

# **Insegnare le STEAM in chiave interdisciplinare**

**Che cos'è più bello del cielo?  
(Nicola Copernico)**

**Grzegorz Karwasz**

**[karwasz@fizyka.umk.pl](mailto:karwasz@fizyka.umk.pl)**

# Che cos'è più bello del cielo?

„Nebulosa” di Barnard (costellazione di Orione)



# Che cosa ha fatto Copernico?



*Terrae motor, solis caelique stator*



# Il sistema Copernicano: pianeti girano attorno il Sole

Mercurio: - 1 orbita in 90 giorni

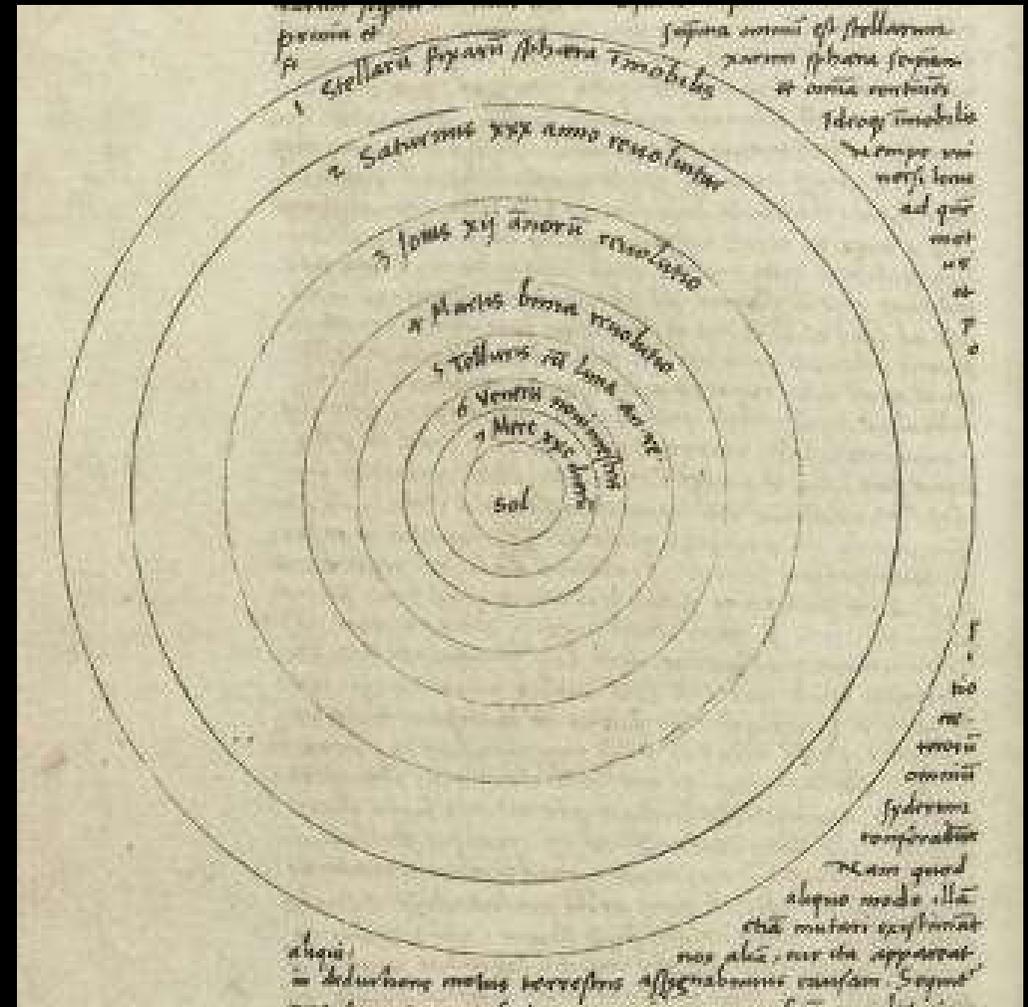
Venere: - 1 orbita in 9 mesi

Terra: 1 orbita in 1 anno

Marte: - 1 orbita in 2 anni

Giove: 1 orbita in 11 anni

Saturno: 1 orbita in 30 anni



# Tele-scopio a Torun



**Torun, III 2011**

**Liceo Rosmini di Trento  
Le stelle si vedono anche a pieno giorno**

# Cerca la Luna, Venere, Giove



Bamberg  
25.03.2012

Foto: M. Karwasz

# Cerca la Luna, Venere, Giove



Bamberg  
25.03.2012

Foto: M. Karwasz

# Il giorno dopo controlla, dove sono adesso



Lo stesso giorno che cosa si vede da un  
altro punto su globo terrestre?



Toruń  
26.03.2012

Foto: K. Służewski

# Sprawdź w innym miejscu na świecie, gdzie są tego samego dnia

Lo stesso giorno un'ora più tardi  
Ingrandimento maggiore



Nota che la Luna non illuminata non è del tutto buia:  
viene illuminata dalla Terra che in questa fase, vista  
dalla Luna è in «Pleni-terro»

Toruń  
26.03.2012

Foto: K. Służewski

# Tolemeo (151-212): Il Sole e le stelle girano

Cattedrale SS. Maria Vergine Assunta a Torun  
Anche piccolo Nicolao frequentava questa chiesa.  
Anche lui si annoiava durante l'omelia?

