

Γεωργίου Ι. Μπάνου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ  
ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ  
ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗΣ

Β' τάξη ενιαίου λυκείου

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ  
ΕΚΔΟΣΕΩΣ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ  
ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΑΘΗΝΑ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Η Αστρονομία ως επιστήμη

#### 1.1.1. Σκοπός και περιεχόμενο της Αστρονομίας

Η Αστρονομία ασχολείται με τη μελέτη των ουρανίων σωμάτων και γενικότερα του σύμπαντος. Οι αστρονόμοι προσπαθούν να κατανοήσουν τη φύση, τις ιδιότητες, τη δημιουργία και την εξέλιξη των διαφόρων σωμάτων που παρατηρούν στον ουρανό. Τελικός σκοπός τους είναι να εξηγήσουν το πως δημιουργήθηκε το σύμπαν, από ποιές φάσεις πέρασε και που θα καταλήξει. Το θέμα ιδιαίτερα αυτό αποτελεί αντικείμενο της **Κοσμολογίας**.

Η έννοια του σύμπαντος δεν είχε πάντα το ίδιο περιεχόμενο. Για τους αρχαίους, το σύμπαν αποτελούσαν η Γη, ο Ήλιος, η Σελήνη, μερικοί πλανήτες, μερικοί κομήτες και μερικές χιλιάδες αστέρες. Με την πάροδο όμως του χρόνου, οι νέες ανακαλύψεις έρχονταν να εμπλουτίσουν και να δώσουν νέες διαστάσεις στην έννοια του σύμπαντος, πράγμα που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Έτσι μπορούμε να πούμε γενικά, πως με την έννοια **σύμπαν** εννοούμε τα πάντα που υπάρχουν και υπήρξαν στο χώρο και στο χρόνο.

#### 1.1.2. Αστρονομία και πολιτισμός

Το σύμπαν, και ιδιαίτερα η δημιουργία του, είναι ένα θέμα που δεν απασχολεί μόνο την επιστήμη της Αστρονομίας. Δεν υπήρξε πολιτισμός, δεν υπάρχει φιλοσοφία ή θρησκεία, που να μην περιέχουν στον πυρήνα των ιδεών, της πίστης και της διδασκαλίας τους, κοσμογονικές απόψεις. Όταν ο σύγχρονος αστρονόμος αναζητάει στο παρελθόν τους παλαιότερους συναδέλφους του, δεν τους συναντάει μόνον ανάμεσα στους μαθηματικούς, αλλά κι ανάμεσα στους Βαβυλώνιους ιερείς και μάγους, στους Έλληνες φιλοσόφους, στους καλόγερους του μεσαίωνα και στους ευγενείς της Αναγέννησης· όμοιους μ' αυτόν, μόλις το 17<sup>ο</sup> αιώνα βρίσκει.

Στην αρχαιότητα, η Αστρονομία συνέβαλε πολύ στην ανάπτυξη πολ-



λών κλάδων της Επιστήμης και ιδιαίτερα των Μαθηματικών. Στο νέο πάλι ξεκίνημα της Επιστήμης από το 16<sup>ο</sup> αιώνα κι ύστερα, ο Κοπέρνικος με την ανάπτυξη του ηλιοκεντρικού συστήματος του Αρίσταρχου, ο Γαλιλαίος με τη διόπτρα του, ο Κέπλερ (Kepler) με τους τρεις εμπειρικούς νόμους του για την κίνηση των πλανητών και τέλος ο Νεύτωνας (Newton) με το νόμο της παγκόσμιας έλξης, ήταν εκείνοι που άνοιξαν τους νέους ορίζοντες στην επιστημονική και φιλοσοφική θεώρηση του κόσμου. Η Γη έπαψε πια να θεωρείται το κέντρο του κόσμου και πήρε τη σωστή της θέση σαν ένας από τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Κι αυτό ήταν μια επανάσταση με σοβαρές φιλοσοφικές και κοινωνικές επιπτώσεις και τεράστιες γενικά συνέπειες για την ανθρώπινη πρόοδο.

### 1.1.3. Αστρονομία και Φυσική

Η συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη της σύγχρονης Φυσικής ήταν καθοριστικής σημασίας. Κι αυτό γιατί η Φυσική βρίσκει στο σύμπαν, στο μακρόκοσμο, φυσικά εργαστήρια που δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν πάνω στη Γη και που τη βοηθούν να λύσει πολλά προβλήματα των στοιχειωδών σωματιδίων, του μικρόκοσμου. Έτσι βρίσκει πυκνότητες της ύλης στο μεσοαστρικό χώρο μικρότατες, πιέσεις στο κέντρο των αστέρων φανταστικές, θερμοκρασίες αλλού εξαιρετικά χαμηλές κι αλλού απίστευτα υψηλές, κλίμακες χρόνου και αποστάσεων ασύλληπτες. Μερικοί χαρακτηριστικοί σταθμοί της συμβολής της αυτής είναι η διατύπωση από το Νεύτωνα των πιο βασικών νόμων της Μηχανικής, η πειραματική επαλήθευση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, η ανακάλυψη του χημικού στοιχείου «ήλιον» στην ηλιακή ατμόσφαιρα πολύ πριν ανακαλυφτεί πάνω στη Γη κ.ά. Το πιο συνταρακτικό όμως ερώτημα, που έθεσε η Αστρονομία στις αρχές του αιώνα μας, ήταν η προέλευση της τεράστιας ακτινοβολούμενης ενέργειας από τον Ήλιο και τους αστέρες: ερώτημα που συνέβαλε στην ανάπτυξη της Πυρηνικής Φυσικής και άλλων κλάδων της Φυσικής.

### 1.1.4. Πρακτικές εφαρμογές

Η Αστρονομία ως επιστήμη που ανήκει στην περιοχή της καθαρής έρευνας, δεν προσφέρεται σε άμεση πρακτική εκμετάλλευση. Ωστόσο, μερικές από τις εφαρμογές της είναι από τις πιο παλιές της Επιστήμης. Η χρήση του ημερολογίου π.χ., όπως και η χάραξη της πορείας στην ξηρά και ιδιαίτερα στη θάλασσα, έχουν ιστορία χιλιάδων ετών. Έμμεσα πάντως, με την προσφορά της στην ανάπτυξη της Φυσικής, έχει συμβάλει σε τεράστιας σημασίας πρακτικές εφαρμογές.

Με την κατάκτηση εξάλλου του διαστήματος, η Αστρονομία απέκτησε νέες διαστάσεις, ύστερα από τα σχετικά πρακτικά οφέλη που προέκυψαν. Αν και η σκοπιμότητα της επένδυσης τόσων δυνάμεων, πνευματικών και υλικών, στην έρευνα του διαστήματος αμφισβητήθηκε από πολλούς, με αποτέλεσμα να υπάρξουν μακροχρόνιες διαμάχες, σήμερα μπορούμε να πούμε πως έγινε πια κατανοητό, πως οι θετικές προοπτικές που ανοίχθηκαν με την κατάκτηση του διαστήματος, τόσο για την υλική όσο και για την πολιτιστική πρόοδο της ανθρωπότητας, είναι φανταστικές.

Μερικά από τα πιο σημαντικά σήμερα οφέλη είναι συνοπτικά τα ακόλουθα:

α) Η ανάπτυξη του συστήματος τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων και οι ευεργετικές επιπτώσεις του τόσο στην παγκόσμια οικονομία, όσο και στις πολιτιστικές επαφές των λαών· χάρη σ' αυτή π.χ. η ανθρωπότητα είναι σε θέση να παρακολουθεί ένα παγκόσμιο πρόγραμμα τηλεόρασης.

β) Η ανάπτυξη ενός συστήματος μετεωρολογικών δορυφόρων, που επιτρέπει να γίνεται πρόγνωση καιρού μεγαλύτερης διάρκειας και ακρίβειας.

γ) Η ανάπτυξη ενός προγράμματος συστηματικής εξερεύνησης του φυσικού πλούτου της Γης με τη βοήθεια παρατηρήσεων και μετρήσεων από τεχνητούς δορυφόρους. Το πρόγραμμα αυτό αποκτάει ιδιαίτερη σημασία, αν αναλογιστεί κανείς το οξύ παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα. Η ακριβής χαρτογράφηση της Γης, η ανακάλυψη κοιτασμάτων πετρελαίου και μεταλλευμάτων, η μελέτη της χλωρίδας για καλύτερη εκμετάλλευσή της, η μελέτη των ωκεανών και του πλούτου που περικλείουν, αλλά και η καλύτερη αξιοποίηση του υδατικού πλούτου της Γης, είναι μερικά από τα θέματα που εντάσσονται στο πρόγραμμα αυτό.

Με την κατάκτηση όμως του διαστήματος μπορεί να συνδέεται πιο άμεσα αυτή η ίδια η ύπαρξη του ανθρώπου. Η κατάκτηση και ο εποίκισμός άλλων πλανητών ίσως αποτελεί ζωτικής σημασίας ανάγκη, γιατί καθώς υποστηρίζουν αρκετοί σήμερα, οι συνθήκες πάνω στη Γη, τόσο οι φυσικές όσο κι εκείνες που θα έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος, θα καταστήσουν κάποια μέρα, στο απώτερο μέλλον, αδύνατη την επιβίωσή του πάνω σ' αυτή.

## **1.2. Ιστορική αναδρομή**

Η ιστορία της Αστρονομίας μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιόδους: α) στην αρχαία, που ξεκινάει από τα βάθη της ανθρώπινης ιστορίας και φτάνει μέχρι τον Κοπέρνικο (16<sup>ο</sup> αι.), β) στην περίοδο της Αναγέννησης, που επεκτείνεται μέχρι τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και γ) στη νεώτερη, που συμπιπτει με την ανάπτυξη των άλλων επιστημών και της τεχνολογίας.



