

Osservatorio Astronomico G.V.Schiaparelli

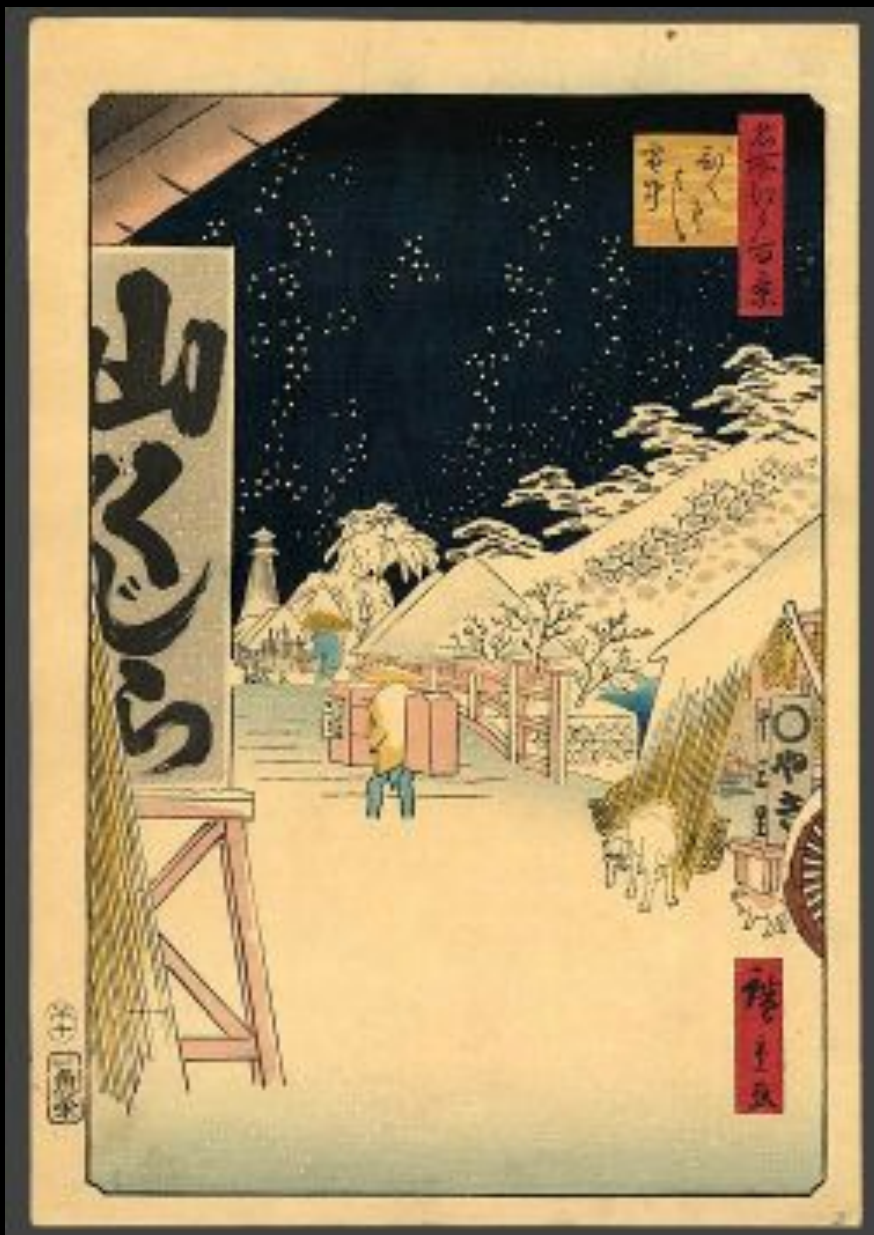




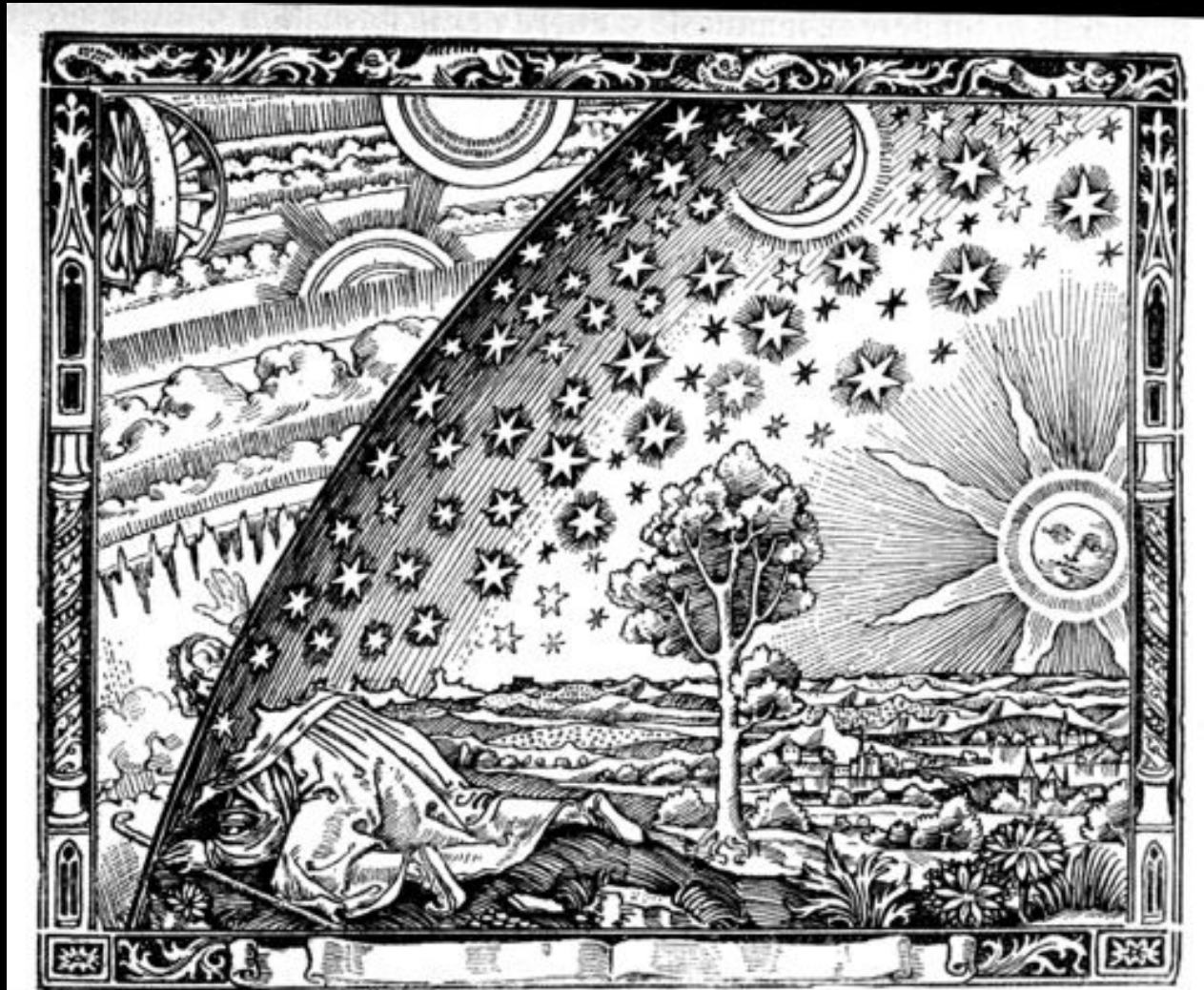
Con le tenebre si apre l'abisso, e il cielo si popola di mondi e luci lontane . . .



Uno spettacolo immenso si manifesta ai nostri occhi.
E per comprenderlo dobbiamo misurararlo . . .



Universo finito o infinito?



Un missionnaire du moyen âge raconte qu'il avait trouvé le point
où le ciel et la Terre se touchent...

