

Αστρονομία στο Υπέρυθρο - Ένας Αθέατος Κόσμος

Δρ. Μανώλης Ξυλούρης, Φεβρουάριος 2004

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ, ΕΑΑ

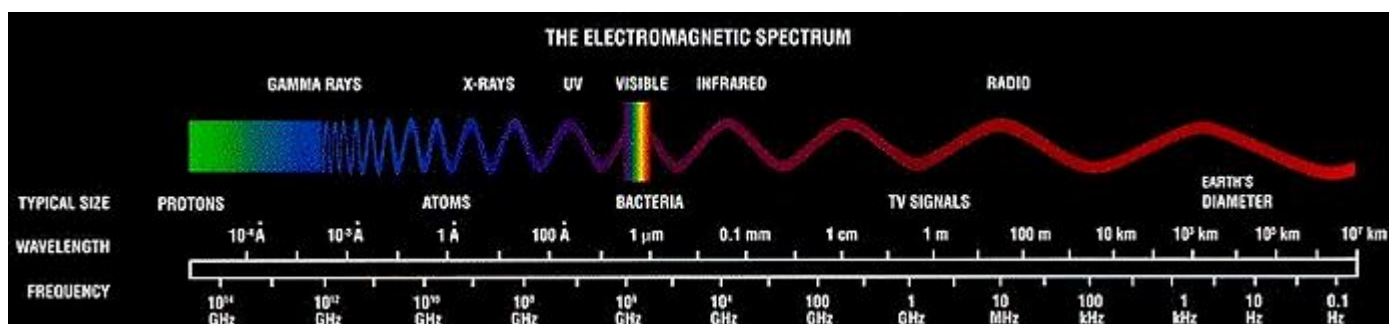
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ
2. ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ
3. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΣΤΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ
 - 3.1 Οι πλανήτες και το ηλιακό μας σύστημα
 - 3.2 Αστρική Γένεση
 - 3.3 Αστέρια
 - 3.4 Πλανήτες σε άλλα αστρικά συστήματα
 - 3.5 Ανάμεσα στα αστέρια
 - 3.6 Γαλαξίες
 - 3.7 Το αρχέγονο Σύμπαν



1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ

Τα μάτια μας είναι δέκτες οι οποίοι ανιχνεύουν μόνο το ορατό φως. Το ορατό φως είναι ένας από τους λίγους τύπους ακτινοβολίας του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ο οποίος είναι ικανός να διαπεράσει την ατμόσφαιρα της Γης. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει τις ακτίνες-γ, τις ακτίνες-X, το υπεριώδες (UV), το ορατό (Visible), το υπέρυθρο (IR), τα μικροκύματα και τα ραδιοκύματα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Το Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία βρίσκεται ανάμεσα στο ορατό μέρος του φάσματος και στην μικροκυματική ακτινοβολία και χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: το κοντινό υπέρυθρο, το μέσο υπέρυθρο και το μακρινό υπέρυθρο. Το κοντινό υπέρυθρο είναι το μέρος του φάσματος που είναι κοντύτερα στο ορατό (εύρος μήκους κύματος 0.7 - 5 μικρόμετρα), το μακρινό υπέρυθρο εκείνο που είναι κοντύτερα στα μικροκύματα (εύρος μήκους κύματος 40 - 350 μικρόμετρα) και το μέσο υπέρυθρο είναι η περιοχή ανάμεσα στις δυο προηγούμενες (εύρος μήκους κύματος 5 - 40 μικρόμετρα).



2. ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Η περισσότερη από την υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία προέρχεται από το Σύμπαν απορροφάται από τους υδρατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα που περιέχονται στην ατμόσφαιρα της Γης. Μονάχα σε λίγες περιοχές του υπέρυθρου φάσματος (κυρίως στο κοντινό υπέρυθρο) το φως καταφέρνει να περάσει τη Γήινη ατμόσφαιρα και έτσι να ανιχνευθεί από επίγεια τηλεσκόπια. Ένα επίσης πρόβλημα είναι το γεγονός ότι η ίδια η Γήινη ατμόσφαιρα ακτινοβολεί αρκετά ισχυρά στο υπέρυθρο με αποτέλεσμα μερικές φορές να υπερκαλύπτει σε λαμπρότητα το προς παρατήρηση αντικείμενο. Γι'αυτό το λόγο, οι αστρονόμοι που ασχολούνται με παρατηρήσεις στο υπέρυθρο μέρος του φάσματος, έχουν τοποθετήσει ανιχνευτές σε πυραύλους, αερόστατα, αεροπλάνα και σε διαστημικά τηλεσκόπια προκειμένου να αποφύγουν τους περιορισμούς από την ατμόσφαιρα της Γης.



