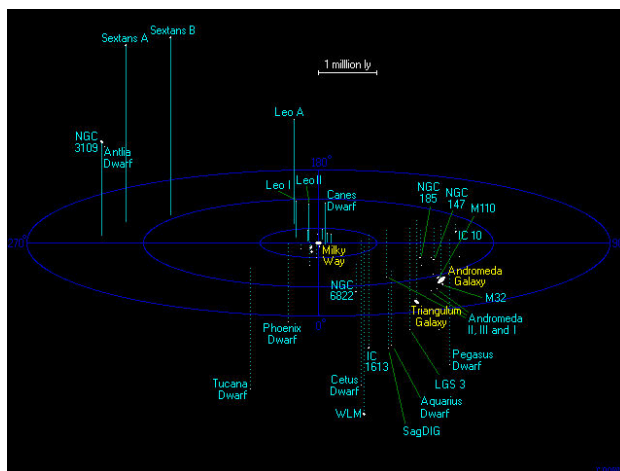


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ-ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ, ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΙΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ
ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΤΟ
ΤΟΠΙΚΟ ΣΜΗΝΟΣ ΓΑΛΑΞΙΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΡΕΜΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΙΡΑΔΑΚΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2006

Σε όσους επιμένουν να ονειρεύονται...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας αυτήν την πτυχιακή εργασία, αισθάνομαι υποχρεωμένη να εκφράσω τη βαθιά ευγνωμοσύνη μου σε εκείνους που με βοήθησαν με όλα τα μέσα. Ειδικότερα, θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή Σειραδάκη Ιωάννη και τον Αναπληρωτή καθηγητή Σταύρο Αυγολούπη. Η εμπιστοσύνη και η υποστήριξή τους με άγγιξαν βαθειά με αποτέλεσμα αυτή η εργασία να έρθει εις πέρας. Η απέραντη αγάπη τους για την αστρονομία και το θάρος που με έδωσαν είναι ανεκτίμητες. Δεν θα μπορούσα, φυσικά να εκφράσω ειλικρινά τις ευχαριστίες μου στον συμφοιτητή μου Μισλή Δημήτριο, ο οποίος με τη γνώση του, την υπομονή του και αστείρευτη αγάπη του για την αστρονομία με βοήθησε να ολοκληρώσω την εργασία. Επιπλέον, θα επιθυμούσα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον τεχνικό του αστεροσκοπείου Θεσσαλονίκης, Τσορλίνη Ευάγγελο. Τέλος, είμαι ευγνώμων στο Isaac Newton Group (ING) για την παροχή των δεδομένων.

Περιεχόμενα

1	ΤΟΠΙΚΟ ΣΜΗΝΟΣ ΓΑΛΑΞΙΩΝ	1
1.1	Εισαγωγή	1
1.1.1	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	2
1.1.2	ΔΟΜΗ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	3
1.1.3	Πληθυσμοί των περιοχών υδρογόνου στους ανώμαλους γαλαξίες	4
2	Μελέτες στους γαλαξίες IC10 και Sextan B	7
2.1	Εισαγωγή	7
2.1.1	IC 10	7
2.1.2	Sextan B	9
3	Παρατηρήσεις και Ανάλυση Δεδομένων	11
3.1	Παρατηρήσεις	11
3.2	Ανάλυση Δεδομένων	15
3.2.1	Παραμόρφωση εικόνας	15
3.2.2	Συνεχής αφαίρεση	17
3.2.3	Βαθμολόγηση Ροής	17
3.3	Δημιουργώντας τον κατάλογο των περιοχών ΗΠ	21
3.3.1	Θερμοί αστέρες στους γαλαξίες IC10 και SexB	21
3.4	FOCAS Λογισμικό	24
3.5	Αστρομετρία	27
4	Αποτελέσματα	29
4.1	IC 10 και Sextan B	29

Κατάλογος Σχημάτων

1.1.1 Το Τοπικό Σμήνος Γαλαξιών.	2
1.1.2 Σφαίρα Stromgren.	3
1.1.3 Στρωματοποίηση των ιόντων μέσα σε περιοχές HII για διαφορετικές θερμοκρασίες μέσα στους ιονίζοντες αστέρες	5
2.1.1 Γαλαξίας IC 10.	8
2.1.2 Γαλαξίας Sextan B.	10
3.1.1 Ο Θόλος του Isaac Newton Telescope.	11
3.1.2 Isaac Newton Telescope.	13
3.1.3 Η Wide Field Camera.	14
3.1.4 Τα φίλτρα R (Harris), Ha, SII.	15
3.2.1 Οι καμπύλες διαπερατότητας για τα φίλτρα g, He, OIII and stY.	16
3.2.2 The spectrum of Feige 24 and the transmission curve of the Ha filter.	19
3.3.1 Οι θερμοί αστέρες του γαλαξία IC10.	22
3.3.2 Luminosity Function του γαλαξία IC10.	23
3.3.3 Οι θερμοί αστέρες του γαλαξία Sextan B.	23
3.3.4 Luminosity Function του γαλαξία Sextan B.	24
4.1.1 IC10.	31
4.1.2 Διάγραμμα δύο χρωμάτων του γαλαξία IC10.	31
4.1.3 Διάγραμμα δύο χρωμάτων του γαλαξία Sextan B.	32
4.1.4 Φωτεινότητα συναρτήσει της ακτίνας των περιοχών HII στο γαλαξί- α IC10.	32
4.1.5 Φωτεινότητα συναρτήσει της ακτίνας των περιοχών HII στο γαλαξία Sextan B.	33
4.1.6 Σεξταν B.	33
4.1.7 Color-Color map of IC 10.	44

Κατάλογος Πινάκων

2.1.1 Παράμετροι του Γαλαξία IC 10.	8
2.1.2 Παράμετροι του γαλαξία Sextan B.	10
3.1.1 Οπτικά χαρακτηριστικά του INT.	13
3.1.2 Πληροφορίες των παρατηρήσεων.	14
3.2.1 Standard Stars Photometry	18
3.2.2 CCDs information	19
3.2.3 Fluxes and CF in HX and HV	20
3.2.4 Comparison of Fluxes	20
3.4.1 Flags in FOCAS	26
4.1.1 IC 10 αντικείμενα	34
4.1.2 IC 10 αντικείμενα	35
4.1.3 Sextan B αντικείμενα	36
4.1.4 Sextan B αντικείμενα	37
4.1.5 Αστρομετρία του IC10	38
4.1.6 Αστρομετρία του IC10	39
4.1.7 Αστρομετρία του Sextan B	40
4.1.8 Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία IC10	41
4.1.9 Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία IC10	42
4.1.10 Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία Sex- tan B	43

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την ανίχνευση των περιοχών ΗΠ σε δύο γαλαξίες. Πραγματικά αναφέρεται στον IC10 και στον Sextan B που ανήκουν στην κατηγορία των νάνων ανώμαλων γαλαξιών και είναι μέλη του Τοπικού Σμήνους Γαλαξιών. Η ανάλυση δεδομένων που έχει επιτευχθεί με το αστρονομικό πακέτο, **IRAF** είναι ένα μέρος αυτής της διαδικασίας και αναφέρεται αναλυτικά. Το δεδομένα λήφθηκαν με το 2.5m Isaac Newton Telescope που βρίσκεται στο Λα Πάλμα καθώς επίσης και με την Wide Field Camera (WFC), καθώς επίσης και με narrow και broadband φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν. Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε για την ανάλυση των δεδομένων ονομάστηκε μέθοδος θερμών αστερών. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η μελέτη των φυσικών παραμέτρων τέτοιων περιοχών ΗΠ με τη βοήθεια των εργαλείων της πυρηνικής φυσικής. Συνοπτικά εκτός από την μέθοδο θερμών αστερών, σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε τους φωτομετρικούς και αστρομετρικούς καταλόγους για αυτούς τους δύο γαλαξίες της Τοπικής Ομάδας Γαλαξιών.

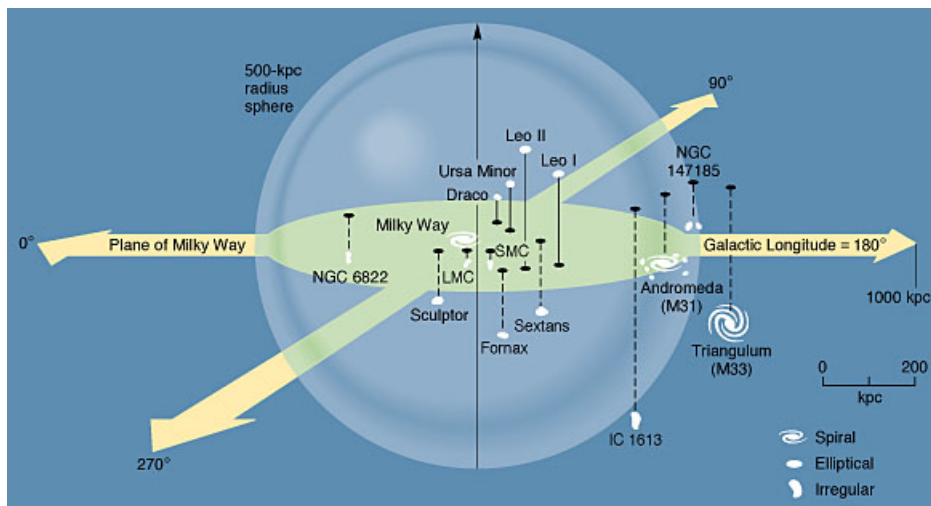
Κεφάλαιο 1

ΤΟΠΙΚΟ ΣΜΗΝΟΣ ΓΑΛΑΞΙΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Το τοπικό σμήνος γαλαξιών πρωτοαναγνωρίστηκε από τον Hubble με μετρήσεις μετατόπισης προς το ερυθρό (redshift). Περιλαμβάνει τον γαλαξία της Ανδρομέδας M31 και τους δορυφόρους του M32 και M110 καθώς επίσης τον Γαλαξία Triangulum M33. Άλλα μέλη που αποτελούν τον Γαλαξία μας είναι το Μεγάλο και το Μικρό Νέφος του Μαγγελάνου, τα οποία γνωρίζουμε από την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου καθώς επίσης και αρκετοί μικρότεροι γαλαξίες οι οποίοι ανακαλύφθηκαν πιο πρόσφατα. Αυτοί οι γαλαξίες εξαπλώνονται σε όγκο σχεδόν 10 εκατομμύρια ετών φωτός σε διάμετρο και επικεντρώνονται κάπου μεταξύ του Γαλαξία μας και του M31, γαλαξία της Ανδρομέδας. Δεν είναι σίγουρο ότι μόνο αυτοί οι γαλαξίες ανήκουν σε αυτή την ομάδα. Υπάρχουν και άλλα υποψήφια μέλη. Ο Γαλαξίας μας περιλαμβάνει πολλούς κοντινούς γαλαξίες νάνους εξαπλωμένους σε όλο τον ουρανό όπως ο Sag DEG, LMG, SMG και οι νάνοι γαλαξίες στην Μικρή Άρκτο, στο Δράκοντα, Carina, Sextans, Sculptor, Fornax, LeoI, LeoII και το σύστημα της Ανδρομέδας, καθώς επίσης και τους αμυδρότερους και περισσότερο απομακρυσμένους NGC147 και NGC185, τα πολύ αμυδρά συστήματα AndI, AndII, AndIII και πολύ πιθανόν AndIV. Τα άλλα μέλη δεν μπορούν να προσδιοριστούν σε ένα από τις κύριες ομάδες και να αιωρείται μόνος του στο πεδίο έλξης των μελών της γιγαντιαίας ομάδας. Οι υποδομές του σμήνους πιθανόν δεν είναι σταθερές. Παρατηρήσεις και υπολογισμοί αναφέρουν ότι το σμήνος είναι σε μεγάλο βαθμό δυναμικό και έχει αλλάξει σημαντικά στο παρελθόν. Οι γαλαξίες γύρω από τον μεγάλο ελλειπτικό Maffei 1 ίσως υπήρξαν κάποτε μέλος του γαλαξιακού σμήνους. Όπως δείχνει αυτό, το τοπικό σμήνος δεν είναι απομονωμένο αλλά η ελκτική αλληλεπίδραση και η ανταλλαγή μελών με τα πιο κοντινά περιβάλλοντα γκρουπ σημειώνεται: η ομάδα Maffei 1 η οποία πέρα από τον γιγαντιαίο ελλειπτικό γαλαξία Maffei 1 επίσης συμπεριλαμβάνει τον μικρότερο Maffei 2 και συσχετίζεται με τον πιο κοντινό IC342. Αυτό το γκρουπ είναι σε μεγάλο βαθμό δυσδιάκριτο από το σκοτεινό κοντά στον ισημερινό του Γαλαξία μας. Το γκρουπ Sculptor ή το γκρουπ(με τα μέλη που βρίσκονται γύρω από τον πόλο (South Galactic) κυριαρχείται από τον NGC253, M81, M83. Στο μέλλον η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μέλη των γαλαξιών και με την κοσμική γειτνίαση θα συνεχίσει να αλλάζει το τοπικό σμήνος. Μερικοί αστρονόμοι εικάζουν ότι οι δύο μεγάλοι σπειροειδείς, ο Γαλαξίας μας και ο γαλαξίας της Ανδρομέδας ίσως συγκρουστούν και συγχωνευθούν στο μακρινό μέλλον για να δημιουργήσουν ένα γιγαντιαίο ελλειπτικό. Επιπλέον, υπάρχουν στοιχεία ότι οι

μεγάλες ομάδες των μεγάλων και πιο κοντινών γαλαξιών, η ομάδα Virgo πιθανόν θα σταματήσουν την κοσμολογική μας υποχώρηση, θα επιταχύνουν το τοπικό σμήνος προς τον εαυτό του το οποίο τελικά θα πέσει και θα συγχωνευθεί σε μια τεράστια ομάδα γαλαξιών.

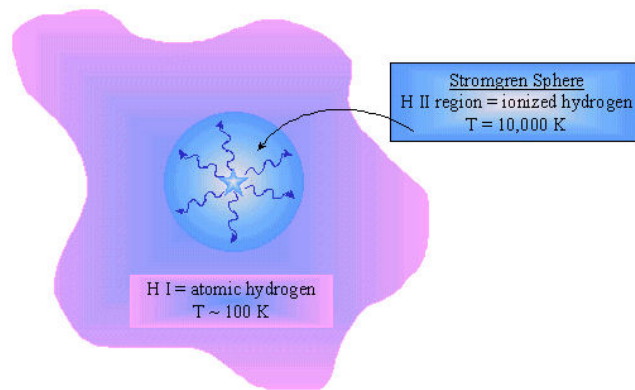


Σχήμα 1.1.1: Το Τοπικό Σμήνος Γαλαξιών.

