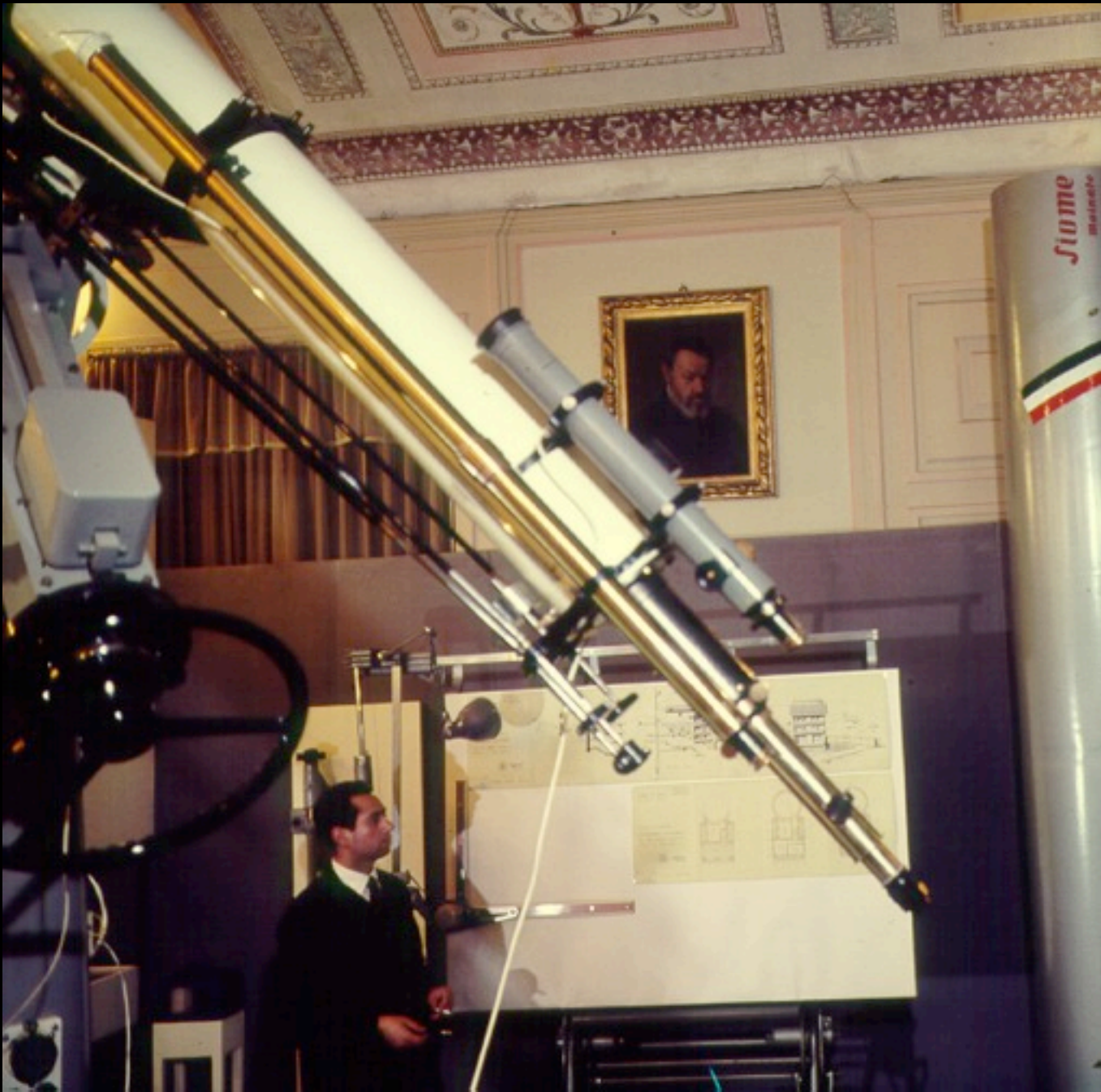


Società Astronomica G.V.Schiaparelli













Edwin Hubble, e il Regno delle Galassie

Luca G Molinari
11 febbraio 2015



**THE
REALM OF THE NEBULÆ**

BY EDWIN HUBBLE
OF THE
MOUNT WILSON OBSERVATORY
CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

OXFORD UNIVERSITY PRESS
LONDON: HUMPHREY MILFORD
1936

Edwin Powell Hubble
1889-1950

G.Galilei nel 1609
cambio' il nostro sguardo sul cielo

E.Hubble negli anni 1924-29
rivoluziono' la nostra visione
dell'universo

Con le tenebre si apre l'abisso,
e il cielo si popola di mondi e
luci lontane . . .

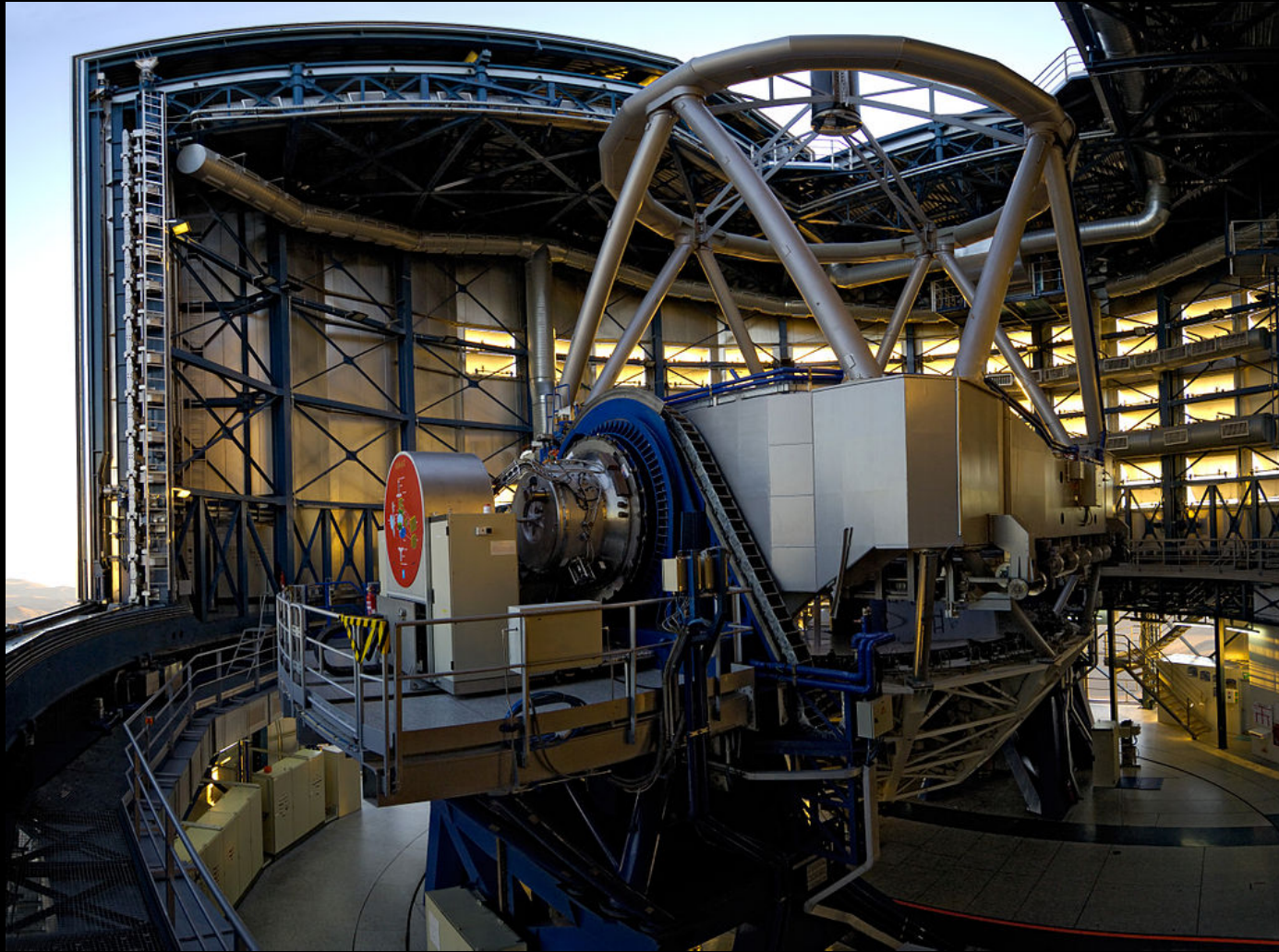


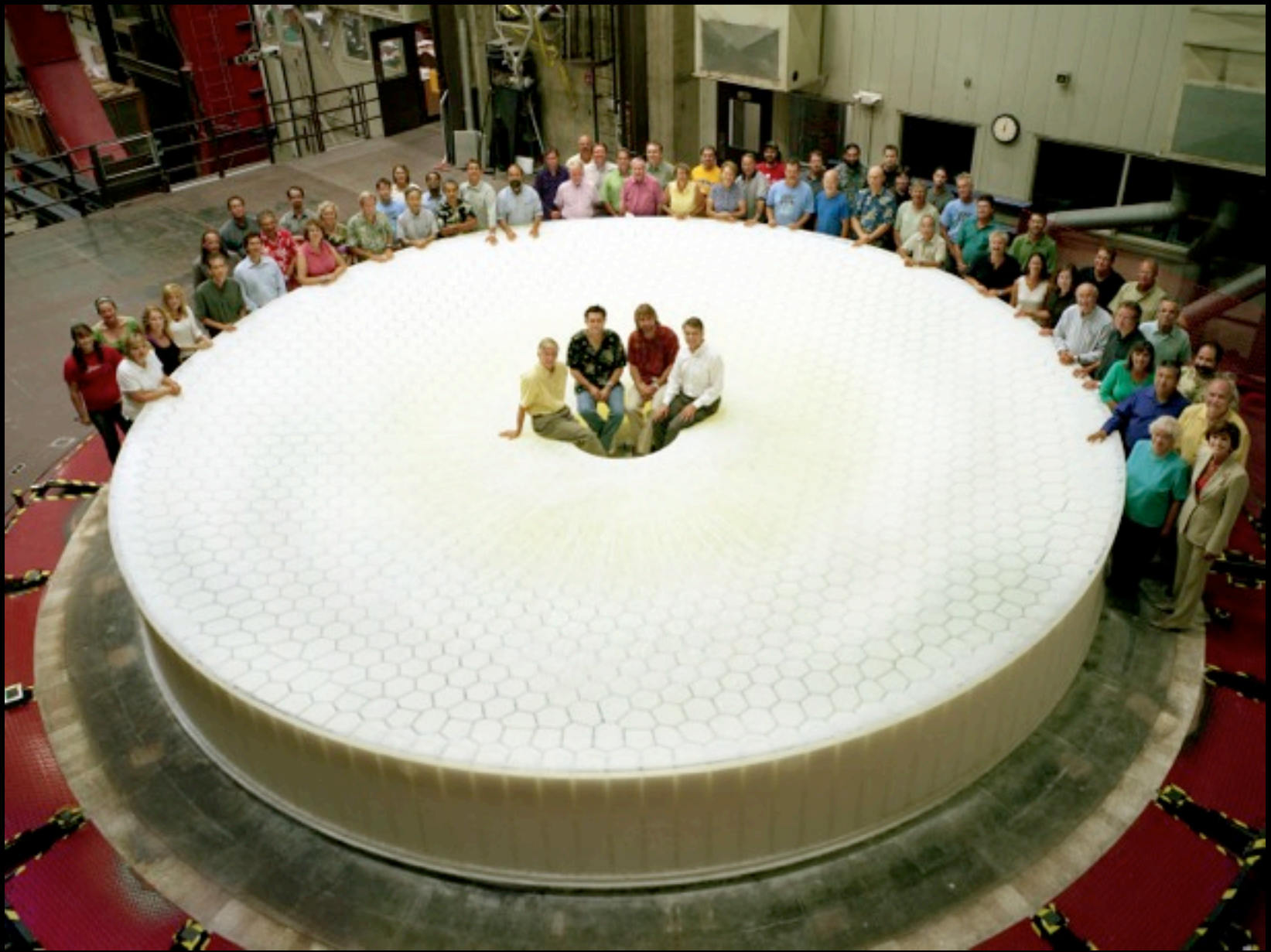
Uno spettacolo immenso
si manifesta ai nostri occhi



e per comprenderlo
dobbiamo misurarlo

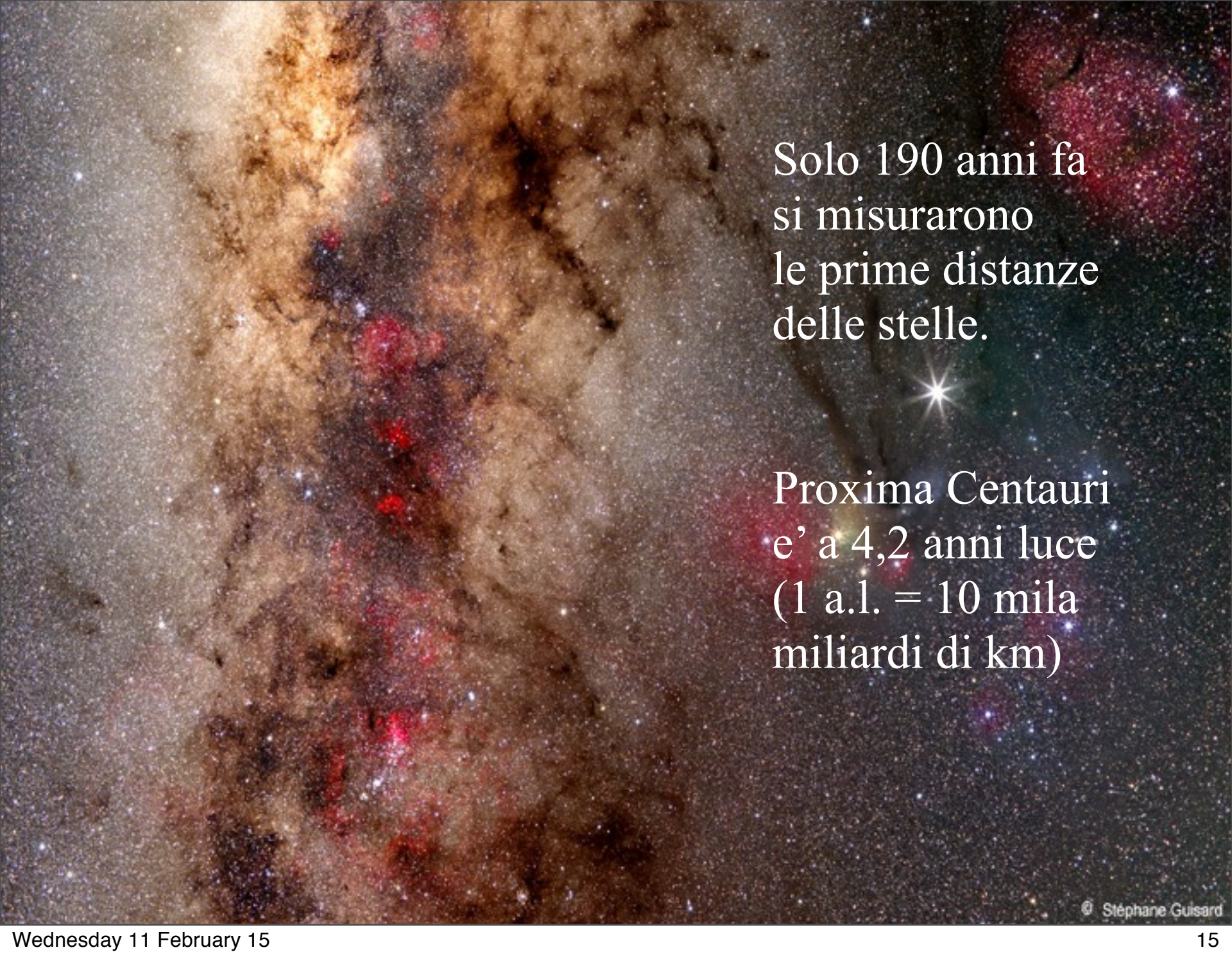








La nostra Terra da 1,45 miliardi km (Cassini 2013)

