

«Μέτρηση της ταχύτητας  
απομάκρυνσης των μακρινών  
γαλαξιών»

PCCP - Université de Paris

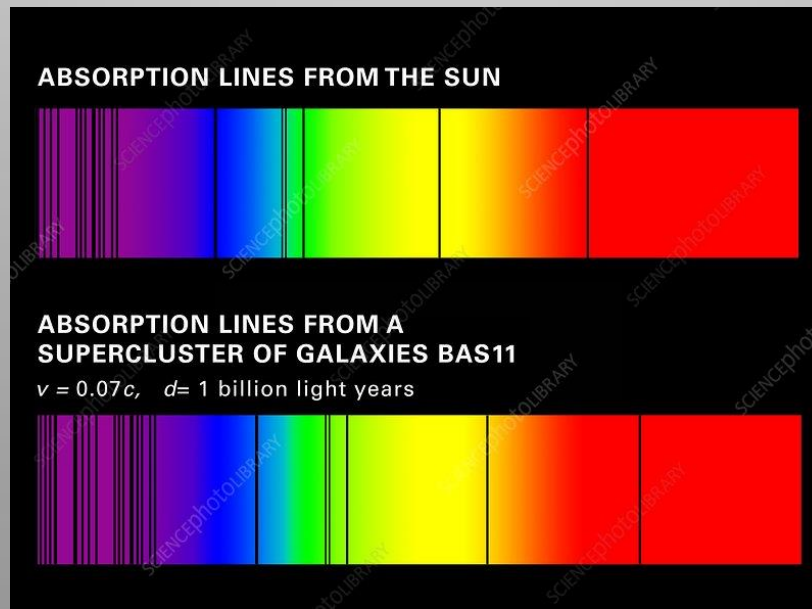
# Edwin Hubble – 1920s

- Ο **Hubble** μετράει για πρώτη φορά συστηματικά αποστάσεις μακρινών αντικειμένων (Κηφείδες – μεταβλητοί αστέρες)
- Ανακαλύπτει την ύπαρξη **γαλαξιών**



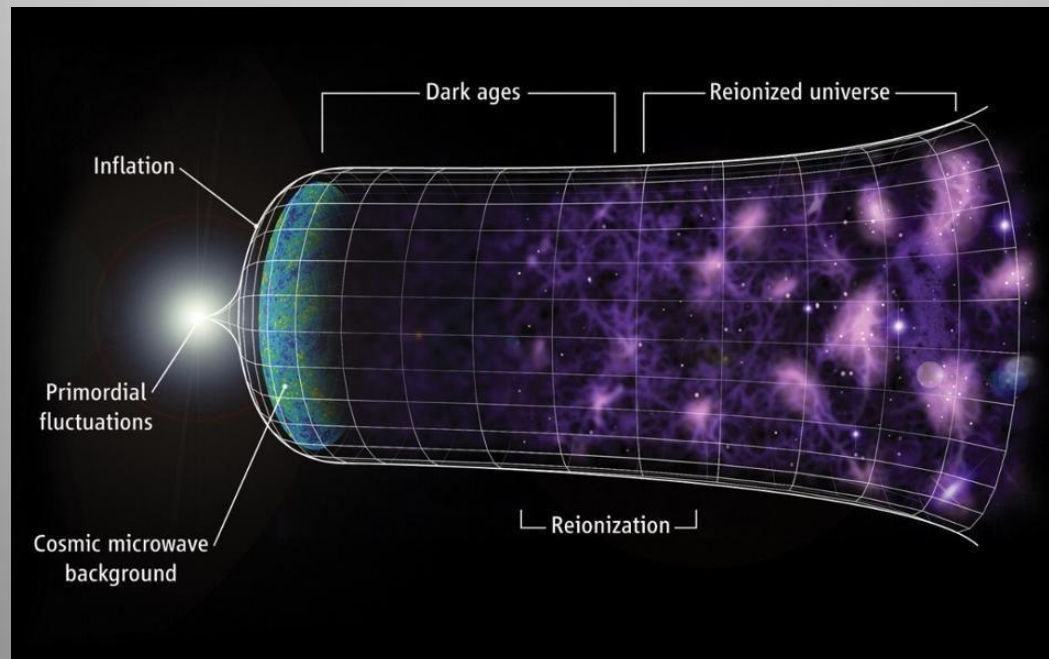
# Μετατόπιση προς το ερυθρό

- Λίγο πριν τον Hubble, ο Vesto Slipher μελετάει τα **φάσματα** άγνωστων αντικειμένων (γαλαξιών) και ανακαλύπτει ότι οι γραμμές απορρόφησης είναι **μετατοπισμένες προς το ερυθρό** λόγω του φαινομένου Doppler



