

Tempo & Tempi

Anna Wolter
INAF – Osservatorio Astronomico di Brera

Cos'è il tempo?

<< Perché nelle infinite semplificazioni con cui crediamo di metterci in salvo e dentro cui invece ci perdiamo, c'è una cosa, una soltanto, che non può venirci dietro, che non possiamo ingannare.

Questa cosa è il tempo.

Che è qualcosa di pochissimo, se siamo felici.

È qualcosa di tantissimo, se siamo disperati.

Comunque sta lì. >>

(Chiara Gamberale *Per dieci minuti* 2013)



Teogonia (II secolo d.C.)

« [...] Omero afferma: "L'Oceano origine degli dèi, e la madre Teti"; "Oceano che per tutti è l'origine". Infatti, secondo lui, l'acqua era il principio di tutte le cose; dall'acqua, poi, si costituì il fango; da entrambi fu generato un essere vivente, un serpente con aggiunta una testa di leone, con in mezzo il volto di un dio, dal nome Eracle o Tempo. Questo Eracle generò un uovo estremamente grande che pieno della forza di chi l'aveva generato, si spezzò in due per uno sfregamento. La parte della sua sommità finì per diventare Cielo, mentre la parte racchiusa in basso diventò Terra; fuoriuscì anche un dio dal duplice corpo. Cielo, unitosi a Terra, generò come femmine Cloto, Lachesi e Atropo, come maschi i Centomani, Cotto, Gige, Briareo e i Ciclopi, Bronte, Sterope e Arge; e dopo averli incatenati, li precipitò nel Tartaro, avendo appreso che sarebbe stato privato del potere dai suoi figli. Perciò Terra adirata generò i Titani: E la Terra signora generò come figli i Celesti a cui danno anche il nome Titani, in quanto punirono il Cielo stellato »

(Atenagora di Atene. *Apologia per i cristiani* XVIII; in *Orfici. Testimonianze e frammenti nell'edizione di Otto Kern*, 28 [1]; traduzione di Elena Verzura. Milano, Bompiani, 2011, p.307)

Il mito dei Veda narra della nascita di
Hiranyagarbha, "grembo", con l'anima cosmica
nell'oceano primordiale. Quando
del guscio, fatta d'oro, del guscio, fatta d'argento
interne del guscio, le nuvole; le vene e
[A. Dallapiccola, *Indu*



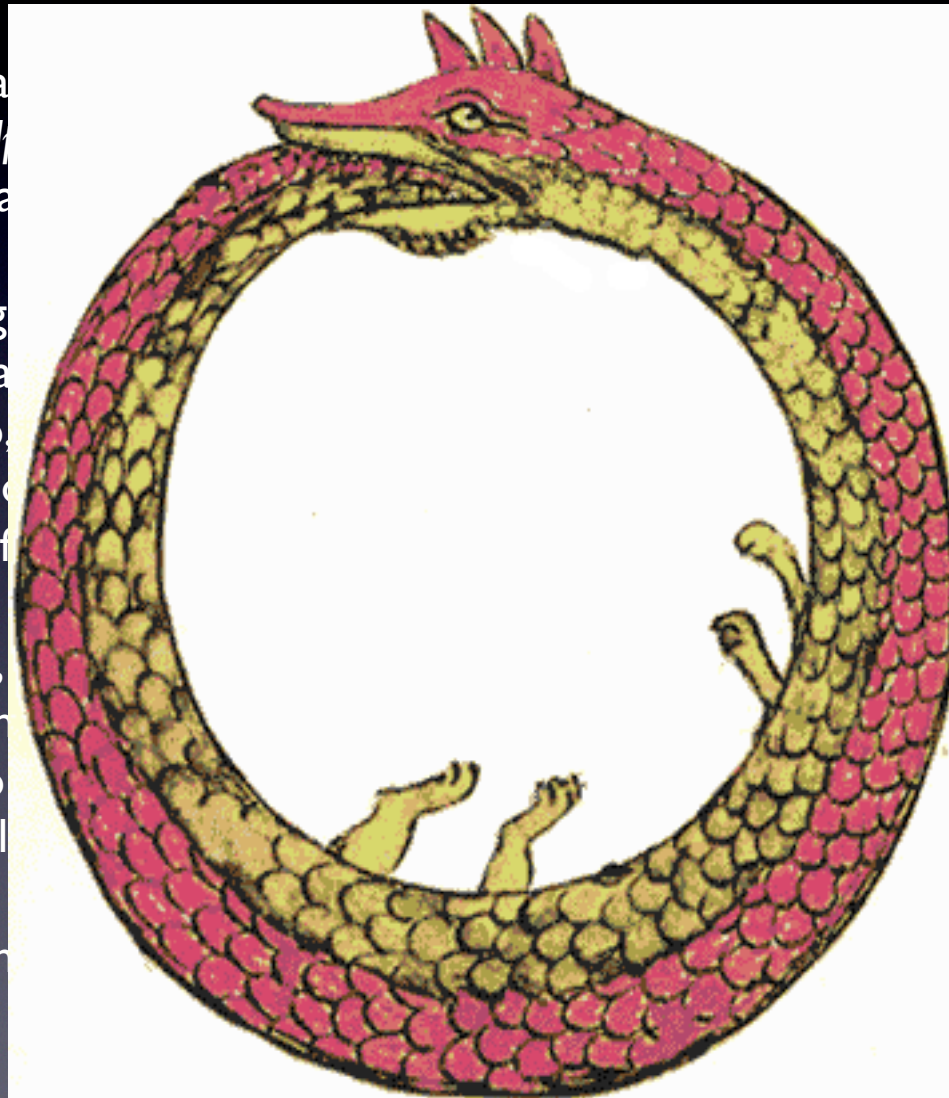
Il tempo è un cerchio

Il *kalpa* = 4,32 miliardi di anni.
Alla fine di ogni *kalpa*, il mondo è passato a un altro stato.
quale il mondo è passato a un altro stato.

«Quando viene il giorno, la notte, è in esso a questo manifestato, esseri periscono, non proclama essere il fine»

« O figlio di Kuntī, [cosmica], poi, all'incanto cosmica, io emetto grazie al potere del

(*Bhagavad Gita*, Capitolo 2)



rata del mondo.
orno, durante la
qua o vento.

into; quando viene
to. Ma al di là di
ne quando tutti gli
to; è Lui che si

mia natura
ando la mia natura
loro malgrado e

La misura del tempo

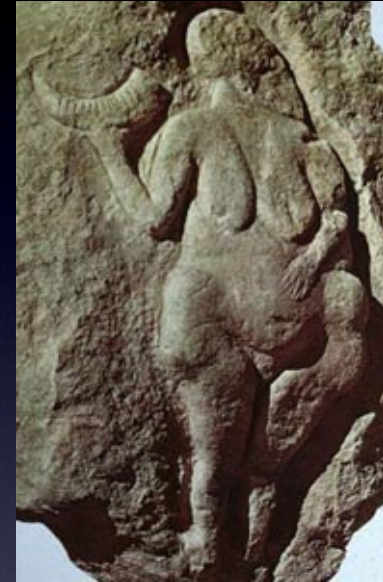
Prima misura attraverso le fasi della Luna

'ME' (sanscrito): mas = mese (sanscrito)

Mese, Metro (italiano)

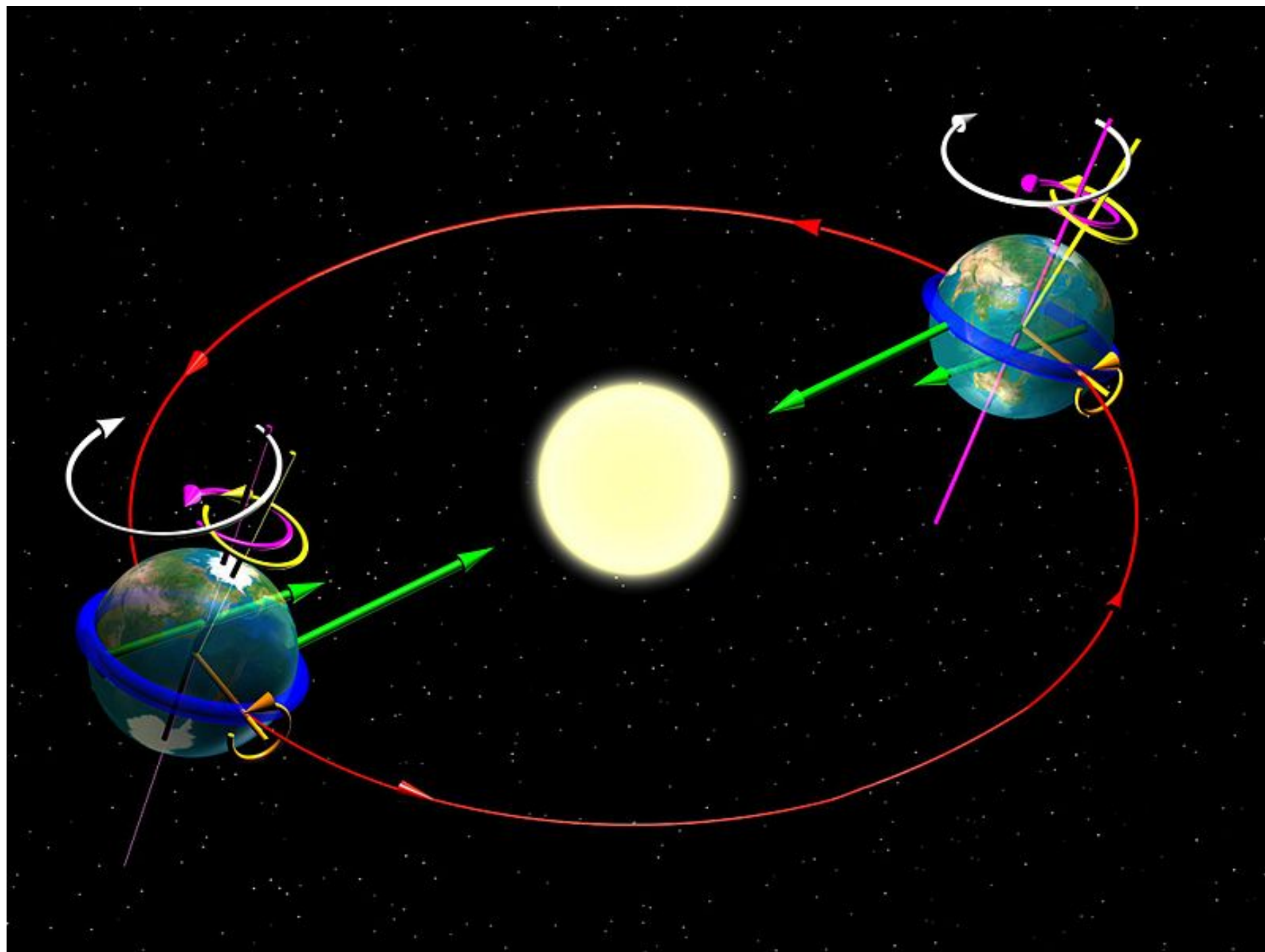
Mensis (latino)

