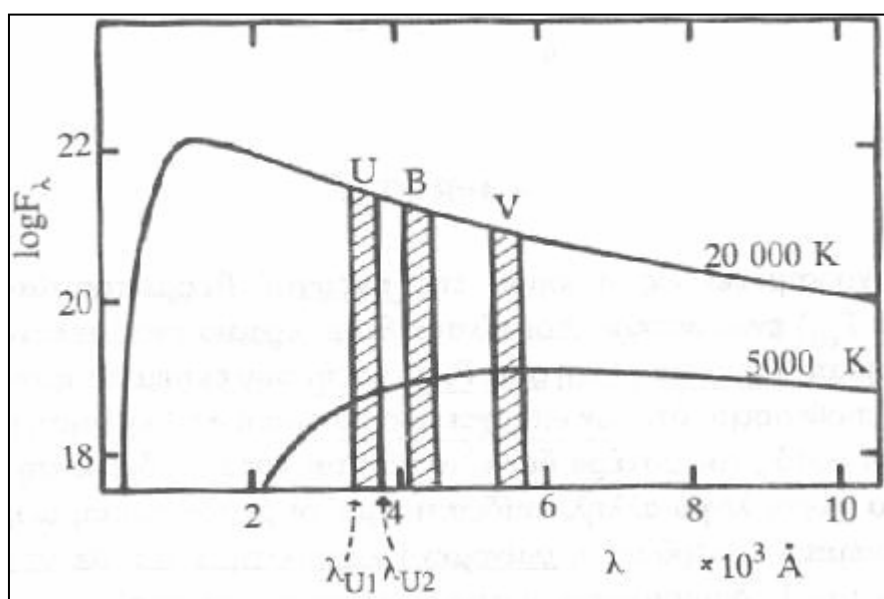
Η ολική ένταση, αν και αποτελεί το κατεξοχήν μέγεθος που υποδηλώνει την ενέργεια της πηγής – κάτι που είναι πρωταρχικής σημασίας για την μελέτη των αστερών, εν τούτοις δεν αποτελεί μετρούμενο φυσικό μέγεθος. Υπολογίζουμε λοιπόν τις τρεις πρώτες ροπές την έντασης ως προς την ποσότητα $\cos\theta$, που είναι αντίστοιχα οι:

$$\bullet \text{ Πυκνότητα Ακτινοβολίας : } U_\nu(r) = \int_0^{2\pi} \frac{I_\nu(r)}{c} d\Omega \quad (1.2)$$

$$\bullet \text{ Πυκνότητα Ροής : } F_\nu(r) = \int_0^{2\pi} I_\nu(r) \cos\theta d\Omega \quad (1.3)$$

$$\bullet \text{ Πίεση Ακτινοβολίας : } P_\nu(r) = \frac{1}{c} \int_0^{2\pi} I_\nu(r) \cos^2\theta d\Omega \quad (1.4)$$

Τα μάτια μας και τα φωτογραφικά φιλμ είναι ευαίσθητα σε διαφορετικά μήκη κύματος. Έτσι αστέρες που έχουν το ίδιο οπτικό μέγεθος, αλλά διαφορετικά χρώματα, έχουν και διαφορετικά φωτογραφικά μεγέθη. Αν το φως τους αποτυπωθεί σε φωτογραφική πλάκα, οι θερμοί μπλε αστέρες θα φαίνονται φωτεινότεροι από τους ψυχρούς κίτρινους και κόκκινους αστέρες, οι οποίοι θα φαίνονται φωτεινότεροι κατά μια οπτική παρατήρηση, μια καθαρή βραδιά. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν πως χρειαζόμαστε έναν πιο απόλυτο τρόπο μέτρησης της ακτινοβολίας των αστέρων. Γι' αυτό, από το 1960 χρησιμοποιούνται τα πρότυπα φίλτρα U, B, V που επιτρέπουν από την συνολική ακτινοβολία που στέλνει ένας αστέρας, να διέλθει μόνο αυτή που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. (Εικόνα 1.1). Αποκτούμε έτσι ένα ενιαίο μέτρο σύγκρισης.

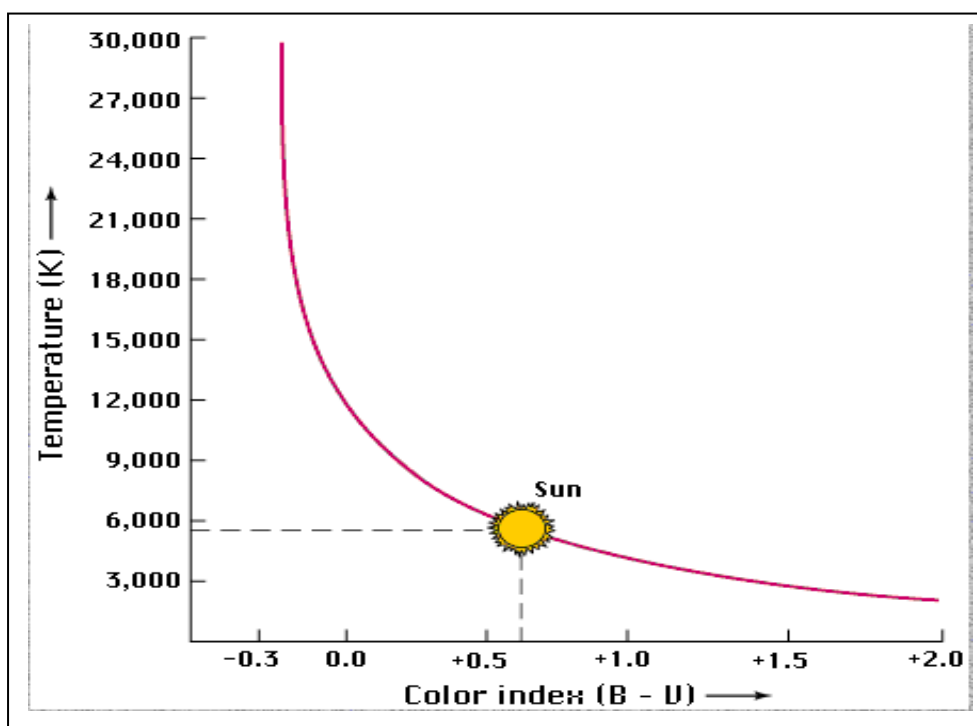


Εικόνα 1.1: Φασματικές περιοχές απόκρισης φίλτρων για ακτινοβολία σώματος θερμοκρασίας $T_{\text{eff}}=5000$ και 20.000k

Επίσης στη φωτομετρία, χρησιμοποιούνται ευρύτατα και οι δείκτες χρώματος CI και οι $U - B$, $B - V$, που αποτελούν 3, ανεξάρτητες απόστασης, συναρτήσεις της θερμοκρασίας. Η μεγάλη αξία των δεικτών χρώματος γίνεται άμεσα προφανής και από τη χρήση τους στο διάγραμμα $H - R$ (Εικόνα 1.2) ενώ επίσης πολύ χρήσιμο είναι και το διάγραμμα των δύο χρωμάτων.

Τέλος σε θεωρητικούς υπολογισμούς, χρήσιμος είναι και ο ορισμός του βολομετρικού μεγέθους, που όπως ορίστηκε από τον Eddington το 1926, εφόσον ο αστέρας εκπέμπει ως μέλαν σώμα, είναι μέτρο της θερμοκρασίας του αστέρα, όπως ακριβώς το οπτικό μέγεθος είναι μέτρο της φωτεινής ακτινοβολίας του..

Η ατμόσφαιρα ενός αστέρα απορροφά επιλεκτικά ορισμένα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπει η φωτόσφαιρα του, ανάλογα με τη χημική σύσταση και τη θερμοκρασία της. Μελετώντας τις χαρακτηριστικές γραμμές απορρόφησης (αλλά και εκπομπής) είναι δυνατόν να κατατάξουμε τους αστέρες σε διάφορους φασματικούς τύπους..



Εικόνα 1.2 : Διάγραμμα H-R με τετμημένη τον δείκτη χρώματος (B-V)₀,

1.2 Είδη φωτομετρίας

Η φωτομετρία σήμερα πραγματοποιείται με τρεις τρόπους:

- με οπτική φωτομετρία, που επιτελείται είτε με φωτόμετρα απορρόφησης είτε με φωτόμετρα σύγκρισης.

- με φωτογραφική φωτομετρία, με δυνατότητες εστιακής ή εξωεστιακής φωτογράφισης και τέλος
- με φωτοηλεκτρική φωτομετρία που είναι αυτή που χρησιμοποιείται από το Αστεροσκοπείο Στεφανίου από το 1971.

Στη συνέχεια δεν θα αναφερθούμε λεπτομερώς στα διάφορα είδη φωτομετρίας. Μια πιο λεπτομερή ανάλυση θα γίνει μόνο για την φωτοηλεκτρική φωτομετρία, που αφορά και ένα σημαντικό μέρος της διπλωματικής αυτής.

1.3 Φωτομετρικά Συστήματα

Τα φωτομετρικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί, έχουν ως σκοπό τη μέγιστη κάθε φορά απόδοση των φωτομετρικών οργάνων στα οποία χρησιμοποιούνται. Για κάθε λοιπόν φωτομετρικό όργανο, υπάρχει, εκ κατασκευής το κατάλληλο φωτομετρικό σύστημά. Η καλύτερη απόδοση ενός συστήματος, θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν δυο ακραίες περιπτώσεις: (α) Αν επιλέξουμε να παρατηρήσουμε πολύ στενές περιοχές του φάσματος, ο αριθμός των φωτονίων που καταγράφονται θα είναι πολύ μικρός ώστε να υπάρχουν προβλήματα ψηφιοποίησης και να μη μπορεί κανείς να κάνει σωστή στατιστική μελέτη ενώ παράλληλα η επίδραση των γραμμών εκπομπής ή απορρόφησης, θα είναι πολύ σημαντική, αλλοιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα. Από την άλλη, πολύ ευρείες φασματικές περιοχές, θα μειώνουν την διακριτική ικανότητα του οργάνου σε σημαντικά φασματικά χαρακτηριστικά. Η σωστότερη λοιπόν επιλογή είναι κάπου ενδιάμεσα.

Τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα φωτομετρικά συστήματα, είναι το σύστημα UBV(RI) (ή σύστημα Johnson – Morgan), το σύστημα JHKLM για υπεριώδεις ακτινοβολίες, το σύστημα της Γενεύης UBVB₁B₂V₁G, το σύστημα unby (για την περιοχή των ακτίνων Strömgren), μερικά συστήματα για την περιοχή Ηα και το σύστημα unby του Hubble Space Telescope, που χρησιμοποιείται και για φωτομετρία ευρέους πεδίου - CCD. Υπάρχουν φυσικά και άλλα συστήματα, αλλά για τη φωτομετρία ειδικά των αστερών εκλάμψεων, τα παραπάνω συστήματα είναι αυτά που κυρίως

χρησιμοποιούνται. Παρακάτω θα αναφέρουμε μερικές λεπτομέρειες για κάποια από αυτά ώστε να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός τους.

• Σύστημα Johnson – Morgan

Είναι το πρώτο σύστημα που αναπτύχθηκε έχοντας ως βάση το φωτογραφικό σύστημα RGU και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για φωτογραφική, όσο και για φωτοηλεκτρική φωτομετρία. Η κατάταξη των αστερών κατά φασματικό τύπο μόνο, δεν μας παρέχει πληροφορίες για το αστρικό μέγεθος τους και για την μεσοαστρική απορρόφηση. Γι' αυτό χρειάζονται δυο δείκτες χρώματος, δηλαδή δύο συναρτήσεις της θερμοκρασίας και του απόλυτου μεγέθους για να έχουμε μια σωστή εκτίμηση των παραπάνω παραγόντων. Για δύο δείκτες χρώματος, χρειαζόμαστε 3 φίλτρα. Στο σύστημα Johnson, τα τρία φίλτρα αυτά, είναι το V για την οπτική περιοχή, το B για την μπλε και το U για την υπεριώδη. Το φωτομετρικό αυτό σύστημα, έχει κατά περίπτωση και δυνατότητες για προσθήκη φίλτρων στα 700nm (R-Band) και 900nm (I-Band) που επηρεάζονται λιγότερο από την μεσοαστρική απορρόφηση. Η απόκριση των φίλτρων – λ_0 , και $\Delta\lambda$, φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 : Περιοχές απόκρισης φίλτρων του συστήματος Johnson

Σύμβολο	λ_0 (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)
U	365	70
B	440	100
V	550	90
R	720	220
I	900	240

• Σύστημα JHKLM

Και αυτό το σύστημα, αν και για προφανείς λόγους (π.χ. να μην συγχέεται με το προηγούμενο) δεν έχει το όνομά του, προτάθηκε από τον Johnson. Τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του φαίνονται στον Πίνακα 2. Επειδή η

παρατήρηση σε αυτά τα μήκη κύματος περιλαμβάνει περιοχές στις οποίες ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και την θέση του παρατηρητηρίου μπορεί να υπάρχει έντονη ατμοσφαιρική απορρόφηση, η χρήση του συγκεκριμένου συστήματος γίνεται αρκετά δύσκολη για επίγειες παρατηρήσεις και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα αποτελέσματα να αντικατοπτρίζουν την πραγματική ακτινοβολία των υπό παρατήρηση αστρικών αντικειμένων.

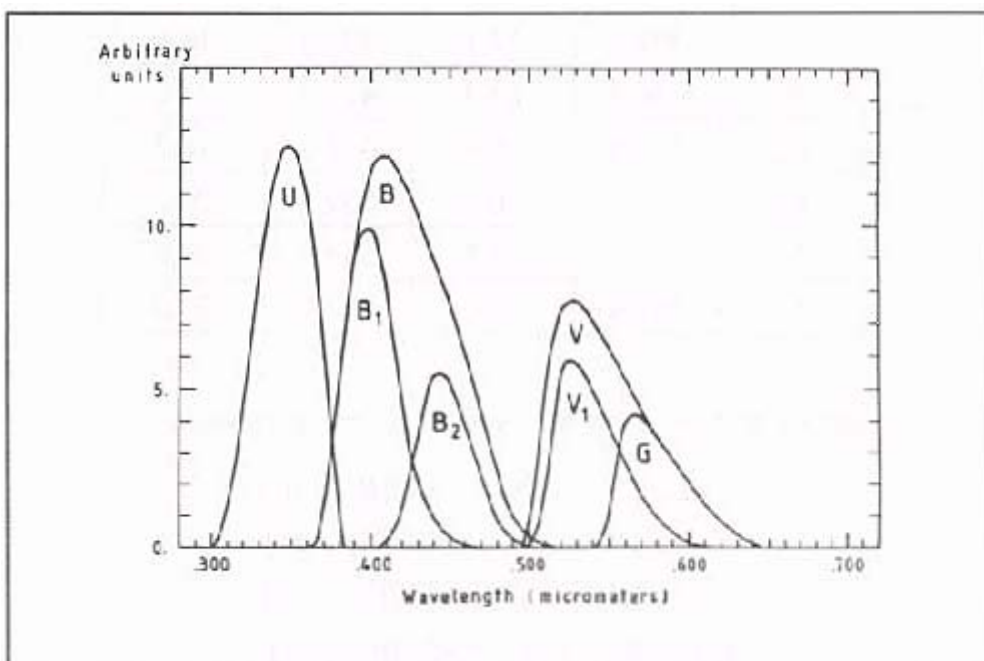
Πίνακας 2 : Περιοχές απόκρισης φίλτρων του συστήματος JHKLM

Σύμβολο	λ_0 (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	Waveband(μm)
J	1.25	380	1.1-1.4
H	1.65	480	1.5-1.8
K	2.2	700	2.0-2.4
L	3.5	1200	3.0-4.0
M	4.8	5700	4.6-5.0

• Σύστημα Γενεύης

Το σύστημα της Γενεύης είναι από τα πιο αξιόπιστα φωτομετρικά συστήματα, μιας και οι περιοχές που επιλέγονται από τα φίλτρα (pass bands) είναι πολύ καλά καθορισμένες και ο τρόπος παρατήρησης καθώς και ο τρόπος ανάλυσης των δεδομένων, δεν έχει αλλάξει από τότε που καθορίστηκαν.

Γενικά η ομοιογένεια των παρατηρήσεων είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για κάθε αστεροσκοπείο - αυτός είναι και ένας λόγος που κάνει το Αστεροσκοπείο Στεφανίου μια από τις αξιόπιστες πηγές ομοιογενών παρατηρήσεων. Τα επιπλέον φίλτρα B1, B2, V1 και G βοηθούν ακριβώς σε αυτόν τον ακριβή καθορισμό των ορίων των παρατηρούμενων φασματικών περιοχών (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3 : Απόκριση φίλτρων για το σύστημα της Γενεύης

Το δημοφιλέστερο φωτομετρικό σύστημα, που κατά καιρούς έχει χρησιμοποιηθεί σε καμπάνιες φωτομετρίας αστέρων εκλάμψεων, είναι το διεθνές σύστημα Johnson UBV(RI) που χρησιμοποιείται από το Αστεροσκοπείο Στεφανίου και πολλά άλλα αστεροσκοπεία.

1.4 Ανιχνευτές – Ιδανικός ανιχνευτής.

Οι ανιχνευτές, αποτελούν ένα από τα κυριότερα μέρη των φωτομετρικών συστημάτων και γι' αυτό θα σταθούμε λίγο περισσότερο σε αυτούς. Η βασική τους λειτουργία είναι να μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια που λαμβάνουν σε θερμική, φωτοχημική ή ηλεκτρική ανάλογα με το υπόλοιπο σύστημα. Αν θέλαμε, δηλαδή να δώσουμε ένα ακριβή ορισμό του ανιχνευτή, θα λέγαμε ότι είναι μία αισθητήρια συσκευή. Ο βασικός του περιορισμός, που τον καθιστά χρήσιμο περισσότερο ή λιγότερο, είναι το μήκος κύματος στο οποίο αντιδράει. Ονομάζουμε pixel το μικρότερο στοιχείο ενός ανιχνευτή το οποίο μπορεί να αντιδράσει επαρκώς σε ένα σήμα. Για έναν φωτοπολλαπλασιαστή, η αισθητήρια περιοχή αντιστοιχεί σε ένα pixel. (Η αισθητήρια συσκευή μιας CCD (CCD chip) περιέχει μερικά εκατομμύρια pixel).

Όπως είναι ευκόλως αντιληπτό, ο ανιχνευτής είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες μιας σωστής και καλής παρατήρησης, και γι' αυτό πρέπει να επιλεγθεί και ελεγχθεί σωστά. Ο ιδανικός ανιχνευτής θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα ένα παρατηρούμενο γεγονός για κάθε φωτόνιο που λαμβάνει. Επιπλέον θα πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

- να μην αντιδρά όταν δεν έχει σήμα.
- να μπορεί να παραμένει σε σωστή λειτουργία για μεγάλα διαστήματα παρατήρησης.
- δεν πρέπει να υφίσταται κορεσμό ποτέ.
- να έχει γραμμική απόκριση στα σήματα που ανιχνεύει.
- πρέπει να έχει απείρως μικρή χωρική ανάλυση.
- να έχει τέλεια χρονική ανάλυση, δηλαδή στιγμιαία απόκριση σήματος.
- να έχει τέλεια φασματική ανάλυση, και τέλος
- να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συλλεκτική επιφάνεια.

Ακόμα και όταν όλα αυτά ισχύουν, η τελική ποιότητα των μετρήσεων θα καθορίζεται ουσιαστικά από το τηλεσκόπιο και από την ατμόσφαιρα γενικότερα, ενώ η ακρίβεια στο τελικό σήμα, περιορίζεται και από τους διάφορους θερμικούς θορύβους του ίδιου του ανιχνευτή, ή και πριν ακόμα από αυτόν, από τον θόρυβο των φωτονίων.

1.5 Τηλεσκόπια

Διάφορα τηλεσκόπια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φωτοηλεκτρική φωτομετρία. Η επιλογή του κατάλληλου είδους τηλεσκοπίου γίνεται με βάση δύο κριτηρίων. Πρώτων, την εύκολη παρακολούθηση του πεδίου παρατήρησης από τον παρατηρητή για τυχόν διορθώσεις και δεύτερον το συνολικό κόστος. Την πρώτη προϋπόθεση πληρεί το τηλεσκόπιο τύπου Cassegrain, και γι' αυτό και χρησιμοποιείται συχνά στις φωτοηλεκτρικές παρατηρήσεις. Άλλα κατάλληλα τηλεσκόπια είναι τα Νευτώνια ή και τα Nasmyth ενώ ακατάλληλα είναι τα Schmidt και τα Kutter.

Στα περισσότερα αστεροσκοπεία χρησιμοποιούνται κατοπτρικά τηλεσκόπια, με κάτοπτρα (γυάλινους καθρέπτες) με επίστρωση υψηλής ανακλαστικότητας. Συνήθως η επίστρωση είναι από αλουμίνιο με επικάλυψη μονοξειδίου του πυριτίου ώστε να προστατεύεται η στρώση αλουμινίου από διάβρωση και τριβή κατά τον καθαρισμό του κατόπτρου – εφόσον, φυσικά αυτός γίνεται. Το αλουμίνιο αντανακλά ικανοποιητικά την ακτινοβολία από τις υπέρυθρες ως τις υπεριώδεις ακτινοβολίες και ανήκει στα χημικώς ευσταθή στοιχεία, δηλαδή είναι αρκετά αξιόπιστο.

Όσον αφορά στη χρήση διοπτρικών τηλεσκοπίων, υπάρχουν δυο σημαντικά μειονεκτήματα. Ο γυάλινος φακός έχει ως αποτέλεσμα να κόβονται λίγο τα μικρά μήκη κύματος και έτσι μια παρατήρηση στο υπεριώδες θα δίνει μικρότερες τιμές μεγέθους από ότι στην πραγματικότητα. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι ότι ο δείκτης διάθλασης είναι συνάρτηση του μήκους κύματος και αυτό από μόνο του αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα όταν στην φωτομετρία η παρατηρήσεις γίνονται σε διάφορες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Επίσης υπεισέρχονται στις μετρήσεις διάφορα χρωματικά σφάλματα, που θέλουν διορθώσεις.

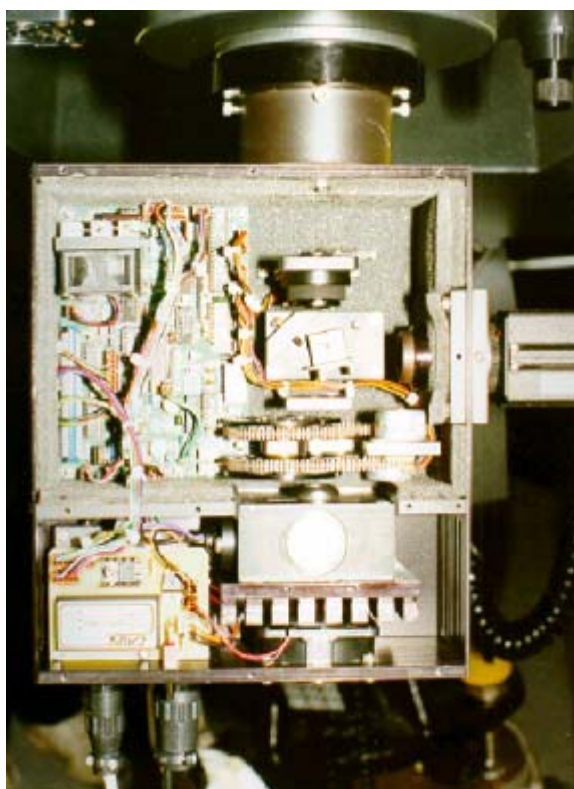
Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των τηλεσκοπίων, απαραίτητα για καλή φωτομετρία, είναι: μεγάλη διάμετρος D αντικειμενικού, για μεγαλύτερη συλλογή φωτονίων. Επίσης ο εστιακός λόγος $f/$ που ισούται με F/D , όπου F η εστιακή απόσταση του κατόπτρου ή του αντικειμενικού φακού, ή αντίστοιχα, ο λόγος $F/$ που ισούται με f/D που καθορίζει το σημείο εστίασης. Όσο πιο μικρός είναι ο εστιακός λόγος, τυχόν σκόνη στα φίλτρα, ή γρατσουνιές στο κάτοπτρο, δεν θα διακρίνονται ιδιαίτερα ώστε να δημιουργούνται προβλήματα κατά την λήψη και την επεξεργασία των μετρήσεων.

Το μέγεθος των τηλεσκοπίων που χρησιμοποιούνται για φωτομετρία είναι συνήθως της τάξης των 1 – 2 μέτρων. Μεγαλύτερα τηλεσκόπια, είναι καταλληλότερα κυρίως για φωτομετρία CCD για τα πιο μακρινά (και επομένως αμυδρά) αντικείμενα του ουρανού, ενώ πιο μικρά τηλεσκόπια, έχουν συνήθως μόνιμο φωτομετρικό σύστημα εγκατεστημένο.

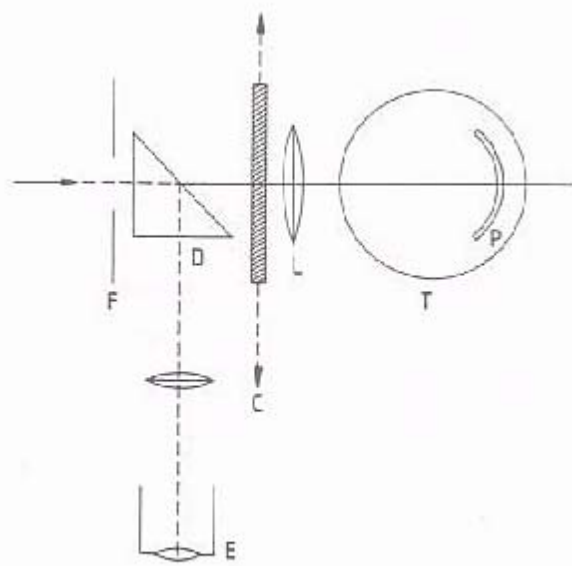
1.6 Φωτοηλεκτρική Φωτομετρία. Μέρη φωτομετρικού συστήματος

Η φωτοηλεκτρική φωτομετρία, αποτελεί τον πιο κλασικό τρόπο φωτομετρίας. Η δυνατότητες της φωτομετρίας εξαρτώνται από το φωτομετρικό σύστημα που χρησιμοποιείται. Ο απλούστερος τρόπος παρατήρησης είναι η καταγραφή ενός αστέρα σε ένα χρώμα. Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα παρατήρησης περισσότερων του ενός αστέρων ταυτόχρονα, καθώς επίσης και η δυνατότητα παρατήρησης του ίδιου αστέρα σε περισσότερα του ενός χρωμάτων ταυτόχρονα. Ανάλογα κάθε φορά με το σκοπό της παρατήρησης (και φυσικά τον εξοπλισμό των αστεροσκοπείων που παίρνουν μέρος στις παρατηρήσεις), υπάρχει και ο καταλληλότερος τρόπος. Πάντως γενικά είναι πολύ χρήσιμο και για το πιο απλό φωτομετρικό σύστημα, να υπάρχει η δυνατότητα παράλληλης παρατήρησης του αστέρα και του ουρανού του πεδίου του αστέρα καθώς σε κάθε ανάλυση και μελέτη οποιουδήποτε φαινομένου, χρειάζεται η παρακολούθηση της επίδρασης των διακυμάνσεων της φωτεινότητας του ουρανού στις μετρήσεις.

Ένα κλασσικό φωτοηλεκτρικό φωτόμετρο φαίνεται στην εικόνα 1.4α ενώ στην 4β έχει γίνει μια σχηματική παράσταση της λειτουργίας του φωτόμετρου. Το περιστρεφόμενο (επίπεδο) κάτοπτρο (flip-mirror) χρησιμεύει στο να στέλνει την δέσμη μια στον παρατηρητή για σκόπευση και διόρθωση και μια στον φωτοπολλαπλασιαστή.



α.



β.

Εικόνα 1.4 : α) Εσωτερική δομή φωτοηλεκτρικού φωτόμετρου β) Σχηματική αναπαράσταση αυτού. Τα διάφορα μέρη αυτού είναι F-διάφραγμα, D-περιστρεφόμενο κάτοπτρο, E-φακός εστίασης & προσοφθάλμιο σύστημα, C-σύστημα φίλτρων T-φωτοπολλαπλασιαστής.

Πολύ σημαντικός είναι και ο ρόλος του διαφράγματος. Το διάφραγμα απομονώνει το φως του αστέρα που θέλουμε να παρατηρήσουμε από το φως των άλλων αστέρων. Άρα το διάφραγμα που χρησιμοποιείται εξαρτάται από την πυκνότητα των αστέρων του πεδίου του αστέρα που παρατηρείται. Σε κάθε περίπτωση όμως το φως των αστέρων του πεδίου επηρεάζει έστω και αχνά το μετρούμενο φωτόρευμα. Το πρόβλημα αυτό δε λύνεται φυσικά με το να μικρύνουμε το διάφραγμα, γιατί δεν πρέπει (α) να εμποδίσουμε και το φως του αστέρα που μελετάμε να φτάσει στον φωτοπολλαπλασιαστή και (β) όσο πιο μικρό το διάφραγμα τόσο πιο γρήγορα ο αστέρας «φεύγει» από το πεδίο παρατήρησης λόγω ατελειών του αστροστάτη ή του προσανατολισμού του τηλεσκοπίου. Προσεκτική επιλογή με κατάλληλη βαθμονόμηση του

διαφράγματος βοηθά στην ελαχιστοποίηση αυτού του σφάλματος, όμως δεν είναι ποτέ δυνατή και η εξάλειψή του.