1.1.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Ο όγκος του ιονιζόμενου αερίου που περιβάλλει έναν ή περισσότερους νεαρούς συμπαγείς αστέρες $M < 20M_{\odot}$ με θερμοκρασία επιφανείας ($3 \times 10^4 K < T_* < 5 \times 10^4 K$) καθορίζεται ως μία περιοχή HII. Αυτοί οι αστέρες, φασματικοί τύποι O και B διαμορφώνονται σε γιγαντιαία μοριακά σύννεφα και γενικά ομαδοποιούνται σε "OB συσχετισμούς". Είναι δυνατές πηγές υπερόδους ακτινοβολίας και εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες φωτονίων με ενέργειες υψηλότερες των 13,6 (το ιονιζόμενο δυναμικό του H) δίνοντας αύξηση σε μια περιοχή ιονισμένου υδρογόνου γύρω τους και από δω προκύπτει η ονομασία "περιοχή HII". Ο βαθμός ιονισμού της περιοχής είναι μεγαλύτερος όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και η φωτεινότητα των ιονιζόντων αστέρων. Είναι αρκετά γνωστό ότι το υδρογόνο είναι το μέγιστο συστατικό του αερίου στο εσωτερικό του αστέρα και φυσικά το κυριότερο συστατικό της περιοχής του HII. Όμως, μέσα σε αυτές τις περιοχές βρίσκουμε επίσης άλλα ελαφρά στοιχεία σε κατάσταση ιονισμού απλά ή πολλαπλά ιονιζόμενα. Τα φωτοηλεκτρόνια που απελευθερώνονται κατά τη διαδικασία ιονισμού συγκρούονται με άλλα ηλεκτρόνια και ιόντα. Με αυτόν τον τρόπο μοιράζουν την κινητική τους ενέργεια (η οποία δίνεται από τη διαφορά ανάμεσα στην ενέργεια του ιονιζόντως φωτονίου και το δυναμικό ιονισμού του υδρογόνου) και διατηρούν μια ταχύτητα Maxwell και κατανομή η οποία προσδιορίζει τη θερμοκρασία του ηλεκτρονίου της περιοχής HII. Οι συγκρούσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων και των ιόντων μπορούν να διεγείρουν μερικά από τα είδη της περιοχής τα οποία ήταν "απαγορευμένες" φασματικές γραμμές. Αυτές οι γραμμές ορίζονται απαγορευμένες επειδή προέρχονται από μια μετάβαση ανάμεσα σε ένα ζευγάρι επιπέδων, το οποίο παραβιάζει τους κανόνες συγκέντρωσης για τις ηλεκτρικές διπολικές μεταβάσεις. Οι πιθανότητες

μετάβασης της ακτινοβολίας προς τα κάτω είναι πολύ χαμηλές και η πιθανότητα συγκροσιακής υποδιέγερσης είναι ακόμη χαμηλότερη εάν η πυκνότητα είναι πολύ χαμηλή. Επίσης, ο επανασυνδυασμός αυτών των θερμικών ηλεκτρονίων με τα ιόντα σε καταστάσεις διέγερσης ακολουθούνται από πάνω προς τα κάτω σε επίπεδα ενέργειας ανεβάζουν τις γραμμές επανασυνδυασμού, αξιοσημείωτο των υδρογόνου και ήλιο. Αυτοί οι δύο τύποι της γραμμής εκπομπής κυριαρχούν μιας περιοχής HII φασματικής εκπομπής.



Σχήμα 1.1.2: Σφαίρα Stromgren.

1.1.2 ΔΟΜΗ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Μέσα στην περιοχή HII το υδρογόνο το οποίο φτάνει έως και περισσότερο από 75% της μάζας, είναι ουσιαστικά πλήρως ιονιζόμενο. Θα πάρουμε τη δομή της διαδικασίας του ιονισμού του υδρογόνου ως πρώτη προσέγγιση της γενικής δομής της περιοχής. Η ακτίνα της περιοχής, είναι η ακτίνα που καθορίζει τον όγκο μέσα στον αριθμό των ιονιζόμενων φωτονίων τα οποία εκπέμπονται από τους ιονίζοντες αστέρες. Απλά ισούται με τον αριθμό ανά μονάδα χρόνου των επανασυνδυασμών των ηλεκτρονίων με τα ιόντα. Η ρευστότητα εμπίπτει εντός της απόστασης από τους εκπέμποντες αστέρες λόγω και της καθαρά γεωμετρικής διάλυσης προς την απορρόφηση στα μέρη των φωτονίων μέχρι αυτή να φτάσει σε ένα επίπεδο όπου οι ιονισμοί και οι επανασυνδυασμοί απλά εξισορροπούν, πράγμα το οποίο βρίσκεται στην ακτίνα. Με τη χρήση του υπολογιστή εικάζουμε ότι η περιοχή γενικά είναι οπτικά πυκνή και ότι η εικασία της στιγμής είναι έγκυρη. Για παράδειγμα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απορρόφησης ιονισμένων φωτονίων και ότι οι επανασυνδυασμοί σε θεμελιώδη κατάσταση ως ένα σημείο απελευθερώνει φωτόνια τα οποία απορροφώνται εκεί κοντά, χωρίς καμία επίδραση στη γενική ισοροπία ιονισμού της περιοχής. Βάση αυτών των υποθέσεων η ακτίνα *Strömgrenradius*, R_s , είναι

$$N_* = \int_{\nu}^{\infty} \frac{L_{\nu}}{h\nu} d\nu = \frac{4}{3} \pi R_s^3 N_H^2 \alpha_B \quad (1.1.1)$$

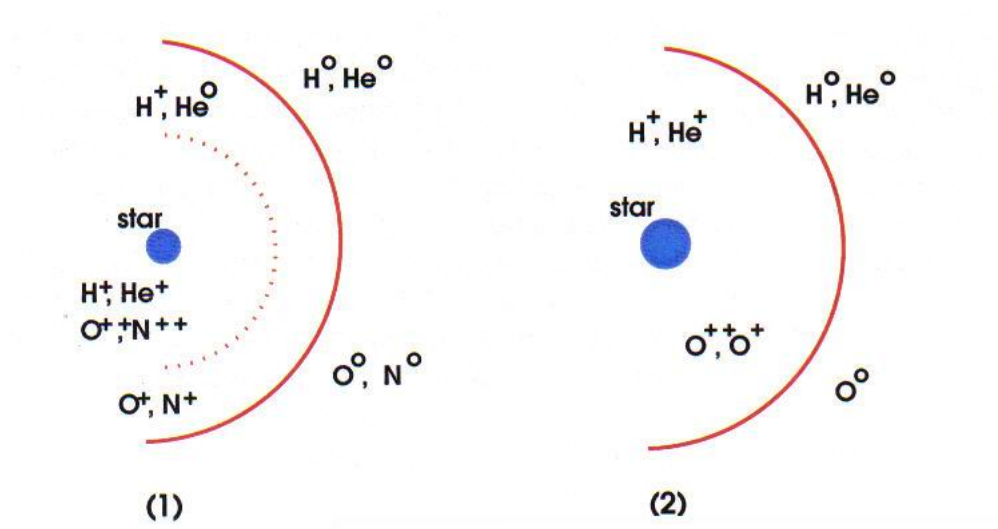
ωhere ν_0 Στην ακτίνα υπάρχει γεωμετρικά μια καλά προσδιοριζόμενη μετάβαση ανάμεσα σε μια επαρκώς ιονιζόμενη σφαίρα H και του περιβάλλοντος συννέφου του ουδέτερου υδρογόνου. Για μια μικρή ενδοαστρική πυκνότητα του 1 άτομο cm^{-3} ,

η θεωρητική σφαίρα έχει μια ακτίνα των 108 pc για έναν O5 αστέρα και 23 pc για έναν B0 αστέρα. Η πυκνότητα στη ζώνη μετάβασης ανάμεσα σε ένα πλήρως ιονιζόμενο ουδέτερο H είναι $d \approx (N_{H^0 a_\nu})^{-1} 0.1$ pc το οποίο είναι το ελεύθερο μονοπάτι ενός ιονιζόμενου φωτονίου στην άκρη της περιοχής και ελαφρώς συγκρινόμενα με την ακτίνα. Για τα άλλα στοιχεία της περιοχής ο βαθμός του ιονισμού τους εξαρτάται από την απόσταση του κεντρικού ιονιζόντως αστέρος και την αποτελεσματική θερμοκρασία. Το δεύτερο πλέον επαρκές στοιχείο μετά το υδρογόνο είναι το He του οποίου το πρώτο ιονιζόμενο δυναμικό είναι 24,6 και του οποίου το δεύτερο ιονιζόμενο δυναμικό είναι 54,4, έτσι ώστε υπάρχουν πολύ λίγο διπλά ιονιζόμενο He στις περιοχές HII, αφού ακόμα και οι θερμότεροι O αστέρες μεταβίβει εκπέμπουν φωτόνια τα οποία είναι ενεργητικά από 54,4. Γενικά εκείνα τα φωτόνια με $13.6\text{eV} < h\nu < 24.6\text{eV}$ ιονίζουν το H και εκείνα με $h\nu > 24.6\text{eV}$ ιονίζουν το He. Σύμφωνα με την αφθονία του στοιχείου και το φάσμα του ιονιζόντος αστέρα βρίσκουμε διαφορετικές περιοχές ιονισμού εντός της περιοχής H2. Ένα ποιοτικό σχήμα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα. Όπως μπορούμε να δούμε από το σχεδιάγραμμα ένας αστέρας ο οποίος εκπέμπει φωτόνια με $h\nu > 24.26\text{eV}$ θα περικυκλωθεί από ένα μικρό σύννεφο (εντός του οποίου αυτά τα ενεργητικά φωτόνια απορροφώνται) του H και του He, στο οποίο μπορεί να βρεθούν αβήθονα είδη όπως O, N ακόμη και Ne, αφού τα δεύτερα δυναμικά ιονισμού του O, N, Ne είναι 34.0 eV, 29.5 eV and 41.1 eV αντίστοιχα. Αυτό το κεντρικό σύννεφο με τη σειρά του θα περιβληθεί από ένα πολύ μεγαλύτερο σύννεφο H και He μαζί με τα βαρύτερα άτομα στις πιο χαμηλές καταστάσεις τους: O, N, Ne. Όμως ένας αστέρας ο οποίος εκπέμπει μια μεγάλη ρευστότητα φωτονίων, μεγαλύτερη των 24,6 θα ιονίσει H και He μαζί, πχ θα παράγει κάποιον όγκο όπου θα συνυπάρχουν τα H και He αλλά καμία περιοχή όπου ιονίζεται το H και το He δεν είναι ουδέτερα. Κατά τον ίδιο τρόπο με τον πρώτο αστέρα, σάυτην την περίπτωση επίσης, τα μη απορροφώμενα φωτόνια στην περιοχή του H και του He θα ιονίσουν τα βαρύτερα στοιχεία. Θα υπάρχουν O, N, Ne σε υψηλά ιονιζόμενες καταστάσεις στο κέντρο της περιοχής του HII και στην μοναδικά ιονιζόμενη κατάσταση κοντά στη μετάβαση από H σε He στην άκρη της περιοχής. Οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι οι δομές προφανώς είναι περισσότερο πολύπλοκες από ότι περιγράφονται εδώ αλλά αυτή η περιγραφή είναι ένας πρακτικός οδηγός προς την παγκόσμια φαινομενολογία.

1.1.3 Πληθυσμοί των περιοχών υδρογόνου στους ανώμαλους γαλαξίες

Οι σπειροειδείς και ανώμαλοι γαλαξίες περιέχουν τους σχετικά μεγάλους αριθμούς περιοχών HII, σε αντίθεση με τους ελλειπτικούς και τους φακοειδείς, οι οποίοι έχουν μετά βίας οποιαδήποτε. Δεδομένου ότι οι περιοχές HII διαμορφώνονται γύρω από τα νέα θερμά αστέρια είναι άριστοι ανιχνευτές του πρόσφατου σχηματισμού αστεριών, ο οποίος κάνει τις σπείρες τα καλύτερα εργαστήρια για τις μελέτες σχηματισμού αστεριών. Αν και ο αριθμός περιοχών ποικίλλει από γαλαξία σε γαλαξία, είναι φυσιολογικό στους περισσότερους γαλαξίες να βρεθούν κατά μήκος των σπειροειδών βραχιόνων και να χρησιμεύσει να καθοριστούν στο γαλαξία. Η μελέτη των πληθυσμών περιοχών HII είναι μεγάλης σχετικότητας για την κατανόηση διάφορων προσδοκούμενων γαλαξιών:

- **Αφθονίες.** Αν και το φάσμα εκπομπής περιοχών HII έχει πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, υπάρχουν διαφορές, ειδικότερα στο περιεχόμενο βαρύτερο στοιχείου (μέταλλο). Αυτά τα μέταλλα είναι παρόντα ως αποτέλεσμα της



Σχήμα 1.1.3: Στρωματοποίηση των ιόντων μέσα σε περιοχές HII για διαφορετικές θερμοκρασίες μέσα στους ιονίζοντες αστέρες: (1) $T_* \leq 4000K$, (2) $T_* > 4000 K$

διαδικασίας της πυρηνικής καύσης εντός των αστέρων, τα οποία αποβάλλουν στη συνέχεια τα μέταλλα στις ενδοαστρικές περιοχές τους μέσω των ανέμων ή των εκρήξεων. Οι μετρήσεις των αφθονιών στις περιοχές HII είναι ένας καλός τρόπος να υπολογιστούν τα καθαρά αποτελέσματα της αστρικής εξέλιξης στο περιβάλλον για το νέο σχηματισμό αστεριών μέσα στους γαλαξίες.

- Πεδία ταχυτήτων.** Όπως το φως από τις περιοχές HII συγκεντρώνεται σε έναν σχετικά μικρό αριθμό στενών φασματικών γραμμών εκπομπών, αυτές είναι άριστοι ανιχνευτές της ακτινωτής ταχύτητας, η οποία μπορεί να μετρηθεί μέσω του φαινομένου Doppler. Αυτό, μαζί με την ευρεία κατανομή των γαλαξιών στις περιοχές, επιτρέπει σε μας να τους χρησιμοποιήσει για τη μέτρηση των πεδίων ταχυτήτων μέσα στους γαλαξίες. Φυσικά περιορίζόμαστε από την ανάγκη να ανακτήσει από την προβολή ένα τρισδιάστατο πεδίο από τις μονοδιάστατες πληροφορίες ταχύτητας, και να προσφέρει υψηλότερης σημασίας ανάλυση από τις εναλλακτικές λύσεις τους: ουσιαστικά η γραμμή 21 εκατ. HI και οι περιστροφικές γραμμές του κοβαλτίου, CO. Συχνά, 21 εκατ. εκπομπής προέρχονται από μια πιο συνεχή περιοχή ενός γαλαξία από τις γραμμές εκπομπής των περιοχών HII, οι οποίες είναι ιδιαίτερες, έτσι ώστε οι γραμμές εκπομπής περιοχών HII και η γραμμή 21 εκατ. προσφέρουν τα συμπληρωματικά στοιχεία για την ερμηνεία της κίνησης ενός γαλαξία. Μια από τις καλύτερες γραμμές εκπομπής για αυτές τις μετρήσεις είναι το υδρογόνο, δεδομένου ότι είναι έντονο, και εκπεμπόμενο σε μια φασματική περιοχή όπου οι ανιχνευτές CCD έχουν τη μέγιστη ευαισθησία τους. Υπάρχουν ζώνες των γαλαξιών όπου αέριο ρέει στις τροχιές που είναι μη κυκλικές, λόγω των αναχωρήσεων από αξονική συμμετρία στην υποκείμενη δομή βαρύτητας. Οι χαρακτηριστικές ζώνες αυτού του τύπου βρίσκονται γύρω από τους φραγμούς, όπου αέριο οι τροχιές τείνουν στις ωοειδείς μορ-

φές με το σημαντικό άξονα φραγμών ως το μακρύ άξονά τους, επίσης στους σπειροειδείς βραχίονες, όπου το σύστημα πυκνότητας κυμάτων πυροδοτεί τις κινήσεις του αέριου κάθετα στο βραχίονα. Άλλοι τύποι σφαιρικών μη-κυκλικών κινήσεων περιλαμβάνουν την κάθετο κίνηση στο γαλαξία λόγω εκροής από τις περιοχές του σχηματισμού αστεριών. Ειδικότερα γύρω από το γαλαξιακό πυρήνα και επίσης στο δίσκο, που συγκεντρώνονται στους σπειροειδείς βραχίονες. Μπορούν να υπάρξουν ισχυρές τοπικές κινήσεις, προ πάντων αναταραχή μέσα στις περιοχές του ενεργού σχηματισμού αστεριών. Παρατηρήσεις των περιοχών HII, ειδικότερα στο υδρογόνο, αποδίδουν πληροφορίες για όλα αυτά τα φαινόμενα και κάνει ξεκάθαρη την κινηματική μελέτη των γραμμών εκπομπής περιοχών HII από τους πληθυσμούς οι οποίοι είναι βασικής σπουδαιότητας στην εξωγαλαξιακή αστρονομία.