The background of the slide is a blue-tinted photograph of a starry night sky. In the lower right foreground, the dark silhouette of a telescope is visible, pointing towards the stars. The stars are scattered across the sky, with some appearing as bright points and others as fainter specks. The overall atmosphere is serene and scientific.

Le Distanze Celesti

Luca G Molinari



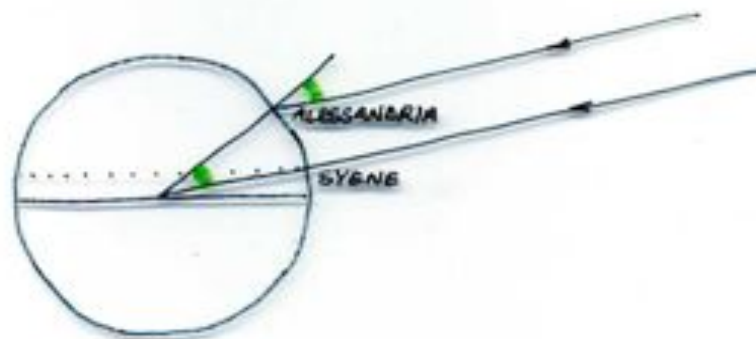
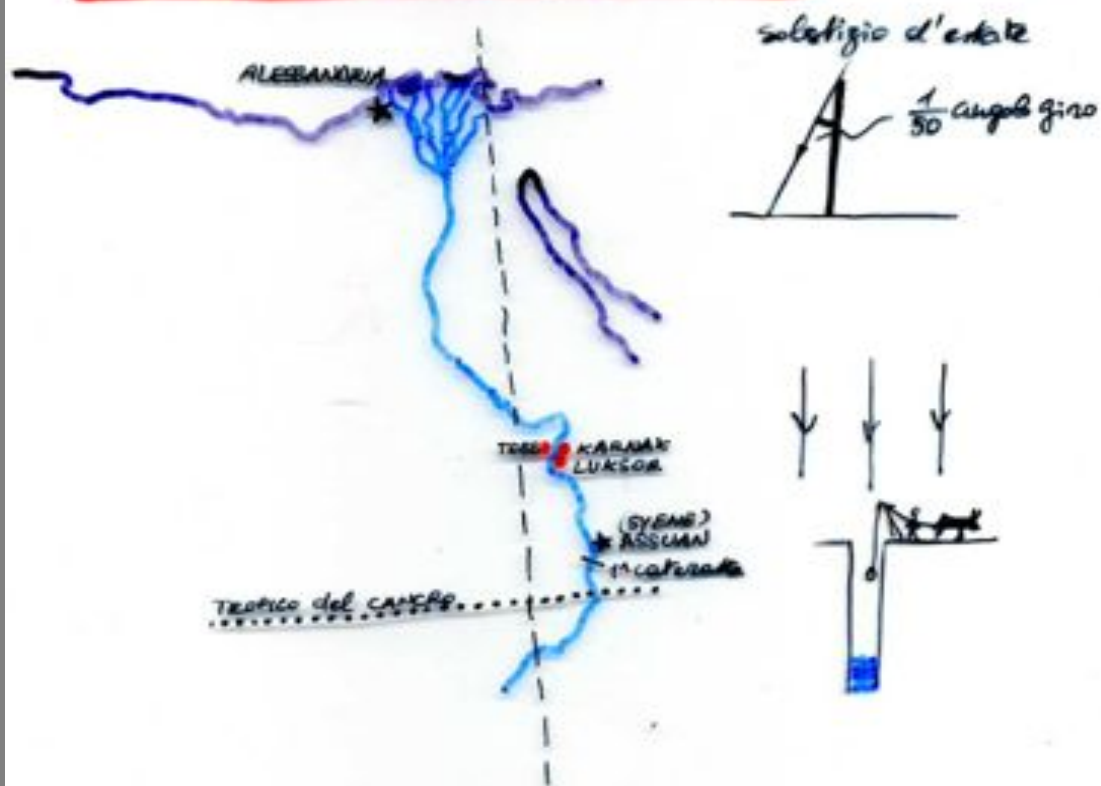
The top diagram shows a landscape with a river labeled "FICINO" and mountains in the background. On the left bank, there is a building. A line of sight goes from the building to a point on the right bank. A green line is drawn on the ground between the building and the point on the right bank, forming a right-angled triangle. To the right, a structure labeled "Castello di Fieschi" is shown with a grid of lines, and a green line is drawn on the ground in front of it.

Below this, a diagram shows a large triangle with a horizontal line drawn across it, creating two smaller triangles. The top triangle is similar to the bottom one. The text next to it reads: "Triangoli simili: ANGOLI UGUALI RAPPORTO LATI COSTANTE".

At the bottom, a right-angled triangle is shown with the hypotenuse as the hypotenuse. The angle at the bottom right is labeled α . The side opposite to α is labeled "Sen α " and the side adjacent to α is labeled "Cos α ". To the left of this triangle, the equation $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ is written in red.

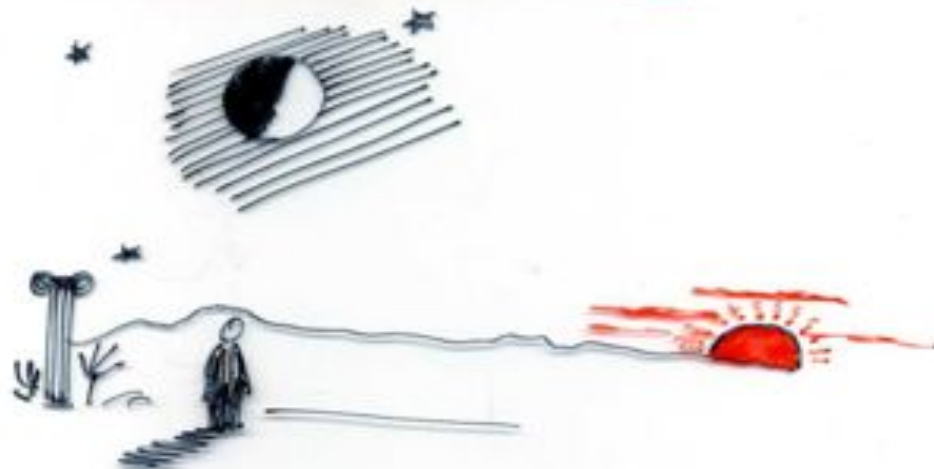


Il metodo di Eratostene (276 - 194 a.C.)

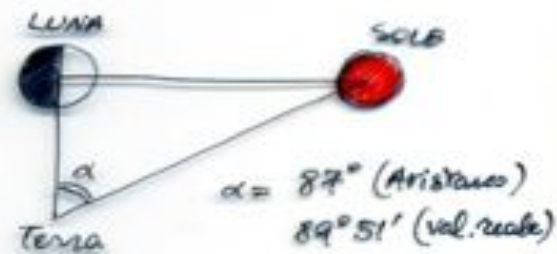


$$\text{Circumferenza terrestre} = 50 \times \text{Alen-Syene}$$

Il metodo di Aristarco (310 - 230 a.c.)



$$\frac{\text{Terra-Sole}}{\text{Terra-Luna}} \approx 18-20$$



$$\alpha = 87^\circ \text{ (Aristarco)}$$
$$89^\circ 51' \text{ (val. reale)}$$

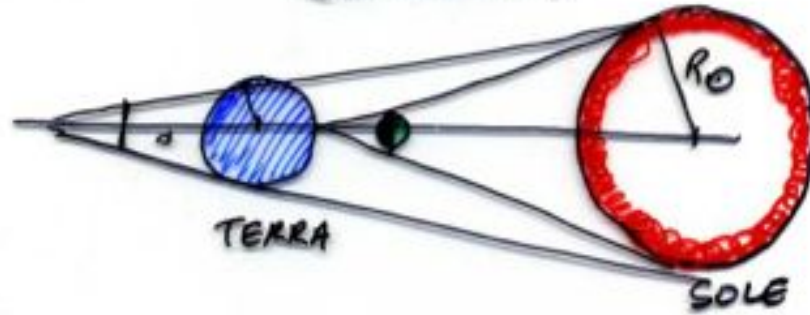


$$\frac{\text{diam Terra}}{\text{diam Luna}} \approx 3$$



$$\frac{\text{diam. Sole}}{\text{diam. Luna}} \approx 18-20$$

Il metodo di Ipparco
(190-120 a.C.)



