

Κοσμολογία: Ο κλάδος της Φυσικής που ασχολείται με τη μελέτη του Σύμπαντος ως σύνολο.

- **Ποια η σύνθεση του; Από τι αποτελείται;**
- **Ποια η δομή του;**
- **Πότε δημιουργήθηκε (τουλάχιστον το μέρος του Σύμπαντος που βλέπουμε;)**
- **Πως εξελίσσεται;**
- **Ποια η μελλοντική του μοίρα;**

## Βιβλιογραφία

A. Liddle, *An Introduction to Modern Cosmology*, John Wiley & Sons, 2003

*An Introduction to Galaxies and Cosmology*, edited by  
M. H. Jones & R. J. A. Lambourne, Cambridge University Press, 2004

B. W. Carroll & D. Ostlie, *An Introduction to Modern Astrophysics*,  
Addison Wesley, 2006

## Βασικά πειραματικά δεδομένα.

- 1) Η θέση της Γης δεν είναι ιδιαίτερη στο Σύμπαν (“Κοπερνίκεια Αρχή”)
- 2) Η ταχύτητα του φωτός,  $c$ , είναι πεπερασμένη (άρα, τη χρονική στιγμή  $t_0$  μπορούμε να παρατηρήσουμε μόνο εκείνα τα γεγονότα στο χωρόχρονο για τα οποία:  $|\vec{r}|=c(t_0-t)$ )

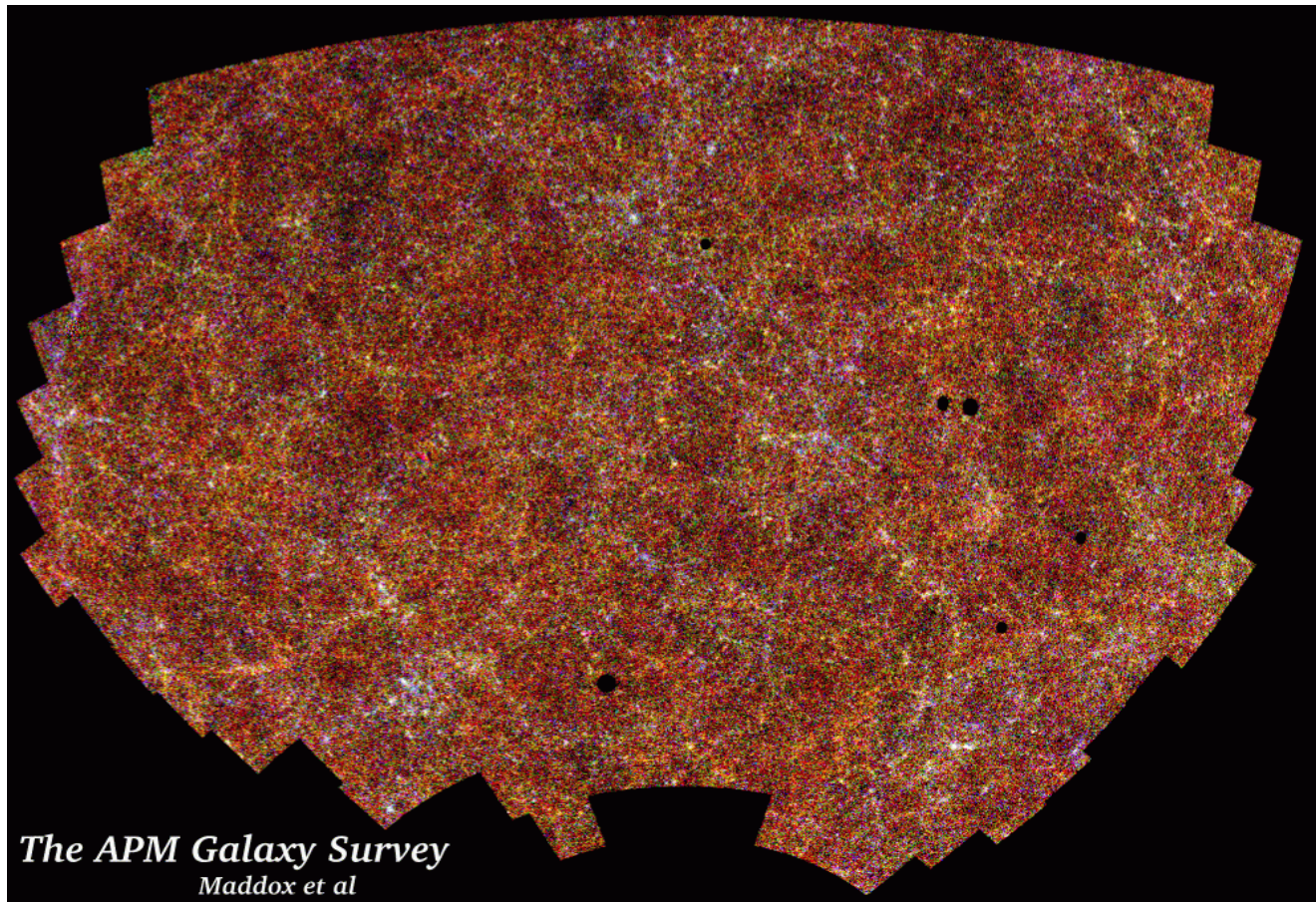
Το σύνολο των γεγονότων για τα οποία ισχύει η παραπάνω σχέση ορίζουν τον “κώνο φωτός” του παρελθόντος/των παρατηρήσιμων γεγονότων από μας.