- **Luminosity function.** Για να υπάρξει μια περιοχή HII, η παρουσία ενός ή περισσότερων αστεριών Ο ή Β (ή ενδεχομένως αστεριών Ωολφ - Ραφέτ), είναι απαραίτητη, σε μια ζώνη με μια σχετικά υψηλής πυκνότητας σε αέριο. Δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής τέτοιων αστεριών είναι σύντομη: έτη και εν πάση περιπτώσει πολύ κοντύτερος από τη διάρκεια ζωής ενός γαλαξία, είναι σαφές ότι οι περιοχές HII, μας παρουσιάζουν που έχει πραγματοποιηθεί ο πιο πρόσφατος μαζικός σχηματισμός αστεριών. Είναι έτσι σαφές, επίσης, ότι η μελέτη της διανομής αυτών των περιοχών σε έναν ανώμαλο γαλαξία, και της Λυμινοσιτιψ φυνςτιον τους, θα παραγάγει τις πολύτιμες ενδείξεις για τις παραμέτρους που κυβερνούν τον ογκώδη σχηματισμό αστεριών. Έχουν υπάρξει διάφορες μελέτες σε αυτόν τον τομέα: Kennicutt (1984), Hodge (1987), Edgar & To Hodge (1989) είναι οι συντάκτες η των οποίων προηγούμενη εργασία αποτελεί ένα μεγάλο μέρος της βάσης της παρούσας έρευνας. Μεταξύ της πιο πρόσφατης εργασίας για τις λειτουργίες φωτεινότητας των περιοχών και των σωματικών ιδιοτήτων τους, μπορούμε να αναφέρουμε Rozas et al (1996a, b) και τα επόμενα έγγραφα από την ομάδα μας. Η μελέτη των στατιστικών ιδιοτήτων των πλήρων πληθυσμών των περιοχών HII είναι από το υδρογόνο η γραμμή εκπομπής, επομένως, όχι μόνο ενδιαφέρον για αυτό που μας λέει για τις ιδιότητες των περιοχών οι ίδιοι και για σφαιρική κινιτική ενός γαλαξία, αλλά και επειδή μπορούμε να μάθουμε πολλά για τις ιδιότητες του ογκώδους αστεριού που διαμορφώνουν τις περιοχές και τα αποτελέσματα σε αυτούς διάφορων ενδεχομένως σχετικών παραμέτρων: δυναμική, μεταλλικότητα, μέγεθος γαλαξιών, κ.λ.π.

Σημαντική είναι η εργασία του Kennicutt et al. (1989), για σπειροειδείς και ανώμαλους γαλαξίες. Σε αυτή την εργασία, e.g Rozas et al. (1996a), Rand (1992), Cepa et al. (1989, 1990), Knapen et al. (1993), Gonzalez-Deglado & Perez (1997), Tsvetanov & Petrosian (1995), βρέθηκε ότι το luminosity function (LF) των περιοχών HII υπολογίζεται από:

$$dN = AL^n dL \quad (1.1.2)$$

Κεφάλαιο 2

Μελέτες στους γαλαξίες IC10 και Sextan B

2.1 Εισαγωγή

Οι περισσότεροι από τους γαλαξίες στην τοπική ομάδα (Local Group) είναι νάνοι ανώμαλοι και σπειροειδείς. Αυτοί οι μορφολογικοί τύποι αντιπροσωπεύουν επίσης τα πιο πολυάριθμα αντικείμενα στον κοντινό κόσμο, αλλά μπορούν να μελετηθούν με μεγάλη λεπτομέρεια μόνο σε κοντινή απόσταση από την τοπική ομάδα. Διεξάγουμε μια λεπτομερή έρευνα με αρκετά φίλτρα του τοπικού σμήνους, η οποία στοχεύει κυρίως στη μελέτη όλων των κατηγοριών πληθυσμών εκπομπή-γραμμών.

2.1.1 IC 10

Ο IC10 είναι ένας ανώμαλος γαλαξίας στον αστερισμό της Κασσιόπης. Ανακαλύφθηκε από τον Lewis Shift το 1889. Ο Nicholas U. Mayall ήταν ο πρώτος που ισχυρίστηκε ότι το αντικείμενο είναι εξωγαλαξιακό το 1935. Ο Edwin Hubble υποψιάστηκε ότι ανήκει στην τοπική ομάδα γαλαξιών, αλλά η θέση του παρέμεινε αβέβαιη για δεκαετίες. Η ακτινική ταχύτητα του γαλαξία μετρήθηκε το 1962, η οποία ενίσχυσε την εικασία. Τέλος, το 1996, βασισμένος στις άμεσες μετρήσεις απόστασης Κηφήδων, παρουσιάστηκε ότι είναι αληθινό μέλος της ομάδας. Παρά τη στενότητά του, ο γαλαξίας είναι μάλλον δύσκολο να μελετηθεί επειδή βρίσκεται κοντά στο επίπεδο του Γαλαξία μας και επομένως αδιάφανος από το αστρικό υλικό.

Η προφανής απόσταση μεταξύ του IC10 και του γαλαξία Andromeda είναι σχεδόν ίδια όπως την προφανή απόσταση μεταξύ του γαλαξία Andromeda και του γαλαξία Triangulum, ο οποίος προτείνει ότι ο IC10 μπορεί να ανήκει στη M31 υποομάδα.

Ο F10 είναι ο μόνος γνωστός γαλαξίας με έκρηξη αστέρων στην τοπική ομάδα γαλαξιών. Έχει τα περισσότερα αστέρια Wolf - Rayet ανά τετραγωνικό κιλοπαρσέκ (αστέρια $5.1/l * kpc^2$) έναντι στο μεγάλο νέφος του Μαγγελάνου (2,0 αστέρια/χπς) και το μικρό νέφος του Μαγγελάνου (αστέρια $0.9/lkpc^2$). Αν και ο γαλαξίας έχει την παρόμοια φωτεινότητα με το SMC, είναι αρκετά μικρότερος. Το πιο υψηλό επίπεδο οξυγόνου στο γαλαξία έναντι στο SMC προτείνει ότι η δραστηριότητα σχηματισμού αστεριών έχει συνεχιστεί για ένα μακρύτερο χρονικό διάστημα. Η εξελικτική θέση των αστεριών Wolf - Rayet προτείνει ότι όλα διαμορφώθηκαν σε μια σχετικά σύντομη περίοδο. Η αναλογία μεταξύ δύο τύπων



Σχήμα 2.1.1: Γαλαξίας IC 10.

αστεριών Wolf - Rayet στον IC10 είναι πολύ διαφορετική από την αναλογία σε άλλους γαλαξίες στην τοπική ομάδα, η οποία μπορεί να είναι κάπως οφειλόμενη στη φύση 'εκρηξης αστερών' του γαλαξία. Αυτήν την περίοδο ο γαλαξίας παράγει τα αστέρια με την ταχύτητα 0.04-0.08 μάζες Ηλίου ετησίως, το οποίο σημαίνει ότι αέριο που παρέχετε στο γαλαξία μπορεί να διαρκέσει μόνο μερικές χιλιάδες εκατομμύριο έτη.

Πίνακας 2.1.1: Παράμετροι του Γαλαξία IC 10.

Τύπος	Ir V
Ορθή Αναφορά	0.0η 20μ 24ς
Απόκλιση	+59 ⁰ 17'30"
Απόσταση	2.2 ± 0.2million ly
Μέγεθος	+10.4 ± 0.2
Διαστάσεις	5.5' × 7.0'
Αστερισμός	Κασσιόπη
Ακτίνα	18,000 × 21,000ly

Ο γαλαξίας έχει μια τεράστια ποσότητα του αερίου υδρογόνου , προφανής μέγεθος μέτρησης 68 80 , η οποία είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το προφανές μέγεθος του γαλαξία 55 70. Ο IC10 είναι επίσης ασυνήθιστος από την άποψη ότι το ορατό μέρος του γαλαξία φαίνεται να περιστρέφεται με διαφορετική κατεύθυνση από την εξωτερική ποσότητα του αερίου. Ο IC10 είναι ένας ιδιαίτερα αδιαφανής $E = 0.85$

γαλαξίας, που βρίσκεται σε ένα χαμηλό γαλαξιακό γεωγραφικό πλάτος $\beta = -3,3$. Η απόστασή του και η θέση του (μόνο 18 εκτός από M31 στον ουρανό) προτείνουν μια πιθανή ιδιότητα μέλους στη M31 υποομάδα (vdB00). Είναι ο μόνος γαλαξίας εκρήξεων αστερών στην τοπική ομάδα, και η παρουσία ενός μεγάλου αριθμού περιοχών HII αποδεικνύει ότι υποβάλλεται στον μαζικό σχηματισμό αστεριών. Ο IC10 είναι ένας μάλλον μικρός γαλαξίας με μια καθοριστική ακτίνα $\rho = 0,5$ kpc, μόνο κατά το ήμισυ της ακτίνας του μικρού νέφους του Μαγγελάνου (SMG), ενώ οι φωτεινότητές τους είναι συγκρίσιμες. Η αφθονία οξυγόνου της είναι υψηλότερη από αυτή SMC, που παρουσιάζει υψηλότερο προηγούμενο ποσοστό σχηματισμού αστεριών. Αυτός ο γαλαξίας επιλύεται σαφώς στα αστέρια στις επίγειες εικόνες, και ένας μεγάλος αριθμός αστεριών Wolf - Rayet είναι γνωστός. Η παρουσία μιας μεγάλης εξάλειψης πρώτου πλάνου λόγω στη θέση της σε μια κατεύθυνση κοντά στο γαλαξιακό επίπεδο έχει αποτρέψει μέχρι τώρα τις βαθιές μελέτες των αστρικών πληθυσμών.

2.1.2 Sextan B

Ο Sextans B είναι ένας dIrr γαλαξίας σε μια απόσταση 1,36 Mpc (Karachentsev et al 2002). Όπως ο Sextans A, η ιστορία σχηματισμού αστεριών είναι πιθανώς σύνθετη, με μεγάλες περιόδους σχετικά χαμηλών ποσοστών σχηματισμού αστεριών που τονίζεται από περιόδους σύντομων εκρήξεων δημιουργίας του (Tosi et al 1991 Sakai et al 1997). Σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά, ο Sextans B θεωρείται ένα "δίδυμο" του Sextans A, αλλά ο Sextans B είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος επειδή οι προηγούμενες μετρήσεις της ποσότητας του οξυγόνου στο νεφέλωμα για αυτόν τον γαλαξία από τον Stasinska et al (1986), SKH89, και Moles et al (1990, επ'όνομο MAM90) διαφέρουν αρκετά. Ο Sextans A και ο Sextans B είναι νάνοι ανώμαλοι γαλαξίες (IR B και IR IVV μορφολογικοί τύποι, αντίστοιχα, βλ. Bergh 2000, επόμενο dB00) με περίπου την ίδια φωτεινότητα και τοποθετημένος σε ίδια απόσταση (1.3 Mpc, Dolphin et al. 2003 for Sextans A and vdB00 for Sextans B). Ο διαχωρισμός τους στον ουρανό είναι επίσης αρκετά μικρός (10 δεγρεες), πράγμα το οποίο ανταποκρίνεται στην απόσταση 280kpc. Επιπλέον η διαφορά της ταχύτητας τους είναι μόνο $23 \pm 6 \text{ kms}^{-1}$. Όλες αυτές οι ιδιότητες προτείνουν έναν κοινό σχηματισμό για αυτούς τους δύο γαλαξίες, πιθανώς μαζί με NGC 3109 και το γαλαξία Antlia, επίσης σε μια παρόμοια απόσταση και μια θέση στον ουρανό. Εξετάζοντας τη μέση απόσταση των τεσσάρων γαλαξιών από το κέντρο της τοπικής ομάδας (LG), 1,7 Mpc, αυτή η υποομάδα βρίσκεται πέρα από την επιφάνεια μηδενικής ταχύτητας του ΛΓ (βλ. dB00) και μπορεί να θεωρηθεί κοντινότερη εξωτερική ομάδα γαλαξιών. Κατόπιν αυτοί οι γαλαξίες είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντες δεδομένου ότι αντιπροσωπεύουν μια ομάδα νάνων γαλαξιών που απομονώνεται σχετικά από τους γιγαντιαίους γαλαξίες.

Στους γαλαξίες dIrr, ο σχηματισμός αστεριών είναι γενικά ενεργός, όπως παρουσιάζεται από τον ευδιάκριτο αριθμό περιοχών HII που περιέχουν. Υπάρχουν διάφορες φωτομετρικές και φασματοσκοπικές μελέτες των περιοχών HII και στους δύο γαλαξίες. Η φωτομετρία των περιοχών HII στον Sextans A λήφθηκε από Hodge (1974), και Hodge et al (1994), τελευταία πληρέστερη έρευνα με 25 περιοχές HII ανιχνεύσιμες. Ο Hunter et al (1993) μελέτησε μεγάλες δομές ιονιζόμενο αέριο στις εξωτερικές περιοχές HII, όπως τα κέλυφος και οι ίνες που παράγονται από τη δράση των μαζικών αστεριών μέσω των ανέμων και των εκρήξεων σουπερνόβα. Τα φάσματα τεσσάρων περιοχών HII λήφθηκαν από Skillman et al (1989), από τα οποία μια αφθονία οξυγόνου προήλθε. Οι φωτεινότερες περιοχές HII στον



Σχήμα 2.1.2: Γαλαξίας Sextan B.

Sextans B καταχωρήθηκαν αρχικά από Hodge (1974). Ο Strobel et al (1991) ταξινόμησε δώδεκα περιοχές HII, ενώ η αφθονία οξυγόνου παρήχθη για τέσσερις περιοχές HII από Skillman et al (1989). Σημειώστε, εντούτοις, ότι αυτές οι φασματοσκοπικές μελέτες δεν ήταν γενικά αρκετά βαθιές (εκτός από ένα ή δύο αντικείμενα) για να επιτρέψουν την άμεση μέτρηση της θερμοκρασίας ηλεκτρονίων του νεφελώματος μέσω της ανίχνευσης του [OIII] γραμμής 436,3 NM, που προκαλεί μια σημαντική πηγή αβεβαιότητας στον προσδιορισμό της ποσότητας των χημικών τους.

Πίνακας 2.1.2: Παράμετροι του γαλαξία Sextan B.

Τύπος	Ir V
Ορθή Αναφορά	10h 00m 00s
Απόκλιση	+05°20'00"
Απόσταση	4.7 million ly
Μέγεθος	+11
Διαστάσεις	5.1' × 3.5'
Αστερισμός	Sextans

Κεφάλαιο 3

Παρατηρήσεις και Ανάλυση Δεδομένων

3.1 Παρατηρήσεις

Οι παρατηρήσεις έγιναν με 2.5m Isaac Newton Telescope και την Wide Field Camera (WFC). Έτσι, ας κάνουμε μία σύντομη περιγραφή για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τηλεσκοπίου και της κάμερας.



Σχήμα 3.1.1: Ο Θόλος του Isaac Newton Telescope.

Το νεοσύστατο INT, στο Λα Παλμα, διαφέρει σημαντικά στα μηχανικά, τα ηλεκτρονικά και τα οπτικά του από την πρώτη δημιουργία στο Herstmonceux. Η αλλαγή στο γεωγραφικό πλάτος από 50 βαθμούς 51 λεπτά 58 δευτερόλεπτα σε 28 βαθμούς δευτερόλεπτα 45 λεπτών 43.4 έχει οδηγήσει σε μια μεγάλη αλλαγή της γωνίας στον πολικό δίσκο που στέκεται σχεδόν στην άκρη. Ένα τμήμα αφαιρέθηκε από το δίσκο προκειμένου να επιτραπεί η λειτουργία σε μια απόκλιση -30 βαθμών. Οι νέοι κωδικοποιητές και τα ηλεκτρονικά κίνησης εγκαταστάθηκαν και ένα νέο σύστημα ελέγχου υπολογιστών γράφτηκε. Ο αρχικός καθρέφτης αντικαταστά-

θηκε με ελαφρώς μεγαλύτερο (από 98 ίντσες σε 100 ίντσες) αρκετά υψηλότερης οπτικής ποιότητας και φτιαγμένο από υλικό μικρής έκτασης. Η παλαιά αρχική συν-αρμολόγηση, που απαίτησε έναν εγκλωβισμένο παρατηρητή, αντικαταστάθηκε με εξ ολοκλήρου τηλεχειρισμό. Το κιβώτιο καθοδήγησης στην εστίαση Cassegrain είναι απολύτως νέο. Το τηλεσκόπιο στεγάζεται σε έναν νέο θόλο. Τέλος, υπ-άρχει μια ακολουθία των νέων οργάνων και ενός συγκροτήματος ηλεκτρονικών υπολογιστών για να τους ελέγξει.