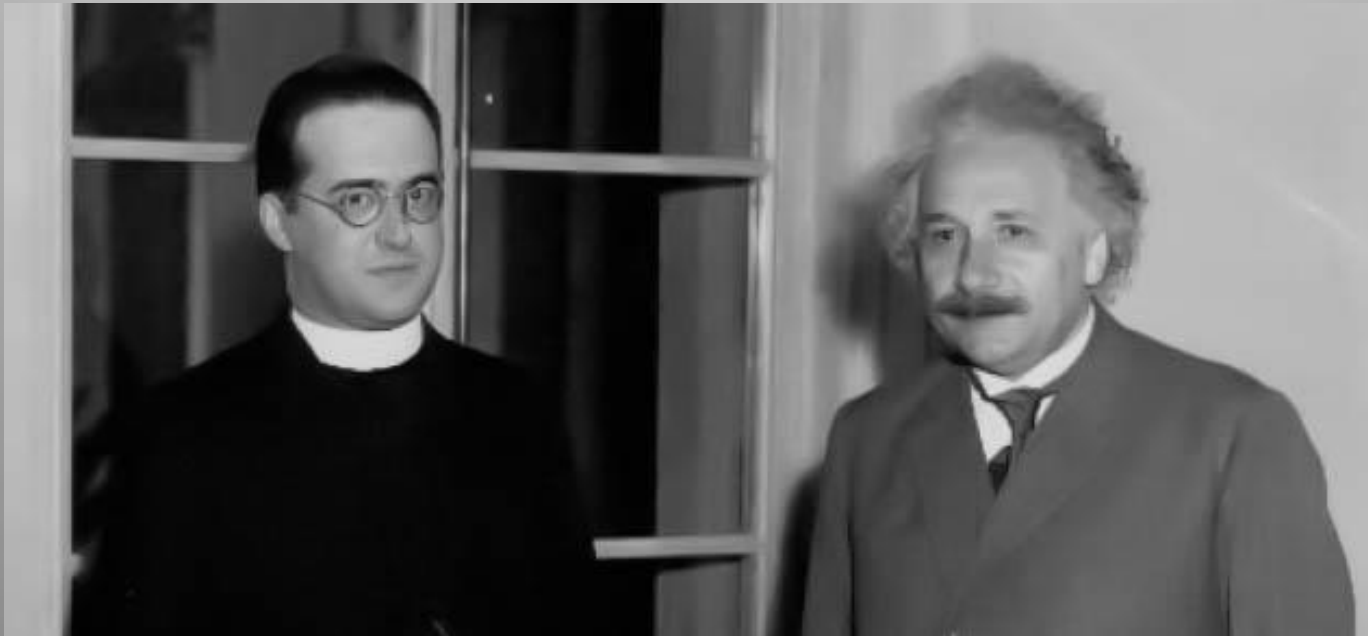
# Μετατόπιση προς το ερυθρό

- Ο Hubble ανακαλύπτει ότι η μετατόπιση και η απόσταση κάθε γαλαξία συνδέονται
- Συμπεραίνει ότι το σύμπαν δεν είναι στατικό αλλά **διαστελλόμενο**