Τέλος δεν πρέπει να ξεχνάμε την θεμελιώδους σημασίας επίδραση των χρησιμοποιούμενων φίλτρων στην ομοιογένεια των παρατηρήσεων, ειδικά στα πλαίσια μιας διεθνούς καμπάνιας παρατηρήσεων στην οποία συμμετέχουν πολλών ειδών τηλεσκόπια. Τα πιο φτηνά φίλτρα, είναι τα γυάλινα. Αυτά μπορούν να δώσουν αρκετά σταθερές μετρήσεις για μεγάλα διαστήματα παρατήρησης. Το πιο σοβαρό σφάλμα αυτών, είναι ότι μερικά φίλτρα επιτρέπουν την διέλευση μέρους ακτινοβολίας και από άλλες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως π. χ. το U φίλτρο του διεθνούς συστήματος UBV, που έχει μια μικρή διαρροή στην περιοχή του υπερύθρου. Επίσης, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της παρατήρησης πάνω στα φίλτρα, έχει ως αποτέλεσμα γενικά την αύξηση της απορρόφησης άρα την μείωση της διερχόμενης ακτινοβολίας καθώς επίσης και το λεγόμενο redshifting δηλαδή την μετατόπιση της ακτινοβολίας που απορροφάται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Το άλλο είδος φίλτρων που χρησιμοποιείται ευρέως είναι τα φίλτρα συμβολής. Αυτά βασίζονται στην συμβολή δεσμών του φωτός που ανακλώνται μεταξύ δυο παράλληλων ανακλαστικών επιφανειών και συμβάλλουν θετικά ή αρνητικά ανάλογα με την απόσταση των επιφανειών αυτών συναρτήσει του μήκους κύματος, σύμφωνα με το νόμο του Bragg : $nd = m\frac{\lambda}{2}$ $nd = m\frac{\lambda}{2}$. Τέτοιου είδους φίλτρα κατασκευάζονται για να χρησιμοποιούνται κυρίως σε θερμοκρασίες 20° με 25° C και αποδίδουν σωστά όταν δεν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσου πάνω από 5°C ανά λεπτό.

1.7 Θόρυβοι

1.7.1 Θόρυβος Φωτονίων

Το φωτεινό σήμα που ξεκινάει από μια πηγή (π.χ. από ένα αστέρα) και φτάνει στο δέκτη, εδώ στη Γη, έχει εξ' αρχής έναν ενδογενή θόρυβο. Αυτός οφείλεται, σύμφωνα με το κβαντικό πρότυπο του φωτός, στα ίδια τα φωτόνια.

Τα φωτόνια, φτάνουν στο δέκτη – ανιχνευτή, με τυχαίο ρυθμό, όπως ακριβώς πέφτουν οι σταγόνες της βροχής. Οπότε η ανίχνευση φωτονίων κάθε στιγμή καθορίζεται από την τυχαία στατιστικά μεταβολή του χρόνου και του χώρου άφιξης αυτών. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται θόρυβος φωτονίων.

Έπειτα, τα φωτόνια τείνουν να ομαδοποιούνται και να εμφανίζονται σε ‘πακέτα’, κάτι που αυξάνει ακόμα περισσότερο τις διακυμάνσεις. Αγνοώντας αυτήν την ομαδοποίηση, ορίζουμε κατά Poisson, την πιθανότητα, σε χρόνο t , να φτάσουν στο δέκτη μας, ακριβώς i φωτόνια :

$$P(i) = e^{-n} n^i (i) \quad (1.5)$$

όπου n ο μέσος όρος των φωτονίων που φτάνουν σε χρόνο t . Μπορούμε να ορίσουμε αυτήν την πιθανότητα, όταν $\sigma^2 = n$. Αυτό το φαινόμενο, δεν είναι καθόλου αγνοήσιμο, αν αναλογιστεί κανείς την επίδραση του π.χ. στις φωτογραφίες - η κοκκίαση που παρατηρείται οφείλεται ακριβώς σε αυτό το φαινόμενο.

1.7.2 Άλλοι Θόρυβοι

Οι θόρυβοι γενικά είναι ο παράγοντας που μπορεί να ελεγχθεί λιγότερο από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα. Μπορεί να οφείλεται στην ίδια την ακτινοβολία (θόρυβος φωτονίων), στον ανιχνευτή, στο ηλεκτρονικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των δεδομένων, ή και στο τηλεσκόπιο (όταν δεν γίνεται σωστή συντήρηση αυτού).

Όσον αφορά το θόρυβο του ανιχνευτή, αυτός είναι ένα είδος θορύβου υποβάθρου. Για να τον αφαιρέσουμε μπορούμε να κάνουμε μια απλή μέτρηση όταν ο δέκτης μας δεν λαμβάνει φως. Η μέτρηση αυτή εξαρτάται από το «ρεύμα σκότους» και μπορούμε να την αφαιρέσουμε από το σήμα μας, ή γενικά να τη λάβουμε υπόψη μας κατά την επεξεργασία. Όταν πρόκειται για σταθερό ρεύμα σκότους, δεν εμφανίζονται ιδιαίτερες δυσκολίες, το βασικό πρόβλημα είναι όταν το αυτό παρουσιάζει διακυμάνσεις, ή εξαρτάται από συνδυασμό παραγόντων (προσθήκη ξηρού πάγου κατά την διάρκεια της

παρατήρησης μαζί με ατμοσφαιρικές διαταραχές κ. τ. λ.). Ένας πρώτος τρόπος αντιμετώπισης είναι να ολοκληρώνουμε το σήμα μας κατά όσο το δυνατόν μεγάλα διαστήματα και να λαμβάνουμε έτσι μια μέση τιμή, ώστε να απαλείψουμε, κατά το δυνατόν, αυτές τις διακυμάνσεις. Πρακτικά αυτό γίνεται με την χρήση ενός πυκνωτή μικρής χωρητικότητας.

Άλλος αρνητικός παράγοντας, είναι το σκοτεινό ή φωτεινό υπόβαθρο της περιοχής του ουρανού του μελετάμε καθώς και η διαταραχή της ατμόσφαιρας (seeing) η οποία προκαλεί αλλοίωση του σήματος κατά τη μετάδοσή του από την πηγή έως τον ανιχνευτή μας. Η θερμική ακτινοβολία των οργάνων που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλος μπελάς για την παρατήρηση στο υπέρυθρο, ενώ τέλος η κοσμική ακτινοβολία υποβάθρου, παίζει και αυτή το δικό της ρόλο στην παραμόρφωση του σήματος.

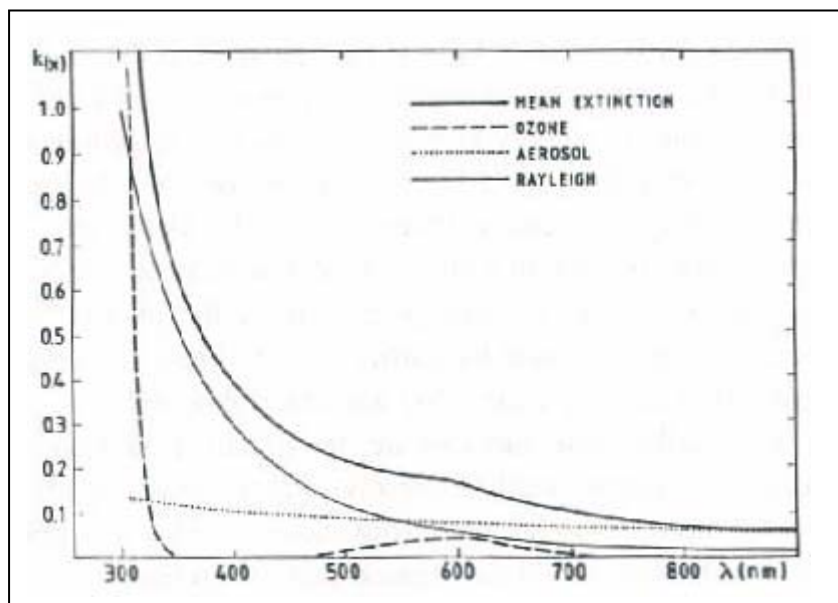
Ένας καλός τρόπος για να ορίσουμε την καταλληλότητα του οργάνου που χρησιμοποιούμε, είναι να προσδιορίσουμε την κβαντική απόδοση (quantum efficiency) του ανιχνευτή, που ορίζεται ως ο λόγος των τετραγώνων του λαμβανόμενου σήματος προς θόρυβο στην είσοδο και στην έξοδο του συστήματός μας :

$$DQE = \frac{\left(\frac{S}{N_{out}}\right)^2}{\left(\frac{S}{N_{in}}\right)^2} \quad (1.6)$$

1.8 Ατμοσφαιρικές διαταραχές

Η επίδραση της ατμόσφαιρας είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που υπεισέρχονται στα σφάλματα των φωτομετρικών μετρήσεων και πρέπει να μελετηθεί με τη μεγαλύτερη κατά το δυνατόν προσοχή. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι κατά τους οποίους επηρεάζεται η διερχόμενη μέσω της ατμόσφαιρας ακτινοβολία:

(α) Απορρόφηση της ακτινοβολίας. Δηλαδή, μπορεί ένα φωτόνιο να «εξαφανιστεί» τελείως, αν κατά την πρόσπτωσή του σε ένα μόριο, όλη η ενέργειά του μεταφερθεί στο μόριο αυτό. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη διέγερση του μορίου (υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση) και ίσως την εκπομπή δευτερεύουσας ακτινοβολίας από αυτό. Αν η ενέργεια είναι μεγάλη μπορεί ακόμα και να καταστρέψει το μόριο.



Εικόνα 1.5 : Ατμοσφαιρική διάχυση σε διάφορα μήκη κύματος.

(β) Διασπορά. Σε αυτήν την περίπτωση, η ακτινοβολία σκεδάζεται από σωματίδια με αποτέλεσμα να αλλάζει διεύθυνσή ή και να χάνει μέρος της αρχικής της ενέργειας. Η ατμοσφαιρική σκέδαση, είναι η ονομαζόμενη σκέδαση *Reyleigh* και είναι αυτή που οφείλεται σε σωματίδια του αέρα (μεγέθους $10^{-4} \mu\text{m}$) σε σωματίδια ομίχλης (μεγέθους 10^{-2} έως $1 \mu\text{m}$) και σε σταγονίδια βροχής (μεγέθους 1 έως $10 \mu\text{m}$). Η σκέδαση *Reyleigh* είναι ανάλογη του $\sim \lambda^{-4.1}$. Σκέδαση λαμβάνει χώρα και από τα λεγόμενα αεροζόλ (κοσμική σκόνη, ηφαιστειακή σκόνη, οργανικά σωματίδια από διάφορα φυτά, ή και σταγόνες νερού πάνω σε αυτά). Αυτού του είδους η σκέδαση, που ονομάζεται και σκέδαση από αεροζόλ εξαρτάται από το μέγεθος και την εξάπλωση των σωματιδίων στη ατμόσφαιρα. Τέλος σκέδαση μπορεί να συμβεί και από μικρά σφαιρικά σωματίδια, μεγέθους της τάξης του μήκους κύματος

της ακτινοβολίας. Η σκέδαση αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος ($\sim \lambda^{-1}$) και ονομάζεται *σκέδαση Mie*. Σε κάθε μελέτη φωτομετρίας υιοθετείται ένα μοντέλο ατμόσφαιρας που καθορίζει τα δύο πρώτα είδη σκεδάσεως.

1.8.1 Ατμοσφαιρική Σκέδαση

Στις φωτομετρικές διορθώσεις, ο παράγοντας που μπορεί με κάποια ακρίβεια να υπολογιστεί είναι αυτός που προκύπτει από την ατμοσφαιρική σκέδαση. Αν ορίσουμε ως $dL(\lambda, h)$ την μεταβολή της ειδικής έντασης μιας δέσμης φωτός κατά την πρόσπτωσή της κάθετα από ύψος h έως ύψος $h + dh$, τότε :

$$dL(\lambda, h) = \kappa(\lambda, h) \rho(\lambda, h) L(\lambda, h) dh \quad (1.7)$$

όπου $\kappa(\lambda)$ είναι ο συντελεστής απορρόφησης ανά μονάδα μάζας, και $\rho(h)$ είναι η ειδική πυκνότητα της ατμόσφαιρας. Ανάλογα με το μοντέλο της ατμόσφαιρας, θα πρέπει να οριστεί κατάλληλα και ο συντελεστής απορρόφησης.

Ολοκληρώνοντας την παραπάνω εξίσωση έχουμε:

$$L(\lambda, h_0) = L(\lambda, h_1) e^{-\kappa(\lambda) \int_{h_0}^{h_1} \rho(h) \sec z(h) dh} \quad (1.8)$$

όπου h_1 είναι το εξώτατο όριο της ατμόσφαιρας και h_0 το ύψος της τοποθεσίας παρατήρησης. Αν z είναι η ζενίθια απόσταση του αστερά που παρατηρούμε, μπορούμε να εκφράσουμε το dL και τελικά το L για παρατήρηση σε κάθε ύψος – όταν ο αστεράς που σκοπεύουμε δεν είναι στο ζενίθ και άρα η ακτινοβολία δεν πέφτει κάθετα. Κάνοντας και μια πρώτη προσέγγιση, ότι ο συντελεστής απορρόφησης είναι ανεξάρτητος του ύψους, έχουμε τελικά για το L :

$$L(\lambda, h_0) = L(\lambda, h_1) e^{-\int_{h_0}^{h_1} \kappa(\lambda, h) \rho(h) dh} \quad (1.9)$$

Από αυτήν την εξίσωση καταλήγουμε για την *αέρια μάζα* X (που έχει διασχίσει το αστρικό φως μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα ώσπου να φτάσει στο δέκτη μας), έτσι όπως χρησιμοποιείται στην φωτομετρία:

$$X = \frac{\int_{h_0}^{h_1} \rho(h) \sec(h) dh}{\int_{h_0}^{h_1} \rho(h) dh} \quad (1.10)$$

Πρώτος ο Bemporad υπολόγισε την αέρια μάζα για μια σφαιρική ατμόσφαιρα θεωρώντας το συντελεστή απορρόφησης σταθερό και με βάση αυτούς τους υπολογισμούς, ο Hardie κατέληξε σε μια πολυωνυμική εξίσωση τρίτου βαθμού για την αέρια μάζα, που είναι και αυτή που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αέριας μάζας και από το αστεροσκοπείο του Στεφανίου:

$$X = \sec z - 0.0018167(\sec z - 1) - 0.002875(\sec z - 1)^2 - 0.0008083(\sec z - 1)^3$$

1.9 Φωτομετρία μεταβλητών αστερών

Μια από τις εφαρμογές της φωτομετρίας, και ίσως από τους κυριότερους σκοπούς της, είναι η μελέτη των μεταβλητών αστερών. Με φωτομετρικές παρατηρήσεις, παίρνουμε χρονοσειρές που αντιστοιχούν στη φωτοσφαιρική και στη χρωμοσφαιρική δραστηριότητα των αστερών. Αν οι παρατηρήσεις μπορούν να προσεγγισθούν με μια θεωρητική καμπύλη που να απορρέει από ένα μοντέλο στο οποίο έχουμε καταλήξει για αυτόν τον αστέρα, τότε η θεμελίωση της φυσικής ερμηνείας του είναι πλέον εφικτή. Αυτός είναι και ο κύριος σκοπός της μοντελοποίησης των αστερών. Κάθε καινούργιο φαινόμενο, που είτε ανακαλύπτεται μέσω των παρατηρήσεων, είτε προτείνεται από θεωρητικές μελέτες, πρέπει να ακολουθεί αυτήν την πορεία, δηλαδή να προσομοιωθεί και να επαληθευτεί από παρατηρήσεις.

Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίον κάνουμε αυτήν την προσαρμογή (fitting) των παρατηρησιακών δεδομένων.

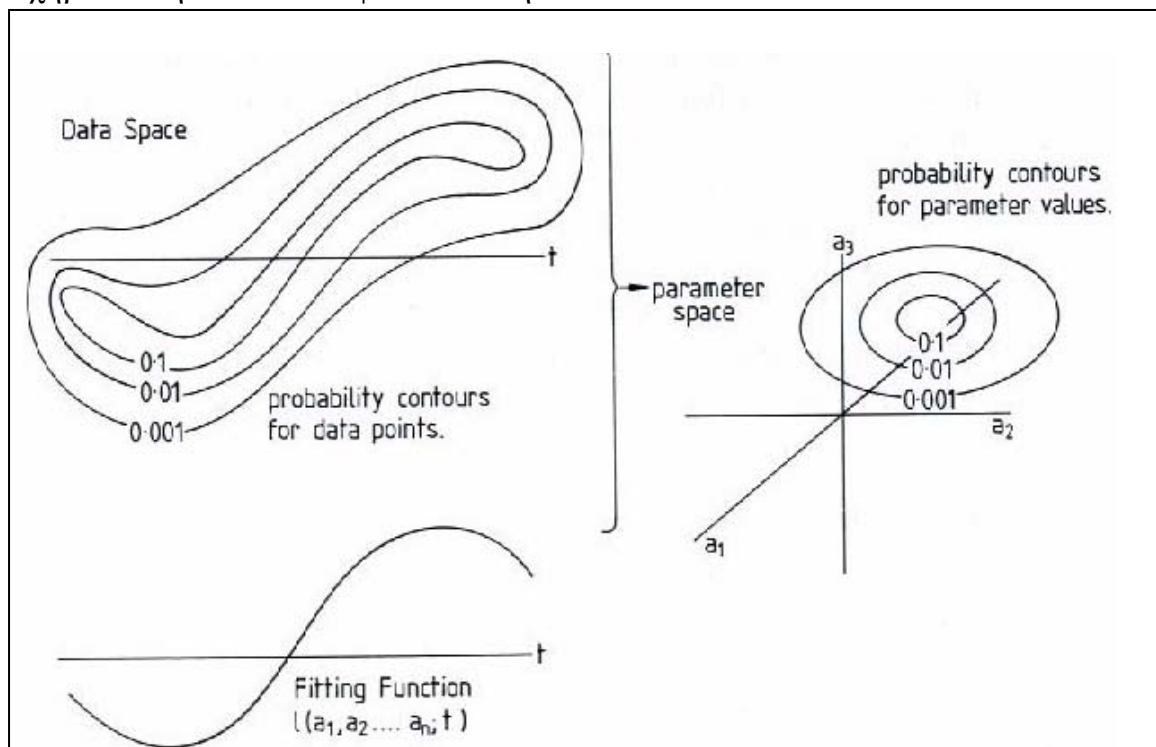
Έστω ότι έχουμε μια σειρά από N διακριτές παρατηρήσεις $I_o(t_i)$ όπου $i=(1.....N)$ που μέσα σε κάποια πλαίσια σφάλματος, αποδίδονται σε μια πραγματική μεταβολή που εξαρτάται μονοσήμαντα από το χρόνο. Χρησιμοποιούμε μια συνάρτηση $I_c(a_j, t)$ για να προσεγγίσουμε αυτήν τη

μεταβολή. Η l_c είναι μια συνάρτηση της ανεξάρτητης μεταβλητής t και μιας σειράς από n παραμέτρους a_j ($j=1, \dots, n$) από τις οποίες έστω m μπορούμε να προσδιορίσουμε από τα παρατηρησιακά δεδομένα. Σκοπός μας είναι να συνδέσουμε την πληροφορία που μας παρέχεται από τις l_o , με τις a_j . Για διάφορα σεί των παραμέτρων αυτών, θα έχουμε διαφορετική συνάρτηση l_c που συμπίπτει πιθανολογικά με μεγαλύτερη ή μικρότερη σειρά δεδομένων. Η ευνοϊκότερη λύση είναι αυτή για την οποία η πιθανότητα παίρνει τη μέγιστη τιμή της. Αν τα δεδομένα μας ακολουθούν μια κανονική διαταραχή γύρω από το μέσο όρο τους, τότε η μεγιστοποίηση που ζητάμε ισοδυναμεί με την ελαχιστοποίηση της ποσότητας χ^2 :

$$\chi^2(a_j) = \sum_{i=1}^N [l_{oi} - l_c(a_j, t_i)]^2 / \sigma_i^2, \quad (1.11)$$

όπου σ_i^2 είναι το σφάλμα για κάθε t .

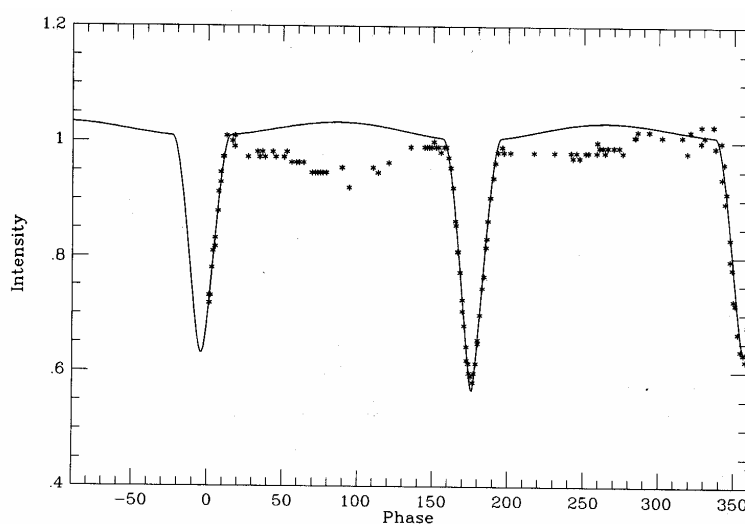
Σχηματικά η διαδικασία φαίνεται στην εικόνα 1.6.



Εικόνα 1.6 : Μετάβαση από τον χώρο των δεδομένων στον στο χώρο των a_j μέσω της συνάρτησης l

Τα βασικά προβλήματα σε αυτόν τον τρόπο μελέτης, είναι ο καθορισμός των χρήσιμων και σωστών δεδομένων, η εύρεση μιας συνάρτησης με την οποία θα τα προσεγγίσουμε η οποία και να είναι μαθηματικά εύκολα προσδιορίσιμη και να απορρέει από κάποια φυσική εξήγηση κάποιου φαινομένου και η βελτιστοποίηση της προσέγγισης της I_o από την I_i . Παρά τις δυσκολίες, αυτή η μέθοδος είναι η καταλληλότερη για κάθε αστροφυσική μελέτη.

Η μέθοδος που περιγράφηκε παραπάνω εφαρμόζεται στη μελέτη των αστρικών κηλίδων. Το φαινόμενο αυτό είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο των ηλιακών κηλίδων και πρωτοπαρατηρήθηκε από τον Kepler σε αστέρες διπλών συστημάτων. Σήμερα ξέρουμε ότι οι αστρικές κηλίδες είναι φαινόμενο που εμφανίζεται σε ενεργούς αστέρες όπως σε νάνους της κύριας ακολουθίας και άρα σε αστέρες εκλάμψεων. Για να χρησιμοποιήσουμε την προηγούμενη ορολογία, έστω I_{oi} είναι η παρατηρούμενη ένταση φωτός και $I_c(\alpha_j, t_i)$ η αναμενόμενη τιμή. Όσο πιο μικρή η τιμή του χ^2 , τόσο καλύτερη η προσέγγιση που έχουμε κάνει για το φαινόμενο. Ένα παράδειγμα εμφάνισης κηλίδων, φαίνεται στην εικόνα 1.7 που παρουσιάζει τον αστέρα YY Gem που ανήκει σε διπλό σύστημα, αλλά και που παρουσιάζει το φαινόμενο των κηλίδων.



Εικόνα 1.7 : Καμπύλη φωτός του ψυχρού νάνου YY Gem – πραγματικά δεδομένα και προσεγγιστική καμπύλη. Διακρίνεται η επίδραση των κηλίδων.

1.10 Φωτομετρικές Παρατηρήσεις Αστρικών Κηλίδων

Τα τελευταία χρόνια, η έρευνα των μεταβλητών αστερών και δει των αστερών εκλάμψεων προσανατολίζεται στην παρατήρηση των αστρικών κηλίδων. Για τη φυσική του φαινομένου αυτού θα μιλήσουμε στο δεύτερο κεφάλαιο. Εδώ θα παρουσιάσουμε τη μέθοδο με την οποία γίνεται μια τέτοια παρατήρηση με την βοήθεια της φωτοηλεκτρικής φωτομετρίας.

Έστω ότι μελετάμε μια κηλίδα σε έναν αστέρα, όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 8α. Χρήσιμο είναι να μεταβούμε από το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων $\mathbf{x} \equiv (xyz)$ του παρατηρητή σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων ξ που να συνδέεται με τους πίνακες των στροφών των αξόνων, $\mathbf{R}_x, \mathbf{R}_y, \mathbf{R}_z$. Αυτό το κάνουμε για να μπορέσουμε να μελετήσουμε το φαινόμενο –την κηλίδα– ανεξάρτητα από τον παρατηρητή. Για να βρούμε τη συνολική ποσότητα του φωτός που προέρχεται από ένα καμπύλο τμήμα σφαιρικής επιφάνειας, χρησιμοποιούμε ολοκληρώματα της μορφής: $\pi I_n^m = \iint_{A_c} x^m z^n dx dy$,

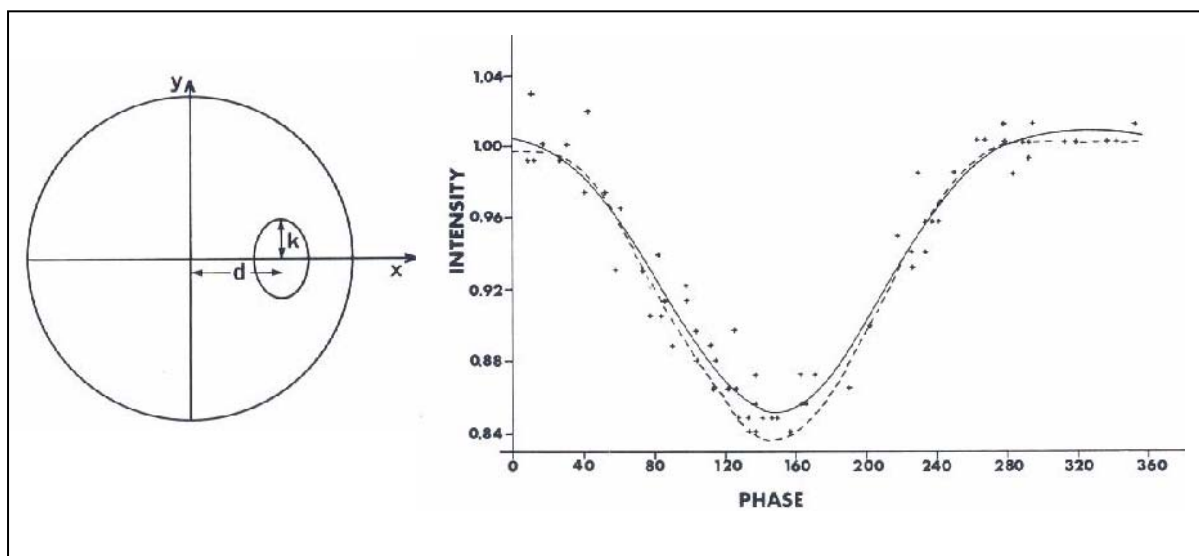
όπου ο άξονας z συμπίπτει με την ευθεία όρασης στο κέντρο του αστέρα, ο x άξονας είναι η διεύθυνση που ορίζεται από το κέντρο του αστέρα και από το κέντρο της κηλίδας και A_c είναι η περιοχή A που περικλείεται από κάποια καμπύλη c . Όταν η καμπύλη c είναι κύκλος που ορίζεται από την τομή της σφαίρας με το επίπεδο, τότε αντικαθιστούμε στην παραπάνω εξίσωση (αντι για τις πI_n^m ολοκληρώσεις) το σ_n^m . Οι σ-ολοκληρώσεις μπορούν να οριστούν για διάφορες περιπτώσεις, όπως π. χ. όταν η κηλίδα είναι στο χείλος, και δεν παρατηρείται ολόκληρη. (βλ. An introduction to astronomical photometry, E. Budding) Με βάση αυτές, ορίζεται ο συντελεστής σ_c που αφορά το φως που χάνεται λόγω διαφοράς φωτεινότητας στα διάφορα μέρη του φωτοσφαιρικού δίσκου (π.χ. αν έχουμε μια κηλίδα κοντά στο χείλος όπου γνωρίζουμε ότι επικρατεί το φαινόμενο της αμαύρωσης, αυτή θα φαίνεται να μειώνει την ένταση του φωτός της περιοχής εκείνης του αστέρα περισσότερο από ότι αν ήταν στο κέντρο του αστρικού δίσκου).

Για να βρούμε τώρα την συνάρτηση I_c και να προσεγγίσουμε να πειραματικά μας δεδομένα, έχουμε :

$$I_c = U - L_1(1 - \kappa_w)\sigma_c(u, \gamma, z_o(\lambda, \beta, i, \phi)) \quad (1.12)$$

Όπως φαίνεται παραπάνω, το ελάχιστο σετ παραμέτρων που χρειαζόμαστε για να προσδιορίσουμε αυτήν την συνάρτηση, είναι το μήκος λ και το πλάτος β του κέντρου της κηλίδας, η κλίση του άξονα περιστροφής ως προς την ευθεία όρασης i , η γωνιώδης διάμετρος της κηλίδας γ , η φωτεινότητα του αστέρα χωρίς κηλίδες U , η φωτεινότητα της κηλίδας L_1 , ο λόγος της μέσης ροής της κηλίδας προς την κανονική ροή της φωτόσφαιρας στο φασματικό παράθυρο w , κ_w και ο συντελεστής u που είναι μέτρο της αμαύρωσης του χείλους του αστέρα. (Το z_o καθορίζεται από τα προηγούμενα).

Στην εικόνα 1.8β φαίνεται μια πειραματική επιβεβαίωση ύπαρξης κηλίδας στον αστέρα CC Eri όπως παρατηρήθηκε από τον Evans και όπως προσεγγίστηκε θεωρητικά από δυο καμπύλες χρησιμοποιώντας την παραπάνω μέθοδο.



Εικόνα 1.8 : α) Μοντέλο αστρικής κηλίδας β) Επιβεβαίωση ύπαρξης αστρικής κηλίδας

Στην εικόνα 1.8β η τετμημένη δεν είναι ο χρόνος παρατήρησης αλλά ισοδύναμα η φάση της περιόδου περιστροφής του αστέρα. Για να βρούμε την

φάση, θα πρέπει να ξέρουμε τον χρόνο t_0 στον οποίο η φάση $\varphi=0$ και την περίοδο περιστροφής P του αστερά. Τότε η φάση δίνεται από : $\varphi=(t-t_0)/P$.