1) $\frac{R_{\odot}}{R_L} \approx \frac{a}{d}$

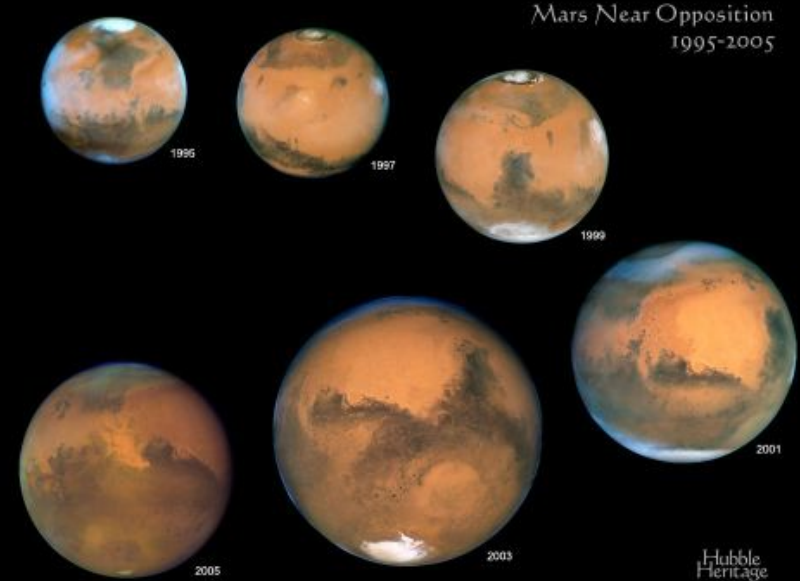
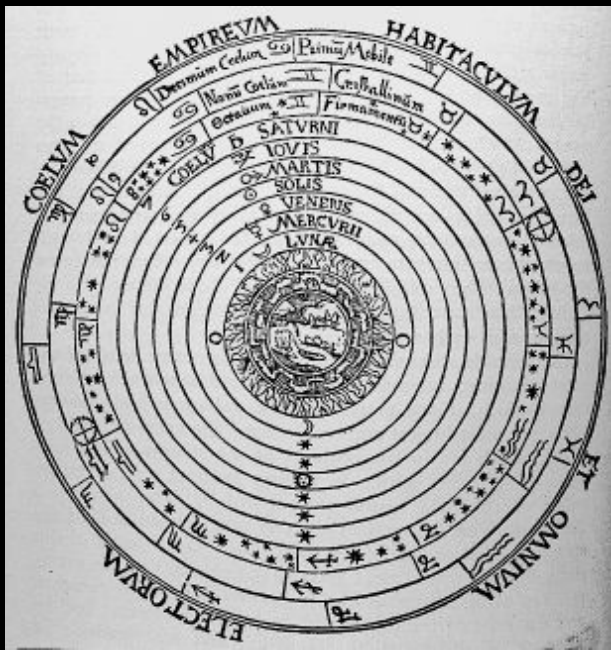
2) raggio sulla verticale alla distanza della Luna
 $r_0 \approx \frac{8}{3} R_L$

3) lunghezza seno d'ombra: $L \approx a \frac{R_{\oplus}}{R_{\odot}}$

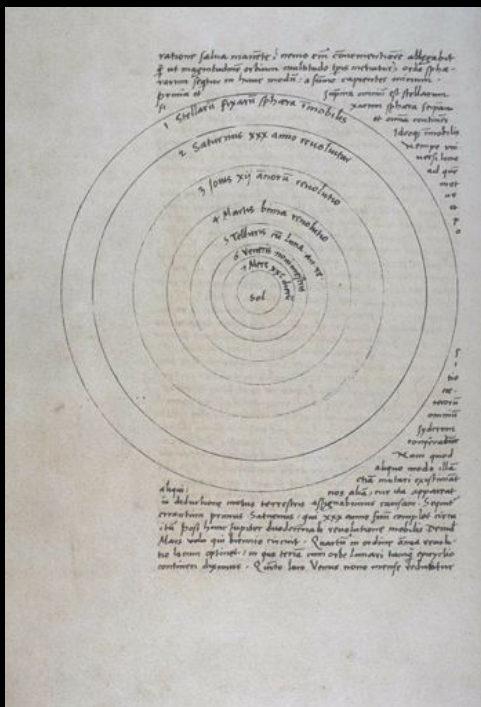
4) alle similitudini $\rightarrow R_{\oplus} = \frac{11}{3} R_L$

Nota il diametro angolare della Luna ($\approx 31'$)
si valuta

$$d \sim 60 R_{\oplus}$$

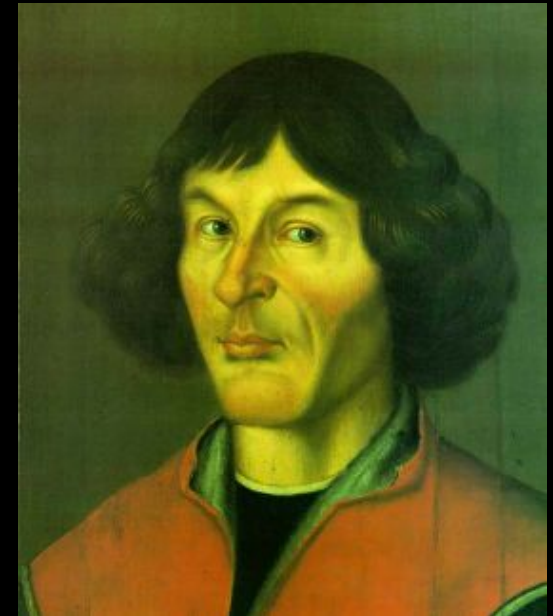


NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope • STScI-PRC05-34c



Non è necessario che queste ipotesi siano vere, e persino nemmeno verosimili, ma è sufficiente solo questo: che presentino un calcolo conforme alle osservazioni ...

De Revolutionibus Orbium Coelestium (Copernico, 1543)





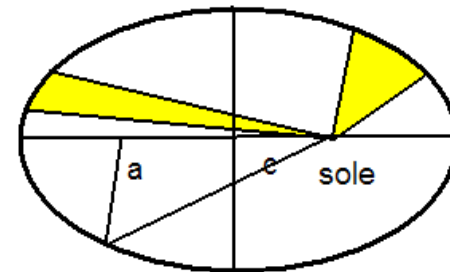
Tycho Brahe



Leggi di Keplero (1610)

- 1) orbite ellittiche
- 2) legge delle aree
- 3) $a^3/T^2 = \text{cost.}$

a = semiasse maggiore
 $e = c/a$ = eccentricità



La gravitazione universale

(1686)

$$F = G m M / r^2$$

- Halley predisse il ritorno della cometa
- Difficoltà col moto di Mercurio. Le Verrier ipotizzò nuovo pianeta vicino al Sole (Vulcano).
- Scoperta casuale di Urano (Herschel, 1781). Le Verrier e Adams predissero esistenza di un pianeta perturbatore e ne calcolarono la posizione (1845). Nettuno fu trovato l'anno successivo nel luogo previsto.



Sir Isaac Newton
(1642-1727)

LA SPEDIZIONE ALLA CAYENNA.