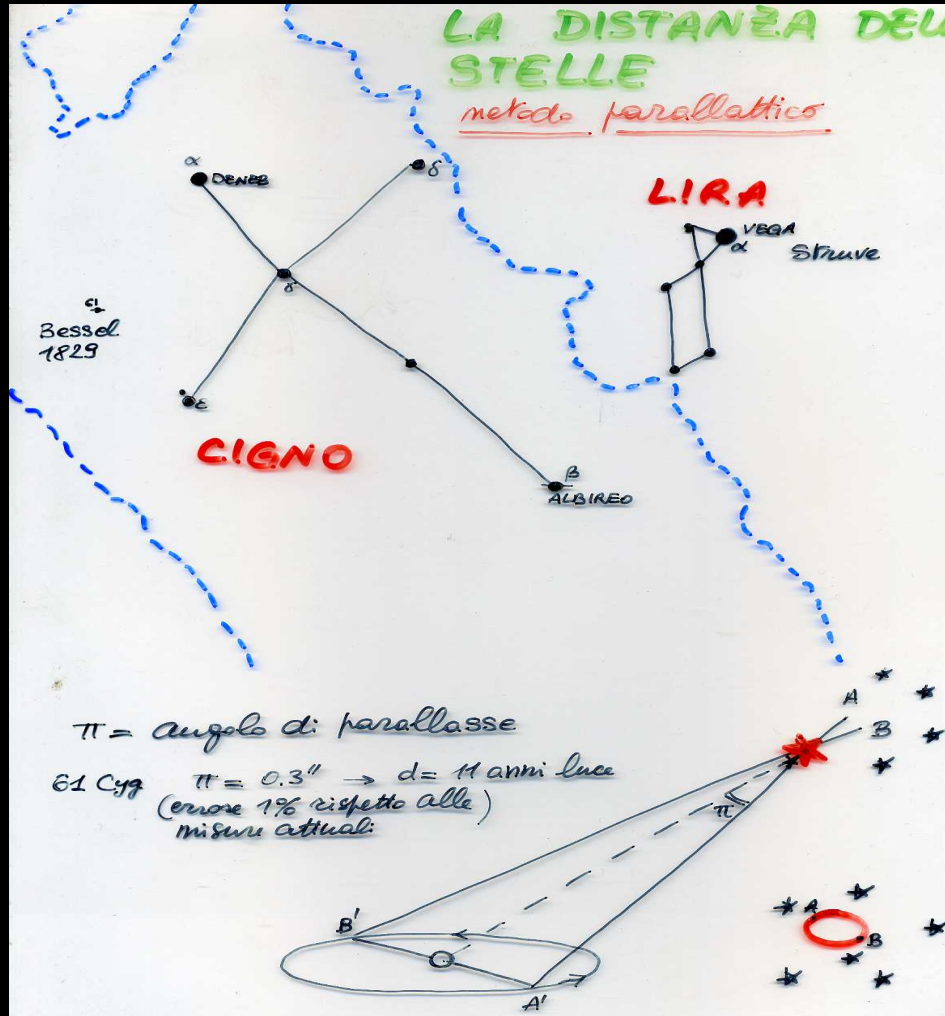


Solo 190 anni fa
si misurarono
le prime distanze
delle stelle.

Proxima Centauri
e' a 4,2 anni luce
(1 a.l. = 10 mila
miliardi di km)

LA DISTANZA DELLE STELLE

metodo parallattico



William e John Herschel
osservarono migliaia di
nebulose, di natura ignota.



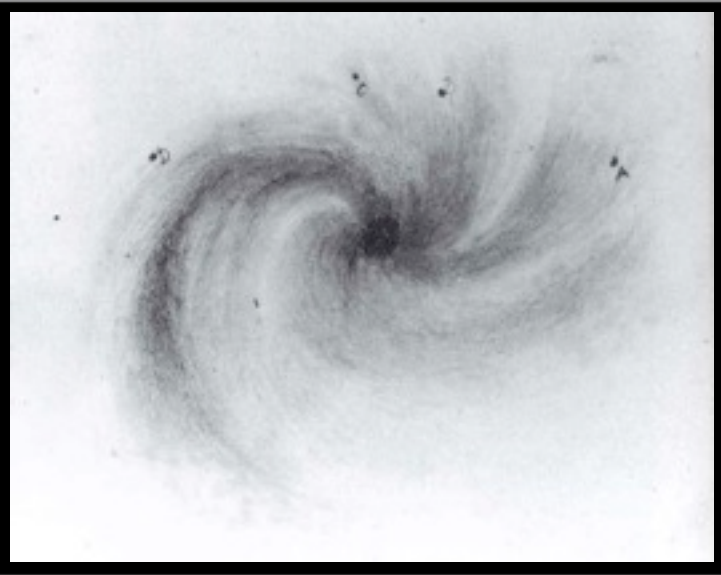
The Leviathan of Parsonstown (1845)



La struttura a spirale delle nebulae



Nebulosa Vortice (M51)



W. Herschel, E. Kant:
universi – isole

P. S. Laplace:
sistemi solari
in formazione



All'inizio del secolo XX
la Via Lattea e la nebulosa Andromeda
splendevano da altezze ancora ignote



Daniel López
Observatorio del Teide, IAC

What are galaxies?

No one knew before 1900.

Very few people knew in 1920.

All astronomers knew after 1924.

(A. Sandage)



M31- galassia di Andromeda(1899)

Le variabili Cefeidi e la misura della Via Lattea

L'osservatorio di Harvard (1900)



Il computer di Harvard

Scanned at the American Institute of Physics



La relazione **periodo-luminosità** delle stelle variabili Cefeidi (una scoperta fondamentale)

Henrietta Leavitt



Scanned at the American
Institute of Physics

Seleziona 16 stelle variabili nella nube di Magellano e osserva:

The brighter ones have longer periods.

“1777 variables in the Magellanic Clouds” Ann. Astr. Obs. Harv. (1908)

LE VARIABILI CEFEIDI

POLARIS



CEFEO



L'indagine spettroscopica mostra che la stella è pulsante (da 31 a 35 raggi solari)

1912 Henrietta Leavitt, studiando le cefeidi nella Piccola Nube di Magellano, scopre la relazione PERIODO - LUMINOSITÀ.
Le più luminose hanno periodo più lungo

1918 Modello di Shapley della galassia.

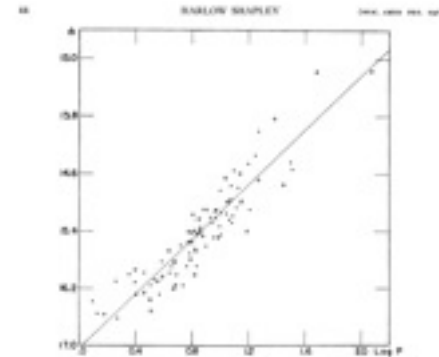
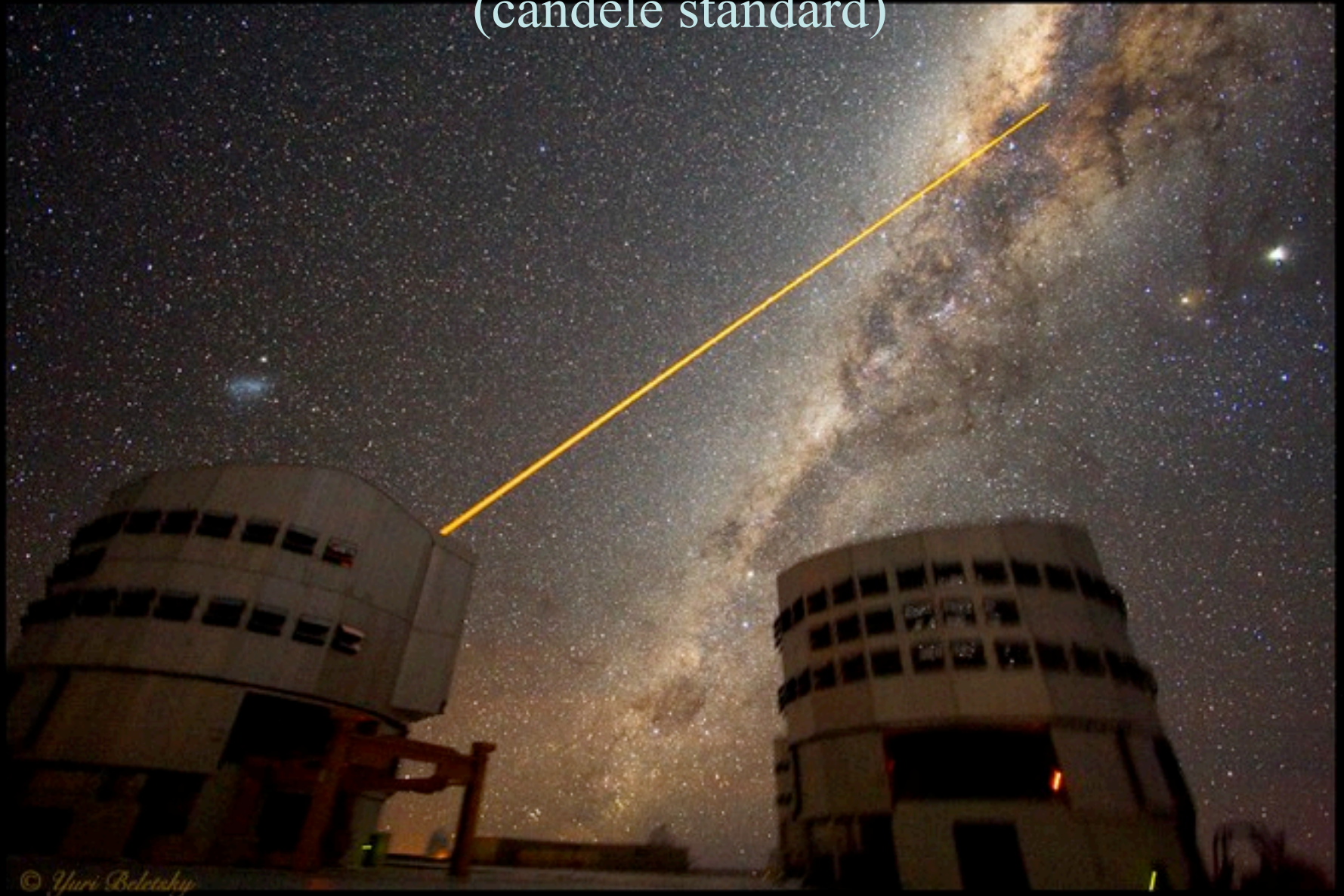


Fig. 4. Period-magnitude relation for the right-angle Cepheid variables. Open circles indicate variables in large Magellanic Cloud.

the mean is compared. The mean values for the two populations are also given in table 2 and figure 2. For these three mean curves the color indices are, respectively, 0.1, 0.16, and 0.2. In the foregoing analysis, light curves from the two Magellanic Clouds were combined without an adjustment of the zero-points of the two systems of photographic magnitudes. Apparently it was not needed. That the two Clouds can be treated as if essentially the same distance is indicated in figure 4, which shows the period-luminosity relation based on all right-angle variables. The adopted distance modulus is 13.25 for both Clouds. The corresponding distance is approximately eight thousand light years, if an adopt a value of 0.1 mag as the correction for interstellar space absorption.

* It is in the table and figure the surface photometric magnitudes of 1912-1920 are here corrected by subtracting an equivalent to allow for light absorption in the 20-30 micron bands in which it is assumed

Le stelle cefeidi sono **pietre miliari** nel cielo
(candele standard)



© Yuri Beletsky

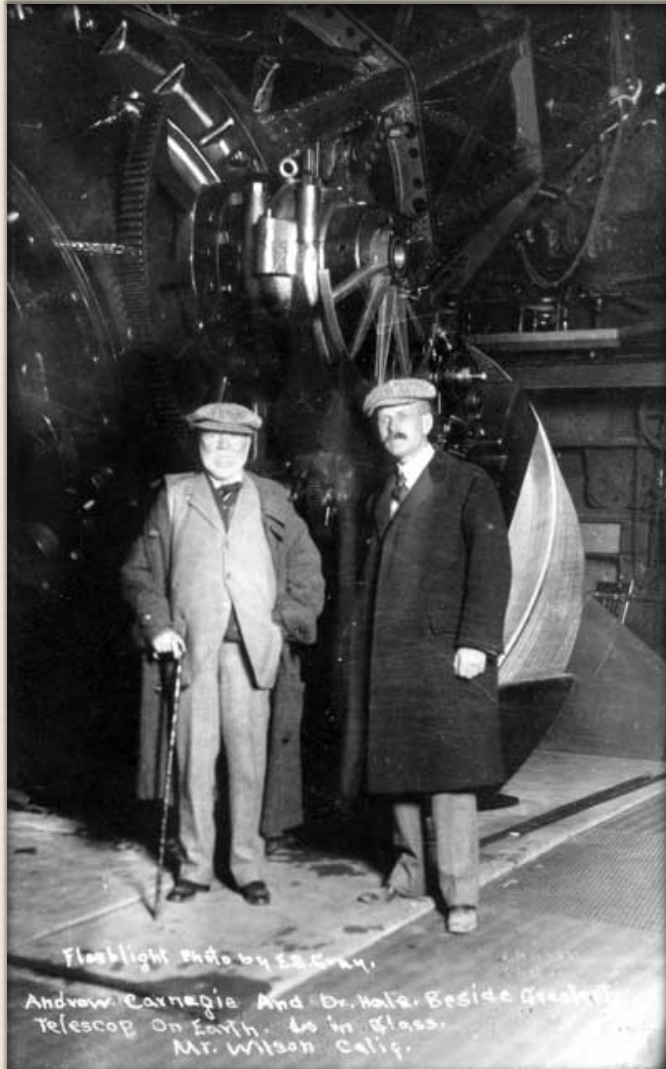


ammasso globulare
(candela standard)