### 1.2.1. Αρχαία περίοδος

Η πρώτη φάση ανάπτυξης της Αστρονομίας συνδέεται με την εξυπηρέτηση καθαρά πρακτικών αναγκών, όπως ήταν η ύπαρξη ημερολογίου, ο προσανατολισμός στην ξηρά και στη θάλασσα κ.ά. Μέσα στο ίδιο πλαίσιο όμως θα πρέπει να τοποθετηθεί και μία άλλη όψη της Αστρονομίας της αρχαιότητας: η πίστη, από άγνοια και φόβο, του τότε ανθρώπου, ότι τα άστρα και ιδιαίτερα ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πλανήτες, επηρεάζουν άμεσα τα γεγονότα πάνω στη Γη, όπως είναι οι πόλεμοι, οι επιδημίες, οι πλημμύρες, οι πείνες, ακόμα και το πεπρωμένο κάθε ανθρώπου. Έτσι αναπτύχθηκε η **Αστρολογία** και μαζί της οι αστρονομικές παρατηρήσεις, οι οποίες με την πάροδο των αιώνων και των χιλιετιών οδήγησαν σε μετρήσεις σημαντικής ακρίβειας, αλλά και σε μια πολύ προχωρημένη γνώση διαφόρων αστρονομικών φαινομένων, χωρίς όμως να έχει γίνει καμιά σχεδόν προσπάθεια θεωρητικής ερμηνείας.

Η **Αστροαρχαιολογία** βρίσκει πως τα πιο παλιά και πιο γνωστά μνημεία που παρουσιάζουν αστρονομικό ενδιαφέρον, έχουν ηλικία 5.000 ετών περίπου. Αυτά είναι οι πυραμίδες της Αιγύπτου και το μεγαλιθικό μνημείο Stonehenge (Στόουνχεντζ) (σχ. 1.1.) στην Αγγλία, που έχουν αστρονομικό προσανατολισμό, δηλαδή τέτοιον ώστε να συνδέονται προς διάφορα αστρονομικά φαινόμενα. Από τον προσανατολισμό π.χ. των πυραμίδων προκύπτει πως οι Αιγύπτιοι γνώριζαν ορισμένες βασικές διευθύνσεις στο χώρο, που χρησιμοποιούν οι αστρονόμοι. Είναι γνωστό ακόμα πως παρακο-



Σχήμα 1.1: Το μεγαλιθικό μνημείο του Stonehenge (Αγγλία), που χρησιμοποιήθηκε πιθανόν ως Αστεροσκοπείο μεταξύ 2800 και 1500 π.Χ.

λουθούσαν τις κινήσεις του Ηλίου, της Σελήνης και των πλανητών, παρατηρούσαν τους αστέρες και ξεχώριζαν μερικούς αστερισμούς. Πιστεύεται ακόμα πως χρησιμοποιούσαν ημερολόγιο από το 4.000 π.Χ.

Παράλληλα αναπτυσσόταν η Αστρονομία και σ' άλλες περιοχές του κόσμου σε μερικές μάλιστα πολύ πιο σημαντικά. Στην περιοχή του Ευφράτη ποταμού, ο Βαβυλωνιακός πολιτισμός, που ξεκίνησε το 3.000 π.Χ., έδωσε στην Αστρονομία πάρα πολλά, ιδιαίτερα τους τελευταίους π.Χ. αιώνες με τους Χαλδαίους. Στην Ινδία επίσης, από το 1.500 π.Χ., καθώς και στην Κίνα από το 1.400 π.Χ. περίπου, υπάρχουν αξιόπιστες μαρτυρίες γι' αξιόλογες αστρονομικές γνώσεις, ενώ σε μυθολογικό επίπεδο οι γνώσεις αυτές ανάγονται στην 3<sup>η</sup> π.Χ. χιλιετία. Όλοι αυτοί οι πολιτισμοί είχαν δημιουργήσει ημερολόγια, είχαν αναπτύξει τις παρατηρήσεις των ουρανίων σωμάτων, ξεχώριζαν και ονόμαζαν τους αστερισμούς. Παρατηρούσαν ακόμα τις εκλείψεις του Ηλίου και της Σελήνης, για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία από το 2.200 π.Χ.

Στην Αμερική πάλι, τρεις πολιτισμοί - των Ίνκας, των Αζτέκων και των Μάγια - είχαν σημαντικά αστρονομικά επιτεύγματα. Το ημερολόγιο των Μάγια π.χ., αν και στηριζόταν σε πολύ πρωτόγονες μεθόδους παρατήρησης, ήταν σημαντικής ακρίβειας.

Η επιστημονική όμως ανάπτυξη της Αστρονομίας αρχίζει στην Ελλάδα από την εποχή του Θαλή, το 600 π.Χ. περίπου, και χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια μιας σειράς αστρονόμων να διατυπώσουν νόμους για τα παρατηρούμενα αστρονομικά φαινόμενα. Στην προσπάθειά τους αυτή ανέπτυξαν διάφορες υποθέσεις σχετικά με τη δομή του σύμπαντος.

Οι πιο σπουδαίοι Έλληνες αστρονόμοι υπήρξαν ο Ίππαρχος (2<sup>ος</sup> αι. π.Χ.), που θεωρείται και ο πατέρας της Αστρονομίας, και ο Πτολεμαίος που συνέχισε το έργο του 300 χρόνια αργότερα και που διατύπωσε το περίφημο **Πτολεμαϊκό σύστημα** για την κίνηση των πλανητών στο μοναδικό για την εποχή έργο του, τη Μεγάλη Μαθηματική Σύνταξη, γνωστή ως «Αλμαγέστη».

Μετά την πτώση του Ελληνικού και Ρωμαϊκού πολιτισμού, η Αστρονομία πέρασε στα χέρια των Αράβων, που μετάφρασαν την Αλμαγέστη κι έκαναν διάφορες παρατηρήσεις για τη βελτίωση εκείνων του Πτολεμαίου. Από αυτούς πέρασε αργότερα, κατά τη διάρκεια των κατακτήσεών τους, στην Ευρώπη.

### *1.2.2. Περίοδος της Αναγέννησης*

Η αστρονομική επανάσταση άρχισε το 16<sup>ο</sup> αιώνα στην Ευρώπη με τον Κοπέρνικο, που «έβγαλε» τη Γη από το κέντρο του ηλιακού συστήματος, το τότε δηλαδή θεωρούμενο σύμπαν, και «τοποθέτησε» εκεί τον Ήλιο, διατήρησε όμως τ' άλλα στοιχεία του Πτολεμαϊκού συστήματος. Η σχετική

θεωρία του αναπτύχθηκε στο έργο του «De Revolutionibus Orbium Coelestium» (περί της περιστροφής των ουρανίων σφαιρών), που δημοσιεύτηκε μετά το θάνατό του (1543). Η ηλιοκεντρική θεωρία, γνωστή ως **Κοπερνίκειο σύστημα**, έγινε σιγά-σιγά αποδεκτή απ' ολόκληρο τον κόσμο.

Πρέπει πάντως να τονιστεί πως η ιδέα του ηλιοκεντρικού συστήματος οφείλεται στον Αρίσταρχο (3ος αι. π.Χ.) ο δε Κοπέρνικος, που είχε μελετήσει τα έργα των αρχαίων Ελλήνων αστρονόμων, εγγώριζε την ιδέα αυτή του Αρίσταρχου.

Από απόψεως παρατηρήσεων ο Κοπέρνικος δεν έκανε σχεδόν τίποτα. Εκείνος που προήγαγε επιστημονικά την παρατήρηση ήταν ο Δανός αστρονόμος Tycho Brahe (Τύχων Μπραχέ): η ακρίβεια των μετρήσεών του ξεπεράστηκε μόνο με την εφεύρεση του τηλεσκοπίου. Με την κατασκευή του πρώτου τηλεσκοπίου στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα, ο Γαλιλαίος έγινε ο πιο αποτελεσματικός παρατηρητής: η ανακάλυψη των τεσσάρων πιο μεγάλων δορυφόρων του Δία, έδωσε την εικόνα του ηλιακού μας συστήματος σε μικρογραφία, επιβεβαιώνοντας την ηλιοκεντρική θεωρία.

Οι εμπειρικοί νόμοι του Kepler για τις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών, που στηρίχτηκαν πάρα πολύ στις παρατηρήσεις του Brahe και η μεγαλοφυΐα του Νεύτωνα με το νόμο της παγκόσμιας έλξης ήλθαν τελικά να δώσουν τη σωστή βάση για την ερμηνεία των κινήσεων των πλανητών και των άλλων μελών του ηλιακού συστήματος και την ανάπτυξη γενικά της Ουράνιας Μηχανικής. Λίγο αργότερα, ο Herschel (Χέρσελ) «τοποθετούσε» τον Ήλιο στη σωστή του θέση, θεωρώντας τον σαν έναν από τους πολλούς αστέρες που είναι διεσπαρμένοι μέσα στο χώρο.

### 1.2.3. Νεώτερη περίοδος

Από τα τέλη του περασμένου αιώνα, η Αστρονομία γνώρισε μια νέα άνθηση. Κατά τη διάρκεια του 18<sup>ου</sup> και του 19<sup>ου</sup> αιώνα, οι παρατηρήσεις με το τηλεσκόπιο ήταν σχεδόν αποκλειστικά αφιερωμένες στους πλανήτες και στ' άλλα μέλη του ηλιακού συστήματος. Οι αστέρες ήταν πολύ μακριά για ν' ασχοληθεί κανείς μ' αυτούς, ενώ δεν ήταν τίποτα γνωστό σχετικά μ' ορισμένα νεφελώδη σώματα που σήμερα ονομάζονται γαλαξίες. Εδώ κι ένα περίπου αιώνα όμως, με την ανάπτυξη των τεχνικών μέσων και την κατασκευή μεγάλων τηλεσκοπίων, έγιναν οι πρώτες μετρήσεις των αποστάσεων των αστέρων και διαπιστώθηκε πως οι γαλαξίες δεν είναι παρά τεράστιες συγκεντρώσεις αστέρων.

Παράλληλα, η τοποθέτηση στο τηλεσκόπιο φωτογραφικών μηχανών, φασματογράφων, φωτομέτρων κι άλλων οργάνων της Φυσικής, εγκαινίαζε τη μελέτη της ακτινοβολίας των ουρανίων σωμάτων, τη φυσική δηλαδή καχημική τους ανάλυση. Έτσι γεννήθηκε η **Αστροφυσική**, που οδήγησε στην κατανόηση της δομής και της εξέλιξης των αστέρων, για να κυριαρχήσει τελικά σ' όλους τους κλάδους της Αστρονομίας.



Η Θεωρία της Σχετικότητας από τ' άλλο μέρος έδωσε νέα μορφή και νέες διαστάσεις στη μελέτη του σύμπαντος, βάζοντας τη σφραγίδα της στην Κοσμολογία.

