

# LE CANDELE STANDARD



DALLA  
COSMOGRAFIA  
degli ANTICHI alla  
moderna STORIA  
del TEMPO  
COSMICO

Una chiaccherata di Pietro Frè



# L'astronomia è una scienza antica



## IL COMPLESSO NEOLITICO di STONEHENGE

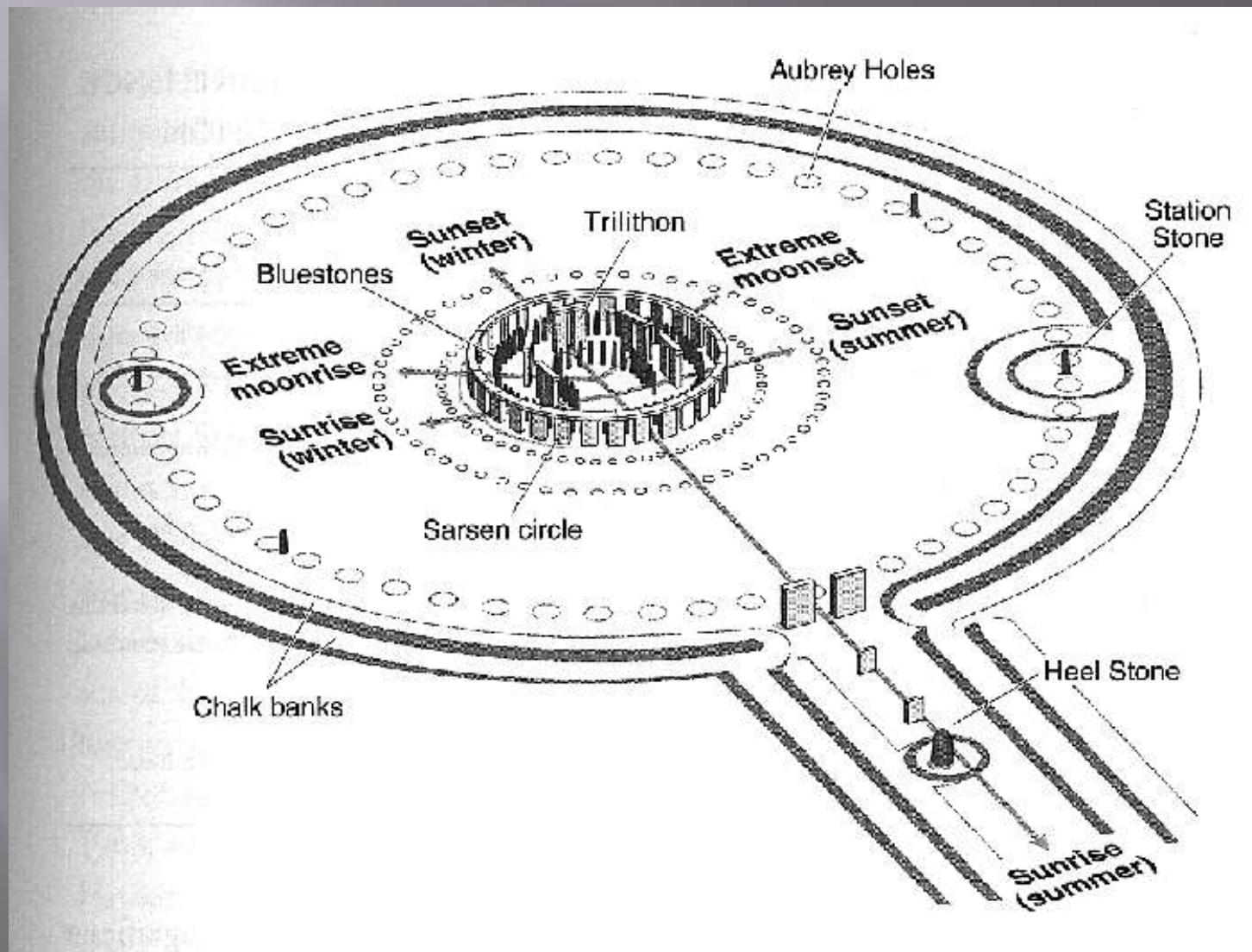
è datato con il carbonio 14 intorno al 3100 a.c.

La disposizione nei megaliti nel monumento rivela l'intenzione di precisi allineamenti con eventi astronomici

Gli uomini hanno guardato al cielo e scrutato gli astri dalla più remota antichità. Hanno osservato la periodicità dei fenomeni astronomici, che li ha affascinati ed ha stimolato nelle loro menti i primi passi del ragionamento matematico.

Nel calcolo dei moti celesti le prime civiltà hanno sperato di trovare le risposte alle più profonde domande esistenziali

# L'astronomia di Stone Henge

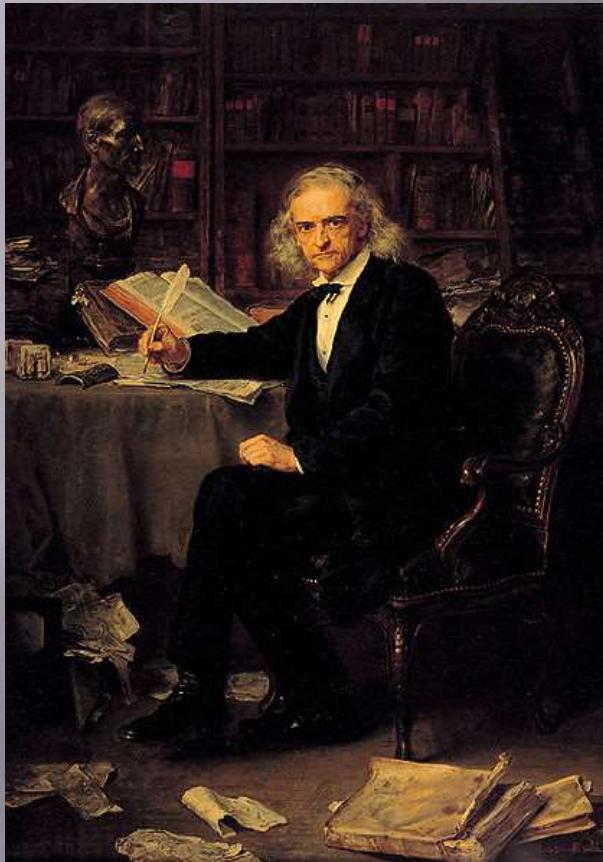


Non solo nel vecchio, ma anche  
nel nuovo mondo .....



Lo sviluppo  
dell'Astronomia e  
della Matematica  
presso gli antichi  
Maya è ben  
noto....Così come  
esso è variamente  
attestato presso  
gli antichi  
Babilonesi.