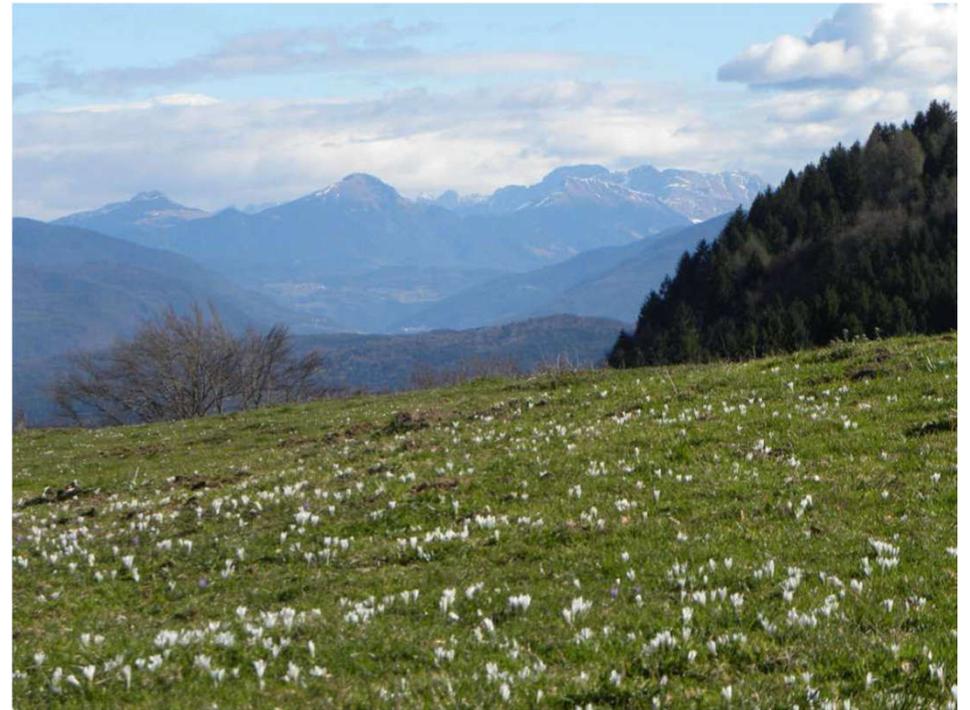


# Tolemeo (151-212): Il Sole e le stelle girano



Cattedrale SS. Maria Vergine Assunta a Torun

# Astrofili (trentini): osservatorio di Monte Bondone



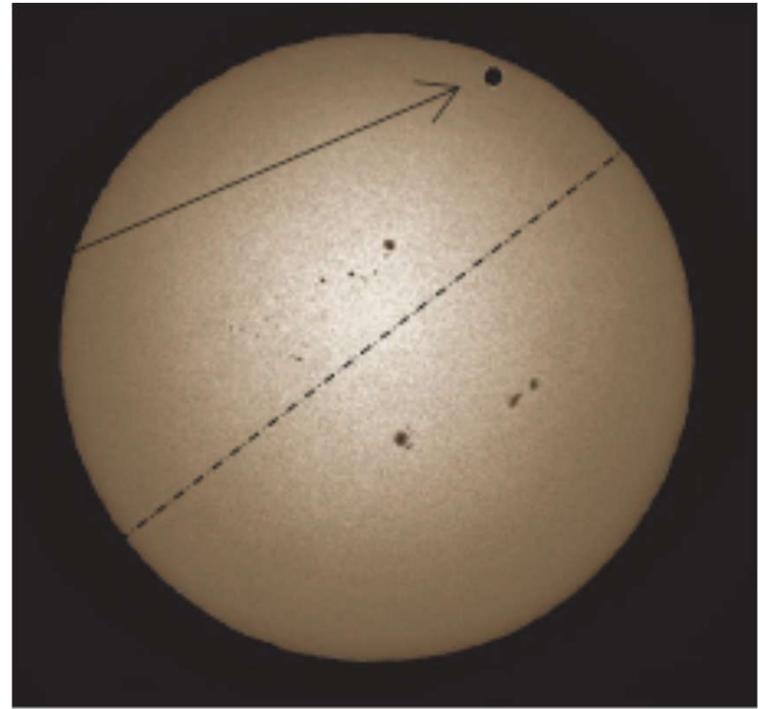
Osservatorio astronomico didattico di Monte Bondone, Trento

# Astrofili (trentini) quasi professionali (Museo delle Scienze)



W 1997 roku świeciła na niebie kometa Hale'a-Boppa (nazwana tak od

Osservatorio astronomico di Rovereto (TN),  
1400 m s.l.m. (un telescopio tipo Newton):  
cometa Hale-Bopp, 1997, vista anche ad  
occhio nudo



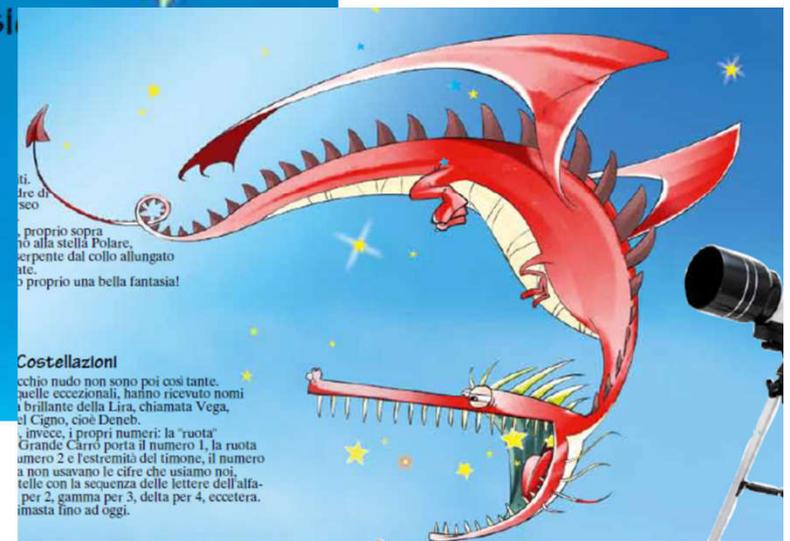
Il transito di Venere d'avanti il Sole  
C. Lavarian, 06-06-2012. Foto da  
Monte Bondone (Trento).  
I prossimi transiti nel 2117 e 2125.