Η ανάπτυξη τέλος της **Ραδιοαστρονομίας** μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο και η τοποθέτηση τηλεσκοπίων σε τροχιά γύρω από τη Γη, ύστερα από την πρόοδο της διαστημικής τεχνικής, αποτελούν τα τελευταία βήματα στην πρόοδο της Αστρονομίας, που βρίσκεται σήμερα με τις ανακαλύψεις της στην πρωτοπορεία της Επιστήμης.

### **1.3. Αστρονομικές παρατηρήσεις και όργανα**

#### **1.3.1. Αστρονομική παρατήρηση**

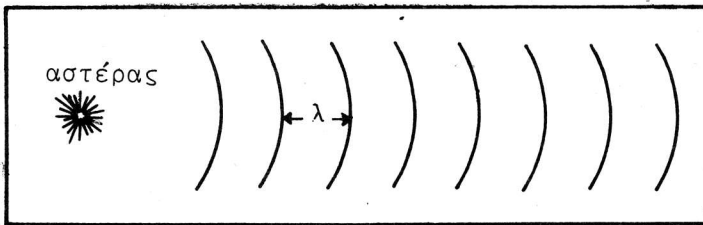
Η Αστρονομία διαφέρει από τη Φυσική κι άλλες επιστήμες, στο ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το πείραμα, αλλά στηρίζεται αποκλειστικά στην παρατήρηση. Το μόνο που μπορούν να κάνουν οι αστρονόμοι είναι να παρατηρούν και να παρακολουθούν την εμφάνιση κι εξέλιξη των διαφόρων φαινομένων και να προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα δεδομένα των παρατηρήσεων στηριζόμενοι στους γνωστούς νόμους της Φυσικής και των άλλων επιστημών. Με την ανάπτυξη πάντως των διαστημικών συσκευών και εργαστηρίων και την αποστολή τους στη Σελήνη και σ' άλλα μέλη του ηλιακού συστήματος για την εκτέλεση μετρήσεων, μπορούμε να πούμε πως άρχισε η ανάπτυξη κάποιας μορφής πειραματικής αστρονομίας.

Η μοναδική σχεδόν πηγή πληροφοριών που έχουν οι αστρονόμοι για τη μελέτη του σύμπαντος είναι οι κάθε είδους ακτινοβολίες που εκπέμπουν τα διάφορα ουράνια σώματα και που φτάνουν στη Γη ύστερα από ταξίδι χιλιάδων, εκατομμυρίων και δισεκατομμυρίων ετών, φέρνοντας πολύτιμες πληροφορίες τόσο για τις πηγές όπου γεννήθηκαν, όσο και για το μεσοαστρικό χώρο που διέσχισαν. Η παρατήρηση συνίσταται στη συγκέντρωση και ανάλυση αυτών των ακτινοβολιών με κατάλληλα όργανα, που θα γνωρίσουμε παρακάτω. Το ερώτημα που γεννιέται αμέσως είναι: τι είδους πληροφορίες μας φέρνουν οι ακτινοβολίες αυτές και με ποιο τρόπο μας τις μεταβιβάζουν; Οι βασικές πληροφορίες που παίρνουμε αναφέρονται στις φυσικές ιδιότητες των πηγών τους, όπως είναι η ποσότητα ενέργειας που ακτινοβολούν, η πίεση, η θερμοκρασία, το μαγνητικό πεδίο, η χημική σύσταση κ.ά. Αναφέρονται ακόμα στο μέγεθος των πηγών αυτών, στην απόσταση, τις κινήσεις τους κ.ά. Οι φυσικές μέθοδοι εξάλλου με τις οποίες γίνεται η λήψη των πληροφοριών είναι κυρίως η φασματοσκοπική ανάλυση και η φωτομετρία.

### 1.3.2. Φασματοσκοπική ανάλυση

Η πιο γνωστή από τις ακτινοβολίες που εκπέμπουν τα διάφορα ουράνια σώματα είναι η φωτεινή, το φως, που συμπεριφέρεται είτε σαν να πρόκειται για κύματα (ηλεκτρομαγνητικά κύματα) είτε για σωματίδια (φωτόνια). Ορισμένα δηλαδή φαινόμενα εξηγούνται ευκολότερα με την κυματική άποψη και άλλα με τη σωματιδιακή άποψη. Στην πρώτη περίπτωση θεωρούμε ότι τα κύματα παράγονται από την ταλάντωση ηλεκτρικών φορτίων, ενώ στη δεύτερη από τη διέγερση των ατόμων και των μορίων της ύλης. Και στις δύο πάντως περιπτώσεις τα συμπεράσματα που θ' αναφερθούν πιο κάτω δεν διαφέρουν.

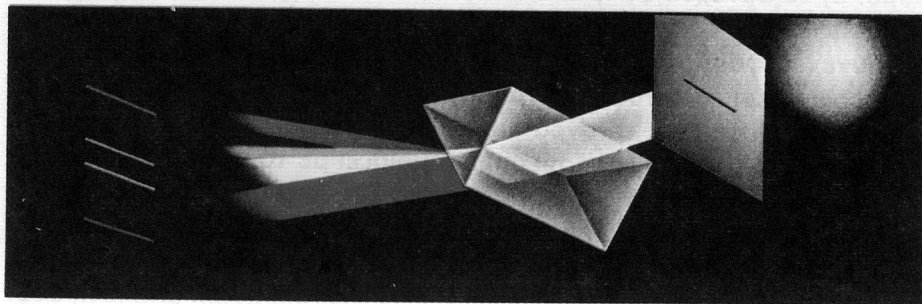
Όταν λοιπόν ένα ηλεκτρόνιο εκτελεί ταλάντωση γύρω από μια θέση με μια συχνότητα  $\nu$  παλμών ανά sec (Hz), παράγεται ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται στο χώρο σφαιρικά (σχ. 1.2) με ταχύτητα  $c=3 \cdot 10^8$  m/s και χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματος  $\lambda$  ( $c=\lambda\nu$ ). Όταν το κύμα συναντήσει ένα άλλο ηλεκτρόνιο, θα το θέσει σε ανάλογη ταλάντωση με την ίδια συχνότητα  $\nu$ . Έτσι αν το πρώτο ηλεκτρόνιο βρίσκεται π.χ. στα εξωτερικά στρώματα ενός αστέρα και το δεύτερο σ' ένα άτομο κάποιου κυττάρου του αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού (δέκτη) του παρατηρητή, η ταλάντωση του δεύτερου ηλεκτρονίου θα δώσει κατάλληλο σήμα στον εγκέφαλο μέσα από χημικές διαδικασίες, δημιουργώντας το αίσθημα του φωτός. Αυτό όμως εφόσον η συχνότητα  $\nu$  είναι κατάλληλη, βρίσκεται δηλαδή ανάμεσα σ' ορισμένα όρια. Το μάτι λοιπόν δέχεται μία ακτίνα συχνότητας  $\nu$ , ανάλογα δε με την τιμή της συχνότητας δημιουργείται η εντύπωση ενός χρώματος. Οι συχνότητες από  $4,3 \cdot 10^{14}$  Hz μέχρι  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz ( $\lambda$  μεταξύ 4.000 Å και 7.000 Å περίπου) αποτελούν την ορατή περιοχή του συνόλου των συχνοτήτων που μπορούν να υπάρξουν, δηλαδή του «ηλεκτρομαγνητικού



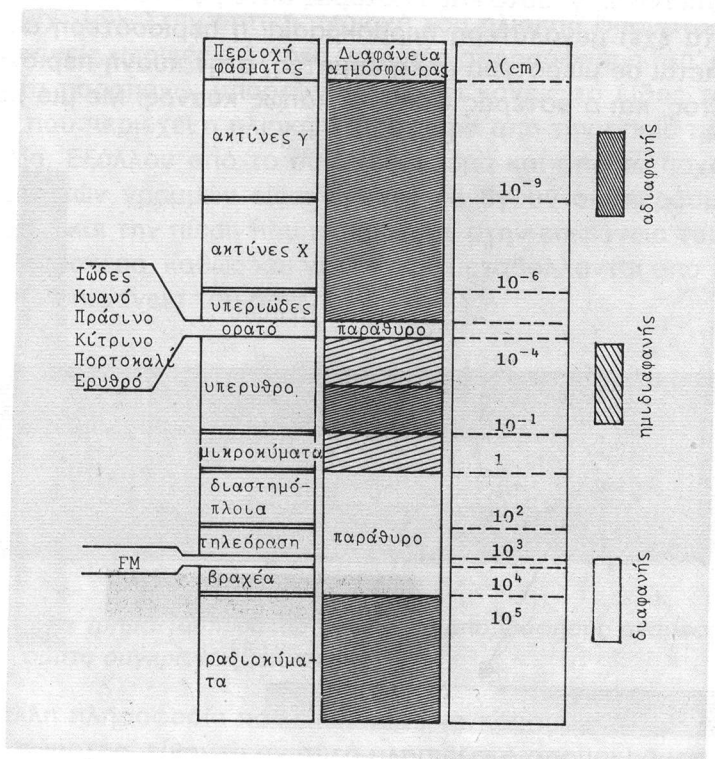
Σχήμα 1.2: Η φωτεινή ακτινοβολία από έναν αστέρα διαδίδεται στο χώρο σφαιρικά με μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

φάσματος», όπως λέγεται. Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα, όπου παρατηρείται ολόκληρη η ορατή περιοχή του φάσματος, αποτελούν τα χρώματα της ίριδας (ουράνιο τόξο), τα οποία οφείλονται στην ανάλυση του λευκού ηλιακού φωτός από τα υδροσταγονίδια της βροχής. Το ίδιο φαινόμενο πα-

ρατηρείται όταν λευκό φως διέρχεται μέσα από ένα γυάλινο πρίσμα (κρύσταλλος πολυελαίου) (σχ. 1.3). Το ερυθρό άκρο του φάσματος αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος  $\lambda$  (μικρές συχνότητες), ενώ το ιώδες άκρο σε μικρά μήκη κύματος (μεγάλες συχνότητες). Πέρα από το ερυθρό βρίσκεται το υπέρυθρο, τα ραδιοφωνικά κύματα, κλπ., ενώ πέρα από το ιώδες βρίσκεται το υπεριώδες, οι ακτίνες Χ, κλπ. Στο σχήμα 1.4 φαίνεται ολόκληρο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα με τις διάφορες περιοχές του.



Σχήμα 1.3: Ανάλυση λευκού φωτός στο φάσμα του, από ένα οπτικό πρίσμα.