Measure (inglese)



Agricoltura: dopo 12 lunazioni si torna alla stessa stagione: è passato un anno (anu in sanscrito)

Motivi liturgici e cerimoniali



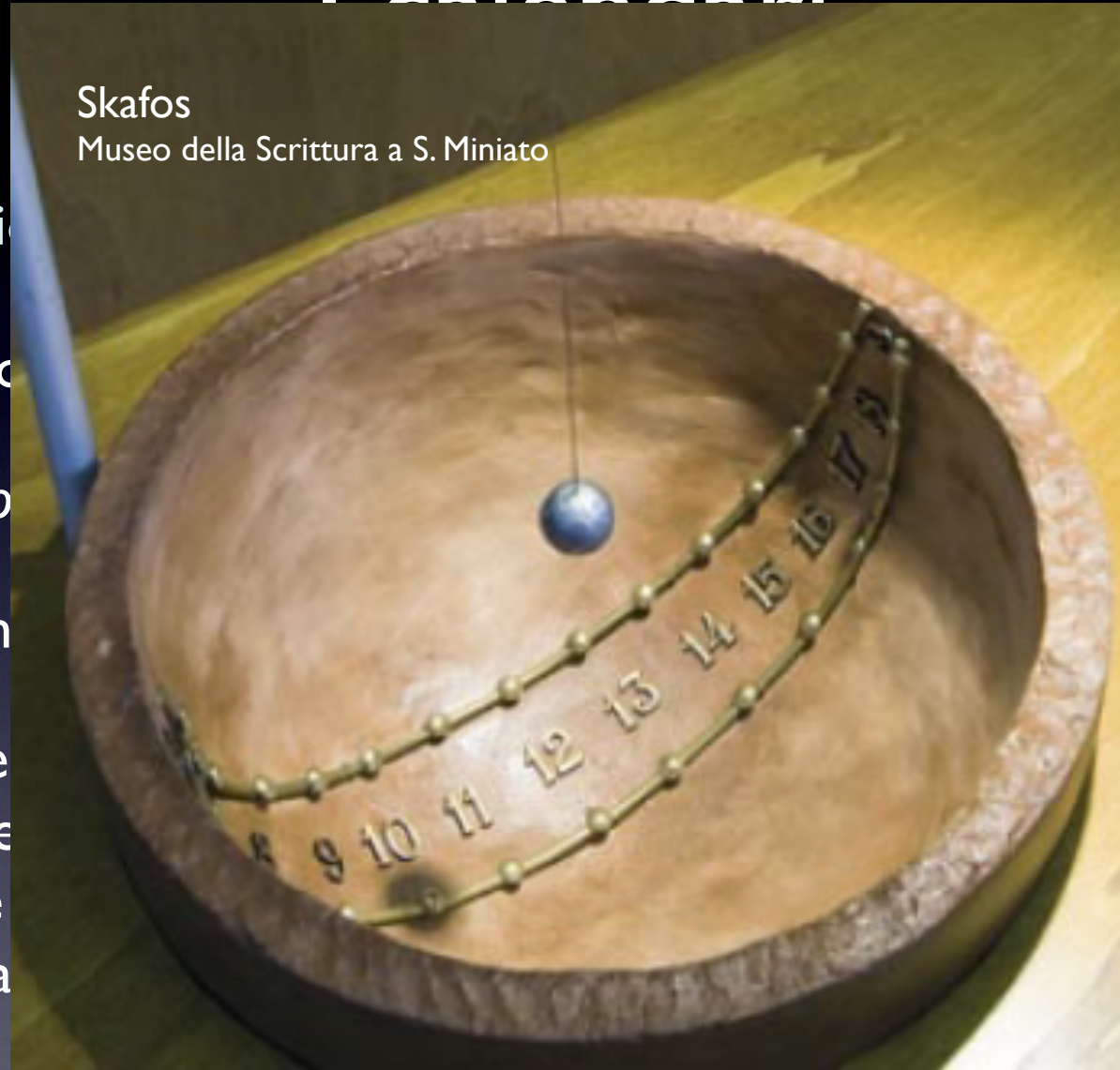
I calendari

Skafos

Museo della Scrittura a S. Miniato

Calendario
quando il
Capitolino

- Le No
- L'Ann
- Succes
lunare
Serve
colma



i Romani

ARZO

ndario

va

r

Ai tempi degli antichi



Lunedì (Luna)



Sabato (Saturno)

Mercoledì (Mercurio)



Venerdì (Venere)



Domenica (Sole)



Martedì (Marte)

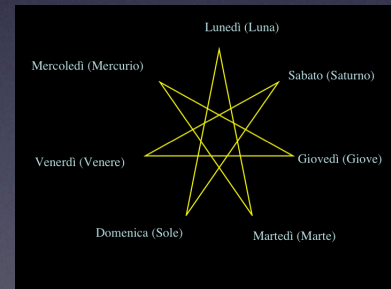


Giovedì (Giove)



Settimana

Saturno	<i>I ora</i>	<i>VIII ora</i>	<i>XV ora</i>	<i>XXII ora</i>
Giove	<i>II ora</i>	<i>IX ora</i>	<i>XVI ora</i>	<i>XXIII ora</i>
Marte	<i>III ora</i>	<i>X ora</i>	<i>XVII ora</i>	<i>XXIV ora</i>
Sole	<i>IV ora</i>	<i>XI ora</i>	<i>XVIII ora</i>	<i>I ora</i>
Venere	<i>V ora</i>	<i>XII ora</i>	<i>XIX ora</i>	<i>II ora</i>
Mercurio	<i>VI ora</i>	<i>XIII ora</i>	<i>XX ora</i>	<i>III ora</i>
Luna	<i>VII ora</i>	<i>XIV ora</i>	<i>XXI ora</i>	<i>IV ora</i>



Calendario Giuliano e sue modifiche

- Sosigene di Alessandria (46 aC)
- Usato ancora dalla Chiesa Ortodossa per la liturgia
- dopo il 24 febbraio (*sexto die ante Kalendas Martias*) -> "bis sexto die" = bisestile
- $365 \times 4 + 1 = 1.461$ giorni
- Ciclicità ogni $1.461 \times 7 = 10.227 = 7 \times 4 = 28$ anni
- Si perde 1 giorno ogni 128 anni (11' 14" all'anno)
- Anno inizia il 1° gennaio

Calendario Gregoriano

- Nel 1582 Bolla Papale: *Inter gravissimas*
- Problema: calcolo della Pasqua (prima domenica dopo il primo plenilunio di Primavera) – se la primavera inizia 111 marzo invece del 21...!!
- dal 4 ottobre 1582 (giovedì) si passa al 15 ottobre (venerdì)
- 97 anni bisestili ogni 400 anni, invece che 100, si recuperano 10' 48" (rimane differenza di 26": siamo a posto fino al 4905)
- Ciclicità ogni $365 \cdot 303 + 366 \cdot 97 = 146097 = 400$ anni

Sant'Agostino (354-430)

Che cosa è dunque il tempo? Se nessuno me ne chiede, lo so bene: ma se volessi darne spiegazione a chi me ne chiede, non lo so: così, in buona fede, posso dire di sapere che se nulla passasse, non vi sarebbe il tempo passato, e se nulla sopraggiungesse, non vi sarebbe il tempo futuro, e se nulla fosse, non vi sarebbe il tempo presente. Ma in quanto ai due tempi passato e futuro, in qual modo essi sono, quando il passato, da una parte, più non è, e il futuro, dall'altra, ancora non è? In quanto poi al presente, se sempre fosse presente, e non trascorresse nel passato, non più sarebbe tempo, ma sarebbe, anzi, eternità. Se, per conseguenza, il presente per essere tempo, in tanto vi riesce, in quanto trascorre nel passato, in qual modo possiamo dire che esso sia, se per esso la vera causa di essere è solo in quanto più non sarà, tanto che, in realtà, una sola vera ragione vi è per dire che il tempo è, se non in quanto tende a non essere? [...]