# Costellazioni, prima essenziali, poi facoltative



torre andare in nessun posto  
e si Vedono anche nel cielo  
re, tuttavVia, un Vero cielo  
dalla città: in montagna,  
to.

Cassio



- Il Grande Carro (Orsa Maggiore) e la Cassiopea sono facili da identificare.
- Partendo dalle due ruote posteriori del Carro si risale alla Stella Polare.
- Partendo dalla Cassiopea si trova l'Andromeda, e lì la sua galassia.
- Il Cigno è sopra la testa la sera d'estate.
- D'inverno, a Sud, risplende l'Orione: sembra un aquilone.

# Che cosa fa l'astronomo?

- Zoologia
- Geologia
- Biologia etc.

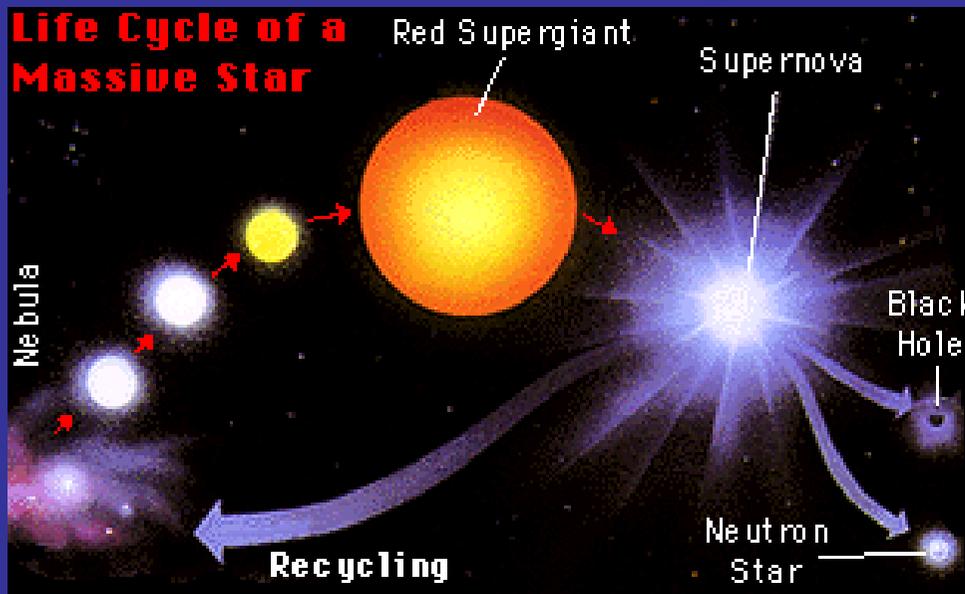
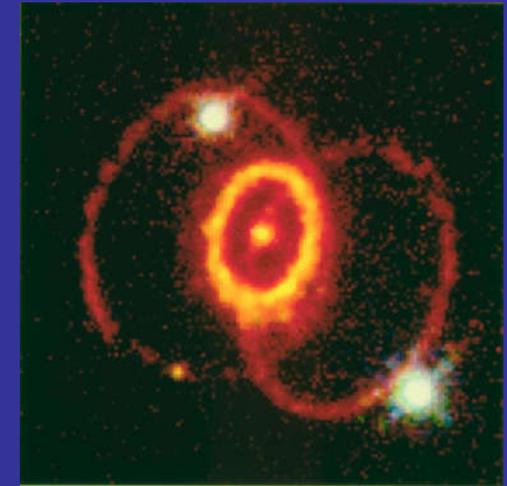
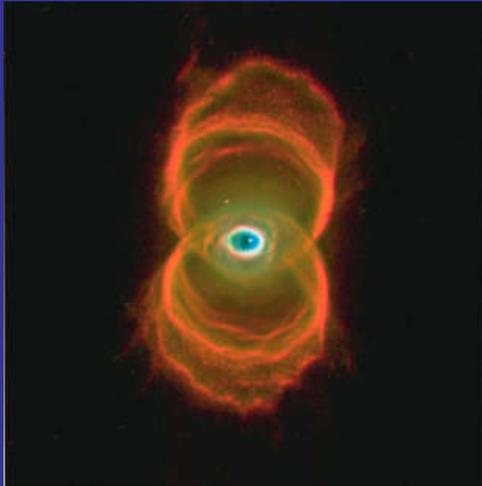
Sono le materie che *studiano* le determinate cose: geo, bio, zoo.

La materia che studia gli astri dovrebbe chiamarsi *astrologia*.

In fatti, anche Copernico scriveva (solo sulla richiesta) gli oroscopi.

