



Istituto Nazionale di Astrofisica

Osservatorio astronomico di Brera



Universo in fiore

Nascita ed Evoluzione dell'Universo

Luigi Guzzo

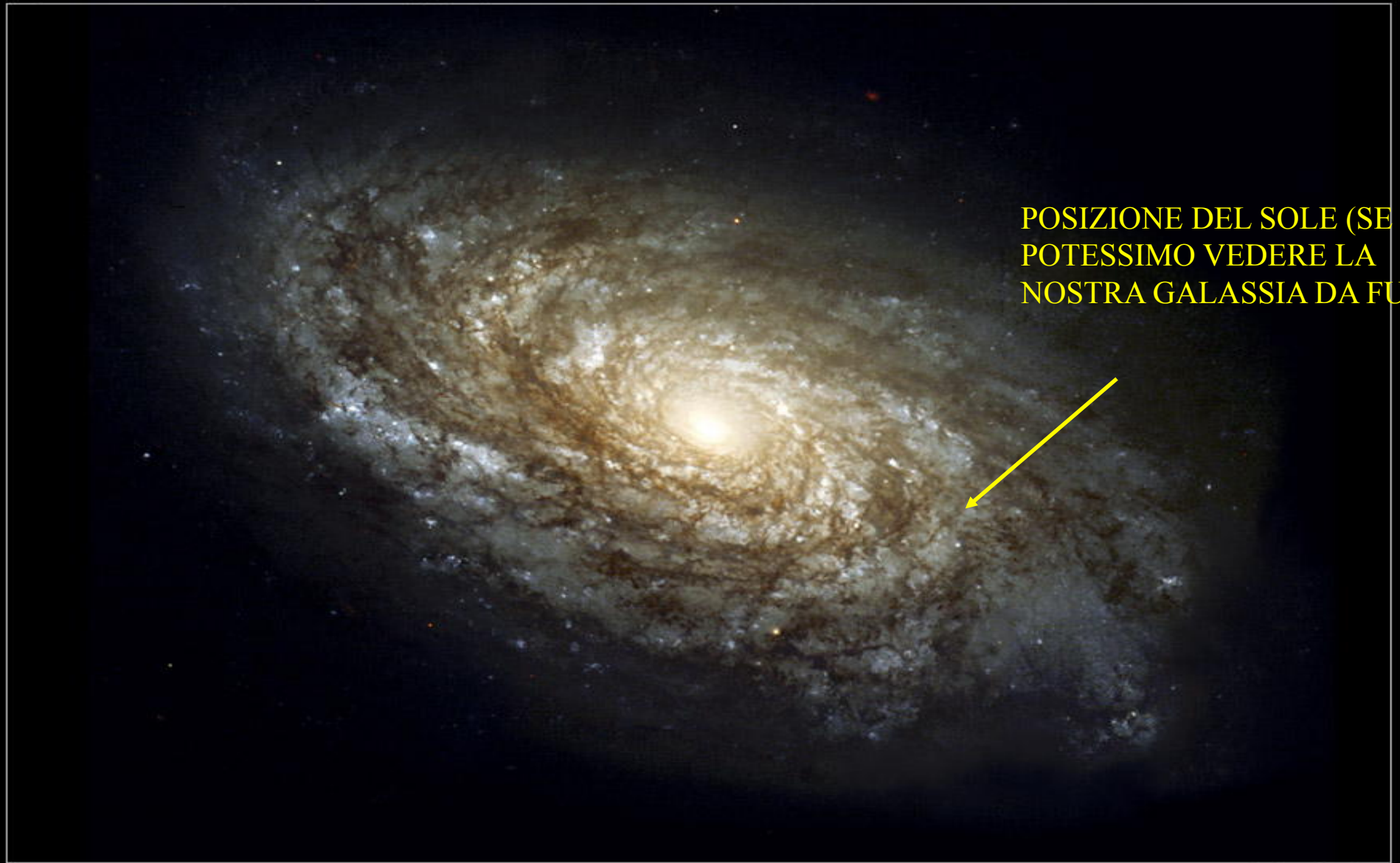
Luigi.guzzo@brera.inaf.it

INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

10 Aprile 2013

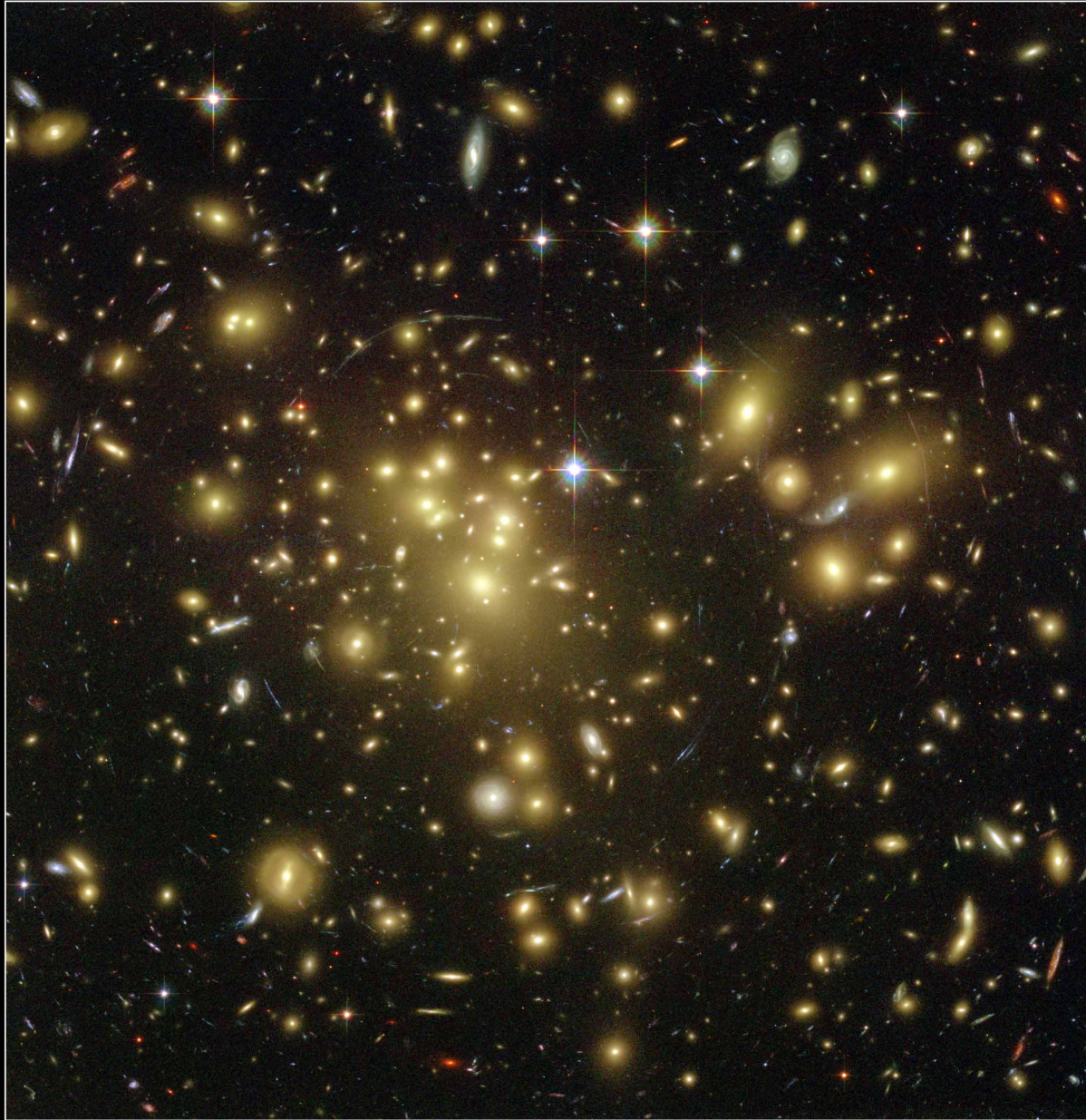


Spiral Galaxy NGC 4414



POSIZIONE DEL SOLE (SE
POTESSIMO VEDERE LA
NOSTRA GALASSIA DA FUORI)

Hubble
Heritage



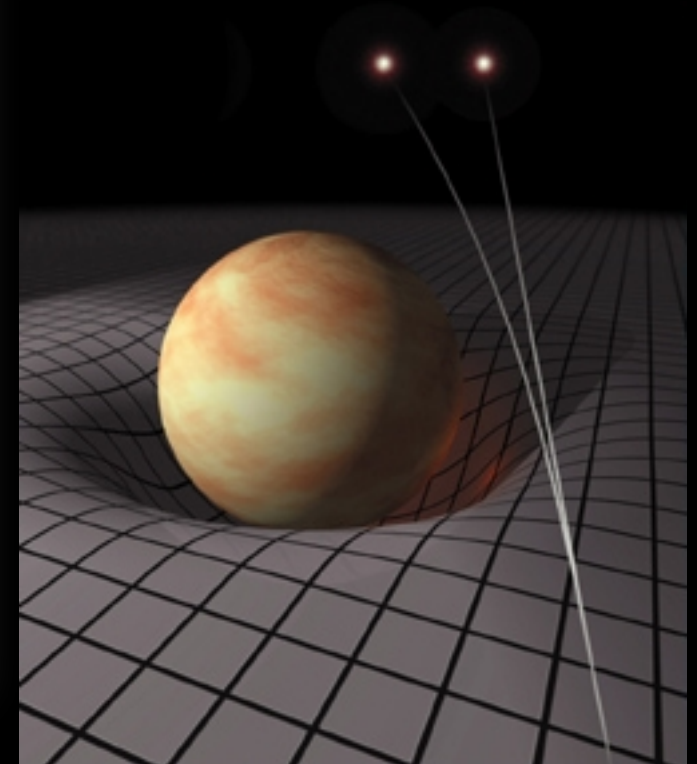
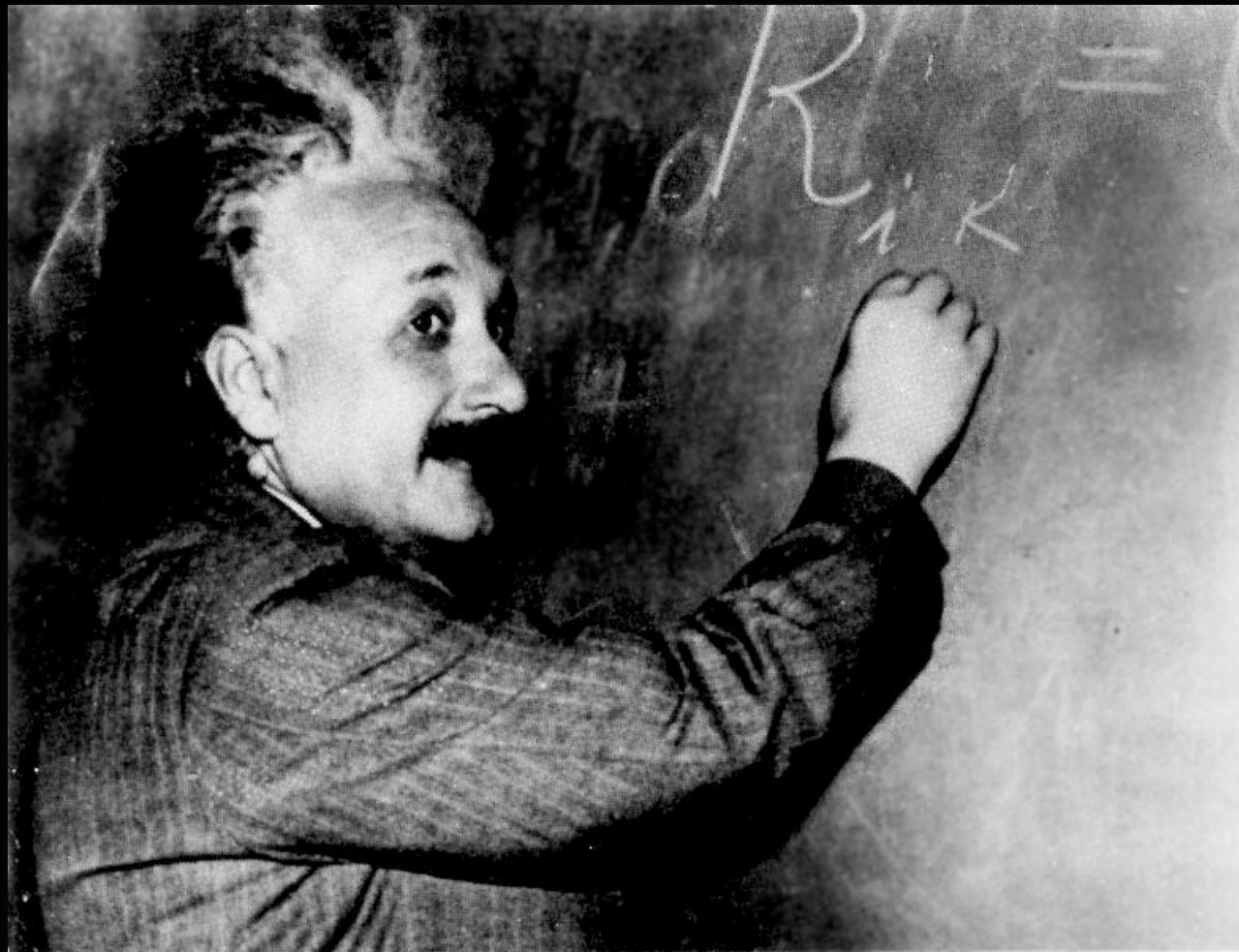
Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

Se pero' guardiamo a scale ancora piu' grandi?