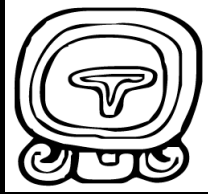


La freccia del tempo

(Agostino, *Le confessioni*, XI, 14 e 18)

12

iK



15

UO



I Maya

Il calendario Maya e di altri popoli dell'America centrale (Aztechi e Toltechi).

il ciclo Tzolkin aveva una durata di 260 giorni. Rituale

il ciclo Haab aveva una durata di 360 giorni, più i "cinque giorni fuori dal tempo". Civile

il Lungo computo indicava il numero di giorni dall'inizio dell'era maya. [fine del mondo il 21 dic 2012!!]

Oggi: 13.0.1.7.2

Il giorno, detto K'in.

20 giorni (prima cifra): uinal

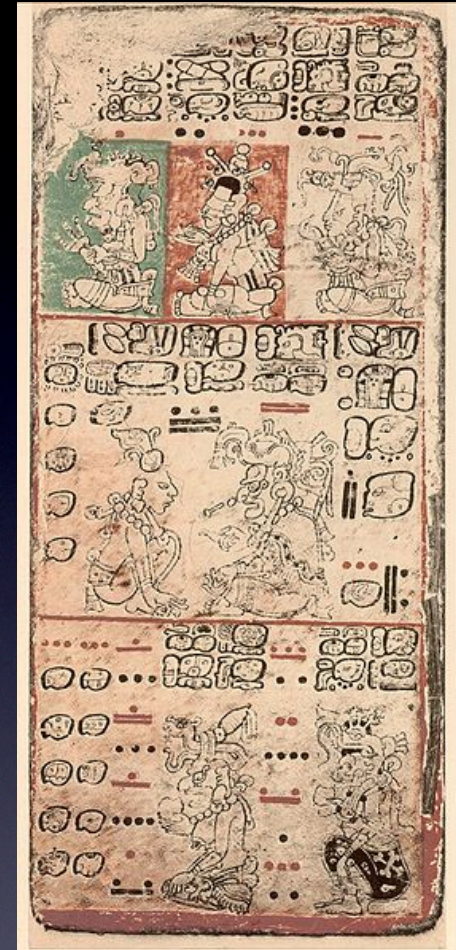
360 giorni (seconda cifra, $18 \times 20 = 360$): tun

7 200 giorni (terza cifra, $20 \times 360 = 7\ 200$): k'atun

144 000 giorni (quarta cifra, $20 \times 7\ 200 = 144\ 000$): b'ak'tun

la quinta cifra si ripete dopo il ciclo completo di 1 872 000 giorni ($13 \times 144\ 000 = 1\ 872\ 000 =$ circa 5125 anni).

Ik, il vento, rappresenta il soffio vitale, quindi la comunicazione, il movimento, la spiritualità, la trasformazione.



Strumenti di misura

- Gnomone: la sua ombra
(Egizi: obelischi)

- Con il brutto tempo: la

- [Si inizia a suddividere i

- M...onesi i



354

n

30 e 6

(11 giorni x 3)

«Maledicano gli dei colui che per primo inventò le ore e collocò qui la prima meridiana. Costui ha mandato in frantumi il mio giorno di povero diavolo. Quando ero giovane, infatti, l'unico orologio era lo stomaco ...assai più preciso e migliore di questo aggeggio moderno.»

(Plauto citato in Aulo Gellio, Notti attiche, III, 3, 5)

orno

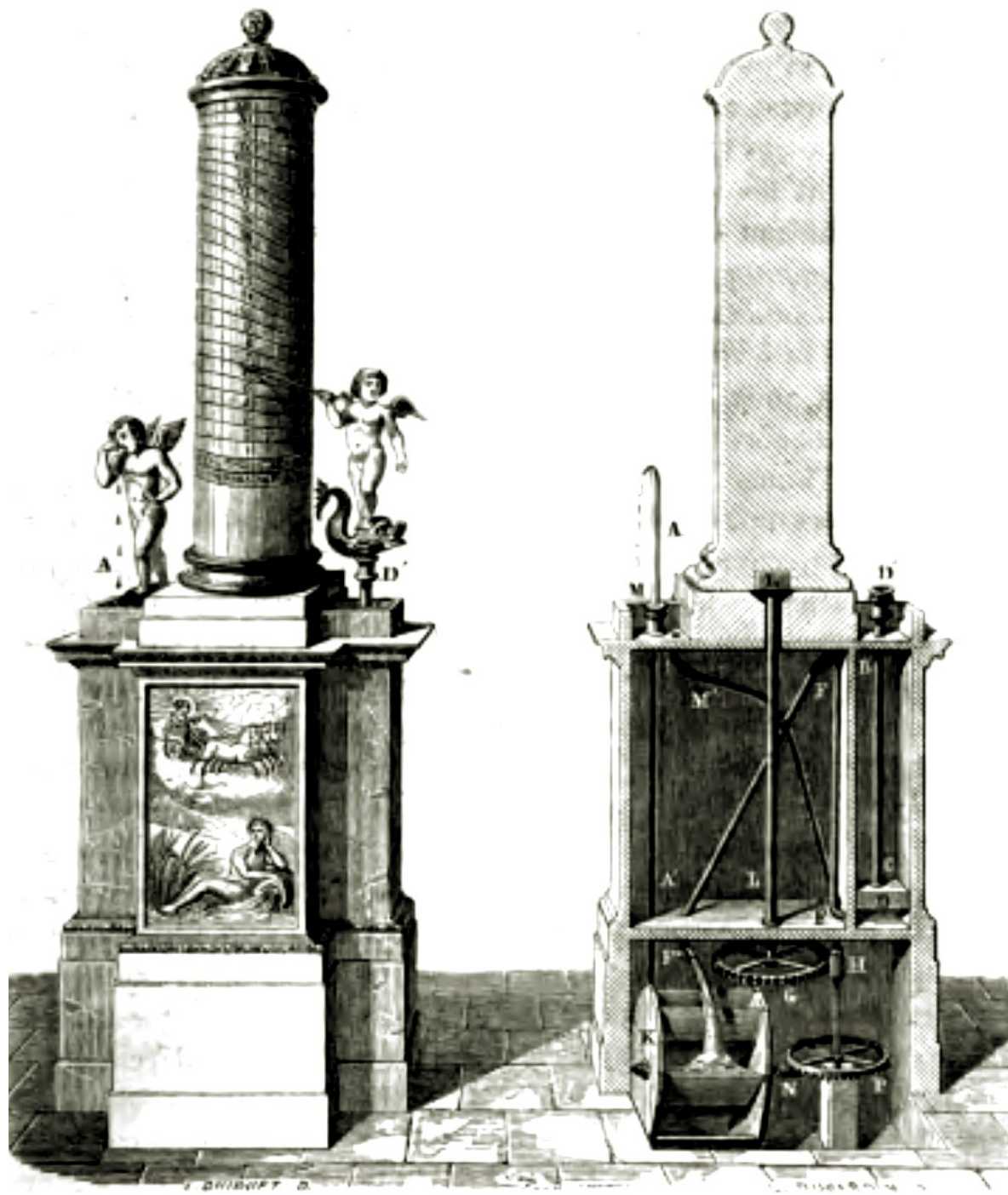
nni un

Osservazioni Astronomiche





Secondo Callistene, i Persiani qualche secolo prima di Cristo usavano un orologio ad acqua [fenjaan] per segnare il tempo (per esempio delle irrigazioni per ogni terreno). Personaggi di alto rango venivano scelti per operare l'orologio.



descritte da Ctesibio, Erone di
(e, Archimede)

ve (12 dall'alba al tramonto) durano
elle invernali

r, a New Universal Dictionary of Arts and
(9)

ROMA: L'idrocronometro del Pincio fu inventato da padre Giovan Battista Embriaco nel 1867 e fu presentato all'Esposizione Universale di Parigi. Torretta di ghisa e quattro quadranti visibili da ogni direzione. Restaurato nel 2007.

Un'orologio ad acqua perde o guadagna circa mezz'ora al giorno per ogni grado in più o in meno di temperatura. Poco affidabile!



Galileo e il pendolo

Galileo, osservando forse una lampada oscillare nel Duomo di Pisa, si interessò al fenomeno e scoprì l'isocronismo del pendolo.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

la durata di ogni oscillazione di un pendolo semplice è indipendente dall'ampiezza dell'oscillazione

Ecco un'ottima misura del tempo



Quando Galileo, osservando le oscillazioni del pendolo, fece la grande scoperta, per prima cosa andò a dare la notizia al Granduca.

«Eccellenza», gli disse «ho scoperto che il mondo si muove.»

«Ma davvero?» fece il Granduca, meravigliato e anche un po' allarmato. «E come l'avete scoperto?»