Η μηχανική δομή του INT μεταφέρθηκε στο Λα Πάλμα το 1981 και στήθηκε σε ανθεκτικό υλικό το 1982. Το κάτοπτρο έφθασε στο νησί στις 10 Δεκεμβρίου 1982, το κτήριο παραδόθηκε από τους αναδόχους στο RGO στις 17 Ιανουαρίου 1983 και η εργασία άρχισε στην προετοιμασία των εργαστηρίων για την ανάθεση του τηλεσκοπίου. Ο πρώτος τριών άμεσων αποστολών αέρα των μηχανημάτων, των οργάνων και των υπολογιστών έφθασε στο Λα Πάλμα στις 25 Ιανουαρίου. Μέχρι το Σεπτέμβριο το κτήριο ήταν σε πλήρη λειτουργία και το τηλεσκόπιο συγκεν-τρώθηκε πλήρως, με έναν πρόσφατα επαργυλωμένο καθρέφτη, μέχρι το τέλος του έτους. Στην πρώτη νύχτα τον Φεβρουαρίου του 1984 τα αστέρια εβλείδαν αρχικά στο τηλεσκόπιο, στην πρωταρχική εστίαση. Το πρόγραμμα ανάθεσης τηλεσκοπίων είχε στοχεύσει προς την ολοκλήρωση του φασματογράφου Cassegrain δεδομένου ότι αυτό θα ήταν το ευρύτερα απαιτημένο όργανο ήταν επίσης ανεκτικό για να συμπτύξει την υπόδειξη και την καταδίωξη.

Το Μάιο του 1984, το τηλεσκόπιο καλωσόρισε τον πρώτο αστρονόμο του. Λειτουργήσε για τους αστρονόμους για 47% του χρόνου στο πρώτο εξάμηνο, 50% στο εξάμηνο γ, 62% στο εξάμηνο χ και 73% στο εξάμηνο Ι. Το υπόλοιπο του χρόνου χρησιμοποιήθηκε για την εργασία εφαρμοσμένης μηχανικής. Η οπτική συνέλευση τηλεσκοπίων ζυγίζει 51.361 κιλά και συμπεριλαμβανομένου του μον-ταρίσματος 85.361 κιλά.

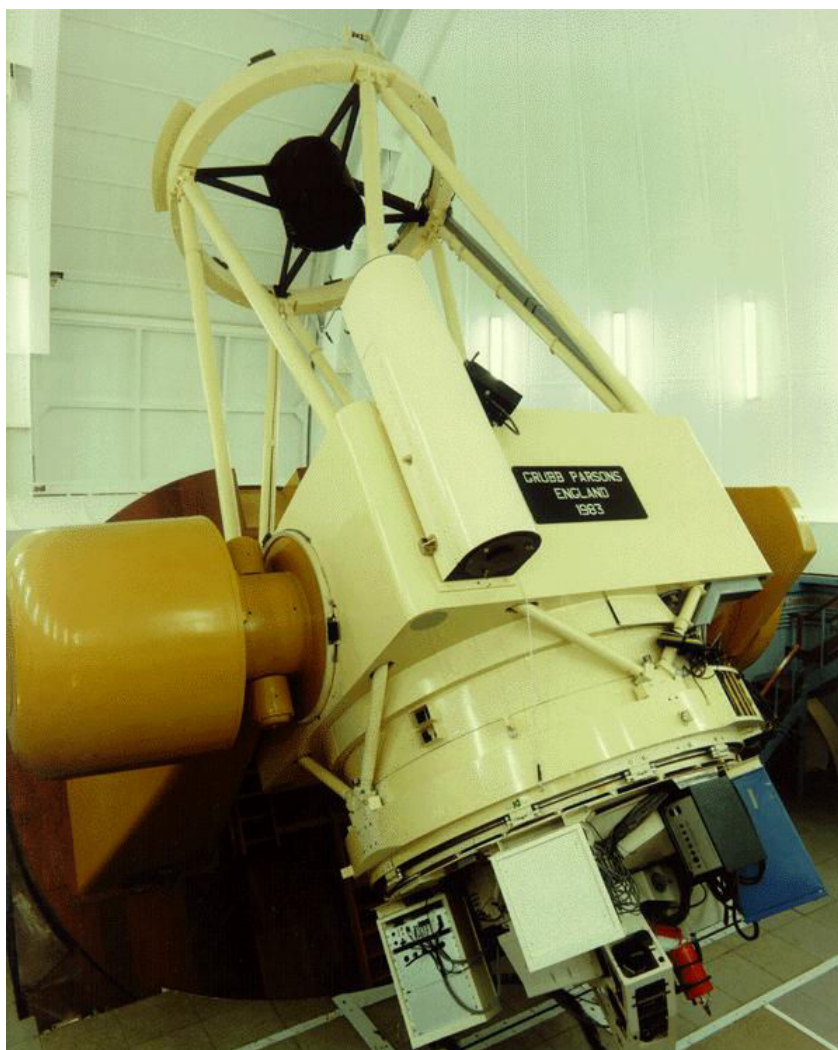
Η Στήριξη

Το τηλεσκόπιο υποστηρίζει ένα πολικό ισημερινό δίσκο από πέντε αξονικά και τρία ακτινωτά υδροστατικά ανθεκτικές ράβδους. Ο σωλήνας, μια συμβατική ανοικτή δομή ζευκτόντων Serrurier, υποστηρίζει τη συνέλευση πρωταρχικό-εστίασης ή το δευτεροβάθμιο καθρέφτη για τη λειτουργία Cassegrain και Coude.

Η κάλυψη απόκλισης βελτιώθηκε όταν μεταφέρθηκε στο Λα Πάλμα αφαιρώντας ένα τμήμα από τον πολικό δίσκο, και από έναν επανασχεδιασμό του ανοίγματος του θόλου. Τα όρια κίνησης είναι θέτουν αυτήν την περίοδο στην απόκλιση βαθμών -30,70 βαθμοί απόστασης αποκορυφώματος και 6η ωριαία γωνία (η λειτουργία κάτω από τον πόλο είναι επίσης δυνατή).

Η Wide Field Camera (WFC) σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από: Royal Greenwich Observatory (United Kingdom), Kapteyn Sterrenwacht Werkgroep (Holland) and the Lawrence Berkeley Laboratories (California).

Ένα πολύ χρήσιμο στοιχείο που θα μας βοηθήσει στην αστροφυσική ανάλυση των περιοχών υδρογόνου είναι το pixel size της κάμερας που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.33 arcmin. Το gain της κάμερας είναι 2.8 ηλεκτρόνια / ADU και το readout noise είναι 6.2 ηλεκτρόνια. Πήραμε αρκετά δεδομένα από το 2001 και το 2002 σε φωτομετρικές νύχτες. Το μέσο seeing ήταν 1.42' και ο χρόνος έκθεσης ήταν 1200 σες για narrow φίλτρα και 400 σες για broad φίλτρα. Τα φίλτρα που χρησιμοποιήσαμε ήταν H α , HII, StY, OIII, HeII, R, g, με μήκη κύ-ματος λ 6568/95Å, λ 6725/80Å, λ 5505/240Å, λ 5008/100Å, λ 4686/100Å, λ 6380/1520Å, λ 4846/1285Å αντίστοιχα. Τέλος σαν φωτοφασματικά αστέρια

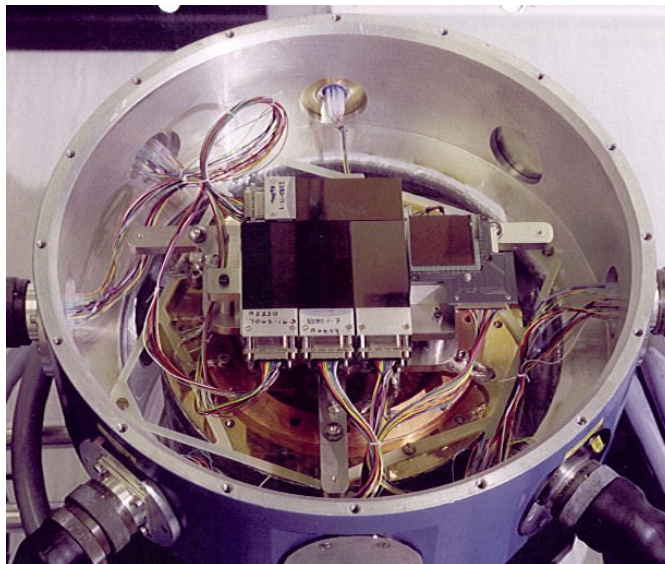


Σχήμα 3.1.2: Isaac Newton Telescope.

Πίνακας 3.1.1: Οπτικά χαρακτηριστικά του INT.

	Prime Focus	Cassegrain Focus
Focal Length (mm)	8357	38130
Focal ratio	$\phi/3.29$	$\phi/15$
Field Diameter (arcmin)		
- no vignetting	40	20
- 50 % vignetting	52	22
Scale (arcsec/mm)	24.7	5.41
Diameter of Central Obstruction (mm)	914	914

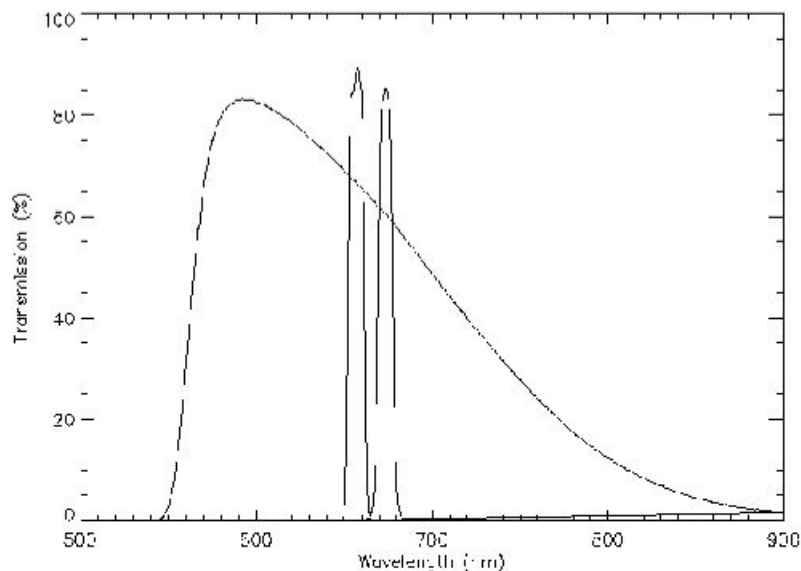
οδηγούς πήραμε τα BD28, Feige110, Hz44 και Sp1942. Τα Flat and Bias τα διορθώσαμε με το λογισμικό "GIGAWULF" (GIGAWULF: Powering the Isaac Newton Group's Data Pipeline, Greimel. R, R. 2001, in ASP Conf. Ser., Vol. 238). Περισσότερες πληροφορίες βλέπουμε στον Πίνακα 3.1.2.



Σχήμα 3.1.3: H Wide Field Camera.

Πίνακας 3.1.2: Πληροφορίες των παρατηρήσεων.

FIELD	ON BAND filter/exp. time	OFF BAND filter/exp. time	PHOTOM.	SEEING
NE				
Ha	Ha/3x1200s	R/3x300s	yes	0.71'
OIII	OIII/3x1200s	stY/3x300s	yes	1.80'
SII	SII/3x1200s	R, Ha/3x300s/1200s	yes	
He	He/3x1200s	stY/3x300s	yes	
NΩ				
Ha	Ha/3x1200s	R/3x300s	yes	1.31'
OIII	OIII/3x1200s	stY/3x300s	yes	1.31'
SII	SII/3x1200s	R, Ha/3x300s/1200s	yes	1.37'
He	He/3x1200s	stY/3x300s	yes	1.63'
ΣΩ				
Ha	Ha/3x1200	R/3x1200	yes	1.19'
SII	SII/3x1200	R,Ha/3x300/1200	yes	2.02'



Σχήμα 3.1.4: Τα φίλτρα R (Harris), Ha, SII.

3.2 Ανάλυση Δεδομένων

3.2.1 Παραμόρφωση εικόνας

Για την ανάλυση χρησιμοποιήσαμε το πακέτο **IRAF**. Η WFC έχει ένα μεγάλο οπτικό πεδίο. Χρησιμοποιεί 4 "Δς (4K X 2K) και καλύπτει 33 arcmins στον ουρανό. Για αυτόν τον λόγο στις άκρες των πλαισίων έχουμε την πολύ μεγάλη παραμόρφωση. Κάθε φίλτρο έχει το διαφορετικό παράγοντα παραμόρφωσης και αυτό κάνει την εργασία περισσότερο περίπλοκη. Έτσι, νείναι απαραίτητο να διορθώσουμε αυτή την παραμόρφωση αλλά πριν από αυτό, πρέπει να ευθυγραμμίσουμε τις εικόνες επειδή τα στοιχεία από το INT δεν έχουν την τέλεια ευθυγράμμιση. Πρέπει να ευθυγραμμίσουμε όλες τις εικόνες. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιήσαμε την εντολή *imalign*. Πρώτα δημιουργήσαμε ένα αρχείο *list.coo* που περιέχει τις συντεταγμένες από μερικά "καλά" αστέρια (που να μην είναι υπερκορεσμένα) από μία εικόνα αναφοράς, για παράδειγμα (*image1.fit*). Έπειτα μπορούμε να υπολογίσουμε τη μετατόπιση μεταξύ των εικόνων και να δημιουργήσουμε ένα αρχείο (*shift.txt*) που θα περιέχει αυτές τις μετατοπίσεις. Μετά από αυτό τρέχουμε την εντολή *imalign*. Πληκτρολογούμε τα ακόλουθα:

```
cl> epar imalign
input:          image1,image2,image3 .....,
referen. image: image1
coords file:    list.coo
out put       : test1,test2,test3 .....,
shift         : shift.txt
boxsize       : must be bigger than the biggest error value
```

The input images could be all the images per filter and after the
imcombine

command we can align again the output images. When

```
imalign
```

finishes we have the new aligned images test1, test2, test3 ... Now we are ready to combine the frames from every filter.

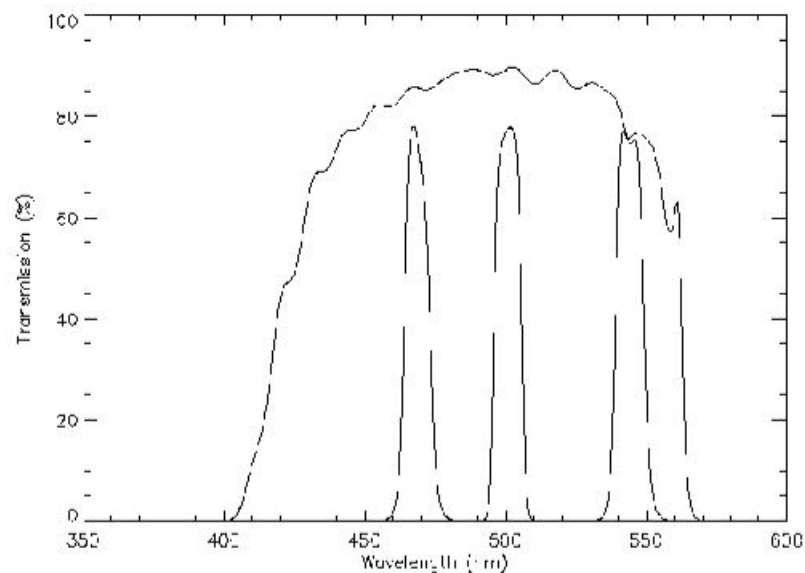
```
cl> imcombine test1, test2, test3 test
```

όπου 'test' η εικόνα που παίρνουμε με από αυτό.