(1671 - 73)



$T = 28 \sqrt{E}$

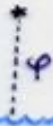




Greenwich Observatory
(Flamsteed House)



Observatoire de Paris



La misura della LATITUDINE ϕ è semplice

La misura della LONGITUDINE λ richiede un OROLOGIO con il tempo di Greenwich



Osservatorio
1675

GREENWICH



La stella determina il tempo locale, che differisce da quello dell'orologio di un tempo determinato dalla longitudine

LONGITUDE ACT (1714)

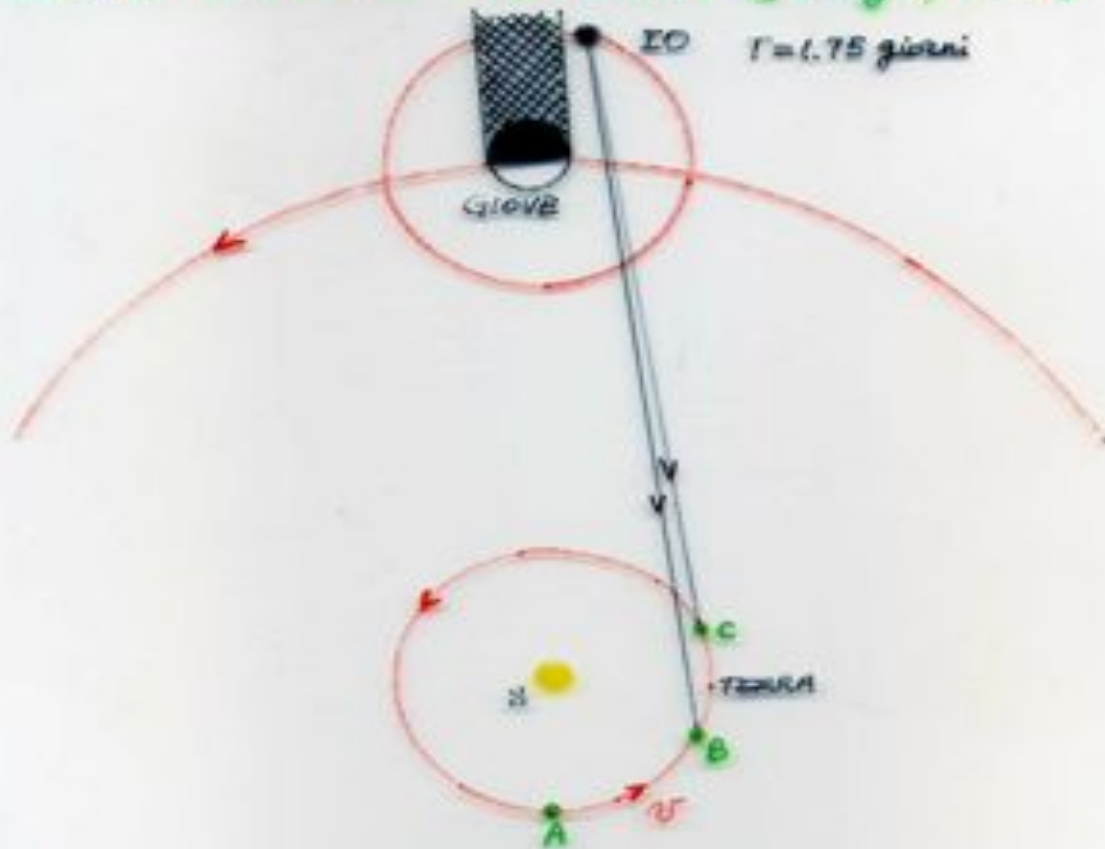
Il premio fu vinto da John Harrison, nel 1773, con l'invenzione del cronometro (fu collaudato nei viaggi di J. Cook)



LA DETERMINAZIONE DI c

(velocità della luce nel vuoto)

ESPERIENZA DI ROEMER (Brigi, 1675)



In B, l'intervallo tra due successive eclissi è

$$T' = T \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

T è il periodo misurato dalla Terra in A.

(Si calcola $T' - T \approx 15$ sec.)

LA DISTANZA DELLE STELLE

metodo parallattico



π = angolo di parallasse

61 Cyg $\pi = 0.3'' \rightarrow d = 11$ anni luce
(errore 1% rispetto alle misure attuali)





Yerkes



ERATOSTENE

200 a.C.



IPPARCHO

150 a.C.



1543 COPERNICO - KEPLERO - GALILEI - NEWTON 1687



BESSEL

1829



$$(1) \quad \frac{l_2}{l_1} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

$$(4\pi d_1^2 l_1 = 4\pi d_2^2 l_2)$$



$l =$ energia per unità di superficie per unità di tempo (WATT/m²)

$$(2) \quad \frac{l_1}{l_2} = (\sqrt[5]{100})^{m_2 - m_1} \Rightarrow m_2 - m_1 = 2,5 \log\left(\frac{l_1}{l_2}\right)$$

$m =$ MAGNITUDINE

($m=0$ corrisponde a $l = 2.52 \times 10^{-8}$ Watt/m²)

(3) la magnitudine (luminosità) dipende dalla distanza della sorgente.

MAGNITUDINE ASSOLUTA M è la magnitudine dell'astro alla distanza di 10 parsec

$$M - m = 2,5 \log\left(\frac{l_{10 \text{ pc}}}{l_d}\right) = 5 - 5 \log d$$

$$M_{\odot} = 4.72$$

Le Stelle Cefeidi sono ormai luminose: $M \sim -6$

All'inizio del XX sec la Via Lattea e
la nebulosa Andromeda
splendevano da altezze ancora
sconosciute



La Via Lattea - Γαλαξίας



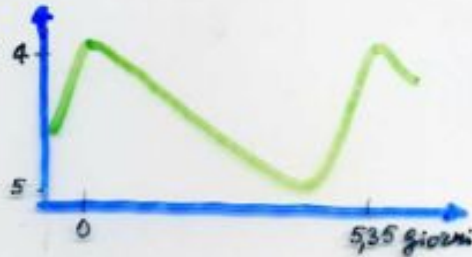
I conteggi stellari di William Herschel.
(~1780)

LE VARIABILI CEFEIDI

POLARE



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.

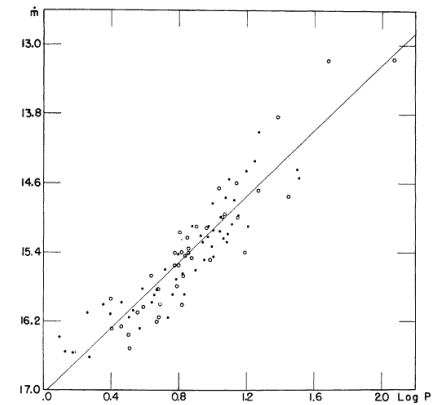
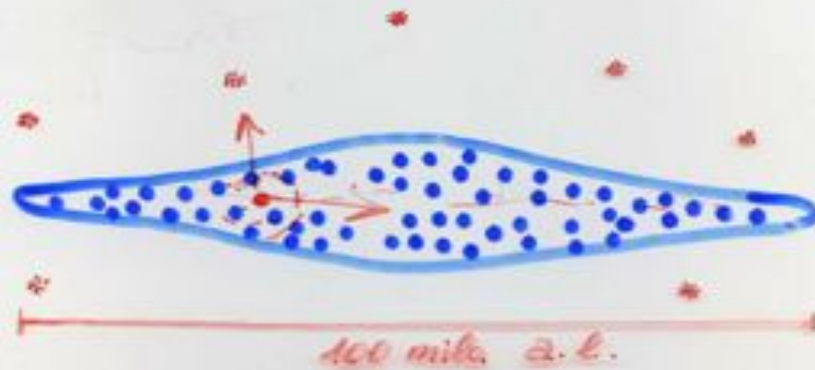
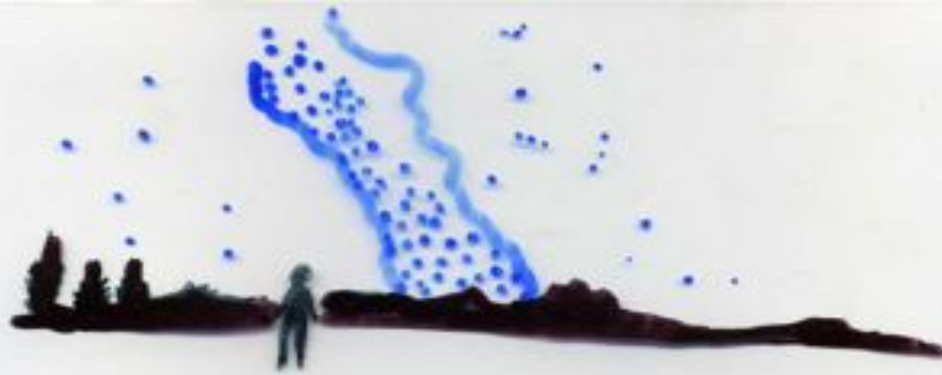