# Un'osservazione di Mommsen

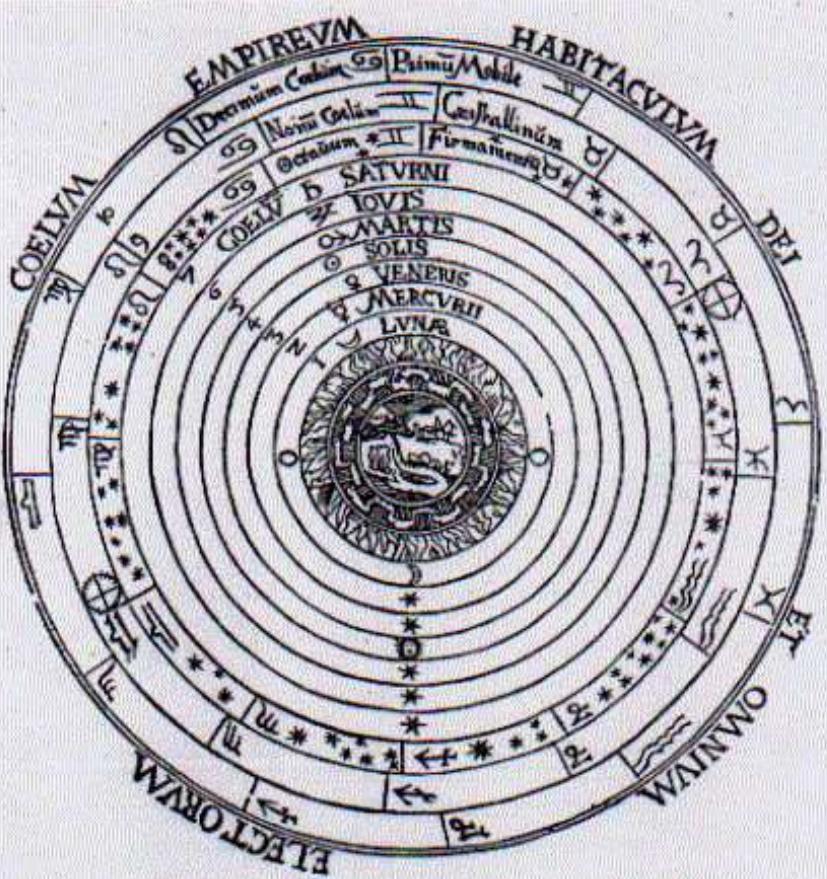


Comparando le lingue indogermaniche, Mommsen osservava che al tempo in cui esse iniziarono a differenziarsi la terminologia legata all'agricoltura non si era ancora formata, mentre quella relativa alla pastorizia, alla nomenclatura degli astri, dei numeri e delle divinità, costituisce patrimonio comune di tutti gli idiomi indoeuropei.

Dunque Astronomia, Aritmetica e Religione precorrono il primo formarsi delle civiltà agricole .

**Il grande storico, classicista e filologo tedesco  
Christian Matthias Theodor Mommsen (1817-1903)**

# Com'era il Cosmo degli Antichi?



Il Cosmo di Aristotele, Tolomeo e, poi,  
Dante era statico e piccolo.  
Sostanzialmente coincideva con il sistema  
solare, circondato dalla sfera delle stelle  
fisse



Aristotele

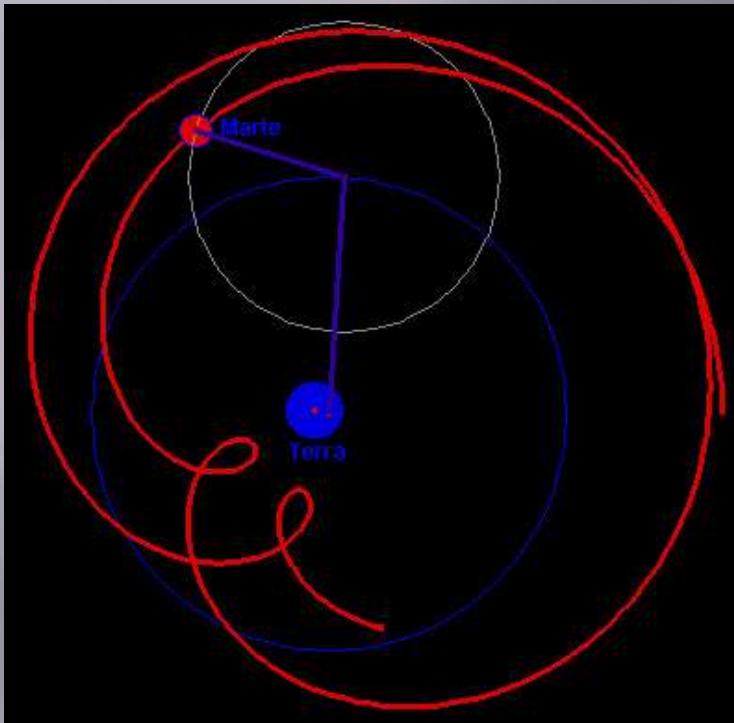


Tolomeo



Dante

# I pianeti si muovono....., le stelle invece sono fisse.



Descrizione Tolemaica del moto di Marte rispetto alla Terra.

E' una constatazione di fatto e sui fatti si costruisce la Scienza.

Questo era vero nell'epoca d'oro della scienza ellenistica, come lo e' nella scienza moderna.

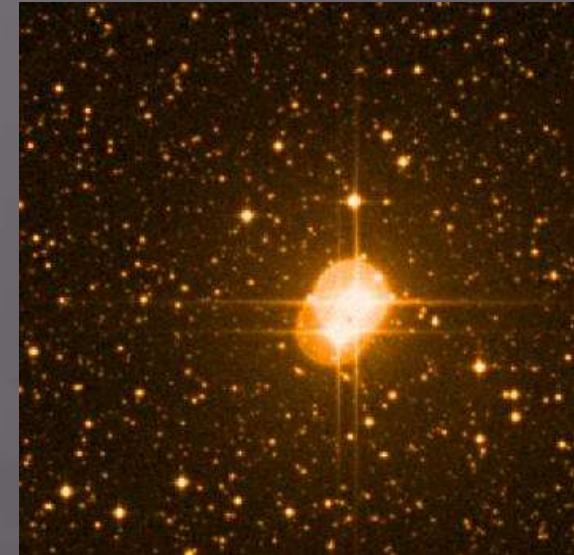
La scienza deve spiegare i fenomeni o, come si diceva allora, salvare le apparenze (= fenomeni)

*OGGI noi abbiamo un'altra spiegazione del fatto che le stelle sono fisse....Sembrano fisse solo perché sono enormemente lontane.*

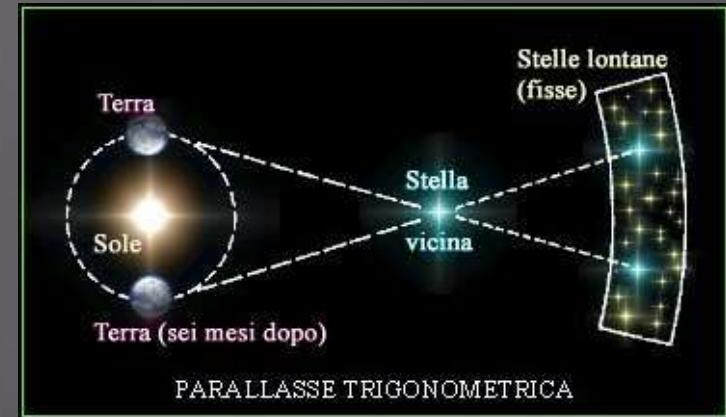
# II Parallasse e Bessel



Friedrich Wilhelm Bessel (22 July 1784 – 17 March 1846). Matematico ed Astronomo tedesco, noto per le funzioni che portano il suo nome. Direttore dell'Osservatorio di Konigsberg (Kalingrad).