### Μάζα στο Σύμπαν

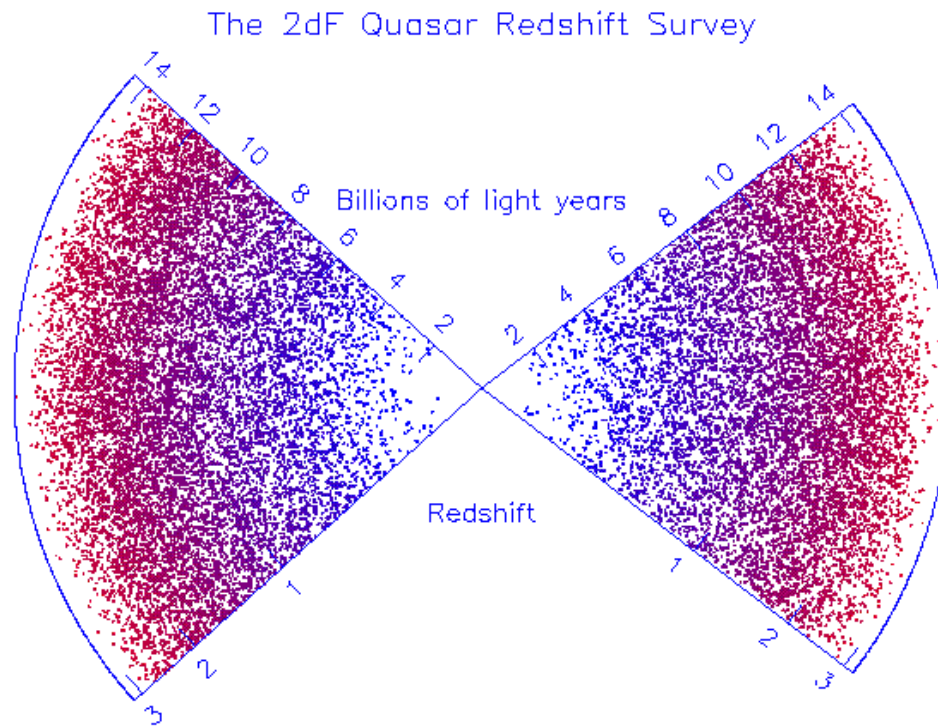
Η πιο συνηθισμένη μορφή βαρυονικής ύλης στο Σύμπαν είναι το πλάσμα υδρογόνου (~70% της μάζας) και το πλάσμα ηλίου (~ 28%).

“Σκοτεινή ύλη”: Ύλη που δεν εκπέμπει ακτινοβολία. Γνωρίζουμε ότι υπάρχει επειδή επιδρά βαρυτικά στη “φωτεινή” ύλη των γαλαξιών. Δεν είναι βαρυονικής μορφής, και η πυκνότητά της είναι μεγαλύτερη από εκείνη της φωτεινής ύλης.

Σε μεγάλες χωρικές κλίμακες, οι (αμυδροί) γαλαξίες είναι κατανεμημένοι “ομοιόμορφα” στον ουρανό.