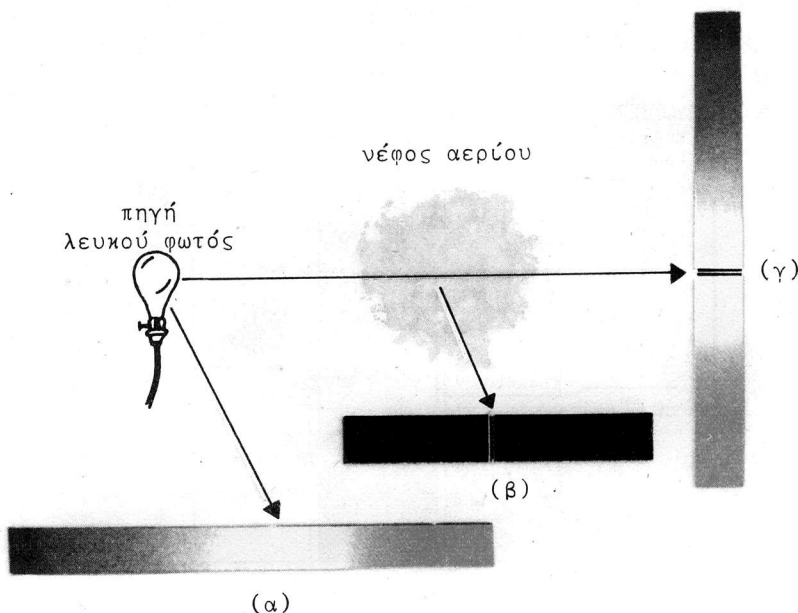
Σχήμα 1.4: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ακτινοβολίας και τα «παράθυρα» της γήινης ατμόσφαιρας που επιτρέπουν τη διέλευση ορισμένων περιοχών του.



Σήμερα η λήψη και εξέταση του φάσματος κάθε σώματος που εκπέμπει ακτινοβολία γίνεται με τη βοήθεια οργάνων που καλούνται **φασματογράφοι**. Η αρχή της λειτουργίας τους στηρίζεται στην ανάλυση της λαμβανόμενης ακτινοβολίας με τη βοήθεια πρισμάτων από κατάλληλο γυαλί ή άλλων οπτικών οργάνων (οπτικά φράγματα).

Τα φάσματα των διαφόρων πηγών ακτινοβολίας παρουσιάζονται με τρεις μορφές που ερμηνεύονται κατά διαφορετικούς τρόπους. Έτσι διακρίνουμε: α) το συνεχές φάσμα, β) το φάσμα εκπομπής και γ) το φάσμα απορρόφησης.

Το **συνεχές φάσμα** μιας πηγής περιέχει όλα τα μήκη κύματος μιας ή περισσότερων περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Τέτοιο φάσμα δίνουν π.χ. τα στερεά και τα υγρά που βρίσκονται σε διάπυρη κατάσταση, καθώς και τα αέρια υπό υψηλή πίεση, και μοιάζει με το φάσμα του σχήματος 1.5α. Η ενέργεια ακτινοβολίας όμως που εκπέμπεται στα διάφορα μήκη κύματος δεν είναι ίδια, δεν είναι δηλαδή κατανομημένη ομοιόμορφα στο φάσμα. Η κατανομή της εξαρτάται από τη θερμοκρασία της πηγής (μελανό σώμα). Έτσι π.χ. όταν ένας αστέρας έχει σχετικά μικρή απόλυτη θερμοκρασία  $T$ , η περισσότερη ακτινοβολία του εκπέμπεται στην ερυθρή περιοχή του φάσματος, γι αυτό και ο αστέρας αυτός φαίνεται κοκκινωπός. Όταν αντίθετα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία, η περισσότερη ακτινοβολία του εκπέμπεται σε μικρότερα μήκη κύματος, στην κυανή περιοχή δηλαδή του φάσματος, και ο αστέρας φαίνεται κάπως κυανός. Με μια ματιά στον



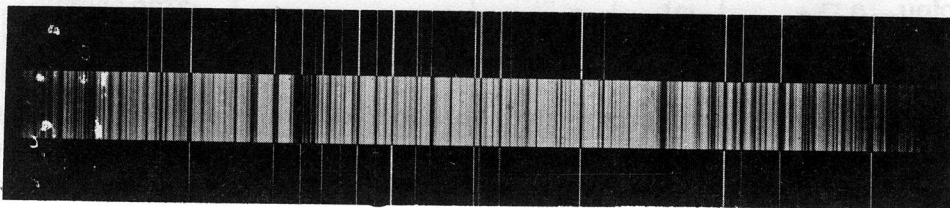
Σχήμα 1.5: Η αρχή δημιουργίας των διαφόρων φασμάτων ακτινοβολίας: α) συνεχές φάσμα, β) φάσμα εκπομπής, γ) φάσμα απορρόφησης.

ουρανό βλέπουμε πραγματικά πως διάφοροι αστέρες παρουσιάζουν διαφορετικές αποχρώσεις, πράγμα που σημαίνει πως έχουν διαφορετικές επιφανειακές θερμοκρασίες.

Το **φάσμα εκπομπής** μιας πηγής έχει ένα σκοτεινό υπόβαθρο πάνω στο οποίο υπάρχουν ορισμένες λαμπρές γραμμές. Τέτοιο π.χ. είναι το φάσμα ενός αερίου υπό χαμηλή πίεση (σχ. 1.5β). Η θέση των λαμπρών γραμμών εκπομπής στο φάσμα είναι χαρακτηριστική του είδους των ατόμων που περιέχει το αέριο.

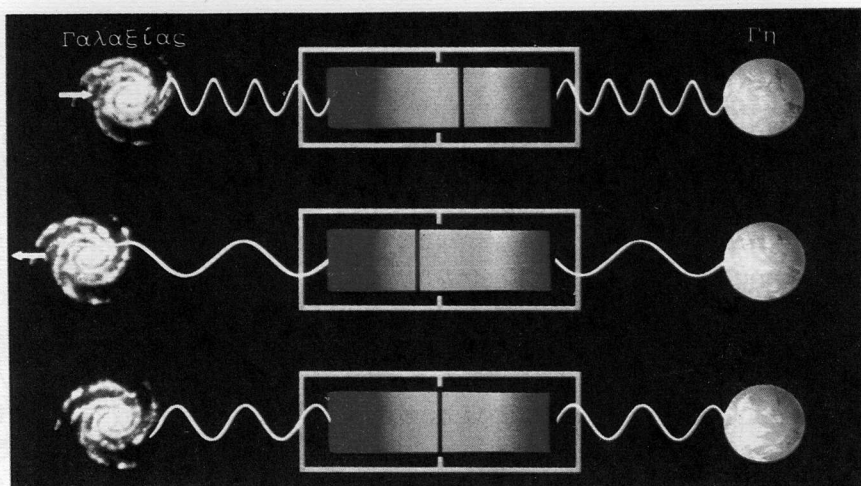
Το **φάσμα απορρόφησης** μιας πηγής αποτελείται από ένα συνεχές φωτεινό υπόβαθρο (συνεχές φάσμα), το οποίο διακόπτεται απ' ορισμένες σκοτεινές γραμμές. Τέτοιο π.χ. είναι το φάσμα που λαμβάνεται όταν μία δέσμη λευκού φωτός περνάει μέσα από ένα νέφος αερίου (σχ. 1.5γ). Η θέση των σκοτεινών γραμμών στο φάσμα είναι χαρακτηριστική του είδους των ατόμων που περιέχει το αέριο και συμπίπτει με τη θέση των γραμμών εκπομπής του ίδιου αερίου. Το νέφος του αερίου μ' άλλα λόγια απορροφάει από το λευκό φως της δέσμης τις ακτινοβολίες εκείνες που μπορεί κι εκπέμπει, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται κενά στο συνεχές φάσμα, δηλαδή οι σκοτεινές γραμμές απορρόφησης.

Το φάσμα του Ηλίου και των αστέρων είναι εν γένει ένα φάσμα απορρόφησης (σχ. 1.6). Στην οπτική περιοχή του ηλιακού φάσματος μπορεί να μετρήσει κανείς μερικές χιλιάδες γραμμές απορρόφησης. Απ' αυτές, σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορεί να γνωρίζει κανείς το είδος των χημικών στοιχείων που περιέχει η ηλιακή ατμόσφαιρα από την οποία προέρχεται η ακτινοβολία. Εξάλλου από το συνεχές φάσμα και από το πάχος (πλάτος) των φασματικών γραμμών είναι δυνατό να βγουν συμπεράσματα για τη θερμοκρασία και την πίεση που επικρατούν στην επιφάνεια του Ηλίου, και γενικά ενός αστέρα, καθώς και για το πως μεταβάλλονται από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του αστέρα.



Σχ. 1.6: Ένα τμήμα του ηλιακού φάσματος απορρόφησης ανάμεσα σε δύο φάσματα συγκρίσεως (εκπομπής).

Μία άλλη πληροφορία που μπορούμε να πάρουμε από το φάσμα ενός ουράνιου σώματος, είναι το αν αυτό πλησιάζει ή απομακρύνεται από εμάς και με ποια ταχύτητα. Η πληροφορία αυτή στηρίζεται στο **φαινόμενο Doppler (Ντόπλερ)**, κατά το οποίο, όταν μία πηγή κινείται με ταχύτητα  $u$  σε σχέση μ' έναν ακίνητο παρατηρητή, το μήκος κύματος  $\lambda$  μιας ακτινοβο-



Σχήμα 1.7: Φαινόμενο Doppler: το μήκος κύματος  $\lambda$  μιας ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη από μια φωτεινή πηγή (γαλαξίας) μικραίνει (επάνω) ή μεγαλώνει (μέση) όταν η πηγή πλησιάζει ή απομακρύνεται αντίστοιχα από τον παρατηρητή (Γη). Έτσι η αντίστοιχη γραμμή στο φάσμα της πηγής εμφανίζεται μετατοπισμένη, προς την κυανή ή ερυθρή περιοχή του αντίστοιχα, σε σχέση με τη θέση της όταν η πηγή είναι ακίνητη (κάτω).