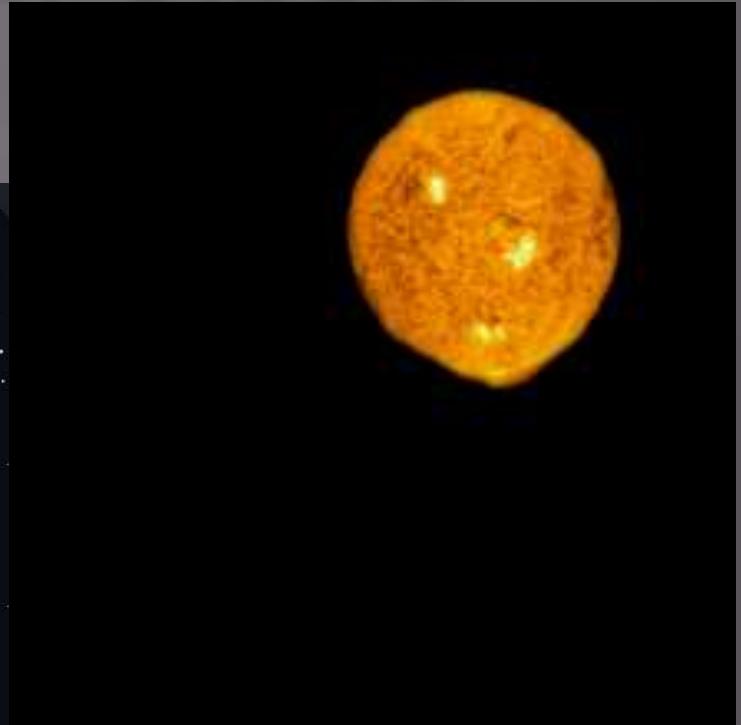


Nel 1838, Bessel misurò il primo parallasse mai osservato. Quello di Cygni 61, pari a 0.314 secondi d'arco. Ciò significa una distanza di circa 11 anni luce. Una distanza così' enorme come mai gli Antichi avrebbero immaginato.



# Il paradosso di Olbers

Perché la notte è  
scura?



*L'Universo esiste  
quindi da un tempo  
finito e si espande*

Heinrich Wilhelm Matthias Olbers (1758 -1840)

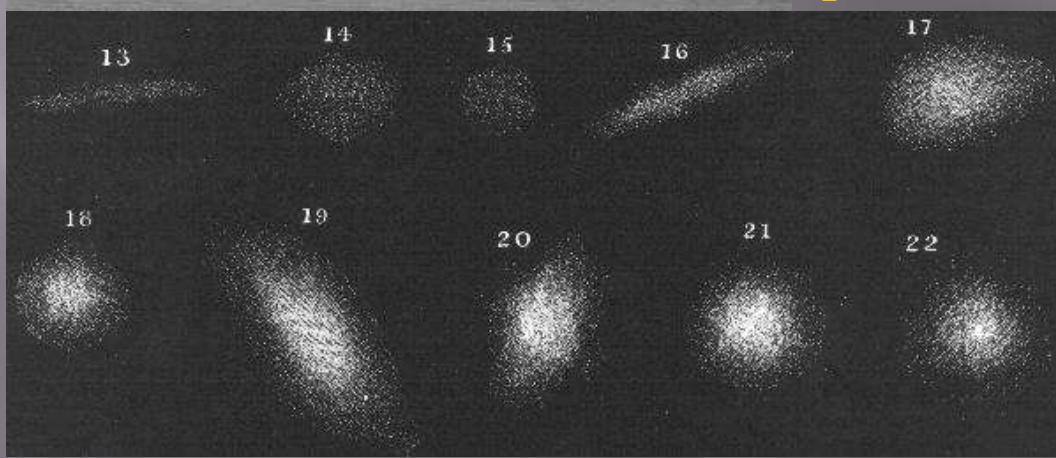
Se l'Universo fosse infinito  
eterno e statico la luce avrebbe  
comunque sempre avuto il  
tempo di raggiuncerci da ogni  
stella anche lontanissima ed il  
cielo sarebbe chiaro ed  
uniforme.....

# Herschel e le Nebulae



Con il suo telescopio gigante , William Herschel (britannico di nascita tedesco) scoprì e classificò le *nebulae* di cui pubblicò un famoso catalogo.

**Scoprì anche il pianeta Urano**



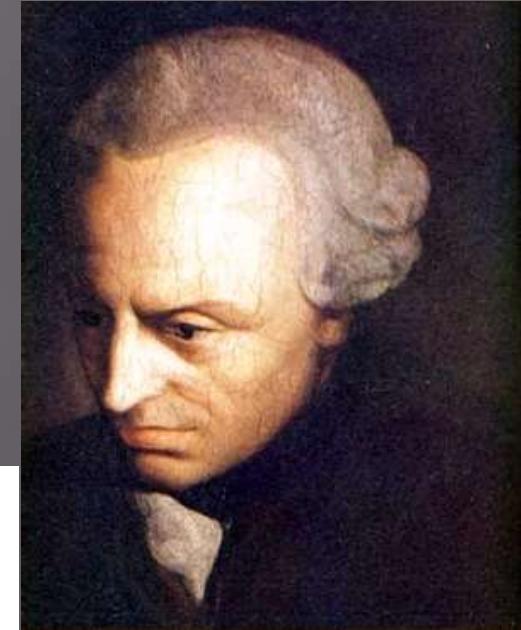
Una delle tavole di nebulae del catalogo di Herschel (1786)



# Kant fu il primo....

a supporre, nell'opera *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755), che le Nebulae fossero altri Universi-Isola come la nostra Via Lattea. GRANDE INTUZIONE.....

Però con la sua concezione della *Geometria Euclidea* come dato a priori a fondamento di ogni percezione



Kant frenò lo sviluppo della Geometria non-Euclidea e quindi della moderna comprensione del Cosmo.

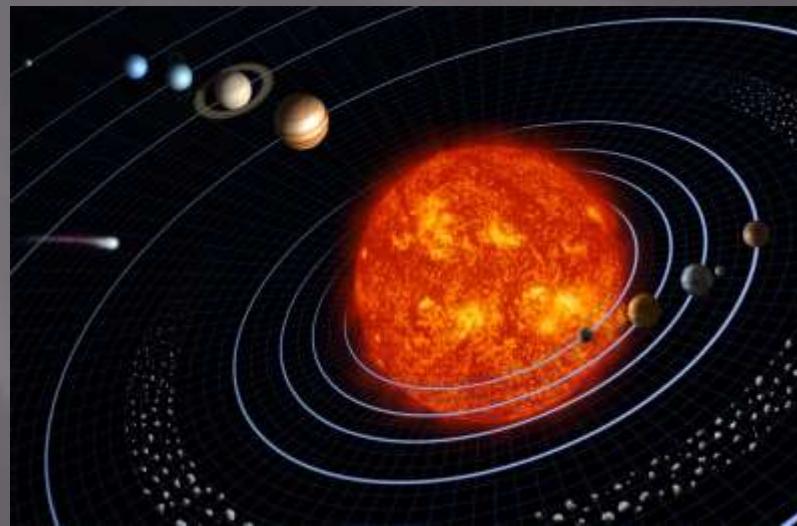
# La legge di Newton ed il Sistema Solare



Pierre Simon Laplace, portò a perfezione la Fisica Newtoniana e sviluppò la Teoria Matematica per calcolare ogni orbita....., ma dopo la sua morte si seppe che il Mondo era molto più grande. Parallasse di Cygni 61.....!

La legge di Newton spiega perfettamente tutti i moti dei corpi costituenti il Sistema Solare, cioè il Mondo degli Antichi.