«Col pendolo.»

«Accidenti! Colpendolo con che cosa?»

«Come, con che cosa? Col pendolo e basta. Non c'era nient'altro, quand'ho fatto la scoperta.»

«Ho capito. Ma colpendolo con che cosa? Con un oggetto contundente? Con un'arma? Con la mano?»

«Col pendolo, soltanto col pendolo.»

«Benedetto uomo, ho capito. Avete scoperto che il mondo si muove colpendolo. Cioè, che si muove quando lo si colpisce. Bisogna vedere con che cosa lo si colpisce. Non potete averlo colpito con niente. E ci vuole un bell'aggeggio per colpire il mondo in modo da farlo muovere.»

Il grande astronomo e matematico si mise a ridere di cuore.

«Eccellenza,» disse «ma voi credete che "col pendolo" vada legato con "si muove". No. Va legato con "ho scoperto". Col pendolo ho scoperto che il mondo si muove. L'ho scoperto col pendolo.»

«Colpendo il mondo. Ho capito.»

«Ma no. Col pendolo. Col pendolo!»

«Ma colpendo chi, allora? E con che?»

«Ma non colpendolo. Col pendolo!»

«Che modo di ragionare! Non colpendolo ma colpendolo!»

Insomma, dovette scriverglielo su un pezzo di carta.

E dire che avrebbe chiarito tutto se avesse detto "Con il pendolo".

(Achille Campanile, "Vite degli Uomini Illustri", 1975)

- Orologi m
Longitudin
Harrison)

- Orologi al
Non molto p
meridiano

- Orologi at

TEMPO ATC



Costruito all'Università del Colorado: perde un secondo ogni 300 milioni di anni.

ella
n

secondo

Il pendolo di Grindel

Recentemente restaurato (12 dic 2013)

Carlo Grindel: macchinista a Brera 1816-1847

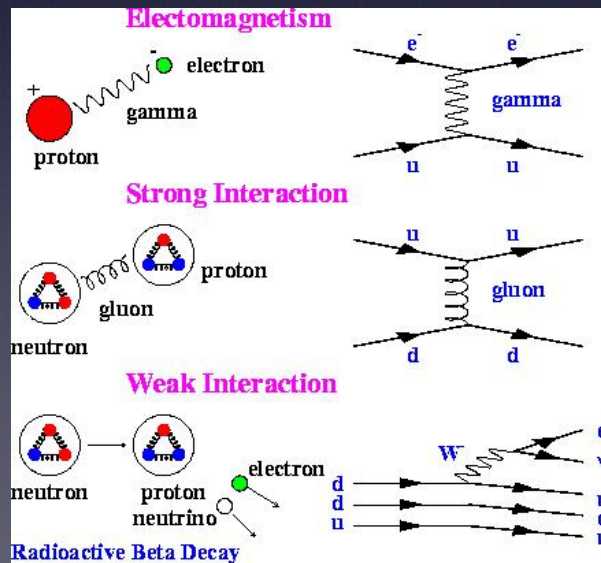


barre di ferro e
ottone per
compensare la
dilatazione termica
dei metalli,
mantenendo la
stessa lunghezza al
variare della
temperatura



Altri tempi...

- Tempo in musica:
largo, allegro non troppo..
- Tempo atmosferico:
finalmente un po' di sole...

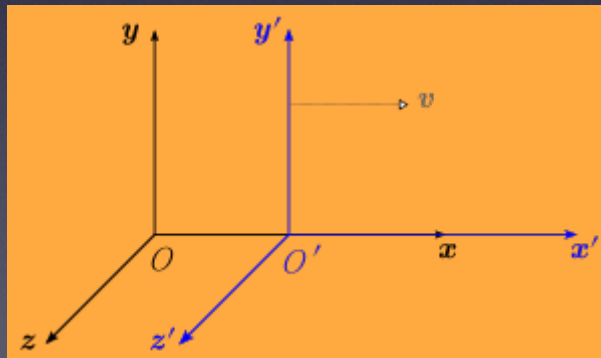


- Tempo fisica particelle: asimmetria
Violazione di invarianza temporale

Il tempo nella fisica classica

Il concetto di tempo assoluto, di tempo come durata assolutamente indipendente da tutto il resto:

“Absolute, true and mathematical time, of itself, and from its own nature flows equably without regard to anything external” (Sir Isaac Newton. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*)

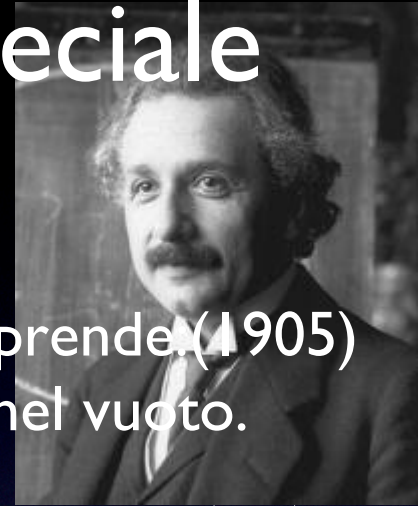


E se cambiamo sistema di riferimento?

$$t' = t$$

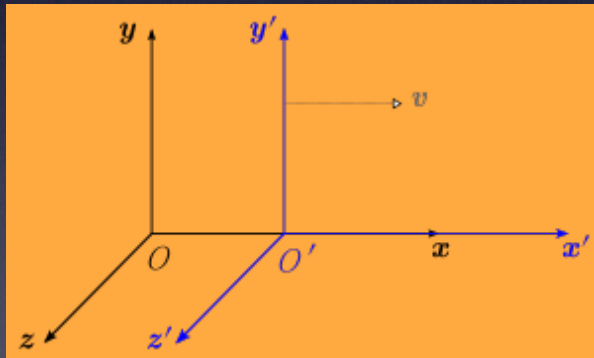
Il tempo è un concetto assoluto in Fisica Classica (come anche la lunghezza)!

Il Tempo in Relatività Speciale



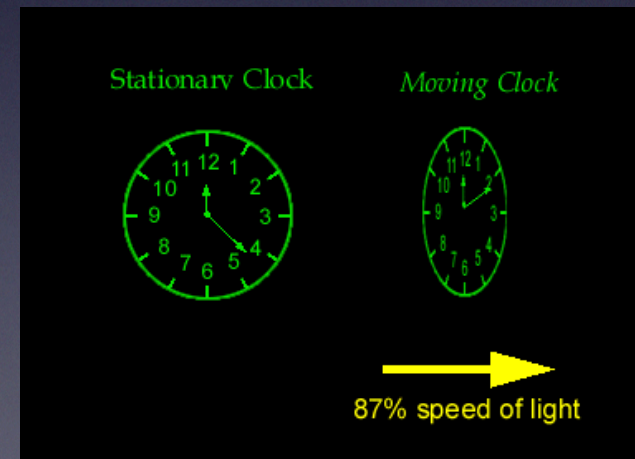
Il tempo diviene relativo quando A. Einstein comprende (1905) non è assoluto il tempo ma la velocità della luce nel vuoto.

Lo spazio-tempo si trasforma in modo da mantenere costante “c” per sistemi di riferimento in moto uniforme



Intervalli di spazio e tempo non sono più assoluti

$$\begin{aligned}t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\y' &= y \\z' &= z\end{aligned}$$



Il Tempo in Relatività Generale

- La relatività generale è una teoria della Gravitazione che rispetta il principio di equivalenza (Einstein 1905)

Campo E

(in un campo elettrico)

$$F = q E$$

$$F = m a$$

$$q E = m a$$

$$a = \frac{q E}{m}$$

Il moto dipende da come è fatta la particella

Campo G

(in un campo g)

$$F = m g$$

$$F = m a$$

$$m g = m a$$

$$a = g$$

Il moto NON dipende da come è fatta la particella

Immaginiamo una particella m, q che si muova in un campo elettrico o uno gravitazionale

Ma se la gravitazione non dipende da nessuna caratteristica del corpo allora essa è una proprietà dello spazio-tempo.