Σε κάθε φίλτρο είχαμε αρκετές εικόνες. Συνδέσαμε αυτές τις εικόνες για το κάθε φίλτρο με στόχο να δημιουργήσουμε μία φωτογραφία σε κάθε φίλτρο. Αφού έγινε η διόρθωση της παραμόρφωσης στο φίλτρο. Η εφαρμογή έγινε το ίδιο και για τα υπόλοιπα. Στο `apphot/digiphot/noao` πληκτρολογήσαμε:

```
ap>centerpars.cbox=30
ap>phot image =image1 coords=list.coo
ap>txd textfile=image1.mag.1 fields=xin,yin,xcenter,ycenter expr=yes>image1.file
ap>del image1.mag.1
ap>geomap image1.file image1.tran 1 2047 1 4098
ap>geotran image1 outputfile image1.tran image1.file
ap>del image1.file
ap>del image1.tran
```

'Phot' does the photometry, 'geomap' creates a distortion map and 'geotran' applies the distortion to the image.



Σχήμα 3.2.1: Οι καμπύλες διαπερατότητας για τα φίλτρα g, He, OIII and stY.

Κάναμε το ίδιο για όλα τα φίλτρα

3.2.2 Συνεχής αφαίρεση

Στόχος είναι η αφαίρεση του συνεχούς φάσματος εκπομπής από τα narrow band φίλτρα ώστε να κρατήσουμε μόνο την εκπεμπόμενη ροή από το φάσμα εκπομπής που μας ενδιαφέρει. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήσαμε για τον υπολογισμό των στατιστικών βαρών είναι οι εξισώσεις του Roberto Terlevich (“High-resolution surface photometry of the core of NGC 4151” Roberto Terlevich, Mon. Not.R astr. Soc. (1991) 249, 36-45). These are:

$$Ha = \frac{Ha - f1 * R}{t_{Ha} - t_R * f1} \quad (1) \quad (Ha : \text{emission from non continuum subtracted image})$$

$$SII = \frac{SII - R * f2 + t_R * f2 * Ha}{t_{SII} - f2 * t_R} \quad (2) \quad (Ha : \text{emission from continuum subtracted image})$$

f1: scale factor Ha-R

f2: scale factor SII-R

t_{Ha} : Ha filter transmission

t_R : R filter transmission

t_{SII} : SII filter transmission

The trasmission values for the INT's filters Ha, R and SII are:

$$t_{Ha} = 0.89$$

$$t_R = 0.88$$

$$t_{SII} = 0.84$$

Also, because the different filters, are different, the frames that we took through the stY, He and OIII filters have different FWHM than the rest. This means that we can not subtract them properly. To solve this problem we used the

`'gauss'`

command to smooth them until the correct FWHM. When everything is ready. We subtract the frames using the command

`'imarit'`

.

```
cl>gauss test1 output 1.2
```

```
cl>imarit test1 - test2 test
```

where “test” is the output image

3.2.3 Βαθμολόγηση Ροής

For the flux calibration we used some spectral-photometric stars. Of course it is necessary to have standards stars in all narrow band filters. Before proceeding any further we need to use the measurements from the fluxes of these stars. This will be later compared to the calibrated flux (in $erg/sec/cm^2$) emitted by the standard stars. First we combined the images from the same filters and then we did the photometry. **Apphot** is a very good package for the point sources

photometry. We used the measurements from 2 standard stars. Feige 110 and the BD +28 4211. These data were taken by Corradi, Zurita, Mislis, from NGC6822 Photometric Atlas in HII regions. They compared three packages for that. Daophot, **Apphot** and Gaia. The results are shown in Table 3.2.1

Table 3.2.1: Standard Stars Photometry

BD +28 4211	Flux (ADUs/sec)	Mag	% Error from real value
Real Value		10.89	
Daophot	19450.3	9.832	9.72 %
Apphot	7070.19	10.93	4.00 %
Gaia	19260.3		9.63 %
Feige 110			
Real Value		12.10	
Daophot	5425.04	10.78	10.9 %
Apphot	2521.29	11.86	1.98 %
Gaia	8081.75		17.1 %

As we can see the **Apphot** package gives the smallest % error for the point source photometry. The fluxes from Apphot were in ADUs, and if we divide by the exposure time, we have ADUs/sec. To transform the fluxes from ADUs to $erg/sec/cm^2$ it's not so hard. First of all we know the transmission curve for all the filters (Figures 3.1.4 and 3.2.1). On the other hand we have all information that we need from the standard star, the flux calibrated spectra. In every value of wavelength there is a value of the magnitude. So in every filter we expect a different magnitude value, as we can see in Figure 3.2.2 below.

We are ready now to use the equation 3.2.1 below

$$FLUX = \int_{\Delta\lambda} \left(\frac{3 * 10^{18}}{\lambda^2} * 10^{\frac{mag+48.60}{-2.5}} \right) d\lambda in erg/sec/cm^2 \quad (3.2.1)$$

and then using the equation 3.2.2 we can estimate the calibration factor for this night's data.

$$CalibrationFactor(CF) = \frac{ADU(newdata)}{IntegrationTime} * \frac{FLUX(erg/sec/cm^2)}{ADU(Calibrationstar)} \quad (3.2.2)$$

For example, if we measure the flux in ADUs from one nebula, now it's very easy to calculate its flux in $erg/sec/cm^2$. The only thing that we need to do is to multiply the flux in ADUs with the calibration factor (CF). But the WFC (Wide Field Camera of the INT) has 4 CCDs and every CCD has different response. So, we checked all CCDs and we found that the scale factor's differences in all CCDs do not differ by more than 5,1 % (Table 3.2.2)

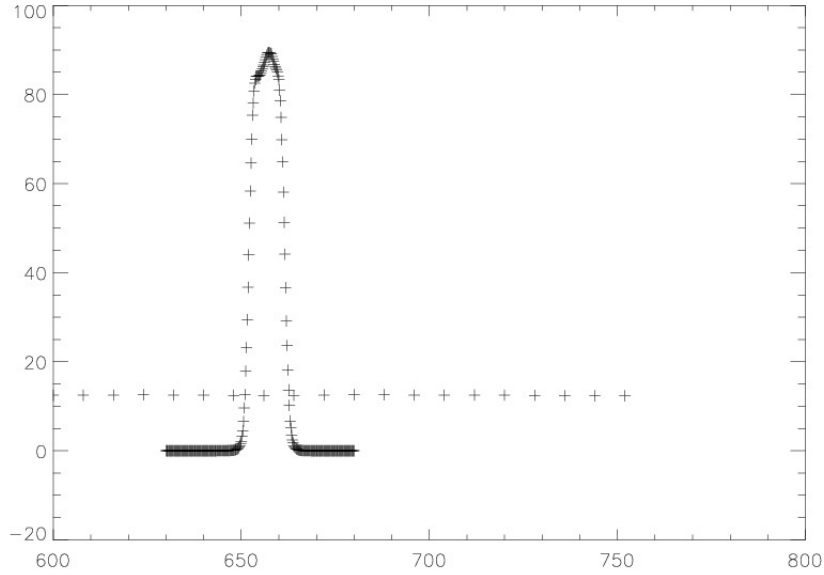


Figure 3.2.2: The spectrum of Feige 24 and the transmission curve of the Ha filter.

Table 3.2.2: CCDs information

	CCD 1	CCD 2	CCD 3	CCD 4
CCD 1		4.63 %	5.04 %	4.60 %
CCD 2	4.63 %		0.63 %	4.28 %
CCD 3	5.04 %	0.63 %		2.06 %

These differences are very small. Because it is very difficult to have data from photometric nights only, we use the data from photometric nights to calibrate the data taken under non-photometric conditions. We took some information for the calibration factors from another project (Photometric atlas of NGC 6822. Mislis, Zurita, Corradi). They estimate the flux from a star, or from a nebula and then calculate the new calibration factors for the rest of the nights. They measured the fluxes from two popular nebulas in NGC 6822. Hubble X and Hubble V in all filters. The results are presented in Table 3.2.4.

These data are quite good if we compare them with previous papers like O'dell, Hodge & Kennicutt (1999), Kennicutt (1978), E.D. Skillman, R. Terlevich & J. Melnick (1989), Hidalgo - Gamez and Pagel, Edmunds & Smith (1980) (Table 3.2.5).

Also, we compare here some important line ratios measured by several authors with the line ratios obtained in this work for Hubble V and Hubble X.

Table 3.2.3: Fluxes and CF in HX and HV

	Flux (ADU/sec)	erg/sec/cm ²	New Calib.Factor
Hα-filter			
H-X (Phot)	7375.66	4.07906*10 ⁻¹²	
H-X (non-Phot)	8945.39	4.07906*10 ⁻¹²	5.53*10 ⁻¹⁶
H-V (non-Phot)	10437.68	4.75953*10 ⁻¹²	
SII-Filter			
H-X (Phot)	1174.48	2.49465*10 ⁻¹³	2.12*10 ⁻¹⁶
H-V (Phot)	928.138	1.97146*10 ⁻¹³	
He-Filter			
H-X (Phot)	112.120	7.10779*10 ⁻¹⁴	
H-X (non-Phot)	116.77	7.10779*10 ⁻¹⁴	5.85*10 ⁻¹⁶
H-V (non-Phot)	128.51	7.51089*10 ⁻¹⁴	
OIII-Filter			
H-X (Phot)	6540.87	8.81451*10 ⁻¹²	
H-X (non-Phot)	6567.90	8.81451*10 ⁻¹²	1.35*10 ⁻¹⁵
H-V (non-Phot)	8845.57	1.18713*10 ⁻¹¹	

Table 3.2.4: Comparison of Fluxes

	HV Flux (10 ⁻¹² erg/sec/cm ²)	HX Flux (10 ⁻¹² erg/sec/cm ²)
CZM*		
Ha 6568/95	4.76 $\pm$ 0.63	4.08 $\pm$ 0.54
OIII 5008/100	11.9 $\pm$ 0.26	8.81 $\pm$ 0.19
SII 6725/80	0.20 $\pm$ 0.004	0.25 $\pm$ 0.005
He 4686/100	0.75 $\pm$ 0.002	0.71 $\pm$ 0.002
O' DELL, HODGE & KENNICUTT (1999)		
Ha	4.8	3.2
KENNICUTT (1978)		
Ha	5.2	4.0
E.D. Skillman, R. Terlevich & J. Melnick (1989)		
Ha	2.92	
SII	0.13	
OIII	6.24	
Pagel, Edmunds & Smith (1980)		
Ha	3.62	1.85B●
SII	0.19	0.10
OIII	8.15	

HUBBLE X

Hidalgo - Gamez (2001)

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 17.25 \pm 7.74$$

$$\frac{H\alpha+NII}{OIII} = 0.61 \pm 0.46$$

Pagel, Edmunds Smith (1980)

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 18.50$$

Corradi Romano, Zurita Almudena, Mislis Dimitris

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 16.32 \pm 2.18$$

$$\frac{H\alpha+NII}{OIII} = 0.46 \pm 0.06$$

HUBBLE V

E.D. Skillman, R. Terlevich & J. Melnick (1989)

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 22.45 \pm 2.18$$

$$\frac{H\alpha+NII}{OIII} = 0.47 \pm 0.03$$

Pagel, Edmunds & Smith (1980)

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 19.05$$

$$\frac{H\alpha+NII}{OIII} = 0.44$$

Corradi Romano, Zurita Almudena, Mislis Dimitris

$$\frac{H\alpha+NII}{SII} = 23.80 \pm 3.18$$

$$\frac{H\alpha+NII}{OIII} = 0.40 \pm 0.05$$

PNe

Dufour & Talet (1980)

$$\frac{He}{H\alpha+NII} = 0.06 \pm 0.008$$

$$\frac{He}{OIII} = 0.05 \pm 0.007$$

Corradi Romano, Zurita Almudena, Mislis Dimitris

$$\frac{He}{H\alpha+NII} = 0.07 \pm 0.008$$

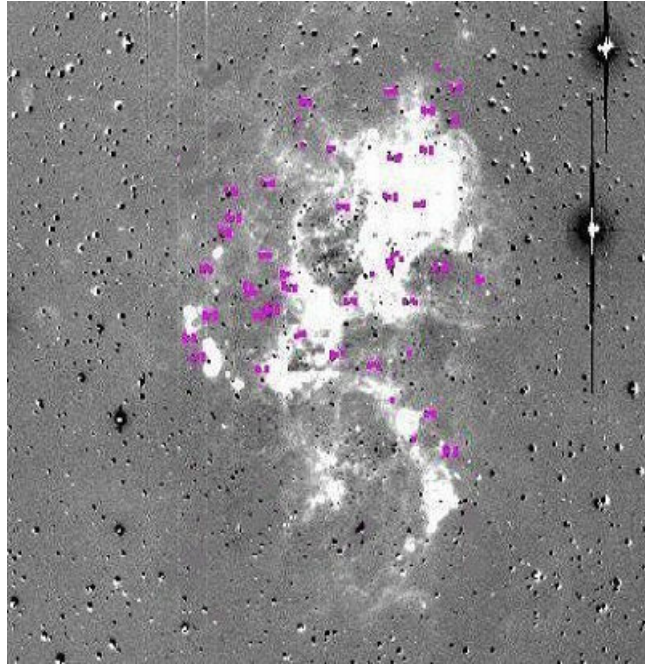
$$\frac{He}{OIII} = 0.03 \pm 0.007$$

3.3 Δημιουργώντας τον κατάλογο των περιοχών HII

3.3.1 Θερμοί αστέρες στους γαλαξίες IC10 και SexB

Οι περιοχές ιονισμένου υδρογόνου είναι νέφη που αποτελούνται κατά κύριο λόγο από υδρογόνο. Στο κέντρο αυτών των νεφών υπάρχουν νέα σχετικά αστέρια που προέρχονται από την κατάρρευση του νέφους αυτού και καθώς είναι πολύ θερμά ιονίζουν το γύρω χώρο με αποτέλεσμα τα νέφη αυτά να ακτινοβολούν. Τα θερμά αυτά αστέρια (hot stars) μπορούν να βρίσκονται είναι μόνα τους μέσα στο νέφος είτε σε μικρά σμήνη πράγμα που κάνει το νέφος να ακτινοβολεί πολύ περισσότερο. Άρα η τεχνική την οποία εφαρμόσαμε για να κατασκευάσουμε τον

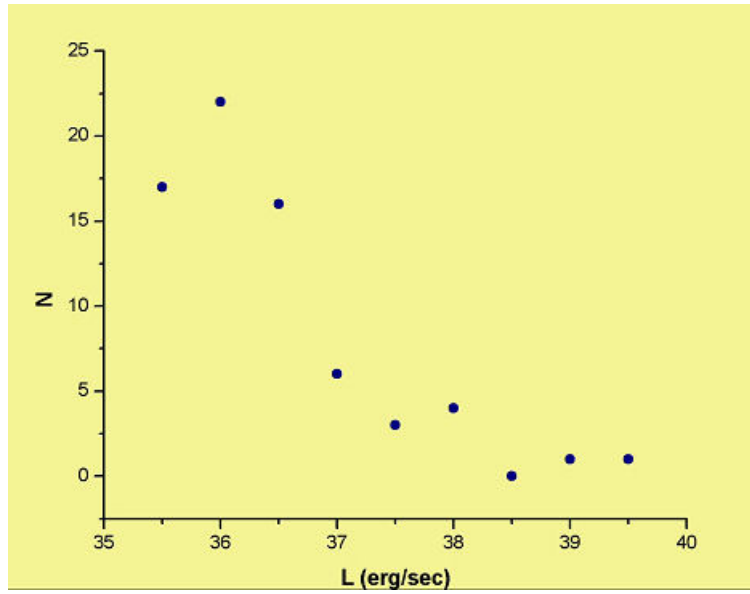
κατάλογο είναι η εξής. Προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε όλα τα hot stars του γαλαξία και ανάλογα με το πόσα και ποια ήταν κοντά ή μέσα σε περιοχές υδρογόνου βγάλαμε συμπεράσματα για την δομή αυτών των νεφών. Εντοπίσαμε τις περιοχές ιονισμένου υδρογόνου σχεδιάζοντας τις ισόφωτες επιφάνειες σε προκαθορισμένο επίπεδο με τη χρήση του **F.O.C.A.S.**, ένα πακέτο του **IRAF**. Είναι ένα σύνολο προγραμμάτων για και τους καταλόγους των αντικειμένων από τις ψηφιακές αστρονομικές εικόνες. Οι κατάλογοι δημιουργούνται από έναν αυτόματο ανιχνευτή κατώτατων ορίων όπου το κατώτατο όριο μετριέται σχετικά με ένα ταυτόχρονα καθορισμένο υπόβαθρο. Ο χειρισμός των καταλόγων περιλαμβάνει το χωρισμό των συγχωνευμένων αντικειμένων, τη μέτρηση της διάφορης θέσης, τη μορφή, και τις φωτομετρικές παραμέτρους, την αστρονομική ταξινόμηση των αντικειμένων, το ταίριασμα των διαφορετικών καταλόγων του ίδιου τομέα, τη διαλογική επίδειξη και την αναθεώρηση, και τις διαδικασίες ανάλυσης χρησιμοποιώντας τα διάφορα εργαλεία και γραπτές τις χρήσιμες διαδικασίες.