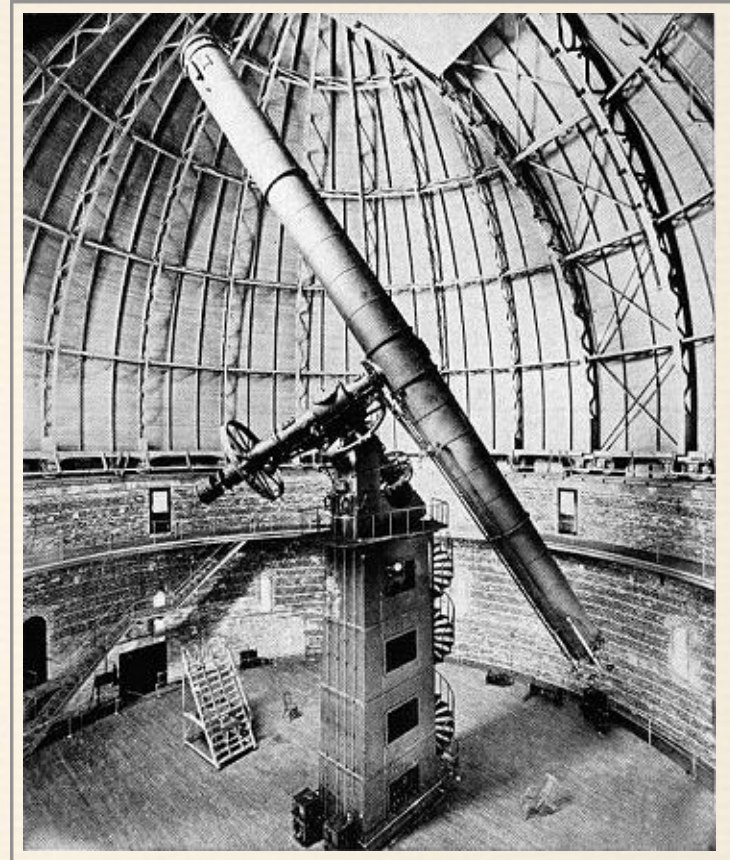
100mila anni-luce

Shapley misuro' la Via Lattea
con le Cefeidi e gli ammassi globulari

I grandi telescopi e la distanze delle galassie

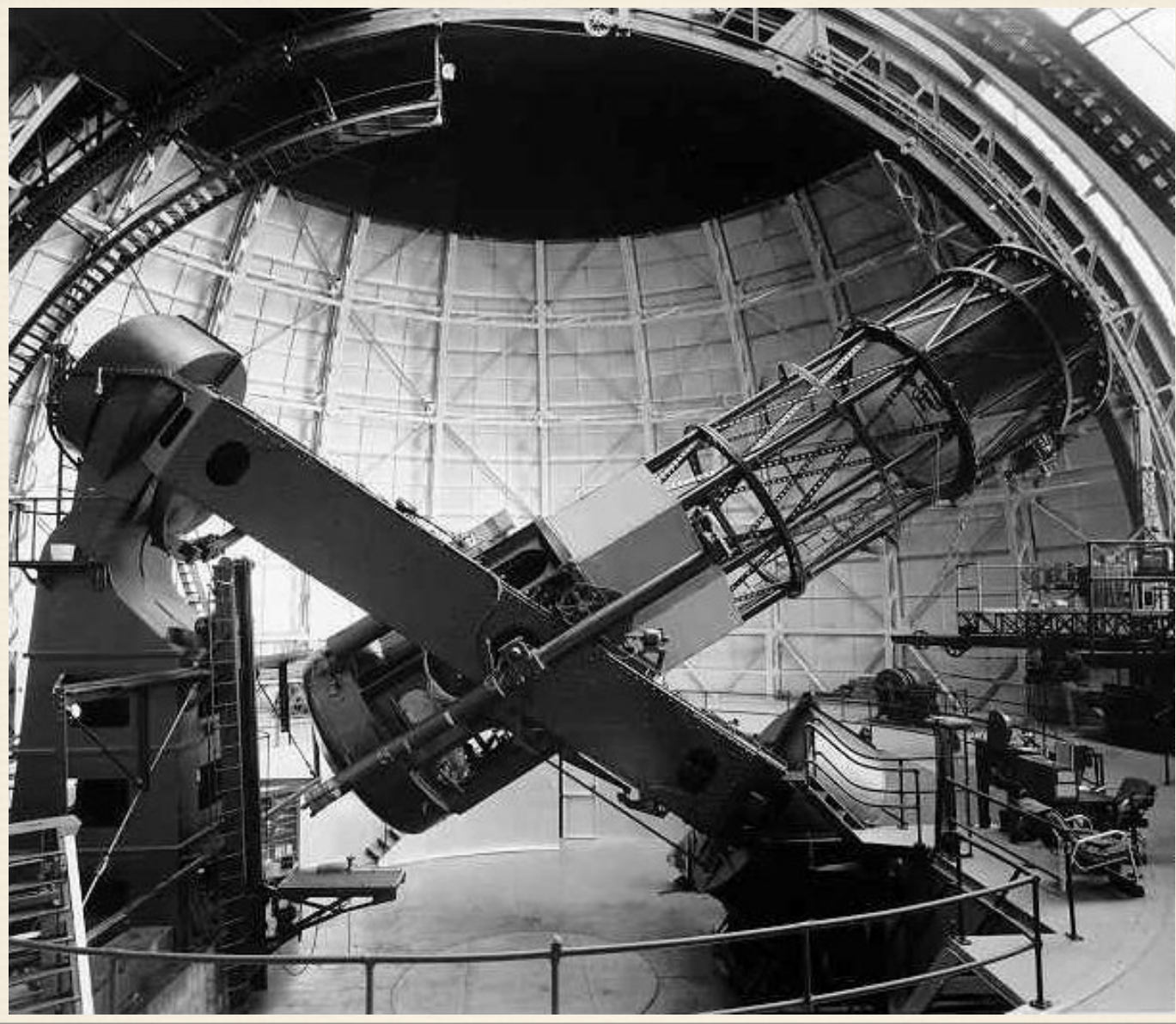


Flashlight photo by E.S. Gray.
Andrew Carnegie and Dr. Hale, beside greatest
Telescope on Earth. As in Glass.
Mr. Wilson Callig.

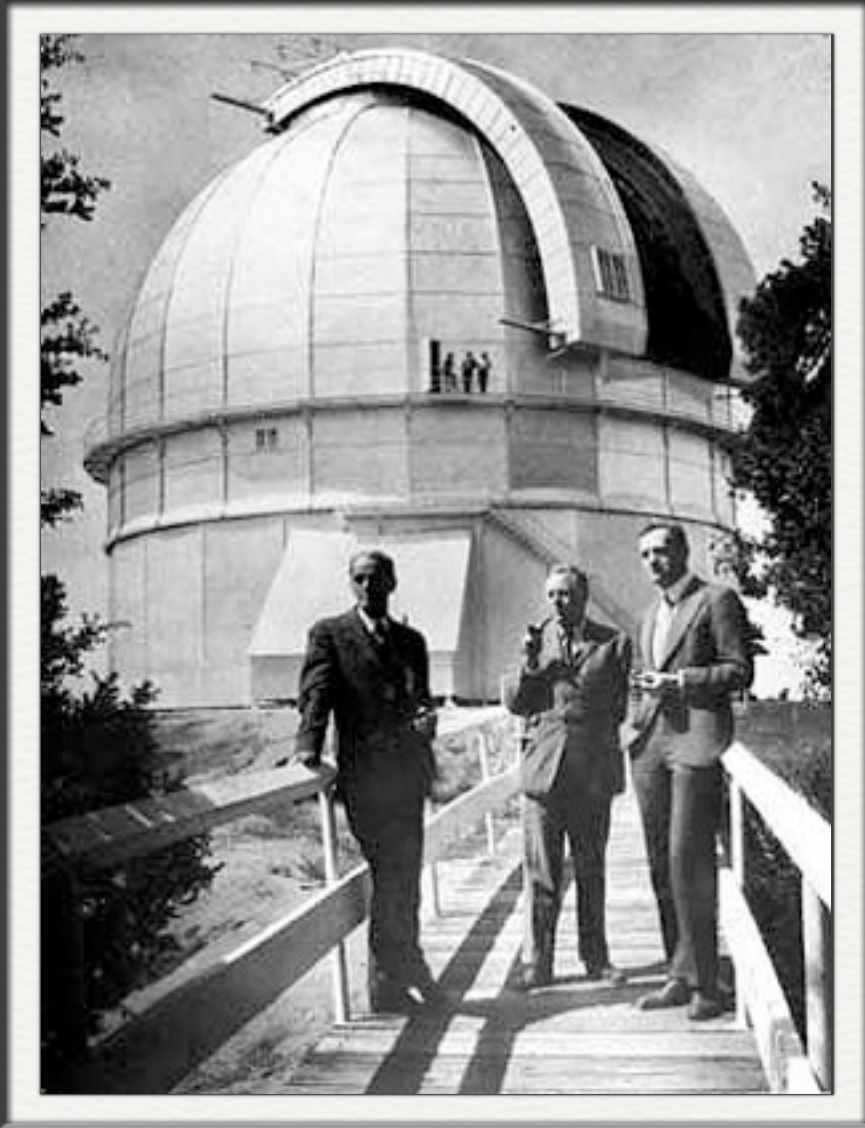


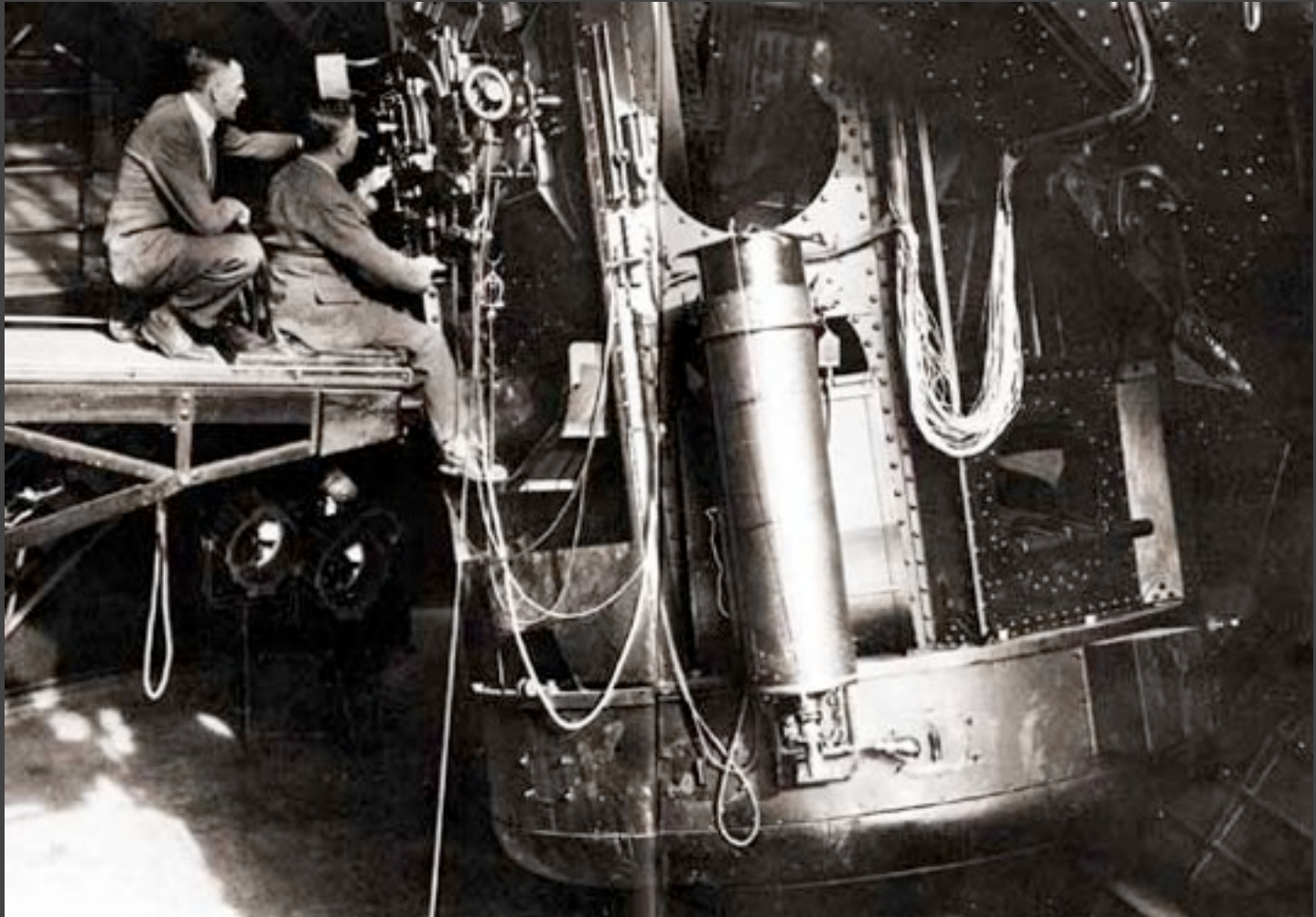
Yerkes Obs.

Andrew Carnegie e George Hale

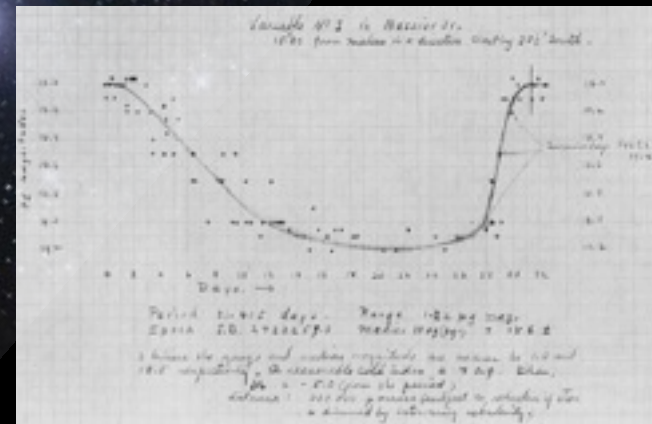
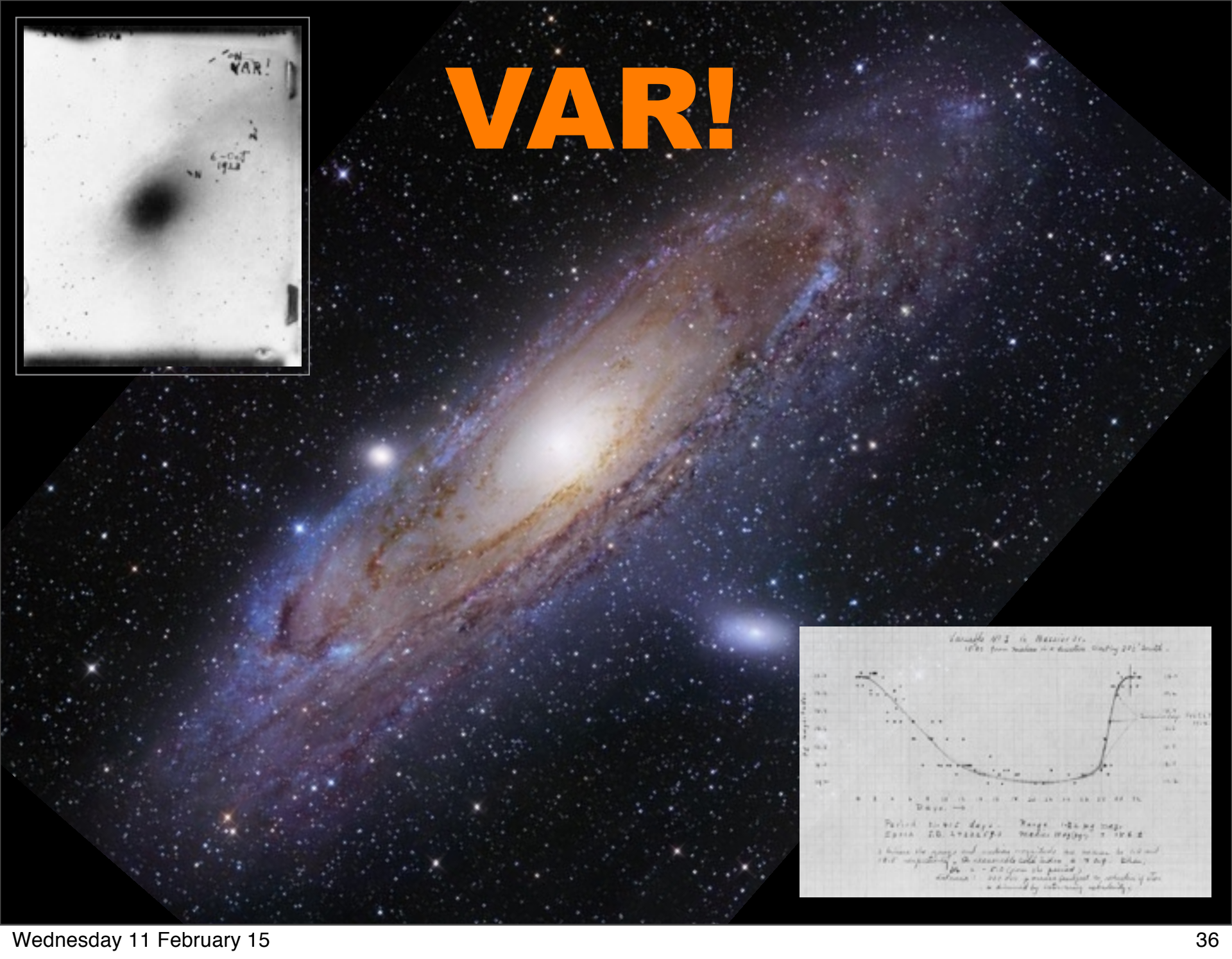
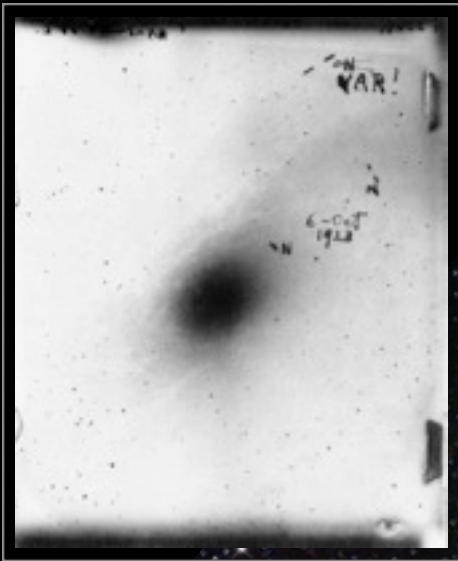


Mount Wilson, Hooker telescope 100''





VAR!