Εικόνα 2. Το διαστημικό τηλεσκόπιο SIRTIF της NASA το οποίο εκτοξεύθηκε στις 25 Αυγούστου 2003 (αριστερά) και το SOFIA, ένα ειδικά διαμορφωμένο BOEING 747 το οποίο με τη χρήση ενός τηλεσκοπίου θα πραγματοποιεί παρατηρήσεις στο υπέρυθρο (δεξιά). Δες άρθρο "SIRTIF - Ένα δορυφορικό μάτι που βλέπει μέσα από την σκόνη" στα Σύγχρονα Θέματα του περιοδικού μας.



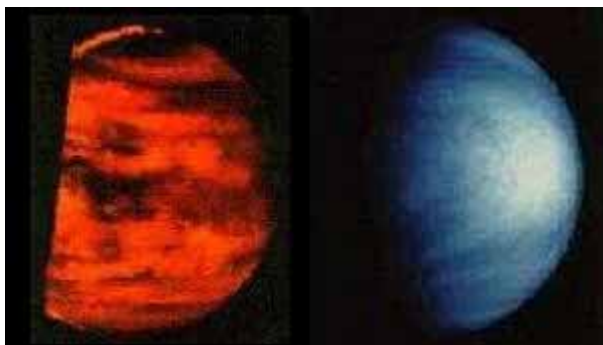
Τέτοια παραδείγματα είναι το διαστημικό τηλεσκόπιο SIRTIF (Space Infrared Telescope Facility) της NASA το οποίο εκτοξεύθηκε πρόσφατα (25 Αυγούστου 2003) και το τηλεσκόπιο SOFIA (Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy) το οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο μέσα σε αεροπλάνο τύπου BOEING 747 και που αναμένεται να λειτουργήσει μέσα στο 2004 (Εικόνα 2).



3. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΣΤΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ

3.1 Οι πλανήτες και το ηλιακό μας σύστημα

Όλοι οι πλανήτες και οι δορυφόροι τους στο ηλιακό μας σύστημα εκπέμπουν ισχυρά στο υπέρυθρο. Η υπέρυθρη ακτινοβολία προέρχεται από τη θέρμανση των ατμοσφαιρών των πλανητών και των επιφανειών τους με μέγιστο κάπου μεταξύ στο μέσο υπέρυθρο και στο μακρινό υπέρυθρο. Αυτά τα σώματα εκπέμπουν επίσης ακτινοβολία η οποία προέρχεται από την ανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας του Ήλιου.



Εικόνα 3. Εικόνα της Αφροδίτης στο υπέρυθρο (αριστερά) και στο ορατό (δεξιά) από παρατηρήσεις του διαστημοπλοίου Galileo.

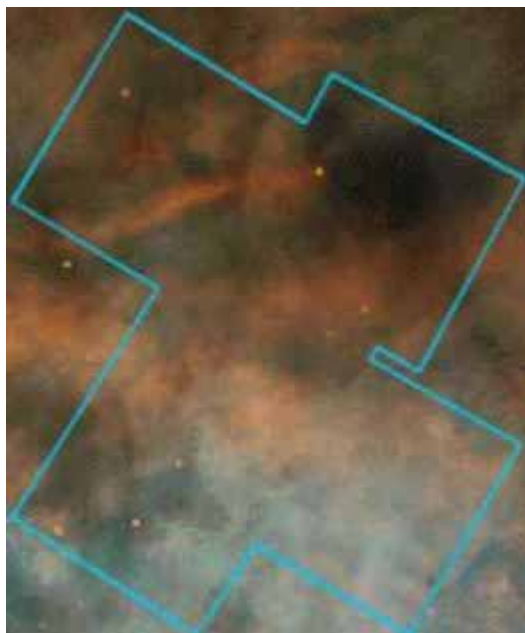
Αυτή η ακτινοβολία έχει μέγιστο στο κοντινό υπέρυθρο (περίπου στα 0.5 μικρόμετρα). Η μελέτη της υπέρυθρης ακτινοβολίας των σωμάτων του ηλιακού μας συστήματος μας έχει δώσει αρκετή πληροφορία για τη σύστασή τους. Για πλανήτες και δορυφόρους με ατμόσφαιρα, η μελέτη της υπέρυθρης ακτινοβολίας μας έχει δώσει πληροφορία για την πυκνότητα και τη χημική σύσταση των διάφορων αερίων καθώς και για τις μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας με το βάθος (Εικόνα 3).