FIG. 4. Period-magnitude relation for the eighty-eight Cepheid variables. Open circles indicate variables in large Magellanic Cloud.

the mean is composed. The mean values for the two subdivisions are also given in table 3 and figure 3. For these three mean curves the pulse-indices are, respectively, 8.3, 10.6, and 5.3. 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 at essentially the same distance is indicated in

figure 4, which shows the period-luminosity relation based on all eighty-eight variables. The adopted distance modulus is 17.25 for both Clouds. The corresponding distance is approximately eighty thousand light years, if we adopt a value of 0.3 mag. as the correction for intervening space absorption.⁴ Both in the tables and figures the median photographic magnitude of HV 2752 has been corrected by subtracting one magnitude to allow for light absorption by the 30 Doradus Nebula in which it is involved.





rotazione differenziale ($T_0 = 2.30$ milioni di anni).

M33

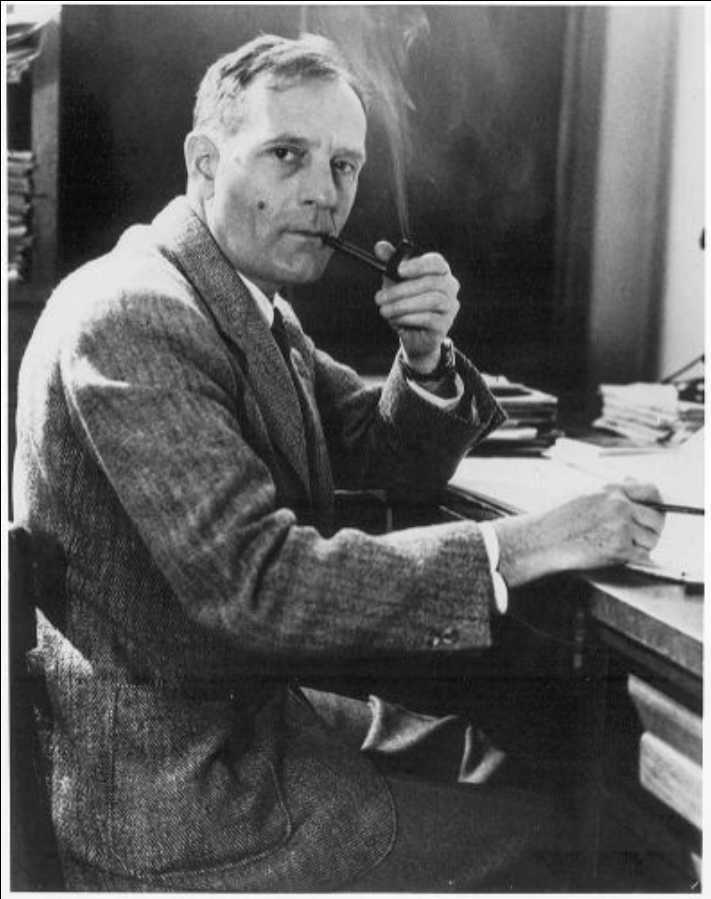
M31



VIA LATTEA
NUBI
di MAG.



Edwin Hubble



Mount Wilson,
100" Hooker telescope





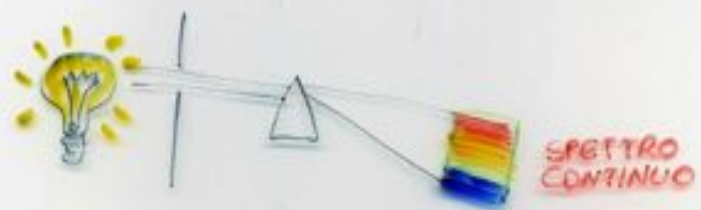


SPETTROSCOPIA

Lo spettro



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



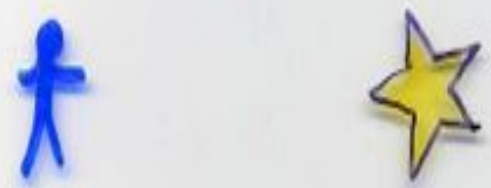
SPETTRO CONTINUO



SPETTRO CONTINUO (della sorgente)
CON RIGHE di ASSORBIMENTO (da parte del gas)



SPETTRO di EMISSIONE (RIGHE LUMINOSE nelle stesse posizioni delle RIGHE scure di assorbimento)

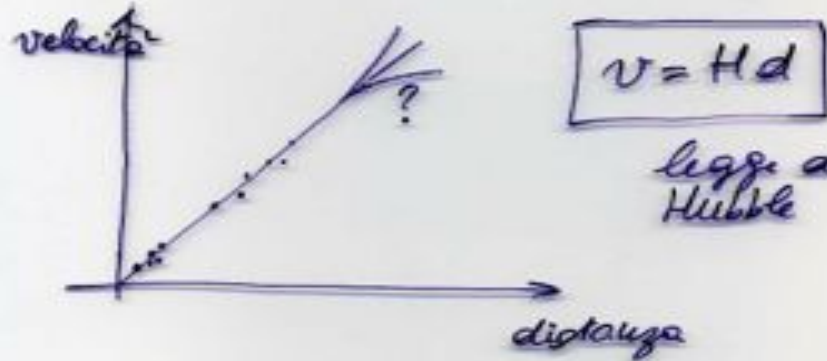


Lo spostamento verso il rosso (redshift)



via Lattea

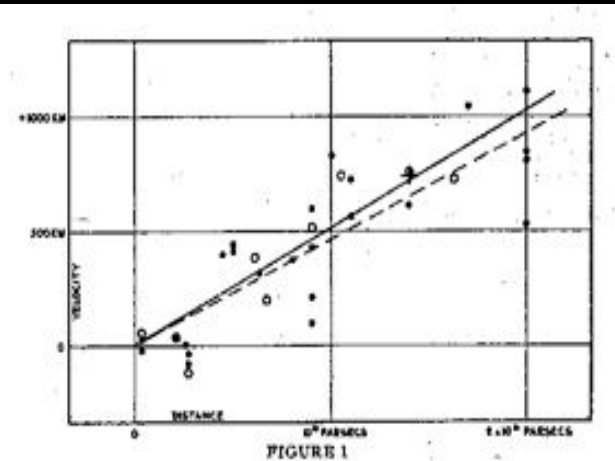
- 1910-1920 Slipher: effetto Doppler dovuto al moto del sistema solare.
- 1925 Cefeidi nelle spirali.
- 1929 Edwin HUBBLE redshift di natura COSMOLOGICA