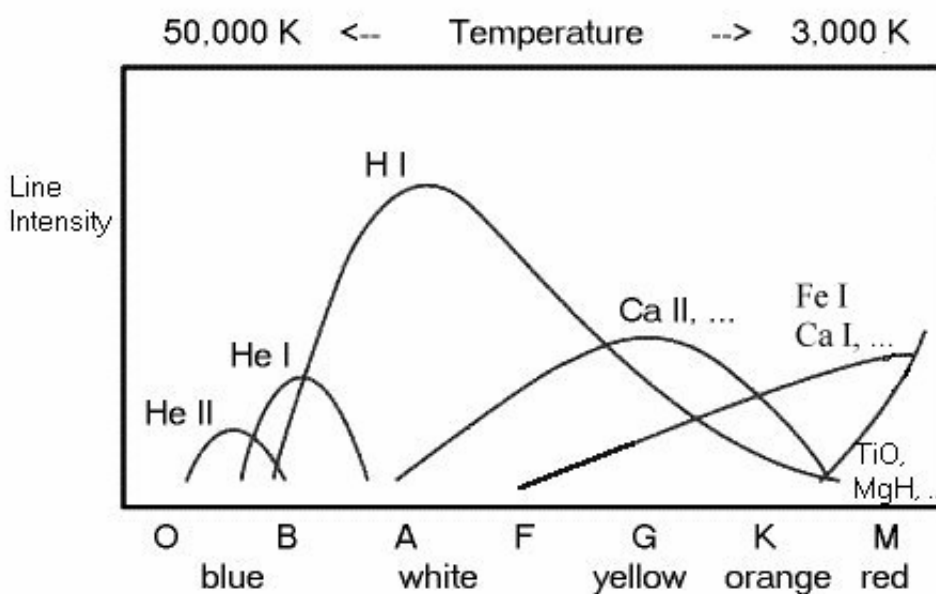
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΣΤΕΡΕΣ ΕΚΛΑΜΨΕΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Με την βοήθεια της Παρατηρησιακής Αστρονομίας, μπορούμε σήμερα να μελετήσουμε την φυσική των αστερών χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία. Ένα από αυτά είναι και η ανάλυση του φάσματός τους.

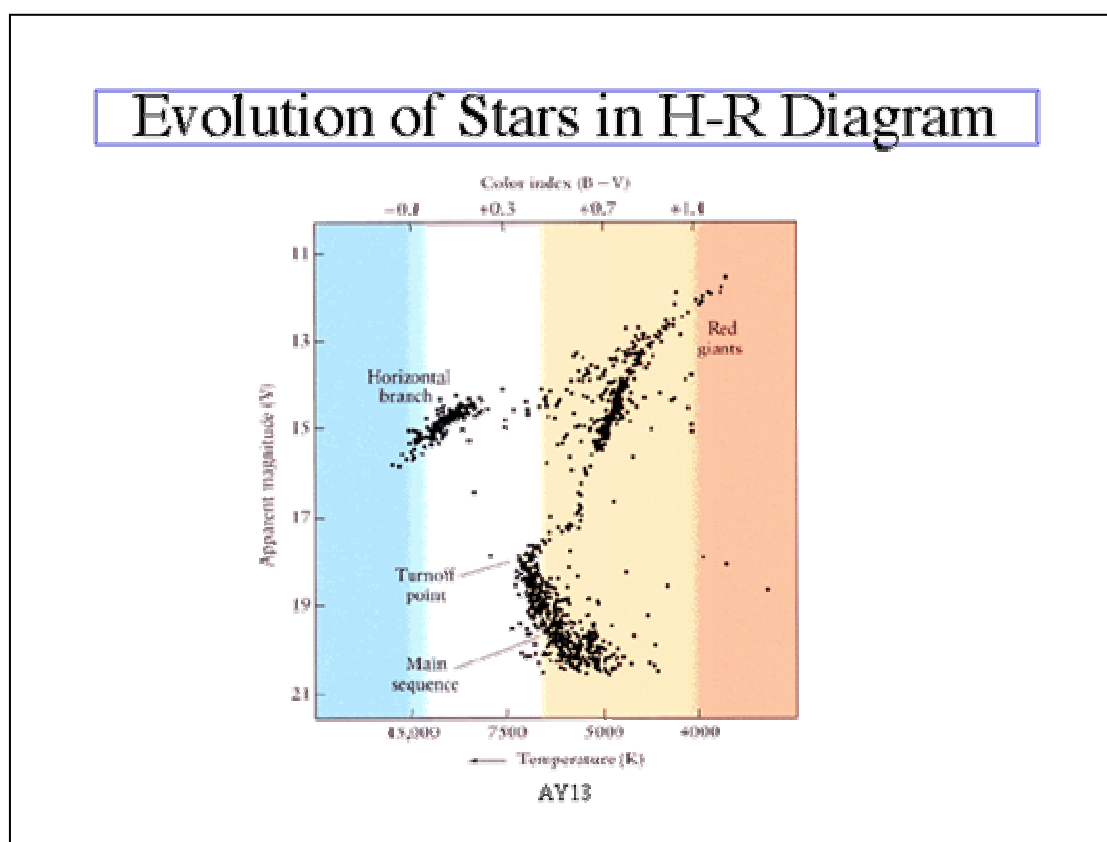
Γνωρίζουμε ότι το φάσμα των αστερών έχει γραμμική και συνεχή συνιστώσα. Οι κύριες φασματικές γραμμές που παρατηρούμε είναι η σειρά Balmer του υδρογόνου, οι φασματικές γραμμές του ηλίου HeI & HeII, του ασβεστίου, και διαφόρων μετάλλων. Ανάλογα με ποιες γραμμές παρατηρούμε και ποια είναι η έντασή τους, μπορούμε να συμπεράνουμε για ποιου φασματικού τύπου αστέρα μιλάμε και τ' ανάπαλι (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 : Ένταση φασματικών γραμμών συναρτήσει της επιφανειακής θερμοκρασίας αστερών, δηλαδή συναρτήσει των κύριων φασματικών τύπων.

Ο κυριότερος βέβαια τρόπος χαρακτηρισμού των αστερών γίνεται με την τοποθέτησή τους στο διάγραμμα Hertzsprung – Russell. Σε αυτό το διάγραμμα οι αστέρες εκλάμψεων τοποθετούνται μεταξύ των αστερών της κύριας ακολουθίας, φασματικών τύπων από M4 – M9, αν και έχουν παρατηρηθεί και μεμονωμένες περιπτώσεις αστερών εκλάμψεων που ανήκουν στους φασματικούς τύπους A και B. Οι τελευταίοι πάντως έχουν αρκετές

διαφορές με τους τυπικούς αστέρες εκλάμψεων, ή όπως αλλιώς ονομάζονται, των μεταβλητών τύπου UV Cet.



Εικόνα 2.2 : Διάγραμμα Hertzsprung – Russel. Διακρίνεται η εξέλιξη των αστέρων.

Από την θέση των αστέρων εκλάμψεων στο διάγραμμα, γίνεται αντιληπτό ότι πρόκειται για ερυθρούς νάνους, δηλαδή αστέρες με εξαιρετικά χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες – γι' αυτό και ονομάζονται ψυχροί αστέρες.

Οι αστέρες εκλάμψεων κατατάσσονται στους μεταβλητούς, μη περιοδικούς ανώμαλους αστέρες. Είναι δηλαδή αστέρες που μεταβάλλουν την λαμπρότητά τους, μέχρι και 6 μεγέθη, σε άτακτα χρονικά διαστήματα και όχι πάντα με τον ίδιο τρόπο – που σημαίνει πως σε χρονικά διαστήματα που ποικίλουν, παρουσιάζουν εξάρσεις της λαμπρότητάς τους σημειώνοντας ένα ή και περισσότερα μέγιστα.

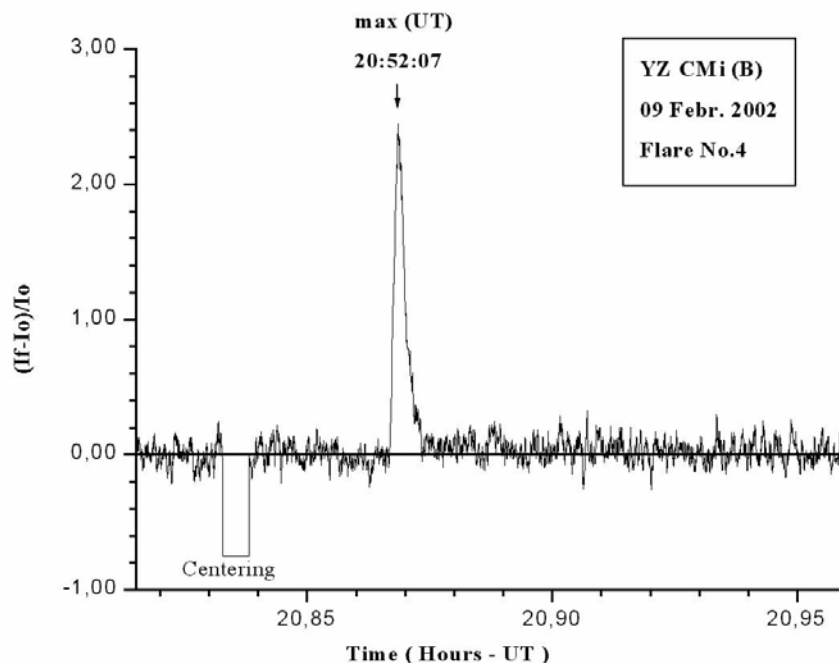
Η ύπαρξη των αστέρων εκλάμψεων, δεν είχε προβλεφτεί από καμιά θεωρία εξέλιξης και, ούτε και με τις σημερινές γνώσεις, θα ήταν δυνατόν να προβλεφθεί. Αποτελεί συνεπώς, μια από τις επιτυχίες της Παρατηρησιακής Αστρονομίας.

2.1.1 Ανακάλυψη

Η ανακάλυψή τους έγινε εντελώς τυχαία το 1924 από τον Hertzsprung καθώς πρόσεξε ότι σε φωτογραφικές πλάκες που είχε τραβήξει ο ίδιος στον αστερισμό της Carina, η λαμπρότητα του DH Car, γνωστός σήμερα αστέρας εκλάμψεων, είχε αυξηθεί κατά περίπου 2 μεγέθη. Αυτή ήταν απλά μια πρώτη παρατήρηση ενός αγνώστου, έως τότε φαινομένου. Μετά από περίπου 20 χρόνια, ο Carpenter, με μια σειρά αλυσιδωτών φωτογραφήσεων, παρατήρησε την μεταβολή της λαμπρότητας του χαρακτηριστικού σήμερα μεταβλητού αστέρα, UV Cet κατά έναν παράγοντα 12 μέσα σε χρονικό διάστημα 3 λεπτών. Αν αναλογιστεί κανείς ότι ακόμα και σε έκρηξη υπερκαινοφανώ, η αύξηση στην λαμπρότητα που παρατηρείται, φτάνει μόλις το 5% της λαμπρότητας του αστέρα (Luyten), γίνεται αντιληπτό το αξιοσημείωτο του φαινομένου των εκλάμψεων. Από τότε και μετά, οι αστέρες αυτοί, πήραν την ονομασία αστέρες εκλάμψεων (flare stars) και αποτελούν μέχρι και σήμερα ένα αρκετά δύσκολο και προς το παρόν, άλυτο πρόβλημα.

2.2 Οπτικά και φασματικά παρατηρησιακά δεδομένα αστέρων εκλάμψεων

Η παρατήρηση ενός αστερά εκλάμψεων, από την στιγμή που γνωρίζουμε την ύπαρξή του, είναι σχετικά εύκολη. Ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπος παρατήρησης, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι με φωτοηλεκτρική φωτομετρία. Αυτός είναι και ο τρόπος παρατήρησης που πραγματοποιείται και στο αστεροσκοπείο του Στεφανίου Κορινθίας. Η διάκριση βέβαια μιας έκλαμψης, δεν είναι πάντα εύκολη. Σε μερικές περιπτώσεις, χρειάζεται αρκετή πείρα και εξοικείωση με τις συνθήκες παρατήρησης και άρα με τους παράγοντες που υπεισέρχονται κατά την καταγραφή των μετρήσεων του φωτοηλεκτρικού οργάνου. Σε μια πιο γενική περίπτωση, το σήμα που λαμβάνεται μοιάζει με το παρακάτω.(Εικόνα 2.3)



Εικόνα 2.3 : Καμπύλη φωτός ενός αστερά εκλάμψεων α) κατά την ήρεμη κατάσταση, β) κατά την εμφάνιση μιας έκλαμψης, και γ) κατά την επιστροφή του αστερά στην ήρεμη κατάσταση

Όπως διακρίνεται και στην παραπάνω εικόνα, ο αστέρας αρχικά βρίσκεται στην ήρεμη κατάστασή του, δίνοντας κατά μέσο όρο μια σταθερή

τιμή έντασης φωτός. Κάποια χρονική στιγμή, το φως που λαμβάνει ο δέκτης μας, αυξάνεται δίνοντας μια (ή και παραπάνω) μέγιστη τιμή και σταδιακά, επανέρχεται στην αρχική του ήρεμη κατάσταση. Οι διακυμάνσεις που διακρίνονται στην ήρεμη κατάσταση, οφείλονται σε εξωγενείς, ως προς το φαινόμενο της έκλαμψης, παράγοντες που έχουν να κάνουν με την ακρίβεια των παρατηρήσεων αλλά και με άλλες φυσικές διεργασίες και δεν θα μας απασχολήσουν προς το παρόν.

Αν παράλληλα με την φωτοηλεκτρικό φωτόμετρο, διαθέτουμε και έναν φασματογράφο, τότε στο φάσμα του αστέρα κατά την διάρκεια της ήρεμης κατάστασης, θα παρατηρούσαμε, σε αντίθεση με τους κανονικούς νάνους αστέρες, γραμμές εκπομπής MgII, OI και h&k στο υπεριώδες, και H I, CaII H&K στην οπτική περιοχή, ενώ κατά την διάρκεια της έκλαμψης, θα παρατηρούσαμε ενίσχυση των γραμμών αυτών – αύξηση της έντασης και του ισοδύναμου εύρους των, με παράλληλη εκπομπή νέων γραμμών στην οπτική περιοχή και ιδιαίτερη αύξηση της συνεχούς συνιστώσας στο υπεριώδες – χαρακτηριστικά που μοιάζουν με τα φάσματα των αστέρων T-Tauri. (Αυτό είναι κάτι που θα μας απασχολήσει και αργότερα)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προτάθηκαν από τους Anderson και Pettersen τα παρακάτω κριτήρια για την κατάταξη ενός αστέρα στην κατηγορία των μεταβλητών αστέρων τύπου UV Cet :

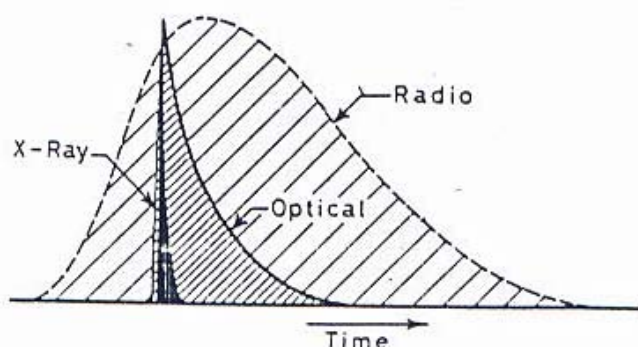
1. Να είναι νάνοι αστέρες, φασματικού τύπου M με γραμμές εκπομπής στο φάσμα τους
2. Να είναι μικρής απόλυτης λαμπρότητας
3. Να βρίσκονται πάνω, ή λίγο υπεράνω από την κύρια ακολουθία
4. Η κάθετη στο γαλαξιακό επίπεδο συνιστώσα της ταχύτητας του αστέρα να είναι γύρω από την μέση τιμή -7.5 km/sec

Μέχρι σήμερα, έχουν βρεθεί διάφορες εξαιρέσεις στον παραπάνω «κανόνα». Μια από αυτές αποτελεί και η παρατήρηση - επιβεβαίωση από τους Μαθιουδάκη και Doyle της ύπαρξης αστέρων εκλάμψεων με ασθενή ή και καθόλου ανιχνεύσιμη εκπομπή CaII και H&K, καθώς επίσης και μικρού αριθμού αστέρων με πολύ ασθενές ή και καθόλου ανιχνεύσιμο φάσμα

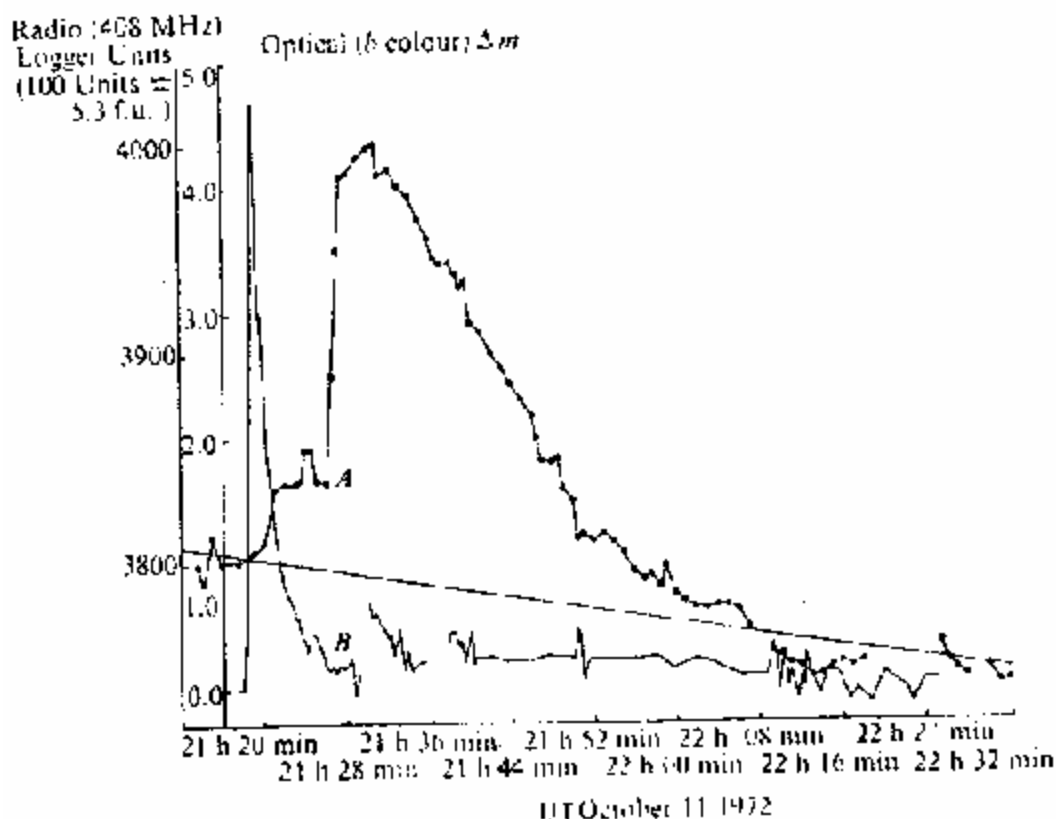
απορρόφηση Ηα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην απουσία χρωμόσφαιρας ή και στην κάλυψη αυτής από αντίστοιχη εκπομπή από μικρό αριθμό ενεργών περιοχών. Όλα αυτά βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της μελέτης

2.3 Γενικά Χαρακτηριστικά

Από τις πρώτες κιόλας παρατηρήσεις των αστέρων εκλάμψεων, βρέθηκε ότι αυτοί έχουν μεγάλες ίδιες κινήσεις. Άρα δεν θα πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις ως προς τον ήλιο μας. Δηλαδή, επρόκειτο για αστέρες της γειτονιάς μας. Το απόλυτο οπτικό μέγεθος των αστέρων, βρέθηκε να ποικίλει μεταξύ των $7,1^m$ και $18,57^m$, κάτι που σημαίνει πως οι απόλυτες λαμπρότητες των αστέρων που παρουσιάζουν εκλάμψεις, διαφέρουν μέχρι και κατά 40.000! (Αυτό εύκολα υπολογίζεται από την γνωστή σχέση $M^2 - M^1 = 2.5 \log \frac{L^1}{L^2}$). Σύντομα εξετάστηκε και η ακτινοβολία των αστέρων και σε άλλες περιοχές του φάσματος πέραν της οπτικής περιοχής. Βρέθηκε λοιπόν, ότι κατά την διάρκεια των οπτικών εκλάμψεων εκπέμπονται επίσης και ακτίνες X και σπανιότερα ακτινοβολία σε ραδιοφωνικά μήκη κύματος. Αργότερα ανακαλύφθηκε και πιθανή εκπομπή κοσμικών ακτίνων. Στην εικόνα 2.4α, φαίνεται η εκπομπή ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια μιας έκλαμψης και στις τρεις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, στα οπτικά, στα ραδιοφωνικά μήκη κύματος και στις ακτίνες X.



Εικόνα 2.4 : α) Προσεγγιστικό μοντέλο για τις καμπύλες φωτός ενός αστέρα εκλάμψεων κατά την διάρκεια μιάς έκλαμψης.



Εικόνα 2.4 : β) Ταυτόχρονη παρατήρηση του αστέρα UV Cet φωτοηλεκτρικά στην οπτική περιοχή (B, b περιοχές) από Αστεροσκοπείο Στεφανίου και ραδιοφωνικά από το αστεροσκοπείο του Jodrell Bank στο Ηνωμένο Βασίλειο στα πλαίσια διεθνούς καμπάνιας.

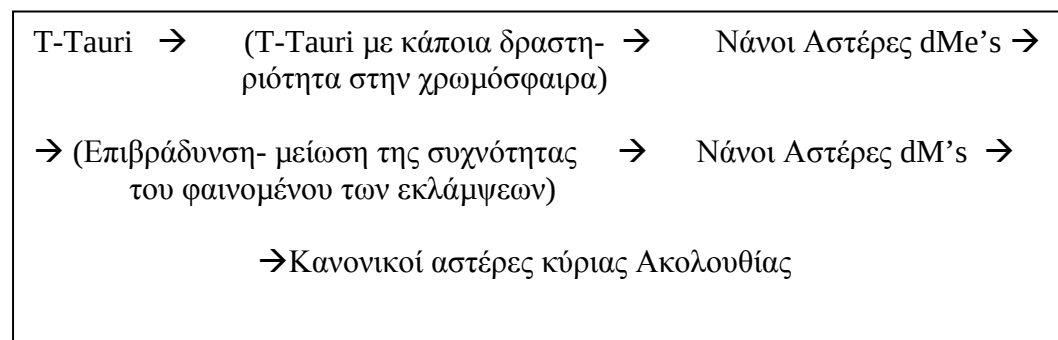
Αστέρες εκλάμψεων, έχουμε βρει τόσο σε διπλά συστήματα όσο και σε περιοχές με μεγάλες αστρικές συγκεντρώσεις. Μάλιστα περισσότεροι από τους μισούς γνωστούς αστέρες εκλάμψεων, ανήκουν σε διπλά συστήματα – το γεγονός αυτό επηρεάζει και την διάρκεια της φάσης των εκλάμψεων η οποία σε διπλά συστήματα είναι μεγαλύτερη. Από την άλλη, αυτοί που βρίσκονται σε αστρικές συγκεντρώσεις, είναι κυρίως φασματικού τύπου K, με πολύ μεγαλύτερες μάζες. Οι μάζες γενικά αυτών των νάνων αστερών, όπως υπολογίστηκαν από τον Kunkel ο οποίος χρησιμοποίησε τον νόμο μάζας-λαμπρότητας που πρότεινε ο Gatewood : $M_b = 7.3 - \log \frac{M}{M_\odot}$, φτάνουν μέχρι τις

0.8 – 0.9 μάζες ηλίου, όπου είναι και το ανώτερο όριο μάζας. Υπάρχουν βέβαια και μη κλασικοί αστέρες εκλάμψεων, που δεν είναι φασματικού τύπου M ή γενικά ερυθροί νάνοι, αλλά είναι φασματικού τύπου A και B. Αυτοί οι αστέρες μπορεί να έχουν και μάζες μεγαλύτερης της μίας ηλιακής μάζας και πιθανών να μην μπορούν να ενσωματωθούν σε μια γενική θεωρία που να ερμηνεύει όλους τους αστέρες εκλάμψεων.

Τέλος οι επιφανειακές θερμοκρασίες τους βρίσκονται μεταξύ των ορίων 3945°K και 2700°K. Οι Greenstein και Hoxie συσχετίζοντας τα δεδομένα αυτά με τις αστρικές ακτίνες, μπόρεσαν και προσδιόρισαν ένα όριο και για τις ακτίνες αυτών, το οποίο είναι: $0.61R_{\odot} - 0.18R_{\odot}$. Με αυτά τα στοιχεία, και με το πολύ χρήσιμο διάγραμμα Hertzsprung–Russell, είναι εύκολο να βγάλουμε μερικά πρώτα προσεγγιστικά συμπεράσματα για την φυσική υπόσταση και την αστρική εξέλιξη των αστερών αυτών. Με μια γρήγορη ματιά, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την θέση τους στο διάγραμμα, τόσο αυτών που ανήκουν σε αστρικές συγκεντρώσεις όσο και των μεμονωμένων. Γνωρίζουμε ότι οι αστέρες της κύριας ακολουθίας, από την στιγμή που θα δημιουργούνται σε κάποια θέση αυτής, εξελίσσονται ελαφρά προς τα επάνω και ανάλογα με την μάζα τους ακολουθεί η εκτροπή τους και τοποθέτηση στην ανάλογη θέση του διαγράμματος. Καθώς λοιπόν οι αστέρες εκλάμψεων βρίσκονται λίγο πριν αλλά και πάνω στην κύρια ακολουθία, δεν μπορεί παρά να έχουν μια παρόμοια εξέλιξη. Αφού δεν υπάρχουν παρατηρήσεις αστερών εκλάμψεων μεγαλύτερης μάζας από του Ήλιου – πλην των φασματικού τύπου A και B (που τώρα δεν μελετάμε) θα πρέπει, κάποια στιγμή, για κάποιο λόγο, η φάση αυτή των εκλάμψεων να τερματίζεται, είτε σταδιακά, είτε απότομα. Για τους νάνους φασματικού τύπου M, γνωρίζουμε πως κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες. Τους dMe's που εμφανίζουν στα φάσματά τους την γραμμή H α σε εκπομπή και τους dM's που εμφανίζουν την H α σε απορρόφηση. Σημαντική διαφορά των δύο κατηγοριών, είναι ότι οι πρώτοι, εμφανίζουν επίσης στο φάσμα τους και άλλες γραμμές εκπομπής Balmer. Αυτό οφείλεται στην έντονη δραστηριότητα στην επιφάνεια αυτών των αστερών, οι οποίοι σχεδόν όλοι είναι αστέρες εκλάμψεων. Παρόλα αυτά, έχουν παρατηρηθεί `περίεργες`

συμπεριφορές από αστέρες οι οποίοι ενώ είναι γνωστοί ως αστέρες εκλάμψεων - όπως ο Εγγύτατος του Κενταύρου, δεν παρουσιάζουν γραμμές εκπομπής Balmer. Συμπερασματικά λοιπόν, θα μπορούσαμε να πούμε, ότι πιθανώς αυτές οι τρεις καταστάσεις να μας υποδεικνύουν με ποιόν τρόπο εξελίσσονται οι αστέρες εκλάμψεων: Από dMe's με έντονη δραστηριότητα, να περνάν στο στάδιο των αστερών όπως ο Εγγύτατος, με μικρότερη ενεργητικότητα στην επιφάνειά του, και μετά να καταλήγουν σε dM's νάνους. Αυτή ήταν και η πρόταση των Μαθιουδάκη και Doyle για την εξέλιξη των αστερών εκλάμψεων. Όσον αφορά στο πρώιμο στάδιο των αστερών, πριν καταλήξουν σε αστέρες εκλάμψεων, και πάλι το διάγραμμα H-R μας υποδεικνύει το πιθανό σενάριο καθώς οι αστέρες αυτοί φαίνεται να μεσολαβούν μεταξύ των Αστερών T-Tauri- που μέχρι τώρα γνωρίζαμε ότι αποτελούσαν το λίκνο των αστερών της κύριας ακολουθίας και των κανονικών αστερών της κύριας ακολουθίας. Μάλιστα, τελευταίες παρατηρήσεις θέλουν ορισμένους αστέρες T-Tauri να δίνουν εκλάμψεις.

Οπότε συνολικά θα μπορούσαμε να δώσουμε το παρακάτω διάγραμμα αστρικής εξέλιξης:



2.4 Θεωρητική προσέγγιση – Φυσική Ερμηνεία

Για τους αστέρες των τελευταίων φασματικών τύπων, τα επιφανειακά φαινόμενα μπορούν να εξηγηθούν με την βοήθεια του μοντέλου της μαγνητικής γεννήτριας του Parker. Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τον συνδυασμό γρήγορης περιστροφής με βαθιά ζώνη μεταφορά. Έπειτα, μέσω της ζώνης μεταφοράς, οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού αυτού πεδίου, μεταφέρονται στην επιφάνεια λόγω άνωσης. Η μελέτη αυτού του μαγνητικού πεδίου, γίνεται μέσω τις ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής της ατμόσφαιρας του αστέρα, δηλαδή της χρωμόσφαιρας, της ζώνης μεταφοράς και του στέμματος. Από την χρωμόσφαιρα, εκπέμπονται οι χαρακτηριστικές γραμμές του H α , CaII, και H&K στην οπτική περιοχή, και των CaII, MgII και h&k στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος. Επίσης, στην χρωμόσφαιρα οφείλεται και η εμφάνιση των άλλων χαρακτηριστικών γραμμών Balmer, οι οποίες όπως είπαμε, υποδηλώνουν έντονη ατμοσφαιρική δραστηριότητα.