Παράλληλα, με παρατηρήσεις στο υπέρυθρο ανακαλύφθηκαν νέοι κομήτες και αστεροειδείς.

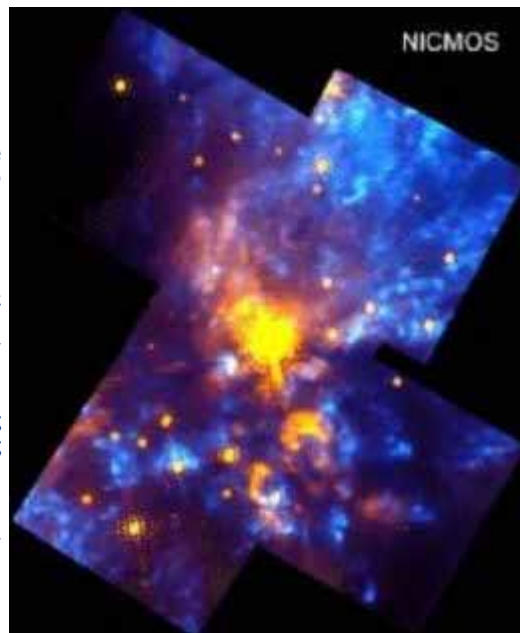


3.2 Αστρική Γένεση

Τα αστέρια δημιουργούνται από την κατάρρευση νεφών αερίου και σκόνης. Καθώς το νέφος καταρρέει, η πυκνότητα και η θερμοκρασία του μεγαλώνει. Η πυκνότητα και η θερμοκρασία είναι μέγιστη στο κέντρο του νέφους όπου και ένα νέο αστέρι θα γεννηθεί. Στα πρώτα στάδια της κατάρρευσης του νέφους το αντικείμενο που δημιουργείται στο κέντρο λέγεται πρωταστέρας. Επειδή ο πρωταστέρας είναι μέσα σε ένα πυκνό νέφος αερίου και σκόνης είναι αδύνατο να παρατηρηθεί στα οπτικά μήκη κύματος. Αυτό, γιατί το ορατό φως που εκπέμπει απορροφάται αμέσως από το υλικό που το περικλείει. Έτσι, ο μόνος τρόπος να παρατηρηθεί ένα νεο-σχηματιζόμενο αστέρι είναι στο υπέρυθρο. Το φως από τον πρωταστέρα απορροφάται από την σκόνη η οποία το περιβάλλει με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της σκόνης και την εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Μελέτες στο υπέρυθρο μέρος του φάσματος μας δίνει μοναδικές πληροφορίες για τον τρόπο που γεννιούνται τα αστέρια και πλανητικά συστήματα γύρω από αυτά (Εικόνα 4).