Daniel López
Observatorio del Teide, IAC

2,3 milioni di anni luce



M104 Galassia Sombrero
diam=50mila a.l. M=800 mdi di stelle

La legge di Hubble e l'espansione dell'universo

SPETTROSCOPIA



DISPERSIONE LUMINOSA:
dipendenza dell'indice di rifrazione (e quindi
della velocità di propagazione in un materiale)
dalla lunghezza d'onda.



Fig. 1. (1^a type: Sirius, Vega, Altair, Regulus, etc.)



Fig. 2. (2^a type: Sun, Pollux, Arcturus, Procyon, etc.)



Fig. 3. (3^a type: α Herculis, β Pegasus, α of Orion, Antares, etc.)

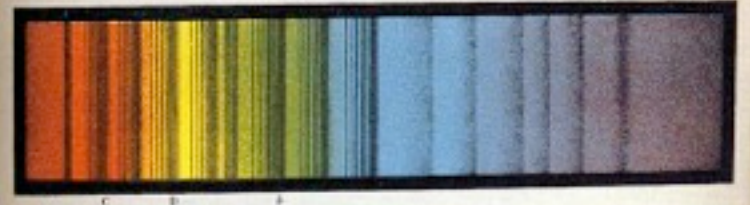
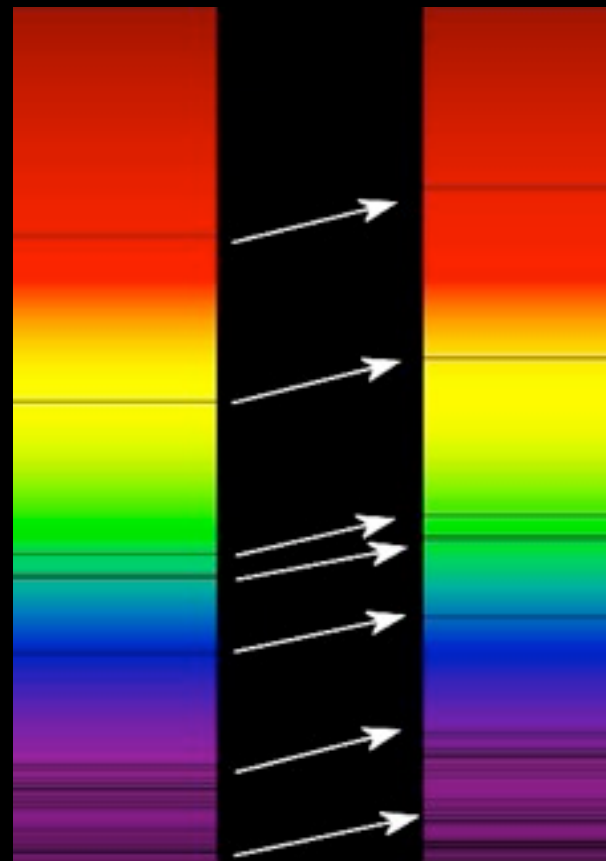
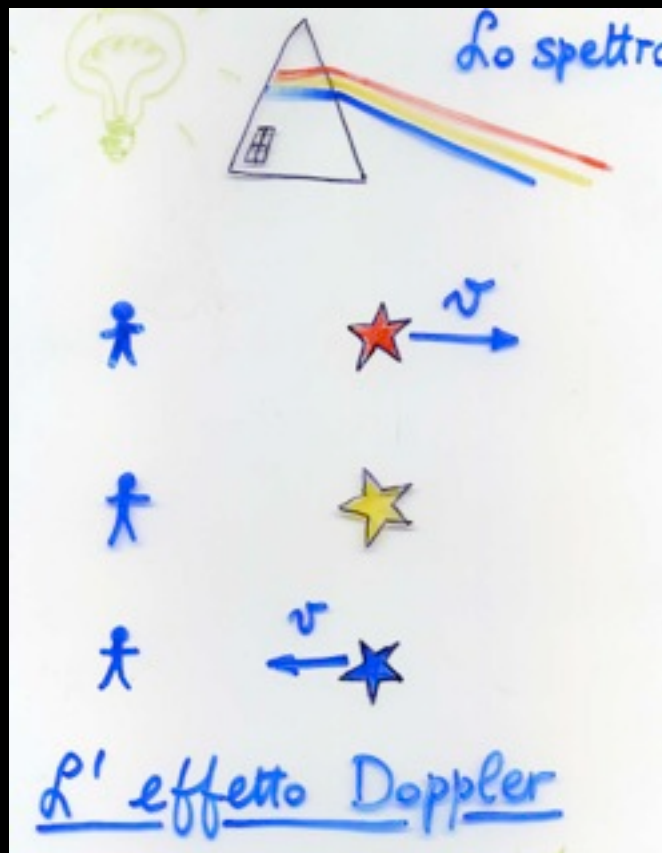


Fig. 4. (4^a type: ω of Schjellerup.)



L'effetto Doppler



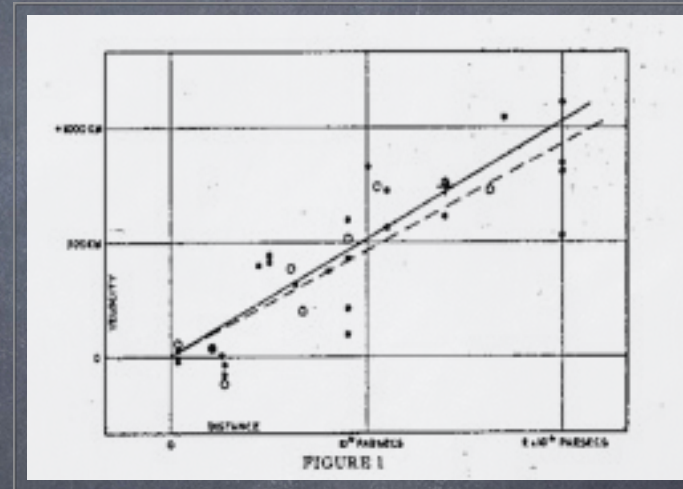


Humason & Hubble



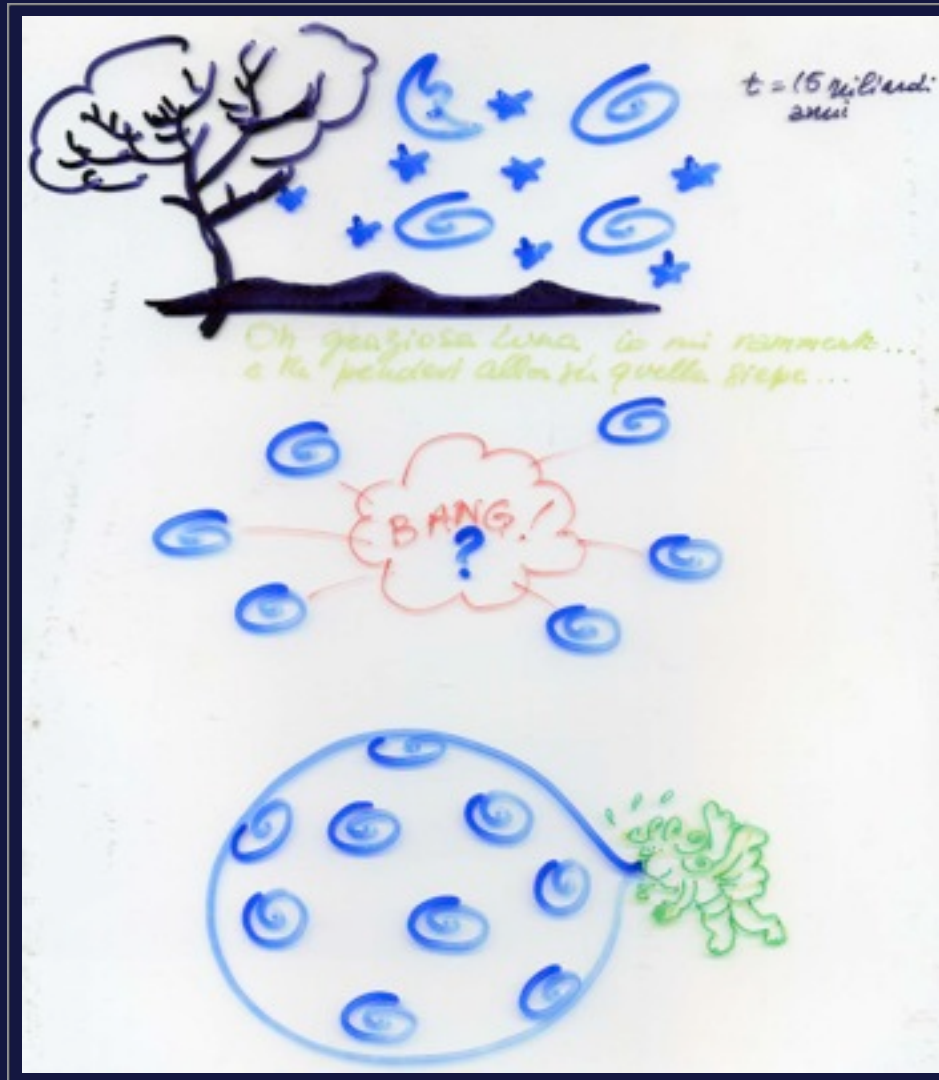
LA LEGGE DI HUBBLE

Le nebulae si allontanano da noi
(redshift delle nebulae, Vesto Slipher 1914)



$$v = H d$$

(1929)