Με τα μοντέλα χρωμόσφαιρας που έχουν χρησιμοποιηθεί έως τώρα, προτείνεται ότι η εκπομπή της H α οφείλεται τόσο σε φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, όσο και σε συγκρούσεις (collisions). Υπάρχουν θεωρητικά μοντέλα (που αναφέρονται κυρίως σε μικρότερης πυκνότητας αστέρες, με χαμηλότερη ενεργό θερμοκρασία) που μπορούν να εξηγήσουν σε ποια φάση του αστέρα ποιο από τα παραπάνω φαινόμενα είναι υπεύθυνο για την H α . Γενικότερα πάντως, γνωρίζουμε ότι το ισοδύναμο πάχος την H α αυξάνει με την μείωση της θερμοκρασίας. Και αφού παρατηρούνται αστέρες, που ενώ όλοι βρίσκονται στο στάδιο των εκλάμψεων, εμφανίζουν διαφορά στο ισοδύναμο πάχος, θα πρέπει να υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας για κάθε φασματικό τύπο. Ή επίσης θα πρέπει να ισχύει ότι η H α προέρχεται από διαφορετικές ενεργές περιοχές που καταλαμβάνουν διαφορετικό τμήμα της αστρικής επιφάνειας. Έπειτα σε αστέρες φασματικού τύπου M5, δεν υπάρχει καθόλου εκπομπή H α . Όμως αυτοί οι αστέρες γνωρίζουμε ότι βρίσκονται στη φάση της

full convection. Άρα δεν πρέπει απαραίτητα να συνδέεται η απαρχή της φάσης αυτής των αστέρων με υψηλά επίπεδα δραστηριότητας, και άρα εκλάμψεις.

Επίσης έντονη εκπομπή από την χρωμόσφαιρα και το στέμμα, λαμβάνεται από την περιοχή γύρω από τις αστρικές κηλίδες, σύμφωνα και με το πρότυπο των ηλιακών κηλίδων. Αυτές οι παρατηρήσεις, προς το παρόν δίνουν μια γενική εικόνα για τον κύκλο δραστηριότητας των αστέρων εκλάμψεων ο οποίος στο μέλλον, όταν θα υπάρχουν αρκετά περισσότερες παρατηρήσεις, αναμένεται να συσχετιστεί με το διάγραμμα πεταλούδας. Λίγα περισσότερα για το κύκλο δραστηριότητας των αστέρων εκλάμψεων, αναφέρονται παρακάτω.

Τέλος, σήμερα γίνονται προσπάθειες να ερμηνευτεί και η εκπομπή ακτίνων X. Οι μαλακές ακτίνες X προτείνεται ότι είναι θερμικής φύσης, ενώ οι σκληρές ακτίνες X ερμηνεύονται με την θεωρία του Guizardyan για τα ταχύτατα κινούμενα ηλεκτρόνια (fast electrons). Τα τελευταία χρόνια έχουν επισημανθεί και δύο νέα φαινόμενα που παρατηρούνται κατά την διάρκεια των εκλάμψεων. Αυτά είναι, υψηλής συχνότητας ταλαντώσεις (High Frequency Oscillation HFO) και flickering. Μάλιστα οι HFO μέχρι πρότινος, είχαν παρατηρηθεί στην U περιοχή μόνο. Τον Δεκέμβριο του 2002 όμως παρατηρήθηκαν και στην R περιοχή κάτι που σημαίνει πως αυτές οι ταλαντώσεις πρέπει να οφείλονται σε παράγοντα που να συνδέεται απευθείας με το μηχανισμό σχηματισμού των εκλάμψεων. Αυτό δεν έχει επιβεβαιωθεί ακόμα αλλά πιθανόν στο μέλλον να διαλευκάνει ακόμα περισσότερο τα πράγματα όσον αφορά στα αίτια δημιουργίας των εκλάμψεων αλλά και στην εξελικτική διαδικασία γενικότερα.

Μια θεωρία που να εξηγεί το φαινόμενο των εκλάμψεων, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν της όλα τα παραπάνω, καθώς επίσης και την αναλογία μεταξύ ηλιακών και αστρικών φαινομένων στο βαθμό φυσικά που αυτό είναι επιτρεπτό.

2.5 Κύκλοι Δραστηριότητας, συσχετίσεις με το αντίστοιχο ηλιακό φαινόμενο

Οι κύκλοι δραστηριότητας των αστέρων εκλάμψεων είναι ένα φαινόμενο που συσχετίζεται άμεσα με το αντίστοιχο ηλιακό, δηλαδή τις ηλιακές κηλίδες. Οπότε για να το μελετήσουμε, θα πρέπει πρώτα να γνωρίζουμε καλά το αντίστοιχο ηλιακό φαινόμενο. Ξέρουμε ότι τα μαγνητικά πεδία καθορίζουν το ενεργειακό ισοζύγιο της εξωτερικής ηλιακής ατμόσφαιρας σε διάφορες κλίμακες. Για αυτές όμως τις διαπιστώσεις χρειάστηκαν παρατηρήσεις πολλών χρόνων. Άρα οποιαδήποτε συμπεράσματα θα πρέπει να περιμένουν την πειραματική επιβεβαίωση που μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια. Βασικός σκοπός όμως των τωρινών μελετών είναι η εύρεση σχέσεων μεταξύ της ηλικίας των αστέρων, της περιστροφής τους, της επιφανειακής τους θερμοκρασίας και της φωτεινότητάς τους με τους κύκλους δραστηριότητας.

2.5.1 Ηλιακές Κηλίδες

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ηλιακών κηλίδων που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε μοντέλο που προσπαθεί να εξηγήσει την ηλιακή δραστηριότητα είναι :

- α) Η ύπαρξη ισχυρών μαγνητικών πεδίων στις περιοχές δημιουργίας των κηλίδων και η μετανάστευσή τους προς τον ισημερινό κατά την περίοδο του μεγίστου.
- β) Η αντιστροφή του μαγνητικού πεδίου κάθε 11 χρόνια όπως παρατηρείται μέσα από τις κηλίδες.
- γ) Διάφορες ανώμαλες και πολλαπλές περιοδικότητες που πρέπει και αυτές να αναπαραχθούν.

Το βασικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για να εξηγήσει το ηλιακό φαινόμενο είναι το μοντέλο της μαγνητικής γεννήτριας του Parker (Magnetic Dynamo). Σύμφωνα με αυτό στο στον ήλιο εμφανίζονται δύο ειδών μαγνητικά πεδία που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ένα πολικό και ένα τοροειδές, που το

ένα διατηρεί και ενισχύει ή αποδυναμώνει το άλλο σε μια συμβιωτική διαδικασία. Σημαντικό ρόλο σε αυτό το φαινόμενο παίζει και η διαφορική περιστροφή του ήλιου που βοηθάει στην ερμηνεία των κηλίδων. Η περιοδικότητα της ηλιακής δραστηριότητας βοηθούν στην μελέτη του μοντέλου.

2.5.2 Αστρικές Κηλίδες

Οι αστρικές κηλίδες μπορούν να προβλεφθούν – παρατηρηθούν μόνο όταν είναι πολύ μεγάλου μεγέθους, πολύ μεγαλύτερου από αυτό που έχουμε συνηθίσει για τον ήλιο. Ενδείξεις ύπαρξης μεγάλων κηλίδων είναι οι ημι-περιοδικές διακυμάνσεις μικρού μεγέθους και μικρής διάρκειας στο συνεχές φάσμα και (προαιρετικά) στο φάσμα απορρόφησης αστερών που δεν υφίστανται έκλειψη από τον συνοδό τους ή που δεν έχουν συνοδό καθώς επίσης και οι φωτομετρικές διαταραχές με κυματικά χαρακτηριστικά σε συστήματα που υφίστανται εκλείψεις. Οι τελευταίες φαίνεται να προκύπτουν από την περιστροφή των κηλίδων μαζί με τον αστέρα. Υπάρχουν επίσης συσχετίσεις μεταξύ των κηλίδων – που όπως ξέρουμε εμφανίζονται στην φωτόσφαιρα, και των λαμπρών εκτάσεων – που αποτελούν φαινόμενο της χρωμόσφαιρας. Η μελέτη όλων αυτών μπορεί να γίνει και με την βοήθεια της φωτοηλεκτρικής παρατήρησης ώστε να μην συγχέεται η διαφορά στην ένταση των γραμμών εκπομπής λόγω των κηλίδων με αυτήν λόγω των λαμπρών εκτάσεων. Αφού παρατηρηθούν οι καμπύλες των αστερών που μας ενδιαφέρουν, υποθέτεται ένα μοντέλο αστέρα με κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο κηλίδων και γίνεται προσπάθεια να αναπαραχθεί η παρατηρηθείσα καμπύλη. Δυο παραδείγματα, για αστέρες που έχουν μελετηθεί και στο Στεφάνι, αναφέρονται παρακάτω.

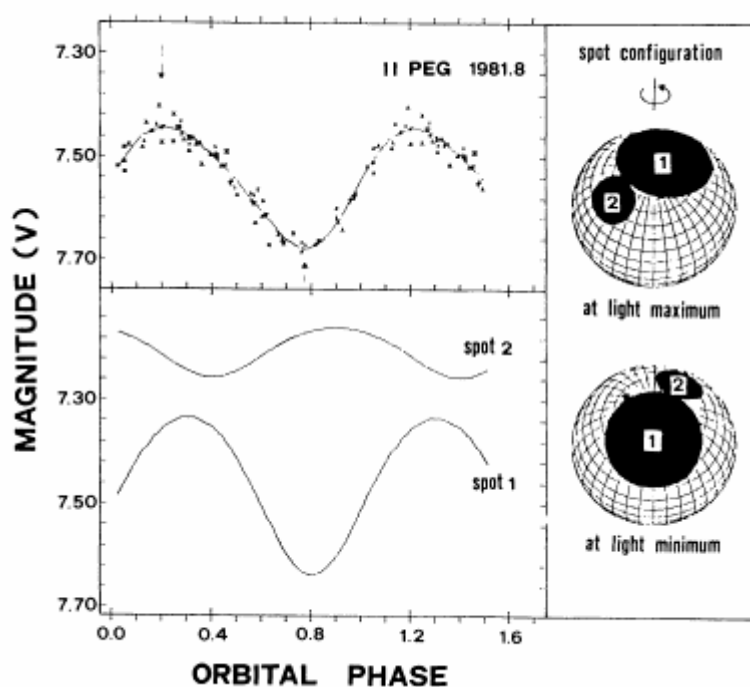
• II Pegasi

Πρόκειται για αστέρα φασματικού τύπου K που είναι φασματοσκοπικά διπλός με μάζα $0.035 \pm 0.003 M_{\odot}$ και βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο της εξέλιξης πριν εισέλθει στην κύρια ακολουθία. Ο II Peg είχε σταθερό μέγεθος για περίπου 40 χρόνια μέχρι το 1945-1950 περίπου που άρχισε να εμφανίζει τόσο μικρής όσο και μεγάλης διάρκειας μεταβολές. Σήμερα ξέρουμε ότι εκπέμπει και στα ραδιοφωνικά μήκη κύματος και στις ακτίνες-X. Για αυτόν τον αστέρα οι διακυμάνσεις - κύματα που παρατηρούνται, υφίστανται μεγάλες αλλαγές. Έτσι το μέγιστο και το ελάχιστο της καμπύλης φωτός του αστέρα, μετακινούνται προς μικρότερες φάσεις με διαφορετικούς ρυθμούς το καθένα. Λόγω αυτών των μετακινήσεων η καμπύλη φωτός του αστέρα έχει πάρει διάφορες μορφές: Από περίπου ημιτονοειδής, προοδευτικά σε ασύμμετρη, στη συνέχεια με διπλή κορυφή και μετά σχεδόν επίπεδη. Αυτή η μεταβολή συνοδεύεται και από κατακόρυφη πτώση της μέσης έντασης του φωτός του αστέρα κατά 0.4 μεγέθη τα τελευταία 6 χρόνια που υποδηλώνει αύξηση των κηλίδων στην αστρική επιφάνεια.

Για να προσομοιωθεί αυτή η συμπεριφορά χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο αστέρα με δυο σφαιρικές κηλίδες. Η επιλογή του μοντέλου γενικά δεν είναι εύκολη καθώς υπάρχουν πολλές ελεύθερες παράμετροι και παρόμοια αποτελέσματα μπορεί να προκύψουν από διάφορα μοντέλα. Εμφανές είναι ότι η χρήση μοντέλου με μια μόνο κηλίδα δεν είναι η πιο ενδεδειγμένη. Από τις πιο καθοριστικής σημασίας παραμέτρους που υπεισέρχονται στο πρόβλημα επιλογής του μοντέλου, είναι το γεωγραφικό μήκος και η ακτίνα των κηλίδων και η γωνία κλίσης του αστέρα. Αν αυτή δεν είναι γνωστή, τότε τα πράγματα είναι κάπως πιο πολύπλοκα καθώς το γεωγραφικό μήκος των κηλίδων είναι πιο δύσκολα προσδιοριζόμενο. Αυτό γιατί αν υποθέσουμε ότι έχουμε μια μεγάλη κηλίδα σε μεγάλο γεωγραφικό μήκος, τότε λόγω της περιστροφής του αστέρα, το αποτέλεσμα που θα έχουμε στην καμπύλη φωτός, θα μπορούσε να είναι παρόμοιο με αυτό που θα είχαμε από πολλές μικρές κηλίδες διάσπαρτες γύρω από τον ισημερινό. Οι παραπάνω υποθέσεις δεν είναι τυχαίες· έχει παρατηρηθεί ότι η υπολογιζόμενη ολική φωτεινότητα της αστρικής επιφάνειας

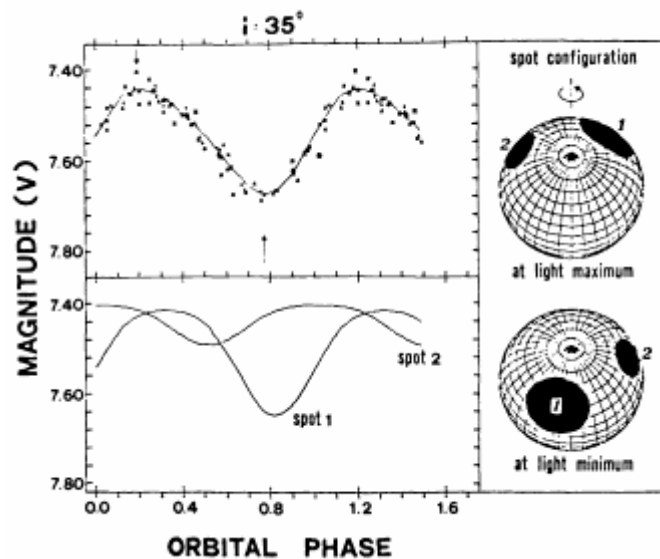
έτσι όπως υπολογίζεται χωρίς καθόλου κηλίδες είναι πάντα μικρότερη από αυτή που παρατηρείται. Αυτό ερμηνεύεται με την ύπαρξη μεγάλων κηλίδων στους πόλους έτσι ώστε να είναι ορατές πάντα ή από συνεχείς μικρές κηλίδες κοντά στον ισημερινό.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα 2 κηλίδων. Τα μοντέλα αυτά, συνήθως θεωρούν τις δύο κηλίδες κυκλικές και στο ίδιο γεωγραφικό μήκος και με την ίδια θερμοκρασία. Για αστέρες με γνωστή κλίση i αυτό είναι εφικτό. Αν όμως μελετήσουμε έναν αστέρα που δεν γνωρίζουμε την γωνία κλίσης του άξονα περιστροφής του, όπως π.χ. για έναν αστέρα που δεν ανήκει σε διπλά σύστημα, πρέπει να γίνουν διάφορες δοκιμές με τις τιμές των i – γωνία κλίσης, T_s – θερμοκρασία κηλίδων και R_s – ακτίνα κηλίδων, ώστε να αναπαραχθούν τα παρατηρησιακά δεδομένα. Τέλος πρέπει, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η καμπύλη που με την οποία θα προσεγγίσουμε την πραγματική, να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή χ^2 . Στην εικόνα 2.6 φαίνονται η προσεγγιστικές καμπύλες φωτεινότητας των 2 κηλίδων στο μοντέλο για τον II Peg για $i=60^\circ$.

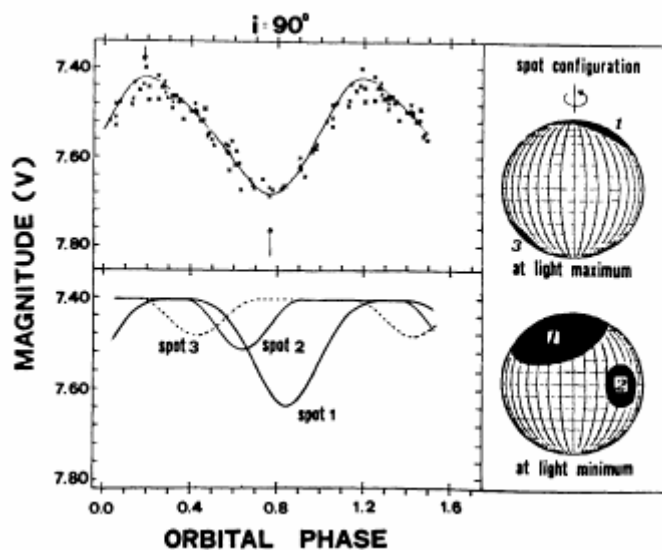
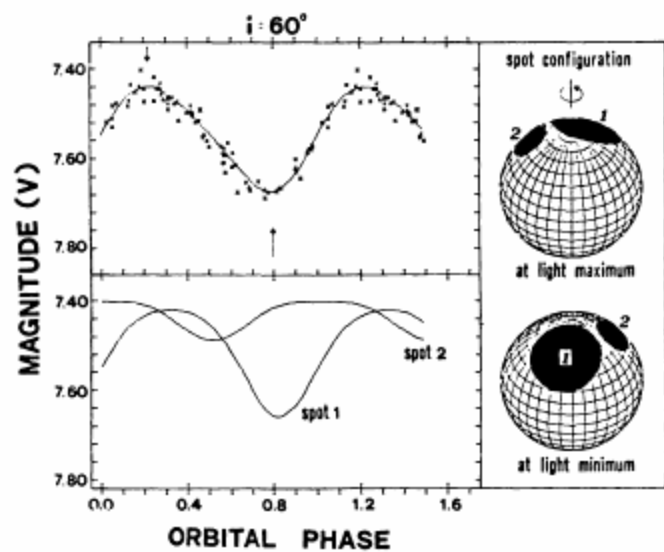


Εικόνα 2.6 : Μοντέλο 2 κηλίδων για τον II Peg

Αν θεωρήσουμε ότι το μέγιστο παρατηρούμενο μέγεθος είναι και αυτό που αντιστοιχεί στο μέγεθος του αστέρα χωρίς κηλίδες, τότε για διάφορες κλίσεις i τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης είναι αυτά που παρουσιάζονται στην εικόνα 2.7.

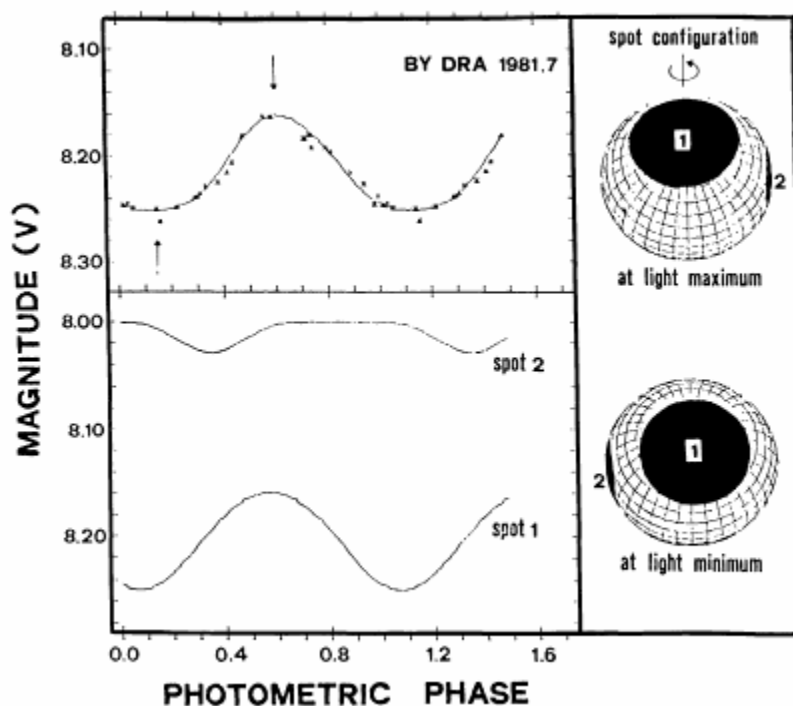


Εικόνα 2.7: Μοντέλο 2 κηλίδων για τον Π Reg για $i=35^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ όταν το μέγιστο παρατηρούμενο μέγεθος θεωρείται και το μέγεθος της ακηλίδωτης επιφάνειας του αστέρα.



- **BY Dra**

Ο αστέρας αυτός είναι ένας από αυτούς που παρατηρούμε στο Στεφάνι. Ένα μοντέλο κηλίδων που έχει προταθεί για αυτόν τον αστέρα είναι το επόμενο.



Εικόνα 2.8: Μοντέλο 2 κηλίδων για τον BY Dra

2.6 Νεότερος κατάλογος αστέρων εκλάμψεων

Ο πιο γνωστός κατάλογος των μεταβλητών τύπου UV Ceti, είναι ο κατάλογος του Gliese. Με την βοήθεια όμως του διαδικτύου και των πολλών πηγών πληροφόρησης πλέον, προτάθηκε ένας νεότερος κατάλογος από τους Gershberg, Katsova, Lovkaya, Terebizh και Shakhovskaya από τα αστροσκοπεία της Ουκρανίας και της Ρωσίας. Αυτός ο κατάλογος περιέχει 3

πίνακες,. Ο πρώτος περιέχει τις ονομασίες των αστερών της γειτονιάς του ήλιου, με τις συντεταγμένες τους και τις ίδιες κινήσεις τους με την βοήθεια της μεγαλύτερης βάσης δεδομένων στο διαδύκτιο, SIMBAD. Ο δεύτερος πίνακας περιέχει δεδομένα από οπτικές παρατηρήσεις και παρατηρήσεις στο υπεριώδες. Αναφέρονται επίσης αποστάσεις και τριγωνομετρικές παραλλάξεις από τον κατάλογο του Ίπαρχου και από τον Gliese. Ο τρίτος πίνακας περιέχει μη οπτικά δεδομένα των αστερών στην ήρεμή τους κατάσταση.

Για την μελέτη ενός τομέα όπως οι αστέρες εκλάμψεων, είναι απαραίτητες όσο το δυνατόν περισσότερες παρατηρήσεις. Αυτός είναι και ένας λόγος που η έκδοση στο διαδύκτιο του αρχείου των παρατηρήσεων του Στεφανίου είναι πολύ σημαντικός. Αναμένεται λοιπόν για το άμεσο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

***ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΣΤΕΦΑΝΙΟΥ
ΟΡΓΑΝΩΣΗ - ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ -
ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ***

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το αστεροσκοπείο του Στεφανίου Κορινθίας είναι ένα από τα αστεροσκοπεία που συμμετέχουν στη διεξαγωγή μελετών που πραγματεύονται αστέρες εκλάμψεων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φωτοηλεκτρικής φωτομετρίας.

Η ακριβής τοποθεσία του είναι σε γεωγραφικό πλάτος $\phi = +37^{\circ} 45' 15''$ και γεωγραφικό μήκος $\lambda = -22^{\circ} 49' 44''$ ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 800 m. Ιδρύθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1960 και είναι το ένα από τα δύο αστεροσκοπεία που έχουν ιδρυθεί στην Κόρινθο – το δεύτερο είναι το αστεροσκοπείο Κρυονερίου.

Λόγω της ελάχιστης νέφωσης της περιοχής αυτής καθώς επίσης και της έλλειψης φωτορρύπανσης, κατά διαστήματα έχει επιλεγθεί για να στεγάσει διάφορα τηλεσκόπια για την διεξαγωγή υψηλής ακρίβειας αστροφυσικών παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα,

- το διάστημα 1967-1970, εκ μέρους του Αστεροσκοπείου του Αμβούργου, στεγάστηκε στις εγκαταστάσεις του αστεροσκοπείου, το κατοπτρικό τηλεσκόπιο τύπου Cassegrain αγγλικής στήριξης, με διάμετρο αντικειμενικού φακού 38 εκατοστών – εστιακού λόγου $f/21$, στα πλαίσια προγράμματος χρηματοδοτούμενου από το NATO με τίτλο : «Φωτοηλεκτρική φωτομετρία αστερών των τελευταίων φασματικών τύπων»
- το διάστημα 1966-1967, μετά την υπογραφή πρωτοκόλλου μεταξύ Γαλλίας και Ελλάδας, εγκαταστάθηκε στο Αστεροσκοπείο ένας σταθμός παρακολούθησης τεχνητών δορυφόρων του CNES (Γαλλικού Κέντρου Διαστημικών Ερευνών).



Εικόνα 3.1: Άποψη του Στεφανίου Κορινθίας



Εικόνα 3.2 : Άποψη του Αστεροσκοπείου

- το διάστημα 1967-1973, Ολλανδοί αστρονόμοι αποφάσισαν να εγκαταστήσουν ένα κατοπτρικό τηλεσκόπιο van Straaten με διάμετρο αντικειμενικού φακού 40 cm το οποίο άνηκε στο αστεροσκοπείο του Αμβούργου με σκοπό τη διεξαγωγή φωτοηλεκτρικών παρατηρήσεων αστερών, κυρίως μεταβλητών λόγω εκλάμψεων.
- Και τέλος, από τις 27 Ιουνίου 1971 στο αστεροσκοπείο του Στεφανίου, μετά από την ευγενή προσφορά του καθηγητή Λ.Ν.Μαυρίδη (στον οποίο ανήκει και το οικόπεδο του αστεροσκοπείου), εγκαταστάθηκε εκεί το κατοπτρικό τηλεσκόπιο του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με υποδομή για φωτοηλεκτρικές παρατηρήσεις, το οποίο λειτουργεί μέχρι και σήμερα.

Αυτή η διαδοχή ερευνητικών προγραμμάτων έχει ωφελήσει κατά ποικίλους τρόπους το αστεροσκοπείο. Πρώτον, έχει γίνει γνωστό στο εξωτερικό ως κατάλληλο παρατηρητήριο για τη διεξαγωγή φωτοηλεκτρικών παρατηρήσεων, και δεύτερον, έχει λύσει τα βασικότερα προβλήματα όσων αφορά στην υποδομή του αστεροσκοπείου. Με άλλα λόγια έχει γίνει ένα ερευνητικό κέντρο με σημαντικά πλεονεκτήματα.

3.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΙΕΞΑΓΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΕΦΑΝΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΟΥΝΙΟ ΤΟΥ 1971 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ

Από τότε που παρήλθε στα χέρια των ελλήνων επιστημόνων, το αστεροσκοπείο, ακολουθεί μια σειρά συστηματικών παρατηρήσεων που αφορούν μεταβλητούς αστέρες. Οι κύριοι τύποι αστερών που έχουν παρατηρηθεί από εκεί είναι αστέρες εκλάμψεων στην γειτονιά του ήλιου, μεταβλητοί τύπου RS CVn και γαλαξιακοί κηφείδες. Πιο έντονο ενδιαφέρον έχει στραφεί προς τους αστέρες εκλάμψεων. Η παρατήρηση αυτών αφορά α) την καταγραφή και μελέτη του φαινομένου των εκλάμψεων από όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομάδα αστερών, και β) την παρατήρηση της ήρεμης κατάστασης των αστερών αυτών. Μερικοί αστέρες που έχουν συστηματικά

παρατηρηθεί από εκεί είναι οι EV Lac, AD Leo, UV Cet, YZ CMi, V390 Tau, AU Aur και πολλοί άλλοι.

Το σύνολο των παρατηρήσεων που έχει μαζευτεί από την έναρξη της ερευνητικής δραστηριότητας του αστεροσκοπείου είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς καλύπτει μεγάλη χρονική διάρκεια παρατηρήσεων με το ίδιο τηλεσκόπιο, αρκετά καλής ακρίβειας για τον σκοπό που χρησιμοποιείται, από τους ίδιους παρατηρητές και με τις ίδιες μεθόδους παρατήρησης αλλά και ανάλυσης.

Το υλικό που έχει συσσωρευτεί, έχει χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των μικρής διάρκειας διακυμάνσεων της φωτεινότητας της ήρεμης κατάστασης του αστέρα EV Lac, που εξηγείται από τους περισσότερους ερευνητές με την ύπαρξη αστρικών κηλίδων στην επιφάνεια των αστέρων. Με συσχέτισμό της ήρεμης κατάστασης και της συχνότητας των εκλάμψεων εξάλλου βρέθηκαν ενδείξεις του μηχανισμού σχηματισμού των κηλίδων. Μελετήθηκε επίσης η μεγάλης διάρκειας δραστηριότητα του αστέρα που αφορά τον πενταετή κύκλο δραστηριότητας του με σύγκριση των τιμών των παραμέτρων P_1 – συνολικός αριθμός N των εκλάμψεων ανά έτος προς συνολικό χρόνο παρατήρησης T , και P_2 – συνολική ολική ένταση των εκλάμψεων αυτών ΣP προς T , άρθηκε το συμπέρασμα ότι χρονιές με έντονη δραστηριότητα σε εκλάμψεις ακολουθούνται από χρονιές με χαμηλότερης φωτεινότητας ήρεμη κατάσταση. Επίσης παρατηρήθηκαν πολύ μικρής διάρκειας διακυμάνσεις της φωτεινότητας του ίδιου αστέρα (EV Lac) ενώ με την συμβολή παρατηρήσεων και από άλλα παρατηρητήρια (Αστεροσκοπεία Byurakan, Konkoly και Matra) μελετήθηκε και η εξάρτηση της δραστηριότητας των εκλάμψεων του BY Dra από την φάση των μικρής διάρκειας περιοδικών διακυμάνσεων της φωτεινότητάς του.