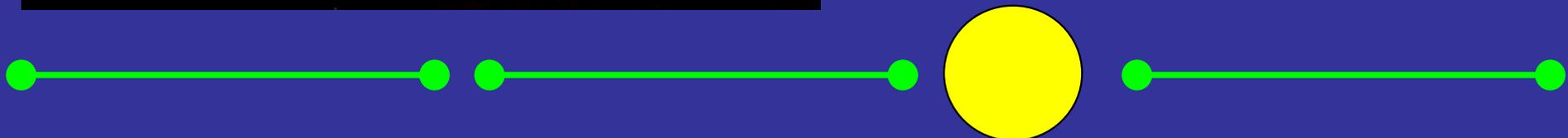


# Sole = stella „riciclata”

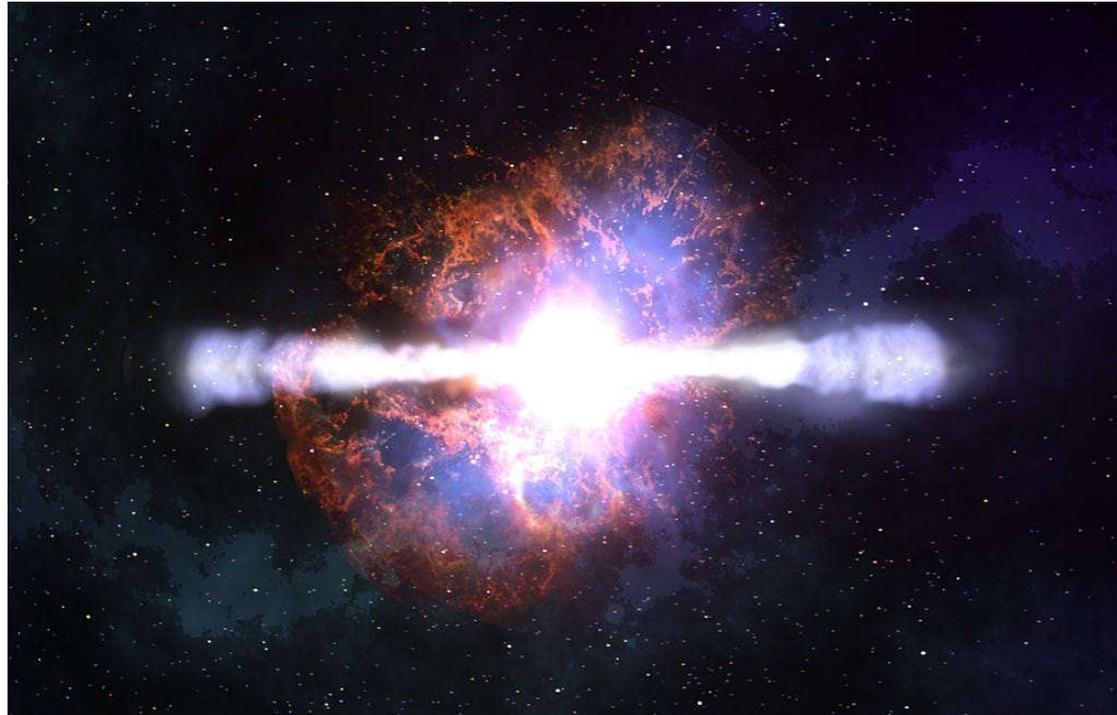


Universo: 13,78 mld anni

Sistema solare: 4,567 mld



# Queste esplosioni diventano fornaci per gli elementi chimici pesanti



La stelle si spegne e collassa su sé stessa. Elementi chimici, sotto un'enorme pressione, si fondono, in elementi più pesanti, come rame, selenio, piombo, e anche uranio

<https://youtu.be/iMtT-4fTkjQ>

<https://www.universetoday.com/153993/astronomers-watch-a-star-die-and-then-explode-as-a-supernova/>

# Come lo sappiamo?

- Dalla tavola periodica degli elementi chimici:  
Elementi più pesanti del ferro non possono essere creati nelle stelle 'normali'