*Exposition du Système du Monde (1813)*



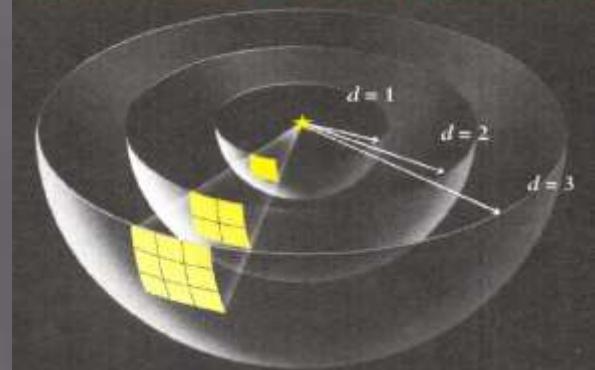
# Come misurare le distanze delle stelle?

Per quelle più vicine abbiamo il parallasse, ma per quelle un poco più lontane, come fare?

Abbiamo bisogno di candele standard!



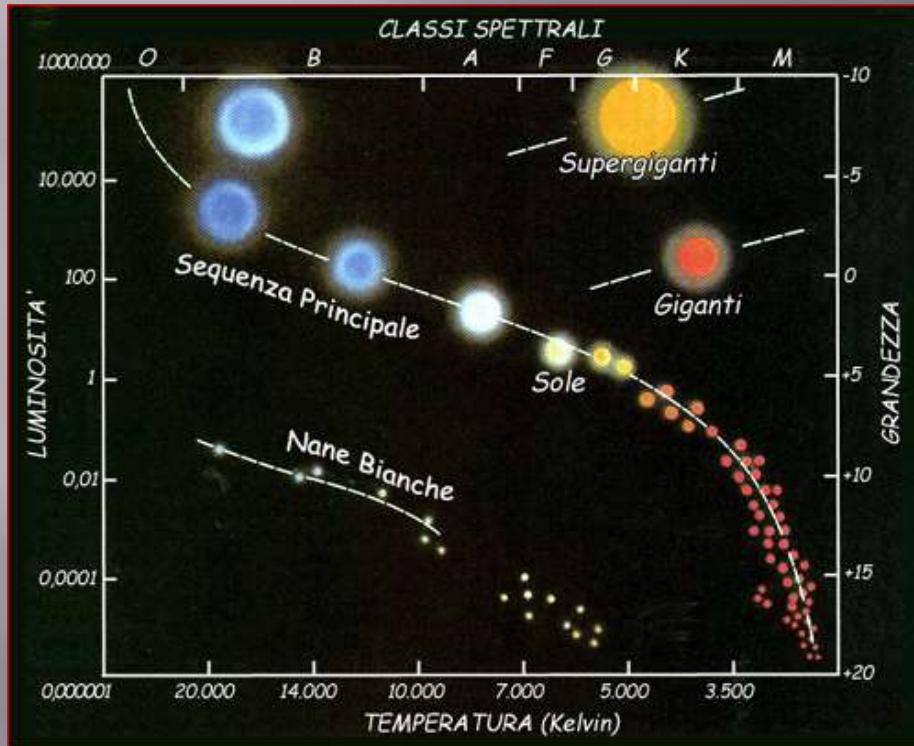
Dilution of Brightness by Distance



$$\ell_{app} = \frac{\ell_{abs}}{d^2}$$

La luminosità diminuisce con il quadrato della distanza. Se conosciamo la luminosità assoluta di un oggetto e misuriamo quella apparente, deduciamo la distanza dell'oggetto stesso.

# Le stelle stesse sono candele standard



Le popolazione delle stelle si distribuisce su alcune curve empiriche che collegano la loro luminosità assoluta alla loro temperatura (colore). Queste curve formano il diagramma di Hertzsprung Russell

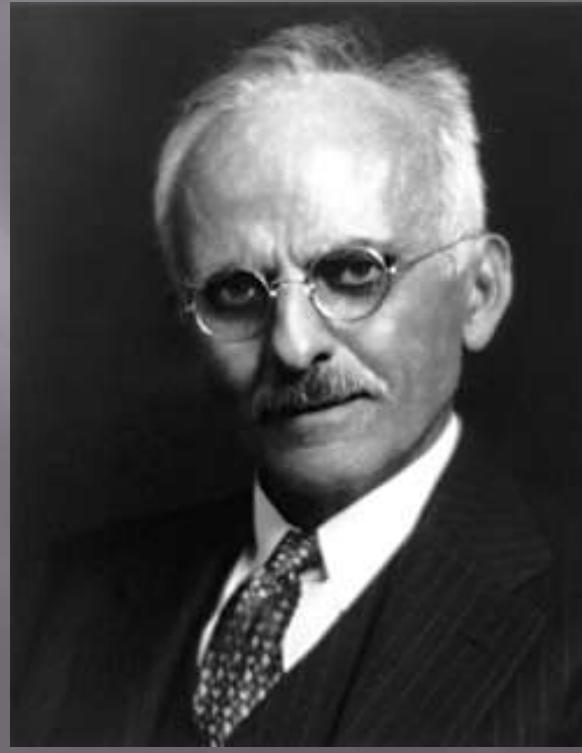
All'interno della Galassia questo ci permette di calcolare molte distanze, ma fuori da questa come fare....?

*Il 26 Aprile del 1920 non si sapeva ancora con certezza che esistessero altre Galassie e non si aveva alcuna idea della loro distanza da noi....!*

# 1920 : Il Grande Dibattito



Harlow Shapley (1885-1972)



Herbert Curtis (1872-1942)

Il 26 Aprile del 1920, di fronte alla Accademia Nazionale Americana, Shapley sostenne che la Via Lattea ha una dimensione di 300.000 anni luce e che le nebulae spirali sono oggetti galattici, nubi di gas. Lo stesso giorno Curtis sostene che la Via Lattea ha una dimensione di 300.000 anni luce e che le spirali sono altri Universi-Isola, cioè altre galassie lontanissime da noi.

# Le Cefeidi: candele standard

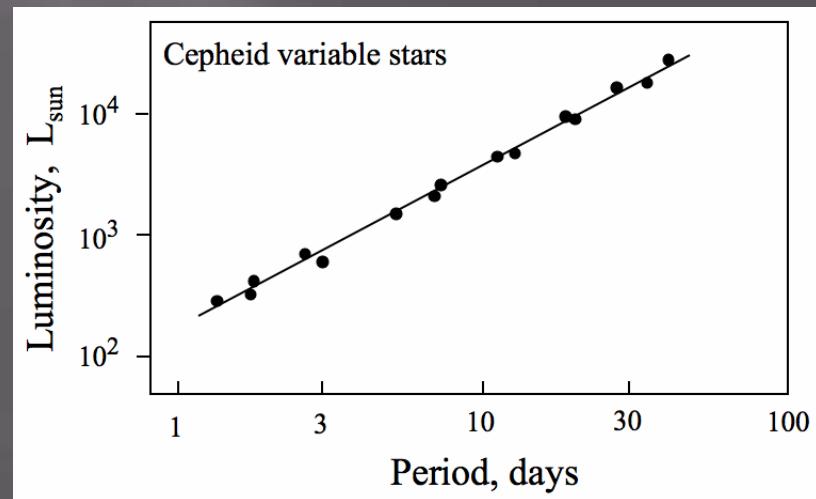
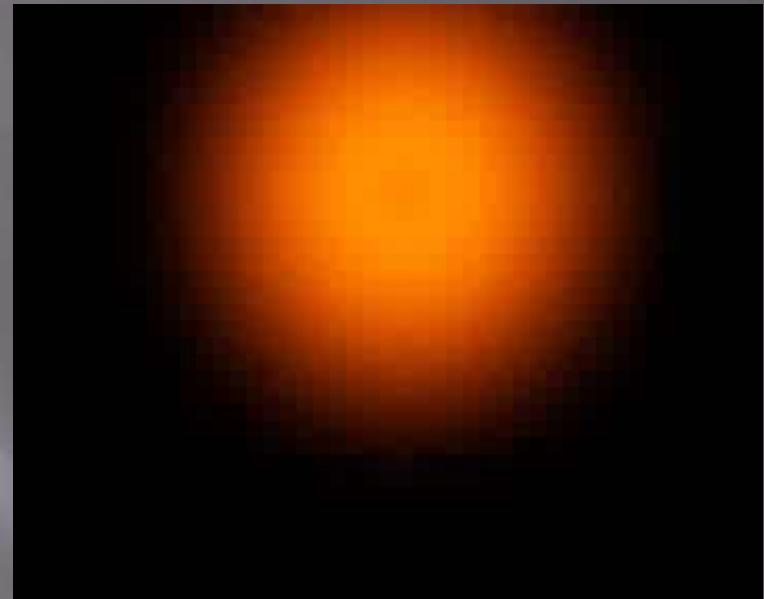