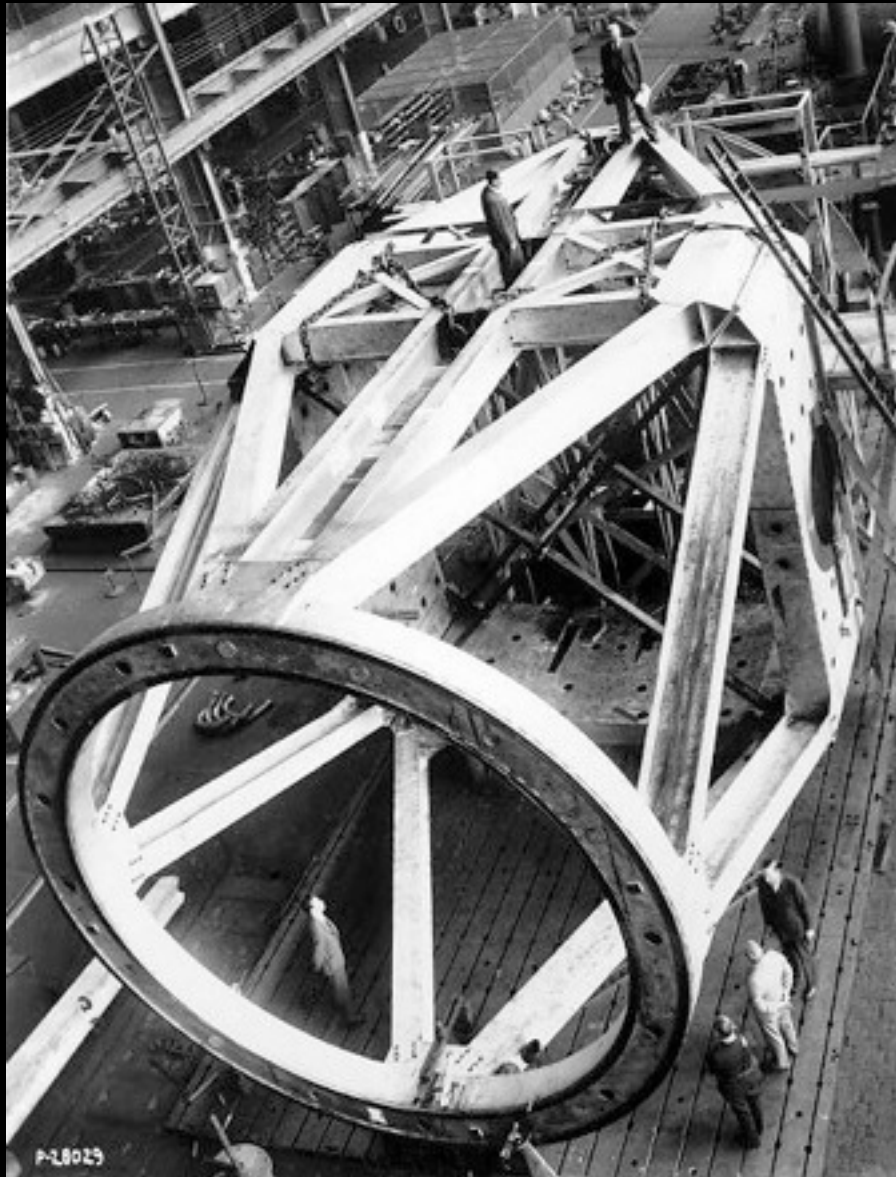


Dedication of Palomar 1948











National
Geographic
and
Palomar Obs.
Sky Survey





Hubble Space Telescope

dal 1990, $h=600$ km, specchio 2,5 metri

Il regno delle galassie



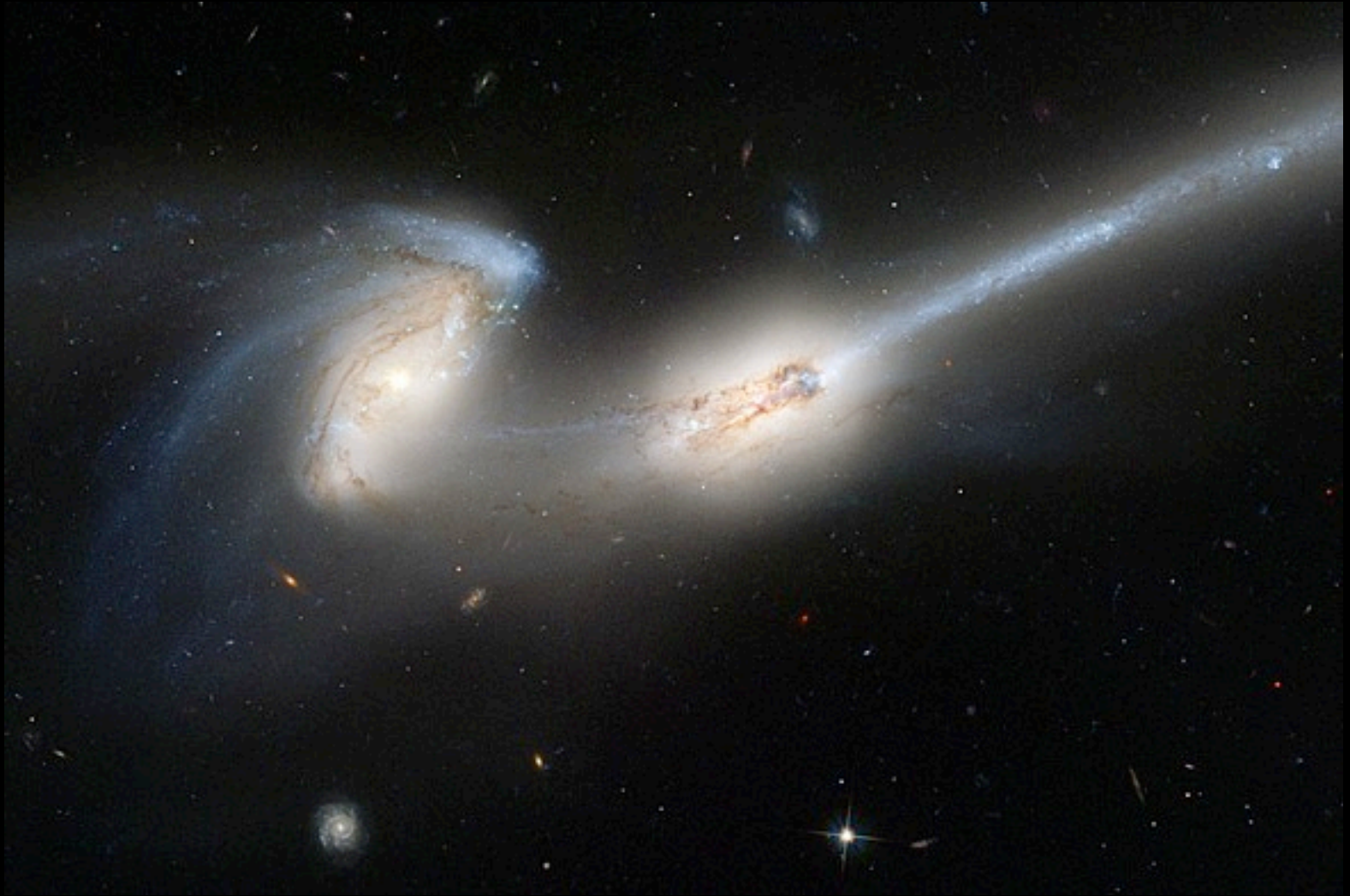


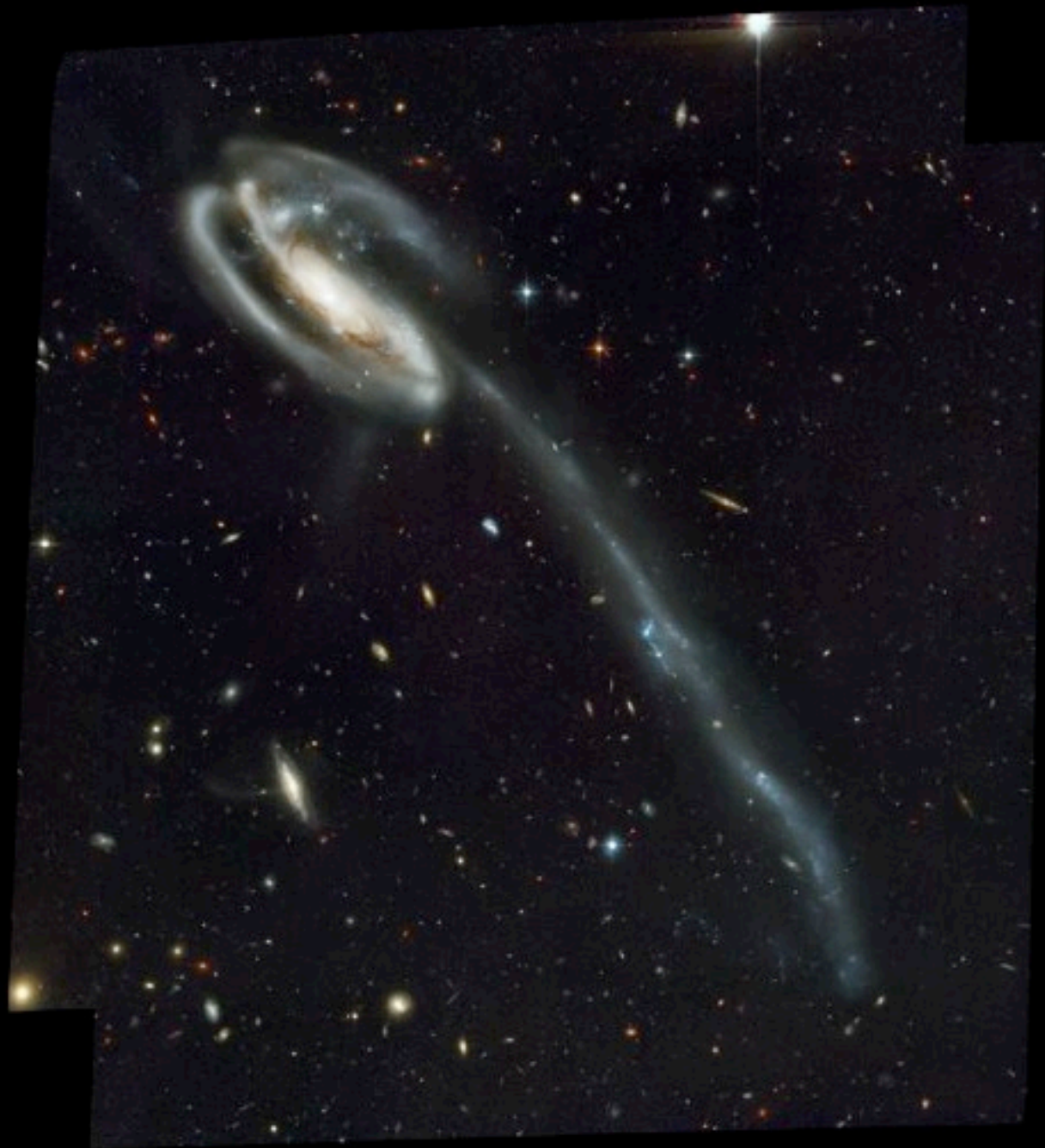
Galassie M81 e M82
star-burst dopo incontro ravvicinato.
300mila a.l. tra loro e 10milioni da noi



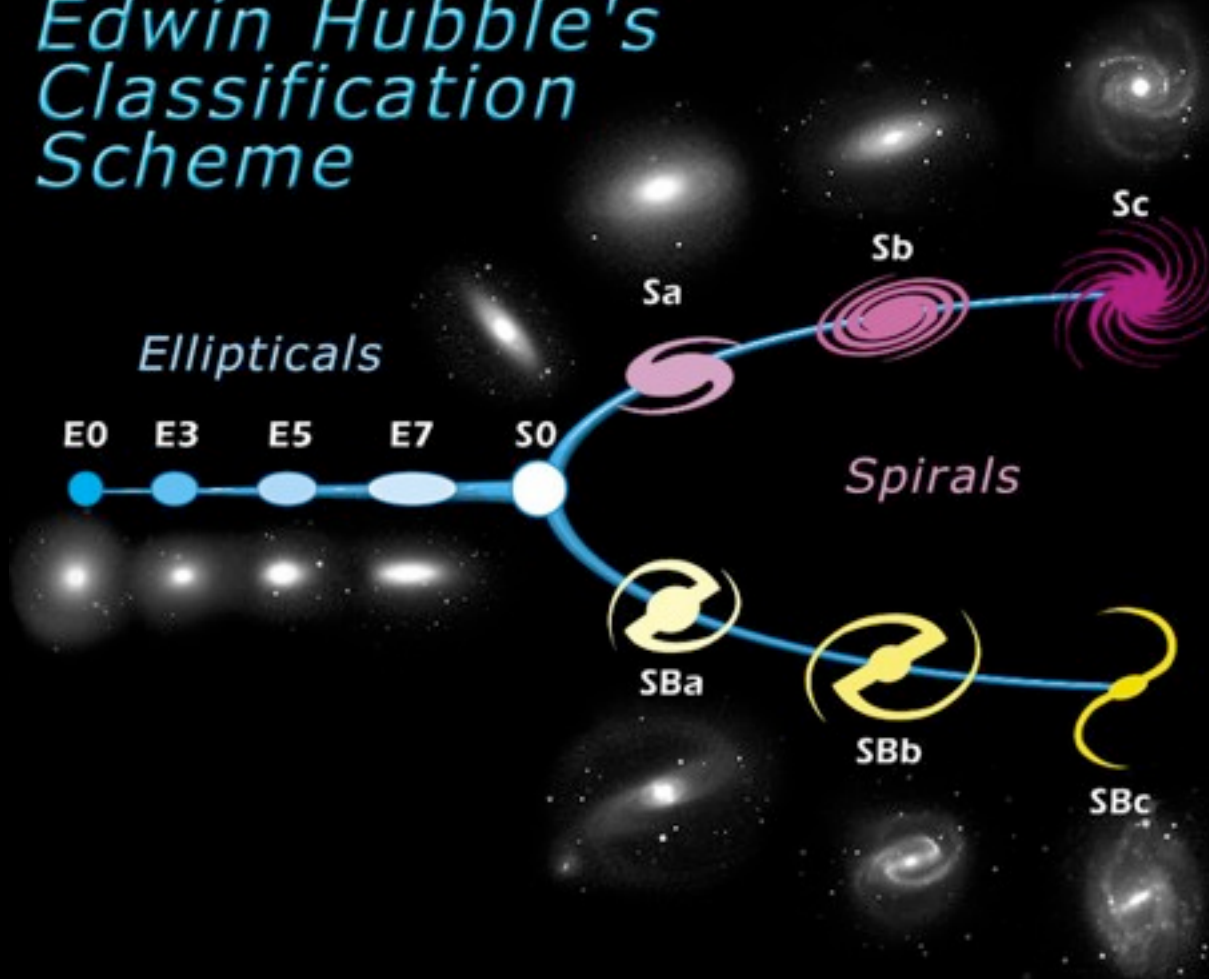








Edwin Hubble's Classification Scheme



Galassia ellittica

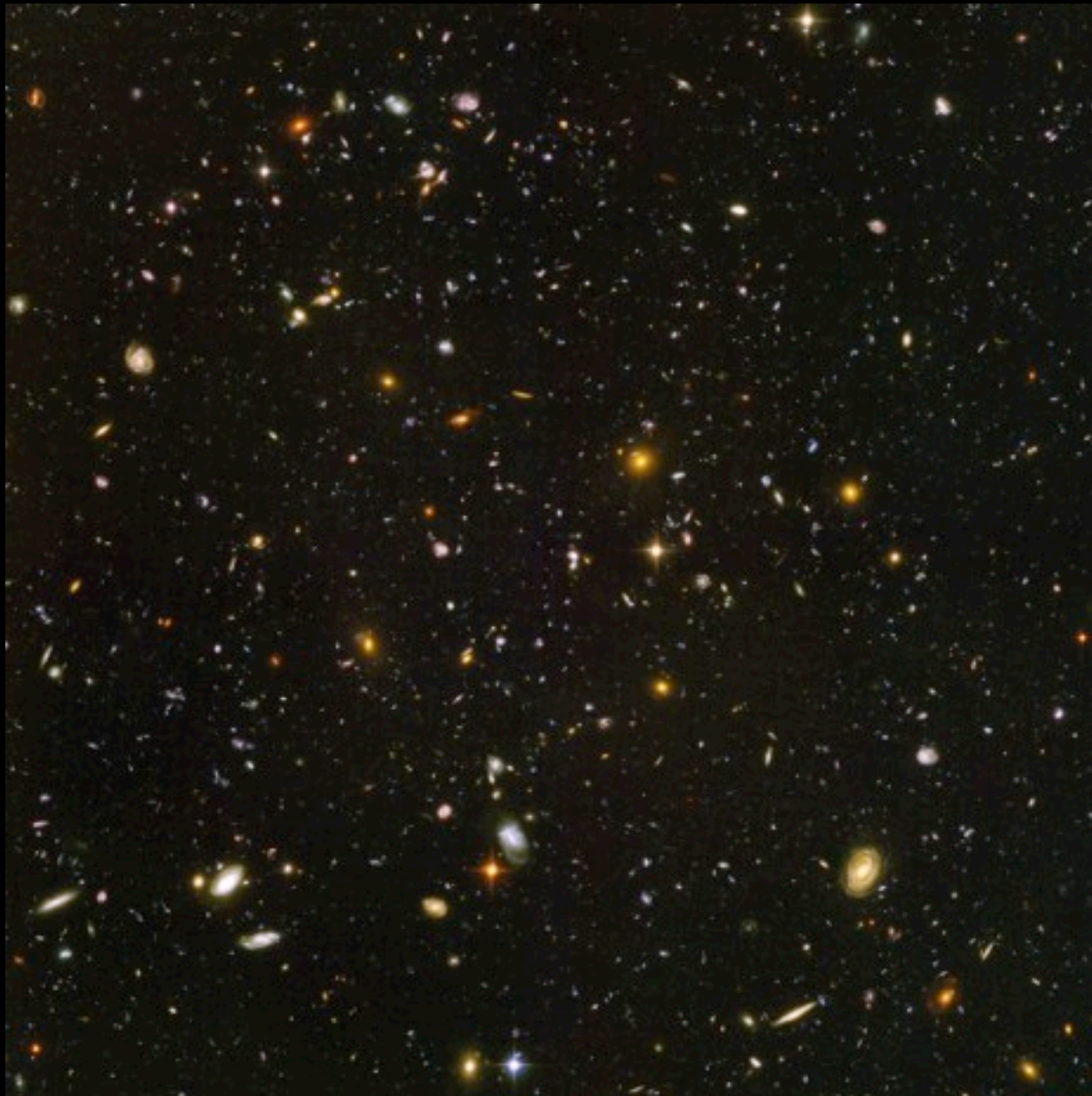
IC 1101

diam=6 milioni a.l. -

d=1,4 miliardi a.l.

100 trilioni di stelle,
in Abell 2029 (Virgo)





HST ultra-deep field, posa 11gg, 10k galassie

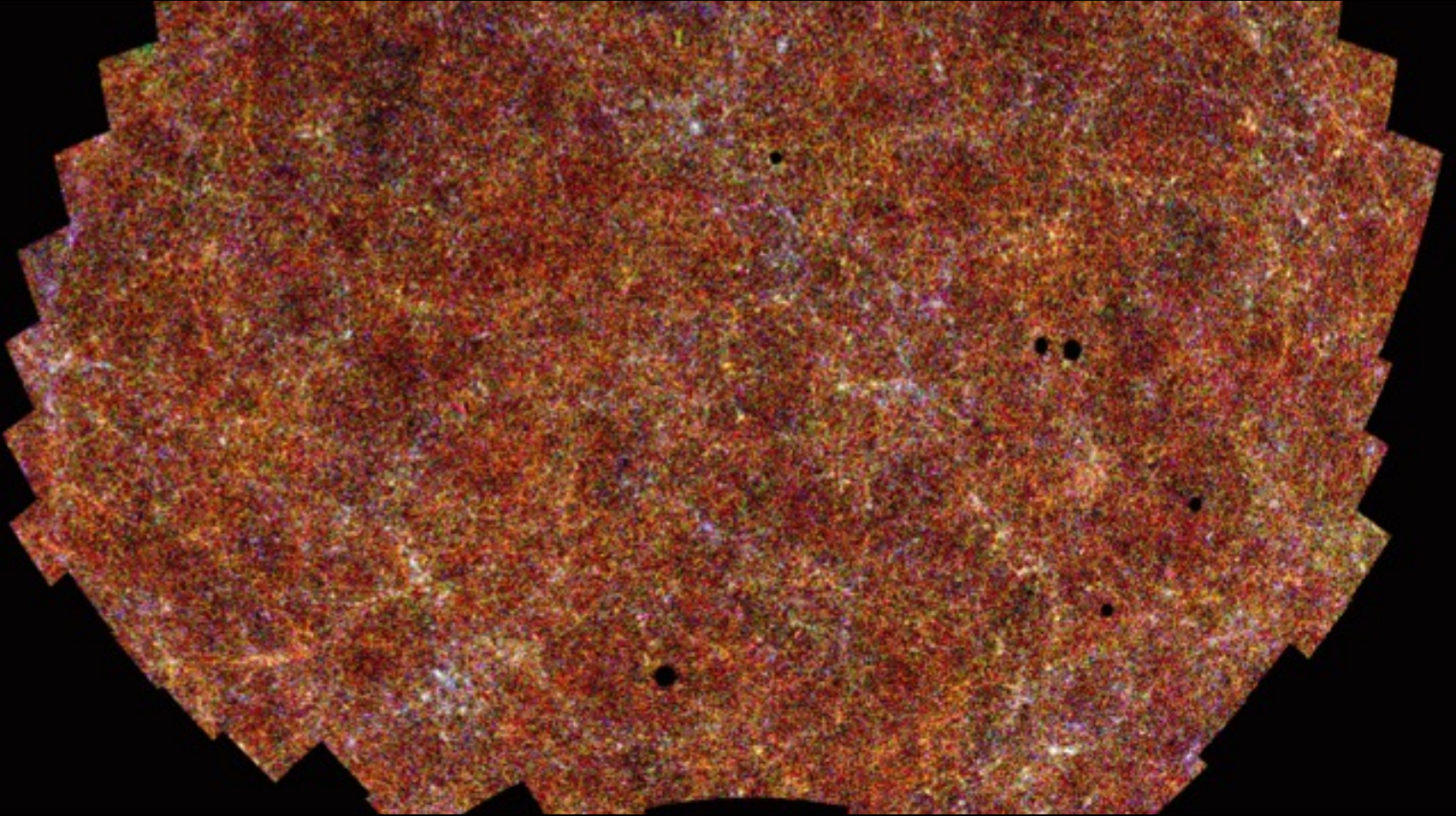
The observable region is our sample of the universe.
If the sample is fair, its observed characteristics will
determine the physical nature of the universe as a whole.
(E. Hubble, 1936)