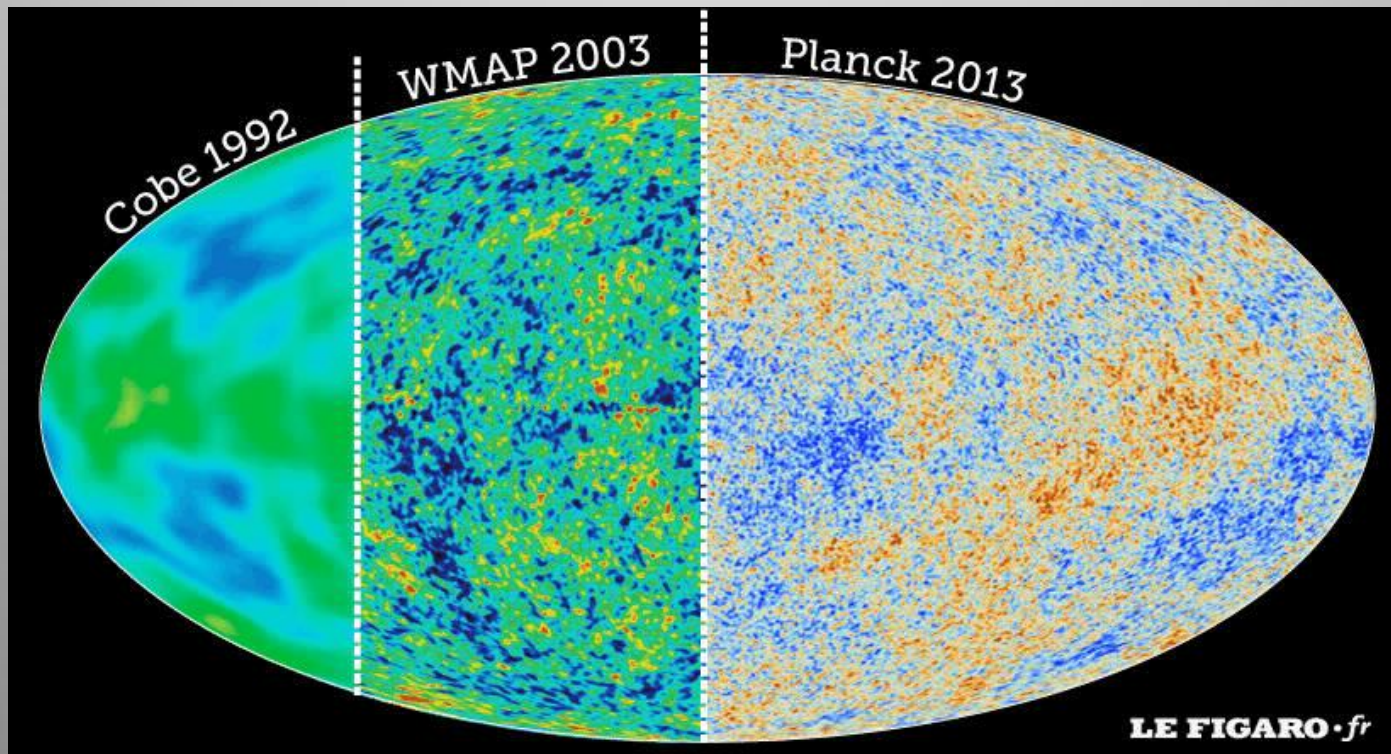
# Big Bang

- Το 1927 βασιζόμενος στις παρατηρήσεις του Hubble, ο **Georges Lemaître** διατυπώνει τη θεωρία του **πρωταρχικού ατόμου**
- Ο Einstein αρχικά την απορρίπτει (Although your calculations are correct, your physics is abominable) αλλά το 1931 την αποδέχεται