3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

- Τα χαρακτηριστικά στοιχεία του τηλεσκοπίου είναι:

- 1) Τύπος: Κατοπτρικό, τύπου Cassegrain με πρωτεύον κάτοπτρο υπερβολικό
- 2) Στήριξη: Ασύμμετρη
- 3) Διάμετρος πρωτεύοντος κατόπτρου : $D = 30$ ίντσες και οπή στη μέση αυτού με διάμετρο 9 ίντσες
- 4) Εστιακός λόγος: $f/3$ για την κύρια εστία και $f/13.3$ για την εστία Cassegrain
- 5) Κλίμακα Ειδώλου: $20''/\text{mm}$ πάνω στην εστία Cassegrain.
- 6) Διάμετρος χρήσιμου οπτικού πεδίου : 0.5°
- 7) Ως ερευνητής χρησιμεύει ένα διαθλαστικό τηλεσκόπιο με διάμετρο αντικειμενικού φακού, 6 ίντσες εστιακού λόγου $f/10$ και με ορθοσκοπικό προσοφθάλμιο εστιακής απόστασης 38 mm ώστε η τελική μεγέθυνση που επιτυγχάνεται να είναι ίση προς 40. Η διάμετρος του οπτικού πεδίου του ερευνητού είναι 1° .

Το τηλεσκόπιο συγκεντρώνει περίπου το 85% της ανακλώμενης ενέργειας πάνω σε επιφάνεια μόλις $1''$ διαμέτρου, πράγμα που είναι και ο κύριος στόχος τέτοιων παρατηρήσεων.

• Για την διεξαγωγή φωτοηλεκτρικών παρατηρήσεων, τα πρώτα εξαρτήματα που προσαρτήθηκαν στο τηλεσκόπιο ήταν :

- Ένα φωτοηλεκτρικό φωτόμετρο δυο καναλιών, τύπου Johnson με δυο φωτοπολλαπλασιαστές οι οποίοι κατά την διάρκεια της παρατήρησης καταψύχονται με ξηρό πάγο - στερεό CO_2 , ώστε να διατηρούν κατά την παρατήρηση όσο το δυνατόν μικρότερο το ρεύμα σκότους και μια εσωτερική πηγή σύγκρισης. Με αυτό το φωτόμετρο είναι δυνατή η διεξαγωγή μετρήσεων στα πέντε χρώματα του διεθνούς φωτομετρικού συστήματος Johnson

- Ένας φασματογράφος τύπου Meinel με επίπεδο φράγμα συμβολής και φωτογραφικό θάλαμο τύπου Schmidt, εστιακού λόγου $f/2$. Για την επεξεργασία των φασματογραφημάτων χρησιμοποιείται ένας συγκριτής – μικροφωτόμετρο με μετρητική συσκευή και διαστήματα μετακινήσεως κατά X και Y 250mm x 100mm και φωτοηλεκτρικό σύστημα κέντρωσης κατά X.

- Μια διάταξη για έκκεντρη σκόπευση αοράτων ουρανίων αντικειμένων.

- Ένας Καταγραφέας Hewlett Packard με δυνατότητα καταγραφής χρόνου και φωτορεύματος σε χαρτί- πατρόλ.

- Ο νέος καταγραφέας :

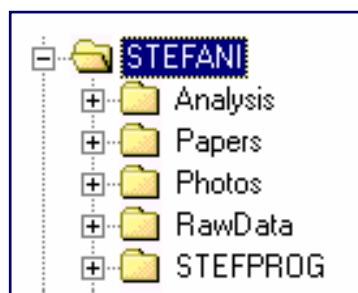
Το τελευταίο απόκτημα του αστεροσκοπείου ήταν ένας νέος καταγραφέας δεδομένων με δυνατότητες μέτρησης 2 διαφορετικών εισόδων για μέτρηση DC τάσεων και με δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή. Με την αναντικατάστατη βοήθεια του Κώστα Λιακάκη αναπτύχθηκε μια εφαρμογή για την καταγραφή των δεδομένων κατά την διάρκεια της παρατήρησης σε ψηφιακή μορφή με παράλληλη αποτύπωση αυτών στο patrol, όπως και πριν. Με αυτήν την προσθήκη, αυξήθηκαν κατά πολύ οι δυνατότητες του φωτομετρικού συστήματος του αστεροσκοπείου, παρέχοντας πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια στις παρατηρήσεις και δυνατότητες πολύ εκτεταμένης ανάλυσης των καμπυλών φωτός των παρατηρούμενων αστερών.

3.4 ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Λόγω της συνεχούς συμμετοχής του αστεροσκοπείου σε διάφορα ερευνητικά προγράμματα, κρίθηκε αναγκαία μια πρώτη οργάνωση των δεδομένων των μετρήσεων, που όλα αυτά τα χρόνια έχουν συσσωρευτεί. Με αφορμή αυτήν την παρατήρηση, καθώς και την ιδέα της μελλοντικής έκδοσης στο διαδίκτυο του αρχείου των παρατηρήσεων, ξεκίνησε και η δημιουργία του καταλόγου του Αστεροσκοπείου του Στεφανίου.

Η γενική μορφή του θα παρουσιαστεί σε αυτό το κεφάλαιο, αλλά για να υπάρχει μια πιο πλήρης περιγραφή του κάθε τμήματος, στο παράρτημα Β παραθέτονται περισσότερες πληροφορίες για κάθε υποκατάλογο. Ο κατάλογος του Στεφανίου, είναι αρκετά καλά δομημένος και περιέχει στις περισσότερες περιπτώσεις ένα readme αρχείο ώστε να γίνει κατά το δυνατόν εύκολα προσιτό σε οποιονδήποτε.

Ο κύριος κατάλογος του Στεφανίου, όπως έχει διαμορφωθεί μέχρι και αυτή τη στιγμή, είναι ο ακόλουθος.



Γενικά ο κάθε υποκατάλογος περιέχει :

 Analysis : Τα αναλυμένα δεδομένα των αστερών.

 Papers : Οι δημοσιεύσεις που αφορούν στις καμπάνιες των αστερών στις οποίες έχει συμμετάσχει το αστεροσκοπείο καθώς και οι αναφορές μετά από κάθε καμπάνια.

 Photos : Φωτογραφίες

 RawData : : Τα μη επεξεργασμένα δεδομένα όπως ακριβώς καταγράφονται κατά την διάρκεια των παρατηρήσεων

 STEFPROG : Τα προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί για την επεξεργασία των δεδομένων

3.5 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ : ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Μέχρι σήμερα, η ανάλυση των δεδομένων έχει περάσει από τρία κυρία στάδια. Πριν την περαιτέρω παρουσίαση του καταλόγου και επειδή κρίνεται σκόπιμη για την καλύτερη παρουσίαση της αρχειοθέτησης, παρουσιάζεται παρακάτω ένα μικρό ιστορικό των μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι την τωρινή τους μορφή.

Οι μέθοδοι, χρονολογικά, είναι οι εξής :

I. Αναλογική καταγραφή μόνο σε καταγραφικό χαρτί και ψηφιοποίηση από τον κύριο Αυγολούπη. Αυτός ήταν και ο κύριος τρόπος ανάλυσης ως τώρα. Η ψηφιοποίηση γίνονταν ανά 0.04 ή 0.02 λεπτά, και η καταγραφή

αποτελεσμάτων, η γραφική απεικόνιση και ο υπολογισμός ισχύος $-P$ και αέριας μάζας, λάμβαναν χώρα μετέπειτα από τον κ. Σειραδάκη και τον κύριο Αυγολούπη.

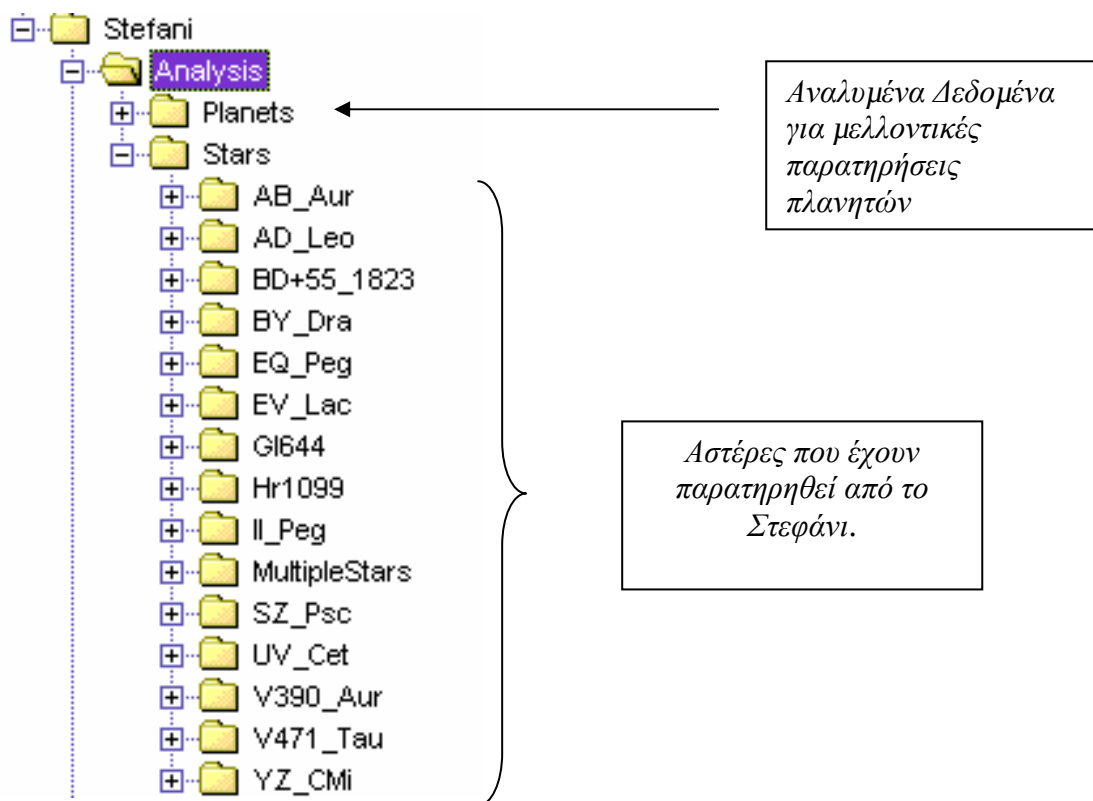
II. Μια πρώτη καταγραφή ηλεκτρονικών μετρήσεων παράλληλα με την καταγραφή στο χαρτί, έγινε μετά την αγορά από τον κ. Σειραδάκη μιας κάρτας ηλεκτρονικού υπολογιστή μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Αυτή η κάρτα συνδέθηκε με τον παλιό καταγραφικό με ένα διανομέα σήματος και με ένα πρόγραμμα οδήγησης που αναπτύχθηκε από τον κ. Σειραδάκη λήφθηκαν μετρήσεις για διάφορους αστέρες.

III. Τέλος, με την αγορά του νέου καταγραφέα, αναπτύχθηκε και ένα πρόγραμμα πλοήγησης σε γλώσσα προγραμματισμού C, από τον Κώστα Λιακάκη στα πλαίσια της διπλωματικής του εργασίας. Οι πρώτες ολοκληρωμένες μετρήσεις που πάρθηκαν με αυτόν τον καταγραφέα αφορούν την καμπάνια Οκτωβρίου του 2001, ενώ από τον Φεβρουάριο του 2002 και μετά, με μερικές διορθώσεις - βελτιώσεις στο βασικό πρόγραμμα, καταλήξαμε στη σημερινή μορφή του προγράμματος.

Παρακάτω αναλύεται κάθε κατάλογος χωριστά με κάποιες διευκρινήσεις.

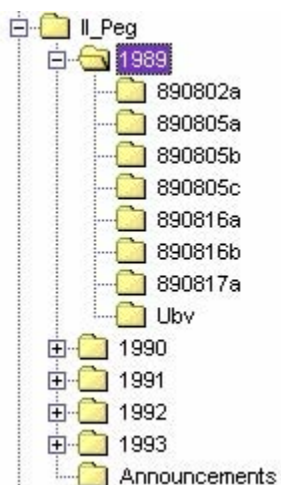
Analysis

Ο κατάλογος αυτός εμφανίζεται όπως παρακάτω :



Για κάθε αστέρα υπάρχουν υποκατάλογοι με την χρονιά των παρατηρήσεων και ανάλογα με την μορφή της ανάλυσης, υπάρχουν δύο περιπτώσεις.

1^{ον} : Για παρατηρήσεις με το παλαιό καταγραφικό :



Κάθε χρονιά περιέχει υποφακέλους με όνομα ημερομηνία της παρατήρησης και έναν που υποδηλώνει τον αριθμό του flare^ℵ

- καθώς μπορεί σε μια βραδιά να παρατηρήθηκαν περισσότερα του ενός flare.

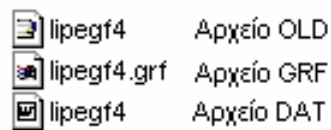
Έτσι, το όνομα 890802a δηλώνει παρατήρηση του 1989,

τον 8^ο μήνα,

στις 2 του μηνός,

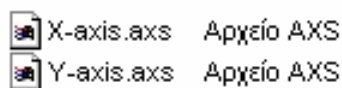
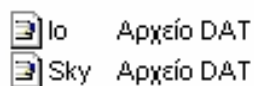
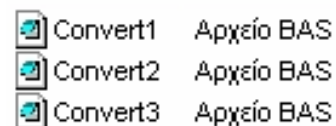
το πρώτο flare που παρατηρήθηκε.

Τα βασικά περιεχόμενα κάθε υποφακέλου είναι:



Ένα αρχείο με το όνομα του αστερά και κατάληξη .old με τις μετρήσεις όπως ψηφιοποιήθηκαν από τον κ. Αυγολούπη, χωρίς όμως αναφορά χρόνου, ένα αρχείο με κατάληξη .dat που διαφέρει από το προηγούμενο στο ότι έχει προστεθεί ο χρόνος και έχει βαθμονομηθεί η ένταση στα δεδομένων, και ένα αρχείο με κατάληξη .grf (αρχείο GRAPHER) που είναι η τελική γραφική παράσταση.

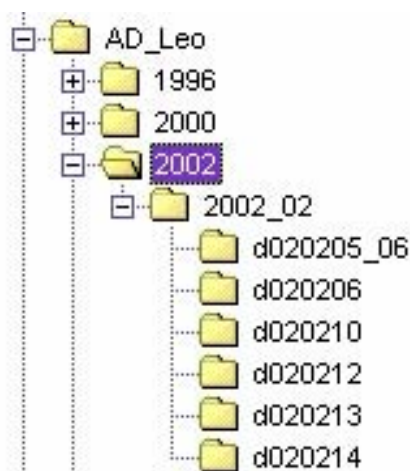
Πιθανόν να υπάρχουν επίσης μικροπρογραμματάκια λίγων γραμμών με ονομασία Convert που μετατρέπουν τα δεδομένα των αρχείων old σε δεδομένα των αρχείων .dat, τα οποία χρησιμοποιούνται για την τελική γραφική παράσταση, που δίνει την ένταση του φωτός του αστερά μετά την αφαίρεση της επίδρασης του ουρανού και κανονικοποιώντας ως προς την ένταση της σταθερής κατάστασης



Τέλος πιθανόν να υπάρχουν και αρχεία που να χρησιμοποιούνται από τα προηγούμενα προγραμματάκια ή να δημιουργούνται από αυτά σε ένα ενδιάμεσο στάδιο

Τα μικροπρογραμματάκια, έχουν καταταχθεί εδώ και όχι στον κατάλογο STEFPROGS γιατί περιέχουν εξισώσεις ή παραμέτρους που αφορούν την συγκεκριμένη, κάθε φορά παρατήρηση.

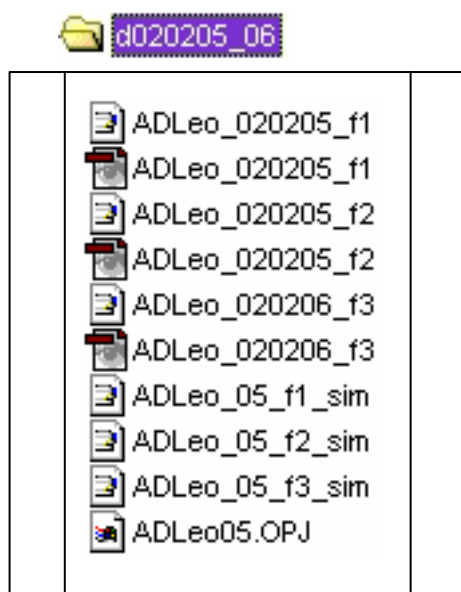
2^{ον} : Για παρατηρήσεις με το νέο καταγραφικό :



Για κάθε χρονιά υπάρχει ένας υποκατάλογος που αφορά τον μήνα της παρατήρησης και μέσα σε αυτόν υπάρχουν τόσοι φάκελοι, όσες και οι μέρες της καμπάνιας στις οποίες παρατηρήθηκαν flare.

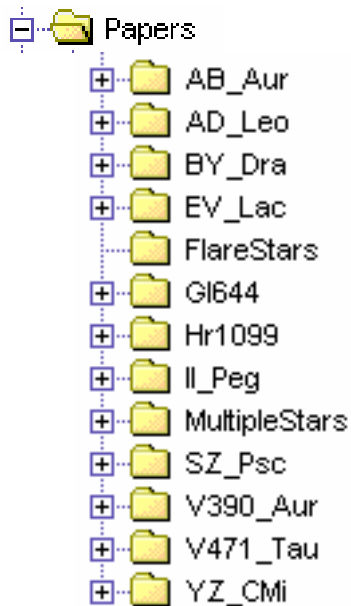
Π.χ. η ημερομηνία *d020205_06* περιέχει δεδομένα παρατηρήσεων που λήφθηκαν τον Φεβρουάριο του 2003 την βραδιά 5 προς 6 του μηνός. Αναφέρεται και η δεύτερη ημέρα γιατί η χρονική διάρκεια του flare που παρατηρήθηκε εκτείνεται μέχρι και την έκτη του μηνός’.

Τέλος μέσα σε κάθε τέτοιο υποκατάλογο, υπάρχουν:



Για κάθε flare, ένα *.dat* αρχείο με δυο στήλες με τα τελικά δεδομένα, ένα *.jpg* αρχείο με τα προηγούμενα δεδομένα σε γραφική παράσταση και ένα *_sim* αρχείο, με τα δεδομένα σε κατάλληλη μορφή ώστε να τρέχει το πρόγραμμα που μας δίνει την ισχύ $-P$ (simpson). Και υπάρχει και το *.opj* αρχείο **ORIGIN**, που περιέχει συνολικά την ανάλυση.

Papers

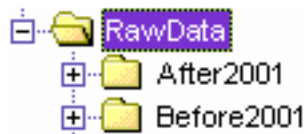


Και αυτά είναι αρχειοθετημένα κατά αστέρα και κάθε αστέρας είναι χωρισμένος σε χρονιές. Υπάρχουν δυο μορφές κειμένου. Η παλαιότερη είναι κείμενα wordstar και η νεότερη κείμενα tex.

Photos

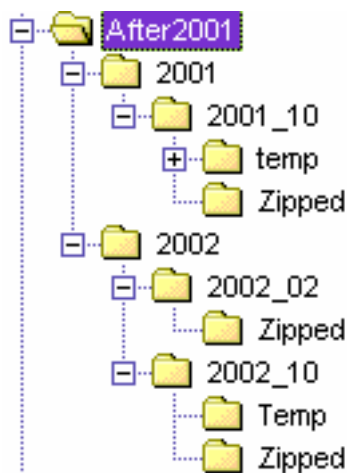
Αυτός ο κατάλογος περιέχει φωτογραφίες από το Στεφάνι, από το Αστεροσκοπείο και από το τηλεσκόπιο και τα εξαρτήματα που είναι προσαρτημένα σε αυτό. Σύντομα, για να είναι ολοκληρωμένος αυτός ο κατάλογος, θα πρέπει να εμπλουτιστεί σε υλικό και με τους παρατηρητές, εν ώρα παρατήρησης. (Αυγολούπης, Σειραδάκης, Παπαντωνίου, Τσορλίνης, Λιακάκης)

RawData



Εντελώς μη επεξεργασμένα δεδομένα πριν τον νέο καταγραφέα, ουσιαστικά δεν υπάρχουν. Γι' αυτό και τα Raw Data είναι χωρισμένα σε πριν το 2001 και μετά το 2001, που έγινε η πρώτη καταγραφή με τον νέο καταγραφέα και με την νεότερη μορφή του προγράμματος πλοήγησης, όπως αυτό βελτιώθηκε από τον Κώστα Λιακάκη.

Πριν το 2001, υπάρχουν τα δεδομένα του 2000 τα οποία λήφθηκαν πρώτη φορά με τον νέο καταγραφέα δοκιμαστικά.



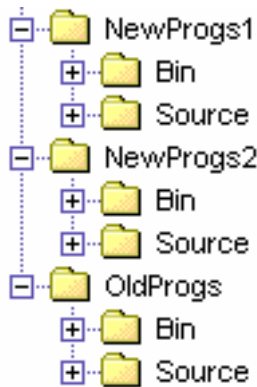
Μετά το 2001, υπάρχει ο φάκελος με τα ζιπαρισμένα αρχεία έτσι όπως καταγράφονται την στιγμή της παρατήρησης τα οποία είναι πολύ μεγάλα. Για κάθε παρατήρηση, υπάρχουν δύο αρχεία, ένα αρχείο κειμένου με πληροφορίες για τις συνθήκες παρατηρήσεις και ένα αρχείο με τα δεδομένα κωδικοποιημένα σε δυαδικό σύστημα (Βλέπε διπλωματική

Κώστα Λιακάκη). Τα δεδομένα αυτά, αποκωδικοποιούνται με το πρόγραμμα Reader το οποίο μέχρι στιγμής υπάρχει σε δυο version. Η πρώτη (Reader) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκωδικοποίηση όλων των δεδομένων και πριν και μετά το 2001. Η δεύτερη, που δημιουργήθηκε από τον Κώστα μετά το 2001 (Reader_V1.1) παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες και επιλογές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τα δεδομένα μετά το 2001.

Μελλοντικά σε αυτόν τον κατάλογο, θα υπάρχουν και τα δεδομένα όλων των παρατηρήσεων (δηλαδή και αυτών που περιέχουν μέσα flare αλλά και των άλλων που δεν έχουν αλλά υπάρχουν διαστήματα παρατήρησης) μετά την πρώτη αποκωδικοποίηση και με τρεις στήλες εκ των οποίων η πρώτη θα περιέχει την ώρα της κάθε μέτρησης σε ιουλιανή ημερομηνία (Joulian Date), η

δεύτερη την ώρα σε UT και η τρίτη τη μέτρηση, I. Η Ιουλιανή ημερομηνία είναι χρήσιμη όταν μελετάμε μακράς περιόδου φαινόμενα και θέλουμε να συγκρίνουμε παρατηρήσεις που μπορεί να διαφέρουν από μέρες σε μήνες και χρόνια.

STEFPROG



Τα προγράμματα του Στεφανίου είναι χωρισμένα σε τρεις κατηγορίες ενώ κάθε κατηγορία είναι χωρισμένη στα Source που περιέχουν τους κώδικες και στα Bin που περιέχουν τα εκτελέσιμα προγράμματα. Ξεκινώντας από τα OldProgs, αυτά περιέχουν τα παλαιότερα προγράμματα που κατά καιρούς έχουν δημιουργηθεί για τις ανάγκες του

αστεροσκοπείου του Στεφανίου.

Τα NewProgs1 περιέχουν τα νεότερα προγράμματα που δημιουργήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων λίγο πριν την χρήση του νέου καταγραφικού και μέχρι το 2001.

Τέλος τα NewProgs2 περιέχουν τα προγράμματα που αναπτύχθηκαν για τις μετρήσεις από το νέο καταγραφικό, συμπεριλαμβανομένων και των δυο εκδόσεων του Reader.

Αναλυτικότερα, οι κατάλογοι υπάρχουν στο Παράρτημα Α.

* Για παρατηρήσεις με τον παλιό καταγραφέα, δεν υπάρχουν αρχεία που να περιέχουν δεδομένα ολόκληρης βραδιάς. Υπάρχουν μόνο αρχεία που περιέχουν τα δεδομένα των flares

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

***ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2001,
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ ΚΑΙ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2002***

4.1 Εισαγωγή

Σκοπός της διπλωματικής αυτής, εκτός από την αρχειοθέτηση, ήταν η ανάλυση των ψηφιακών δεδομένων που λαμβάνονται με τον καινούργιο καταγραφέα, με ένα πρόγραμμα γραφικών. Τα δεδομένα, μετά από την αποκωδικοποίησή τους από το πρόγραμμα Reader, έπρεπε με κατάλληλη μορφή, να εισάγονται σε ένα πρόγραμμα γραφικών κατάλληλα διαμορφωμένο για τα συγκεκριμένα δεδομένα, ώστε με λίγες ρυθμίσεις από τον χρήστη να γίνεται η επεξεργασία πιο γρήγορα και πιο εύκολα.

4.2 ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

A. ΤΕΧΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Πριν από την επεξεργασία, έπρεπε να διορθωθούν κάποια σφάλματα του αρχικού προγράμματος. Οι μετρήσεις, έτσι όπως λαμβάνονται από τον υπολογιστή, αρχικά γράφονται σε ένα Temp αρχείο και περίπου κάθε 15' γράφονται στο δίσκο. Όταν χαθεί ο συγχρονισμός, το πρόγραμμα το διαπιστώνει και προσθέτει στις μετρήσεις 15 μηδενικά, τα οποία με το reader μεταφράζονται σε ένδειξη Zeros! στην θέση που θα αναμένονταν μια γραμμή με δυο στήλες – ώρα και μέτρηση έντασης, I. Μερικές φορές τα Zeros! αυτά καταλαμβάνουν και δυο σειρές και ο χρόνος – μετρήσεις που χάνονται, ποικίλει. Για την σωστή ανάλυση έπρεπε να βρεθεί ο απόλυτος χρόνος που χάθηκε από την προηγούμενη σωστή έως την επόμενη σωστή εγγραφή.

Στις πρώτες μετρήσεις του Οκτωβρίου του 2001, το φαινόμενο ήταν συχνό και ο χρονισμός χανόταν εύκολα οπότε τα αρχεία είχαν μέσα πολλά Zeros! κάτι που δυσκόλευε αρκετά τα πράγματα. Μετά από προσεκτική μελέτη των δεδομένων αυτών και συζήτηση με τον Κώστα και τον κ. Σειραδάκη, το

πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε και την επόμενη φορά που κατέβηκαν ο Κώστας και ο κ. Αυγολούπης στο Στεφάνι, οι μετρήσεις πια είχαν πολύ λιγότερα έως και καθόλου Zeros! Επιπλέον μάλιστα ο Κώστας ετοίμασε την δεύτερη version του reader, το Reader_V1.1 που παρέχει περισσότερες επιλογές για το πώς θα εμφανίζονται τα τελικά δεδομένα. Οι μετρήσεις λοιπόν του Φεβρουαρίου του 2002 ήταν πολύ καλύτερες από τις μετρήσεις του Οκτωβρίου του 2001 ενώ παρέμεινε η διόρθωση των Zeros! όχι καθολικά, αλλά για κάθε περίοδο ξεχωριστά.

B. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η μέθοδος που ακολουθείτε γενικά είναι η εξής :

- 1) Αποκωδικοποίηση των δεδομένων με την κατάλληλη version του reader.
- 2) Καθάρισμα των δεδομένων από ‘χαλασμένα δεδομένα’ (δηλαδή απαλοιφή των γραμμών με τα zeros! και αντικατάσταση αυτών με τιμές που υπολογίζονται με παρεμβολή από τις προηγούμενες και τις επόμενες και απαλοιφή των γραμμών με κενά).
- 3) Μετατροπή του χρόνου σε ακέραιες ώρες (UT).

Για την περαιτέρω ανάλυση, είναι απαραίτητη η παράλληλη εξέταση του καταγραφικού χαρτιού και των ψηφιακών δεδομένων καθώς κατά την παρατήρηση υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που αφορούν τις συνθήκες παρατήρησης και που δεν είναι δυνατόν να αναγράφονται όλες στο ημερολόγιο του παρατηρητή (όπως π.χ. συννεφάκια, απουσία ξηρού πάγου κ. τ. λ..). Μερικά από αυτά, είναι θέμα εμπειρίας να λυθούν, αλλά κάποια άλλα μπορεί εύκολα να μπερδέψουν αυτόν που κάνει την ανάλυση αν δεν εξετάζει και τι αναγράφεται πάνω στο χαρτί.

Από εκεί και μετά η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτή που γινόταν και πριν την ψηφιακή καταγραφή και ανάλυση. Δηλαδή γίνεται ο εντοπισμός του πιθανού flare, ο εντοπισμός των μετρήσεων του ουρανού κοντά στο flare, ο υπολογισμός της εξίσωσης του ουρανού για την περίοδο που μας ενδιαφέρει, ο υπολογισμός της περίπου σταθερής έντασης του φωτός του αστέρα κατά την ήρεμη κατάσταση και η εύρεση της καμπύλης φωτός του αστέρα. Αν η διαφορά του μεγέθους του μεγίστου της υπό-εξέταση έκλαμψης από το μέγεθος της ήρεμης κατάστασης του αστέρα, υπερβαίνει τα 3σ , όπου σ το σφάλμα λόγω τυχαίων διακυμάνσεων και διαταραχών, τότε το παρατηρηθέν φαινόμενο συγκαταλέγεται στις εκλάμψεις, υπολογίζεται για αυτό το ακριβές μέγεθος του μεγίστου, η ισχύς του και η αέρια μάζα για την βραδιά της παρατήρησης.