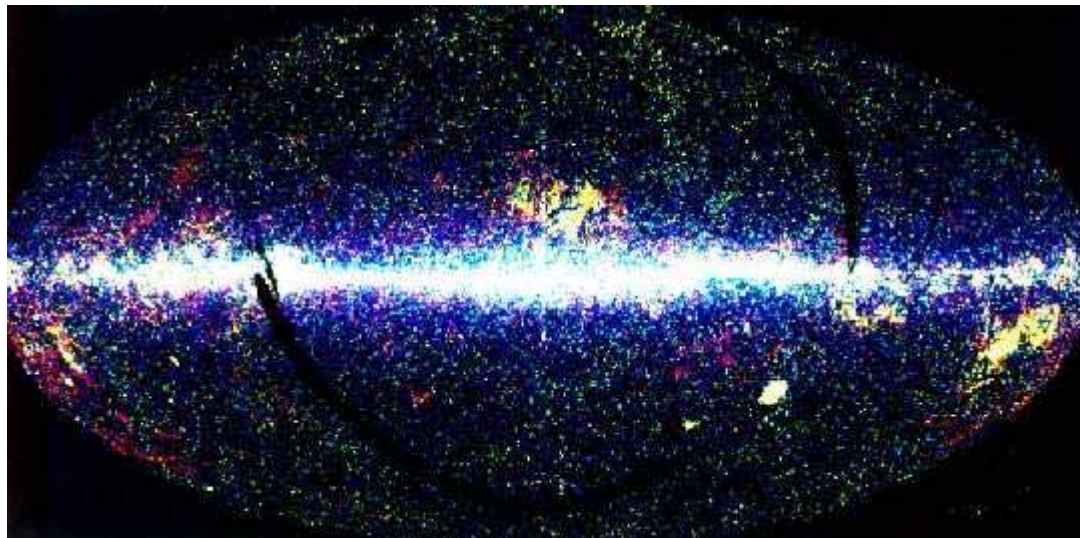


Εικόνα 4. Μια περιοχή αστρικής γένεσης (Orion Molecular Cloud -1) παρατηρημένο από το Hubble Space Telescope (HST) στο οπτικό (αριστερή εικόνα) και στο κοντινό υπέρυθρο (δεξιά εικόνα). Στην οπτική εικόνα είναι αδύνατο να ξεκαθαρίσουμε οποιαδήποτε δομή σε αυτή την περιοχή αφού η ακτινοβολία δεν μπορεί να διαπεράσει τα πυκνά νέφη αερίου και σκόνης. Η πολύπλοκη δομή όμως αυτής της περιοχής γίνεται εμφανής στην δεξιά εικόνα όπου μπορούμε να δούμε τα νεαρά άστρα και τη σκόνη που τα περιβάλλει καθώς εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία.



3.3 Αστέρια

Οι παρατηρήσεις στο υπέρυθρο οδήγησαν σε ανακάλυψη μεγάλου αριθμού αστεριών τα οποία είτε έχουν χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μην εκπέμπουν στο ορατό μέρος του φάσματος είτε κρύβονται πίσω από νέφη σκόνης (Εικόνα 5). Επίσης, τέτοιου είδους παρατηρήσεις, οδήγησαν και σε ανακαλύψεις μερικών αστεριών με υλικό που περιφέρεται γύρω από αυτά που πολύ πιθανό να πρόκειται για νέα ηλιακά συστήματα.

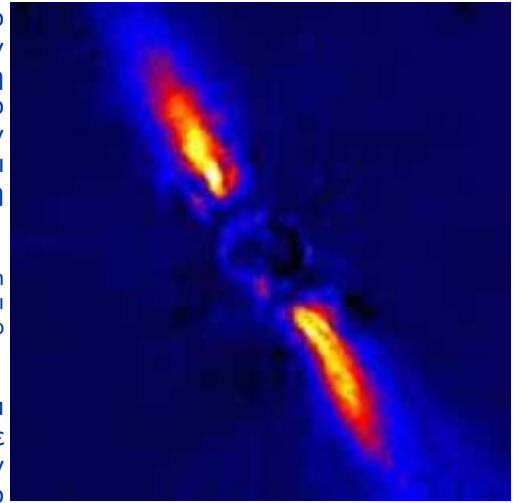


Εικόνα 5. Η εικόνα του ουρανού στο υπέρυθρο όπως έχει παρατηρηθεί από τον δορυφόρο IRAS. Οι μπλε πηγές είναι αστέρια χαμηλής θερμοκρασίας του δικού μας Γαλαξία τα οποία δείχνουν μια προφανή συγκέντρωση στο Γαλαξιακό επίπεδο. Οι κιτρινο-πράσινες πηγές είναι γαλαξίες οι οποίες είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι στον ουρανό. Τέλος οι κόκκινες περιοχές είναι νέφη αερίου και σκόνης (infrared cirrus) του δικού μας Γαλαξία.