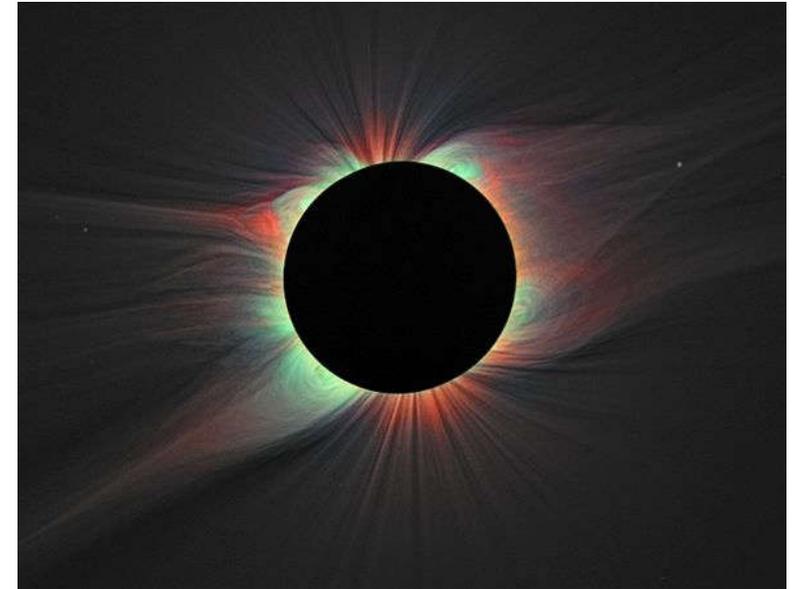
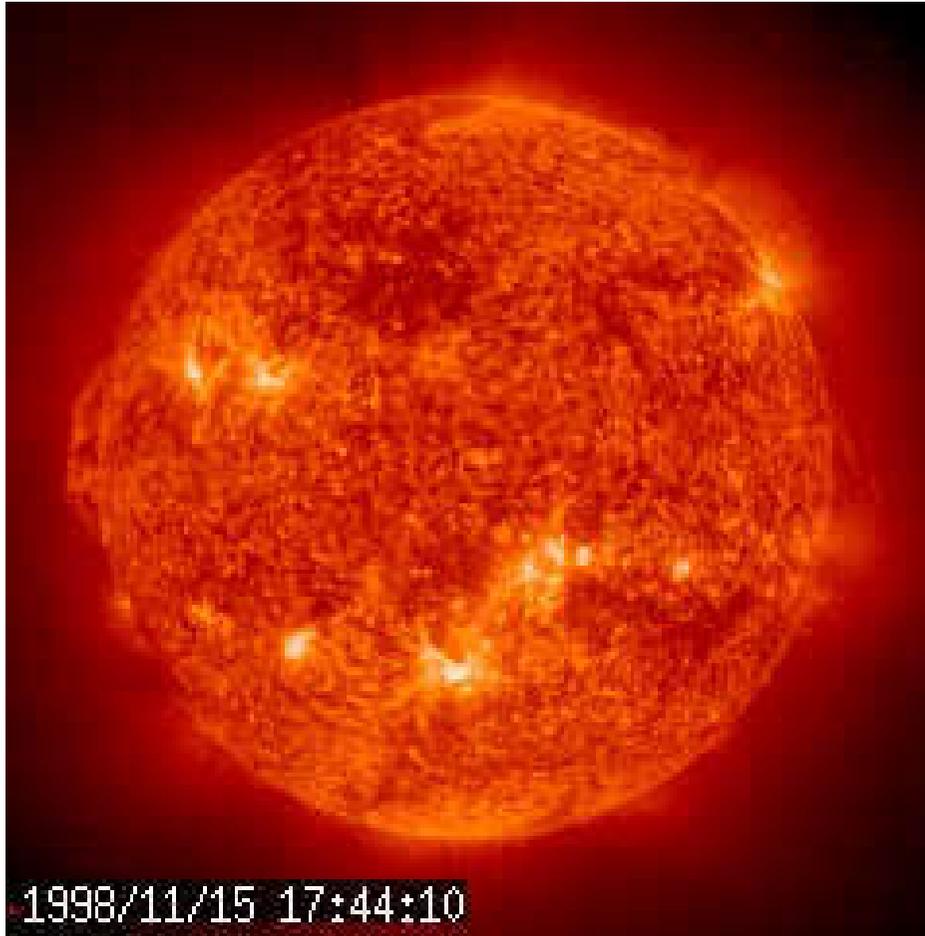
**Periodic Table of the Elements**

The image shows a standard periodic table of elements. A legend box in the upper center defines the following fields: Atomic Number, Symbol, Name, and Atomic Mass. A note specifies that normal melting points are in °C, TP is the triple point, pressure is listed if not 1 atm, and isotopes are listed if more than one. The table is color-coded by groups: Alkali Metals (red), Alkaline Earths (orange), Transition Metals (yellow), Basic Metals (green), Semimetals (light blue), Nonmetals (blue), Halogens (purple), Noble Gases (dark purple), Lanthanides (light green), and Actinides (dark green). The Lanthanide and Actinide series are shown as separate rows below the main table.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	3A	4A	5A	6A	7A	8A	
H	Li	Be	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Na	Mg	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Rn	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