Μετά το πρώτο διάστημα, και ενώ είχαν γίνει κάποια μικρά βήματα για την δημιουργία του προγράμματος γραφικών σε γλώσσα Fortran και με την χρήση της PGPlot, οι μετρήσεις είχαν συσσωρευτεί και μια πρώτη ανάλυσή τους με ένα οποιοδήποτε πρόγραμμα κρίθηκε απαραίτητη. Ως αρκετά κατάλληλο πρόγραμμα για αυτήν την δουλειά με αρκετές δυνατότητες, κρίθηκε το Origin. Έτσι ξεκίνησε η ανάλυση των δεδομένων με αυτό με την πεποίθηση, ότι δουλεύοντας την ανάλυση ενός αριθμού εκλάμψεων και βλέποντας τις απαιτήσεις αυτής, θα ήταν δυνατόν μετέπειτα να γίνει καλύτερος προγραμματισμός.

Η όλη διαδικασία έχει ως εξής:

- Εντοπίζονται τα διαστήματα στα οποία έχει ληφθεί ουρανός για όλο το διάστημα της παρατήρησης και υπολογίζεται μια μέση τιμή έντασης για το κάθε ένα.
- Εξάγονται διάφορες εξισώσεις για την ένταση του φωτός του ουρανού, που να απαλείφουν κατά το δυνατόν τις φαινομενικές ανωμαλίες της καμπύλης φωτός του αστέρα. Οι εξισώσεις αυτές θα πρέπει να είναι πρώτου ή το πολύ δευτέρου βαθμού ανάλογα με τον αριθμό των παραγόντων που υπεισέρχονται στις μετρήσεις μας.

- Διαλέγουμε το I_0 (δηλαδή την ένταση σταθερής κατάστασης για τον αστέρα που παρατηρείται) ως την μέση τιμή της έντασης ενός ή δύο λεπτών πριν την έκλαμψη, δηλαδή 600 ή 1200 μετρήσεων. Η μέτρηση του I_0 είναι πολύ σημαντική για την σωστή παρατήρηση και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται πολύ προσεκτικά.
- Για κάθε μια μέτρηση από τις 600 ή 1200, και από την εξίσωση του ουρανού που έχει επιλεγθεί, αφαιρείται από τη μέτρηση ο ουρανός που αντιστοιχεί σε αυτήν με παρεμβολή, δηλαδή βρίσκεται το $I_{o_i} - I_{sky_i}$ και από αυτό υπολογίζεται το $X_i = I_{o_i} - I_{sky_i}$

$$I_{00} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{o_i} - I_{sky_i}}{n} \quad \text{και το σφάλμα} \quad \sigma_{n-1}^2 = \frac{X_i - \bar{X}}{n-1}, \quad \text{όπου}$$

$$X_i = I_{o_i} - I_{sky_i} \quad \text{και} \quad \bar{X} = I_{00}$$

Γίνεται γραφική παράσταση $y=f(x)$ όπου $y = \frac{I_i - I_{sky_i} - I_{00}}{I_{00}}$ και x σε

ώρες UT.

Σε αυτό το σημείο μπορεί να γίνει ένας πρώτος έλεγχος για το αν η επιλογή του I_{00} και της εξίσωσης του ουρανού είναι κατάλληλες. Αν η εξίσωση δεν είναι κατάλληλη, δηλαδή δεν αντιπροσωπεύει σωστά το διάστημα που μελετάμε, μπορεί να προβλεφθεί και πριν από αυτό το στάδιο. Το αν όμως το I_{00} είναι κατάλληλο για την συγκεκριμένη εξίσωση, μπορεί να διαπιστωθεί μόνο μετά από αυτό το στάδιο. Αν είναι κατάλληλο, και η γραφική παράσταση δείχνει μια σωστή καμπύλη φωτός, μπορεί να γίνει ο επόμενος υπολογισμός. Αν όχι, η διαδικασία επαναλαμβάνεται για νέες τιμές ήρεμης κατάστασης και εξισώσεις ουρανών.

- Υπολογίζεται η διαφορά στο φαινόμενο μέγεθος του αστέρα δηλαδή το Δm , κατά το μέγιστο (ή τα μέγιστα αν είναι παραπάνω από ένα) από τον τύπο :

$$\Delta m = 2.5 \log \frac{I_{f_{\max}} - I_{sky_{\max}}}{I_{00}}$$

και το σ του Δm , δηλαδή το : $\sigma = 2.5 \log \frac{I_{00} + \sigma_{n-1}}{I_{00}}$ και όπως πριν

ελέγχεται για να διαπιστωθεί αν το σφάλμα λόγω διακυμάνσεων, δεν είναι αρκετό να προκαλέσει την διαταραχή αυτή που παρατηρήθηκε ως flare.

- Υπολογίζεται η ολική ισχύ P της έκλαμψης:

$$P = \int_{t_2}^{t_1} \frac{I_i - I_{sky_i} - I_{00}}{I_{00}}$$

- Υπολογίζεται η αέρια μάζα X , από τις συντεταγμένες του αστέρα και το χρόνο παρατήρησης.

Με αυτήν την μέθοδο, μελετήθηκαν τα ψηφιακά δεδομένα από τις 3 καμπάνιες για τις οποίες λήφθηκαν δεδομένα με τον νέο καταγραφέα. Από την μελέτη αυτή βγήκαν πολλά συμπεράσματα που αφορούν τόσο την παρατήρηση των αστέρων εκλάμψεων όσο και τον καλύτερο τρόπο ανάλυσης. Όλα αυτά θα αναφερθούν στα συμπεράσματα.

Παρακάτω δίνονται τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των αναλύσεων των τριών περιόδων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

• Οκτώβριος 2001

Η περίοδος του Οκτωβρίου 2001, ξεκινάει από τη βραδιά 8/9 και τελειώνει τη βραδιά 17/18. Συνολικά οι αστέρες που παρατηρήθηκαν ήταν :

EV Lac (B), UVCet (B), V390 Aur (U), V471 Tau (U), IIPeg (U).

Τα δεδομένα καταγράφονται και στον υπολογιστή μόνο τις βραδιές 12/13, 13/14 και 14/15. Σε αυτό το διάστημα, παρατηρήθηκαν όλοι οι προαναφερθέντες αστέρες, και εντοπίστηκαν τρία (3) flare, δύο (2) στον EV Lac και ένα (1) στον UV Cet. Τα αποτελέσματα αναλυτικά, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

1.

UV Cet	12 Οκτωβρίου 2001
<i>Εξίσωση Ουρανού :</i> $Y = 87.73941 - 7.5237 * t + 0.16394 * t^2$ $I_{00} = 0.05566$ $\sigma_{n-1} = 0.01948$	
$\frac{I_f - I_0}{I_0}_{(max)} = 2.407$ $UT_{max} = 22.51695$	
$Dm = 1.331$ $\sigma = 0.326$	
$T_{ανόδου (min)} = 0.0834$ $T_{καθόδου (min)} = 1.1676$	$Διάρκεια D_{(min)} = 1.251$

2.

EV Lac	13 Οκτωβρίου 2001
<i>Εξίσωση Ουρανού :</i> $Y = 1.02715 + 0.01974 * t$ $I_{00} = 1.28639$ $\sigma_{n-1} = 0.02597$	
$\frac{I_f - I_0}{I_0}_{(max)} = 0.097$ $UT_{max} = 19.91435$	
$Dm = 0.101$ $\sigma = 0.022$	
$T_{ανόδου (min)} = 1.5138$ $T_{καθόδου (min)} = 1.1286$	$Διάρκεια D_{(min)} = 2.6424$

3.

<i>EV Lac</i>	<i>14 Οκτωβρίου 2001</i>
Εξίσωση Ουρανού : $Y = -0.56429 + 0.10267 \cdot t$	
$I_{00} = 1.18308$	$\sigma_{n-1} = 0.02931$
$\frac{I_f - I_0}{I_0}_{(max)} = 0.322$	$UT_{max} = 20.24107$
$Dm = 0.303$	$\sigma = 0.0266$
$T_{ανόδου (min)} = 0.2412$ $T_{καθόδου (min)} = 4.0308$	$Διάρκεια D_{(min)} = 4.272$

Οι τελικές καμπύλες φωτός αυτών βρίσκονται στο τέλος του κεφαλαίου.

• Φεβρουάριος 2002

Η καμπάνια του Φεβρουαρίου, καλύπτει το χρονικό διάστημα από 3/4 Φεβρουαρίου έως 14/15 Φεβρουαρίου. Αυτό το διάστημα παρατηρήθηκαν οι αστέρες : AD Leo (U), BY Dra (U), YZ CMi (B), V390 Aur (U). Ανιχνεύτηκαν συνολικά είκοσι (20) flare, ένα (1) στον V390 Aur, δέκα (10) στον YZ Cmi και εννέα (9) στον AD Leo.

Τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα παρακάτω. Έχουν παραληφθεί οι περαιτέρω πληροφορίες για τις εξισώσεις των ουρανών και τα I_{00} κ. τ. λ.

	05/2/ 02	05/2/02	06/2/02	09/2/02	12/2/02
<u>YZ CMI</u>	Flare No.1	Flare No.2	Flare No.3	Flare No.4	Flare No.5
UT _{max}	20 ^h 31.65 m	20 ^h 46,40 m	21 ^h 30.66 m	20 ^h 52.12 m	19 ^h 12.71 m
T _{ανόδου}	7.14	2.01	1.54	0.74	>1.40
T _{καθόδου}	8.41	1.05	1.46	3.70	3.55
Διάρκεια	15.55	3.06	3.00	4.44	>4.95
$\frac{I_f - I_0}{I_0 \text{ (max)}}$	0.198	0.265	0.210	2.322	0.237
Δm	0.196	0.255	0.207	1.304	0.231
P _(min)	0.837	0,197	0.178	0.532	0.297
σ	0.06	0,07	0.09	0.08	0.07
X	1.225	1.215	1.215	1.209	1.303

<u>YZ CMi</u>	12/2/ 02	12/2/02	13/2/02	13/2/02	14/2/02
	Flare No.6	Flare No.7	Flare No.8	Flare No.9	FlareNo.1 0
UT _{max}	12 ^h 41.01 _m	20 ^h 52,45 _m	20 ^h 04.28 _m	21 ^h 26.25 _m	21 ^h 29.93 ^m
T _{ανόδου}	1.66	31.88	2.93	5.34	11.07
T _{καθόδου}	11.54	23.24	40.74	5.35	20.74
Διάρκεια	13.20	55.12	43.67	10.69	31.38
$\frac{I_f - I_0}{I_0 \text{ (max)}}$	0.207	0.610	0.589	0.246	3.515
Δm	0.204	0.517	0.503	0.239	1.637
P _(min)	0.787	10,785	4.326	0.707	16.427
σ	0.07	0,08	0.07	0.08	0.07
X	1.251	1.210	1.222	1.234	1.243

<u>AD Leo</u>	5/2/ 02	5/2/02	6/2/02	7/2/02	10/2/02
	Flare No.1	Flare No.2	Flare No.3	Flare No.4	FlareNo.5
UT _{max}	22 ^h 45.62 m	23 ^h 01,73 m	00 ^h 40.88 m	00 ^h 01.03 m	23 ^h 13.74 m
T _{ανόδου}	8.93	2.76	1.00	7.62	22.50
T _{καθόδου}	7.39	24.16	3.02	5.35	13.13
Διάρκεια	16.32	26.16	4.02	12.97	35.83
$\frac{I_f - I_0}{I_0 \text{ (max)}}$	0.362	0.399	0.566	0.286	0.291
Δm	0.335	0.364	0.487	0.286	0.291
P _(min)	1.999	3,159	0.409	0.778	1.411
σ	0.10	0,10	0.13	0.11	0.11
X	1.079	1.065	1.076	1,054	1.051

<u>AD Leo</u>	12/2/ 02	13/2/02	13/2/02	14/2/02
	Flare No.6	Flare No.7	Flare No.8	Flare No.9
UT _{max}	23 ^h 44.85 ^m	22 ^{h0} 36,29 ^m	23 ^h 27.00 ^m	23 ^h 13.45 ^m
T _{ανόδου}	1.78	0.78	1.68	0.27
T _{καθόδου}	30.25	4.03	29.09	4.45
Διάρκεια	32.83	4.81	30.77	4.72
$\frac{I_f - I_0}{I_0 \text{ (max)}}$	0.936	0.238	0.732	0.826
Δm	0.717	0.232	0.596	0.654
P _(min)	3.751	0,394	4.953	0.754
σ	0.11	0,11	0.11	0.11
X	1.057	1.061	1.052	1,051

<u>V390</u>									
<u>Aur</u>	UT_{max}	T_{ανόδου}	T_{καθόδου}	Διάρ- κεια	$\frac{I_f - I_0}{I_0 \text{ (max)}}$	Δm	P_(min)	σ	X
Flare No.1	18^h27.53^m	10.57	6.06	16.63	0.038	0.04	0.251	0.0015	1.015

• Οκτώβριος 2002

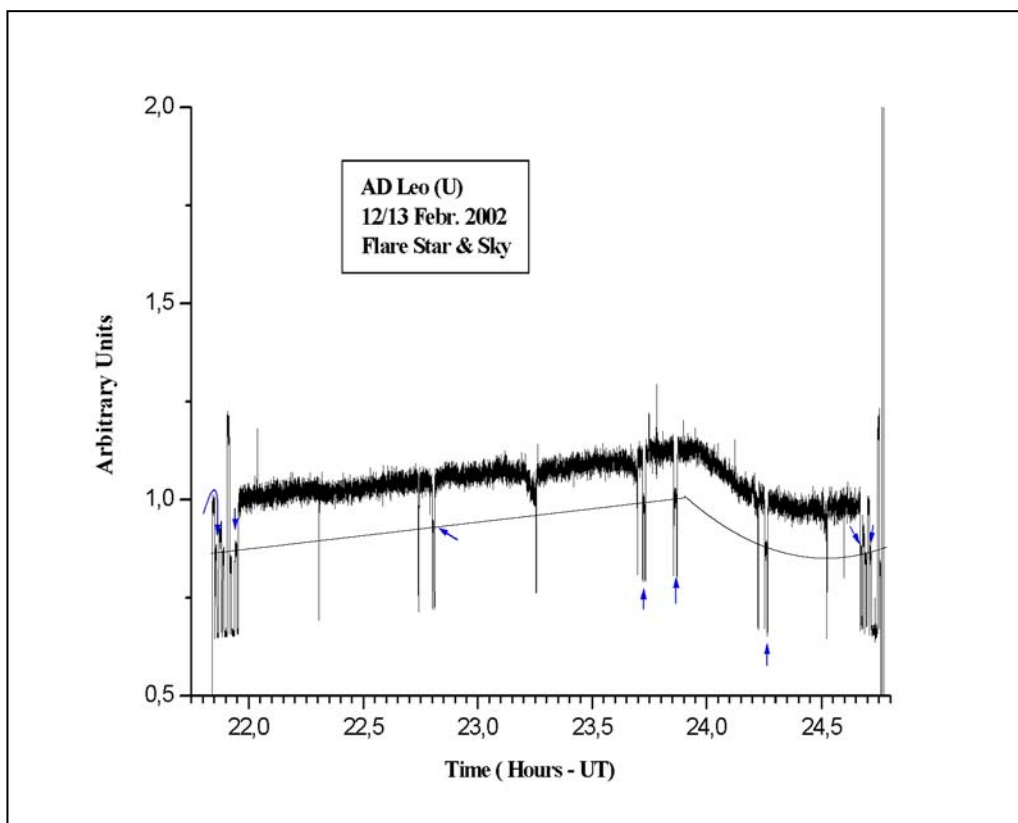
Η περίοδος του Οκτωβρίου 2002 συμπεριλαμβάνει τις βραδιές παρατήρησης, 1/2 Οκτωβρίου έως 9/10 Οκτωβρίου. Οι αστέρες που παρατηρήθηκαν ήταν ο EV Lac και ο V390 Aur. Συνολικά ο καιρός δεν ήταν καλός και από τις 8 μέρες της παρατήρησης, μόνο δύο (2) flare εντοπίστηκαν, και τα δύο στον EV Lac.

<u>EV Lac</u>	UT_{max}	$T_{ανόδου}$	$T_{καθόδου}$	$\Delta t_{\text{διάρ-}} \\ \text{κεια}$	$\frac{I_f - I_0}{I_0}_{(max)}$	Δm	$P_{(min)}$	σ	X
01/10/02									
Flare	$19^h22.15^m$	0.60	12.47	13.07	0.180	0.180	0.446	0.02	1.036
No.1									
08/10/02									
Flare	$22^h50.86^m$	0.61	6.97	7.58	0.193	0.192	0.244	0.02	1.171
No.2									

II. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

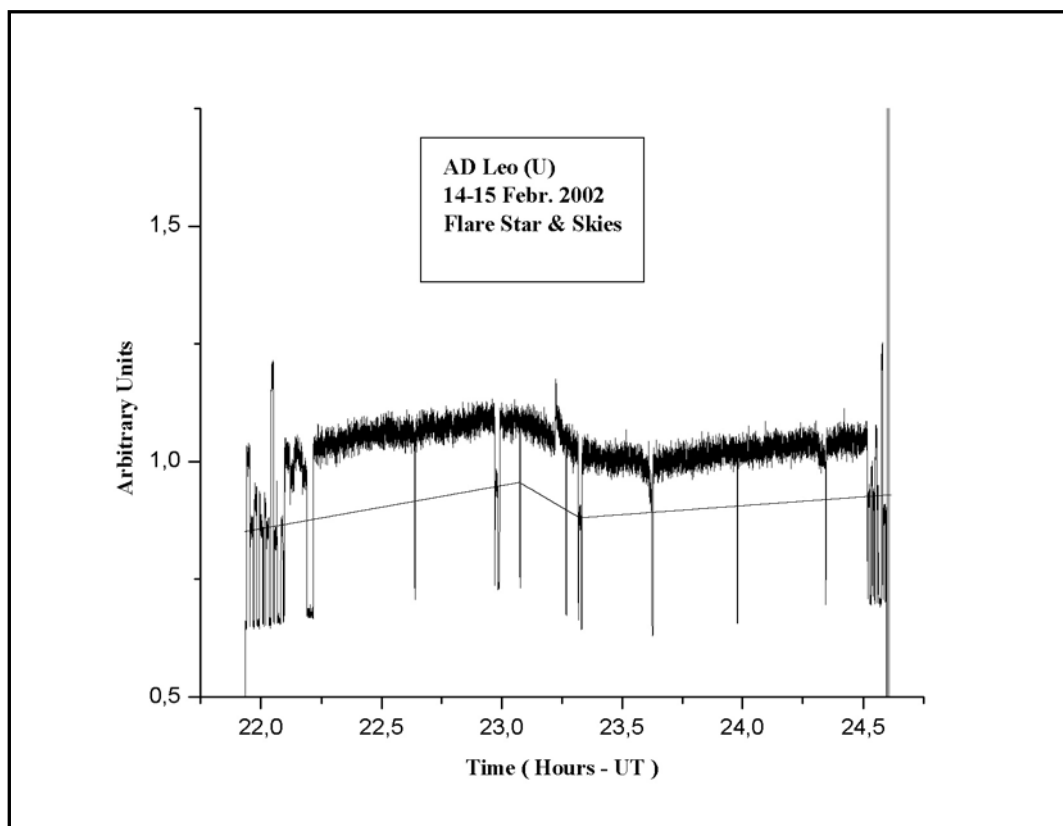
Κατά την μελέτη όλων αυτών των flare, διαπιστώθηκε ότι το πρόγραμμα γραφικών που χρειάζεται για να πραγματοποιηθούν όλες αυτές οι αναλύσεις, πρέπει να έχει μάλλον αρκετά περισσότερες δυνατότητες από αυτές που είχαν αρχικά υπολογιστεί. Αναλύοντας κάποιες εκλάμψεις με τον κ. Αυγολούπη, χρειάστηκε να κάνουμε κάποιες διορθώσεις στα δεδομένα λόγω των συνθηκών παρατήρησης, για τις οποίες το ORIGIN διέθετε πολλά χρήσιμα εργαλεία. Τρία τέτοια παραδείγματα φαίνονται παρακάτω.

1. Κατά την διάρκεια της παρατήρησης του AD Leo την βραδιά 12/13 είχαμε προσθήκη ξηρού πάγου ενδιάμεσα στην παρατήρηση. Η επίδραση της προσθήκης ξηρού πάγου, είναι να μειώνει τη θερμοκρασία των φωτοπολλαπλασιαστών, και άρα να πέφτει η ένδειξη της έντασης του αστέρα. Όμως αυτό δεν γίνεται γραμμικά σχεδόν ποτέ. Αμέσως μετά την προσθήκη ξηρού πάγου, η ένταση του φωτός του αστέρα παραμένει σταθερή για ένα μικρό διάστημα και μετά πέφτει απότομα αλλά πάλι όχι γραμμικά ενώ στη συνέχεια, αφού φτάσουν οι φωτοπολλαπλασιαστές στην κατώτερη θερμοκρασία, αρχίζει το φωτόρρευμα να ανεβαίνει γραμμικά. Στην παρακάτω παρατήρηση, συνέβη ακριβώς αυτό κατά την διάρκεια ενός flare.



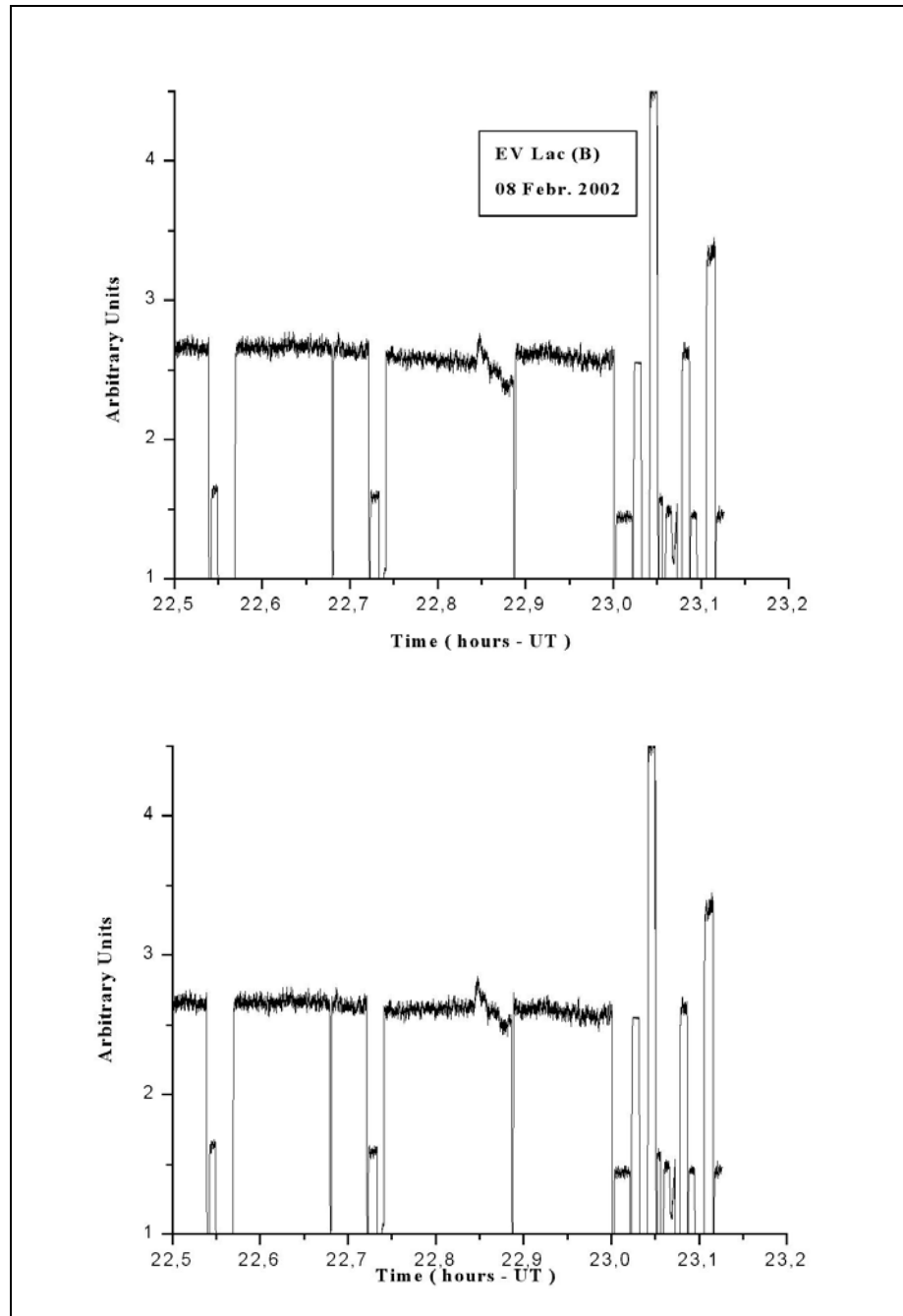
Σχεδιάγραμμα 1 : Καμπύλη φωτός σε αυθαίρετες μονάδες. Τα βέλη δείχνουν τις περιόδους μέτρησης ουρανού ενώ η γράμμη παριστάνει τις εξισώσεις του ορανού που χρησιμοποιήθηκαν για να απαλείψουν την επίδραση της προσθήκης ξηρού πάγου

2. Κατά την μελέτη του AD Leo στις 14/15 Φεβρουαρίου, είχαμε πάλι προσθήκη ξηρού πάγου, αλλά αυτήν την φορά η προσέγγιση μπορούσε να γίνει καλύτερα με την βοήθεια τριών γραμμικών παρεμβολών καθώς το στάδιο της πτώσης, ήταν πιο απότομο από την προηγούμενη περίπτωση.-



Σχεδιάγραμμα 2 : Καμπύλη φωτός σε αυθαίρετες μονάδες. Φαίνεται καθαρά η επίδραση της προσθήκης ξηρού πάγου ενώ οι γραμμή παριστάνει πάλι τις εξισώσεις του ουρανού που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την περίπτωση. Επίσης διακρίνεται καθαρά και η έκλαμψη στις 23:

3. Κατά την παρατήρηση του αστέρα EV Lac, στις 8 Οκτωβρίου του 2002, ο αστέρας έδωσε έκλαμψη ενώ είχε φύγει από την ακριβή κέντρωση, με αποτέλεσμα αυτό να γίνει αντιληπτό αργά. Αυτό αντιμετωπίστηκε με παρεμβολή όλων των σημείων της έκλαμψης μεταξύ του πρώτου και του τελευταίου σημείου εντός κέντρωσης.



Σχεδιάγραμμα 3 : α) Η παρατήρηση του EV Lac πριν την διόρθωση β) Η παρατήρηση μετά την διόρθωση, και οι δύο σε αυθαίρετες μονάδες

Μερικές γενικές παρατηρήσεις είναι :

- Όσον αφορά στη διεξαγωγή των παρατηρήσεων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ώρα προσθήκης ξηρού πάγου. Πολλές φορές παρουσιάστηκε έκλαμψη καθόσον η μη γραμμική επίδραση της προσθήκης ξηρού πάγου δεν είχε περάσει ακόμα ή όταν η θερμοκρασία των φωτοπολλαπλασιαστών είχε ανέβει αρκετά. Ίσως μια λύση σε αυτό θα ήταν να γίνεται η προσθήκη κάθε φορά που ξεκινάει μια καινούργια παρατήρηση ή και 1 με 2 λεπτά πριν καν ξεκινήσει αυτή. Έτσι θα είναι δυνατόν να αποφευχθούν κατά το δυνατόν αυτές οι ανωμαλίες που κάνουν την ανάλυση ιδιαίτερα πιο δύσκολη.
- Μια ακόμα καλύτερη λύση στο πρόβλημα αυτό, θα ήταν η αντικατάσταση των φωτοπολλαπλασιαστών με άλλους που να μην χρειάζεται να καταψύχονται σε τόσο χαμηλή θερμοκρασία. Αυτό είναι κάτι που βρίσκεται στο στάδιο της συζήτησης.
- Πολύ σημαντικό επίσης για κάθε είδους ανάλυση είναι να υπάρχουν συχνά μετρήσεις του ουρανού. Προτείνεται λοιπόν να καθοριστεί ένα μέγιστο χρονικό διάστημα λιγότερο των εικοσιπέντε λεπτών της ώρας που να γίνεται μέτρηση του ουρανού. Αυτό είναι σίγουρα πιο κουραστικό για τους παρατηρητές που θα πρέπει να έχουν και αυτό στο νου τους. Πολύ πιο βολικό θα ήταν να γίνεται ταυτόχρονη καταγραφή και του ουρανού, καθώς υπάρχουν τέτοιες δυνατότητες από τον νέο καταγραφέα. Αυτό βέβαια απαιτεί και κατάλληλη διαμόρφωση του όλου συστήματος του τηλεσκοπίου, κάτι που με την πολύτιμη βοήθεια του κ. Τσορλίνη, πιθανώς να πραγματοποιηθεί σύντομα.
- Παρατηρήθηκε επίσης ότι η κέντρωση του υπό παρατήρηση αστέρα, ήταν πάντα πολύ προσεγμένη και μόνο μια φορά δημιούργησε πρόβλημα που μπόρεσε να λυθεί με όχι πολύ μεγάλη δυσκολία.
- Τέλος, με την ανάλυση των ψηφιακών δεδομένων, έγινε αντιληπτό ότι πολλά προβλήματα και ‘ανεξήγητα’ φαινόμενα μπορούν να εξηγηθούν πολύ απλά με την παρακολούθηση από το καταγραφικό χαρτί καθώς το ημερολόγιο του παρατηρητή δεν μπορεί να συμπεριλαμβάνει όλες τις

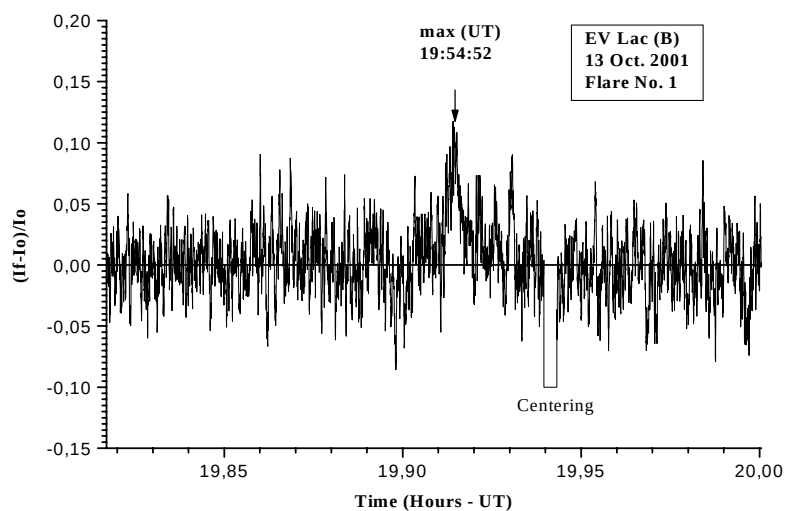
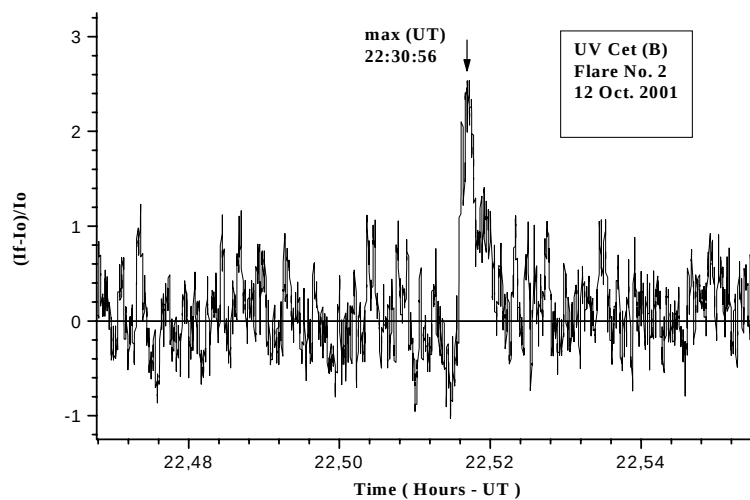
λεπτομέρειες που πιθανόν να είναι απαραίτητες για την σωστή ερμηνεία της καταγραφόμενης εξέλιξης του φωτός του αστέρα. Αυτό ίσως αποτελεί ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα της παρατήρησης από απομακρυσμένα μέρη με την χρήση αυτόματου μηχανισμού κίνησης και χειρισμού του τηλεσκοπίου μέσω υπολογιστή και με την βοήθεια των modem και των τηλεφωνικών γραμμών.