1952 W Baade: due classi di cefeidi. $\times 2,6$
 $H = 15 \text{ km/sec} / 10^6 \text{ a. l.}$



Coltech Architects www.architect.coltech.edu





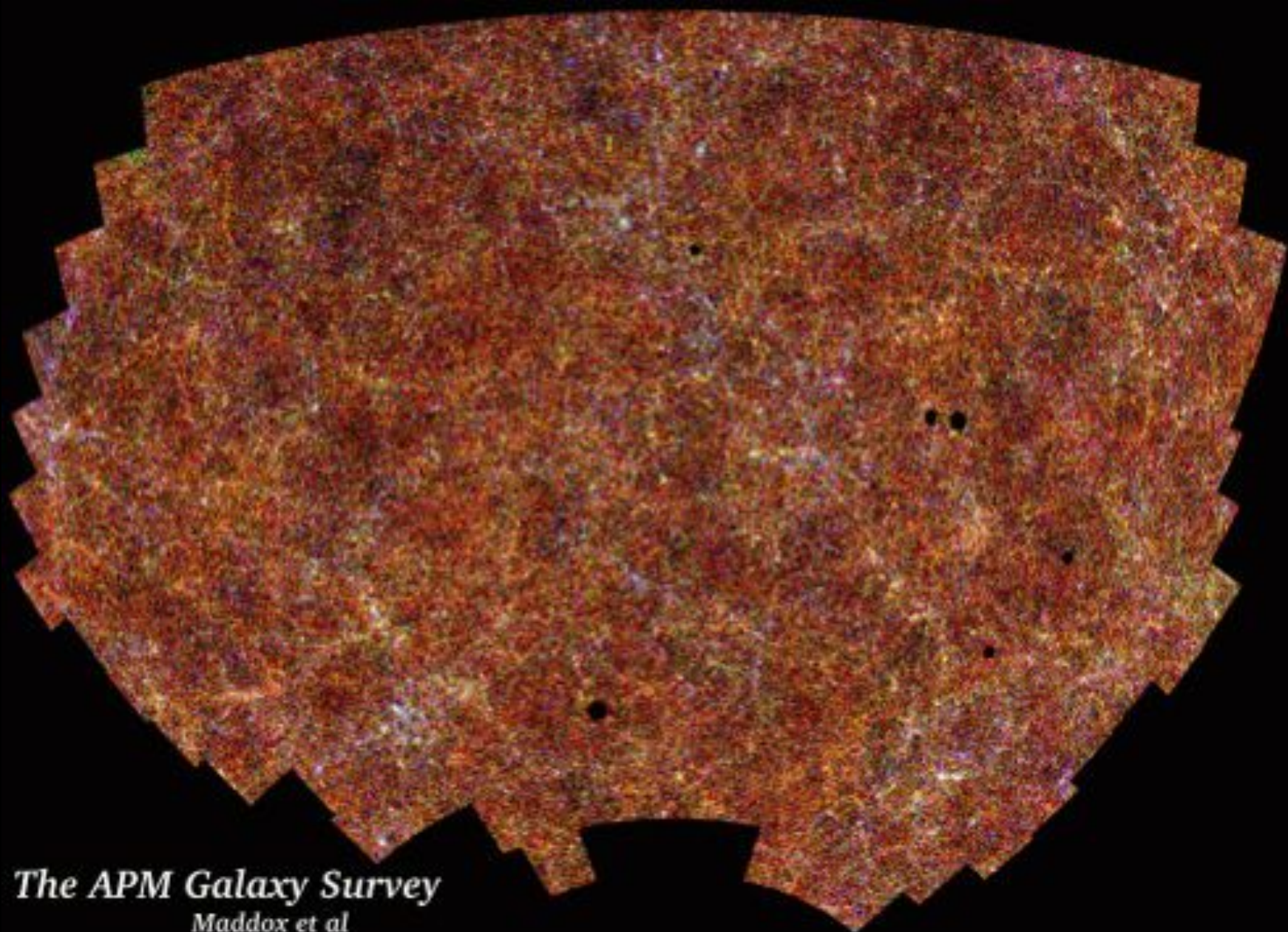
Hubble
Heritage



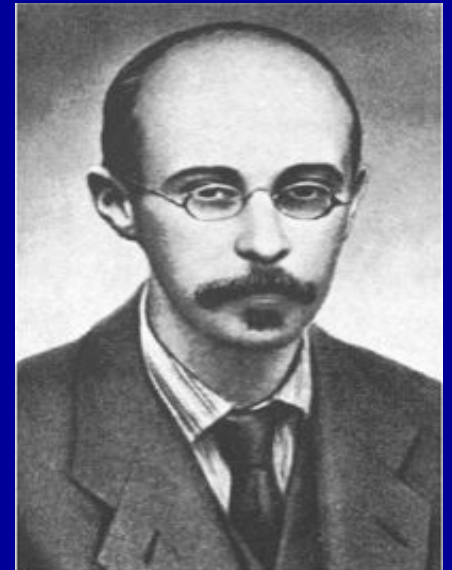
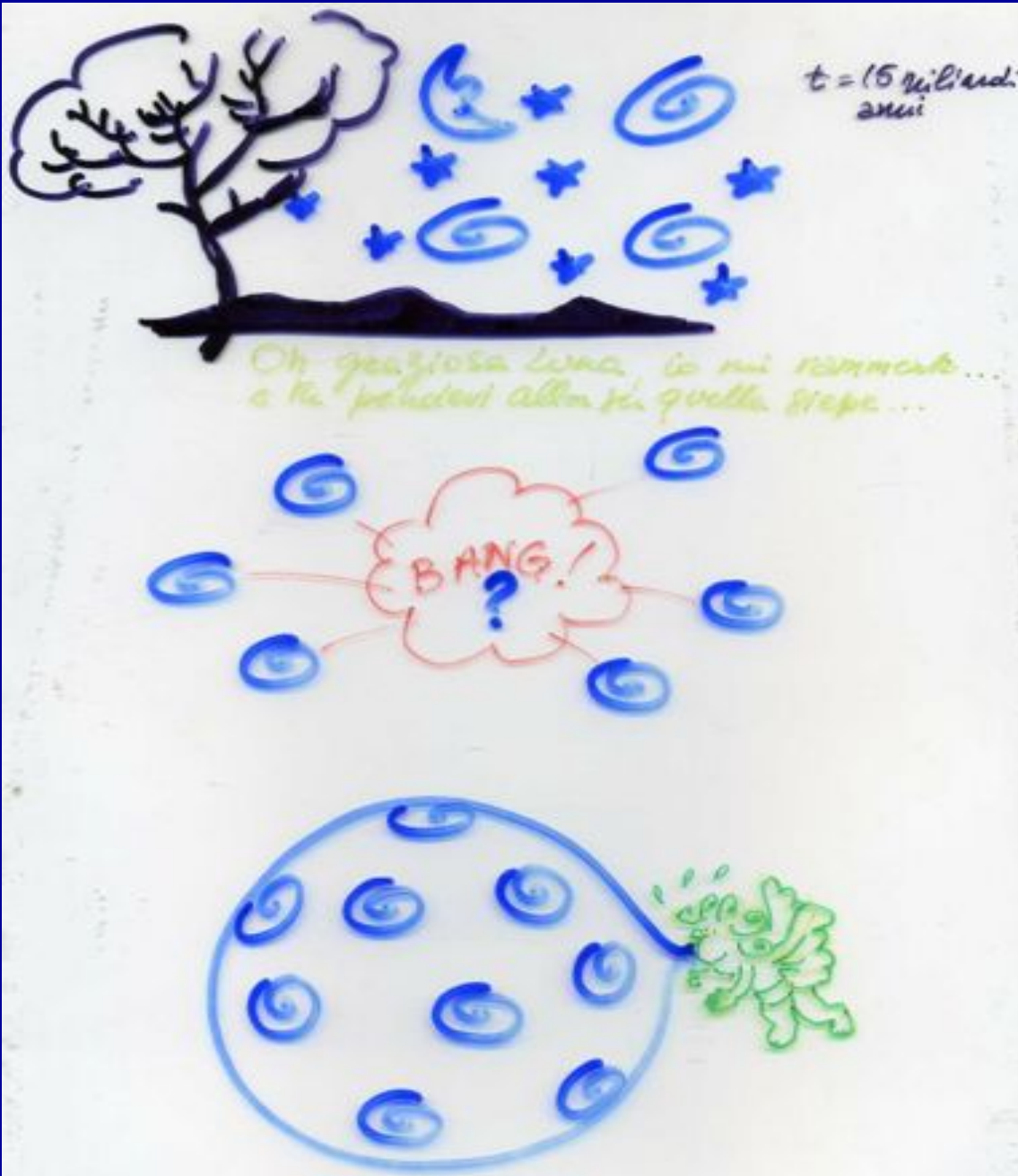
Hubble Ultra Deep Field
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