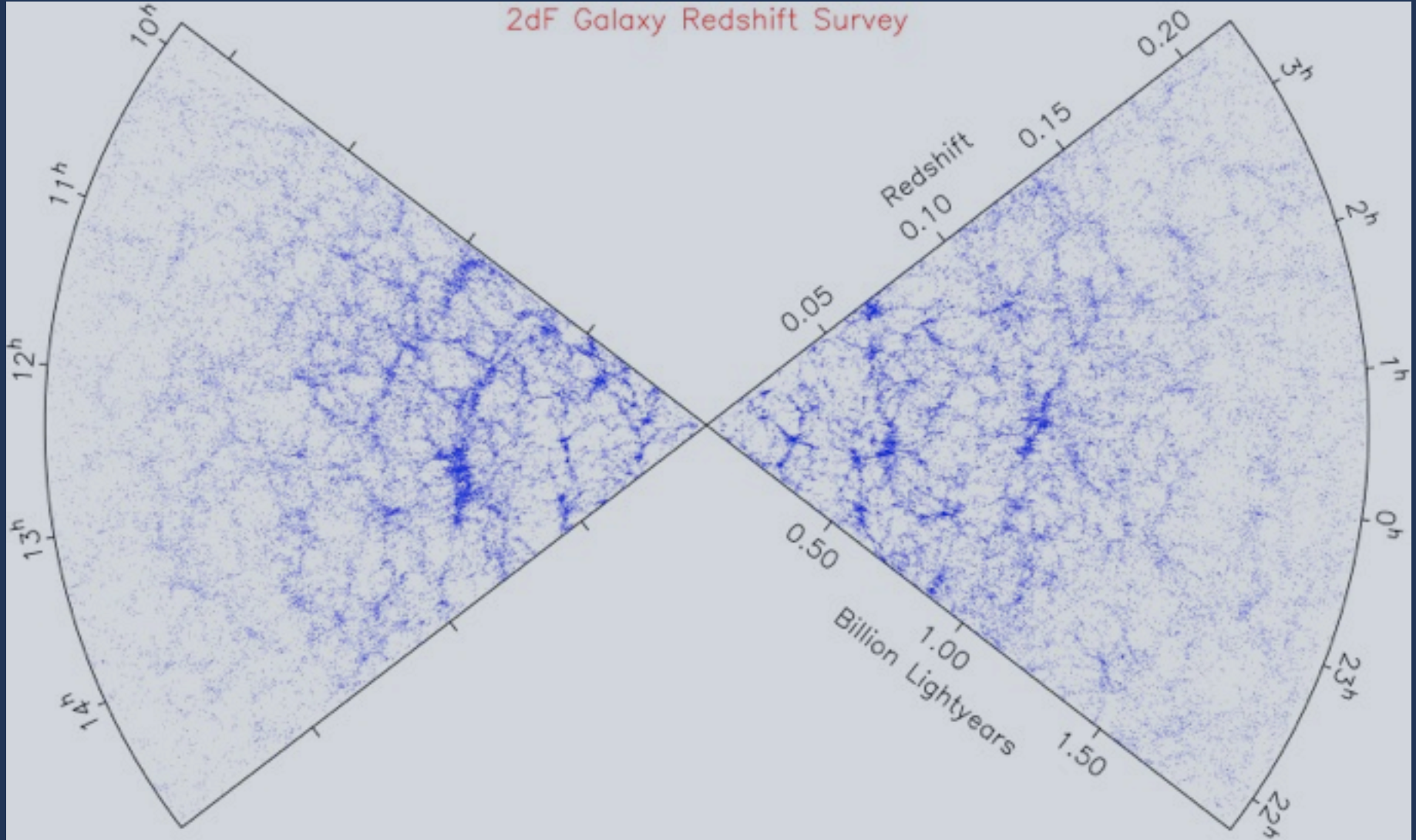
Principio cosmologico:
L'universo appare,
nello stesso tempo e su grande
scala, uguale in tutte le direzioni
(isotropo) e per qualunque
osservatore (omogeneo)

APM galaxy survey

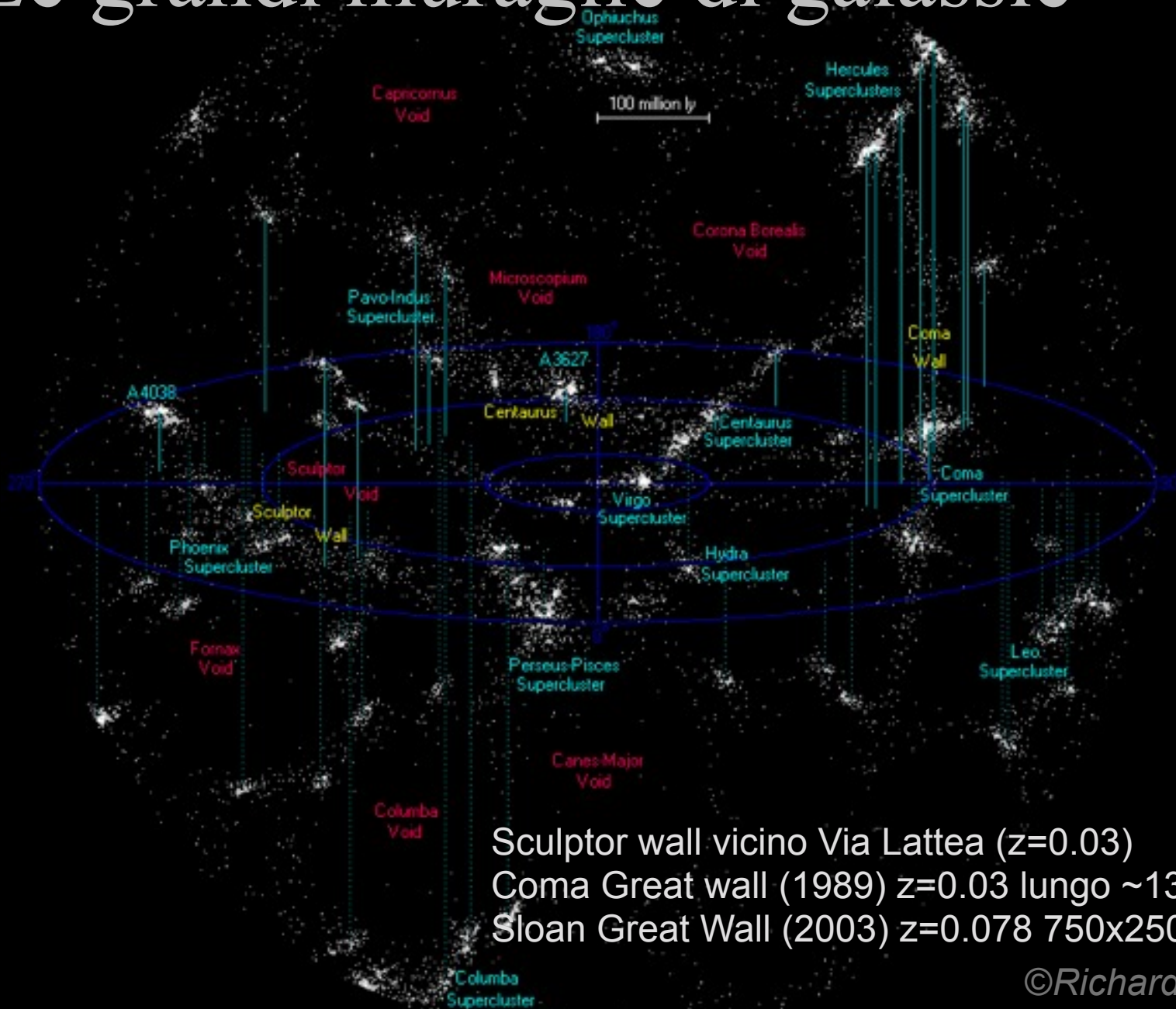
(3 MILIONI DI GALASSIE)



2dF Galaxy Redshift Survey



Le grandi muraglie di galassie



Sculptor wall vicino Via Lattea ($z=0.03$)
Coma Great wall (1989) $z=0.03$ lungo ~ 1300 M a.l.
Sloan Great Wall (2003) $z=0.078$ $750 \times 250 \times 20$ M a.l.

©Richard Powell

teoria e osservazione la cosmologia

Dalle geometrie non-Euclidee alla geometria intrinseca



Per un punto passa una e una sola retta
parallela a una retta data



Carl F. Gauss



Janos Bolyai

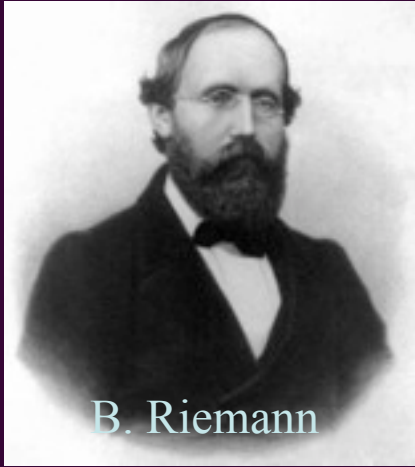


Nikolaj Lobacevskij

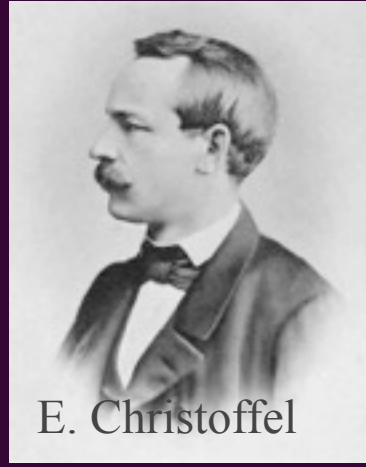
... Lodarlo sarebbe infatti lodare me stesso; tutto il contenuto dell'opera
spianata da tuo figlio coincide quasi interamente con quanto occupa
le mie meditazioni da trentacinque anni a questa parte ...

La geometria intrinseca

Il calcolo differenziale assoluto



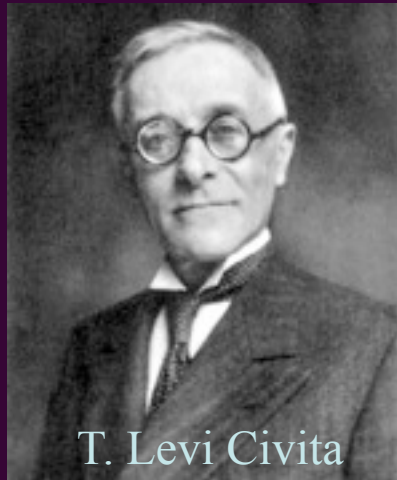
B. Riemann



E. Christoffel



G. Ricci Curbastro



T. Levi Civita



**L'universo dell'ameba
non e' euclideo.
Perche' mai dovrebbe
esserlo il nostro?**

1-35 RICEB

1916: Relatività Generale (teoria della gravitazione)

La materia detta la geometria dello spazio,
e la geometria dirige la materia.

Grossmann

$$\bar{T}_{ik} = \sum_{\lambda, \mu} \frac{\partial \{i, \lambda\}}{\partial x_\lambda} \frac{\partial \{\lambda, \mu\}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial \{i, \mu\}}{\partial x_\mu} \frac{\partial \{\mu, \lambda\}}{\partial x_\lambda} + \frac{\{i, \lambda\} \{\lambda, \mu\}}{\{i, \mu\} \{\lambda, \lambda\}} - \frac{\{i, \mu\} \{\mu, \lambda\}}{\{i, \lambda\} \{\mu, \mu\}}$$

Wenn \bar{g} ein Skalar ist, dann $\frac{\partial \bar{g}}{\partial x_i} = T_i$ Tensor 2. Ranges.

$$T_{ik} = \left(\frac{\partial \bar{g}}{\partial x_i} - \sum_{\lambda} \frac{\{i, \lambda\}}{\{i, \lambda\}} T_\lambda \right) - \sum_{\lambda, \mu} \left(\frac{\partial \{\lambda, \mu\}}{\partial x_\lambda} - \frac{\{i, \lambda\} \{\lambda, \mu\}}{\{i, \mu\} \{\lambda, \lambda\}} \right)$$

Tensor 2. Ranges

Vermittellicher Gravitations-Tensor T_{ik}



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R - \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

da sin: M. Grossmann, A. Einstein

La luce percorre 'geodetiche' determinate dalla distribuzione di materia



Eclisse di Sole 1919, Sir A. Eddington



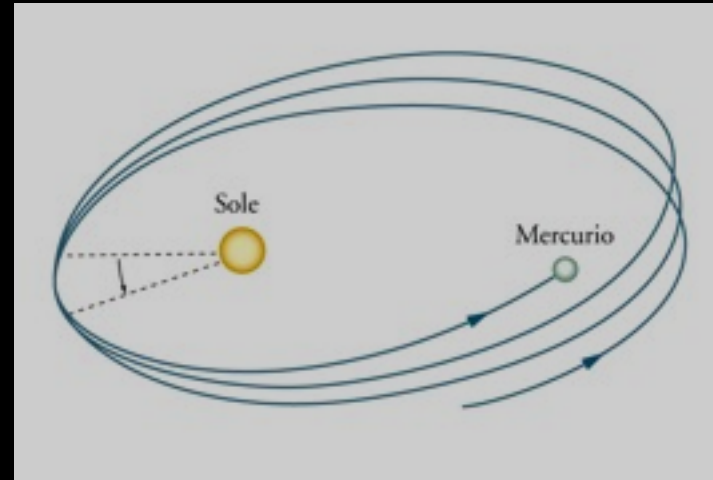
Ammasso Abell 2218, dist. 2,1 miliardi a.l.