λίας μεταβάλλεται (σχ. 1.7) κατά ποσότητα  $\Delta\lambda = \lambda \frac{u}{c}$ . Όταν η πηγή πλησιάζει προς τον παρατηρητή το  $\lambda$  μικραίνει ( $\Delta\lambda < 0$ ) ενώ όταν απομακρύνεται το  $\lambda$  μεγαλώνει. Αυτό σημαίνει πως όταν μία φασματική γραμμή στο φάσμα ενός αστέρα παρουσιάζεται μετατοπισμένη κατά ποσότητα  $\Delta\lambda$ , είναι δυνατό μετρώντας τη μετατόπιση αυτή  $\Delta\lambda$  να βρούμε την ταχύτητα προσέγγισης ή απομάκρυνσης του αστέρα, κατά τη διεύθυνση παρατηρητή – αστέρα. Η μέτρηση της μετατόπισης  $\Delta\lambda$  γίνεται με σύγκριση του φάσματος του αστέρα προς το φάσμα μιας σταθερής πηγής του εργαστηρίου.

### 1.3.3 Φωτομετρία

Σκοπός της φωτομετρίας είναι να προσδιοριστεί η φωτεινή ενέργεια ανά  $\text{cm}^2$  και  $\text{sec}$  (φωτεινή ροή) που φτάνει στο μάτι του παρατηρητή από ένα ουράνιο σώμα, η **φαινόμενη λαμπρότητα** του σώματος, όπως λέγεται. Στην αρχή αυτό γινόταν με γυμνό μάτι (οφθαλμοσκοπικά), με τη σύγκριση της φαινόμενης λαμπρότητας ενός αστέρα π.χ. προς τη λαμπρότητα ορισμένων προτύπων αστέρων ή μιας φωτεινής πηγής γνωστής λαμπρότητας. Από το 19<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου γίνονταν φωτογραφικά με τη μέτρηση των διαστάσεων και του βαθμού αμαύρωσης του φωτογραφικού ειδώλου του ουρανίου σώματος. Με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής μετά τον πόλεμο αναπτύχθηκε η φωτοηλεκτρική φωτομετρία που χρησιμοποιεί στις μετρήσεις ειδικές λυχνίες μεγάλης ακρίβειας και ειδικούς καταγραφείς.



### 1.3.4. Φαινόμενο και απόλυτο μέγεθος

Στην πράξη, εκείνο που μετριέται δεν είναι η φαινόμενη λαμπρότητα Β ενός ουρανίου σώματος, αλλά το **φαινόμενο μέγεθος** του  $m$ , που είναι ανάλογο προς το δεκαδικό λογάριθμο της λαμπρότητας:  $m = -2,5 \log B$ . Το  $m$  μετριέται σε «μεγέθη» αστρικά. Λέμε π.χ. ότι το φαινόμενο μέγεθος κάποιου αστέρα είναι 2,12 «μεγέθη» και γράφουμε  $2^m,12$  ή  $m=2,12 \text{ mag}$ .

Το φαινόμενο μέγεθος είναι η πρώτη φυσική ποσότητα που άρχισαν να προσδιορίζουν στην αρχαιότητα. Προς το σκοπό αυτό, πρώτος ο Ίππαρχος διαίρεσε τους ορατούς με το μάτι αστέρες σε έξη «μεγέθη» χαρακτηρίζοντας τους πιο λαμπρούς ως πρώτου μεγέθους και τους πιο αμυδρούς ως έκτου μεγέθους. Η εφεύρεση του τηλεσκοπίου επέτρεψε την παρατήρηση πιο αμυδρών αστέρων, με αποτέλεσμα να επεκταθεί η κλίμακα και πέρα από το 6<sup>ο</sup> μέγεθος. Με τα μεγάλα τηλεσκόπια βλέπουμε ή φωτογραφίζουμε σήμερα αστέρες μέχρι 24<sup>ου</sup> μεγέθους περίπου. Εξάλλου τα λαμπρότερα του 1<sup>ου</sup> μεγέθους ουράνια σώματα χαρακτηρίζονται με μεγέθη μηδέν και αρνητικά. Στον πίνακα I δίνονται τα μεγέθη μερικών ουρανίων σωμάτων και στον πίνακα II τα οριακά μεγέθη που μπορούμε να παρατηρήσουμε με διάφορα τηλεσκόπια.

ΠΙΝΑΚΑΣ I		ΠΙΝΑΚΑΣ II	
Ουράνιο σώμα	Φαινόμενο μέγεθος (mag)	Όργανο παρατήρησης	Οριακό μέγεθος (mag)
Ήλιος	-26,5	Μάτι (πόλη)	+ 3,0
Πανσέληνος	-12,5	Μάτι (εξοχή)	+ 6,5
Αφροδίτη	- 4,0	Κυάλια	+10,0
Σείριος (ο πιο λαμπρός αστέρας)	- 1,5	Τηλεσκόπιο 10cm	+12,0
Ποσειδώνας	+ 9,0	» 1m	+17,0
Πλούτωνας	+15,0	» 5m	+24,5

Η φωτεινή ενέργεια (ανά  $\text{cm}^2$  και sec) όμως που φτάνει στον παρατηρητή, δεν αποτελεί μέτρο της ενέργειας που εκπέμπει ένα ουράνιο σώμα, γιατί η πρώτη εξαρτάται από την απόσταση του σώματος. Μ' άλλα λόγια η φαινόμενη λαμπρότητα ενός ουρανίου σώματος εξαρτάται από την απόστασή του. Έτσι οι αστρονόμοι ανάγουν το φαινόμενο μέγεθος σε μία σταθερή απόσταση αναφοράς 10 παρσέκ (1 παρσέκ  $\Xi 1 \text{ pc} \approx 3 \cdot 10^{16} \text{m}$ ), το δε μέγεθος που βρίσκουν κατ' αυτό τον τρόπο το ονομάζουν **απόλυτο μέγεθος (M)**. Η αναγωγή αυτή γίνεται με τη σχέση:  $m-M = 5 \log r - 5$ , όπου  $r$  είναι η απόσταση του ουρανίου σώματος. Η σχέση αυτή χρησιμεύει αντίστροφα

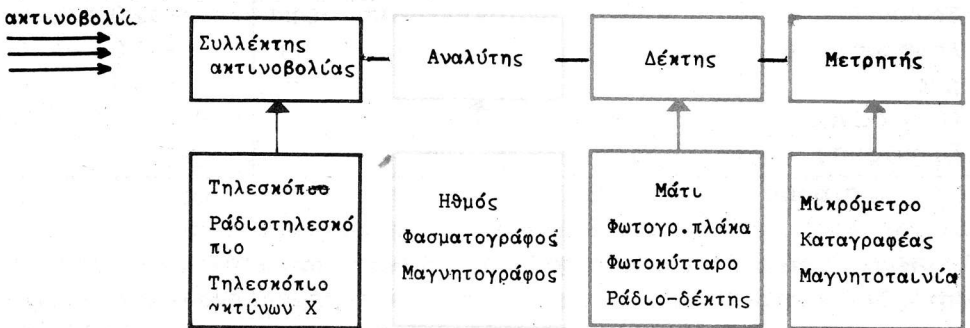
στον προσδιορισμό της απόστασης  $r$  του ουρανίου σώματος όταν μετρηθεί το φαινόμενο μέγεθος του  $m$  κι έχει βρεθεί με κάποια άλλη μέθοδο το απόλυτο μέγεθος του  $M$ .

### 1.3.5. Όργανα παρατηρήσεων

#### 1.3.5.1. Γενικά.

Σε κάθε είδους αστρονομική παρατήρηση, χρησιμοποιείται πάντοτε για τη συγκέντρωση της ακτινοβολίας του σώματος που παρατηρούμε, ένας συλλέκτης ακτινοβολίας, ή πιο απλά ένα **τηλεσκόπιο**. Επειδή η γήινη ατμόσφαιρα απορροφάει το μεγαλύτερο μέρος των αστρικών ακτινοβολιών, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο σ' εκείνες που ανήκουν σε ορισμένες περιοχές του φάσματος, αφήνοντας ορισμένα «παράθυρα» καθώς λέμε (σχ. 1.4), οι παρατηρήσεις από το έδαφος είναι δυνατές μόνο μέσα από τα παράθυρα αυτά. Για το οπτικό παράθυρο του φάσματος χρησιμοποιείται ένα οπτικό τηλεσκόπιο και για το παράθυρο της περιοχής των ραδιοκυμάτων ένα ραδιοτηλεσκόπιο. Για την ανάλυση και μελέτη εξάλλου της σχηματιζόμενης εικόνας (ειδώλου) από την οποία αντλούμε τις πληροφορίες που μας χρειάζονται, χρησιμοποιούνται ποικίλα όργανα, που μπορούμε να κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες:

α) στους αναλύτες (ηθμός, φασματογράφος, κ.ά.), β) στους δέκτες (μάτι, φωτογραφική πλάκα, φωτοκύτταρο, κ.ά.) και γ) στα όργανα μετρήσεως (μετρητική μηχανή, καταγραφέας, κ.ά.). Έτσι μία πλήρης διάταξη για την εκτέλεση παρατηρήσεων έχει τη μορφή του σχήματος 1.8.



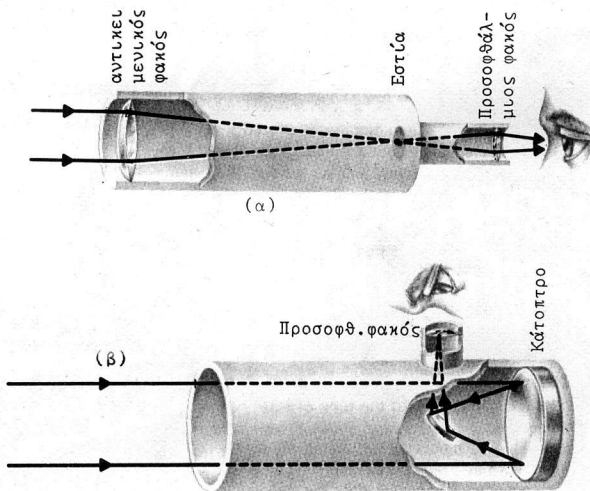
Σχήμα 1.8: Διάταξη οργάνων για την εκτέλεση αστρονομικών παρατηρήσεων.

#### 1.3.5.2. Οπτικά τηλεσκόπια

Τα τηλεσκόπια, που εφευρέθηκαν ανάμεσα στο 1600 και 1608, διακρίνονται από απόψεως κατασκευής σε **διοπτρικά** και σε **κατοπτρικά**. Στα διο-

πτρικά, για τη συγκέντρωση του φωτός χρησιμοποιείται ένας φακός ή συνηθέστερα ένα σύστημα φακών, ενώ στα κατοπτρικά ένα κάτοπτρο με σχήμα συνήθως παραβολοειδές (σχ. 1.9.).