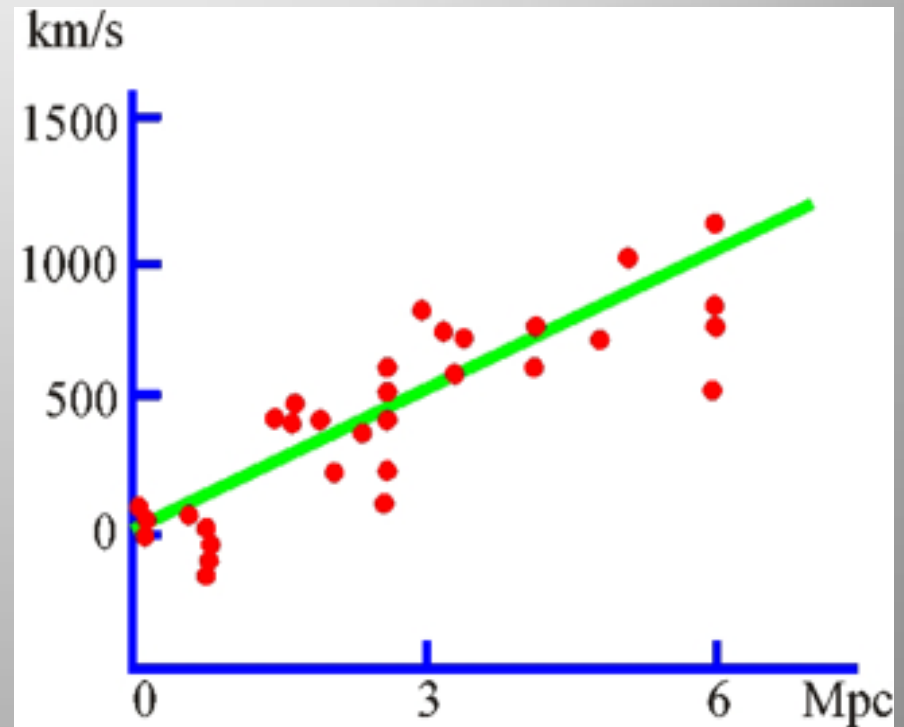
# Big Bang

- Το 1964 η παρατήρηση του **κοσμικού υποβάθρου μικροκυμματικής ακτινοβολίας (CMB)** (Penzias & Wilson) επιβεβαίωσε τη θεωρία



# Νόμος του Hubble

- $v = H_0 D$
- $H_0$  : σταθερά του Hubble
- **Ηλικία** του σύμπαντος: 13,7 δις. χρόνια ( $T = 1/H_0$ )

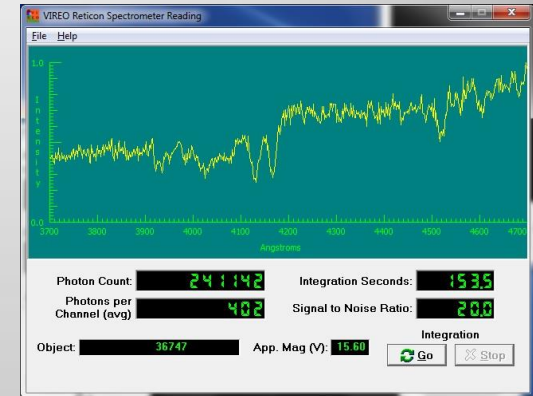


# Άσκηση

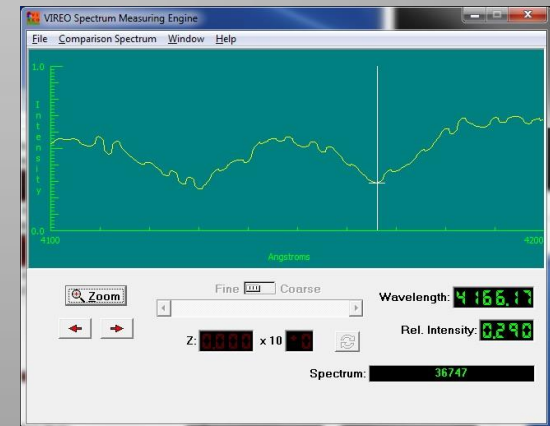
- Θα επαναλάβουμε τις παρατηρήσεις του Hubble χρησιμοποιώντας μια σύγχρονη μέθοδο
- Θα μετρήσουν τις **αποστάσεις** και **ταχύτητες** απομάκρυνσης των γαλαξιών
- Μια σειρά από video δείχνουν ακριβώς τι κάνει ένας αστρονόμος για να μετρήσει το φάσμα και τη φωτεινότητα ενός γαλαξία (χειρισμός software τηλεσκοπίου και φασματομέτρου)
- Οι μαθητές καταγράφουν τα **δεδομένα** από τα video και τις φωτογραφίες που περιέχονται στην άσκηση

# Άσκηση

- Οι μαθητές θα μετρήσουν τη φωτεινότητα των γαλαξιών
- Θα μελετήσουν τις γραμμές απορρόφησης Η και Κ του ασβεστίου
- Θα συγκρίνουν τα γνωστά μήκη κύματος με τα παρατηρούμενα