- 
- 1) L'Universo e' lo stesso in ogni direzione (su scale grandi)
 - 2) Non siamo in un punto privilegiato
→ **omogeneita' e isotropia**

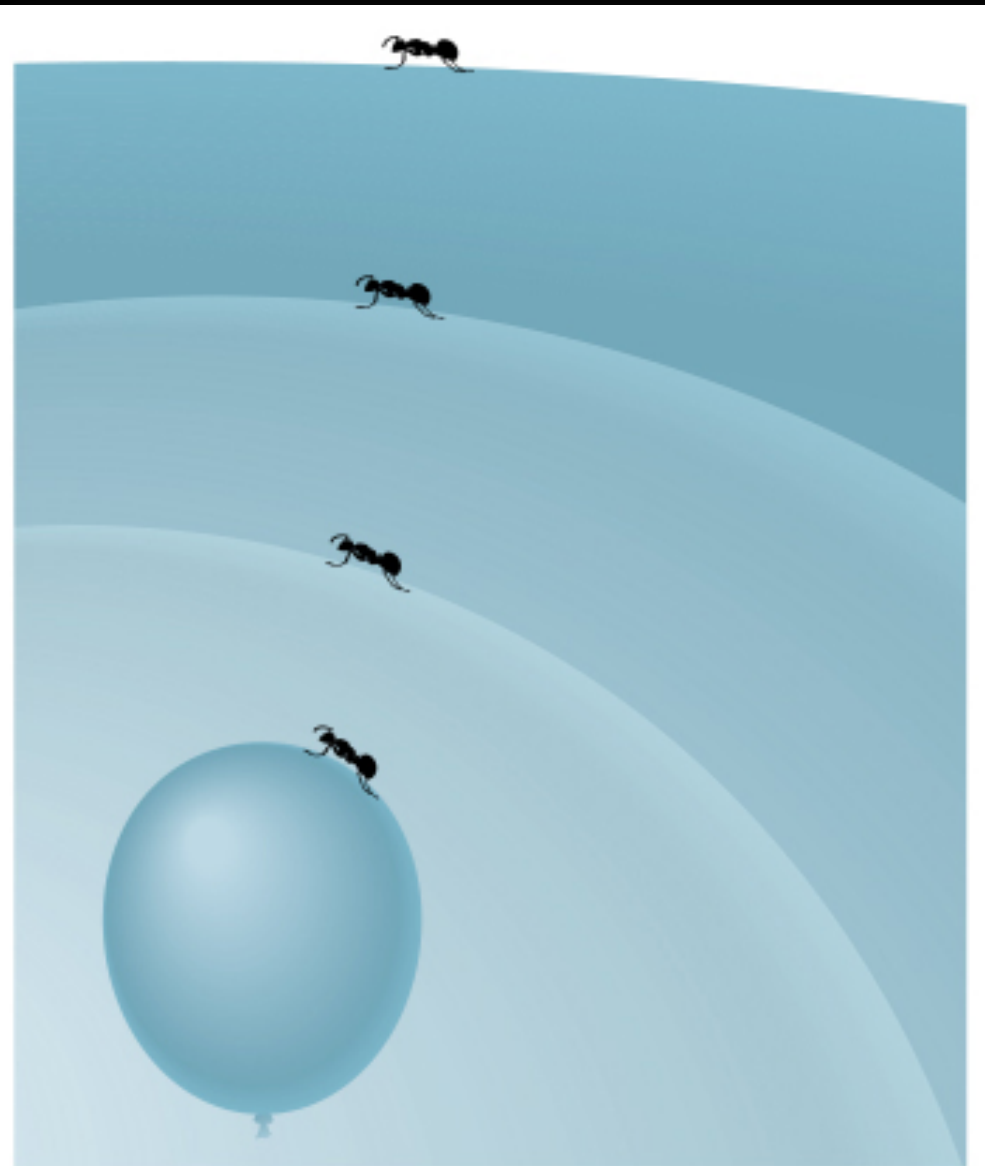
The APM Galaxy survey
Maddox Sutherland Efstathiou & Loveday

La forza di gravita' e' descritta dalla teoria della Relativita' Generale di Albert Einstein: la gravita' e' una proprieta' dello spazio-tempo



Einstein nota due cose applicando la sua teoria all'Universo intero:

1. L'Universo "fa fatica" a stare fermo: se lo lasciamo libero comincia a contrarsi sotto l'effetto della propria gravita'
2. la sua "geometria" dipende dalla quantita' di materia e energia che esso contiene

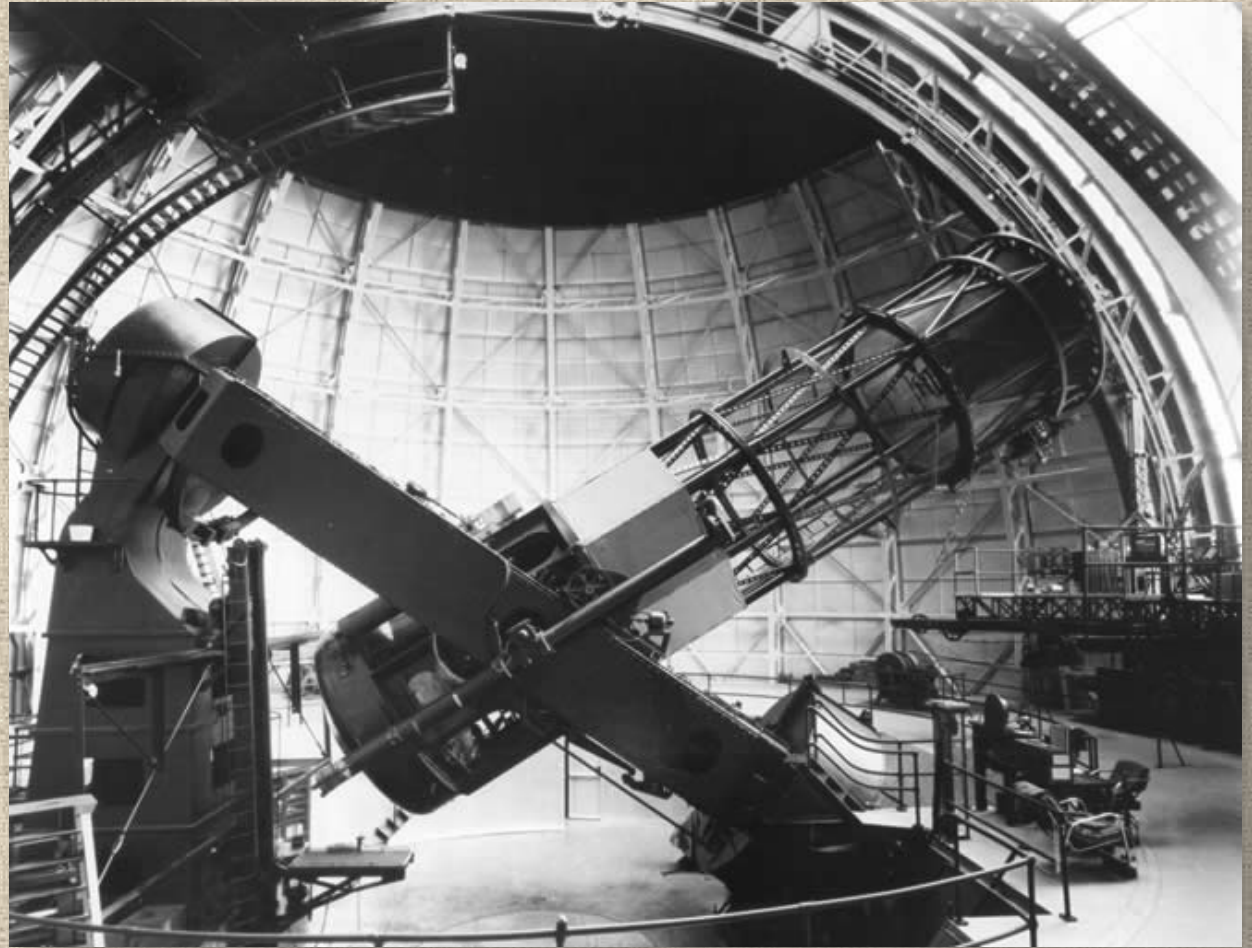


Copyright © Addison Wesley.

Nel frattempo...