© 2014 Todd Helmenstein  
www.ck12.org

# SOHO – studi del Sole nelle diverse regioni spettrali

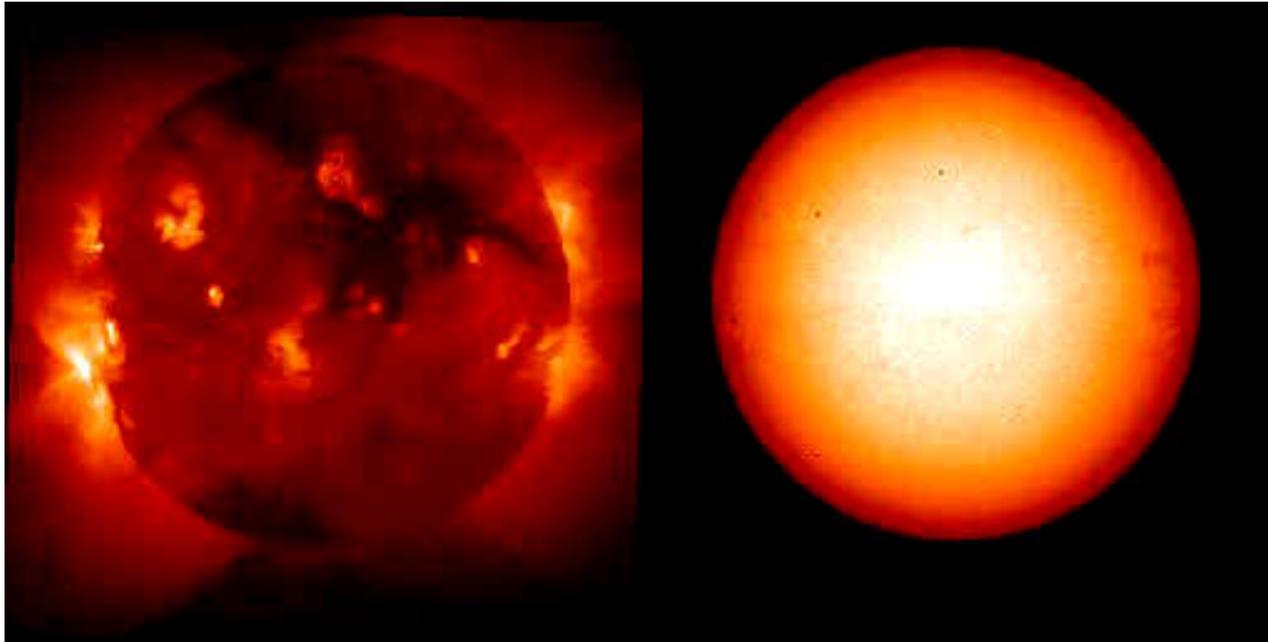


“Corona” solare, cioè la sorgente del “vento” solare

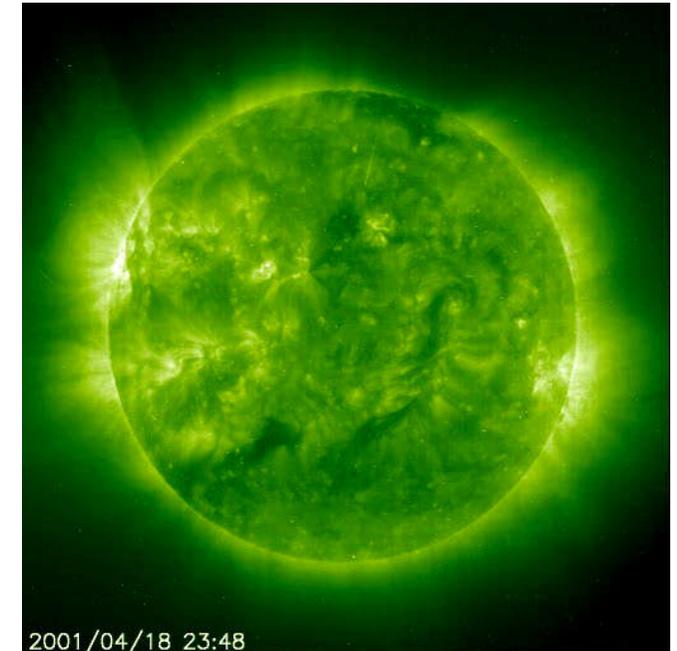
NG13\_iron-sun\_11783\_600x450

$R = 1,5 \text{ mln km}$  (100x raggio della Terra). Terra dista  $150 \text{ mln km}$   
 $15 \text{ mln } ^\circ\text{C}$  all'intero, «fotosfera» a  $5500 \text{ } ^\circ\text{C}$

# „Macchie” solari [Galileo] – cioè ultra caldi pozzi del campo magnetico



‘Macchie’ sono fatte di plasma molto caldo, e per quello sembrano nere nello spettro visibile  
Grazie alle osservazioni sistematiche di Galileo sappiamo che le macchie solari influenzano il clima



Le „protuberanze”, cioè esplosioni di plasma  
Visione nei raggi X

# Il pianeta blu



 Earth From Space – Apollo 17  
NASA Langley Research Center

12/7/1972

Image # EL-1996-00155

Vista dal cosmo, solo la Terra è blu:  
la sua atmosfera contiene ossigeno!

# Il giorno più terribile nella storia della Terra (0+100 mln anni)



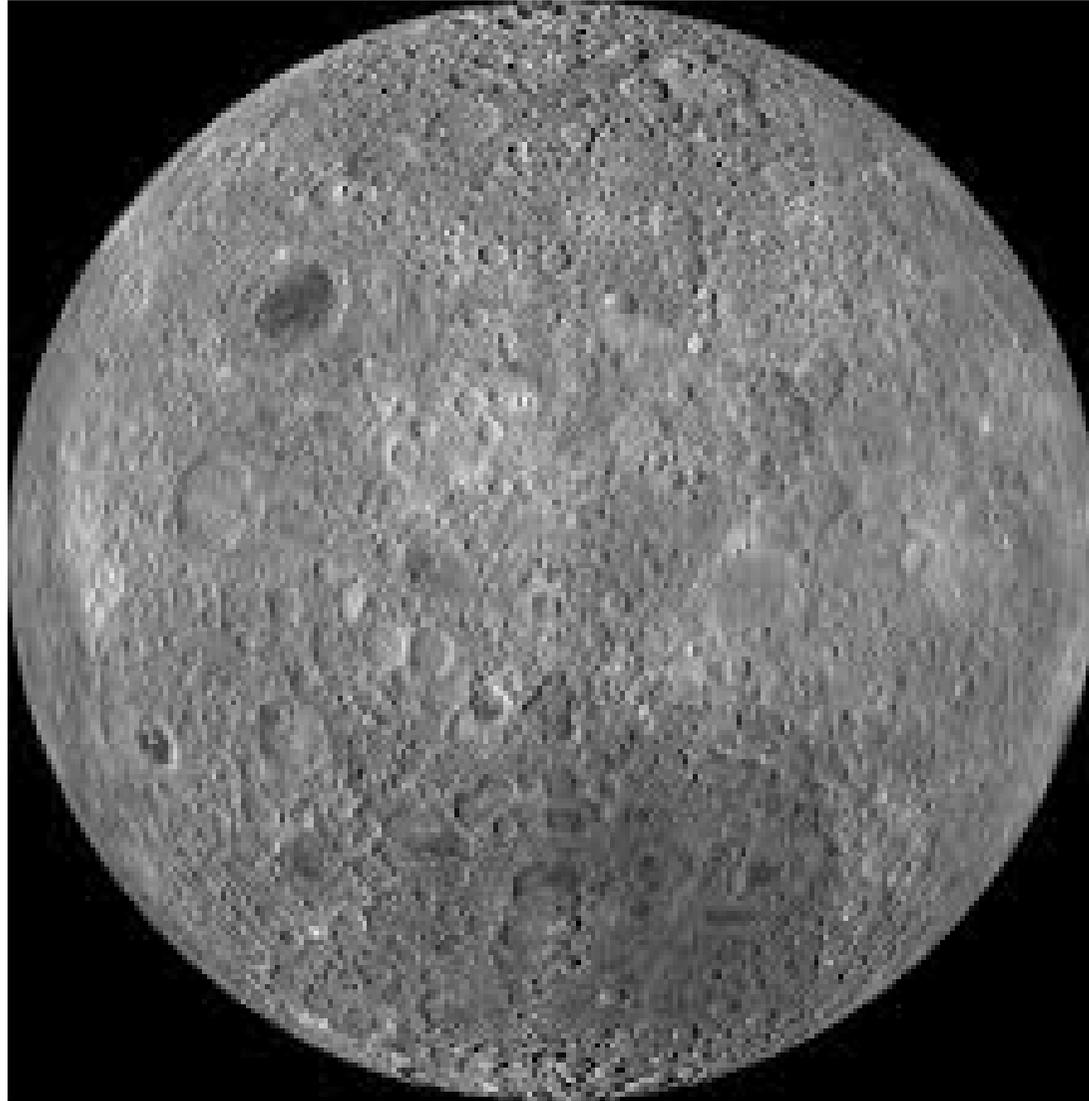
Circa 100 mln d'anni dopo la formazione della Terra, un oggetto delle dimensioni del Marte urtò la Terra, ancora semi-liquida. Una gigantesca goccia della lava si staccò e si solidificò in 24 ore. Fu il giorno più terribile nella storia della Terra. L'asse terrestre tuttora rimane un po' storta.