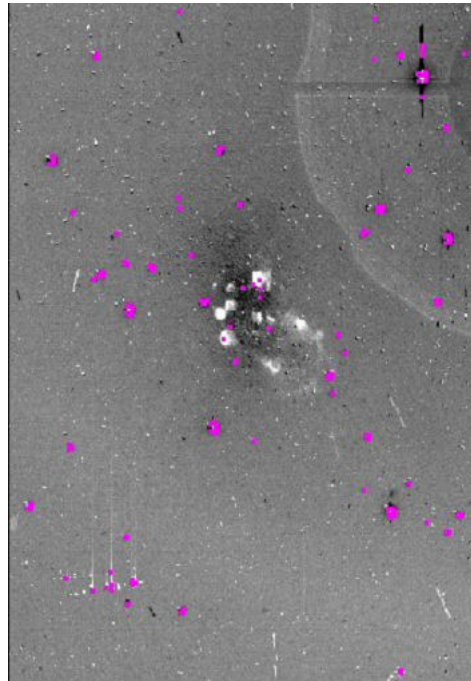
Σχήμα 3.3.1: Οι θερμοί αστέρες του γαλαξία IC10.

Γνωρίζουμε ότι τα ηοτ σταρς είναι φασματικού τύπου O και B άρα περιμένουμε για τους γαλαξίες μας περίπου 16.1m20.6 όρια στο φαινόμενο μέγεθος στο φίλτρο μ. Επίσης από τις σχέσεις $16.1 < m < 20.6$. Γνωρίζουμε ότι η διαφορά μεγεθών στα δύο χρώματα είναι:

$$M_{red} - M_i = -2.5 * \log\left(\frac{I_i}{I_{red}}\right) + constant \quad (3.3.1)$$



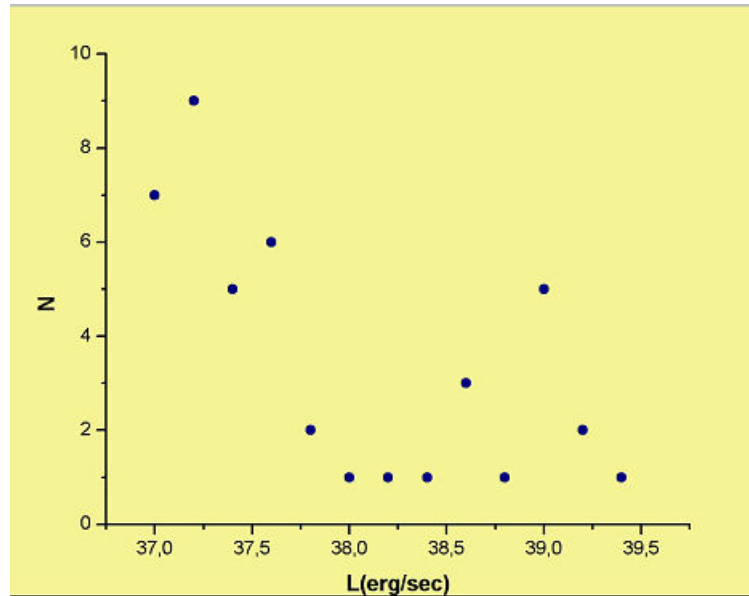
Σχήμα 3.3.2: Luminosity Function του γαλαξία IC10.



Σχήμα 3.3.3: Οι θερμοί αστέρες του γαλαξία Sextan B.

Παίρνουμε και το δεύτερο παράθυρο για το $\rho - i$ το οποίο είναι:

$$-0.45 < M_r - M_i < 0.15 \quad (3.3.2)$$



Σχήμα 3.3.4: Luminosity Function του γαλαξία Sextan B.

Έτσι μεταξύ ~70000 αστέρων σε κάθε γαλαξία διαλέξαμε μόνο τους αστέρες που πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις. Για να βρούμε τα μεγέθη των αστέρων αυτών έγινε φωτομετρία με το πακέτο **Daophot II**.

3.4 FOCAS Λογισμικό

In order to detect the HII regions with **FOCAS**, we need to create first an image catalogue (test.cat). We can do this with the command

```
setcat
```

. For example:

```
fo> setcat test.cat
```

, [test.cat is the output file]

```
Set catalog header parameters? y
```

```
Field image file (): test
```

```
Field name : HII
```

```
Field epoch :
```

```
Field passband ():
```

```
Field coordinates in decimal (0. 0.):
```

```
Exposure or integration (0):
```

```
Observer ():
```

```

Origin (NOAO-\textbf{IRAF} FITS Image Ker):
Saturation value (): 60000
Magnitude zero point (): 30
Catalog magnitude limit (100.):
Radius of fixed circular aperature ():10
Sigma density above sky for detection (2.5):
Sigma density below sky for detection ():3
Sigma of sky (0 = automatic determination) (0.):
Minimum area for detection (6):
Significance level for evaluation and splitting (-100.):
Area description filename (test.ar):
Sky updating constants (0.1 0.1):
Comments:
    Thu 14:30:39 18-Mar-20: setcat
    Additional comments (Exit with $<$ cr> or EOF):

Set detection filter? y
Use builtin filter? y
Set coordinate transformation?
Set intensity relation?
Set point spread function?
Set classification rules?

```

when this process is finished the catalogue file is created. This is a very important file. Now we are ready to detect the HII regions, perform, sky correction and evaluate. We type:

```

fo> detect test.cat (The extension of new file MUST be *.cat)
fo> sky test.cat
fo> evaluate test.cat
fo> filters test.cat new.cat [new.cat is the output file]
then we can select the filters. For example we used
M 0 20 G BD

```

eflags is a 16 bit word whose bits represent various **flags**. The currently defined **flags** are given in Table 3.4.1. The first column is the variable name and the second column gives the filter option identifier. We set these parameters because, M 0 20 means we want only the regions with intensities 0 to 20 G BD means we want only the regions without these flags B edge of the frame, D dark region. After these commands we can take some results. If we open now **ximtool**, the **IRAF** image display window, and type:

```
fo> review test.cat
```

we can see the image in the **ximtool** screen and in **IRAF** screen we have this commands:

FOCAS IMAGE REVIEW

```
test.cat
```

```

HII
    0.0          Class: u          Scale = 0.00          Fraction = 0.00
x: 1857.0        y: 1443.0        RA = 1857.0000        DEC = 1443.0000
Core = -5.55     Aperture = -6.29  Isophotal = -5.63    Total = -6.23
r1 = 0.93        r2 = 1.17        r3 = 1.30          r4 = 1.41
Area = 4         Sky = -2.78       Isophote = -4.13    Flags: ----B----E

Filter:
Command:

```

```

# catalog [1-4]      cursor select  a  set class      b  set flags
c  continue          d  set display  e  evaluate       f  set filter
y  redraw terminal z  zoomview sizes :  shell command  T  write textoff

```

With the letter 'h' FOCAS draws the isophots curves in the image. If we are happy with that we continue. If not we change the values of the 'Minimum area detection' and the 'Significance level for evaluation'. If the isophots are satisfactory, we press 'k' to see the object, and we check the *Flags*. The *Flags* have the most useful information. The meaning of these *Flags* are given in Table 3.4.1

Table 3.4.1: Flags in FOCAS

A	General use Flag to signal spacial attention
B	Object touches the edge of the field
C	The resolution classifier had problems
D	The object is below the sky
E	The object was successfully evaluated
F	The object has had a forced classification
L	Object exceeds the current limits of FOCAS
P	There are saturated pixels in the object
R	This object is a coordinate reference point
S	The object not split at any level by <i>Splits</i>

With button 'n' we can see all the object and with the button 'i' erase the region. We selected only the 'E' objects. To find the fluxes of these object we need some calculations. We wrote a simple **FORTRAN** code (**PHOT**) to make all these calculations. This code uses the equation 3.4.1 as the basic equation.

$$FLUX_1 = 10^{\frac{m_{zeropoint} - m_{total}}{2.5}} \quad (3.4.1)$$

$$FLUX = \frac{FLUX_1}{Time_{exp}} \quad (3.4.2)$$

The zero point magnitude is the same zero point as the catalogue file and the total magnitude is the result from evaluation. After using the equations 3.4.1 and 3.4.2 we have the fluxes in ADUs/sec. Then the **PHOT** code can estimate which from these regions, exceed 3σ . σ is evaluated from the sky value. Also, the information 'Area' which we take from **FOCAS** is very useful. We know the area of every region and then it is especially easy to calculate the radius of every region using the **FOCAS** s/w. We did this for all filters. As we have already said the from Ha detection with **FOCAS** software we create a image.cat and a image.ar files tha **FOCAS** used for the detection. The image of every region has the same name in all filters (for example image.fit in Ha, SII, OIII, He). Then we copy the .cat and .ar files in other filters and run **FOCAS** again. With button 'e' we estimate the flux again in other filters. After that we have the fluxes in all filters and the photometric catalogue.

3.5 Αστρομετρία

One of the most interesting elements in the Photometric Atlas is the Astrometry of the HII regions, in each galaxy. In order to do this used the package **IRAF**. The data from the INT have some astrometry calibration, but we need to complete the **IRAF** scripts with some values. To have the right coordinary system we need to type:

```
cl> epar imexa
wcs =      world
xformat = $\%$H
yformat = $\%$H
```

IRAF use the ZPX coordinate system, and **GAIA** for example use the ZPN. **IRAF** understands another projection called ZPX which is almost equivalent to ZPN but it is not standard. One possibility is therefore to convert the WCS [World Coordinate System in FITS] in the FITS headers from ZPN to ZPX. If we want to pass from one system to the other for the Right Ascension we can type the following script in **IRAF**:

```
hedit FRAME ctype1 'RA---ZPN' ver+
FRAME,CTYPE1 (RA---ZPX -> RA---ZPN): y
FRAME,CTYPE1: RA---ZPX -> RA---ZPN
update FRAME ? (yes): yes
FRAME update
```

and the same for Declination:

```
hedit FRAME ctype2 'DEC---ZPN' ver+
FRAME,CTYPE2 (DEC---ZPX -> DEC---ZPN): y
FRAME,CTYPE2: RA---ZPX -> RA---ZPN
update FRAME ? (yes): yes
FRAME update
```

And the Astrometry is done! From now on every pixel on the image has the correct coordinates.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

4.1 IC 10 και Sextan B

Εντοπίσαμε 70 περιοχές HII στον γαλαξία IC 10 και 44 περιοχές HII στον γαλαξία Sextan B. Στους πίνακες 4.1.1-4.1.7 κατατάσσονται τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Ειδικότερα, παρουσιάζουμε τις ροές στις φασματικές γραμμές του Ha, OIII and SII στους δύο γαλαξίες. Επιπλέον δίνουμε την αστρομετρία (RA και DEC) και την υπολογισμένη θερμοκρασία και τη μάζα κάθε περιοχής. Χρησιμοποιώντας τα ανωτέρω στοιχεία έχουμε υπολογίσει τη λειτουργία φωτεινότητας κάθε γαλαξία και η φωτεινότητα εναντίον της ακτίνας ($L=f(r)$) κάθε περιοχής και για τους δύο γαλαξίες. Ο χώρος που καταλαμβάνεται από μια περιοχή είναι μια λογαριθμική συνάρτηση της πυκνότητας ροής, υπακούοντας τον ακόλουθο νόμο:

$$\log S \sim \log(r_3) \quad (4.1.1)$$

, όπου το s αντιπροσωπεύει την πυκνότητα ροής και το r αντιπροσωπεύει την ακτίνα της περιοχής (σχήματα 4.1.4 και 4.1.5).

Όπως παρατηρούμε και από τους πίνακες αλλά και απ' ότι μας λέει η πυρηνική φυσική το υδρογόνο για να ιονιστεί χρειάζεται μικρότερη ενέργεια από το Θείο, από το Οξυγόνο ή από το Ήλιο. Άρα το πρώτο στοιχείο που ιονίζετε σε μεγάλες ποσότητες είναι το υδρογόνο διότι τα αστέρια με φασματικούς τύπους O και B μπορούν άνετα να εκπέμπουν φωτόνια με ενέργειες 13.6 - 24.6 eV. Το He II έχει ενέργεια ιονισμού $E = 54.4$ eV που πολύ δύσκολα αυτά τα αστέρια μπορούν να δώσουν. Έτσι υπάρχει ελάχιστο HeII σε αυτές τις περιοχές. Επίσης ανάλογα φαινόμενα παρατηρούνται και στα άλλα στοιχεία.