The APM (Automatic Plate Measuring) Galaxy Survey contains positions, magnitudes, sizes and shapes for about 3 million galaxies selected from 269 UKST (UK Schmidt Telescope) survey plates. The picture shows the galaxy distribution in  $\sim 1/4$  of the sky, as a density map in equal area projection on the sky, centered on the South Galactic pole. Each pixel covers a small patch of sky 0.1 degrees on a side, and is shaded according to the number of galaxies within the area: where there are more galaxies, the pixels are brighter. The colours are coded according to the apparent magnitude of the galaxies in each pixel: fainter galaxies are shown as red, intermediate are shown as green and bright are shown as blue. The more distant galaxies tend to be fainter, and also show less clustering, and so the map has a generally uniform reddish background.



The distribution of quasars in the 2dF (2 degree Field) Galaxy Redshift Survey. This was a redshift survey conducted by the Anglo-Australian Observatory (AAO) between 1997 and 2002. The survey covered two  $75^\circ \times 5^\circ$  strips ( $\sim 1.5\%$  of the sky). The survey necessitated 272 required nights of observation, spread over 5 years.

## Ακτινοβολία στο Σύμπαν

Όλα τα ουράνια αντικείμενα (Ήλιος, αστέρια, γαλαξίες, σμήνη γαλαξιών) εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ραδιοφωνικά μήκη κύματος, μικροκύματα, υπέρυθρο, ορατό φως, υπεριώδες, ακτίνες X και γ).

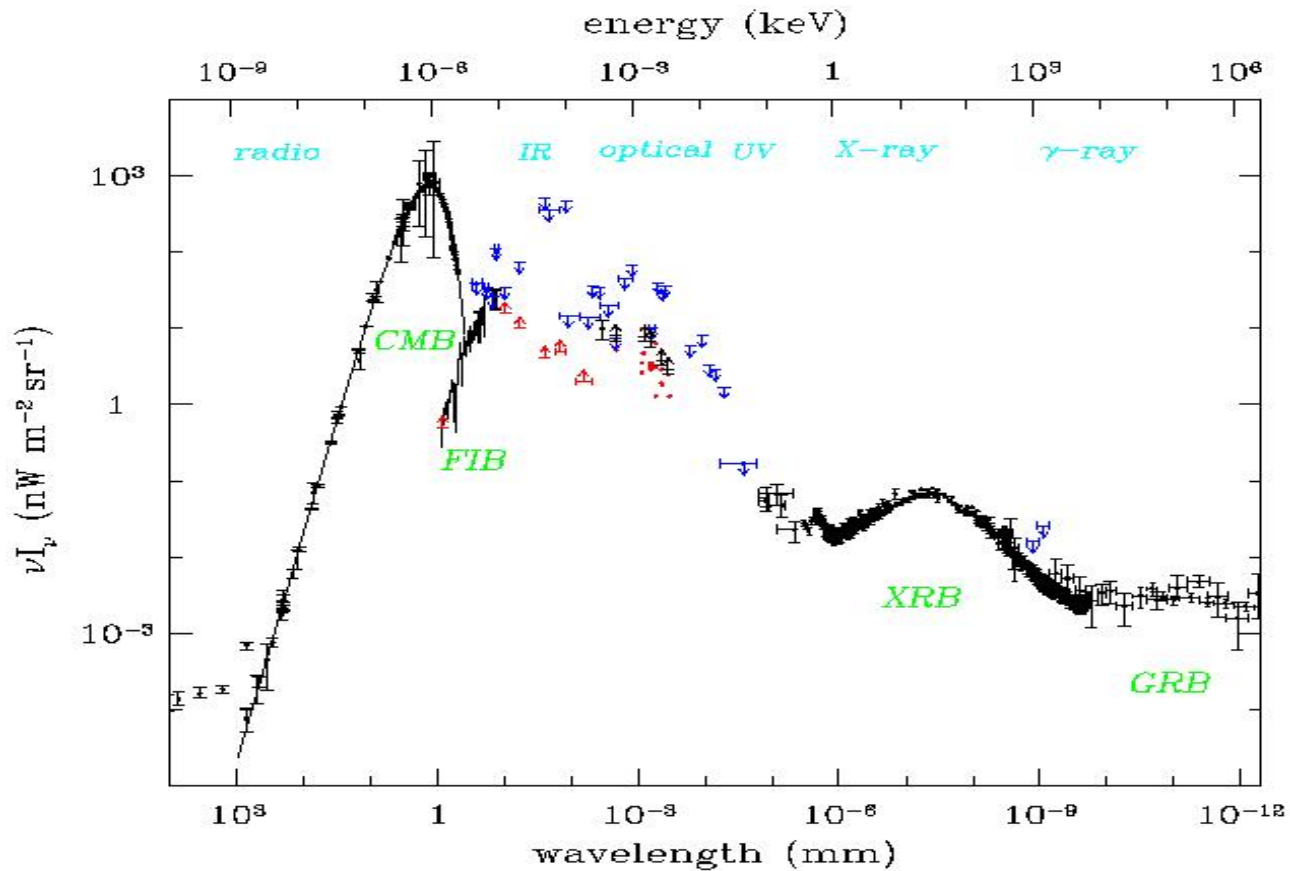
Σε όλα τα μήκη κύματος ανιχνεύουμε και “ακτινοβολία υποβάθρου”: ακτινοβολία που δεν προέρχεται από μία συγκεκριμένη πηγή και είναι “κοσμικής προέλευσης”.