3.4 Πλανήτες σε άλλα αστρικά συστήματα

Στην δεκαετία του '80 οι αστρονόμοι χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον δορυφόρο IRAS (Infrared Astronomical Satellite) ανακάλυψαν περίπου 20 αστέρια τα οποία φαίνονταν να περικλείονται από σκόνη η οποία εκτείνεται εκατοντάδες αστρονομικές μονάδες μακριά από το αστέρι. Αυτή η ανακάλυψη οδήγησε τους αστρονόμους στο να κάνουν λεπτομερείς παρατηρήσεις σε αυτά τα αστέρια. Αυτό που βρήκαν είναι ότι η σκόνη γύρω από αυτά τα άστρα είναι κατανεμημένη σε μορφή δίσκου.

Εικόνα 6. Εικόνα του δίσκου γύρω από το αστέρι Beta Pictoris (από το European Southern Observatory). Η παρουσία διαταραχών στη μορφή του δίσκου υποδεικνύει την πιθανή ύπαρξη ενός πλανήτη, περίπου σαν το μέγεθος του Δία, γύρω από αυτό το αστέρι.



Σε αυτό τον δίσκο είναι δυνατό να έχουν δημιουργηθεί ή να δημιουργούνται πλανήτες. Αυτές οι ανακαλύψεις άνοιξαν το δρόμο σε έναν από τους πιο συναρπαστικούς κλάδους της αστρονομίας, την αναζήτηση πλανητών γύρω από άλλα αστρικά συστήματα. Μερικά από τα πιο γνωστά αστέρια με δίσκους σκόνης που ανακαλύφθηκαν είναι τα Beta Pictoris, HL Tauri, Vega, Epsilon Eridani και Alpha Piscis Austrinus. Η ανακάλυψη αυτών των δίσκων σκόνης έδωσε για πρώτη φορά πολύ σοβαρά στοιχεία ύπαρξης άλλων ηλιακών συστημάτων εκτός του δικού μας (Εικόνα 6).



3.5 Ανάμεσα στα αστέρια

Συνήθως νομίζουμε ότι ο χώρος ανάμεσα στα αστέρια είναι τελείως άδειος. Αυτό δεν είναι σωστό. Ο χώρος μεταξύ των αστεριών είναι γεμάτος με αέριο (κυρίως υδρογόνο και Ήλιο) και μικρούς κόκκους σκόνης (κυρίως από άνθρακα και πυρίτιο). Σε μερικές περιοχές μάλιστα, το μεσοαστρικό υλικό είναι αρκετά πυκνό ώστε να σχηματίζονται νεφελώματα.



Το μεσοαστρικό υλικό εκπέμπει έντονα στο υπέρυθρο. Το μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό το υλικό προέρχεται από το θάνατο των αστεριών τα οποία είτε εκρήγνυνται (supernova) είτε χάνουν τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιράς τους, με αποτέλεσμα να εμπλουτίζουν το χώρο μεταξύ τους με το μεσοαστρικό υλικό. Είναι αυτό το υλικό μάλιστα που στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία νέων άστρων. Συνήθως, το αέριο και η σκόνη ανάμεσα στα αστέρια ανιχνεύεται μόνο στο υπέρυθρο.

Εικόνα 7. Εικόνα ενός "cirrus" όπως αυτό παρατηρήθηκε από τον δορυφόρο IRAS

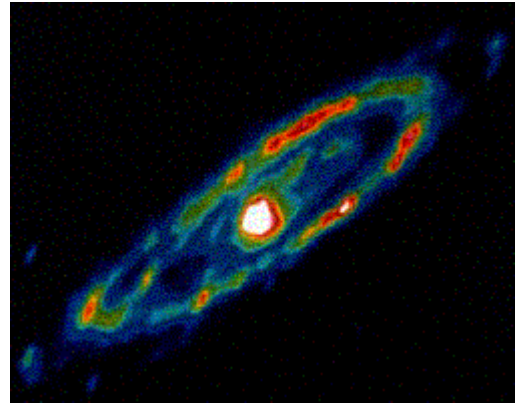
Χρησιμοποιώντας ανιχνευτές υπέρυθρου οι αστρονόμοι μπορούν να διεισδύσουν μέσα σε νέφη αερίου και σκόνης (αόρατα στο οπτικό μέρος του φάσματος) και έτσι να πάρουν πληροφορίες για τη σύσταση και τη δομή τους. Μια ανακάλυψη που έγινε από τον δορυφόρο IRAS ήταν η φωτογράφιση αμυδρών δομών σκόνης του μεσοαστρικού χώρου που ονομάστηκαν "infraredcirrus" λόγω της ομοιότητάς τους με τα σύννεφα "cirrus" που βλέπουμε στην ατμόσφαιρα της Γης (Εικόνα 7). Αυτές οι δομές έχουν χαμηλή θερμοκρασία (15-30° K) και μπορούν να ανιχνευθούν μονάχα στο υπέρυθρο μέρος του φάσματος. Η θερμοκρασία τους προέρχεται από τη θέρμανση των κόκκων σκόνης από το αστρικό φως.