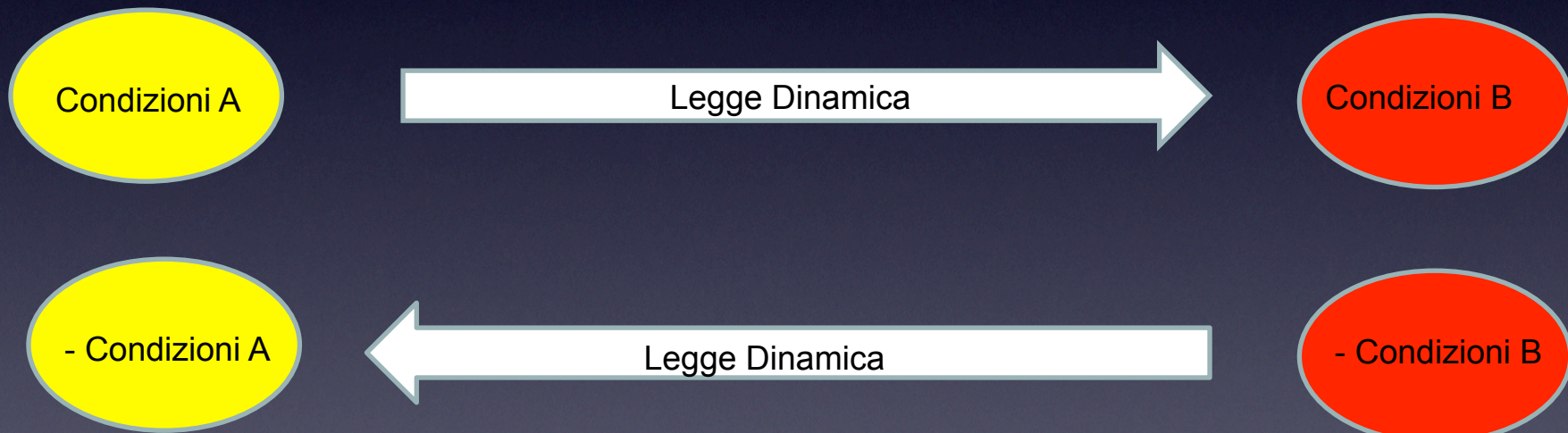
Teoria geometrica della gravità.
Curvatura dello spazio-tempo

La Freccia del Tempo



La freccia del tempo: asimmetria tra passato e presente
(A. Eddington 1928)

Cos'è SIMMETRIA? Scambio tra passato e futuro:



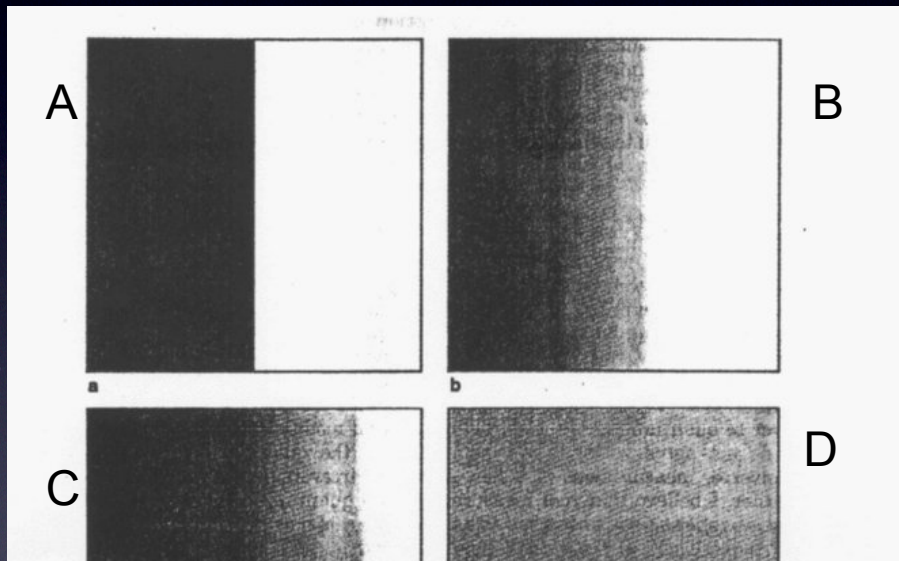
Una legge dinamica è “neutra” (simmetrica) rispetto al TEMPO

Come costruire la freccia T?

Secondo principio termodinamica: ENTROPIA può solo aumentare – disordine

Inchiostro in acqua:
quale sequenza temporale?

Dal punto di vista microscopico
la sequenza inversa è possibile



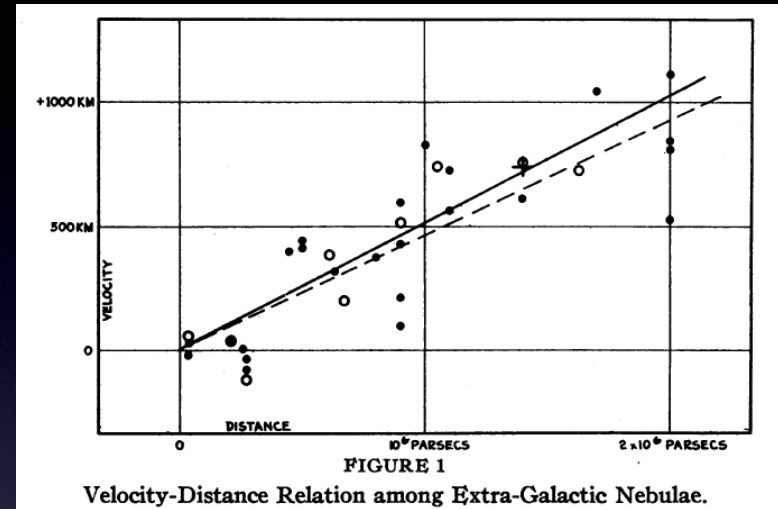
Non esiste conflitto tra le leggi MICROSCOPICHE T-reversibili e la legge MACROSCOPICA T-irreversibile.

Il punto chiave è che lo stato D corrisponde a un numero molto maggiore di stati MICROSCOPICI rispetto ad A

E il tempo dell'Universo?

Hubble elabora una **relazione tra distanza e velocità** (confermando i risultati teorici del belga Lemaître).

Gli effetti della velocità (redshift) vengono usati come misura della **distanza**.



A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY AMONG EXTRA-GALACTIC NEBULAE

BY EDWIN HUBBLE

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

Communicated January 17, 1929

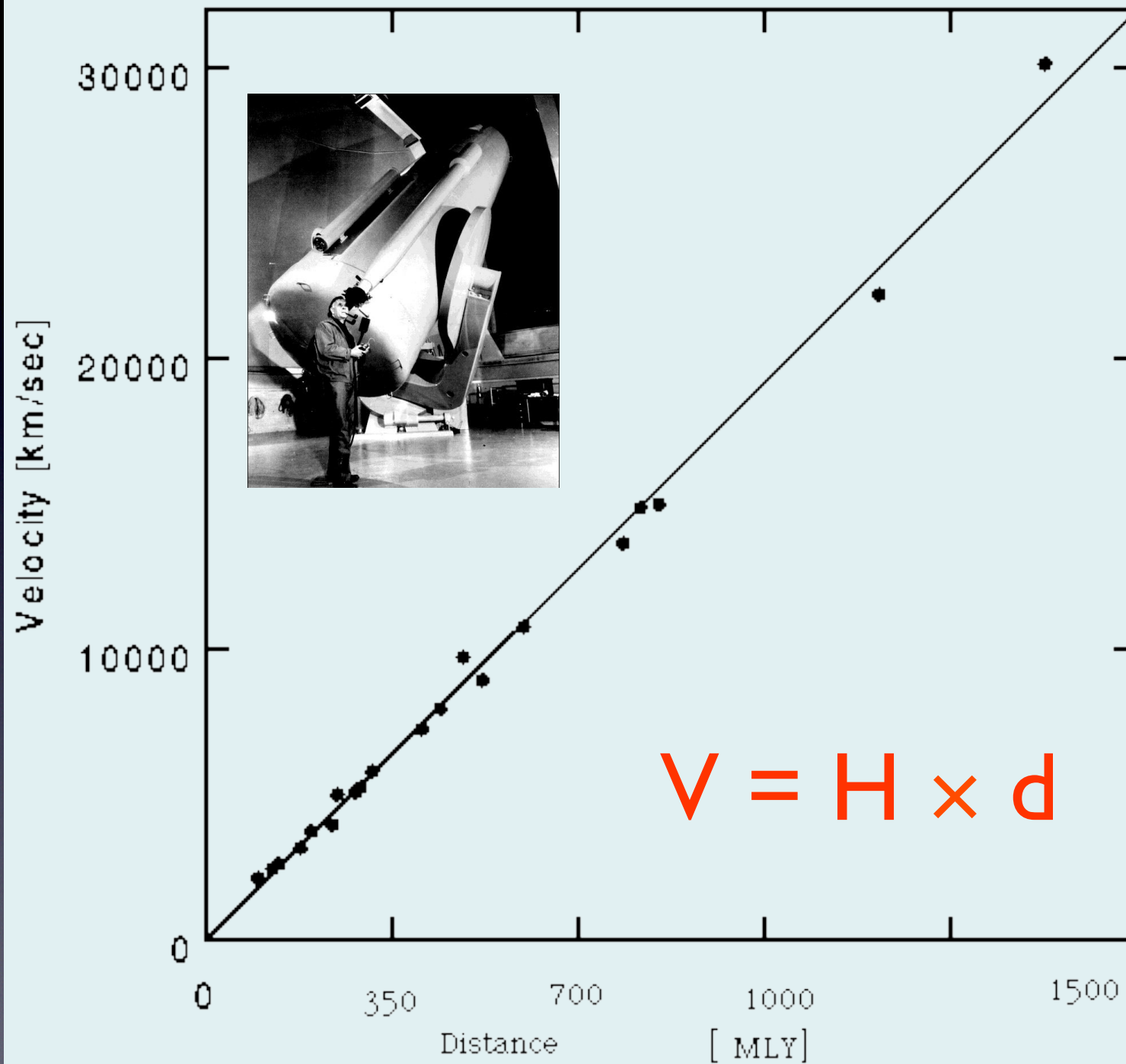
Determinations of the motion of the sun with respect to the extra-galactic nebulae have involved a K term of several hundred kilometers which appears to be variable. Explanations of this paradox have been sought in a correlation between apparent radial velocities and distances, but so far the results have not been convincing. The present paper is a re-examination of the question, based on only those nebular distances which are believed to be fairly reliable.