NASA, ESA, S. Bedouin (STScI) and the HUDF Team

STScI-PRC04-07a



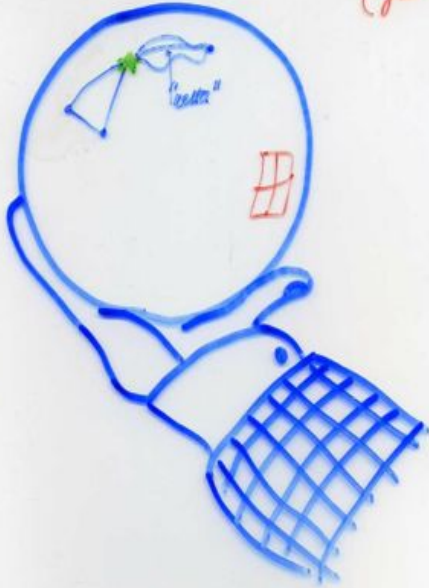
The APM Galaxy Survey
Maddox et al



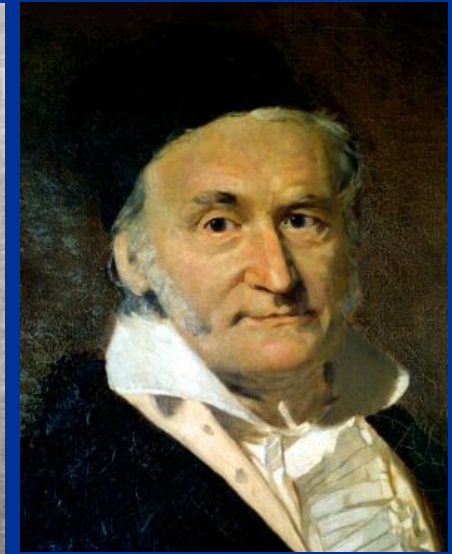
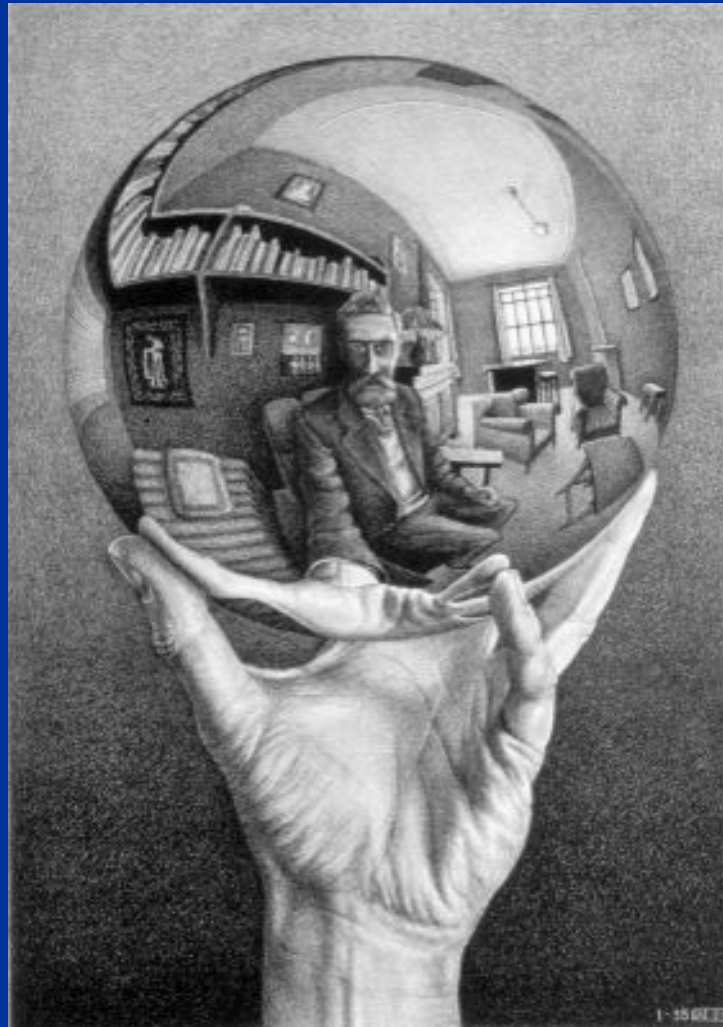
A. P. P. P. P.



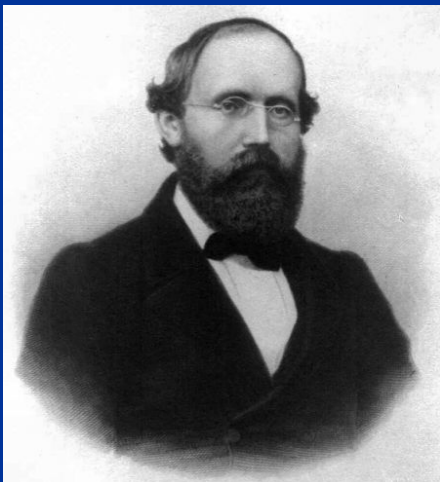
uscire l'ameba a esplorare
l'UNIVERSO? LA GEOMETRIA INTRINSECA!
(Gauss)



ELEMENTARE WATSON,
E' UNA SFERA!