# Luna: cratere Copernico



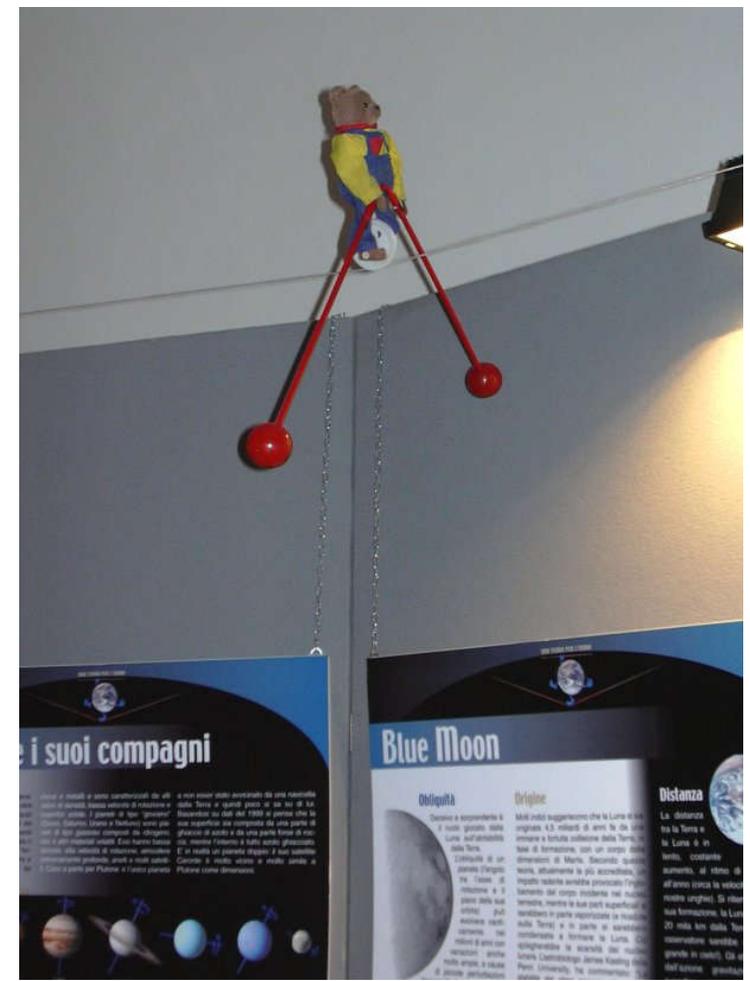
La Terra dista dalla Luna solo 380 mila km (364-404 mila km),  
cioè appena 10 lunghezze della sua circonferenza.  
Si può dire, che Terra-Luna sono un sistema doppio (binario)

# „Dark side of the Moon”



L'altro faccia della Luna, quella „esterna”,  
riceve un pesante bombardamento di meteoriti

# Satellite, cioè un compagno della camminata



Le simulazioni via computer mostrano che senza la Luna l'asse terrestre entrerebbe nelle oscillazioni caotiche in giro do 10 mln anni

# Terra – sulla Luna è il nostro lampione

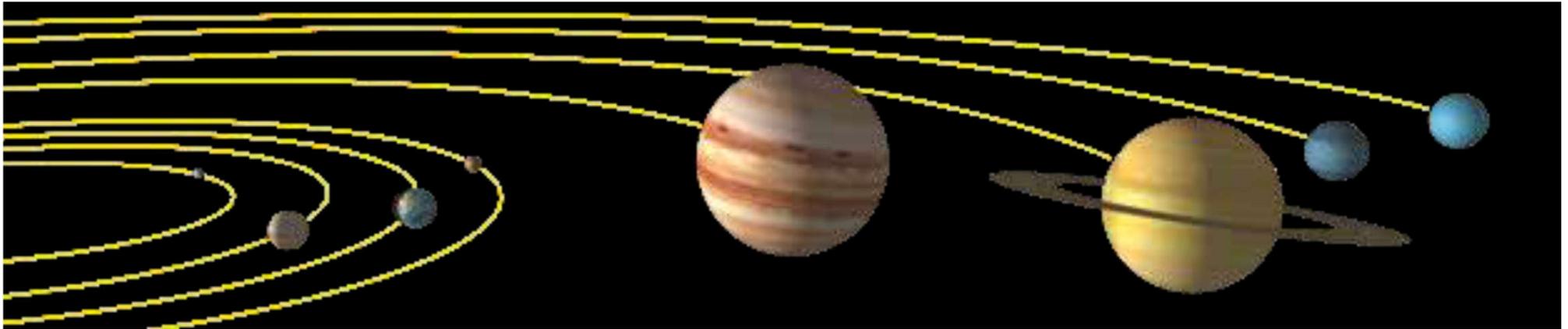


Rimane 'appesa' sempre nello stesso punto sul cielo, ma illumina meno quando diventa 'Terra nuova'.