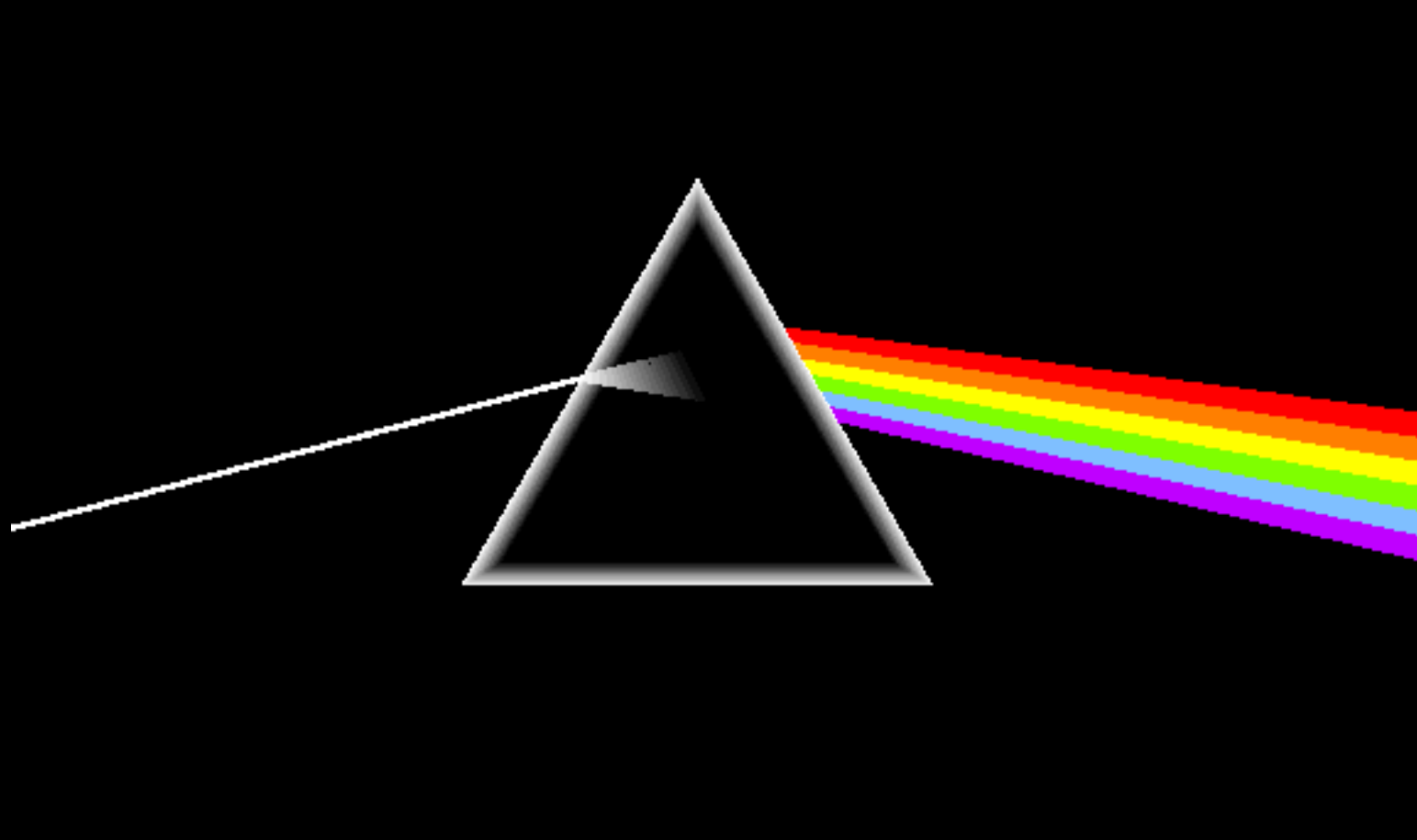
E. Hubble 1929

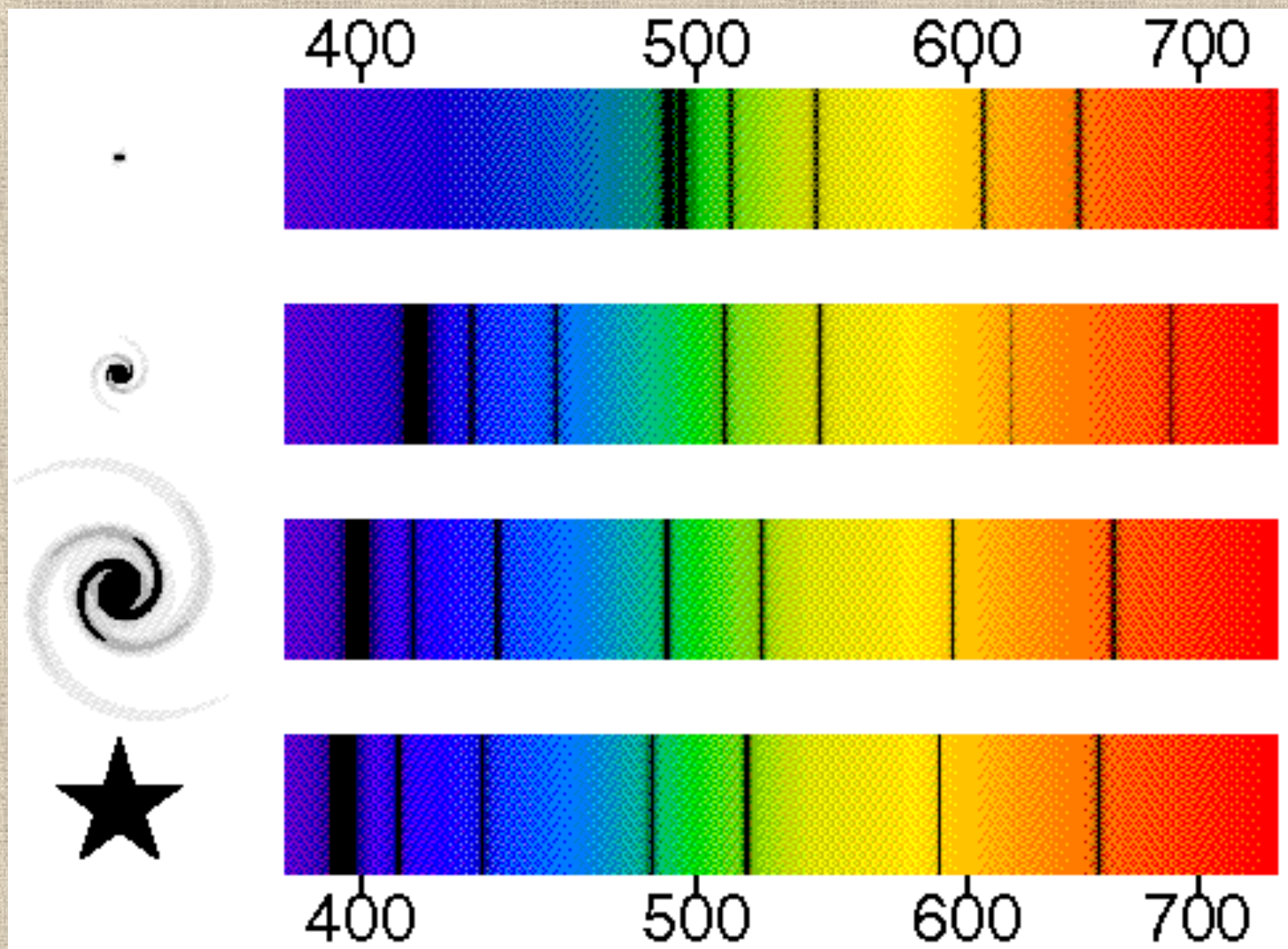


Barred Spiral Galaxy NGC 1300



Lo spettro della luce: semplicemente l'arcobaleno



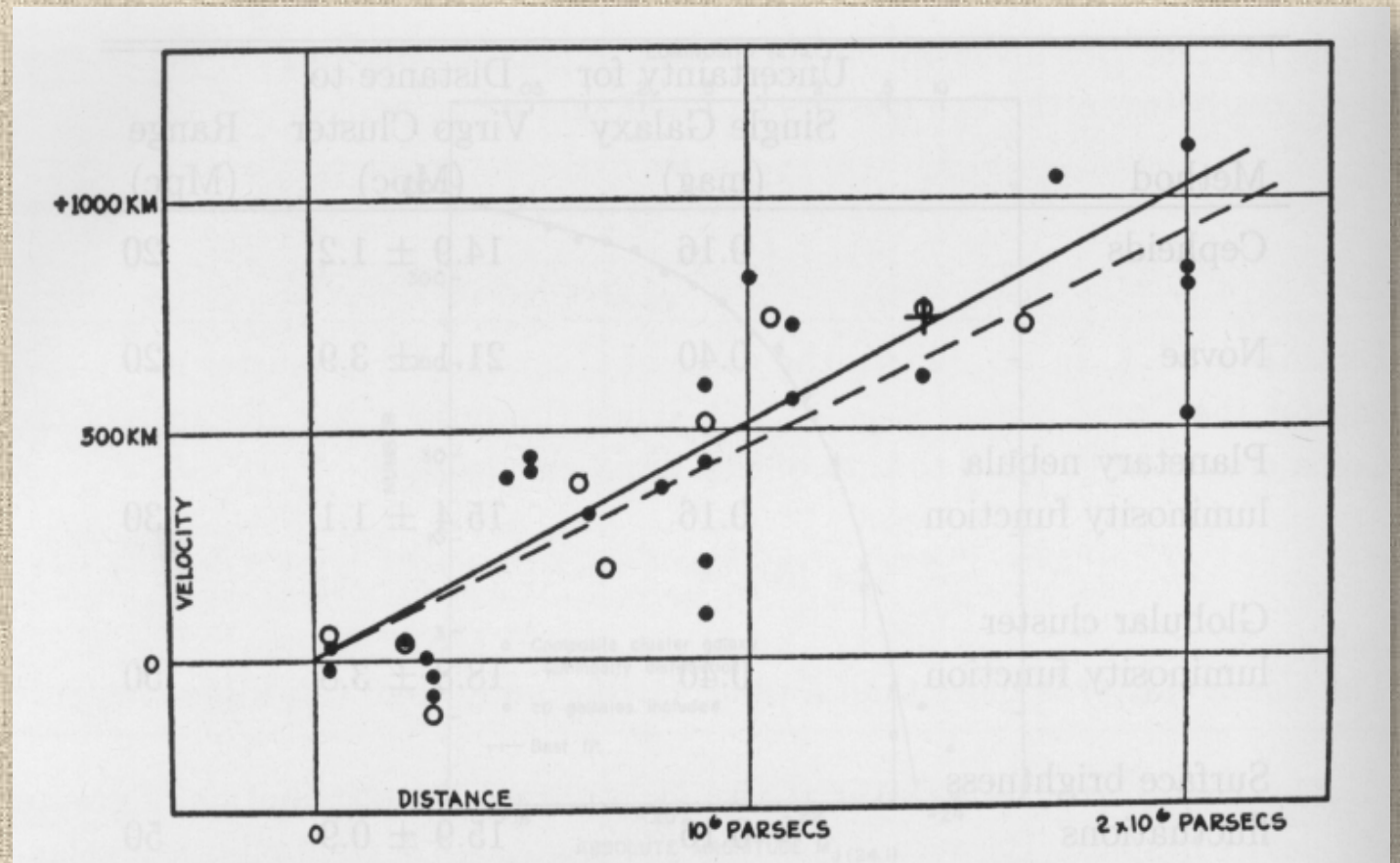


Hubble: Le galassie si allontanano le une dalle altre, l'Universo si espande!