Φωτεινότητα



Γραμμές απορρόφησης

# Άσκηση

- Απόσταση (D):  $\log D = \frac{m-M+5}{5}$
- M, m απόλυτο και φαινόμενο μέγεθος γαλαξία
- Ταχύτητα  $V_H = c \frac{\Delta\lambda_H}{\lambda_H}$ ,  $V_K = c \frac{\Delta\lambda_K}{\lambda_K}$
- Βάζοντας τις μετρήσεις τους σε διάγραμμα υπολογίζουν τη σταθερά του Hubble ( $H_0$ )
- Από αυτή μπορούν να υπολογίσουν την ηλικία του σύμπαντος

# Σενάριο

- 5 φάσεις ανακαλυπτικής μάθησης
- ISE portal (Ελληνικά και Αγγλικά)
- Ερωτήσεις/δραστηριότητες για τους μαθητές
- Οδηγίες για τους καθηγητές
- Ενσωματωμένες φωτογραφίες και video για τις μετρήσεις των μαθητών
- Excell για την επεξεργασία των δεδομένων

# «Μέτρηση της ταχύτητας απομάκρυνσης των μακρινών γαλαξιών»: Υπολογισμός της ηλικίας του Σύμπαντος

Πρόκληση Ενδιαφέροντος και Θέση Ερωτημάτων

Δημιουργία Υποθέσεων και Σχεδίου Εργασιών

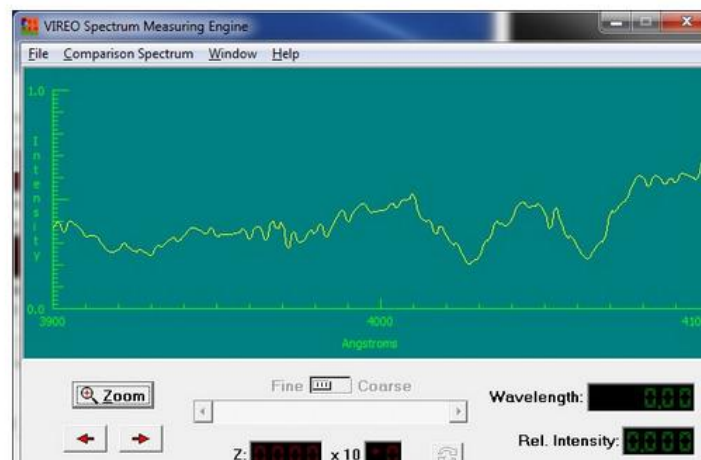
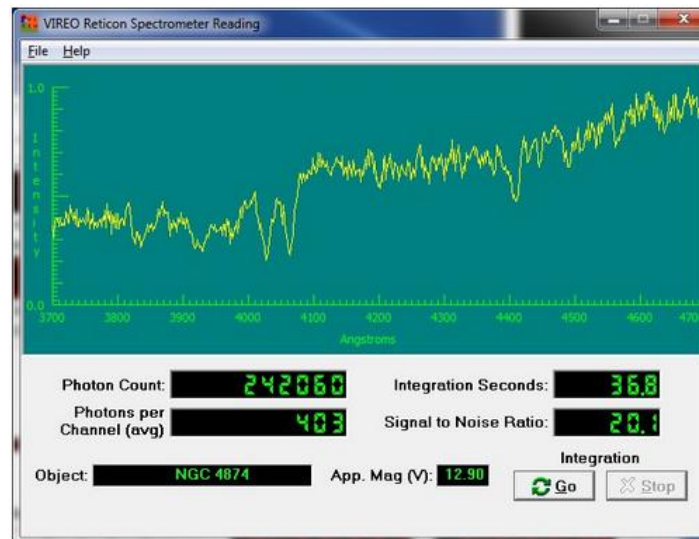
Σχεδιασμός και Πειραματισμός