Si tratta della base osservativa che condurrà alla formulazione della teoria del **Big Bang**.

332H W1 42-2-30 2000 + 3 Oct 21 1953
Atwood 3:08 E



Stetson Focosi 2010
21 Oct 2010 10:00



Età dell'Universo

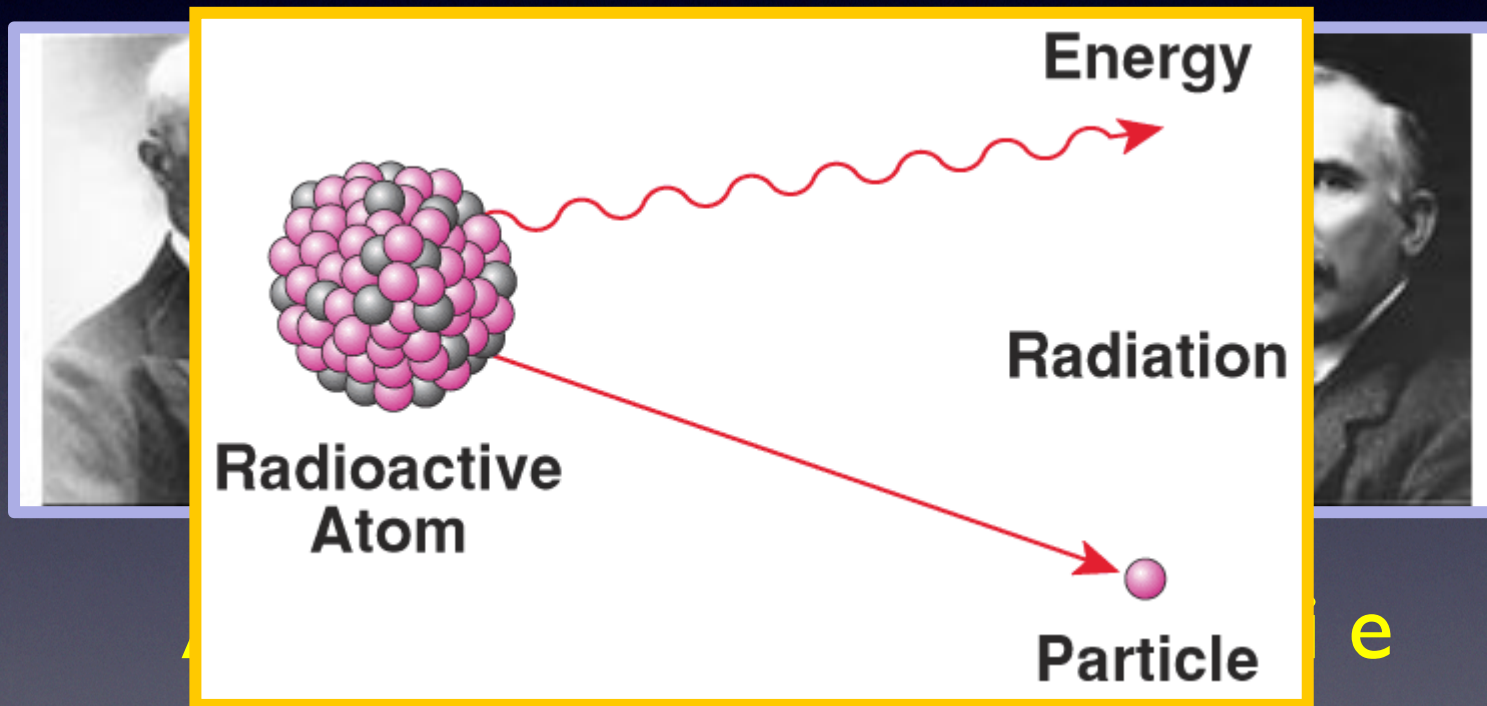
- 5. La Freccia del Tempo

PROBLEMA:

Il valore di H_0 stimato da Hubble implicava come età dell'Universo solo 2 miliardi di anni!

Datazione di meteoriti/rocce: età del sistema solare

Henri Becquerel, Marie Sklodowska Curie e Ernest Rutherford.



decadono ...

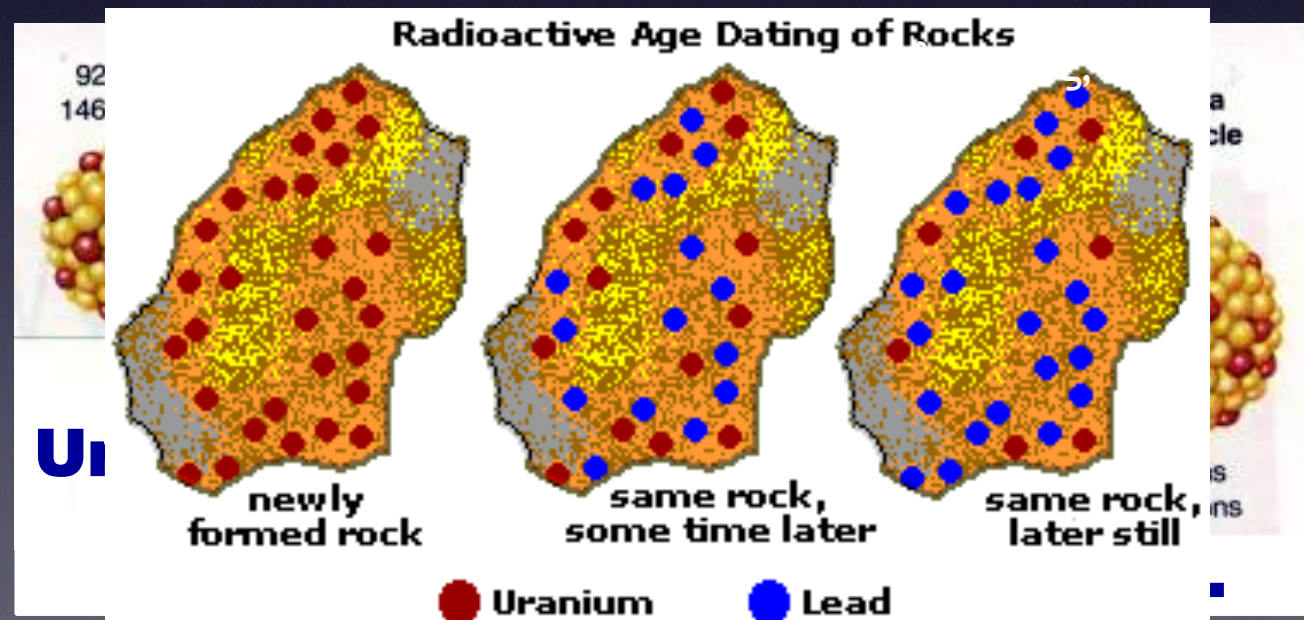
e

Datazione di meteoriti/rocce: età del sistema solare



Arthur Holmes
(1890 – 1965)

1927



Datazione di meteoriti/rocce: età del sistema solare

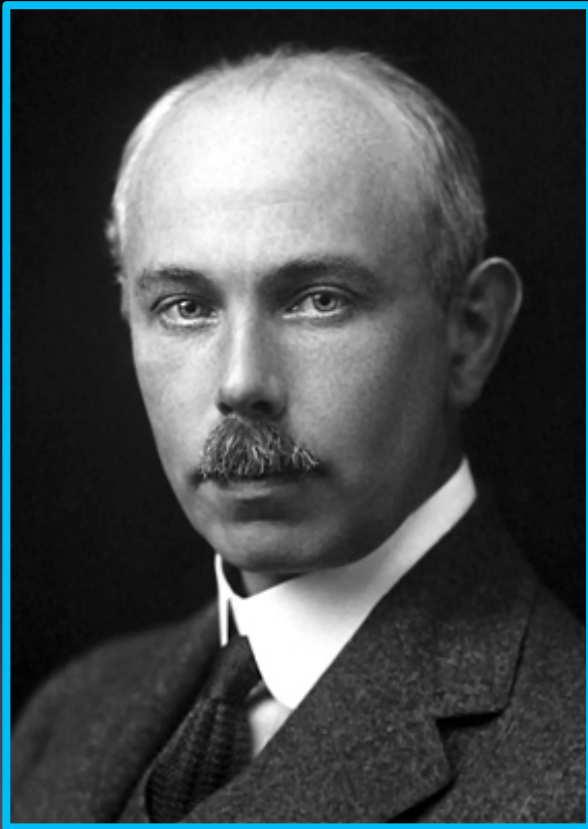
2-3 miliardi di anni!



**Limite inferiore
età dell'Universo**

Maggiore di quella stimata dall'espansione!

In parallelo l'età del sole ...