*Velocità' apparente di
allontanamento*

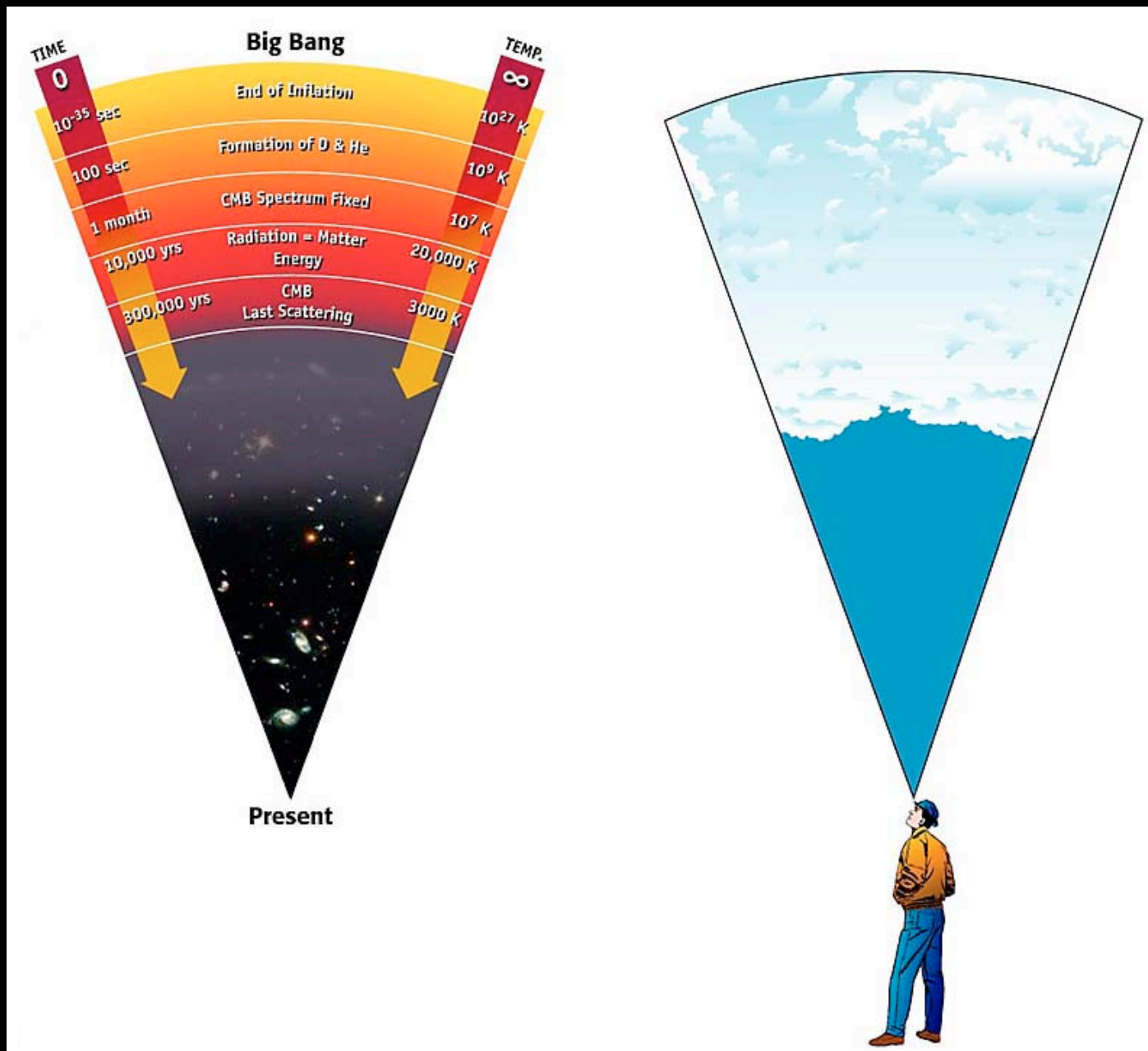
$$Velocità' = H_0 \times distanza$$



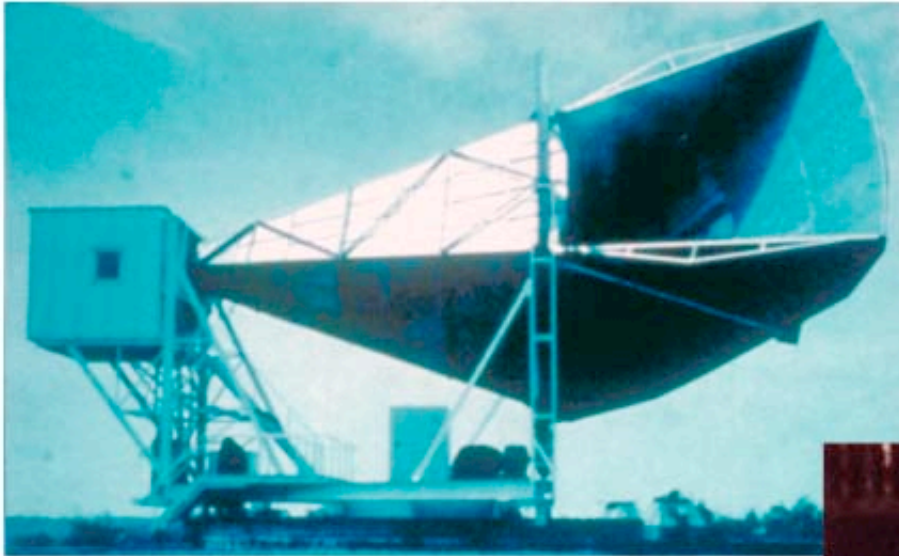
Distanza

Quindi l'Universo non e' fermo, proprio come suggeriva la relativita'. Ma allora, andando indietro nel tempo tutto doveva essere sempre piu' denso e caldo, fino ad arrivare ad un istante iniziale: il **Big Bang**





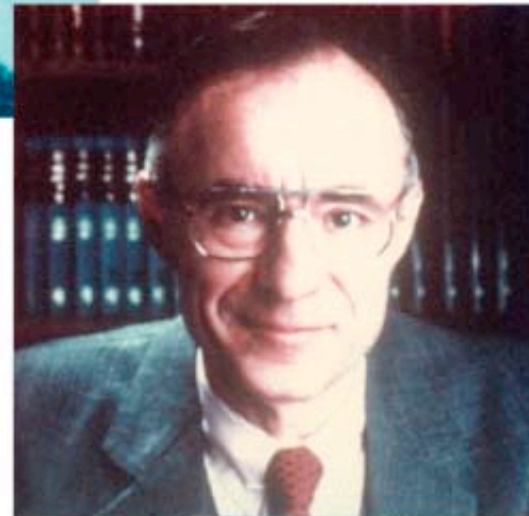
DISCOVERY OF COSMIC BACKGROUND



Microwave Receiver



Robert Wilson

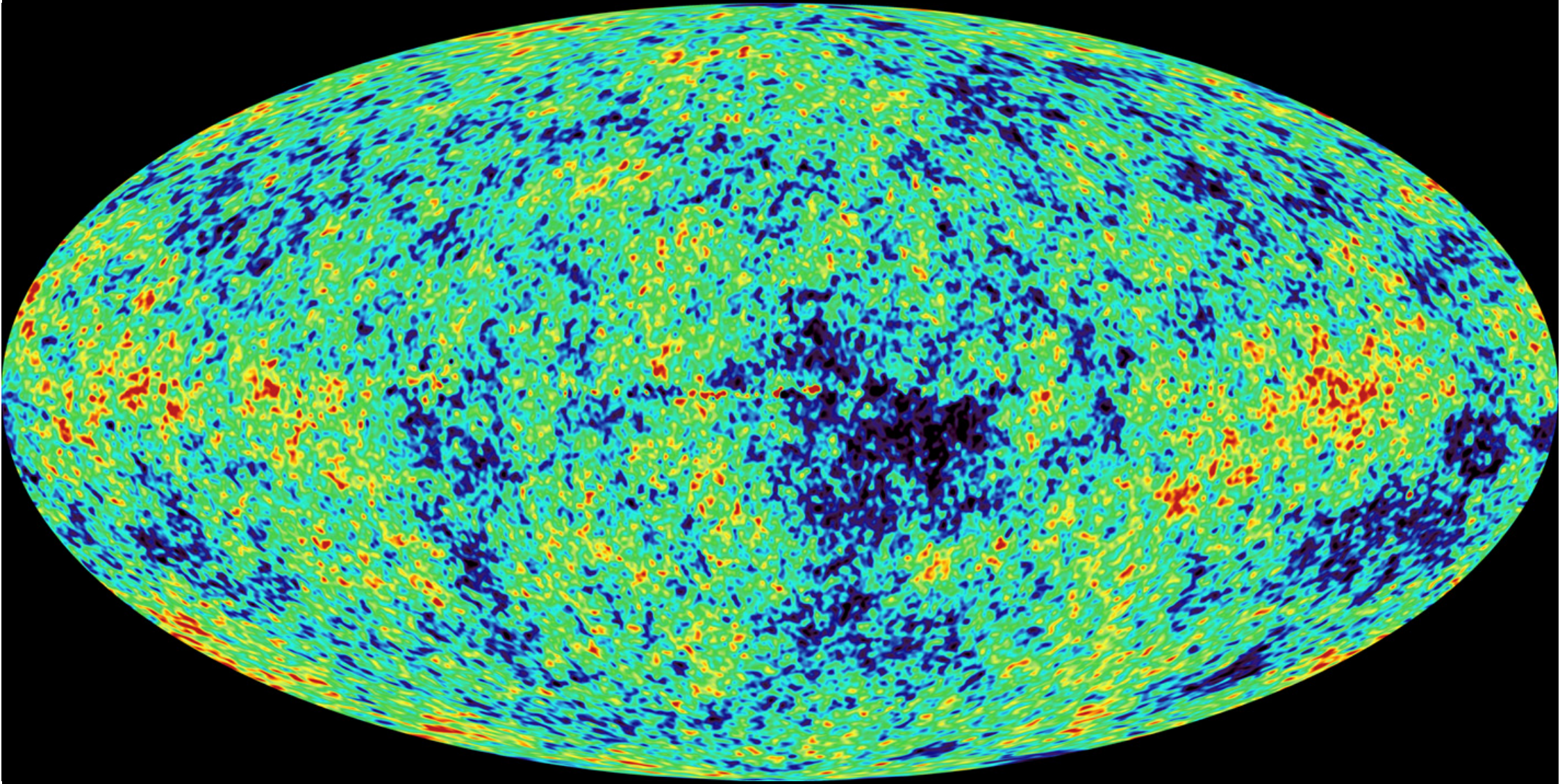


Arno Penzias

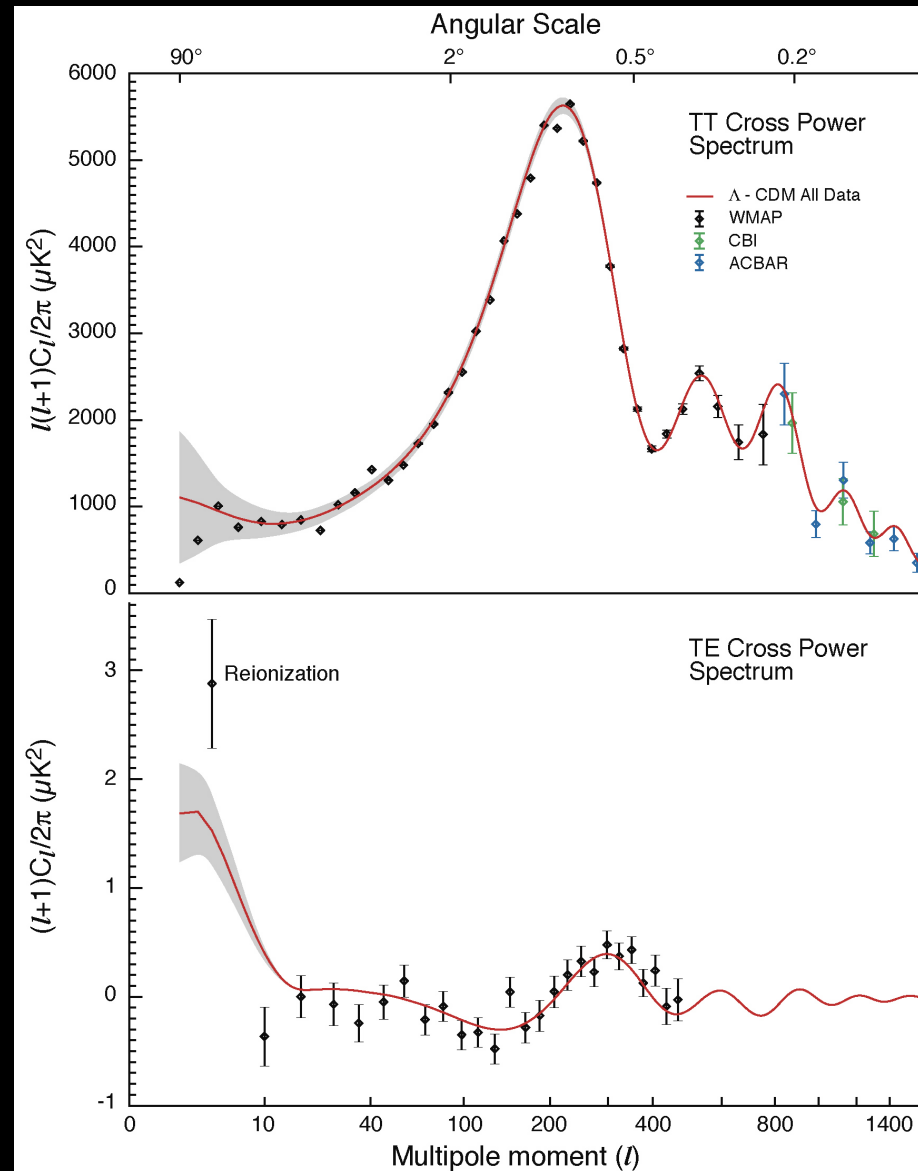
1964

MAP990045

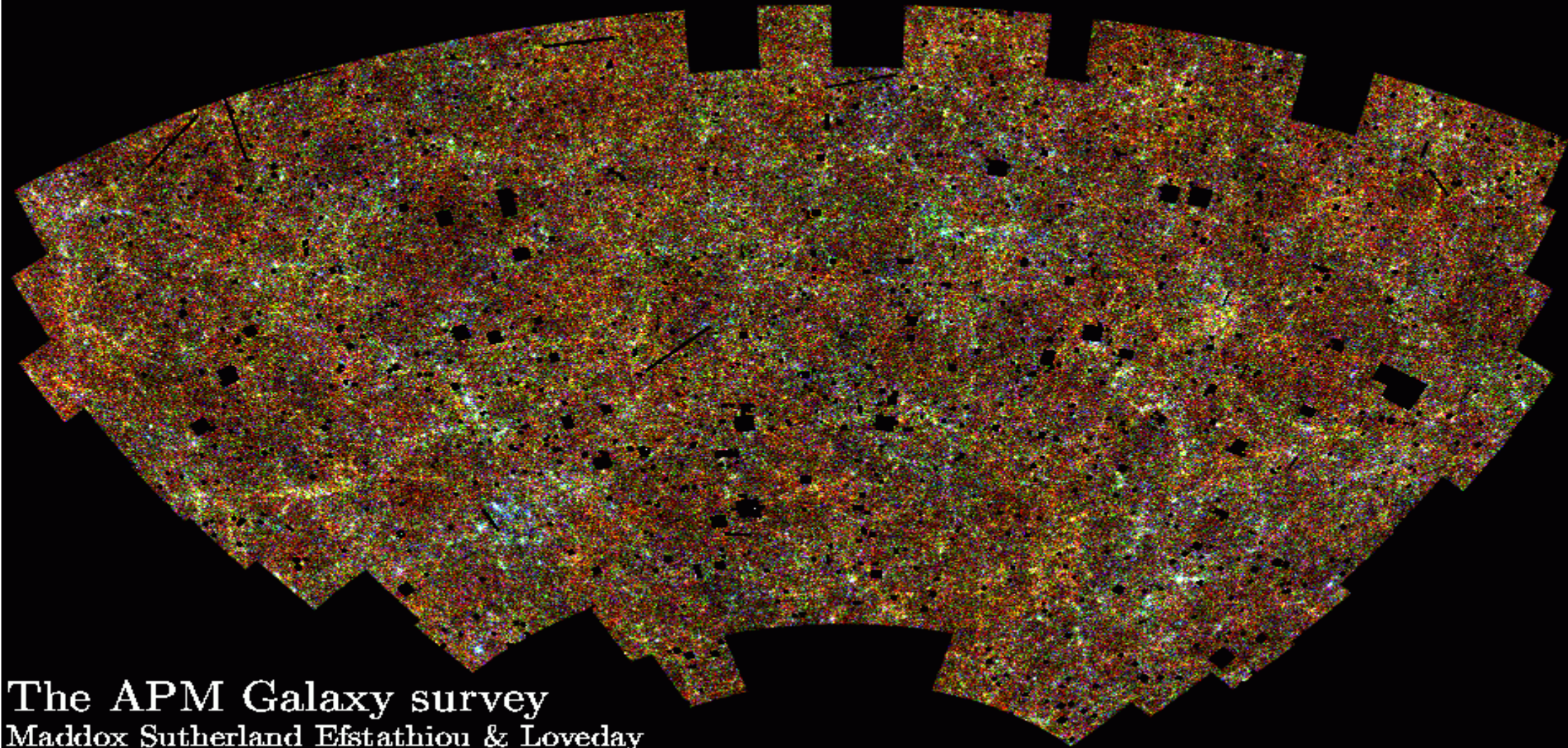
Distribuzione sul cielo dell'intensità della radiazione di fondo (WMAP)



Quanto contano le disomogeneita' a diverse scale angolari?