Henrietta Leavitt (1868-1921)

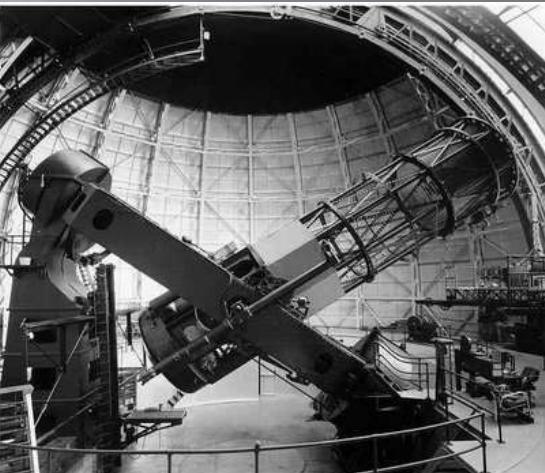
Prima donna a laurearsi ad  
Harvard

Nel 1912 scoprì la legge empirica  
che collega il periodo alla  
luminosità assoluta delle stelle  
variabili cefeidi  $L = P^{1.124}$ .

*Così le Cefeidi divennero candele  
standard*



# Hubble dimostra che Kant aveva ragione... (1924).



Edwin Hubble (1889-1953) and Hooker Telescope (2,5m), Mt.Wilson Observatory  
Sources: Wikipedia, <http://www.astro.caltech.edu/>

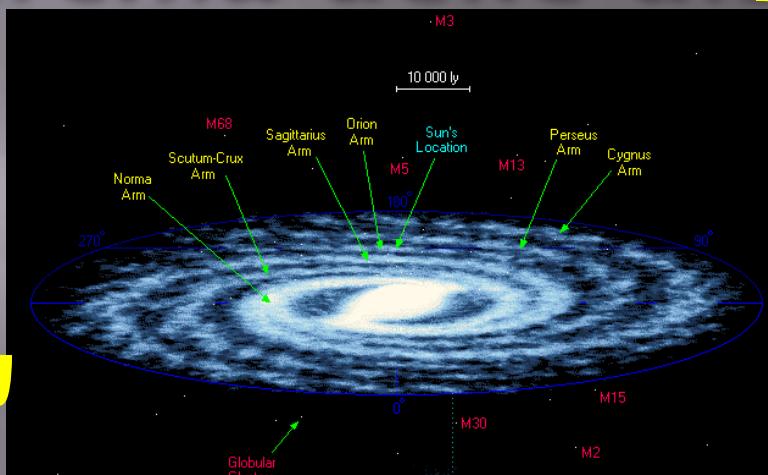


Nel 1924 Edwin Hubble, usando il telescopio di Monte Wilson, scoprì varie cefeidi nella Nebulosa di Andromeda (M31) e del Triangolo (M33). Così misurò la distanza delle nebule, 2,5 e 2,81 milioni di anni luce. Le Nebule erano quindi altri Universi Isola, altre galassie!