Francis Aston
(1877- 1945)

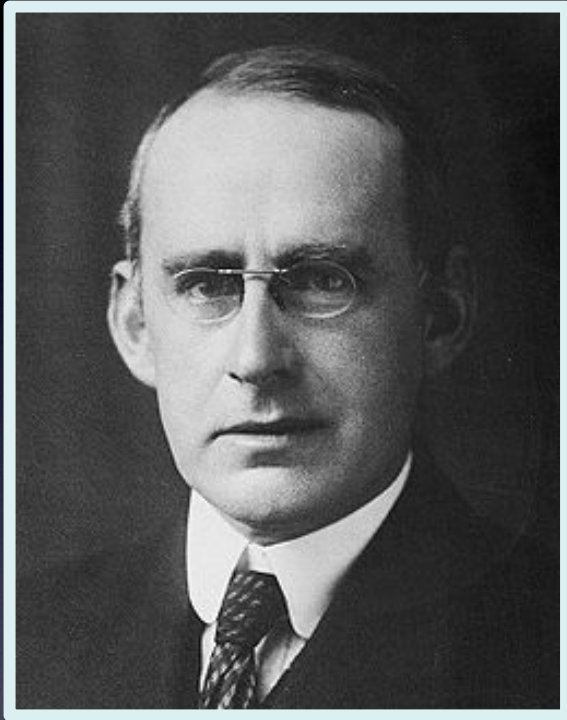
Combustione: 20 milioni di anni!!

Difetto di massa



1920

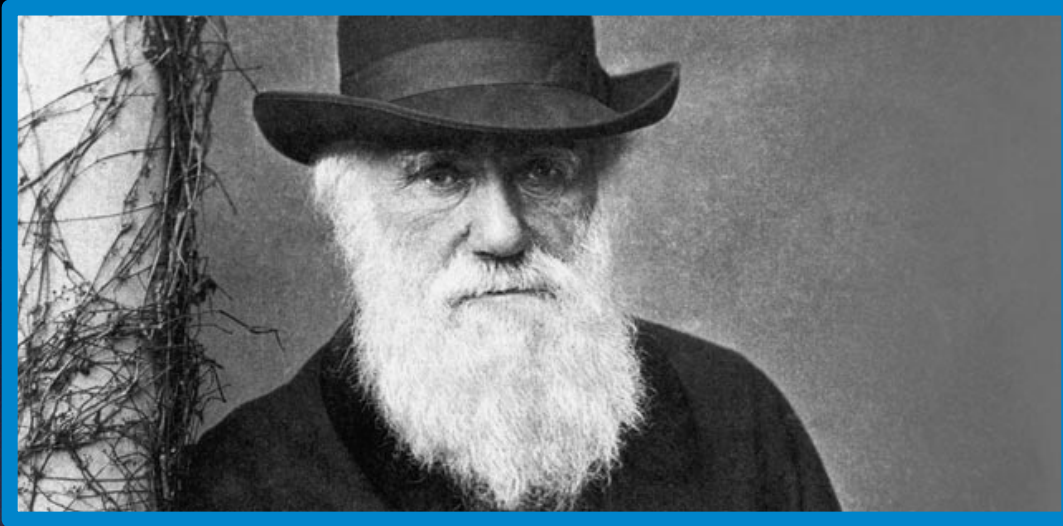
In parallelo l'età del sole ...



Arthur Eddington
(1882- 1944)

Sir Arthur Eddington
intuisce subito che reazioni
nucleari di questo tipo
permettono una lunga vita
per il sole e le stelle ...
fino a centinaia di miliardi
di anni!

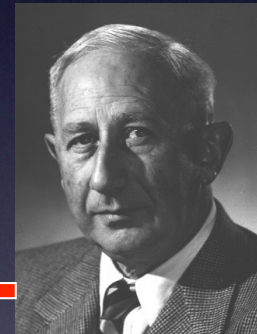
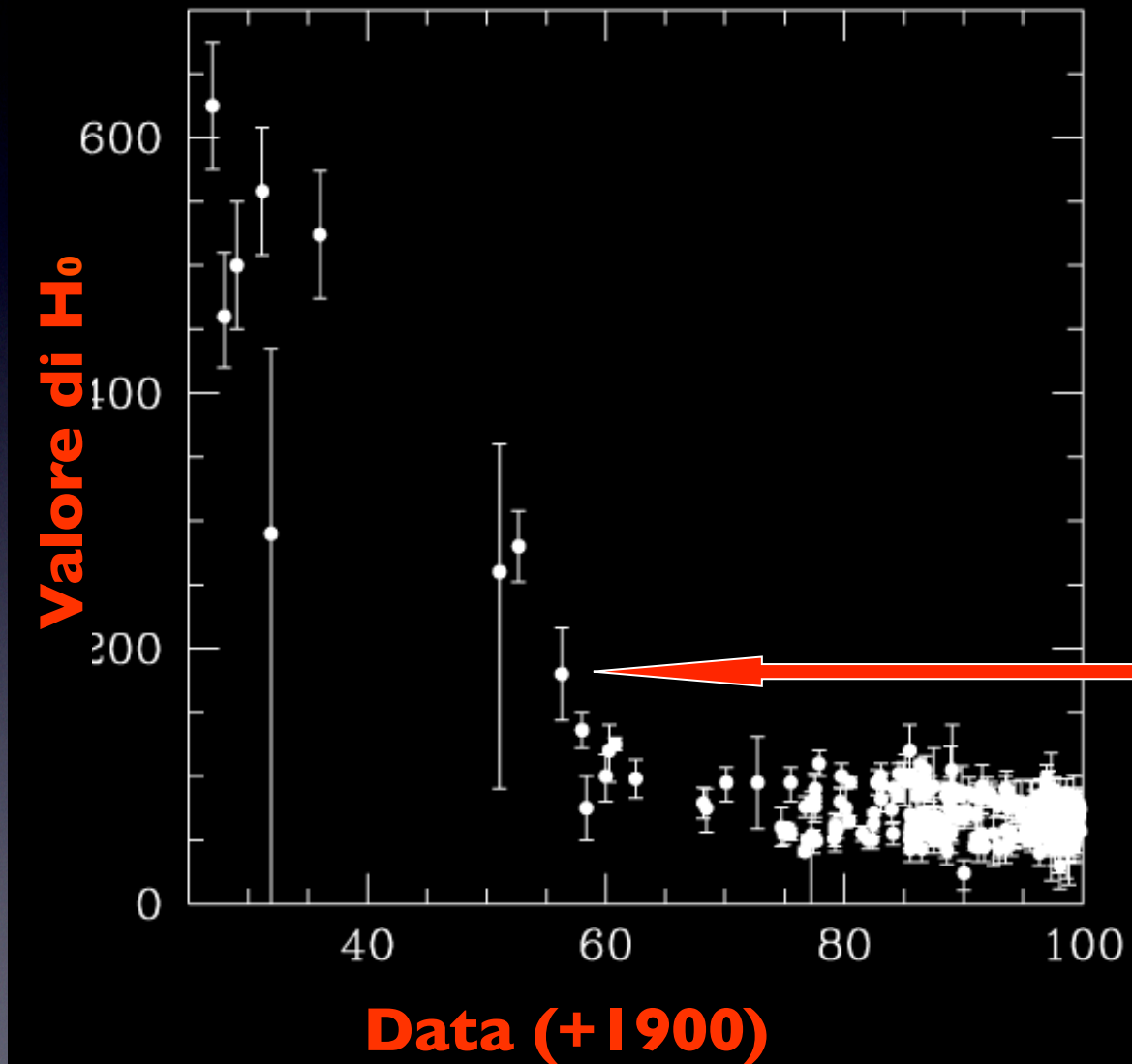
In parallelo l'età del sole ...



Questi risultati forniscono la soluzione a quello che Darwin aveva definito il suo **sorest trouble**

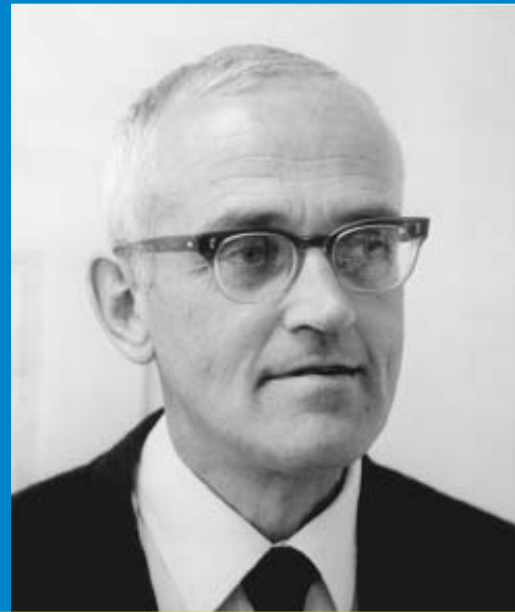
Ma creano problemi agli astronomi!

Cala il valore di H_0



W. Baade
(1893-1960)

Ma non basta ancora!