Densita' di galassie proiettata sul cielo

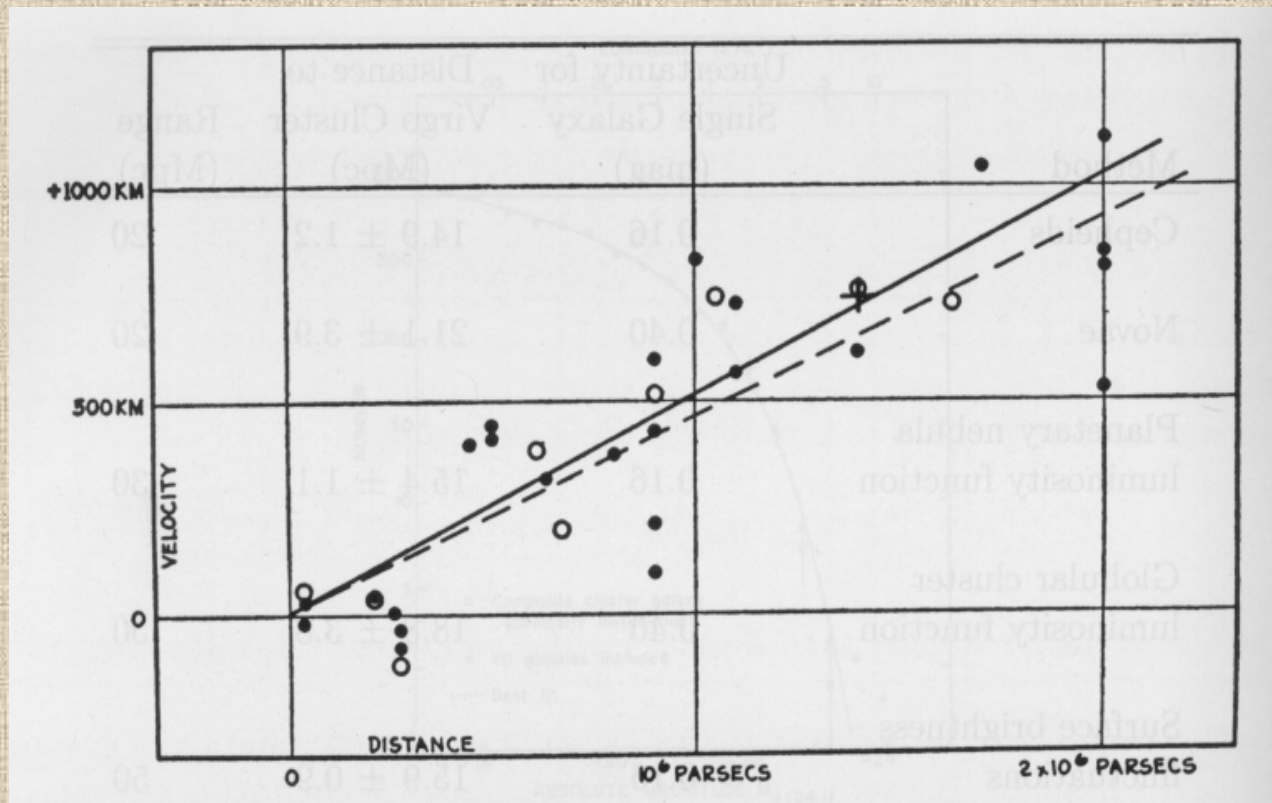


The APM Galaxy survey
Maddox Sutherland Efstathiou & Loveday

Se rovesciamo la legge di Hubble possiamo ottenere la distanza delle galassie misurando il loro *redshift*. E quindi ricostruirne la distribuzione tridimensionale nello spazio!

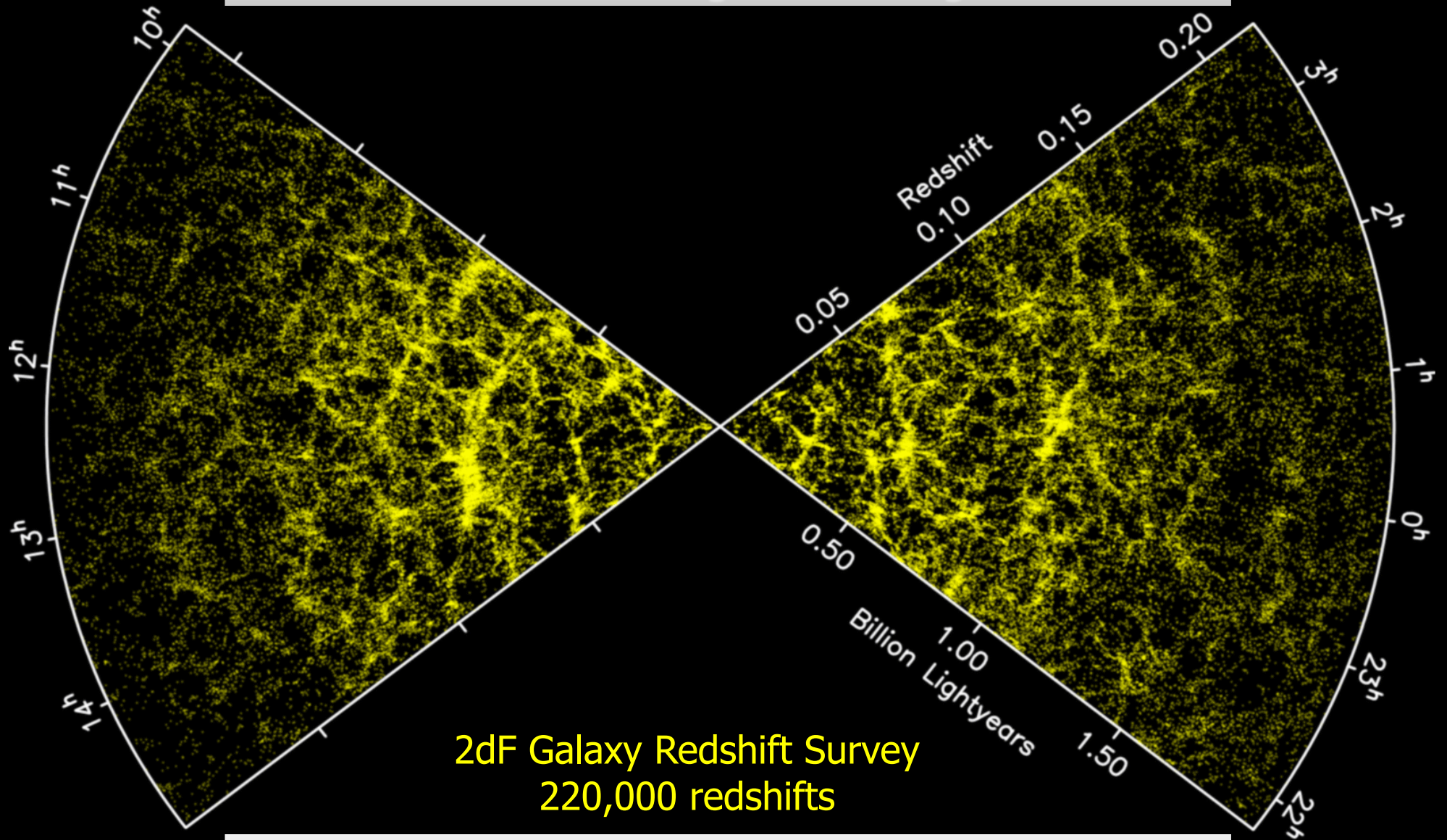
$$\text{Distanza} = \text{Velocita}' / H_0$$

Redshift



Distanza

La distribuzione delle galassie su grande scala

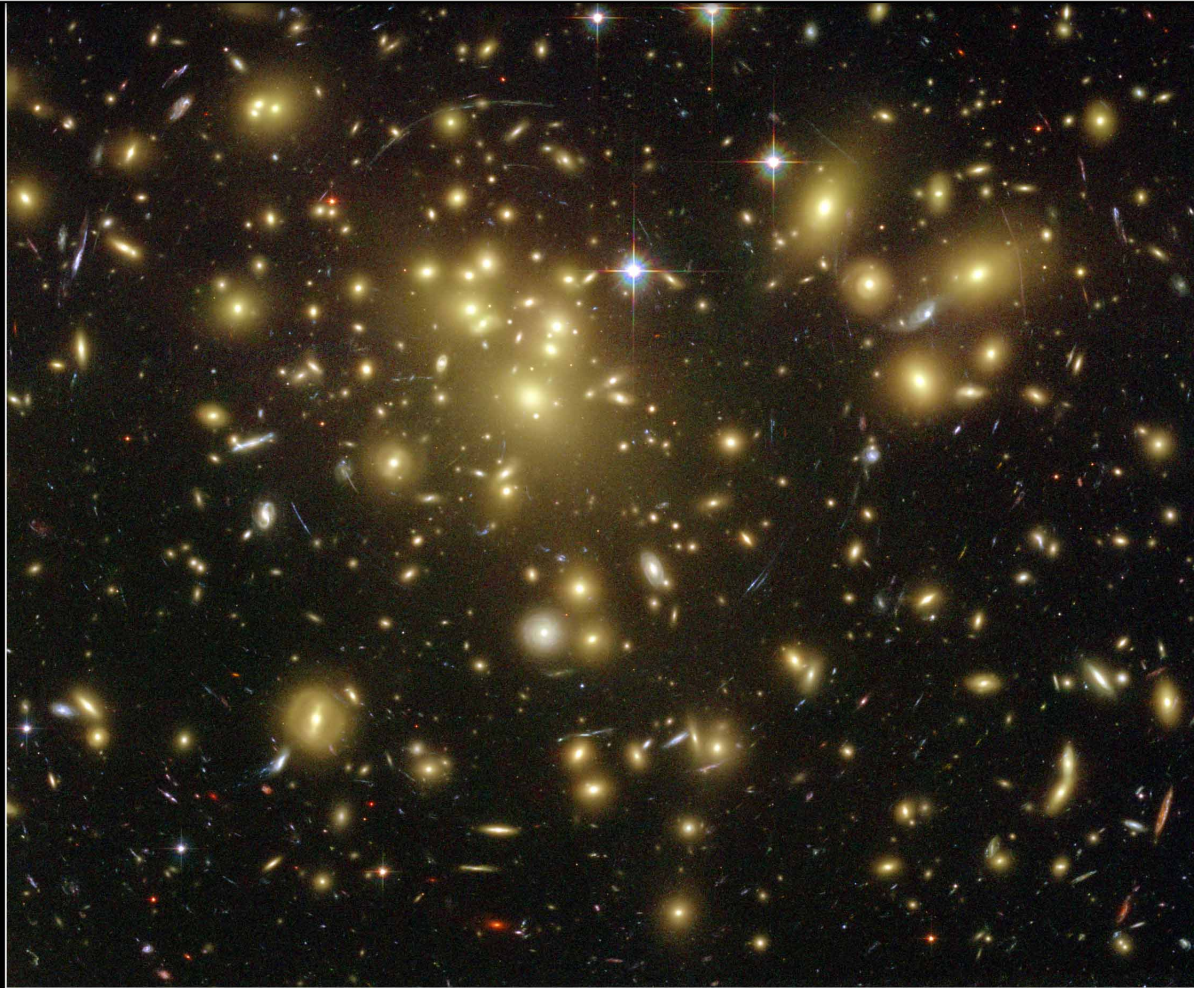


Ma questo e' tutto?