Η ψηφιακή καταγραφή έχει, όπως διαπιστώθηκε πολλά πλεονεκτήματα έναντι της προηγούμενης μορφής καταγραφής, μεταξύ των οποίων και :

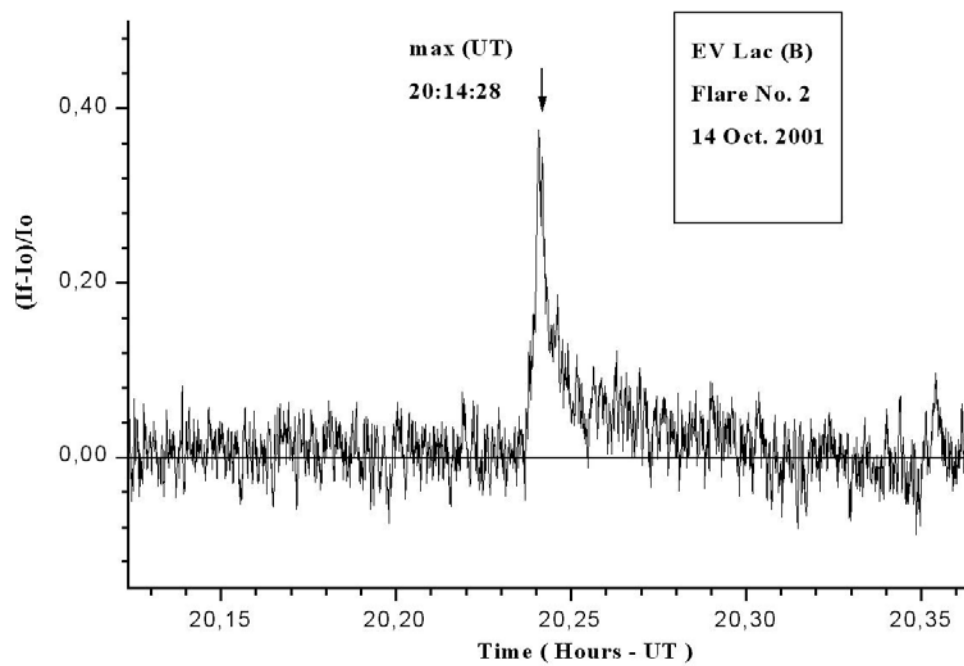
1. Γίνεται δυνατή η διόρθωση όλων των σφαλμάτων καταγραφής, όπως φαίνεται παραπάνω με τα τρία παραδείγματα.
2. Γίνεται δυνατός ο εντοπισμός όλων των εκλάμψεων, ακόμα και αυτών πολύ μικρής διάρκειας, ή πολύ μικρής έντασης.
3. Η επεξεργασία των δεδομένων πλέον μπορεί να επιτευχθεί πολύ πιο γρήγορα και με πολύ λιγότερο κόπο. Έτσι είναι πια δυνατή η καταγραφή δεδομένων το βράδυ και η επεξεργασία αυτών την άλλη μέρα το πρωί. Μετά την ανάλυση των δεδομένων 25 εκλάμψεων, έχουν ήδη αντιμετωπιστεί οι περισσότερες περιπτώσεις ανάλυσης. Το μόνο που χρειάζεται είναι ένας υπολογιστής με εγκατεστημένα τα λειτουργικά Windows και Linux, ο κατάλογος του Στεφανίου και το πρόγραμμα Origin (ή όποιο άλλο πρόγραμμα γραφικών χρησιμοποιηθεί στο μέλλον).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τελικές γραφικές παραστάσεις των 25 εκλάμψεων που παρατηρήθηκαν και αναλύθηκαν.

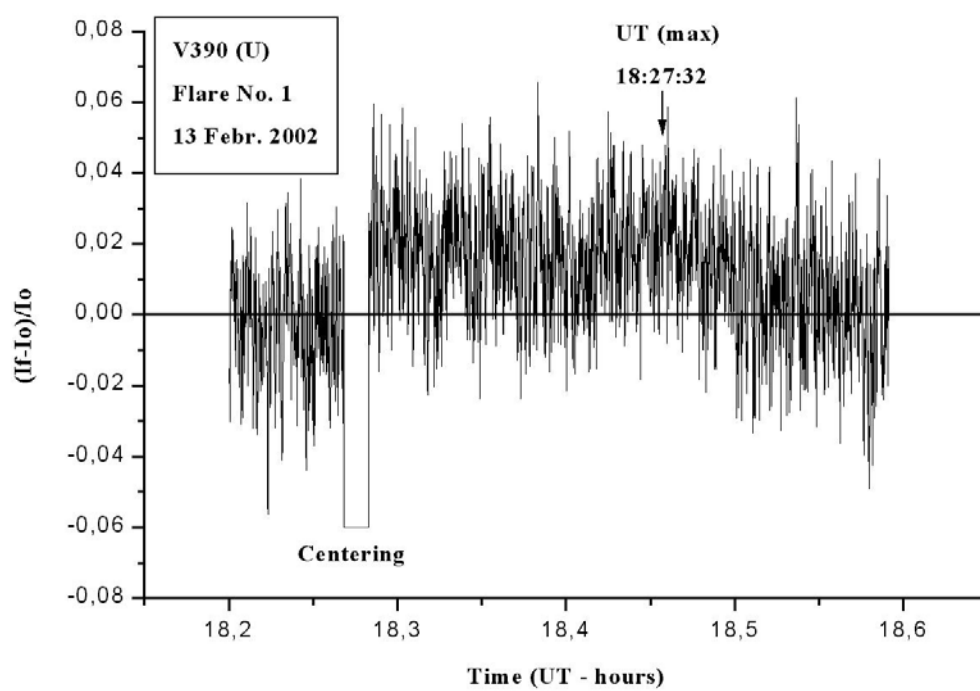
- **Οκτώβριος 2001***

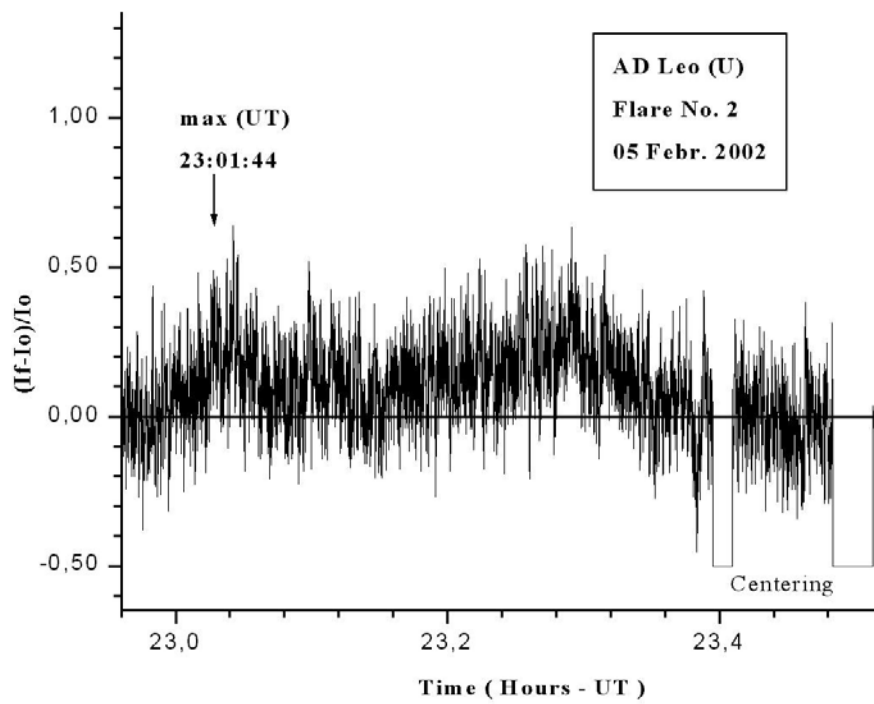
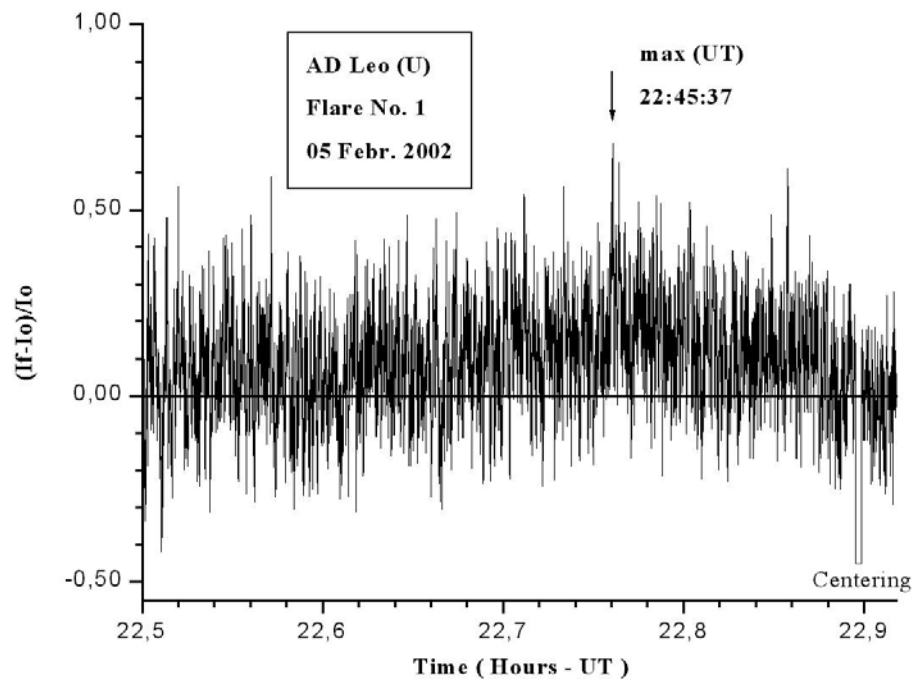


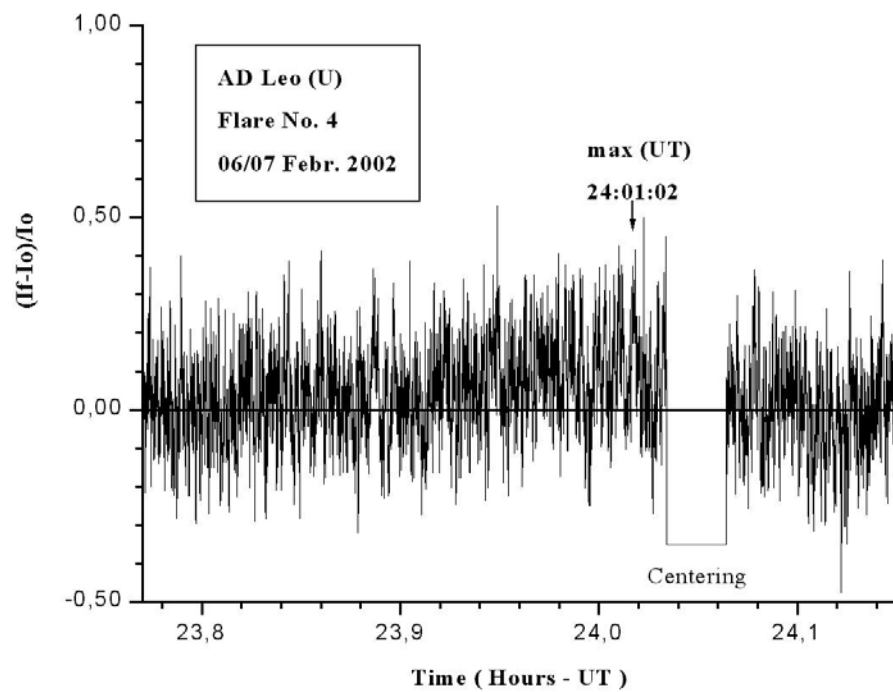
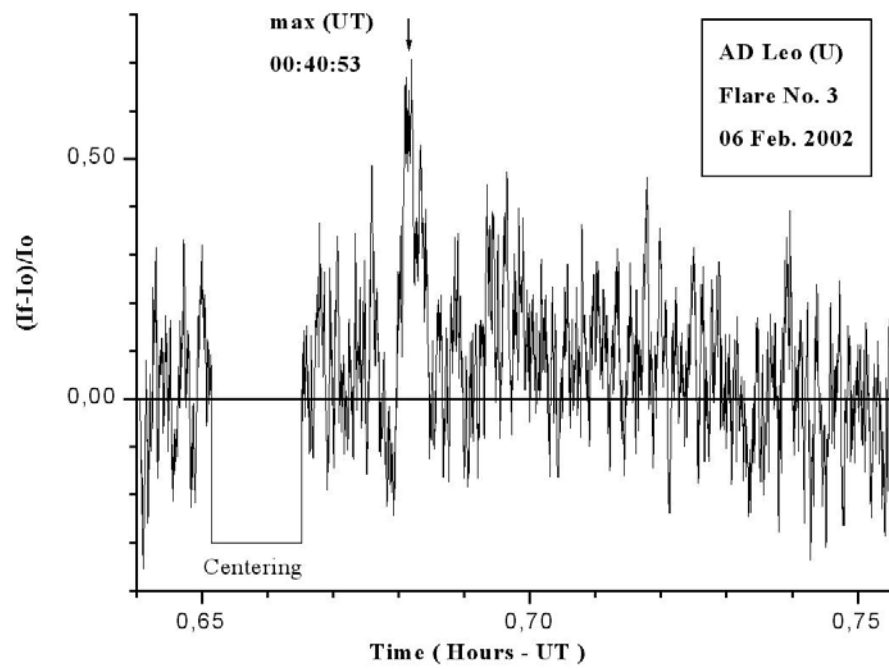
* Ο αριθμός του flare αφορά κάθε αστέρα στον αριθμό των flare που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια όλης της καμπάνιας. Για την περίοδο του Οκτωβρίου 2001, όλες οι παρατηρηθείσες εκλάμψεις δεν είναι και όλες οι ψηφιακά καταγεγραμμένες.

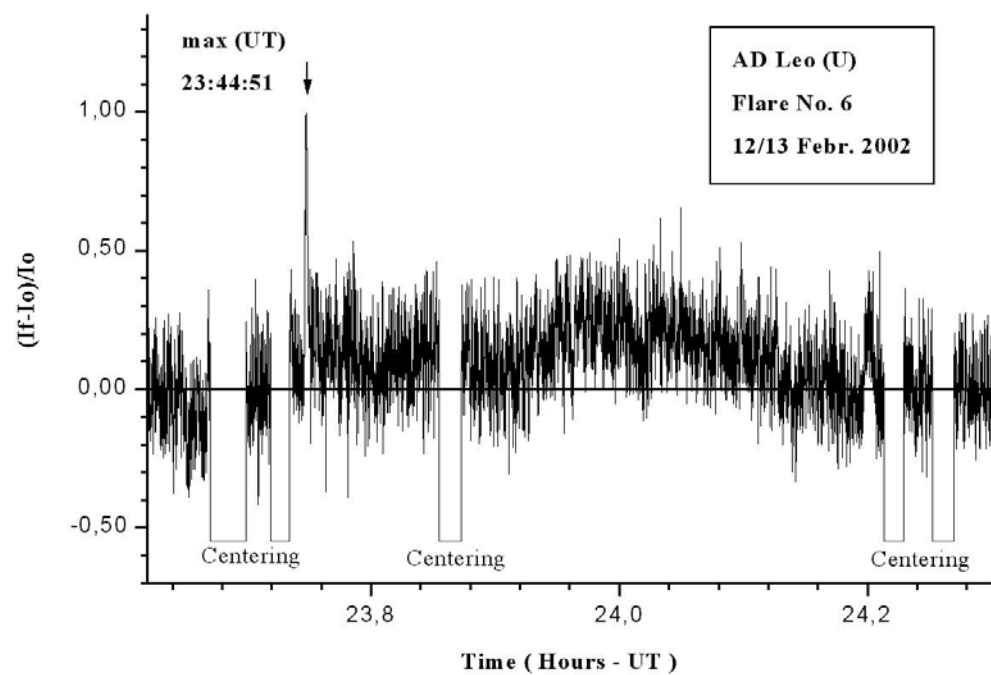
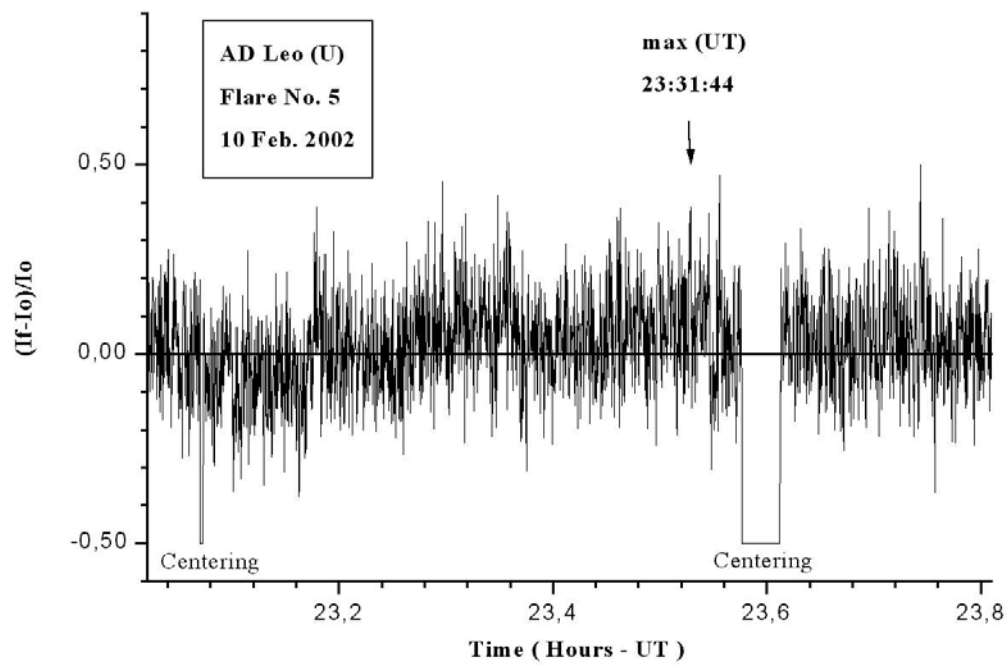


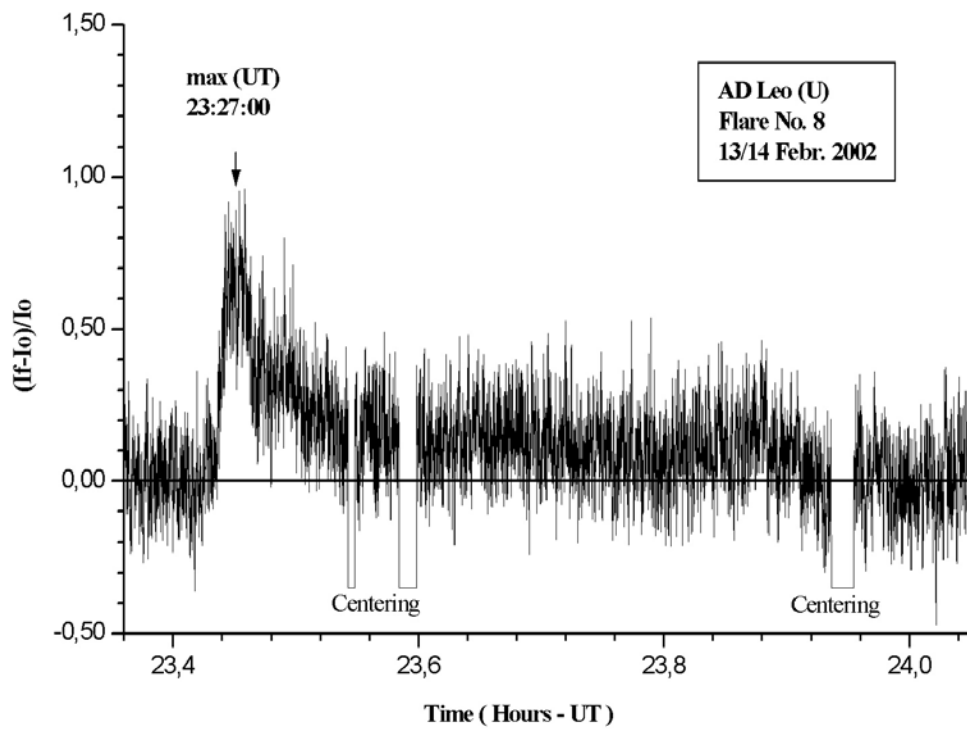
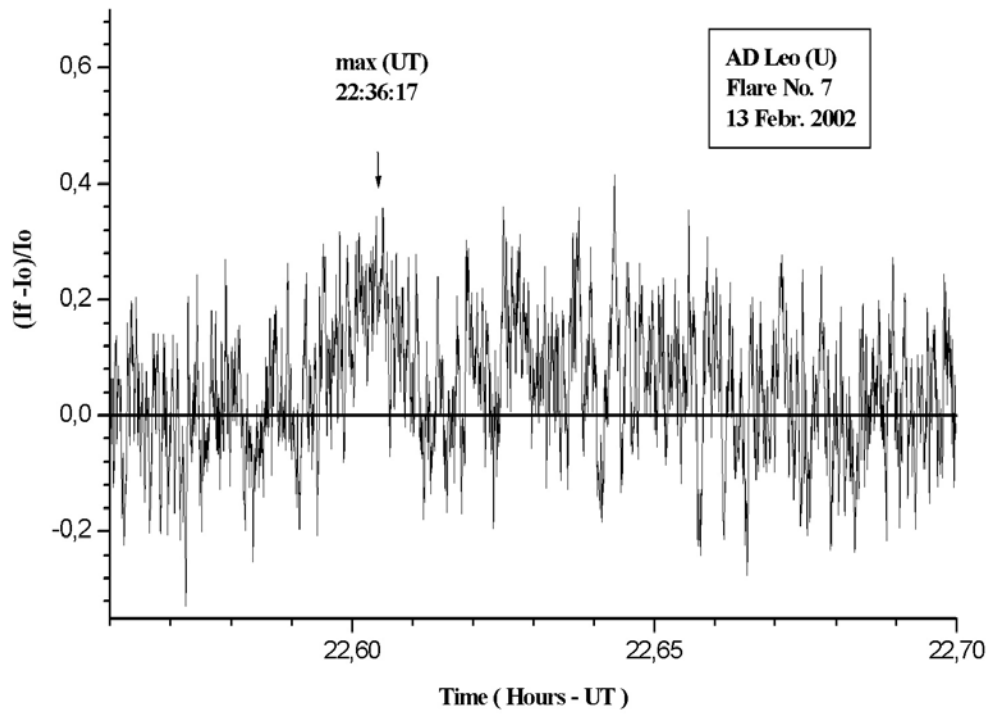
• Φεβρουάριος 2002

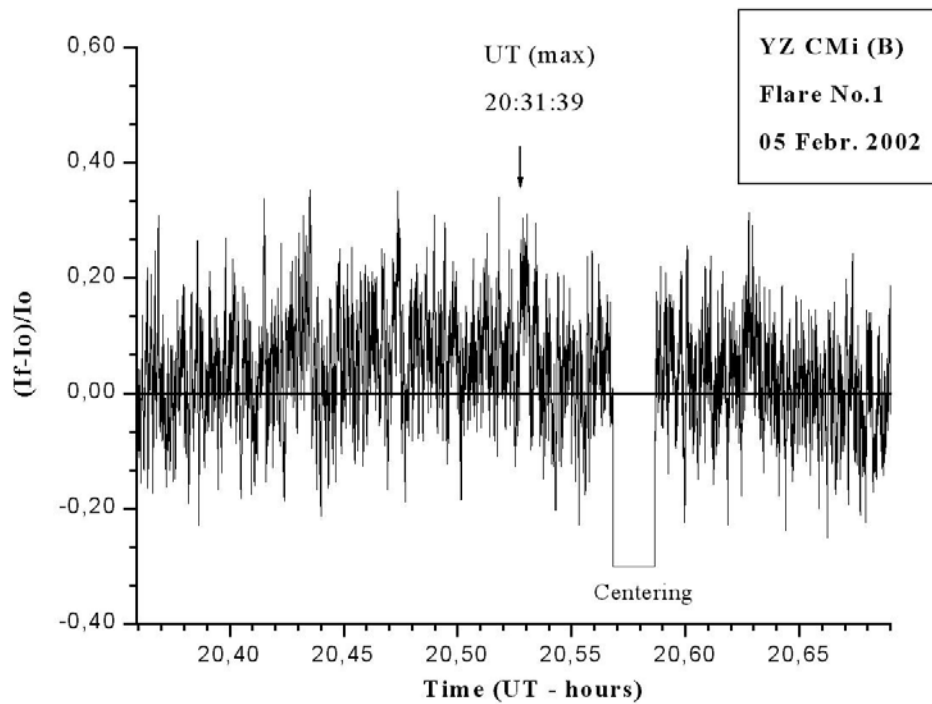
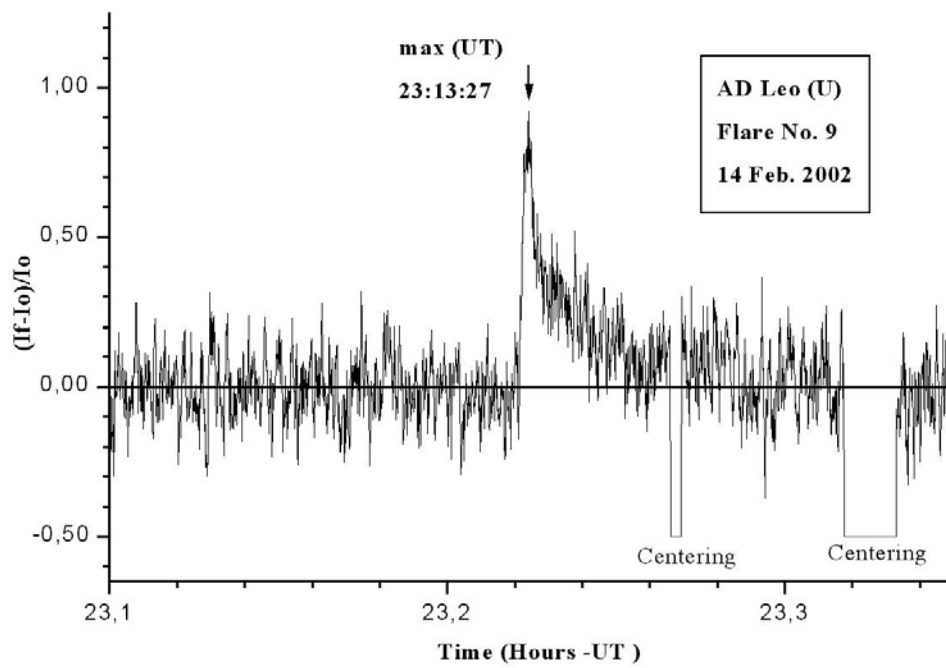