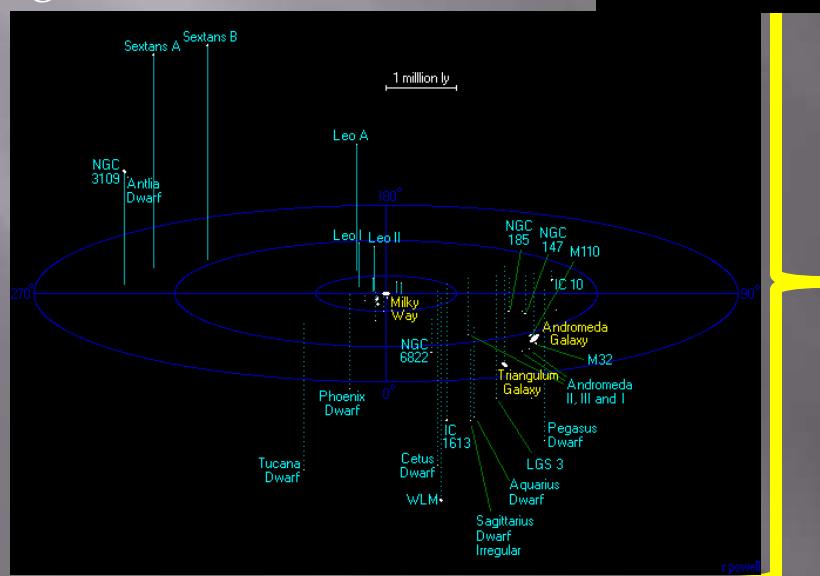
# La gerarchia delle distanze



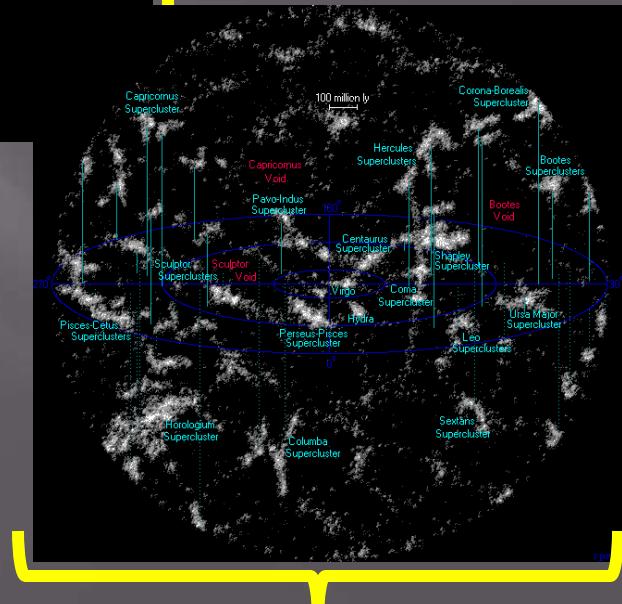
Sistema Solare, minuto-giorno luce



Via Lattea,  
10.000-100.000  
anni luce

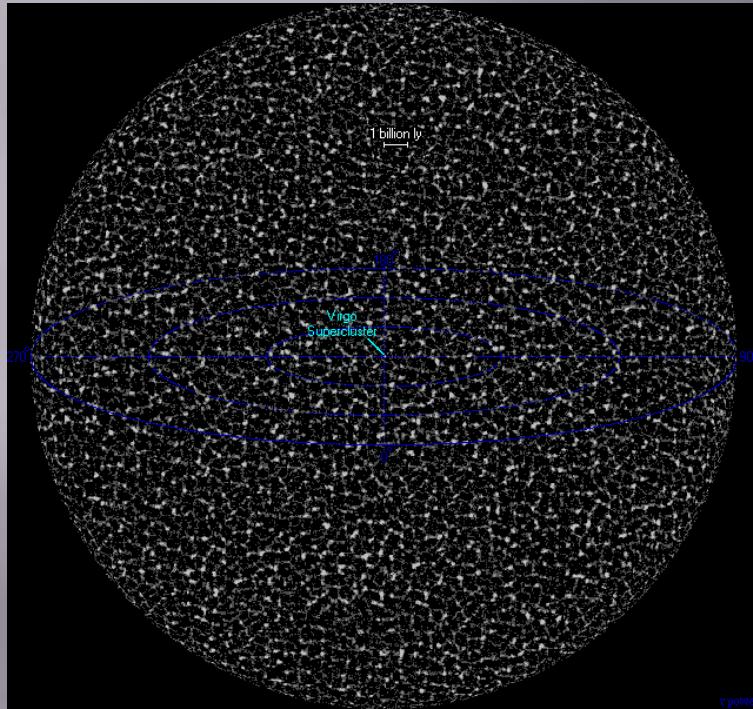


Gruppo Locale di Galassie:  
1-10 milioni di anni luce

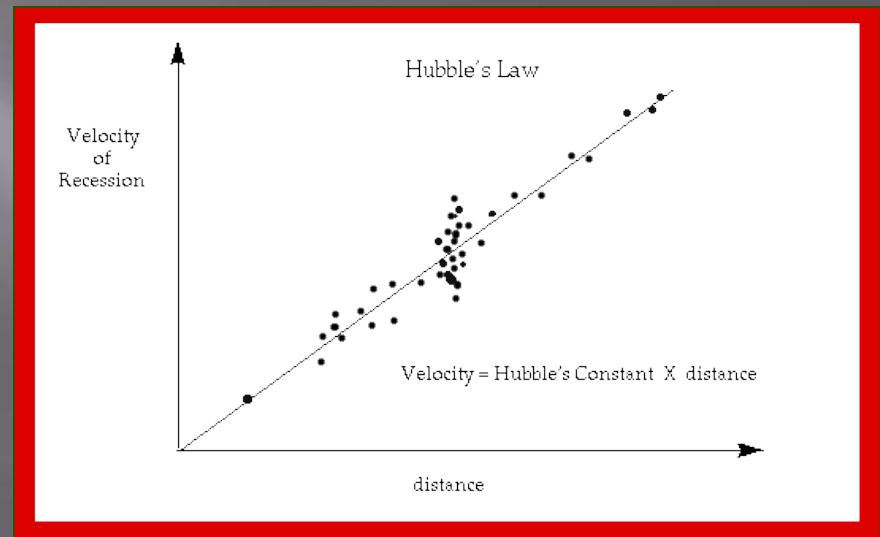


SuperAmmasso della Vergine:  
100 milioni di anni luce

# Alla scala di un miliardo di anni luce....



l'Universo appare omogeneo ed anche isotropo. Queste sono le scale di tempi e distanze di cui si occupa la cosmologia.



Nel 1929 Hubble scoprì la legge di recessione universale. Quanto più una galassia è lontana da noi tanto più velocemente essa si allontana dalla Via Lattea:

$$v = H_0 d$$

$1/H_0 = 13.5$  milardi di anni è quindi l'età dell'Universo

# Come scoprire le possibili deviazioni della legge di Hubble dal comportamento lineare....?

## Servono Nuove Candele Standard.....

Esse ci sono fornite dalle Supernovae (tipo Ia)

Le Supernovae sono i fenomeni più luminosi del cielo e corrispondono alla violenta esplosione di una stella che muore.

L'esplosione è di due tipi , Tipo I e Tipo II, la cui natura è totalmente diversa



# L'ultima Supernova

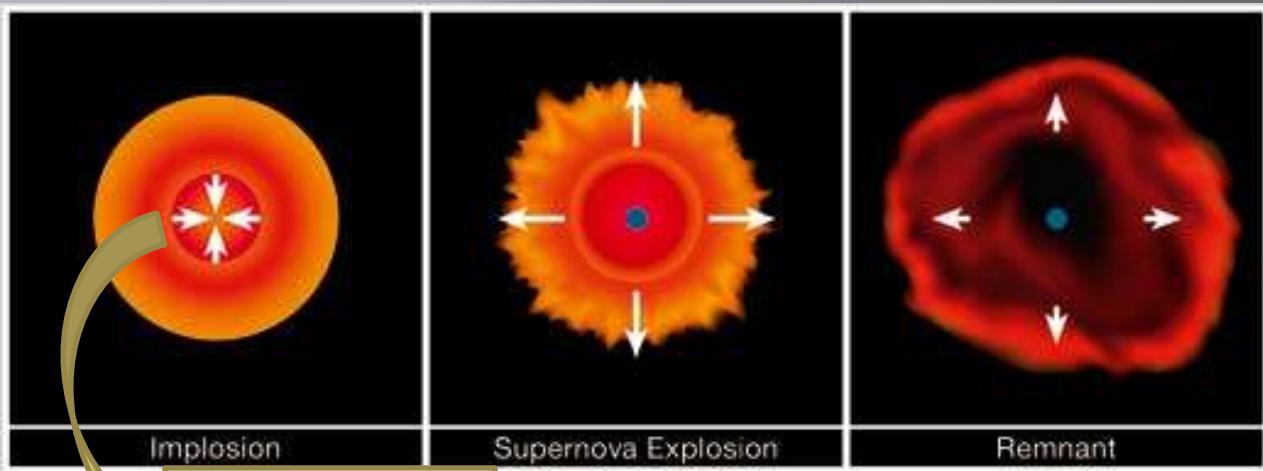


**Nessuna stella di neutroni è stata per ora identificata come remnant di SN1987A**

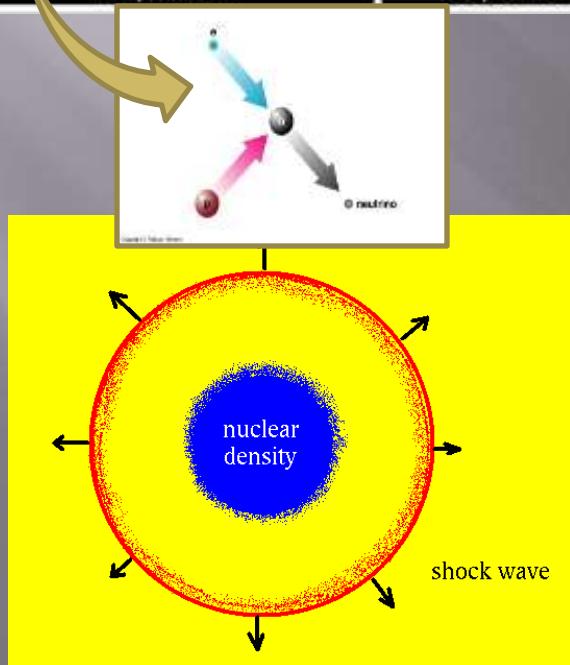
1987. Trecento anni dopo la supernova di Keplero si ha una nuova esplosione relativamente vicino alla Terra.

SN1987A è occorsa nella Grande Nube di Magellano, una delle Galassie Nane, satelliti della Via Lattea. A 168.000 anni luce da noi.