Sicuramente c'è del gas diffuso al di fuori delle galassie, come quello caldo negli ammassi di galassie, che emette nei raggi X

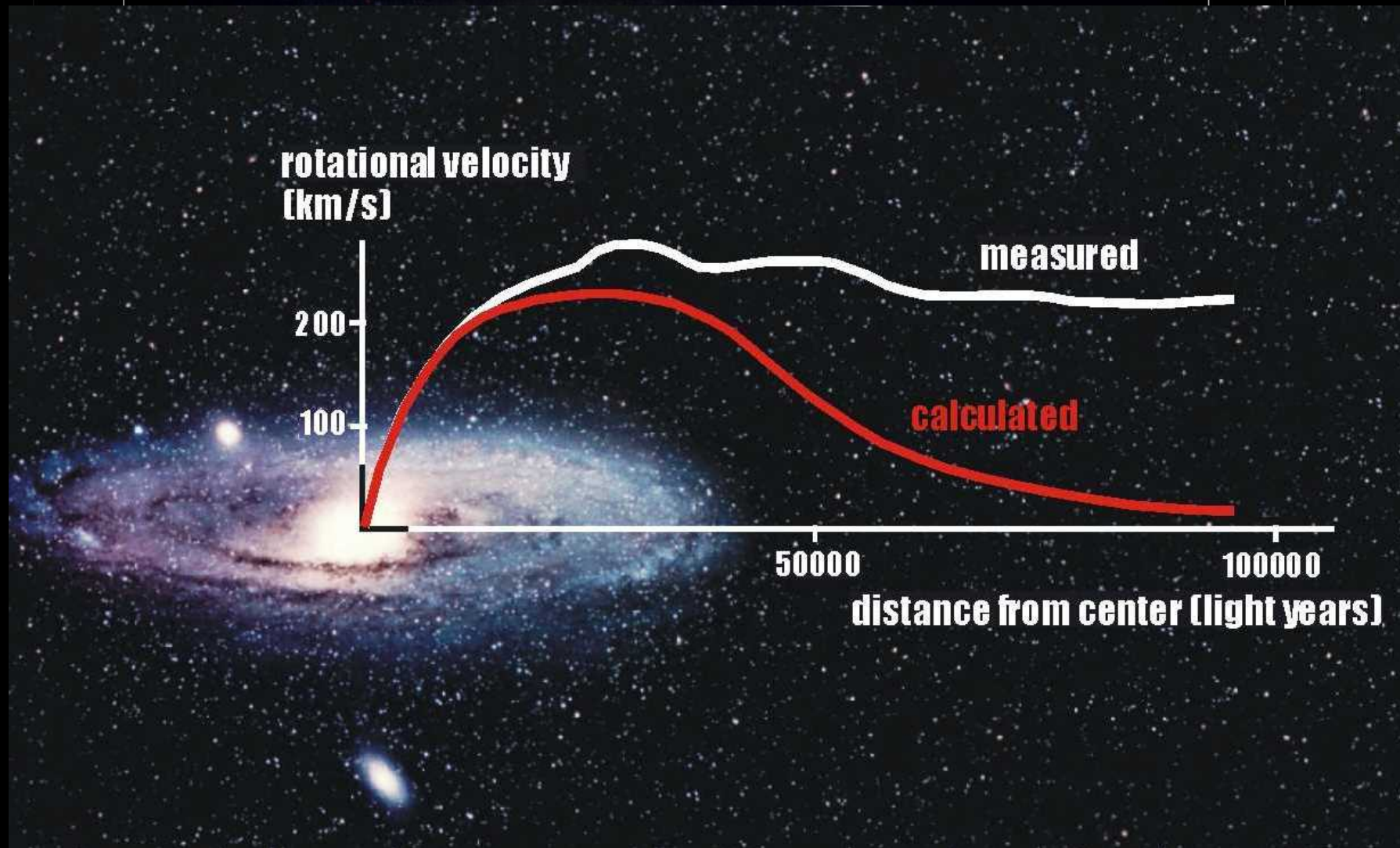


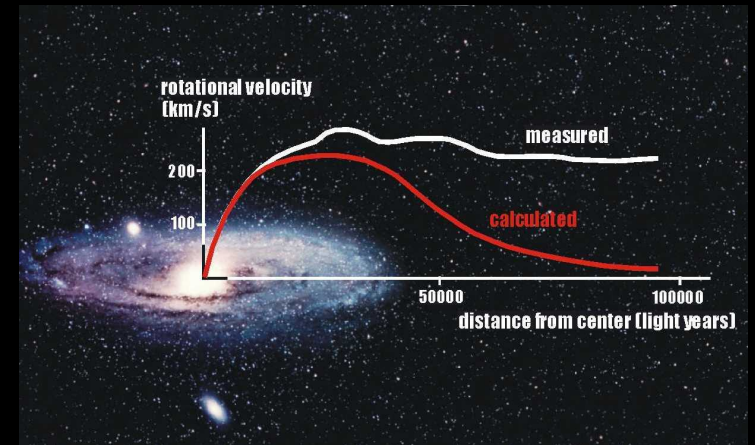
Ma non basta. Qualcos'altro che non emette radiazione fa muovere le galassie piu' velocemente di quanto ci si aspetti: deve esserci della **materia oscura**



Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

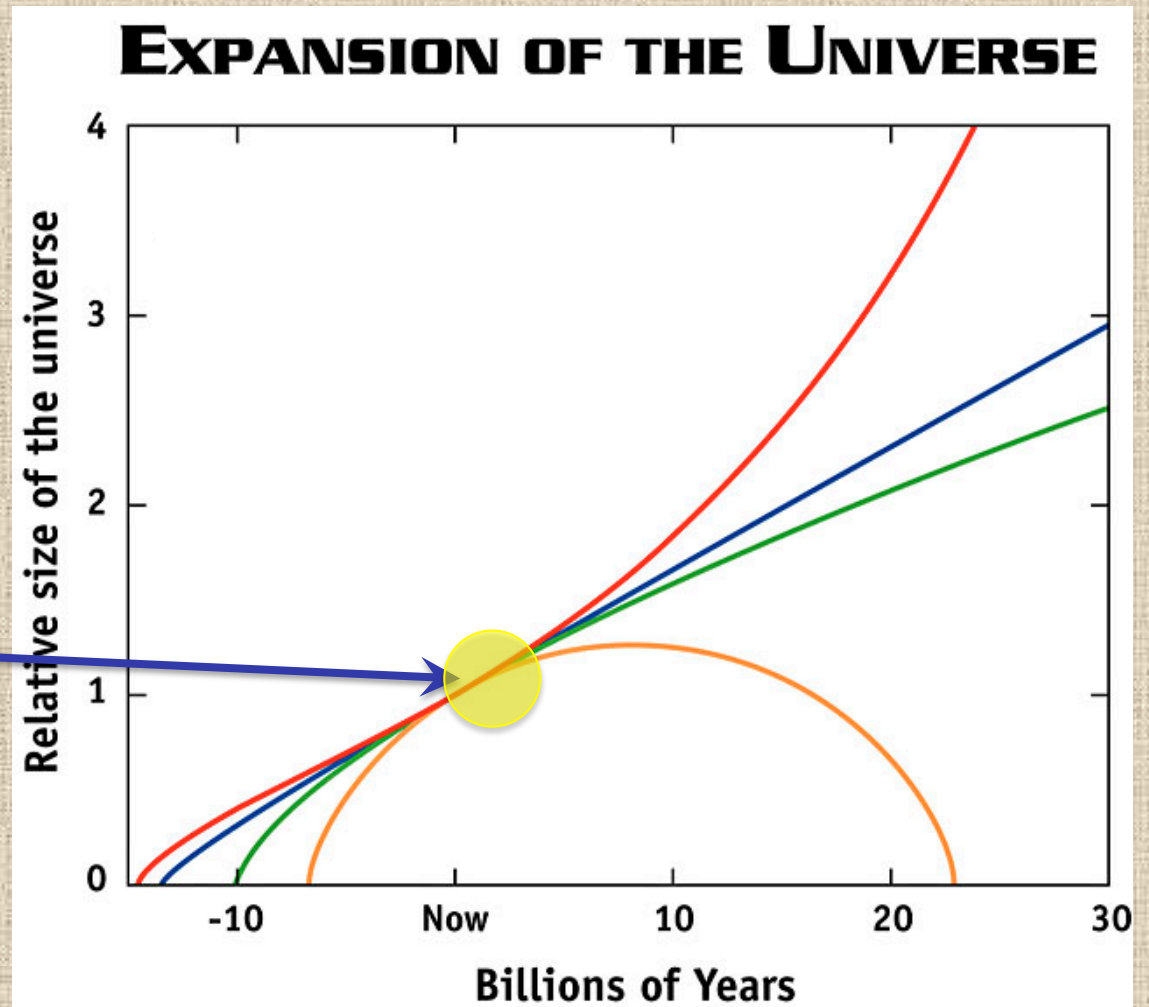
Analogamente, le parti esterne delle galassie spirali ruotano piu' velocemente di quanto e' atteso: e' necessario un alone di **materia oscura**





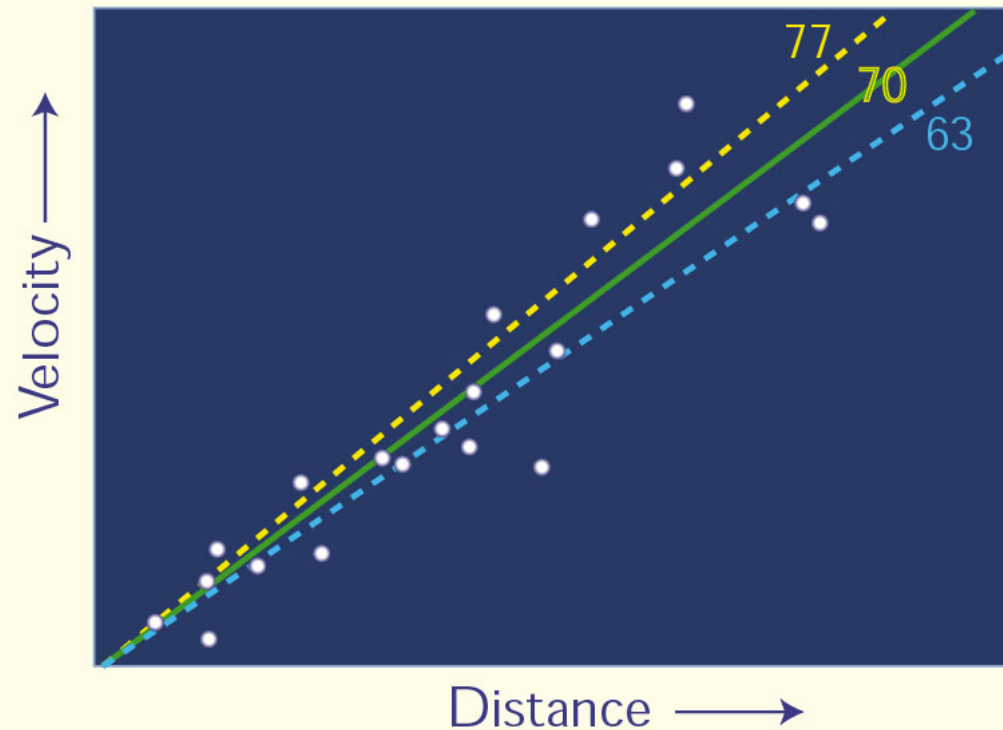
La materia oscura ha una densita' di circa 4-5 volte quella della materia ordinaria

Cosa sappiamo della velocità di espansione nel passato?