Γνωρίζουμε τη φωτεινότητα και την ακτίνα της κάθε περιοχής και θεωρούμε ότι επικρατεί το υδρογόνο, άρα έχουμε σταθερή πυκνότητα

$\rho_H = 1.6726 \times 10^{-21} \text{ krg/m}^3$. Από την σχέση της μάζας εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε για σταθερή πυκνότητα ότι

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_H \quad (4.1.2)$$

Πολύ χρήσιμη είναι και η θερμοκρασία του νέφους γι' αυτό θα προσπαθήσουμε να την υπολογίσουμε από τώρα. Σύμφωνα λοιπόν με την σχέση της θερμοκρασίας έχουμε

$$T = \frac{2\pi G m_p \mu_{pH} R^2}{3\kappa_B} \quad (4.1.3)$$

Αφού βρήκαμε και την θερμοκρασία του νέφους μπορούμε κάνοντας χρήση του θεωρήματος virial να εκτιμήσουμε την ελάχιστη μάζα που θα έπρεπε να είχε το νέφος για να αρχίσει η βαρυτική κατάρρευση. Υπολογίζοντας λοιπόν την δυναμική και την εσωτερική ενέργεια του νέφους έχουμε:

$$M_c > 5k_B R_c T / G m_p \mu \quad (4.1.4)$$

Μπορούμε έτσι να πούμε πως αν η μεταβολή μάζας αυτή οφείλεται στην συνεχόμενη ακτινοβολία του αστέρα του νέφους θα έχουμε ότι

$$\Delta M = M_{crit} - M_{real} \quad (4.1.5)$$

Όμως ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας είναι ίσος με την φωτεινότητα του νέφους. Δηλαδή ισχύει ότι

$$dE/dt = L \quad (4.1.6)$$

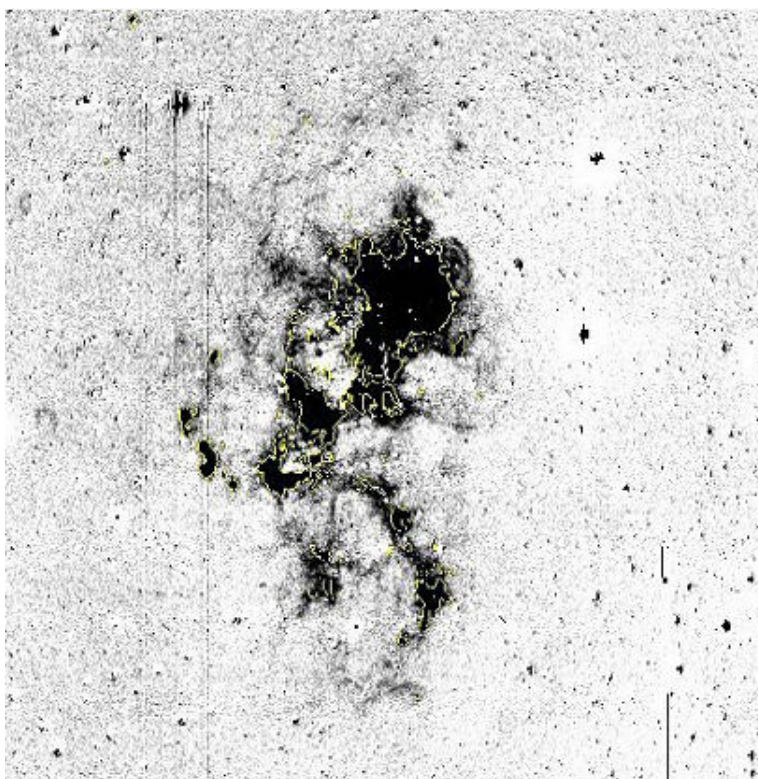
ήενσε

$$c^2 dM/dt = L \quad (4.1.7)$$

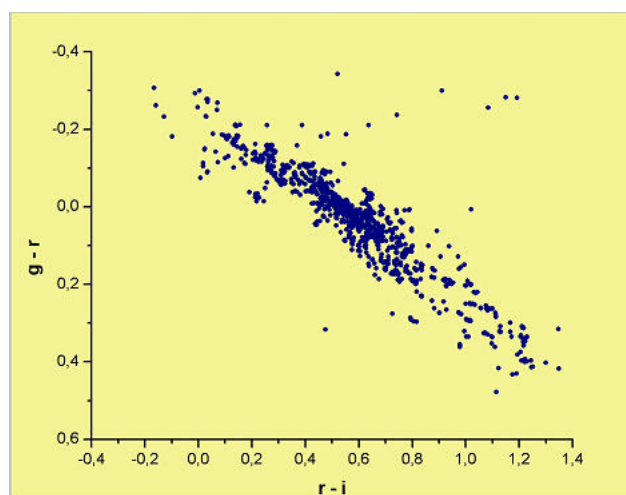
Συνεπώς μπορούμε να κάνουμε μια εκτίμηση για την ηλικία του αστέρα που βρίσκεται στο κέντρο του νέφους. Αυτός είναι που ακτινοβολεί και χάνει μάζα η οποία με την σειρά της γίνεται λαμπρότητα γενικά ισχύει ότι

$$M_\alpha = M_\beta + M_\gamma \quad (4.1.8)$$

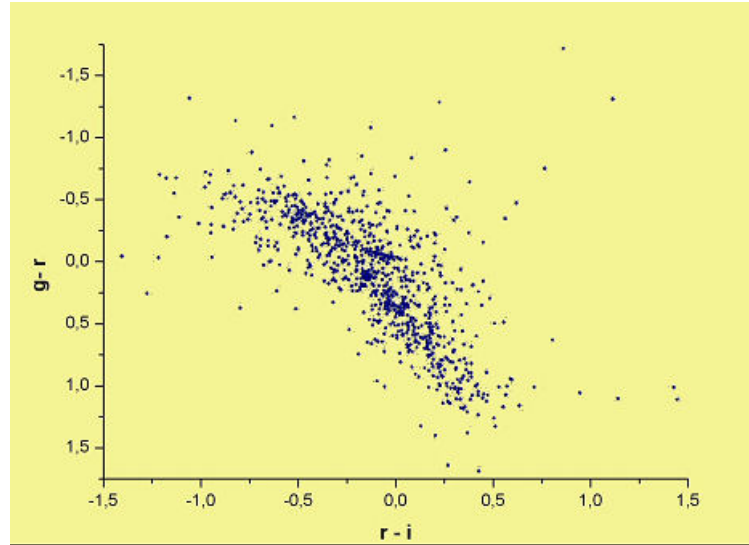
όπου M_α η μάζα του νέφους πριν, όπου M_β η μάζα του νέφους τώρα και όπου M_γ η μάζα του αστέρα. Τέλος αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα διαγράμματα που μας δείχνουν τη γραμμική συνάρτηση της φωτεινότητας με την τρίτη δύναμη της ακτίνας. Αυτά μας δίνουν ένα διάγραμμα του λογαρίθμου της λαμπρότητας και του λογαρίθμου της τρίτης δύναμης της ακτίνας της αντίστοιχης περιοχής. Παρατηρούμε και από το σχήμα ότι πρέπει να υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ των δύο αυτών μεγεθών. Αυτό είναι σημαντικό για τον εξής λόγο. Είναι προφανές ότι η λαμπρότητα με την μάζα είναι γενικά γραμμική συνάρτηση στις περιοχές υδρογόνου αφού όσο περισσότερο υλικό ιονίζεται από τον κεντρικό αστέρα τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια η οποία ακτινοβολείται από το νέφος. Αφού λοιπόν αποδείξαμε ότι η λαμπρότητα είναι γραμμική συνάρτηση με την τρίτη δύναμη της ακτίνας άρα θα πρέπει να ισχύει μια παραδοχή που κάναμε στην αρχή της μελέτης μας, ότι δηλαδή η πυκνότητα των νεφών υδρογόνου είναι περίπου σταθερή.



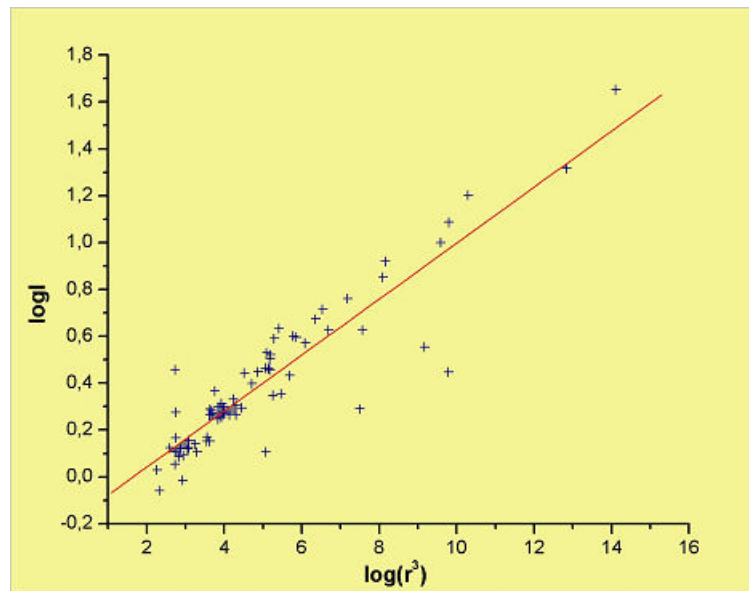
Σχήμα 4.1.1: IC10.



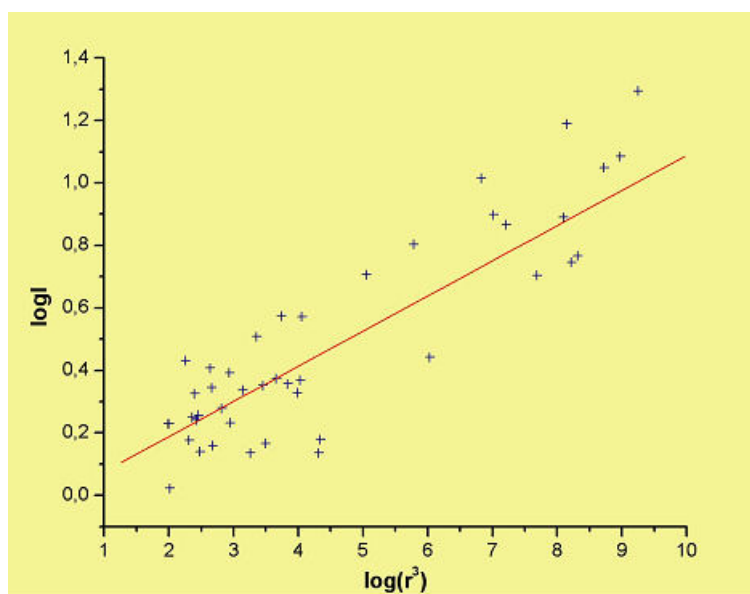
Σχήμα 4.1.2: Διάγραμμα δύο χρωμάτων του γαλαξία IC10.



Σχήμα 4.1.3: Διάγραμμα δύο χρωμάτων του γαλαξία Sextan B.



Σχήμα 4.1.4: Φωτεινότητα συναρτήσει της ακτίνας των περιοχών HII στο γαλαξί-αIC10.



Σχήμα 4.1.5: Φωτεινότητα συναρτήσει της ακτίνας των περιοχών HII στο γαλαξία Sextan B.

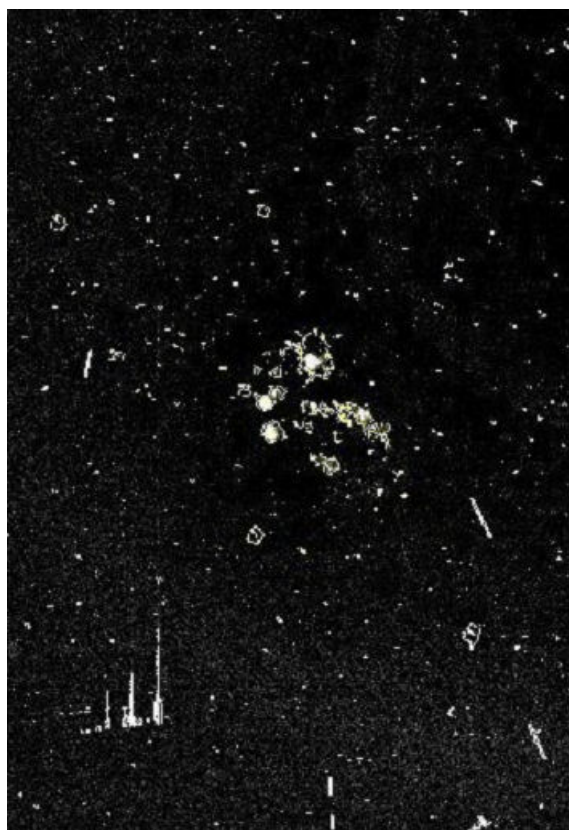


Figure 4.1.6: Sextan B.

Table 4.1.1: IC 10 αντικείμενα

IC 10 Objects				
Name	Flux in Ha (10^{-16} erg/sec/cm ²)	Flux in OIII (10^{-16} erg/sec/cm ²)	Flux in SII (10^{-16} erg/sec/cm ²)	Radius (arcsec)
50	379.162	7.76	274.73	
372	25.445	5.09		
401	297.297	7.07	107.32	1.27
461	266.897	5.55		
486	250.620	3.81		
569	242.481	5.41		
600	254.929	4.70		
630	30.400	7.63	91.85	4.30
634	257.801	5.78		1.43
654	268.573	5.81		1.94
660	24.128	6.11	93.77	1.06
667	270.967	6.49	92.12	2.33
672	272.642	6.51	94.69	1.76
691	309.505	7.01	91.85	2.70
772	317.644	7.37	99.91	3.73
774	257.083	6.29	83.97	
790	26.929	6.89	98.81	1.91
799	247.987	5.07		1.32
801	2.805	7.18	106.32	2.14
813	29.969	7.48	107.42	3.31
824	250.620	7.42	133.06	2.86
828	260.913	6.25	105.03	1.38
846	274.557	6.80	106.5	2.05
847	29.777	7.25	103.39	3.38
863	269.770	6.68	90.38	
868	278.626	6.56	98.35	1.84
872	253.492	6.26	88.55	
873	298.733	7.17	101.5	2.90
893	339.426	7.62	116.85	5.77
902	28.485	7.05	95.33	1.97
906	347.086	7.85	118.31	4.22
911	275.754	6.81	83.42	
926	290.116	7.31	95.78	2.49
942	293.228	7.02	91.21	
987	250.620	5.97	91.85	1.27
1002	257.562	5.46		1.32
1026	272.642	6.22	116.30	1.98
1029	252.535	6.25	93.13	1.22

Table 4.1.2: IC 10 αντικείμενα

IC 10 Objects				
Name	Flux in Ha ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in OIII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in SII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Radius (arcsec)
1071	275.275	6.94	96.43	1.89
1083	357.618	7.99	131.23	7.12
1100	275.754	6.71	91.21	
1104	268.333	4.84		
1109	268.333	6.63	115.66	1.83
1124	345.650	8.32	140.29	1.95
1127	305.196	6.79	99.91	2.26
1128	261.870	5.33		
1134	452.170	1.06	143.31	20.73
1155	300.888	6.46	90.75	
1158	387.300	9.13	142.12	10.01
1159	311.420	7.33	120.24	3.98
1177	299.452	6.94	107.87	3.17
1179	301.606	6.75	109.89	3.89
1180	329.612	7.44	93.31	4.23
1181	281.978	6.05	100.46	2.02
1192	401.423	9.46	127.93	15.93
1258	358.815	7.77	121.33	8.31
1317	274.557	6.91	114.28	1.79
1318	286.286	6.35	108.61	2.77
1322	250.859	3.88		1.89
1335	326.500	7.33	106.5	5.20
1340	250.859	5.74		
1361	391.370	6.45	108.519	2.80
1363	281.978	5.75		
1365	297.058	6.57	103.94	2.90
1412	322.910	7.27	109.89	4.72
1417	299.452	6.21	98.62	2.86
1479	391.609	8.73	129.85	12.23
1515	313.096	6.32	110.35	3.94
1645	267.137	5.83		
1033	477.543	1.13	166.57	44.92

Table 4.1.3: Sextan B αντικείμενα

Sextan B Objects					
Name	Flux in Ha ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in OIII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in SII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in HeII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Radius (arcsec)
1703	1444.28	31.94	491.94		2.768
1708	1288.05	30.66	547.11		1.368
1825	1632.19	40.89	705.93	1973.16	7.766
1923	1163.50				1.706
1994	1209.39	28.07	527.88	1297.73	2.250
2148	1655.13	37.66	645.33	1585.22	1.303
2183	1257.46	30.32	454.74	1261.94	2.131
2338	1516.38	33.60	562.16	1469.76	1.035
2577	1118.71		472.71	1169.58	1.805
2599	1200.65		485.25	1243.47	3.225
2606	1076.10	27.91			1.696
2685	1235.61	33.81	487.34	1384.33	3.757
2689	1135.10	30.32	461.84	1286.19	2.553
2704	1689.00	37.74	583.89	1489.39	1.118
2717	1078.29				1.053
2852	1191.91	27.81	462.68		1.368
2862	1421.33	34.45	534.99	1468.61	6.359
2894	1533.8	36.19	562.57	1526.34	7.914
3054	1120.90				1.381
3055	1711.94	40.59	598.10	1542.50	1.215
3075	1105.60				1.501
3076	1244.35	29.94	653.27	1340.45	2.273
3078	1651.8	39.02	664.97	1823.06	5.847