3.6 Γαλαξίες

Η υπέρυθρη ακτινοβολία από τους γαλαξίες προέρχεται κυρίως από τρεις πηγές: τα αστέρια, το μεσοαστρικό αέριο και τη σκόνη. Η εκπομπή της υπέρυθρης ακτινοβολίας που προέρχεται από τα αστέρια έχει μέγιστο στο κοντινό υπέρυθρο (1-3 μικρόμετρα). Η εκπομπή από τα άτομα και τα μόρια του μεσοαστρικού αερίου είναι μονάχα ένα μικρό ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας του γαλαξία, ενώ η κύρια πηγή της υπέρυθρης ακτινοβολίας, πάνω από τα 3 μικρόμετρα, προέρχεται από θερμική εκπομπή από κόκκους σκόνης η οποία θερμαίνεται από τα αστέρια.

Οι γαλαξίες οι οποίοι είναι πιο λαμπεροί στο υπέρυθρο είναι συνήθως εκείνοι που έχουν πολύ σκόνη (η οποία βρίσκεται για παράδειγμα σε περιοχές όπου γεννιούνται αστέρια).

Εικόνα 8. Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας (M31) όπως αυτός φαίνεται στο υπέρυθρο από τον δορυφόρο IRAS.



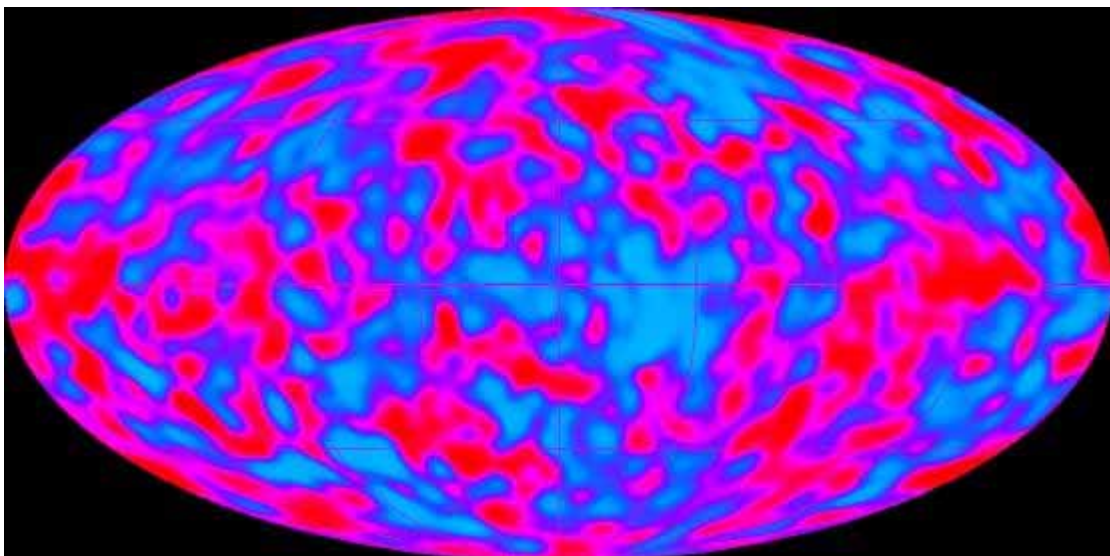
Οι αστρονόμοι, χρησιμοποιώντας τον δορυφόρο IRAS, ανακάλυψαν περίπου 20,000 γαλαξίες στο υπέρυθρο. Αρκετοί από αυτούς είναι γαλαξίες που δημιουργούν μεγάλες ποσότητες αστεριών (starburst galaxies) και έτσι είναι πολύ λαμπεροί στο υπέρυθρο. Στην Εικόνα 8 βλέπουμε την εικόνα του γαλαξία της Ανδρομέδας στο υπέρυθρο. Περίπου η μισή λαμπρότητα ενός τυπικού σπειροειδούς γαλαξία εκπέμπεται στο μακρινό υπέρυθρο. Οι ελλειπτικοί γαλαξίες δεν είναι ισχυρές πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας αφού δεν έχουν πλέον αρκετά αποθέματα αερίου και σκόνης.