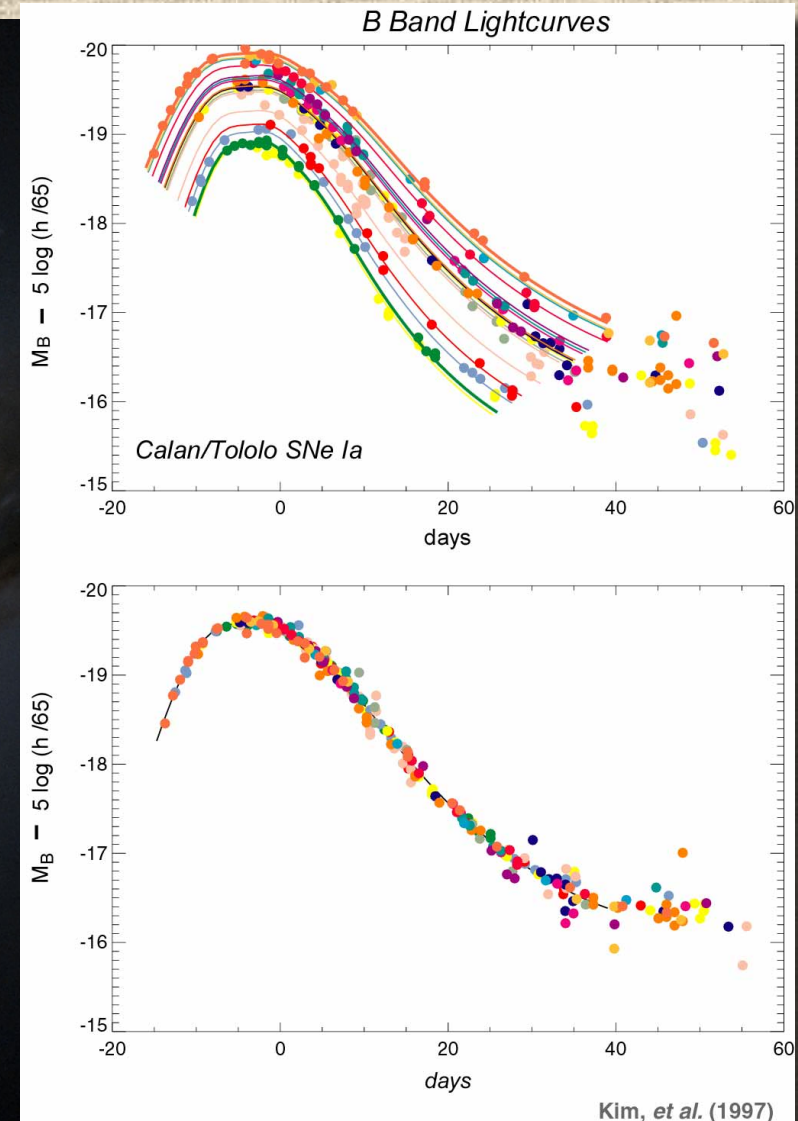
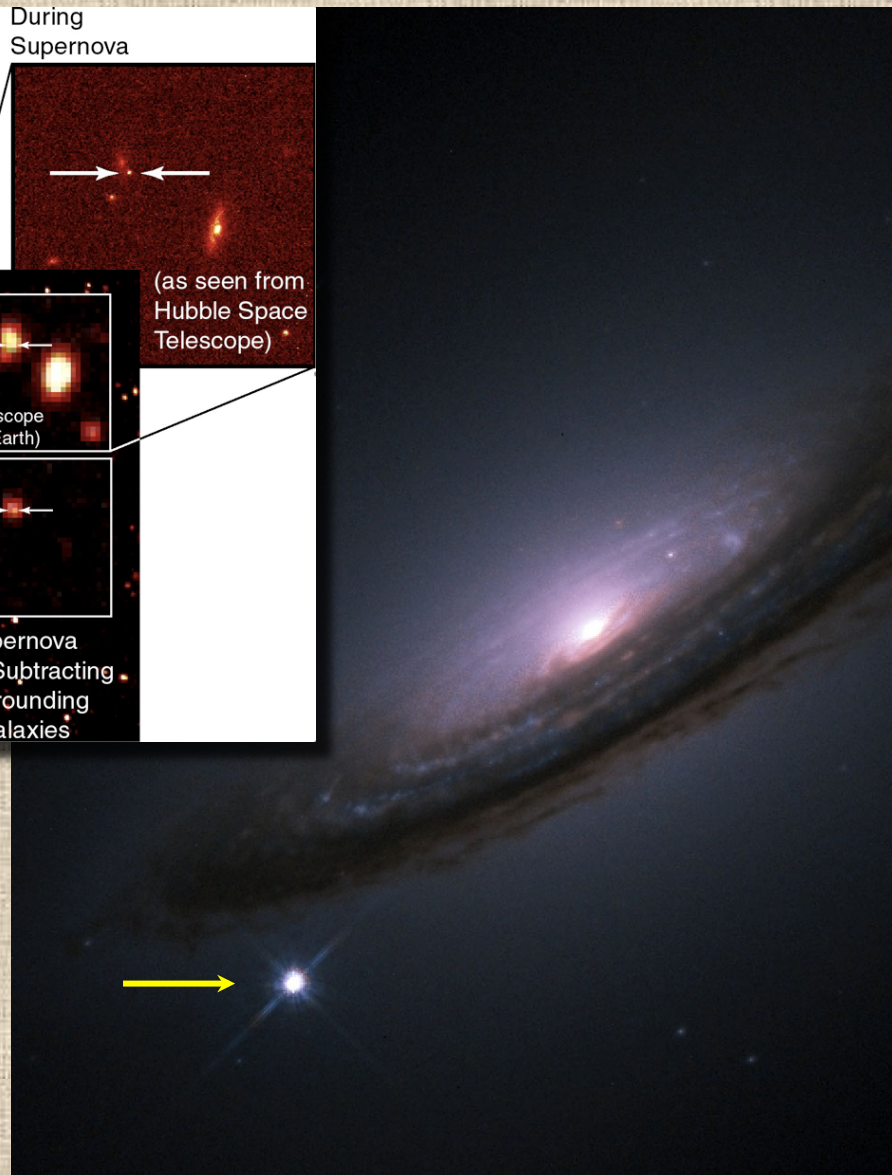
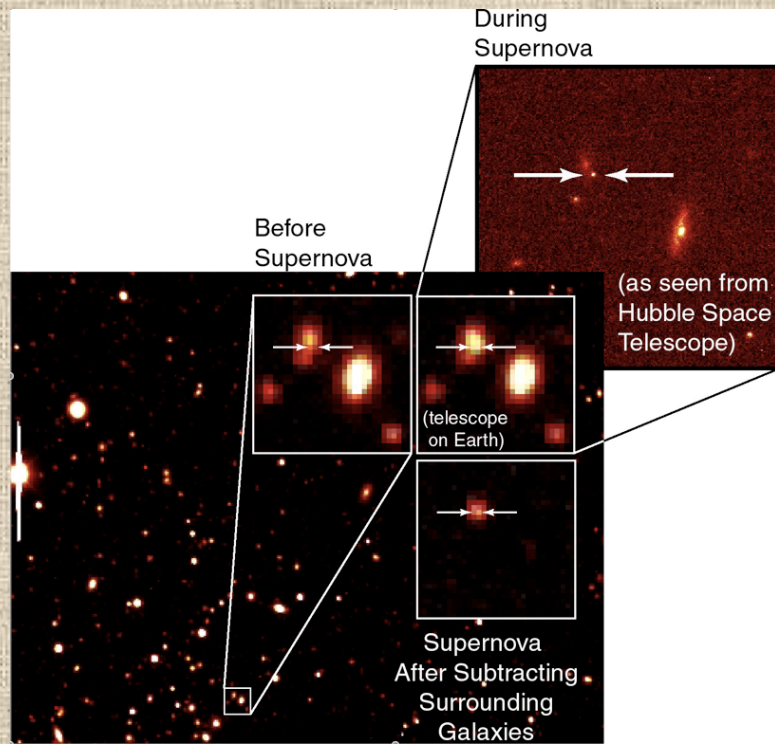


Candele standard: stelle di cui conosciamo a priori la luminosita' assoluta:
misurando la loro luminosita' apparente otteniamo la loro distanza!
Hubble uso' le stelle CEFEDI, una classe di stelle variabili

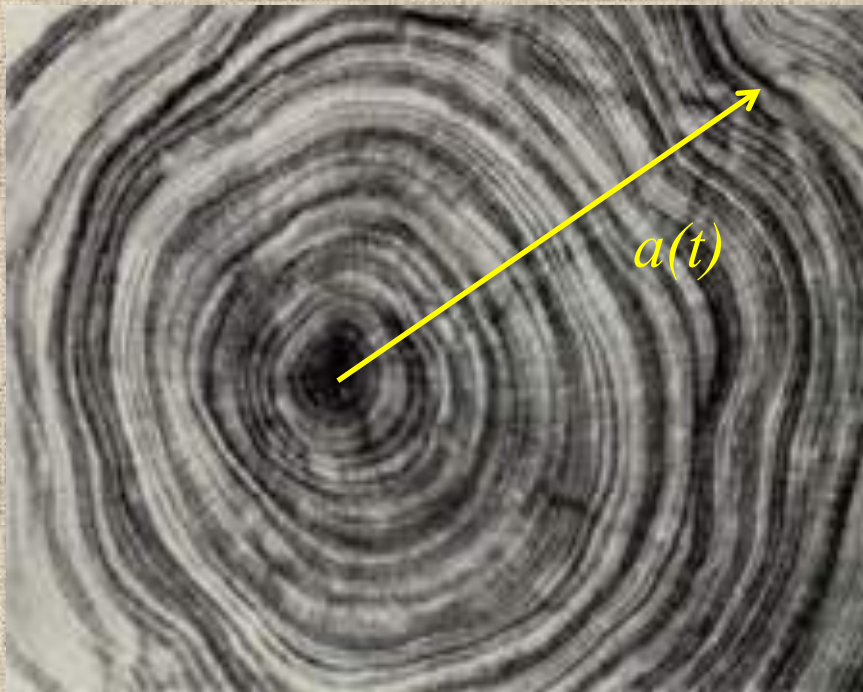
Hubble Diagram for Cepheids



Se vogliamo andare ancora piu' lontano, dobbiamo trovare delle candele standard intrinsecamente molto luminose: le supernove di Tipo Ia

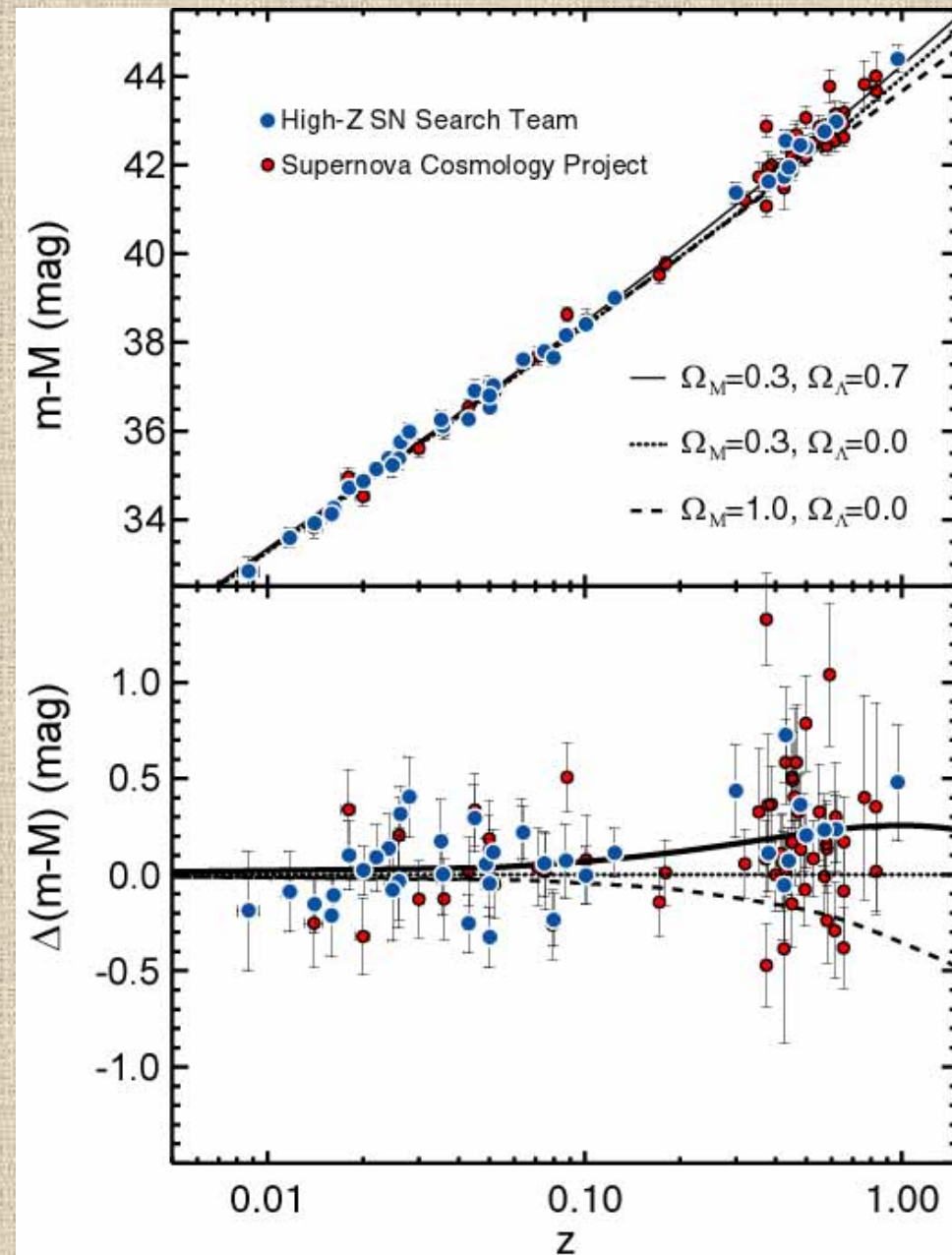


E il loro diagramma di Hubble ci da' un risultato sorprendente: l'espansione dell'Universo non sta rallentando, bensì accelerando