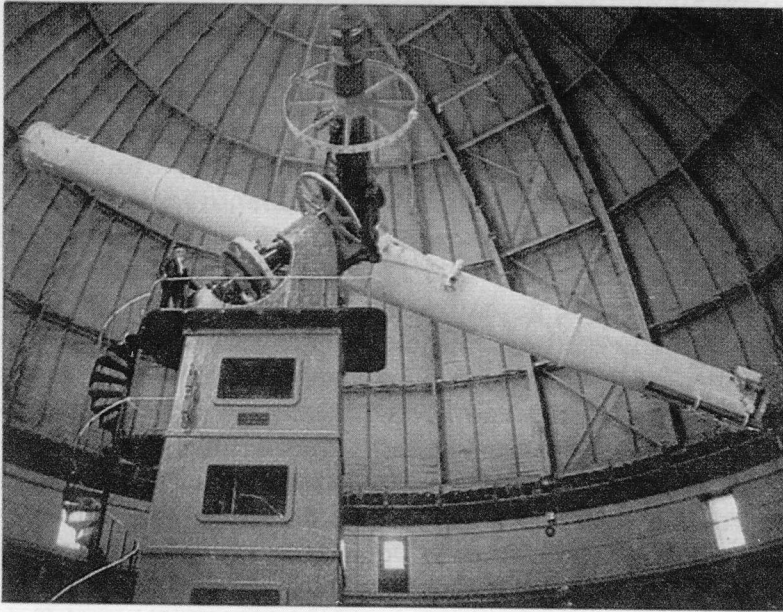
Κάθε τηλεσκόπιο χαρακτηρίζεται βασικά από τις ακόλουθες επιδόσεις του: α) από τη συγκέντρωση φωτός, που είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του συλλέκτη (φακού ή κατόπτρου): έτσι όσο μεγαλύτερης διαμέτρου είναι ένα τηλεσκόπιο, τόσο αμυδρότερους αστέρες μπορούμε να παρατηρούμε, τόσο μακρύτερα μέσα στο χώρο μπορούμε να δούμε. Η εντύπωση που επικρατεί σε πολλούς ότι με μεγαλύτερο τηλεσκόπιο βλέπουμε τους αστέρες μεγαλύτερους, δεν είναι σωστή. Οι αστέρες φαίνονται πάντοτε σαν φωτεινά σημεία, όπως με γυμνό μάτι, αλλά πιο λαμπρά λόγω της συγκέντρωσης της ακτινοβολίας τους. Εκείνα τα ουράνια σώματα που φαίνονται μεγαλύτερα, είναι ο Ήλιος, η Σελήνη, οι πλανήτες και όσα γενικά έχουν αισθητή επιφάνεια λόγω της μικρής τους απόστασης, β) από τη διακριτική του ικανότητα, τη δυνατότητά του δηλαδή να ξεχωρίζει δύο κοντινούς στον ουρανό αστέρες, που είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος του συλλέκτη και γ) από τη μεγέθυνση που μπορεί να δώσει, που εξαρτάται από την εστιακή του απόσταση, αλλά και από το χρησιμοποιούμενο προσοφθάλμο φακό (βλ. σχ. 1.9).



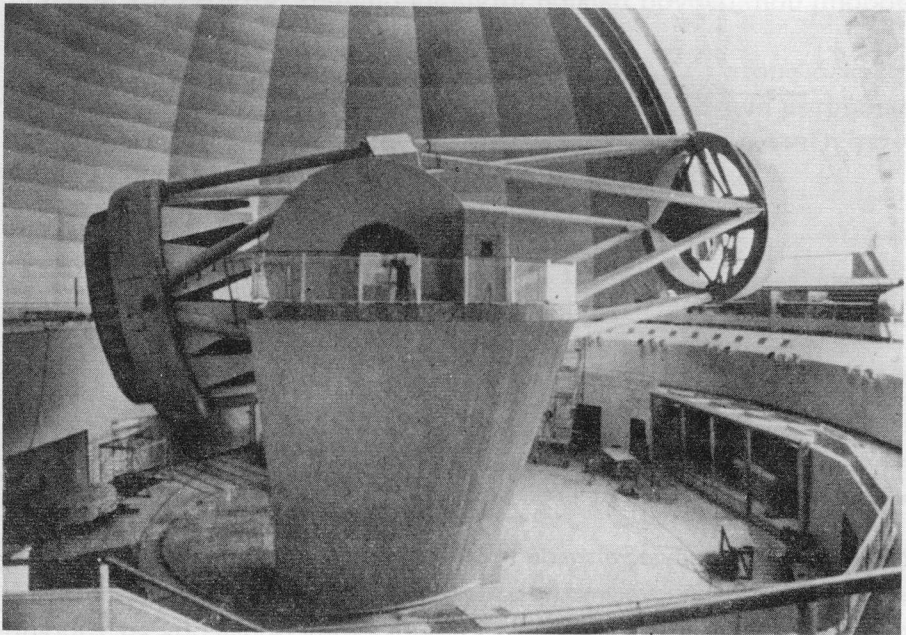
Σχήμα 1.9: Αρχή λειτουργίας οπτικού τηλεσκοπίου: α) διοπτρικού, β) κατοπτρικού.

Είναι λοιπόν φανερό πως οι αστρονόμοι έχουν συμφέρον να χρησιμοποιούν όσο το δυνατό μεγαλύτερα τηλεσκόπια. Δυστυχώς όμως, οι τεχνικές αλλά και οικονομικές δυσκολίες για την κατασκευή τους είναι τεράστιες. Το πιο μεγάλο διοπτρικό τηλεσκόπιο του κόσμου, διαμέτρου 1,03 m, βρίσκεται στο αστεροσκοπείο του Yerkes (Γιέρκς), στην Αμερική (σχ.



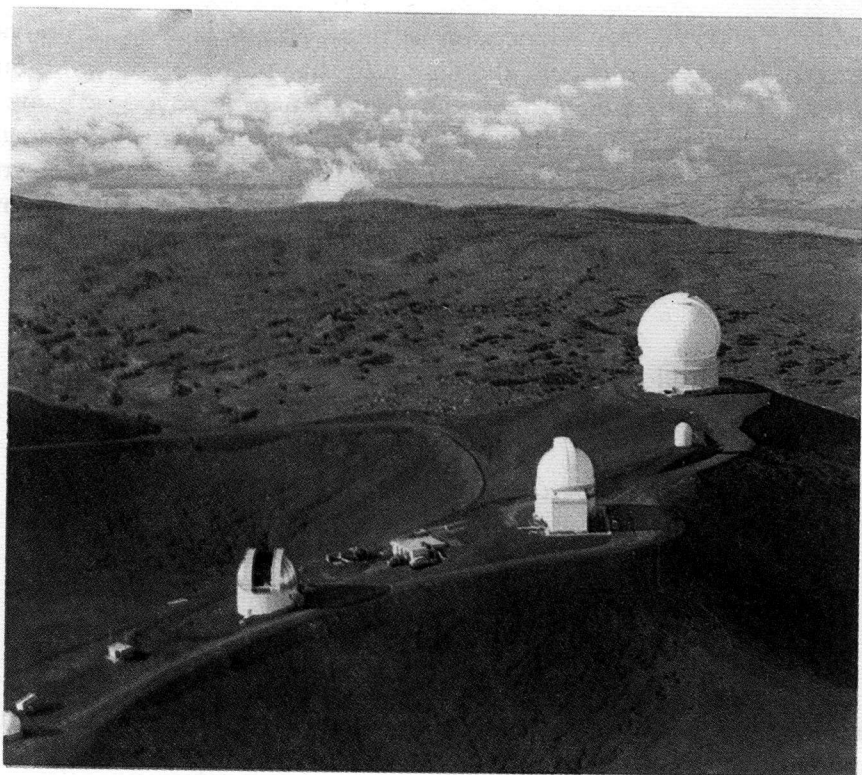


(α)



(β)

**Σχήμα 1.10:** Τα μεγαλύτερα οπτικά τηλεσκόπια του κόσμου:  
 α) διοπτρικό (103 cm) του Yerkes (ΗΠΑ),  
 β) κατοπτρικό (6 m) του Καυκάσου (Σοβιετική Ένωση.)



Σχήμα 1.11: Αστεροσκοπείο μεγάλου ύψους (Χαβάη) με τους θόλους που στεγάζουν τα τηλεσκόπια.

1.10α), ενώ το μεγαλύτερο κατοπτρικό, διαμέτρου 6 m, στο αστεροσκοπείο του Καυκάσου, στη Σοβιετική Ένωση (σχ. 1.10β). Σήμερα δεν κατασκευάζονται πια μεγάλα διοπτρικά τηλεσκόπια, για λόγους τεχνικούς και οικονομικούς.

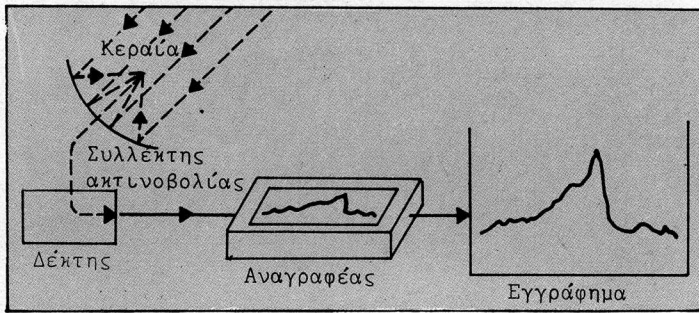
Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο διοπτρικό τηλεσκόπιο, διαμέτρου 63 cm, βρίσκεται στον αστρονομικό σταθμό Πεντέλης, στην Αθήνα. Το μεγαλύτερο κατοπτρικό, διαμέτρου 1,2 m, βρίσκεται στον αστρονομικό σταθμό Κρυονερίου, στην ορεινή Κορινθία.

Κάθε τηλεσκόπιο είναι στεγασμένο σε κτήριο με περιστρεφόμενο συνήθως θόλο με θυρίδα, που του εξασφαλίζει και προστασία και δυνατότητα παρατήρησης προς κάθε σημείο του ουρανού (σχ. 1.11).