3.7 Το αρχέγονο Σύμπαν

Στο υπέρυθρο μέρος του φάσματος, οι αστρονόμοι μπορούν να μελετήσουν το Σύμπαν όπως αυτό ήταν στα πρώτα στάδια της δημιουργίας του (λίγο μετά την μεγάλη έκρηξη - **Big Bang**) καθώς και τα πρώτα στάδια της δημιουργίας των γαλαξιών. Οι αστρονόμοι έχουν ανακαλύψει πως όλοι οι μακρινοί γαλαξίες απομακρύνονται από εμάς και μάλιστα όσο πιο μακριά βρίσκονται από εμάς τόσο πιο γρήγορα απομακρύνονται (δες άρθρο Ιουλίου **Σύγχρονη Κοσμολογία**). Όταν ένα αντικείμενο απομακρύνεται από εμάς, το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπει μετατοπίζεται προς μεγαλύτερα μήκη κύματος. Αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο Doppler. Ως αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου, το ορατό φως που εκπέμπουν οι μακρινοί γαλαξίες μετατοπίζεται προς το υπέρυθρο μέρος του φάσματος. Αυτό σημαίνει ότι η μελέτη του μακρινού Σύμπαντος στο υπέρυθρο μας δίνει πολύτιμες πληροφορίες για το ορατό φάσμα των απομακρυσμένων νέων γαλαξιών.

Το 1965 παρατηρήθηκε η ακτινοβολία η οποία είχε απομείνει από την μεγάλη έκρηξη από τους ραδιο-αστρονόμους Arno Penzias και Robert Wilson. Αυτή η ακτινοβολία η οποία προερχόταν από όλες τις διευθύνσεις είχε μέγιστη εκπομπή σε θερμοκρασία 3 βαθμών Kelvin. Το 1975 παρατηρήσεις στο υπέρυθρο που έγιναν από αερόστατα απέδειξαν ότι αυτή η "κοσμική ακτινοβολία" έχει τη μορφή μέλανος σώματος. Αργότερα, με παρατηρήσεις από τον δορυφόρο **COBE** ο οποίος εκτοξεύθηκε το 1989 ανακαλύφθηκε ότι η ακτινοβολία αυτή δεν είναι εντελώς ομογενείς αλλά δείχνει μικρές μεταβολές στην θερμοκρασία (Εικόνα 9). Αυτές οι μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας πιθανό να είναι λόγω μεταβολών της πυκνότητας του αρχέγονου Σύμπαντος γεγονός που οδηγεί και στην δημιουργία των γαλαξιών.



Εικόνα 9. Παρατηρήσεις της Κοσμικής ακτινοβολίας από τον δορυφόρο COBE.

Παρατηρήσεις στο υπέρυθρο οδήγησαν και στην ανακάλυψη ενός πρωτογαλαξία (γαλαξία δηλαδή ο οποίος βρίσκεται στα πρώτα στάδια της δημιουργίας του) που βρίσκεται σε απόσταση 13 περίπου δισεκατομμύρια έτη φωτός μακριά από εμάς. Αυτό το αντικείμενο (το οποίο ονομάζεται IRAS 10214+4724) είναι μία μεγάλη συγκέντρωση αερίου (κυρίως υδρογόνου) που βρίσκεται υπό κατάρρευση και το οποίο μόλις έχει αρχίσει να εκπέμπει φως από τα νεογέννητα αστέρια που δημιουργούνται.