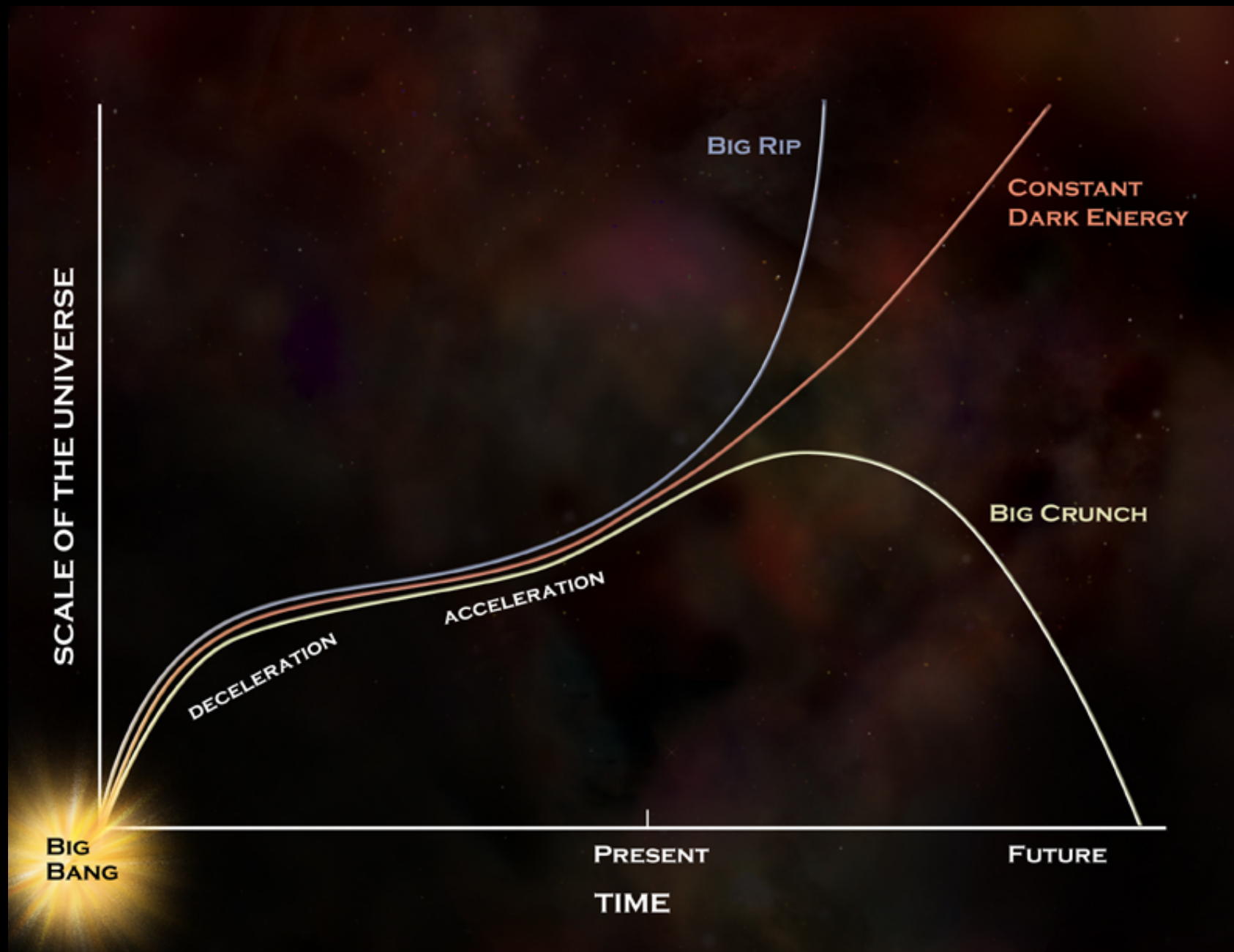


$\log(Distanza)$

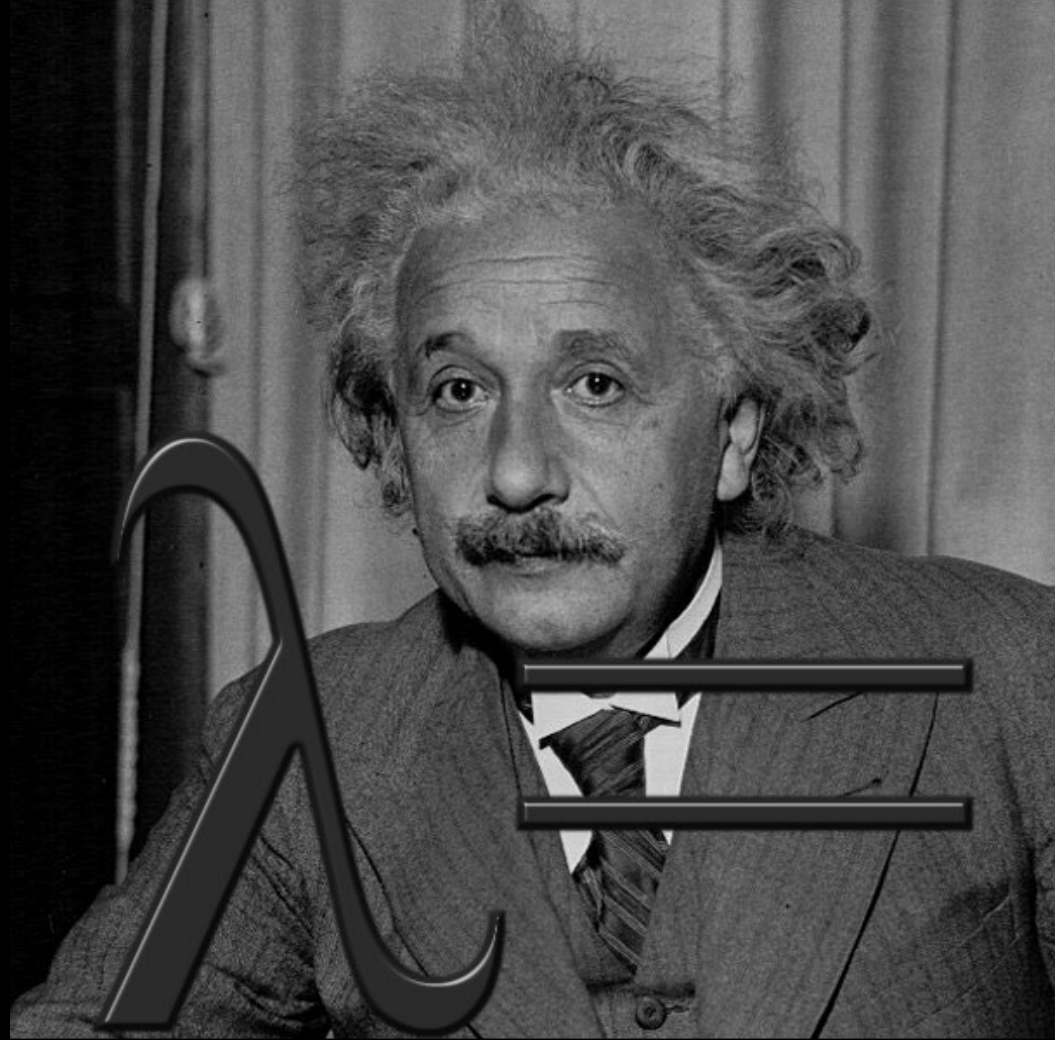
→ E' come se misurassimo la storia di crescita di un albero e vedessimo che recentemente sta crescendo piu' in fretta che nel passato



Redshift delle linee spettrali

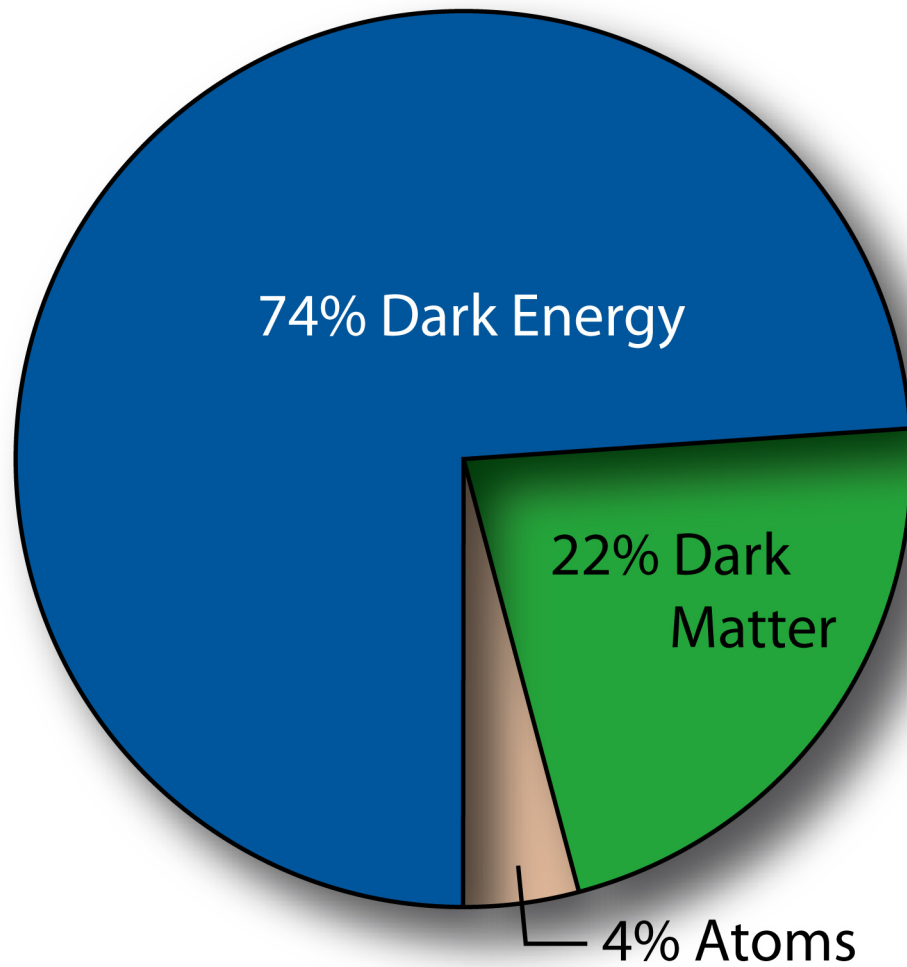


L'osservazione delle supernove ci obbliga ad aggiungere la *Costante Cosmologica* Λ nelle equazioni di Einstein... ma cosa significa fisicamente?



Implica l'esistenza di una forma di energia repulsiva che aiuta l'espansione, che chiamiamo ***Energia Oscura***

Il budget energetico attuale dell'Universo



E' questa l'unica possibile spiegazione?

“La cosa piu’ bella che l’uomo possa sperimentare e’ il senso del mistero. Il senso del mistero e’ la sorgente di tutta la vera arte e la vera scienza.

Coloro che non conoscono questa emozione, che non sono piu’ capaci di meravigliarsi e lasciarsi rapire ammirati, sono per me come morti: i loro occhi sono chiusi”

Albert Einstein