Table 4.1.4: Sextan B αντικείμενα

Sextan B Objects					
Name	Flux in Ha ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in OIII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in SII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Flux in HeII ($10^{-16} \text{ erg/sec/cm}^2$)	Radius (arcsec)
3267	1354.69	33.71	512.4	1417.8	5.096
3281	1290.23	30.34	494.45	1214.60	1.512
3282	1138.38		440.95		1.442
3301	1264.01		485.67	1273.49	3.733
3324	1116.53				1.746
3375	1212.67	30.82	478.98	1177.66	1.466
3490	1595.0	27.14	644.49	1693.75	5.065
3501	1162.41	27.30	427.99	1179.97	2.470
3505	1100.14	30.45	467.28	1281.57	2.698
3510	1227.96	26.93	665.39	1310.43	2.370
3576	1109.97		595.17	1211.1	1.776
3722	1137.28	26.87	461.01		2.211
3762	1737.07	41.34	631.12	1719.15	19.70
4142	1151.49		555.47	1511.33	1.899
4281	1077.2	27.49			1.696
4480	1180.98		510.75	1252.70	2.171
4848	111.32	28.61	446.38		2.115
5093	1551.34	42.09	690.47	1962.77	7.369
5174	1643.11	38.24	663.30	1818.44	5.574
5184	1261.8	28.72	655.78	1631.40	2.333
2901	1131.82		451.81	1237.69	2.526
2878	1636.5	35.84	599.35	1545.97	15.45

Πίνακας 4.1.5: Αστρομετρία του IC10

Αστρομετρία του IC10		
Όνομα	Ορθή Αναφορά	Απόκλιση
50	00:20:53.891	+59:21:08.19
372	00:20:44.525	+59:18:37.96
401	00:20:44.103	+59:19:09.71
461	00:20:40.508	+59:21:33.55
486	00:20:40.321	+59:17:20.58
569	00:20:36.600	+59:16:54.23
600	00:20:35.257	+59:18:05.64
630	00:20:34.027	+59:17:16.13
634	00:20:33.733	+59:17:06.75
654	00:20:32.560	+59:17:58.35
660	00:20:44.171	+59:17:56.78
667	00:20:32.117	+59:18:08.34
672	00:20:31.712	+59:18:23.32
691	00:20:31.177	+59:18:10.65
772	00:20:27.844	+59:18:20.27
774	00:20:27.355	+59:18:03.97
790	00:20:26.712	+59:18:04.88
799	00:20:25.917	+59:18:47.28
801	00:20:26.063	+59:18:07.10
813	00:20:25.715	+59:18:55.59
824	00:20:25.435	+59:18:19.14
828	00:20:24.383	+59:18:16.75
846	00:20:23.555	+59:18:57.52
847	00:20:23.731	+59:18:34.28
863	00:20:22.829	+59:18:12.83
868	00:20:22.915	+59:19:02.58
872	00:20:22.507	+59:17:13.13
873	00:20:22.931	+59:17:08.10
893	00:20:22.655	+59:16:34.93
902	00:20:21.438	+59:17:19.90
906	00:20:22.150	+59:20:02.35
911	00:20:43.341	+59:18:06.84
926	00:20:21.525	+59:18:09.67
942	00:20:20.256	+59:18:26.42
987	00:20:18.384	+59:17:05.32
1002	00:20:17.902	+59:16:14.86
1026	00:20:16.982	+59:20:19.57
1029	00:20:16.475	+59:19:06.95

Πίνακας 4.1.6: Αστρομετρία του IC10

Αστρομετρία του IC10		
Όνομα	Ορθή Αναφορά	Απόκλιση
1071	00:20:20.810	+59:17:31.59
1083	00:20:15.104	+59:18:52.07
1100	00:20:16.464	+59:20:27.49
1104	00:20:13.769	+59:19:57.21
1109	00:20:13.791	+59:19:57.36
1124	00:20:13.380	+59:18:57.11
1127	00:20:12.456	+59:18:26.22
1128	00:20:12.135	+59:18:48.06
1134	00:20:11.894	+59:17:37.65
1155	00:20:17.405	+59:18:39.82
1158	00:20:10.800	+59:19:56.75
1159	00:20:12.853	+59:20:10.39
1177	00:20:10.729	+59:18:25.89
1179	00:20:10.214	+59:18:34.70
1180	00:20:09.807	+59:17:52.80
1181	00:20:09.719	+59:19:47.17
1192	00:20:09.154	+59:17:57.16
1258	00:20:10.065	+59:19:13.88
1317	00:20:07.182	+59:17:25.13
1318	00:20:03.416	+59:16:50.69
1322	00:20:04.485	+59:17:20.60
1335	00:20:03.456	+59:17:34.64
1340	00:20:03.531	+59:18:39.69
1361	00:20:02.696	+59:18:16.84
1363	00:20:03.421	+59:16:50.73
1365	00:20:01.237	+59:16:40.68
1412	00:20:01.059	+59:17:03.95
1417	00:20:00.405	+59:18:27.13
1479	00:20:01.214	+59:18:38.59
1515	00:19:58.637	+59:16:40.95
1645	00:19:54.716	+59:17:21.89
1033	00:19:49.346	+59:17:11.31

Πίνακας 4.1.7: Αστρομετρία του Sextan B

Αστρομετρία του Sextan B		
Όνομα	Ορθή Αναφορά	Απόκλιση
1703	10:00:11.289	+05:19:26.23
1708	10:00:10.882	+05:16:58.80
1825	10:00:10.123	+05:20:18.23
1923	10:00:08.089	+05:18:11.04
1994	10:00:07.181	+05:17:40.62
2148	10:00:05.854	+05:17:48.82
2183	10:00:05.496	+05:17:44.89
2338	10:00:04.973	+05:19:03.73
2577	10:00:02.802	+05:17:04.11
2599	10:00:03.409	+05:18:55.70
2606	10:00:02.805	+05:19:23.71
2685	10:00:02.274	+05:19:26.46
2689	10:00:02.852	+05:19:35.08
2704	10:00:02.744	+05:20:06.25
2717	10:00:01.995	+05:19:50.66
2852	10:00:00.810	+05:18:22.90
2862	10:00:01.194	+05:19:06.71
2894	10:00:01.718	+05:18:50.24
3054	10:00:00.847	+05:19:20.06
3055	10:00:00.654	+05:18:56.16
3075	09:59:59.518	+05:19:28.26
3076	10:00:00.858	+05:20:10.09
3078	09:59:59.536	+05:22:16.95
3267	09:59:59.473	+05:20:36.04
3281	09:59:59.914	+05:20:30.65
3282	09:59:58.293	+05:19:59.04
3301	09:59:58.330	+05:20:56.16
3324	09:59:58.622	+05:20:43.41
3375	09:59:58.469	+05:20:16.11
3490	09:59:57.952	+05:22:01.05
3501	09:59:57.870	+05:22:54.39
3505	09:59:57.509	+05:22:46.49
3510	09:59:57.127	+05:20:12.08
3576	09:59:56.956	+05:19:53.94
3722	09:59:57.332	+05:22:47.85
3762	09:59:56.671	+05:21:45.59
4142	09:59:55.916	+05:21:39.74
4281	09:59:58.363	+05:19:29.78
4480	09:59:53.642	+05:17:09.57
4848	09:59:53.181	+05:23:33.67
5093	09:59:51.764	+05:16:57.89
5174	09:59:49.393	+05:22:13.38
5184	09:59:48.031	+05:23:49.13
2901	09:59:47.088	+05:20:12.85
2878	09:59:46.735	+05:20:18.23

Πίνακας 4.1.8: Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία IC10

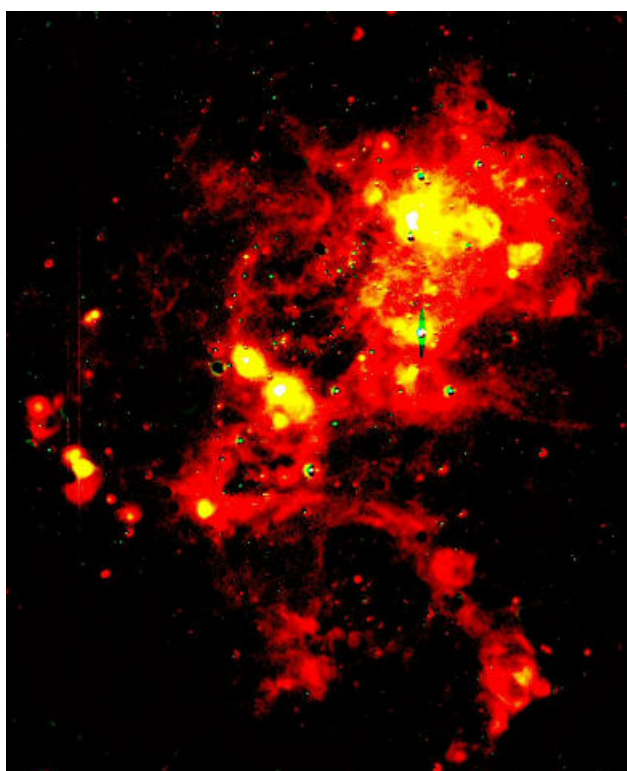
IC 10		
Όνομα περιοχής	Θερμοκρασία (Kelvin)	Μάζα ($\times 10^{42} kg$)
50	2.29686872	2.48515097
372	0.167157614	4.87907761
401	0.290977947	1.12056909
461	0.359079201	1.53615107
486	0.229067796	7.82698645
569	0.136202476	3.58860793
600	0.272404983	1.01501186
630	3.31219717	4.30350977
634	0.365270303	1.57605023
654	0.674821215	3.95759779
660	0.204303714	6.59269384
667	0.97199039	6.84134485
672	0.557192046	2.9693123
691	1.30630543	1.06589793
772	2.48879093	2.80305196
774	0.309551068	1.22955231
790	0.656248251	3.79534043
799	0.31574217	1.26662318
801	0.82340574	5.33420079
813	1.96255387	1.96282185
824	1.46108121	1.26084018
828	0.340506237	1.41852224
846	0.75530458	4.68631765
847	204.922.824	2.09427642
863	0.625293207	3.52999505
868	0.606720118	3.37389144
872	0.309551068	1.22955231
873	1.50441821	1.31735067
893	5.9433795	1.03442432
902	0.693394429	4.12210509
906	3.18837625	4.06446016
911	0.705776384	4.23300908
926	1.11438384	8.39848052
942	1.41155302	1.19727603
987	0.290977947	1.12056909
1002	0.31574217	1.26662318
1026	0.705776384	4.23300908
1029	0.266213912	9.80606308

Πίνακας 4.1.9: Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία IC10

Γ 10		
Όνομα περιοχής	Θερμοκρασία (Kelvin)	Μάζα ($\xi 10^{42} kg$)
1071	0.637675287	3.63536388
1083	9.06984703	1.95006233
1100	0.612911064	3.42566357
1104	0.359079201	1.53615107
1109	0.600529171	3.32238299
1124	0.681012411	4.01218607
1127	0.916271185	6.26158916
1128	0.290977947	1.12056909
1134	76.7562936	4.80086513
1155	0.885316016	5.94697347
1158	17.8982428	5.40585177
1159	2.83548793	3.40871137
1177	1.80158739	1.72636072
1179	2.7116675	3.18788884
1180	3.19456682	4.07630346
1181	0.730540482	4.45774216
1192	45.3182783	2.17800391
1258	12.3387047	3.09423198
1317	0.575764948	3.11900714
1318	1.37440672	1.15032726
1322	0.637675287	3.63536388
1335	4.82899616	7.57589325
1340	0.38384333	1.69777265
1361	1.40536182	1.18940774
1363	0.606720118	3.37389144
1365	1.51060953	1.32549124
1412	3.98701745	5.68356362
1417	1.46108121	1.26084018
1479	26.7142624	9.85742066
1515	2.77976854	3.30873134
1645	0.39003437	1.73901293
1033	360.224583	4.88099715

Πίνακας 4.1.10: Θερμοκρασία και μάζα των περιοχών υδρογόνου στον γαλαξία Sextan B

Sextan B		
Όνομα περιοχής	Θερμοκρασία (Kelvin)	Μάζα ($\times 10^{33} kg$)
1703	6.24460464	1.11405325
1708	1.52583105	0.13455759
1825	49.137401	24.5904675
1923	2.37351453	0.261057615
1994	4.12539482	0.5982005
2148	1.38455049	0.116308577
2183	3.7.155249	0.508422077
2338	87.961902	58.3293686
2577	2.65607591	0.309036136
2599	8.47683822	1.7619735
2606	2.34525866	0.256409794
2685	11.5002463	2.78425622
2689	5.3121513	0.874085963
2704	101.976369	73.5186996
2717	0.904196215	0.0613822117
2852	1.5583105	0.13455759
2862	32.9466468	13.5009813
2894	51.030575	26.0252075
3054	1.55408745	0.138312578
3055	120.286336	94.1830978
3075	1.83664831	0.177700043
3076	4.21016297	0.616732597
3078	27.8605409	10.4986353
3267	21.1638365	6.95088577
3281	1.86490445	0.181816548
3282	1.69536762	0.157595694
3301	11.3589638	2.73310685
3324	2.48653935	0.279924899
3375	1.75188016	0.165540829
3490	20.9095347	6.82598066
3501	4.97307922	0.791747332
3505	5.93378581	1.03192079
3510	4.57749224	0.699181557
3576	2.57130802	0.294360608
3722	3.98411413	0.567735672
3762	316.383871	401.763092
4142	2.93863781	0.359639674
4281	2.34525866	0.256409794
4480	3.84283318	0.537806213
4848	3.64504021	0.496823341
5093	44.2490936	21.0138245
5174	25.3174912	9.09451485
5184	4.43621181	0.667063117
2901	5.19912675	0.84633863
2878	194.684752 ₄₃	



Σχήμα 4.1.7: Color-Color map of IC 10.

Βιβλιογραφία

ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΑ ΑΡΘΡΑ

- [1] G. Catanzaro, L. Bianchi, S. Scuderi & A. Manchado 2003, A&A, 403, 111-117
- [2] R. Corradi, A. Zurita, D. Mislis, NGC6822 Photometric Atlas Of HII Regions
- [3] R.J Dufour & D. L. Talent 1980, ASJ, 235, 22-29
- [4] E.L. Fitzpatrick 1999, PASP, 111, 63-75
- [5] R. Greimel, N.A. Walton, D.C Abrams, M.J Irwin, & J.R. Lewis, 2001, ASP Conf. Ser. 238
- [6] A.M. Hidalgo-Gamez, K. Olofsson & J. Masegosa 2001, A&A, 367, 388-404
- [7] Paul Hodge, R.C. Kennicutt, JR & Myung Cyoon Lee 1988, PASP, 100, 917-934
- [8] Paul Hodge, R.C. Kennicutt, JR & Myung Cyoon Lee 1989, PASP, 101, 32-39
- [9] Paul Hodge, R.C. Kennicutt, JR & Myung Cyoon Lee 1994, AJSS, 92, 119-123
- [10] P. Massey, T.E. Armandroff, R. Pyke, K. Patel & C.D. Wilson, 1995, ASJ, 110, 2715-2738

- [11] C.W. McAlary, B.F. Madore, R. McGonegal, R.A. McLaren & D.L. Welch 1983, ASJ, 273, 539-543
- [12] J.G. Nollenberg, E.D. Skillman, D.R. Garnett & H.L. Dinerstein 2002, ASJ, 581, 1002-2002
- [13] C.R O'Dell, P.W. Hodge & R.C Kennicut 1999 PASP, 111, 1382-1392
- [14] B.E.J. Pagel, M.G. Edmunds & G. Smith 1980, MNRAS, 193, 219-230
- [15] M.S. Portal, A.I. Díaz, R.Terlevich, E.Terlevich, M.A .Alvarez & I.Aretxaga 2000, MNRAS, 312, 2-32
- [16] E.D. Skillman, R. Telverich, J. Melnick 1989, MNRAS, 240, 563-572
- [17] R. Terlevich, M.S. Portal, A. I. Díaz & E. Terlevich, MNRAS, 249, 36-45
- [18] Vílchez, J. M., & Pagel, B. E. J. 1988, MNRAS, 231, 257

BIBΛΙΑ

Αγγλικά

- [19] The properties of the ionized interstellar medium in spiral galaxies, Al-
mudena Zurita Munoz 2001

Ελληνικά

- [20] Εισαγωγή στην Αστροφυσική (Σημειώσεις μαθήματος), Βλάχος Λουκάς

ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [21] <http://www.ing.iac.es/>
- [22] http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html