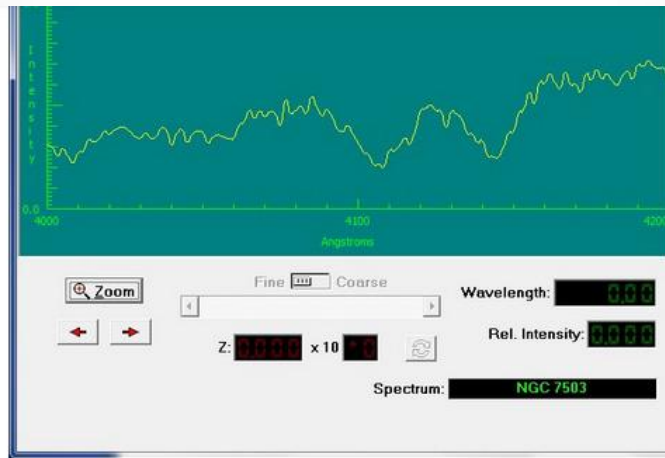
Ανάλυση και Ερμηνεία

Συμπέρασμα και Αξιολόγηση

Πεδίο: RA = 12h 59m 35s, Dec = 27 deg 57' 36".

Πηγή 2:





Σημείωση: Αφού γράψετε τα στοιχεία στο λογιστικό φύλλο παρακάτω, θυμηθείτε να το μεταφορτώσετε στον υπολογιστή σας γιατί αλλιώς δεν θα μπορείτε να έχετε πρόσβαση σ'αυτό στο επόμενο μέρος της άσκησης.

Excel Data\_Spreadsheet - View-only

File Home Insert Formulas Data Review View Help Tell me what you want to do Comments

Undo Clipboard Font Alignment Number Tables Cells Editing

Sort & Filter Find & Select

C13  $f_x$  y

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Hubble law and the age of the Universe</b>									
2										
3	Galaxy name	Abs Mag $M$	Photon number	App Mag $m$	Distance (pc)	Distance (Mpc)	Line H $\lambda_{H\alpha}$	Line K $\lambda_{K\alpha}$	$\Delta\lambda_H$	$\Delta\lambda_K$
4		-22								
5		-22								
6		-22								
7		-22								
8		-22								

Sheet1

Workbook Statistics Help Improve Office



Θυμάστε ποιός είναι ο τελικός στόχος της άσκησής μας; Ποιά είναι τα δυο θεμελιώδη μεγέθη που επιθυμούμε να βρούμε;

Τις αποστάσεις των γαλαξιών και τις ταχύτητες τους.

Όχι, λυπάμαι, αυτά είναι τα μεγέθη που θα χρησιμοποιήσουμε για επιτύχουμε τους τελικούς μας στόχους.

Την ηλικία του γαλαξία και τη σταθερά του Hubble.

Είναι εν μέρει σωστό: Θέλουμε να βρούμε τη σταθερά του Hubble, αλλά δεν θα υπολογίσουμε την ηλικία των γαλαξιών.

Τη σταθερά του Hubble και την ηλικία του Σύμπαντος.

Σωστό, συγχαρητήρια!

Μπορείτε επιτέλους να σχεδιάσετε το διάγραμμα Hubble!

Για να το κάνετε αυτό, χρειάζεστε το λογιστικό φύλλο που συμπληρώσατε στο προηγούμενο μέρος και το λογιστικό φύλλο που υπάρχει παρακάτω.

Γράψτε στην κατάλληλη στήλη την απόσταση  $D$  σε Mpc και τη μέση ταχύτητα  $V$  σε km/s που υπολογίσατε για κάθε ένα γαλαξία και το διάγραμμα θα εμφανιστεί αυτόματα.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following details:

- Title Bar:** Excel HubbleDiagram - View-only
- Menu Bar:** File, Home, Insert, Formulas, Data, Review, View, Help, Tell me what you want to do, Comments
- Ribbon:** Home (Clipboard, Font, Alignment, Number, Tables, Cells, Editing)
- Worksheet:** Feuil1
- Grid:** Columns A-K, Rows 1-9. Cell N29 is active.
- Table:** A table with 2 columns: Distance, Velocity. Rows 4-9 are empty.
- Graph:** A blank coordinate system with the y-axis labeled 'm/s' and values 0.8, 1, 1.2. The title 'Hubble diagram' is centered above the graph area.