# Type II B supernovae



Quando una grande stella finisce il suo carburante nucleare comincia a contrarsi



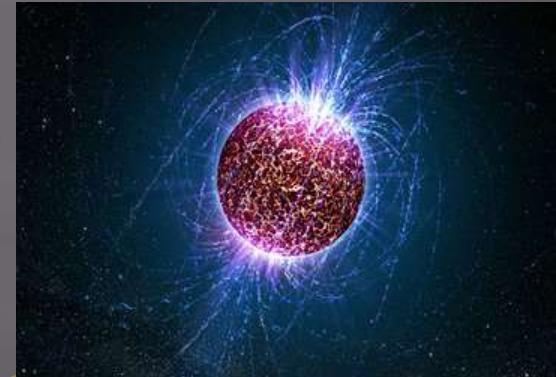
L'esplosione è il risultato dell'onda d'urto: la materia che cade rimbalza violentemente sulla crosta della nuova stella di neutroni formatasi al centro.



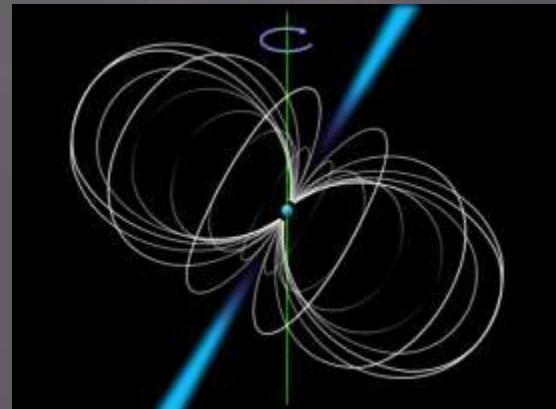
# La grande luce del 1054

La Nebulosa del Granchio è il remnant della Supernova esplosa nel 1054 d.c.

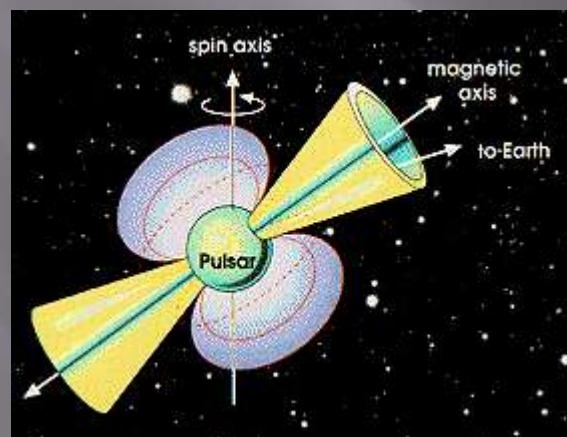
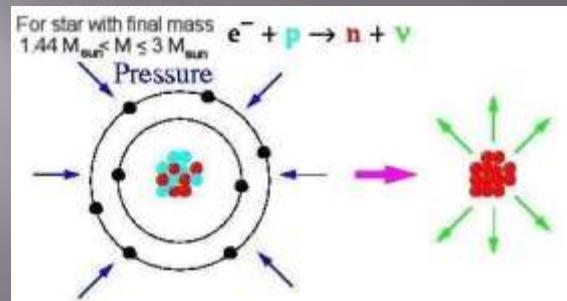
Al centro della nebulosa c'è una *stella di neutroni* una **pulsar**.



Le pulsars emettono onde radio. Non si vedono, ma si ascoltano



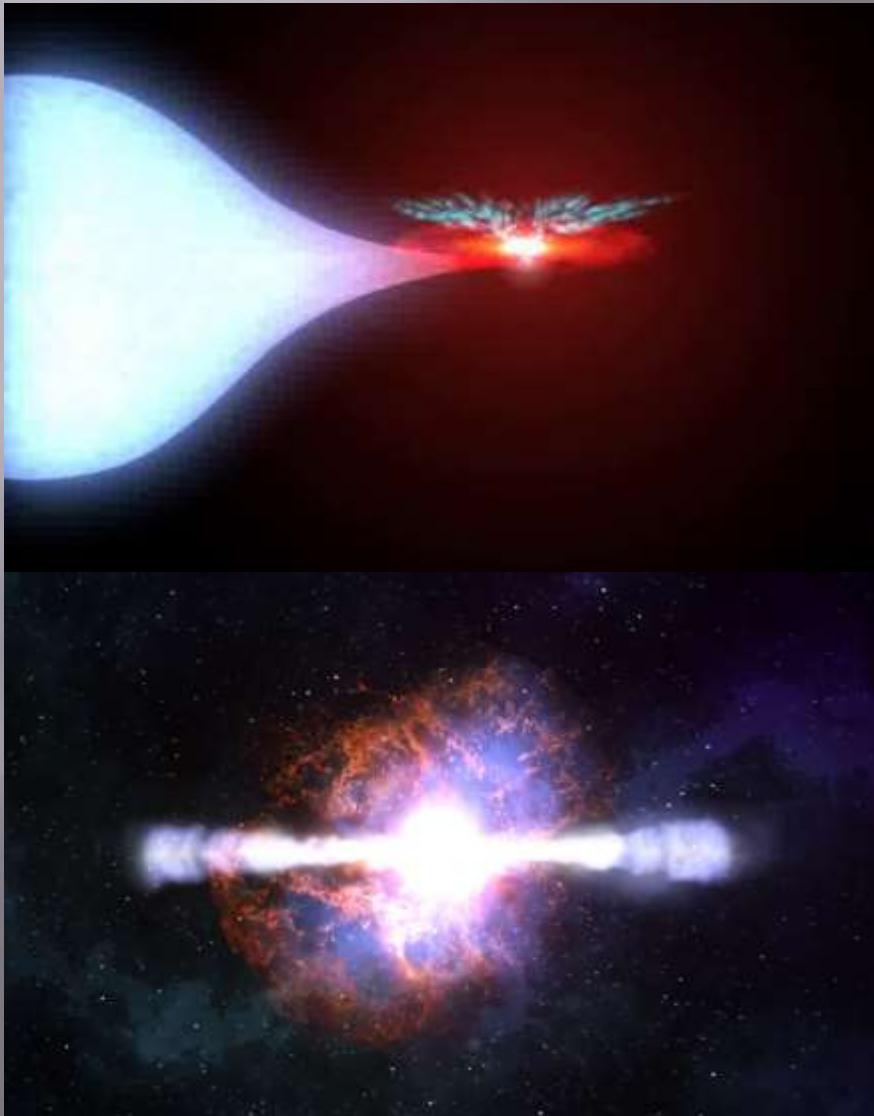
# Premio Nobel 1974



**Antony Hewish**  
(1924 -) scoprì la prima pulsar nel 1967 con la sua studentessa Jocelyn Bell. Nel 1974 gli fu conferito il Nobel per questa scoperta.

Franco Pacini (1939 -2012) fu il primo nel 1968 ad ipotizzare che le pulsars fossero stelle di neutroni. Pacini fu tra i fondatori dell'ESO

# Le supernovae Ia



Nel 1572 vi fu l'esplosione di una supernova visibile ad occhio nudo, osservata da Tycho Brahe. Il remnant di SN 1572 è ancora visibile. SN 1572 è stata una supernova di Tipo Ia. Tali eventi si producono quando in un sistema binario formato da una Gigante rossa ed una nana bianca la nana assorbe tanta materia da superare il limite di Chandrasekhar  $1.4 M_0$ .

A causa di questo meccanismo le supernovae Ia sono precise candele standard!