### 1.3.5.3. Ραδιοτηλεσκόπια

Τα ραδιοτηλεσκόπια, που αναπτύχθηκαν μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, μας επιτρέπουν να «παρατηρούμε» τις πηγές ραδιοεκπομπής, τα διάφορα δηλαδή ουράνια σώματα που εκπέμπουν ακτινοβολία στην περιο-

χή των ραδιοκυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Μ' αυτά συγκεντρώνεται η ακτινοβολία σε μία κεραία και μετατρέπεται σε διαφορά δυναμικού (σήμα). Το σήμα, αφού ενισχυθεί κατάλληλα, καταγράφεται σε μία ταινία χαρτιού (σχ: 1.12) ή σε μαγνητοταινία. Διακρίνονται από απόψεως λειτουργίας, σε κινούμενα και σε ακίνητα. Τα κινούμενα έχουν σύστημα στήριξης, ανάλογο με των οπτικών, που τους επιτρέπει να κατευθύνονται σε κάθε σημείο του ουρανού και να παρακολουθούν συνεχώς την πηγή ρα-



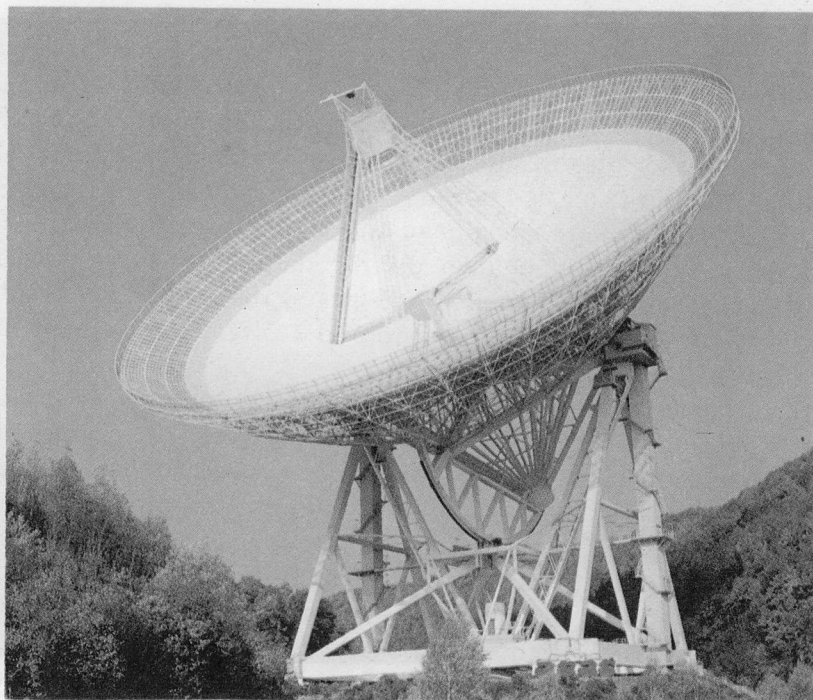
Σχήμα 1.12: Αρχή της λειτουργίας ενός ραδιοτηλεσκοπίου.

κτινοβολίας (σχ. 1.13α), ενώ τα ακίνητα είναι ακλόνητα στερεωμένα και παρατηρούν μόνο τις πηγές που βρίσκονται μέσα στην περιοχή που καλύπτει η κεραία τους (σχ. 1.13β). Το πιο μεγάλο κινητό ραδιοτηλεσκόπιο έχει διάμετρο 100 m και βρίσκεται στη Βόννη (Δυτ. Γερμανία)· το πιο μεγάλο ακίνητο (παραβολικό) έχει διάμετρο 305 m και βρίσκεται στο Πόρτο Ρίκο (Αμερική).

Για ν' αυξήσουν τη διακριτική ικανότητα των ραδιοτηλεσκοπίων, που είναι μικρή, οι ραδιοαστρονόμοι χρησιμοποιούν **ραδιοσυμβολόμετρα**, που αποτελούνται από πολλά ραδιοτηλεσκόπια τοποθετημένα μαζί και συνδεδεμένα κατά διαφόρους σχηματισμούς. Έτσι είναι δυνατό να ανιχνεύουμε στον ουρανό πηγές πολύ μικρών διαστάσεων. Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας εξάλλου των ραδιοτηλεσκοπίων είναι δυνατή η ανίχνευση **ραδιοπηγών** σε τεράστιες αποστάσεις, μ' αποτέλεσμα να «βλέπουμε» πιο μακριά και να μεγαλώνει έτσι, καθώς λέμε, η ακτίνα του σύμπαντος που παρατηρούμε.

### 1.3.6. Τοποθεσίες παρατηρήσεων

Το μεγάλο πρόβλημα σε κάθε οπτική αστρονομική παρατήρηση είναι η παρεμβολή της γήινης ατμόσφαιρας, που επηρεάζει αποφασιστικά την ποιότητα των αστρικών ειδώλων και συνεπώς την αποτελεσματικότητα των παρατηρήσεων. Η φωτεινή δέσμη από έναν αστέρα, κατά τη διαδρομή της,



(a)



(b)

Σχήμα 1.13: Τα μεγαλύτερα παραβολικά ραδιοηλεκτροσκοπία του κόσμου:  
α) κινητό (100 m) της Βόννης (Δυτ. Γερμανία)  
β) ακίνητο (305 m) του Πόρτο Ρίκο (ΗΠΑ).



απο την είσοδό της στην ατμόσφαιρα μέχρι το εστιακό επίπεδο του τηλεσκοπίου, διασχίζει αέρια στρώματα των οποίων η πυκνότητα μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο και από στιγμή σε στιγμή. Το αποτέλεσμα είναι το είδωλο του αστέρα να μετατοπίζεται στο εστιακό επίπεδο κατά ακανόνιστο τρόπο γύρω από μία μέση θέση, ενώ παράλληλα μεταβάλλεται συνεχώς η λαμπρότητά του. Το πρώτο φαινόμενο καλείται **διαταραχή** και το δεύτερο **σπινθηρισμός**. Ο σπινθηρισμός είναι ορατός και με γυμνό μάτι (τρεμόσθημα των αστέρων), που παίζει το ρόλο του φακού του τηλεσκοπίου, και είναι γνωστός με την ονομασία **στίλβη**. Και τα δύο φαινόμενα είναι τόσο πιο έντονα όσο πιο μεγάλο είναι το τηλεσκόπιο.

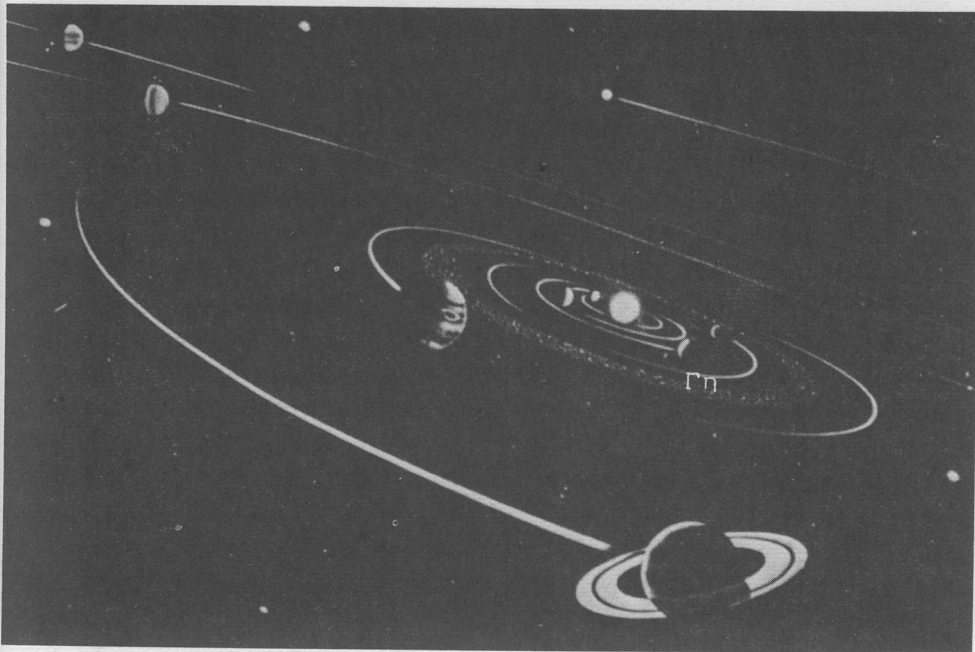
Σήμερα, προκειμένου να εγκατασταθεί ένα τηλεσκόπιο, γίνεται επίλογη της τοποθεσίας ύστερα από δοκιμαστικές συγκριτικές παρατηρήσεις με ειδικά όργανα, τόσο μετεωρολογικά όσο και αστρονομικά, σε διάφορες τοποθεσίες. Οι παρατηρήσεις αυτές έχουν ως σκοπό τον προσδιορισμό της νέφωσης, του ανέμου, της υγρασίας, της θερμοκρασίας και ιδιαίτερα της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επιπλέον, εξετάζεται η διαφάνεια της ατμόσφαιρας και άλλοι παράγοντες. Βασικά πάντως επιδιώκεται η εγκατάσταση μακριά από πόλεις, για την αποφυγή των φώτων, καθώς και σε υψηλές τοποθεσίες όπου ένα μεγάλο ποσοστό των ατμοσφαιρικών διαταραχών αποφεύγεται.

## **1.4. Η ιεραρχία του σύμπαντος**

Πριν περιγράψουμε τα διάφορα ουράνια σώματα είναι σκόπιμο να δούμε συνοπτικά ποια είναι τα σώματα αυτά και ποια θέση κατέχουν στην ιεραρχία του σύμπαντος.