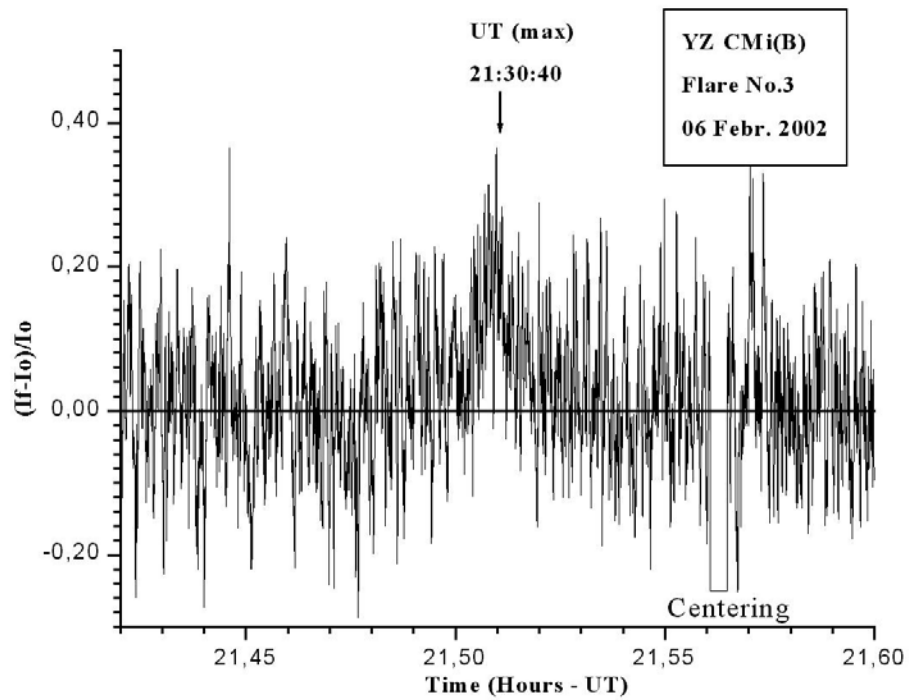
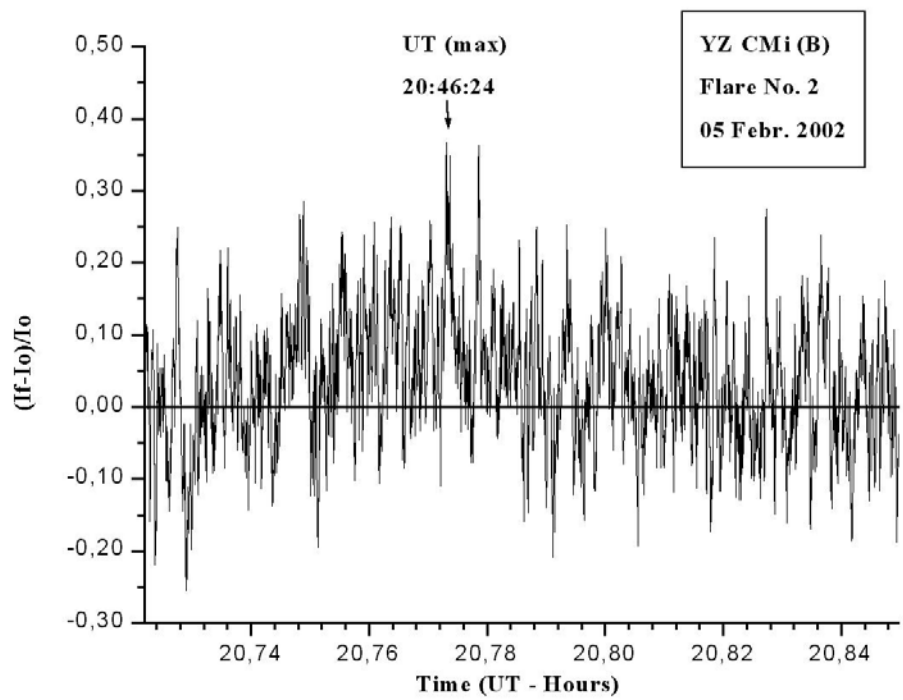


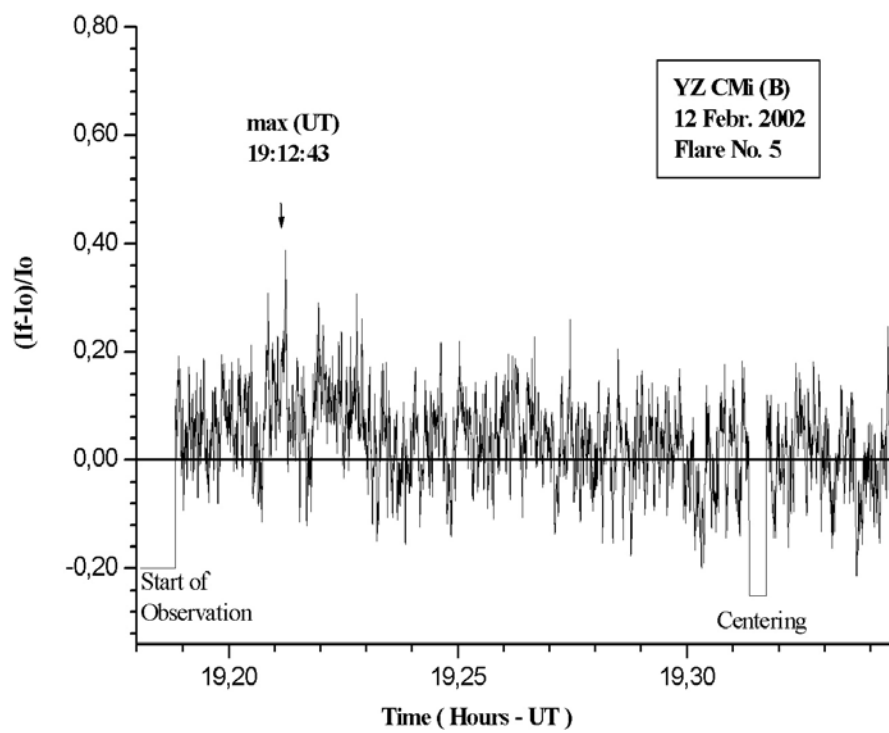
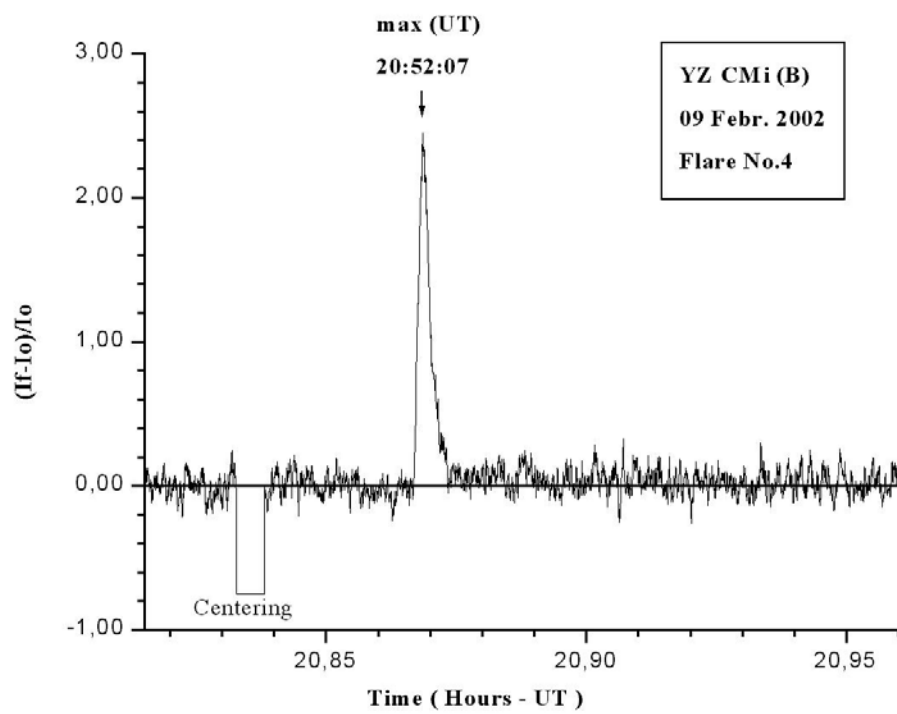


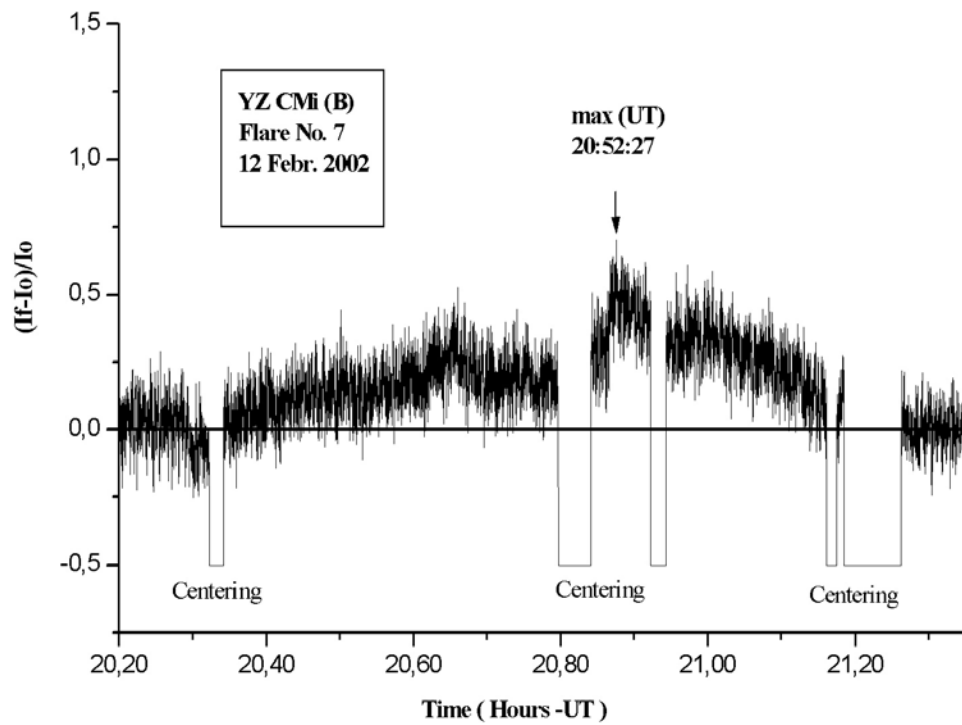
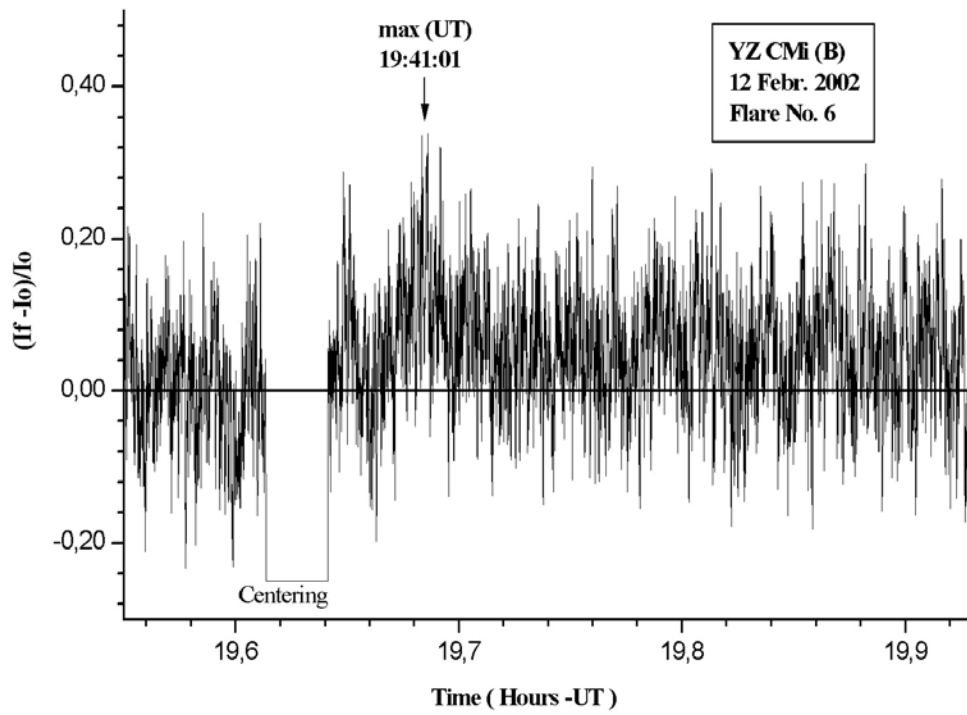


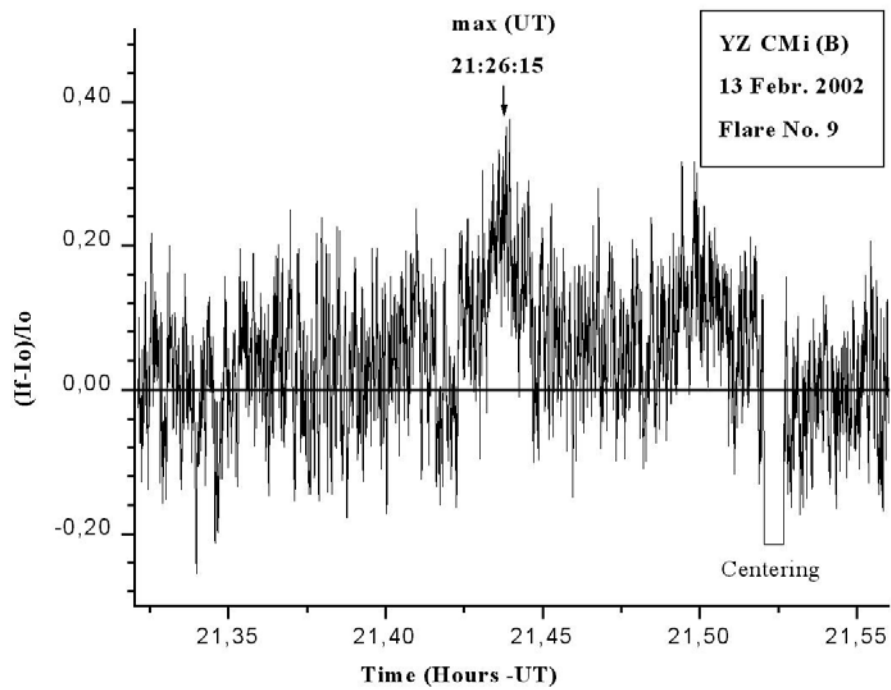
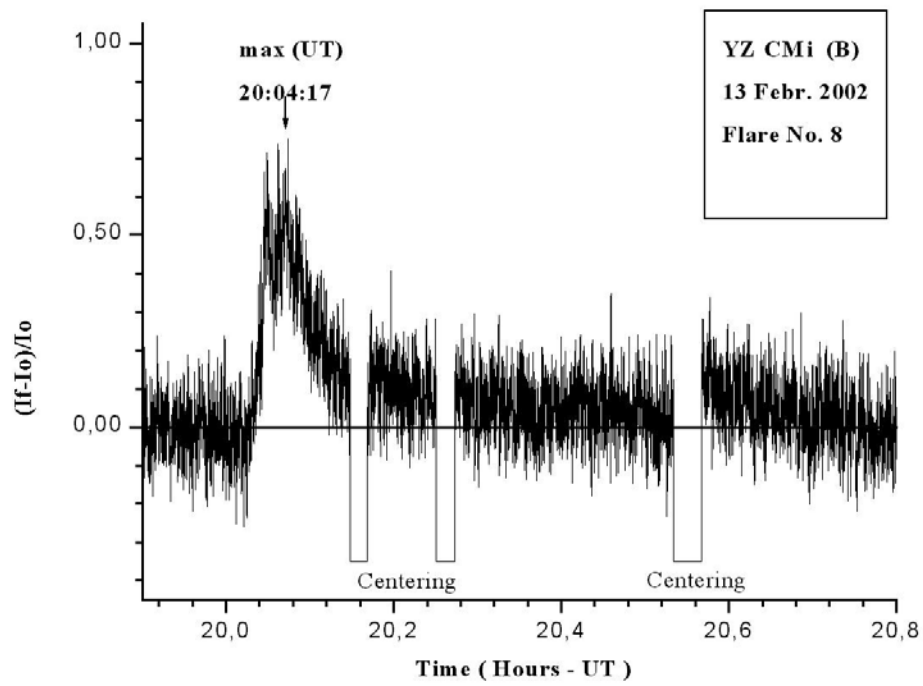


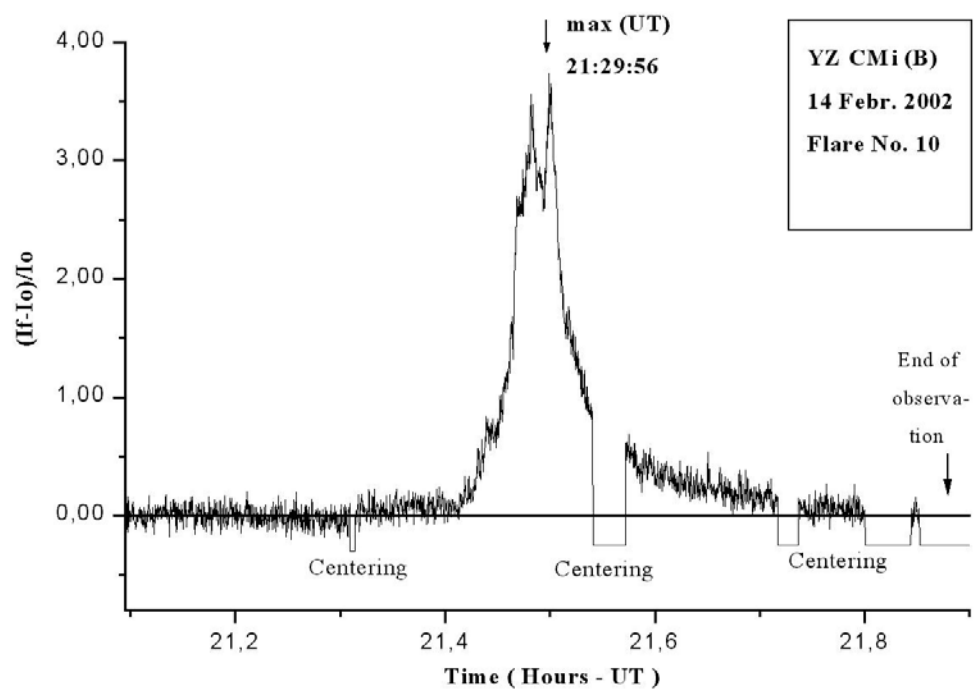












ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι αστέρες εκλάμψεων αποτελούν αντικείμενο μελέτης για λιγότερο από 45 χρόνια. Αυτό αυτόματα σημαίνει, ότι ακόμα υπάρχει μεγάλη ανάγκη για όσο το δυνατόν περισσότερες παρατηρήσεις αυτών. Η αρχειοθέτηση όλων των δεδομένων που έχουν καταγραφεί από το Αστεροσκοπείο του Στεφανίου συντελεί σε έναν εύκολο τρόπο πρόσβασης σε αυτά, προς το παρόν για τους αστρονόμους της Θεσσαλονίκης αλλά και σύντομα για όλους τους αστρονόμους που ασχολούνται με τους αστέρες εκλάμψεων. Αυτός είναι ο λόγος που την κάνει ίσως σημαντική.

Με την πρώτη αυτή ανάλυση των ψηφιακών δεδομένων, έγινε η πρώτη εκτίμηση του νέου τρόπου καταγραφής. Η γενική αποτίμηση είναι πολύ καλή. Η ακρίβεια με την οποία λαμβάνονται τα δεδομένα (από τις καλύτερες στον κόσμο για την φωτοηλεκτρική φωτομετρία) και οι δυνατότητες επεξεργασίας αυτών, καθώς και τα πλεονεκτήματα που ήδη είχε το Αστεροσκοπείο του Στεφανίου (βλέπε τρίτο κεφάλαιο) το κάνουν πια να ξεχωρίζει μα πρωτίστως, κάνουν την συνεισφορά του στην μελέτη των αστερών εκλάμψεων και γενικότερα στην προαγωγή της επιστήμης, πολύ σημαντική.

ABSTRACT

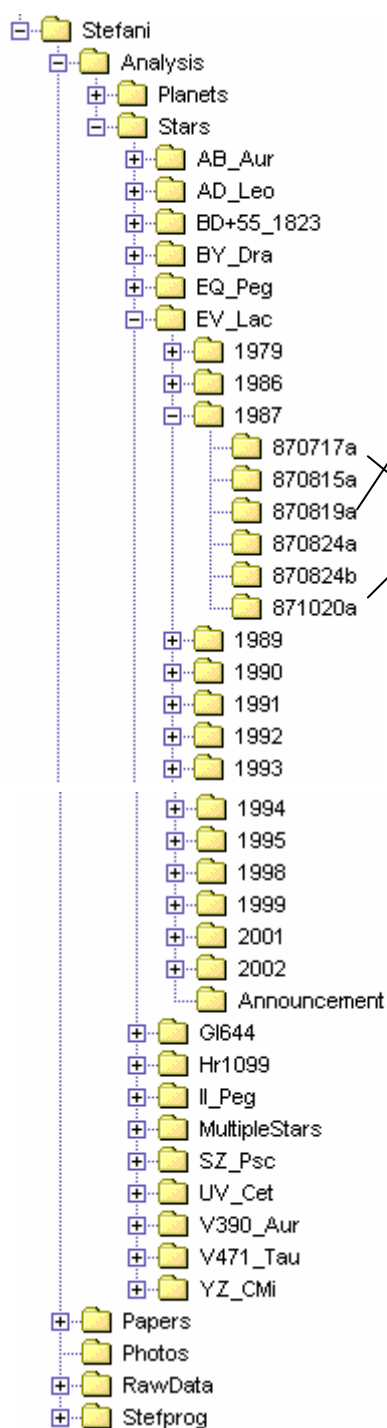
Photoelectric photometry of variable stars is studied. Some modern clues are given that concern the progress of the photometry of flare stars. Then, photoelectric observations that have been recorded at the Stephanion Observatory (Corinth) are considered. Firstly, all the data that have been recorded from the beginning of the Observatory's history (1971) are archived. Then, the first analysis of the digital data is presented. These data have been recorded with the new recorder of the Observatory, which was acquired three years ago. The data that have been analyzed concern the periods of October 2001, February 2002 and October 2002. Finally, the success of this method is compared to the previous one (recording only on paper with the use of the previous recorder and digitalization of the measurements every 0.02 or 0.04 minutes)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

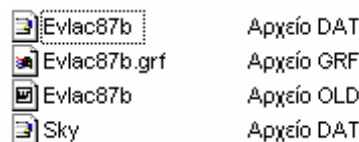
ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΥ

Στο παράρτημα αυτό αναφέρεται αναλυτικότερα ο κατάλογος του Στεφανίου ώστε να υπάρχει γραμμένη η πλήρης μορφή του για αυτούς που ασχοληθούν περισσότερο με αυτόν.

1. Ο κατάλογος analysis περιέχει :



Πριν από το 2001 η μορφή των υποκαταλόγων είναι όπως περιγράφηκε. Πρέπει να σημειωθεί πως το γράμμα (a,b, ...)



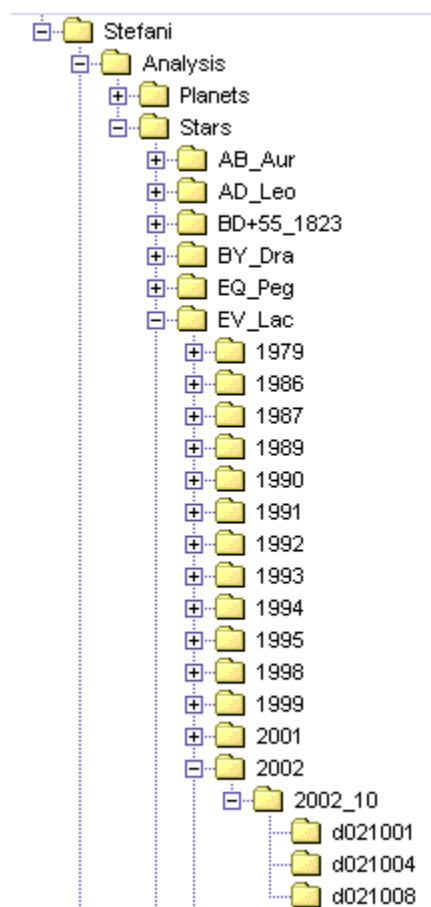
που αναφέρεται στους υποφακέλους, δεν έχει σχέση με το περιεχόμενο, δηλαδή αναφέρεται μόνο στον αριθμό των flares που παρατηρήθηκαν εκείνη την βραδυά. Στα περιεχόμενα των υποφακέλων αυτών τα a,b,c κ. τ. λ. συνολικά αριθμούν τα flare που παρατηρήθηκαν σε όλη την καμπάνια και μάλιστα, αφορούν την σειρά με την οποία αναλύθηκαν. Τα αρχεία με όνομα INT είναι παρόμοια με αυτά που ονομάστηκαν _sim και αναφέρονται στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εύρεση της ισχύος P του flare.

Για αστέρες και βραδιές με μεγάλες διακυμάνσεις της λαμπρότητας, έχει γίνει πολλές φορές ψηφιοποίηση ανά 5 ή 7 σημεία. Αυτό διακρίνεται εύκολα καθώς

αυτά τα αρχεία ονομάζονται π.χ. EVLac7.DAT και EVLac7i.DAT για το αντίστοιχο με το INT αρχείο.

Για παρατηρήσεις και στα τρία χρώματα, υπάρχουν αρχεία με το όνομα UBV. Τα αρχεία Sky και Io αφορούν τις μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον ουρανό και για την ήρεμη κατάσταση του αστέρα. Αρχεία που το αρχικό τους γράμμα είναι S, αφορούν παρατηρήσεις με σύστημα και συνοδεύονται με ένα readme file που αναφέρει τους αστέρες που παρατηρήθηκαν και πληροφορίες για την συστηματική παρατήρηση. Τέλος μέσα στους καταλόγους μπορεί να υπάρχουν προγραμματάκια με ονόματα Convert, Intens, Runmean για την προσθήκη του χρόνου στις ψηφιοποιημένες μετρήσεις, για την προσθήκη της εξίσωσης του ουρανού και για την εξομάλυνση των παρατηρήσεων αστέρων με μεγάλες διακυμάνσεις

Για την ανάλυση των δεδομένων απο το 2001 και μετά:



Η γενική μορφή είναι αυτή που αναφέρεται στο κεφάλαιο 3. Δεν θα βρείτε σε κάθε υποφάκελο περισσότερα από τα τέσσερα αρχεία που αναφέρονται στο ίδιο flare (όπως έχουν τα πράγματα μέχρι σήμερα).

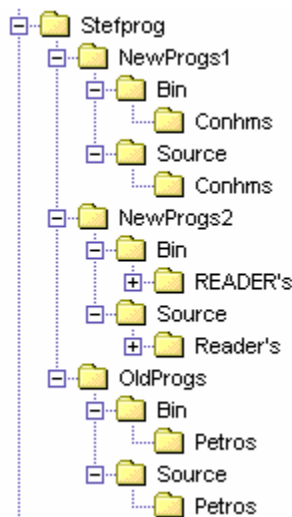
Στο .obj αρχείο (αχείο ORIGIN) υπάρχουν όλες οι επιπλέον πληροφορίες που μπορεί να χρειαστούν. Υπάρχει ένα Note με πληροφορίες για το ποια δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και επίσης και τελικά αποτελέσματα,

δηλαδή το $(I_f - I_o)/I_o$, για το μέγιστο, η ώρα του

μεγίστου, το P, το X, ο χρόνος πριν και μετά το μέγιστο και η χρονική διάρκεια του flare.

Εάν μελλοντικά η επεξεργασία γίνεται με κάποιο άλλο πρόγραμμα που να τρέχει και σε UNIX λειτουργικά, αυτή η φόρμα (το Note του Origin), πιθανόν να είναι χρήσιμο να αναπαραχθεί.

2. Για τον κατάλογο STEFPROGS :



Ό,τι υποκατάλογος υπάρχει στα Bin, υπάρχει και στα Source με τον αντίστοιχο κώδικα των προγραμμάτων.

Από τα προγράμματα, αυτά που σήμερα χρησιμοποιούνται είναι :

Το Convertime στα NewProgs2 που μετατρέπει τον χρόνο σε UT και παρουσιάζει τρεις στήλες: η πρώτη είναι ο χρόνος σε ιουλιανή ημερομηνία, η δεύτερη σε χρόνο UT και η τρίτη περιέχει το μετρούμενο φωτορεύμα των αστέρων.

Το Simpson στα NewProgs1, που ζητάει τον αριθμό των δεδομένων και την ψηφιοποίηση αυτών (σημερινή τιμή 0.1 sec) και δίνει την ολική ισχύ P του flare (Τα δεδομένα δεν πρέπει να έχουν ενδιάμεσα κεντρώσεις γι' αυτό και χρησιμοποιούνται τα αρχεία με τα δεδομένα που έχουν απαλλαχθεί από κεντρώσεις (αρχεία INT και αρχεία _sim.)

Το Airmas στα OldProgs που ζητάει τις συντεταγμένες του αστέρα (απόκλιση και ορθή αναφορά) και την ώρα και ημερομηνία παρατήρησης και δίνει την αέρια μάζα X.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ ★

Η παρατηρησιακή αστρονομία, δεν αποτελεί μόνο σημαντικότατο τομέα επιστημονικής έρευνας, αλλά και υποδεικνύει τρόπους ζωής. Μαθαίνει κανείς να διαβάξει και να μεταφράζει τον κόσμο γύρω του με αγωνία για το τί μπορεί να τον περιμένει αλλά και υπομονή, γιατί ποτέ δεν ξέρει πόσο χρόνο μπορεί να περιμένει και τελικά τί θα είναι αυτό που θα παρατηρήσει. Οι αστέρες εκλάμψεων, αστέρες στην πολύ νεαρή τους ηλικία και γι' αυτό περίεργης συμπεριφοράς, άλλοτε εκρηκτικοί και άλλοτε σταθεροί με μικρές διακυμάνσεις, θα παραμείνουν για πάντα άκρως ερωτεύσιμοι.

* Εμπνευσμένο απο το βιβλίο 'Photoelectric Astronomy for Amateurs' εκδοθέν από τον Frank Bradshaw Wood από The Macmillan Company, New York, 1963.