**C. Patterson
(1922-1995)**

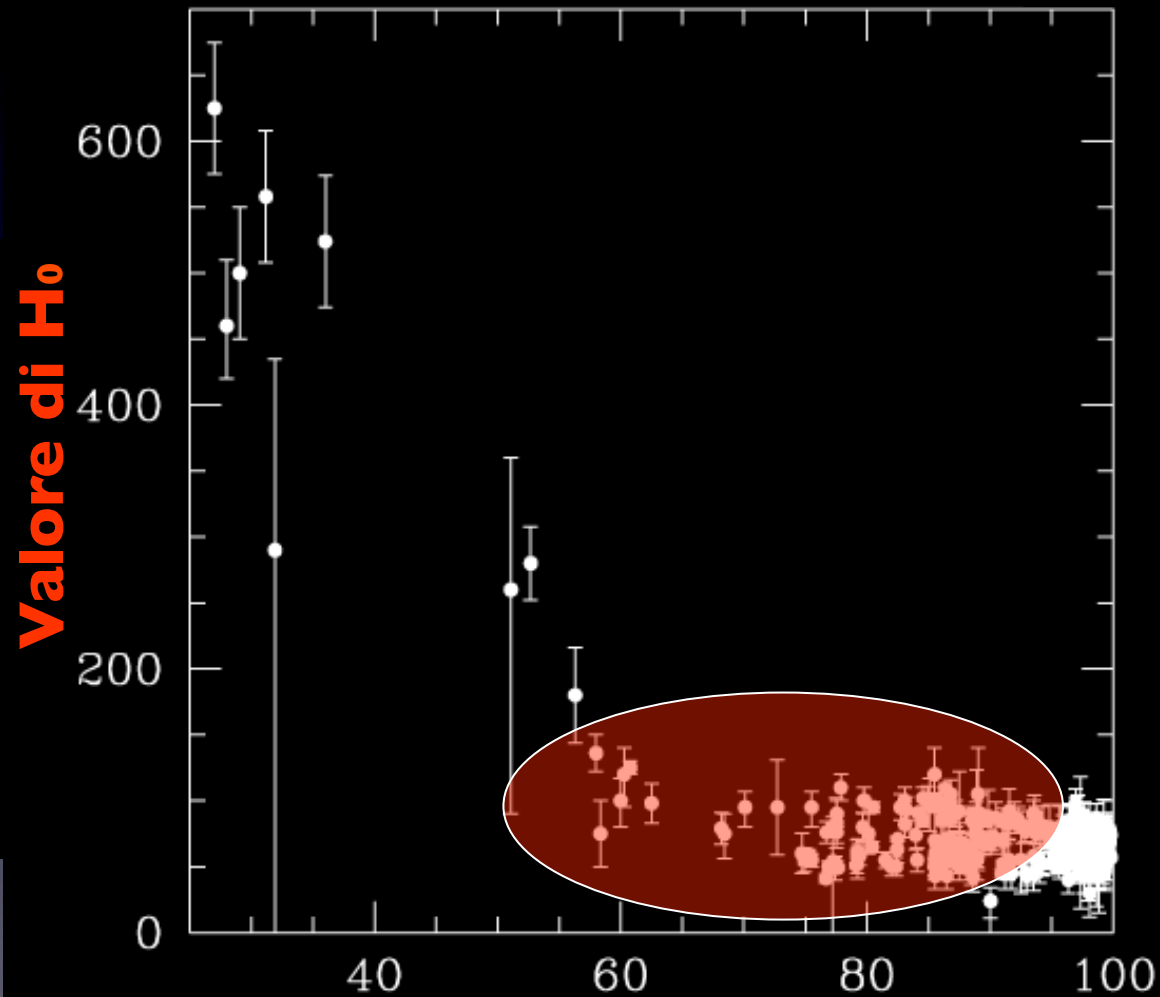
Misura precisa dell'età della
Terra (1956):
4 miliardi e 550 milioni di anni



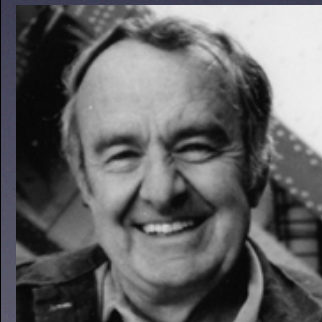
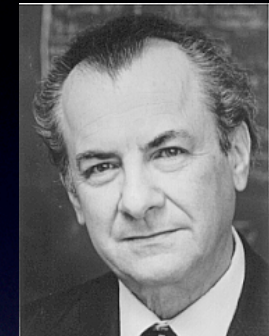
**Diablo
Crater
Arizona**

Misura di H_0 in situazione di stallo fino agli anni '80 ...

VanDenBergh & DeVaucouleurs

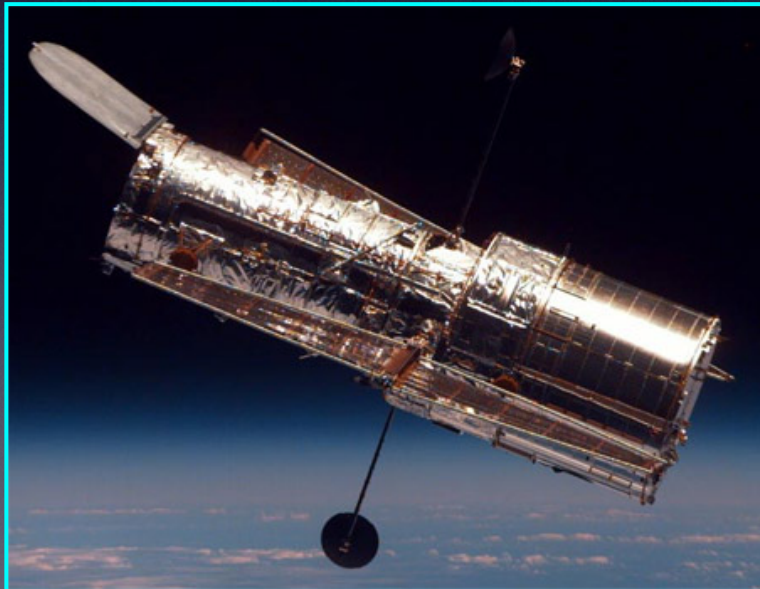


Data (+1900)



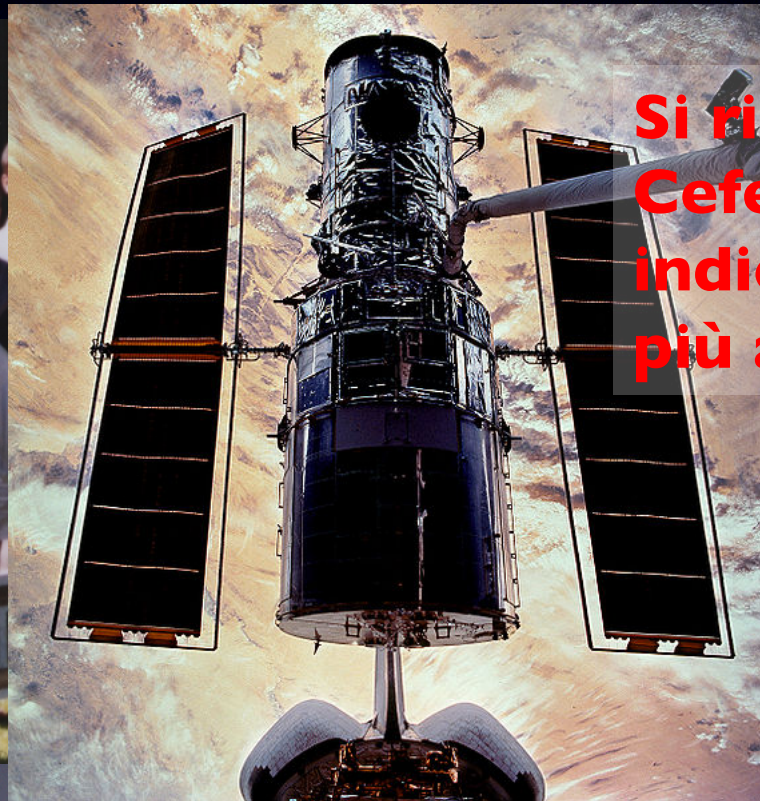
Sandage & Tamman

**L'evidenza osservativa
dell'espansione dell'Universo data
ormai quasi 80 anni, ma è solo da
circa 10 anni che conosciamo
finalmente la misura precisa di H_0 !**



**Telescopio
spaziale
Hubble**

1984 ... la determinazione della costante di Hubble diventa uno dei progetti fondamentali del telescopio spaziale Hubble !



Si ricomincia dalle Cefeidi: ancora gli indicatori di distanza più affidabili!



2001 – quasi a 20 anni dall'inizio si conclude il progetto.

**Valore di H_0 misurato da Hubble:
~180 km/sec per milione di anni luce**

**Valore di H_0 misurato dal telescopio
spaziale Hubble: ~22 km/sec per
milione di anni luce**



Nuove misure della costante di Hubble (2014)

Il valore oggi misurato per la costante di Hubble implica un'età dell'universo che è intorno ai 13.8 miliardi di anni, in ottimo accordo con stime indipendenti ottenute per l'età della nostra galassia.

'We are finally entering an era of precision cosmology' W. Freedman



Time waits for no one

Yes, star crossed in pleasure, the stream flows on by
Yes, as we're sated in leisure, we watch it fly
And time waits for no one, and it won't wait for me
And time waits for no one, and it won't wait for me
Time can tear down a building or destroy a woman's face
Hours are like diamonds, don't let them waste
Time waits for no one, no favours has he
Time waits for no one, and he won't wait for me
Men, they build towers to their passing yes, to their fame everlasting
Here he comes chopping and reaping, hear him laugh at their cheating
And time waits for no man, and it won't wait for me
Yes, time waits for no one, and it won't wait for me
rink in your summer, gather your corn
The dreams of the night time will have vanished by dawn
And time waits for no one, and it won't wait for me
And time waits for no one, and it won't wait for me
No no no, not for me....

(M. Jagger/K. Richards, 1974)