Carl F. Gauss



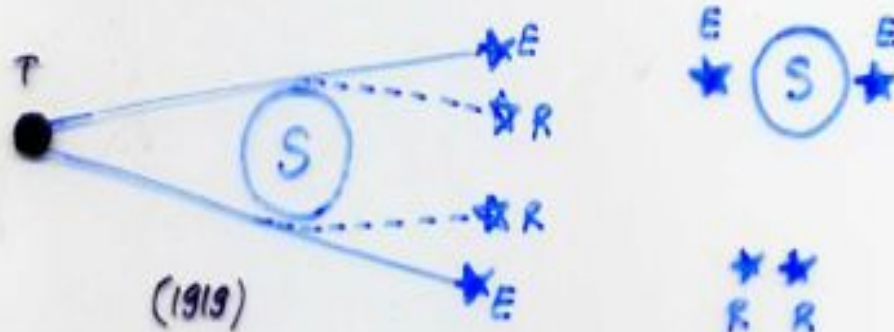
B. Riemann



T. Levi Civita

la geometria dell'universo

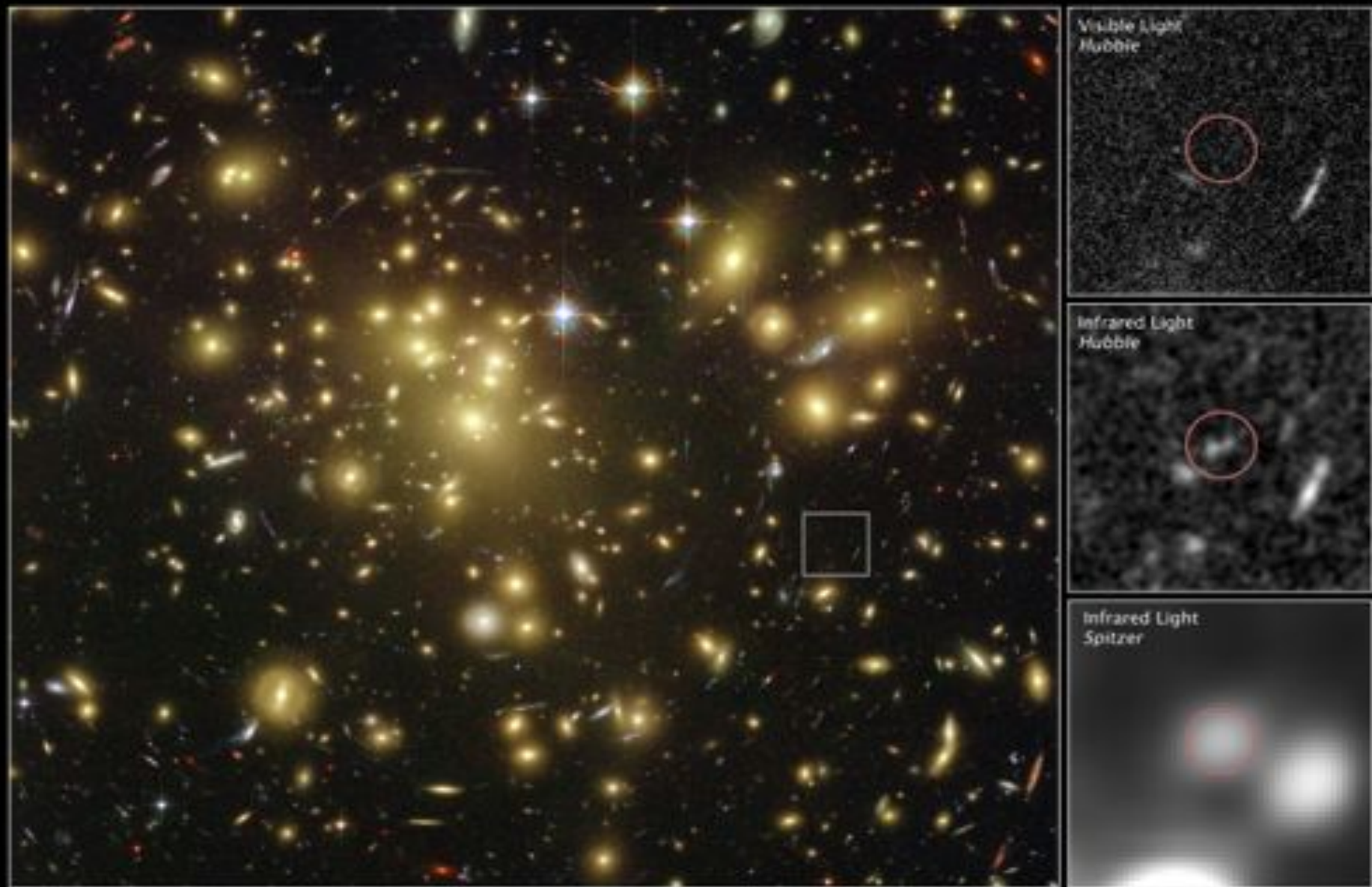
1915 A. Einstein: Teoria RELATIVITA' GENERALE
= geometria spazio-tempo



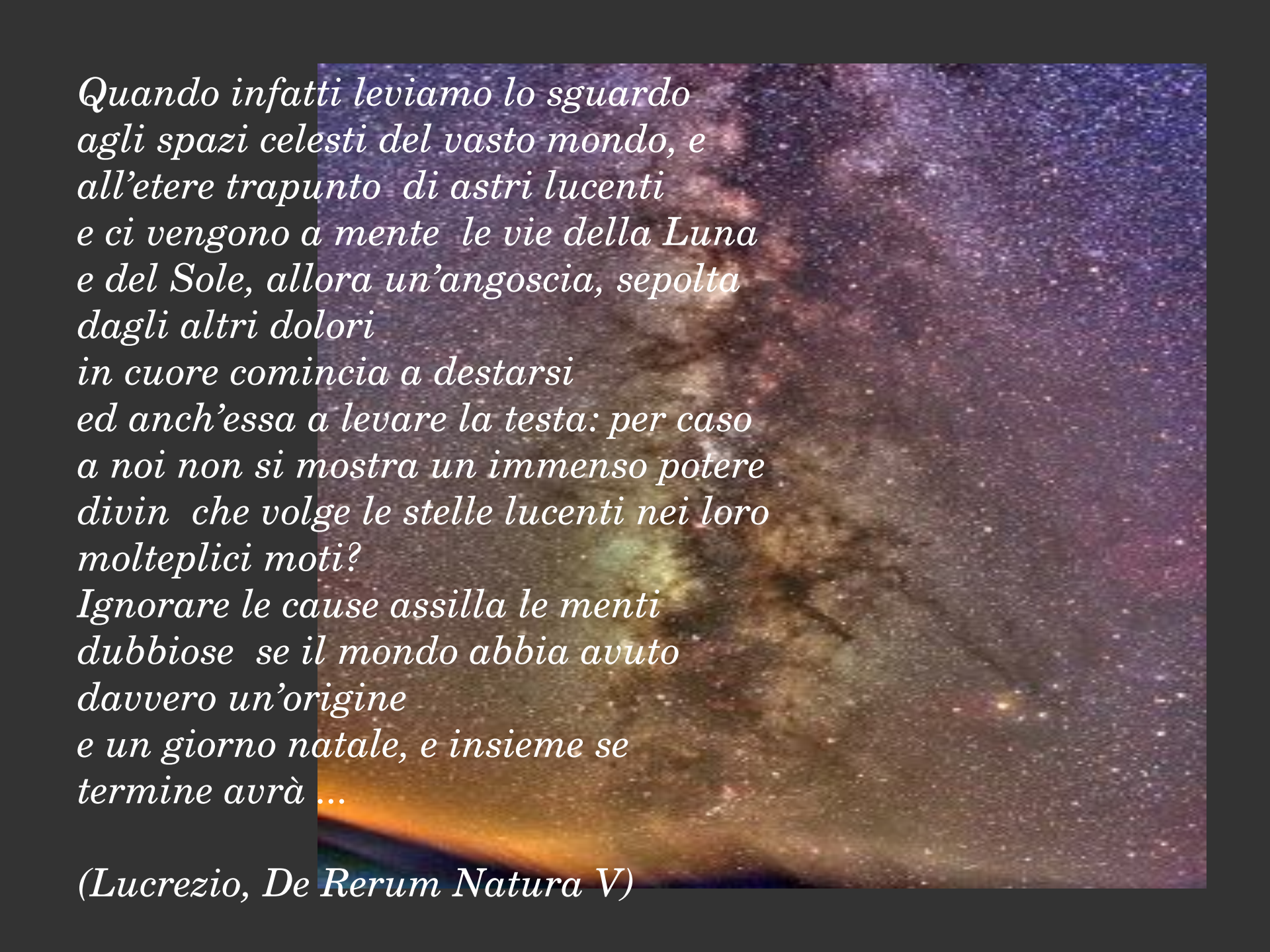
1917 A.E. cerca Soluzioni OMOGENEA, ISOTROPA, STATICA
(introduce una forza repulsiva)

De Sitter (soluz. per spazio vuoto che si espande)

1922 Alexander A. FRIEDMANN Soluzione omogenea
isotropa NON statica CON materia.



Distant Gravitationally Lensed Galaxy • Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • ACS/WFC NICMOS



*Quando infatti leviamo lo sguardo
agli spazi celesti del vasto mondo, e
all'etere trapunto di astri lucenti
e ci vengono a mente le vie della Luna
e del Sole, allora un'angoscia, sepolta
dagli altri dolori
in cuore comincia a destarsi
ed anch'essa a levare la testa: per caso
a noi non si mostra un immenso potere
divin che volge le stelle lucenti nei loro
molteplici moti?
Ignorare le cause assilla le menti
dubbiose se il mondo abbia avuto
davvero un'origine
e un giorno natale, e insieme se
termine avrà ...*

(Lucrezio, De Rerum Natura V)