Ζούμε πάνω στη Γη, ένα μικροσκοπικό πλανήτη –τον τρίτο κατά σειρά– του ηλιακού μας συστήματος (σχ. 1.14), που περιφέρεται γύρω από τον **Ήλιο** σε μία τροχιά σχεδόν κυκλική, ακτίνας 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων περίπου. Ο Πλούτωνας, ο 9<sup>ος</sup> και τελευταίος γνωστός πλανήτης του ηλιακού συστήματος, κινείται σε μια τροχιά ακτίνας 6 δισεκατομμυρίων χιλιομέτρων περίπου, πράγμα που σημαίνει πως η διάμετρος του ηλιακού συστήματος είναι το διπλάσιο. Ο κοντινότερος προς τον Ήλιο αστέρας, ο **εγγύτατος Κενταύρου** όπως λέγεται, απέχει 4,3 έτη φωτός κι αυτό σημαίνει ότι το φως του χρειάζεται 4,3 χρόνια για να φτάσει στη Γη. Επειδή είναι δύσκολο να συνειδητοποιήσει κανείς το μέγεθος αυτών των τεράστιων αποστάσεων, θα χρησιμοποιήσουμε αναλογικά μία πιο εντυπωσιακή εικόνα: αν εξομοιώσουμε τον Ήλιο μ' ένα πορτοκάλι, η Γη θα έχει το μέγεθος ενός κόκκου άμμου και θα βρίσκεται σε απόσταση 10 m· ο Δίας, ο μεγαλύ-

(a)



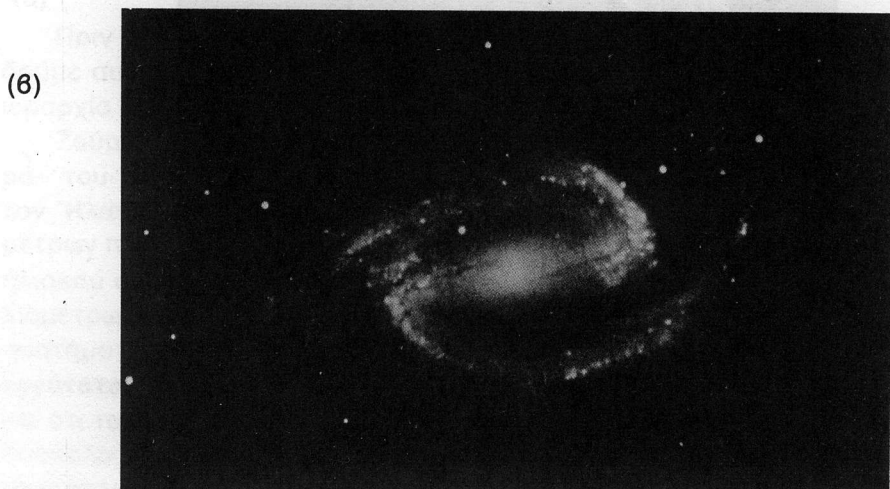
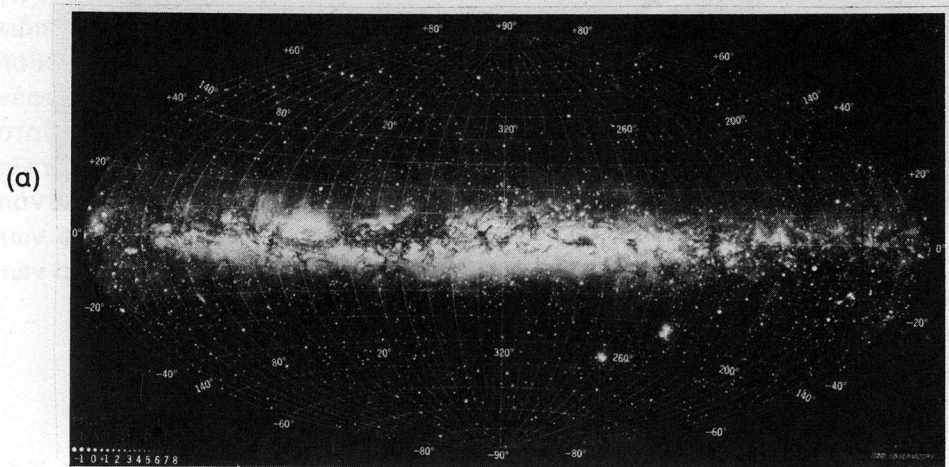
(β)



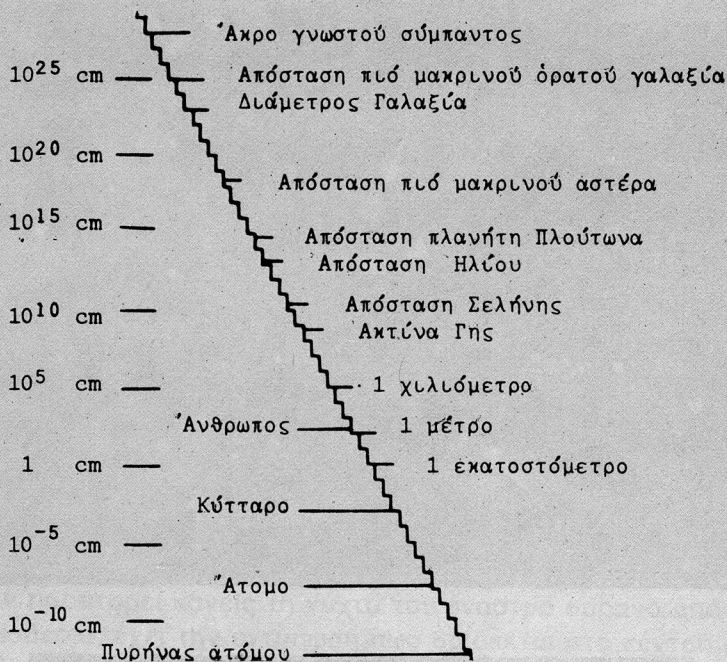
Σχήμα 1.14: α) Παράσταση του ηλιακού συστήματος, β) Ο τρίτος πλανήτης Γη στο διάστημα, όπως φωτογραφήθηκε από διαστημόπλοιο του προγράμματος «Απόλλων».

τερος πλανήτη του ηλιακού συστήματος, θα έχει το μέγεθος ενός κερασιού και θα βρίσκεται σε απόσταση 70 m· ο Πλούτωνας θα έχει το μέγεθος ενός κόκκου άμμου και θα βρίσκεται σε απόσταση 400 m· ο κοντινότερος τέλος αστέρας, ένα άλλο δηλαδή πορτοκάλι, θα βρίσκεται σε απόσταση επτά φορές μεγαλύτερη από την απόσταση της Σελήνης, που είναι 384.000 km. Η επέκταση της κλίμακας αυτής των αποστάσεων μέσα στο σύμπαν οδηγεί σε φανταστικές τιμές.

Πράγματι ο Ήλιος δεν είναι παρά ένας μάλλον μικρός αστέρας του **Γαλαξία** μας, μιας τεράστιας συγκέντρωσης αστέρων (200 δισεκατομμυρίων περίπου) αερίων και κονιορτού που συγκρατούνται με δυνάμεις βαρύτητας σ' ένα χώρο φακοειδούς σχήματος (σχ.1.15). Η μεγαλύτερη διάσταση του Γαλαξία είναι 100.000 έτη φως, η δε απόστασή του από ένα πολύ



Σχήμα 1.15: α) Συνθετική εικόνα του Γαλαξία μας (Αστεροσκοπείο Lund).  
β) Ένας από τα δισεκατομμύρια γαλαξίες.

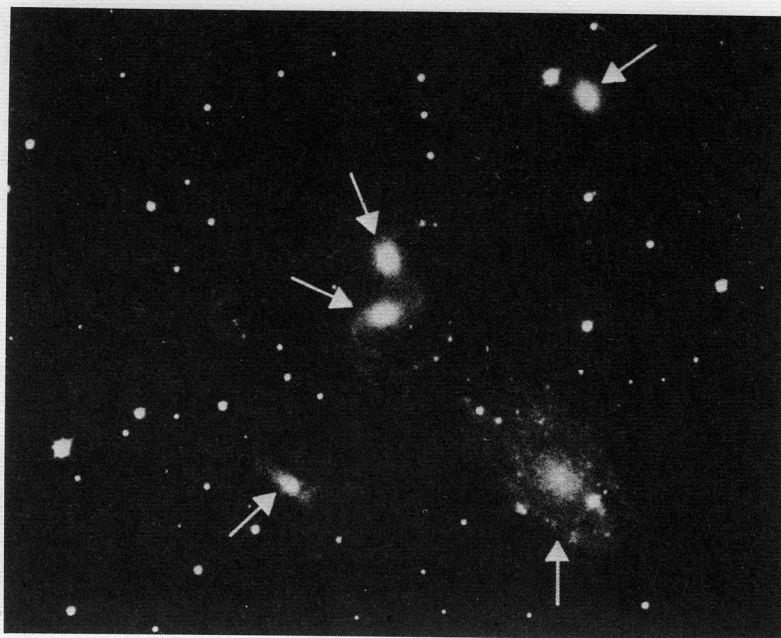


Σχήμα 1.16: Η κλίμακα μεγεθών και αποστάσεων στο σύμπαν.

κοντινό γαλαξία (της Ανδρομέδας) είναι 2 εκατομμύρια έτη φωτός. Οι **γαλαξίες** πάλι που μπορούμε να παρατηρήσουμε σήμερα στο σύμπαν ανέρχονται σε πολλά δισεκατομμύρια (σχ. 1.15β) και ο πιο μακρινός απ' αυτούς απέχει 10 δισεκατομμύρια έτη φωτός. Στο σχήμα 1.16 δίνονται μερικές χαρακτηριστικές διαστάσεις που συναντώνται μέσα στο σύμπαν.

Το ερώτημα που τίθεται τώρα είναι: πως είναι διανεμημένοι οι γαλαξίες στο χώρο, κι αν υπάρχει ύλη στο μεταξύ τους διάστημα. Οι μεμονωμένοι γαλαξίες είναι λιγότεροι από το 50% του συνόλου. Οι περισσότεροι ανήκουν σε συγκεντρώσεις, σε **σμήνη γαλαξιών** όπως λέμε, που είναι δυνατό να περιλαμβάνουν μερικές δεκάδες (ομάδες γαλαξιών) ως μερικές χιλιάδες μέλη (σχ. 1.17). Έτσι η **Τοπική Ομάδα**, στην οποία ανήκει ο Γαλαξίας μας και ο γαλαξίας της Ανδρομέδας, περιλαμβάνει 17 γνωστά μέλη. Το κοντινότερο σμήνος, που βρίσκεται στον αστερισμό της Παρθένου, περιλαμβάνει 2.500 γαλαξίες, ενώ το γιγαντιαίο σμήνος που βρίσκεται στον αστερισμό του Ηρακλή, περιλαμβάνει μερικές χιλιάδες (σχ. 1.17β). Σήμερα πιστεύεται πως υπάρχουν και **υπερσμήνη γαλαξιών**, συγκεντρώσεις δηλαδή σμηνών. Ανάμεσα τέλος στους γαλαξίες υπάρχει μεσογαλαξιακή ύλη και ακτινοβολία.





**Σχήμα 1.17:** Μικρό σμήνος (ομάδα) γαλαξιών, επάνω και τμήμα μεγάλου σμήνους γαλαξιών κάτω.