Η ακτινοβολία υποβάθρου έχει τη μεγαλύτερη ένταση στα μικροκύματα → είναι η “κυρίαρχη” μορφή ακτινοβολίας στο Σύμπαν.

Λόγω της “κοπερνίκειας αρχής”, ακτινοβολία υποβάθρου πρέπει να ανιχνεύεται από οποιαδήποτε παρατηρητή στο Σύμπαν → άρα, τα φωτόνια της ακτινοβολίας υποβάθρου “γεμίζουν” όλο το χώρο του Σύμπαντος.

(Παρατηρησιακό δεδομένο: το παράδοξο του Olbers.)

# Φάσμα ακτινοβολίας υποβάθρου



Η ένταση της ακτινοβολίας είναι η ίδια προς όποια κατεύθυνση και αν κοιτάξουμε στον ουρανο.

Τα παρατηρησιακά δεδομένα σχετικά με την ένταση της ακτινοβολίας υποβάθρου (η ένταση της είναι η ίδια προς σ' όλες τις κατευθύνσεις) και την ομοιόμορφη κατανομή των αμυδρών γαλαξιών (γαλαξιών σε “μεγάλες” αποστάσεις), καθώς και η Κοπερνίκεια Αρχή, μας οδηγούν στην διατύπωση της **ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΡΧΗΣ**:

**Το Σύμπαν πρέπει να φαίνεται το ίδιο (“ομοιογένεια”),  
προς όλες τις κατευθύνσεις (“ισοτροπία”),  
απ’ όλους τους παρατηρητές.**

Σ' ένα Σύμπαν που ισχύει η Κ.Α., για οποιαδήποτε παρατηρητή:  $\vec{v}(t) = H(t)\vec{r}(t)$ .

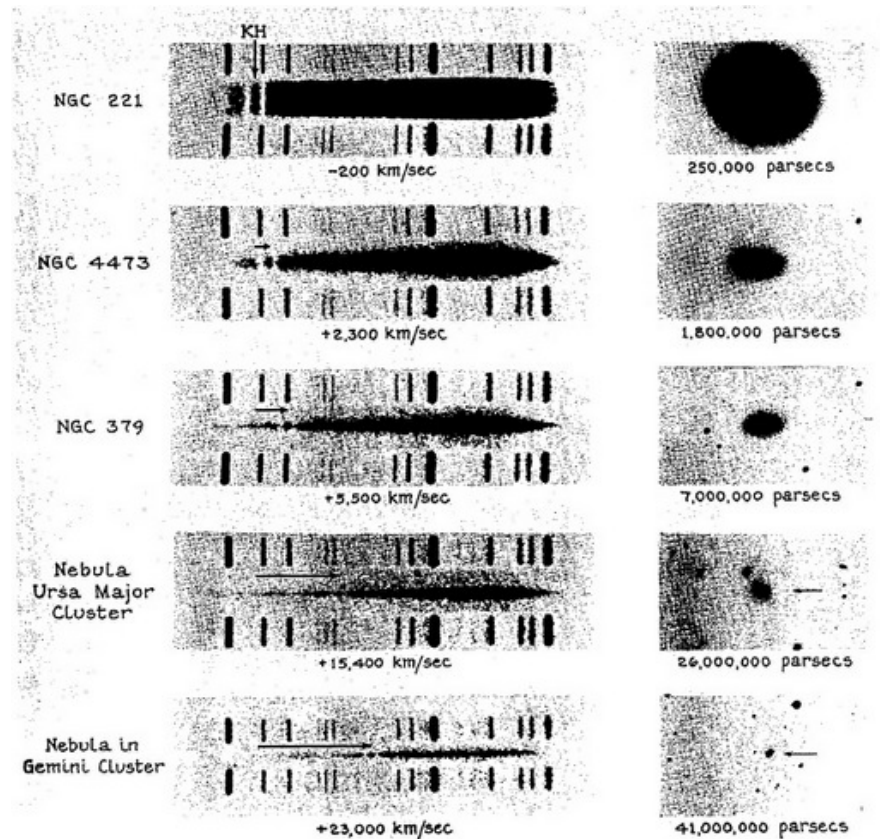
Μ' άλλα λόγια, για οποιοδήποτε παρατηρητή, τα ουράνια σώματα είτε θα είναι ακίνητα (στατικό σύμπαν) είτε θα κινούνται μόνο ακτινικά.