La soluzione di Schwarzschild (1916)

(spazio vuoto attorno a una massa sferica - possibilita' dei buchi neri)



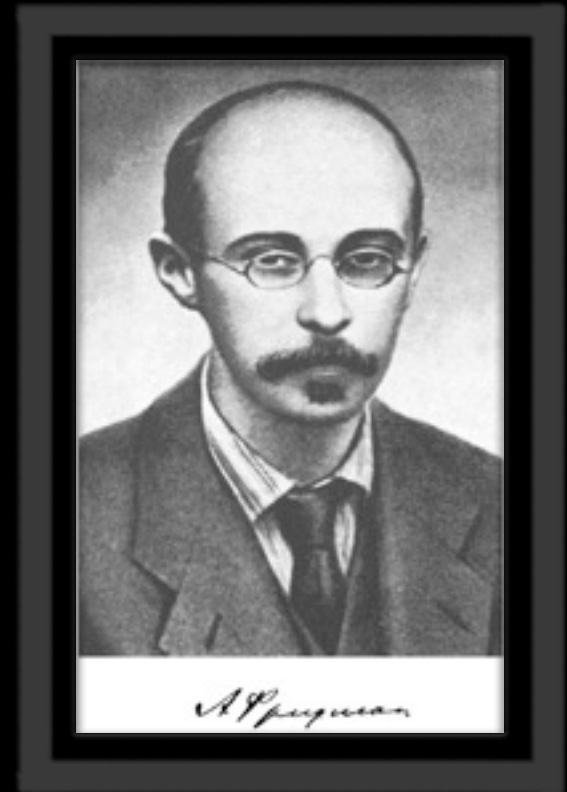
Karl Schwarzschild



La soluzione di Friedmann (1922)

Nel 1922 Friedmann invio` il lavoro "*Sulla curvatura dello spazio*" alla rivista *Zeitschrift für Physik*. In una nota il grande Einstein senza mezzi termini giudico` il lavoro **matematicamente sbagliato** (Einstein pensava che l'universo dovesse essere stazionario ed eterno)

Friedmann invio` i calcoli ad Einstein ... Il padre della relatività mando` una nota alla rivista, in cui ammise il proprio errore e la correttezza dei risultati di Friedmann.



Alexander Friedmann
1888 - 1925

Einstein incontra Hubble (e Adams)
La teoria incontra l'osservazione



L'universo in espansione era contenuto nella teoria di Einstein!
L'osservazione seleziona un possibile mondo della teoria

Tra i mondi ipotizzati dalle teorie, le osservazioni di Hubble col telescopio piu` potente del mondo hanno selezionato il **BIG-BANG**: l'universo si espande!

Dopo Hubble sono avvenute nuove scoperte. Il nostro universo e` pieno di materia oscura ed energia oscura: l'espansione accelera!

Ogni mese arXiv.org sforna migliaia di articoli di ricerca di fisica di libero accesso. La nuova teoria dell'universo si chiama **Λ CDM**

La radiazione cosmica a 2.7 K (Cosmic Microwave Background)

$t = 380$ mila anni

Big-Bang caldo:

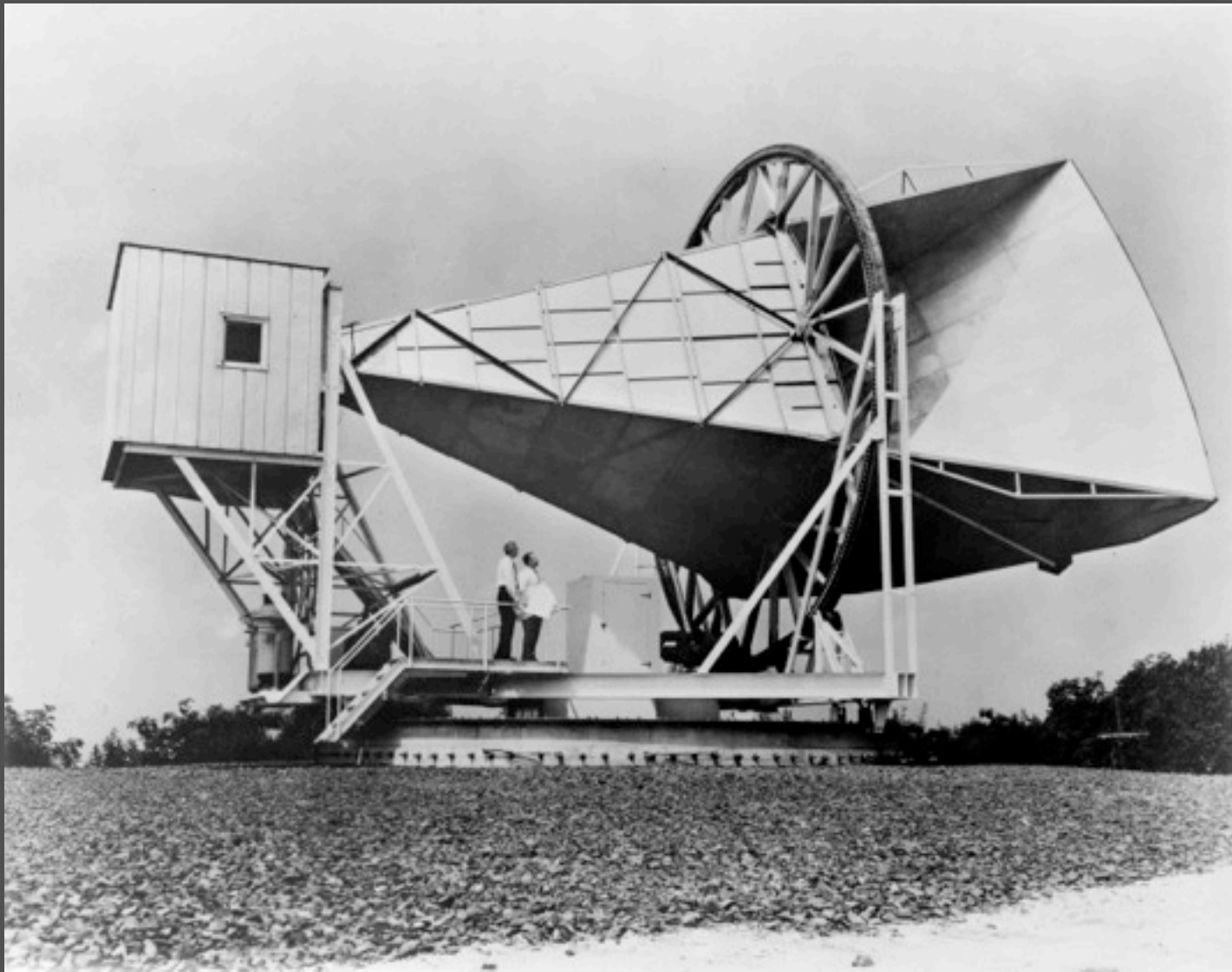
Rapporto H / He nelle stelle antiche

Radiazione cosmica di microonde

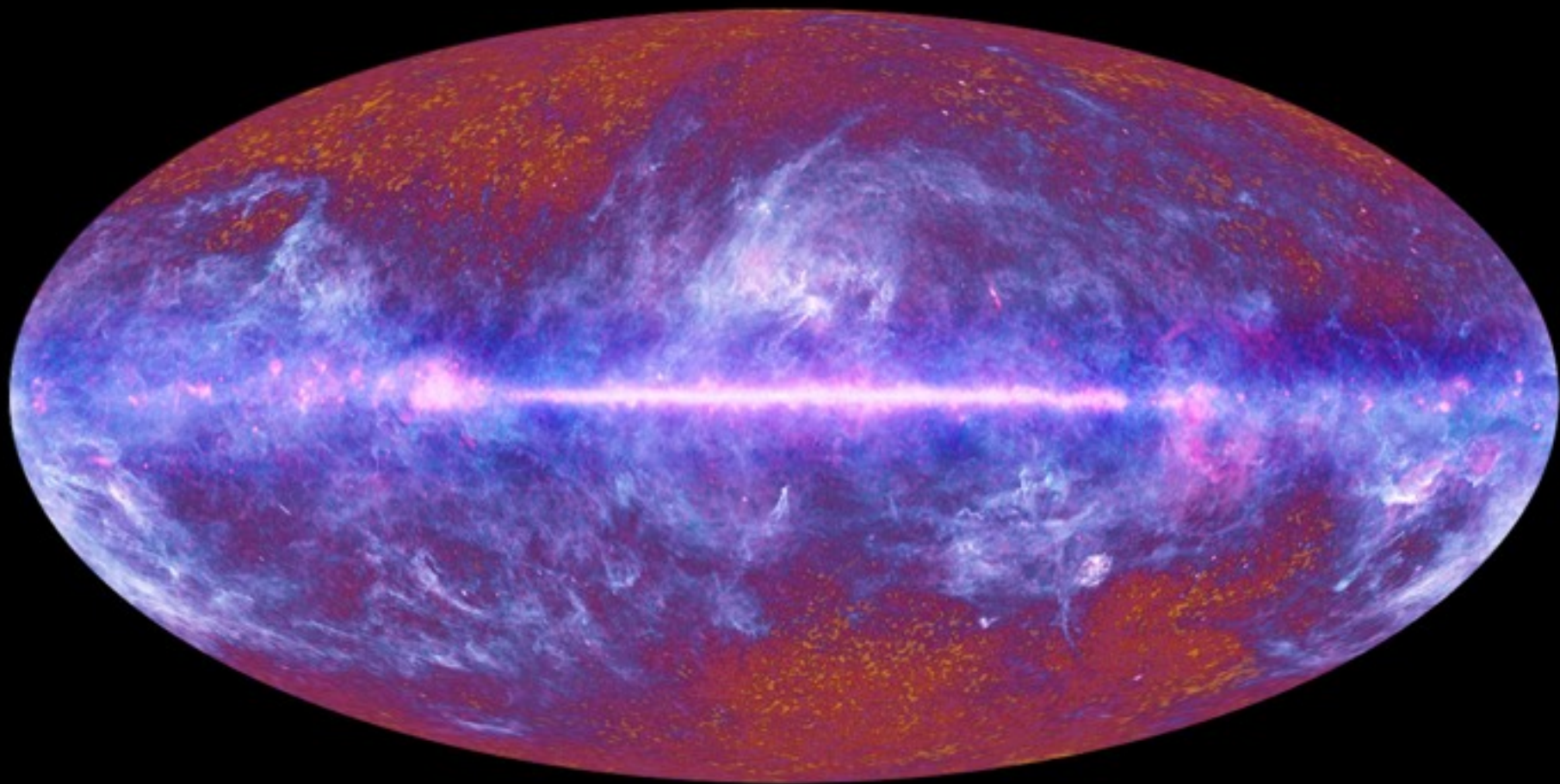


Gamow

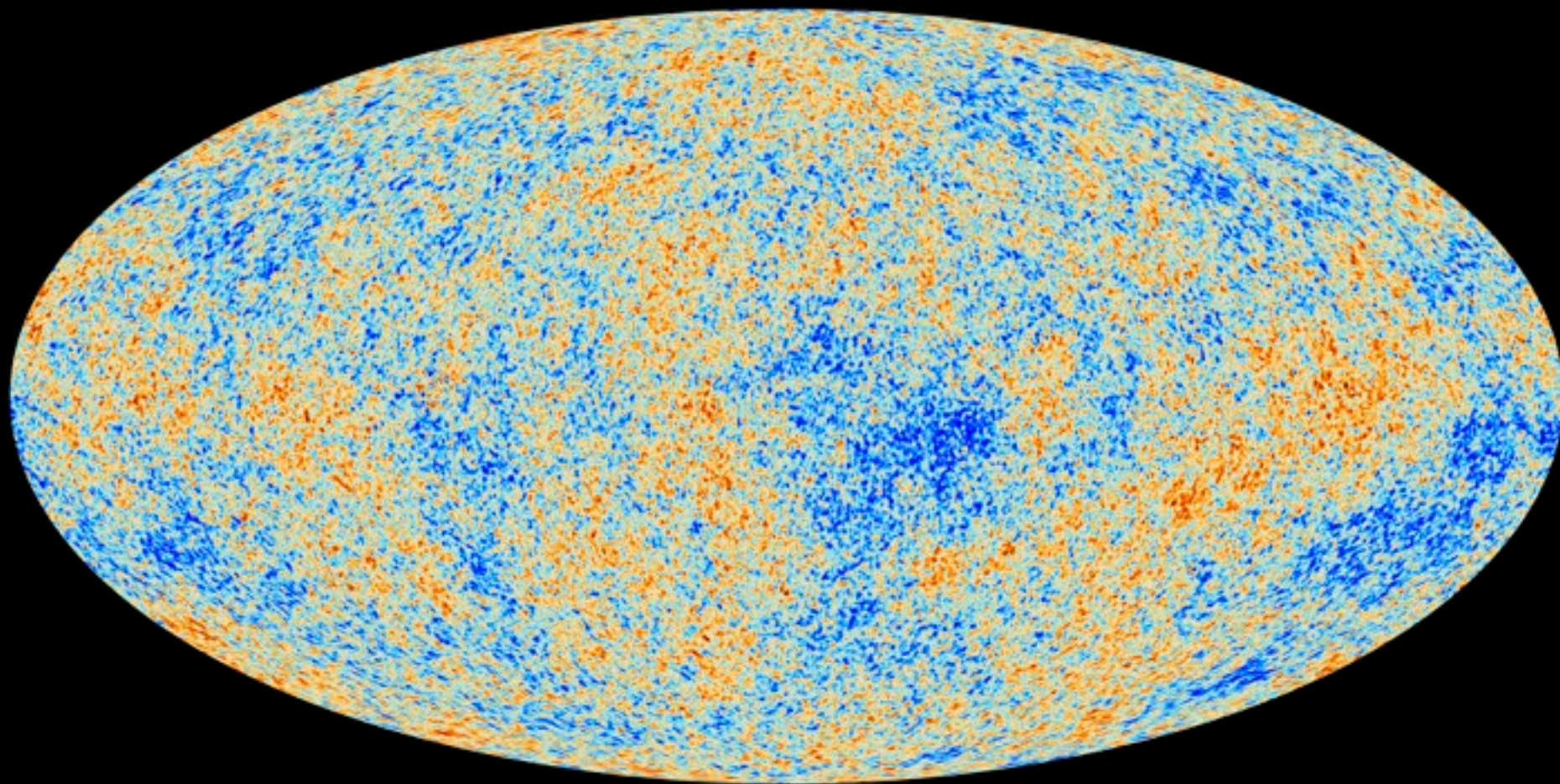
Il fondo cosmico di microonde a 2.7 K



Il cielo visto dalla sonda Planck



La radiazione cosmica primordiale

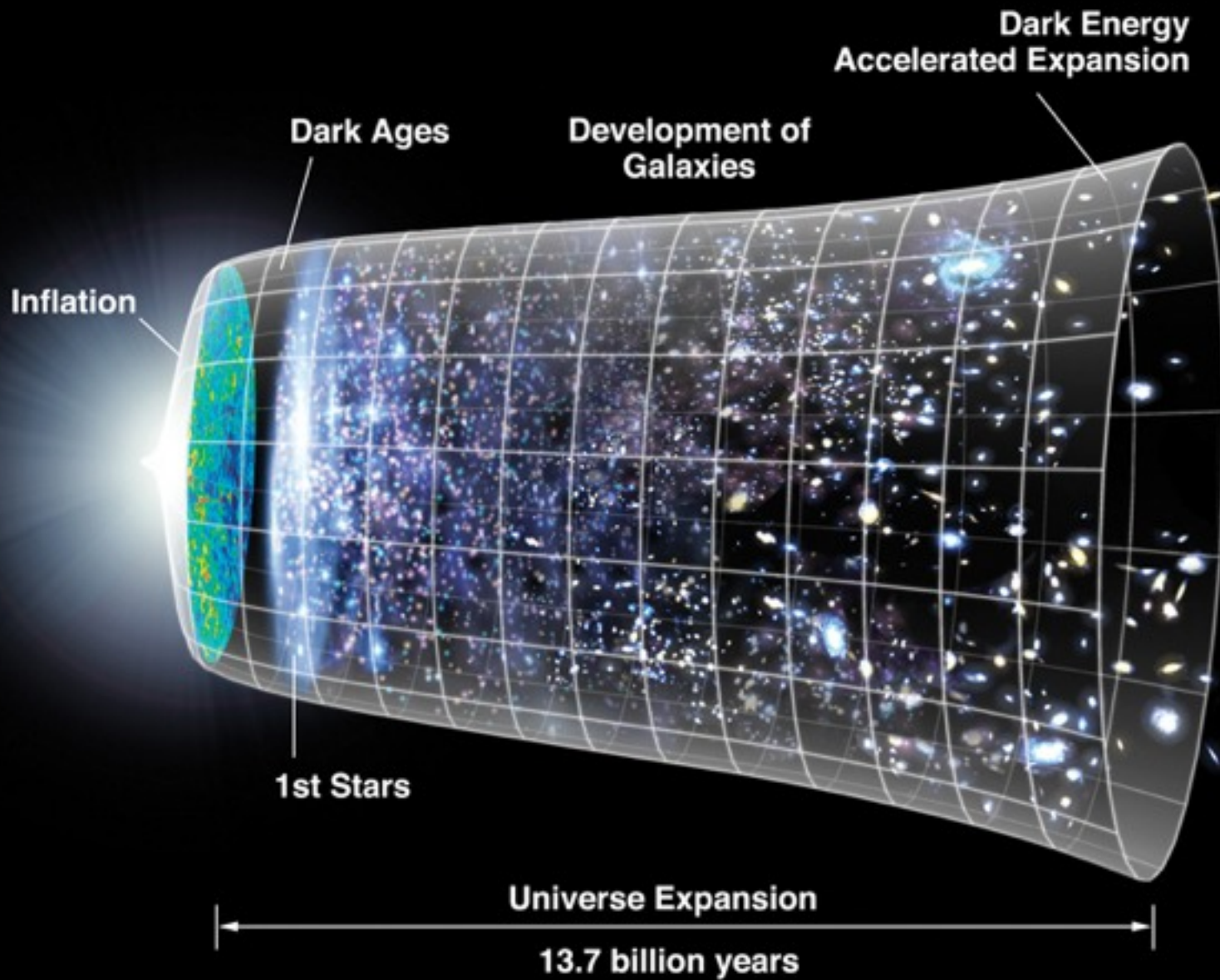


INFLAZIONE

Spiega perché l'universo è uguale in tutte le direzioni
in regioni che non “si parlano”

e

come piccole fluttuazioni (quantistiche?) di densità siano
cresciute a formare le grandi strutture nell'universo
(Guth, Linde)