# Premio Nobel per la Fisica 2011



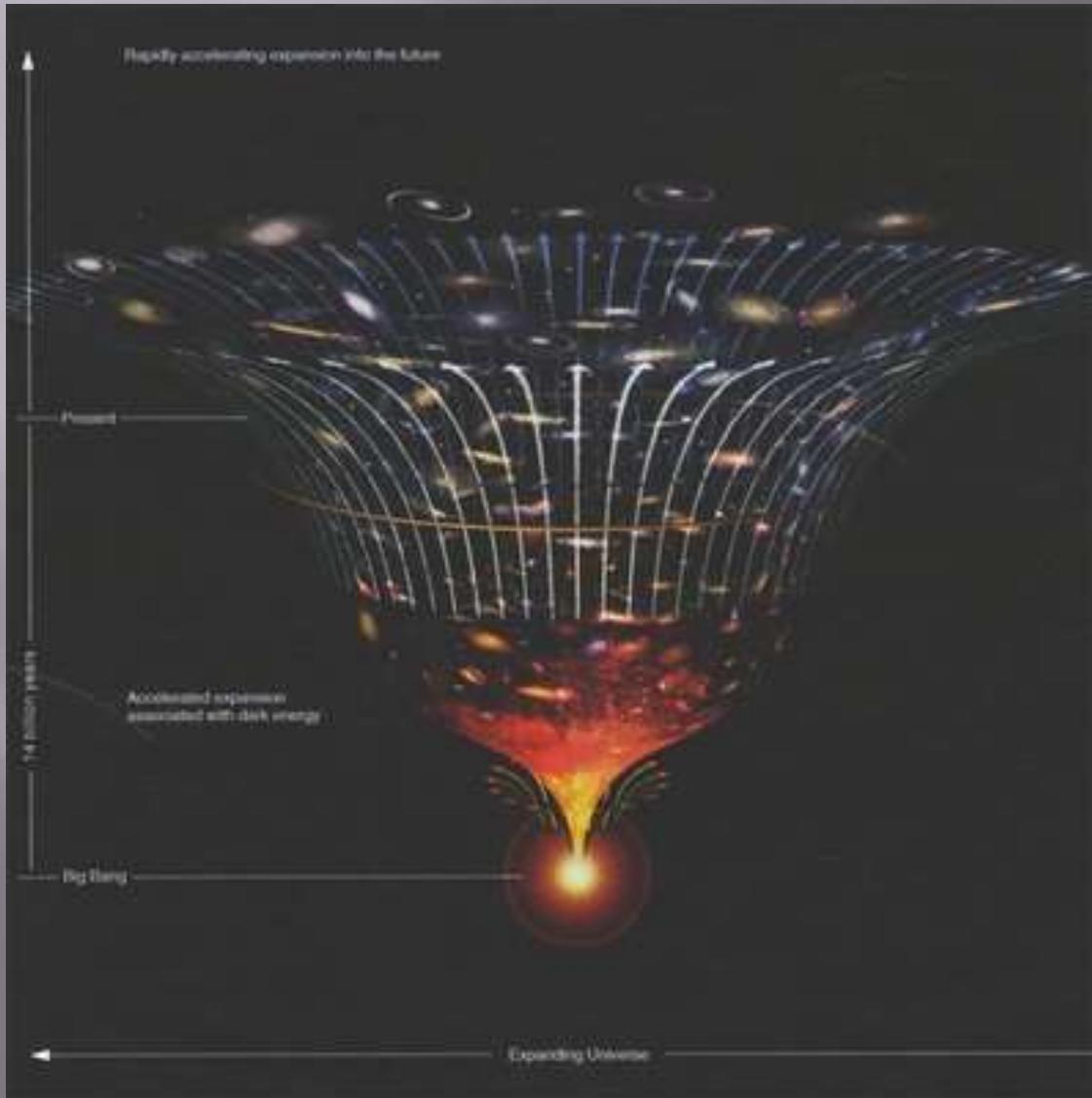
**Saul Perlmutter**

**Brian P. Schmidt**

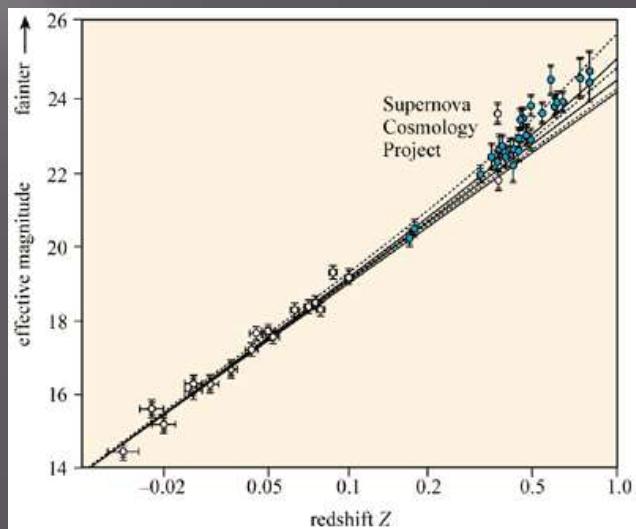
**Adam G. Riess**

Usando le supernovae Ia come candele standard in galassie lontanissime i tre laureati Nobel hanno determinato la legge di Hubble a distanze enormi e scoperto che l'Universo attuale non solo si espande, ma accelera la propria velocità di espansione.

# L'Energia Oscura



L'accelerazione dell'Universo segnala inesorabilmente la presenza dell'Energia Oscura. Unendo questa informazione a quelle sulla Radiazione Cosmica di Fondo (CMB), concludiamo che l'Energia Oscura fornisce il 73% del contenuto totale dell'Universo

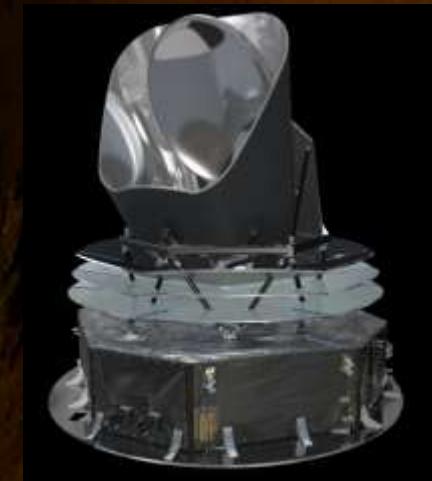


# Materia Oscura, Energia Oscura e CMB.

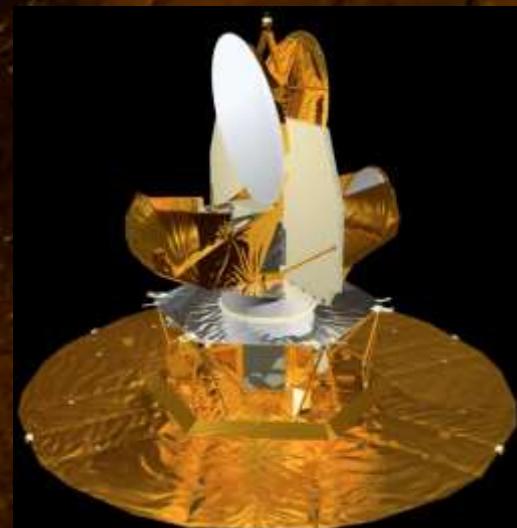
## La parola al Prof. Masiero



Un'immagine del cielo di 13  
miliardi di anni fa.



Lo spettrometro  
PLANCK



Lo spettrometro  
WMAP