Επίσης, σε κάθε χρονική στιγμή, τόσο η πυκνότητα, όσο και η πίεση, πρέπει να έχουν την ίδια τιμή σε οποιαδήποτε θέση.



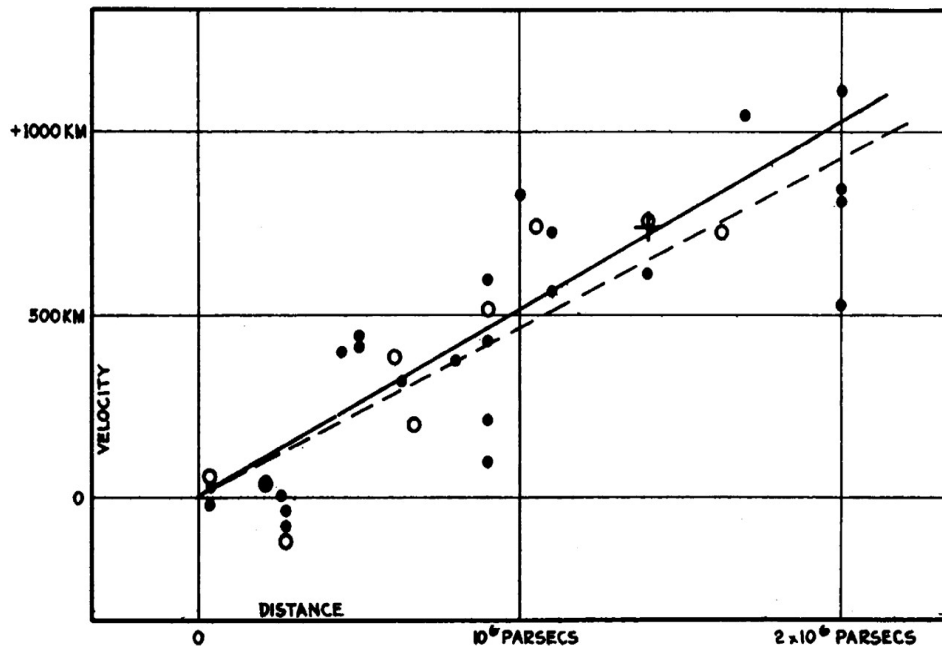
## Διαστολή του Σύμπαντος: Τι μας “λένε” οι ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μετατόπιση φασματικών γραμμών απορρόφησης (γραμμές H+K ασβεστίου) σε φάσματα γαλαξιών που βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις.



Extra-Galactic 'Redshifts', Milton Lasell Humason, 1936

Διαστολή του Σύμπαντος: Οι μετρήσεις του Hubble, και ο προσδιορισμός της σταθεράς Hubble (διαβάστε: σελ. 308-312, *An Introduction to Galaxies and Cosmology*, edited by M. H. Jones & R. J. A. Lambourne, Cambridge University Press, 2004)



Εικόνα 1, από τη δημοσίευση του Hubble: “A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae”, 1929, in “Proceedings of the National Academy of Sciences of the US” (PNAS), 115, 3,168-173.

Ο Hubble αναγνωρίζει μία γραμμική σχέση μεταξύ “ταχύτητας” και απόστασης, με σταθερά αναλογίας:

$$H_0 = 500 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}.$$

Το αρχικό κείμενο κάτω από την εικόνα:  
“Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae. Radial velocities, corrected for solar motion, are plotted against distances estimated from involved stars and mean luminosities of nebulae in a cluster. The black discs and full line represent the solution for solar motion using the nebulae individually; the circles and broken line represent the solution combining the nebulae into groups; the cross represents the mean velocity corresponding to the mean distance of 22 nebulae whose distances could not be estimated individually”.