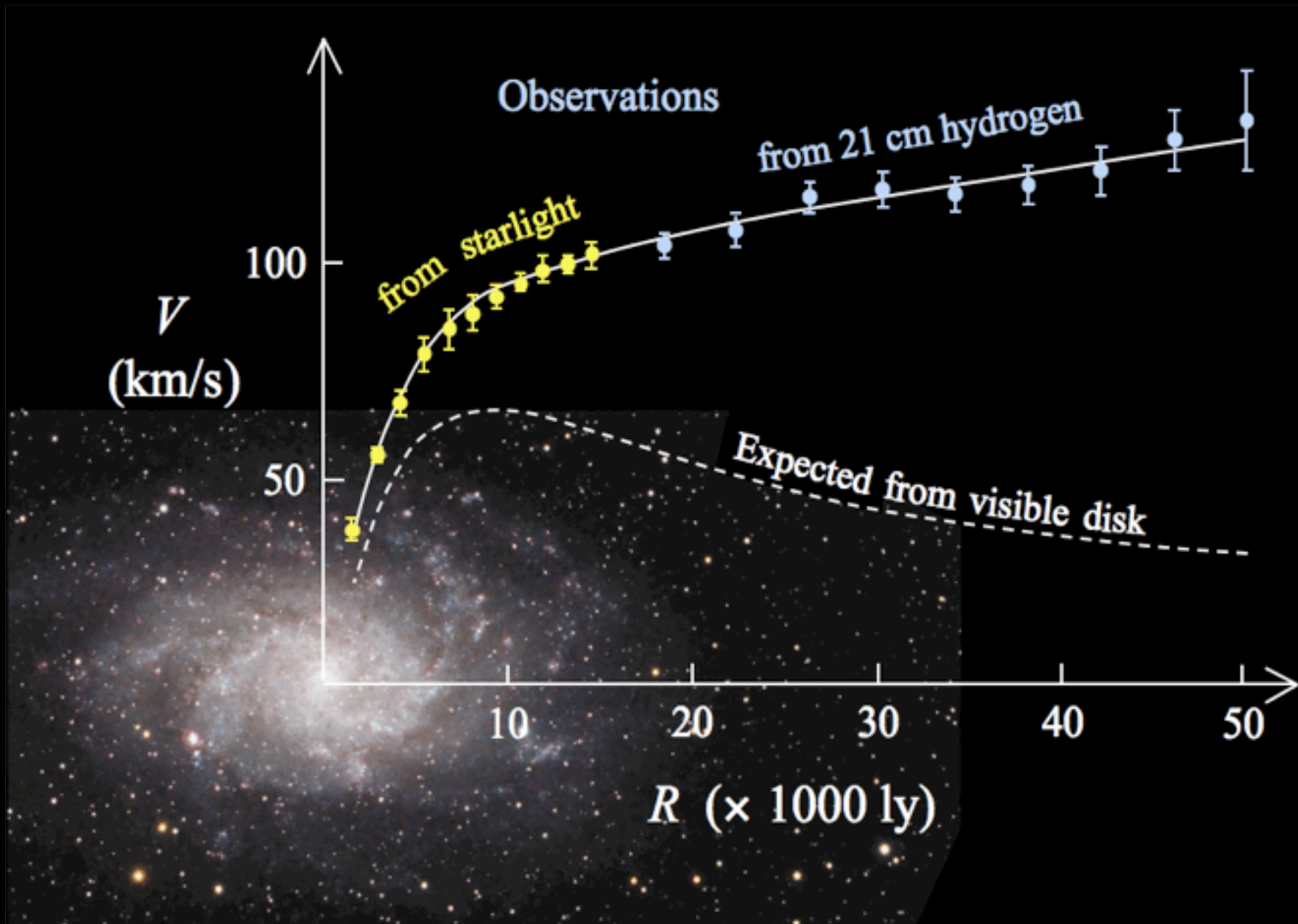


NASA/WMAP

MATERIA OSCURA

Λ CDM

la materia visibile e' immersa in aloni giganteschi
di materia invisibile e di natura sconosciuta,
rilevabile come massa mancante





Ammasso di galassie u



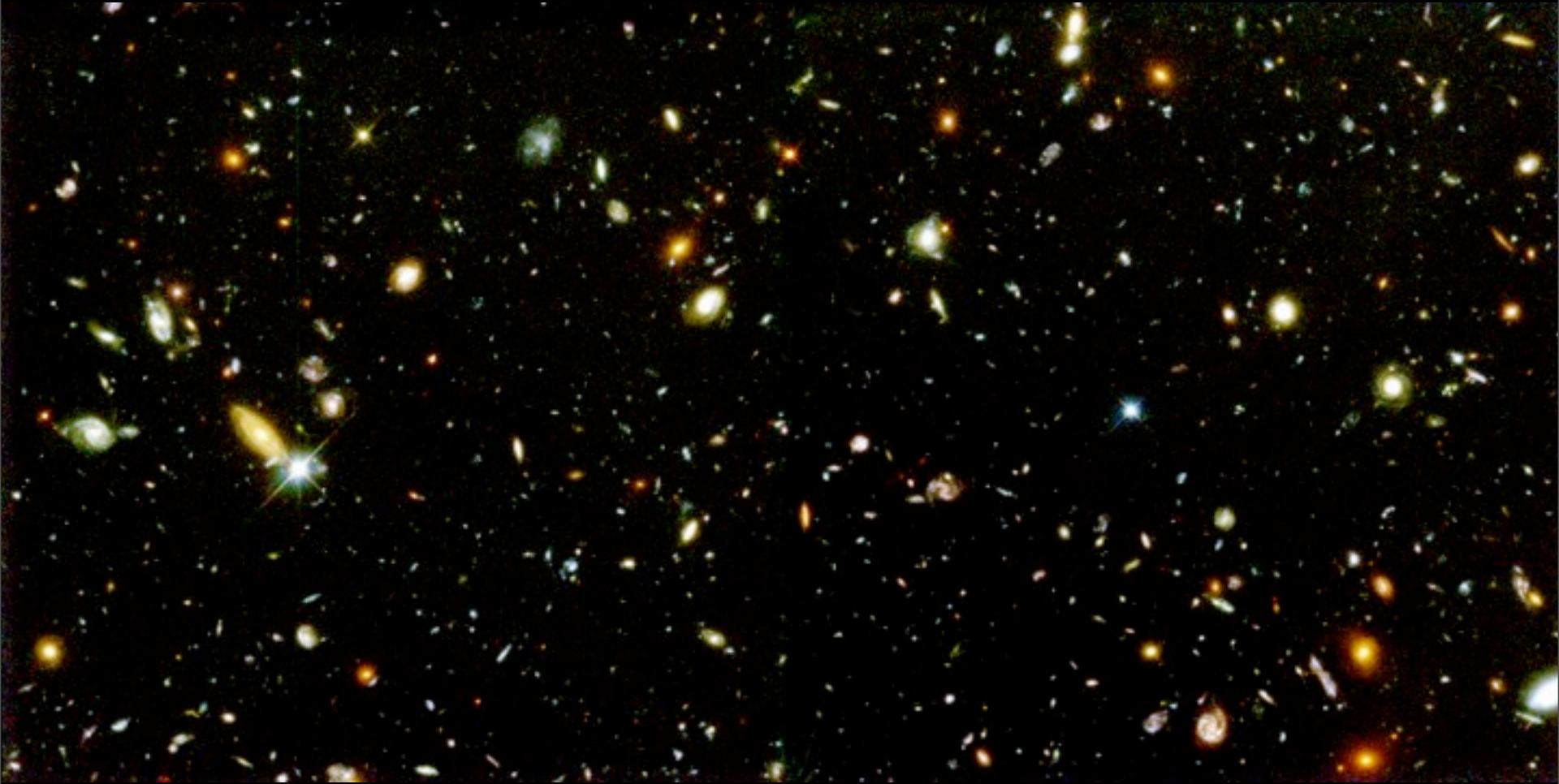


Ammasso El Gordo dist=10 miliardi a.l.

ENERGIA OSCURA

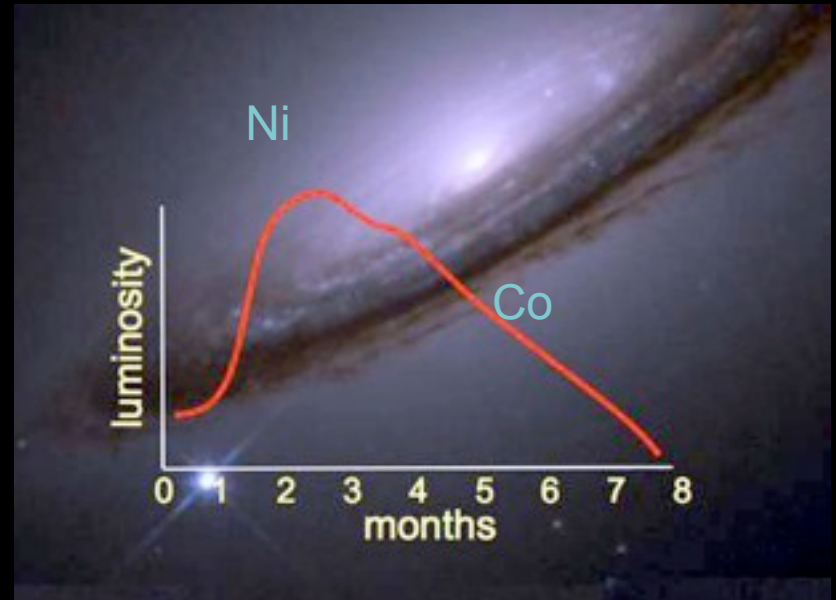
(l'espansione dell'universo accelera)

Λ CDM



SN1997ff (type 1a)
distanza ~10M a.l.

SUPERNOVA type Ia



Supernova Types

Type I

Type II

No H in spectra

H in spectra

Ia

Ib

Ic

Si Absorption line
@ 615nm

No Si

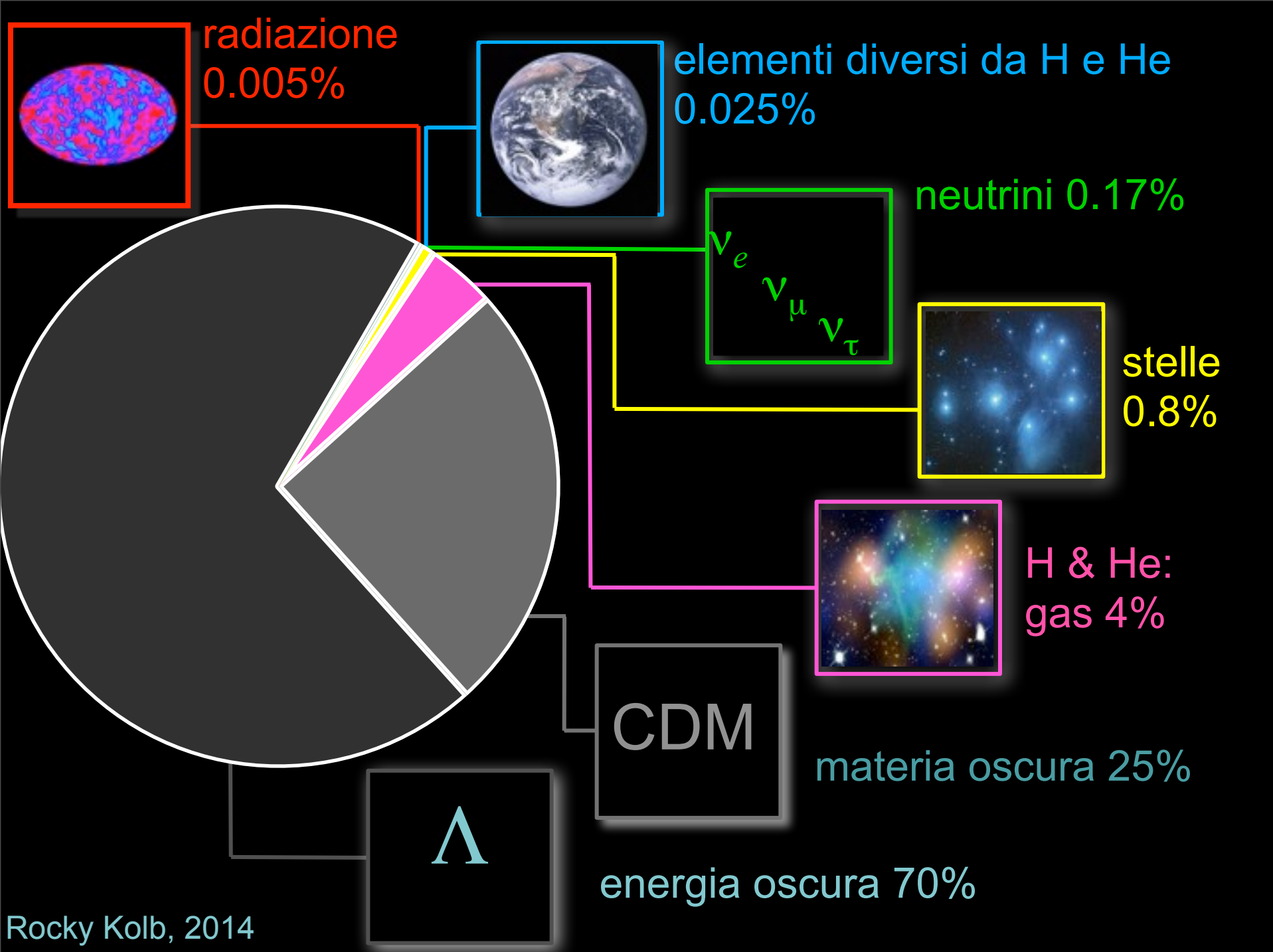
No Si,
No He

May be further
subdivided based
on light curves

Found everywhere in the
universe

Always same luminosity?

Found only in new star regions



Rocky Kolb, 2014



The End ?

dopo il trionfo del **modello standard** delle particelle elementari e della teoria del **Big Bang**, la cosmologia ci ha aperto orizzonti inesplorati