# La Luna e la Terra viste dal Marte



# Il sistema Solare, vecchio 4.567 mld di anni



Quattro pianeti 'interni' (0,38-2 AU), tellurici (cioè fatti dalla materia pesante,  $5\text{g/cm}^3$ )

Quattro pianeti esterni (5 – 30 AU), giganti, e gassosi

# Mercurio, corre per i dei



Raggio  $0,4 R_{\odot}$

Distanza dal Sole  $0,31-0,47$  AU

Gira in 88 giorni (nostri)

Densità  $5,4 \text{ g/cm}^3$  (come Terra):  
forse fatto di metalli preziosi?

Mercurio

1 giorno a Mercurio dura 2 anni (suoi):  
il sole sorge, poi rientra, poi sorge  
per bene...



# Il primo pianeta: Mercurio



[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/525](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/525)

Foto: GK, Sopot

# Venere, sorella della Terra

## Venere



Raggio come la Terra ( $0,95 R_{\odot}$ )

Distanza dal Sole  $0,72$  AU

Ruota attorno il Sole in 9 mesi (nostri)  
1 giorno a Venere dura  $\frac{1}{2}$  anno (suo)  
Venere, come l'unico pianeta, gira nella  
direzione contraria.

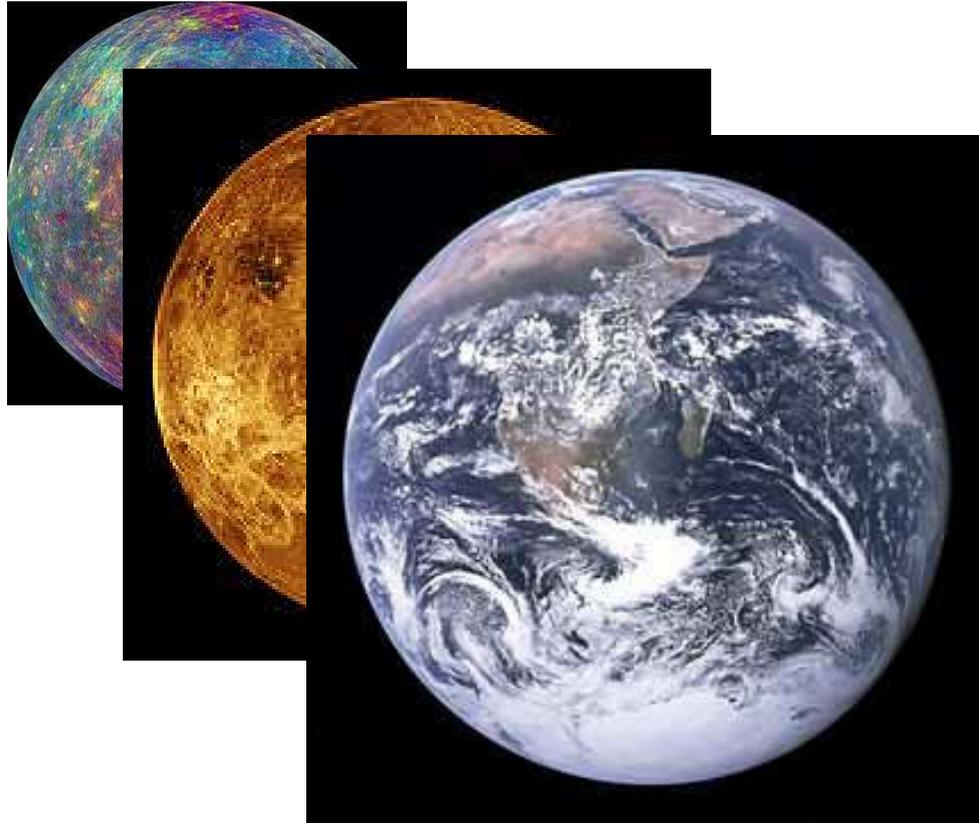


Densità  $5,2 \text{ g/cm}^3$  (come Terra)

Il pianeta più caldo:  $> 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
Atmosfera piena di acido solforico

# Terra, l'unico pianeta blu

Terra



Distanza dal Sole 1 AU (per definizione)

L'asse inclinato  $23,5^\circ$

Campo magnetico

Effetto serra +33K

# Marte: l'incubatore della vita (???)



Telluriche:  
- „terricci”:  
Mercurio,  
Venere,  
Terra  
Marte



Distanza dal Sole 1,38-1,67 AU)

Rivoluzione: 2,1 anno

Durata del giorno: 24h 39'

Asse inclinato: 25,2°

Temperatura: -140°C ÷ +35°C

Monte Olimpo: 12 km altezza

Valle Ma'adim: 700 km lunga, 12 km larga, 2 km profonda  
(creata da fiumi o glaciali ?)

Atmosfera: CO<sub>2</sub> (N<sub>2</sub> 2%), 0,006 atm. Effetto serra: +3K

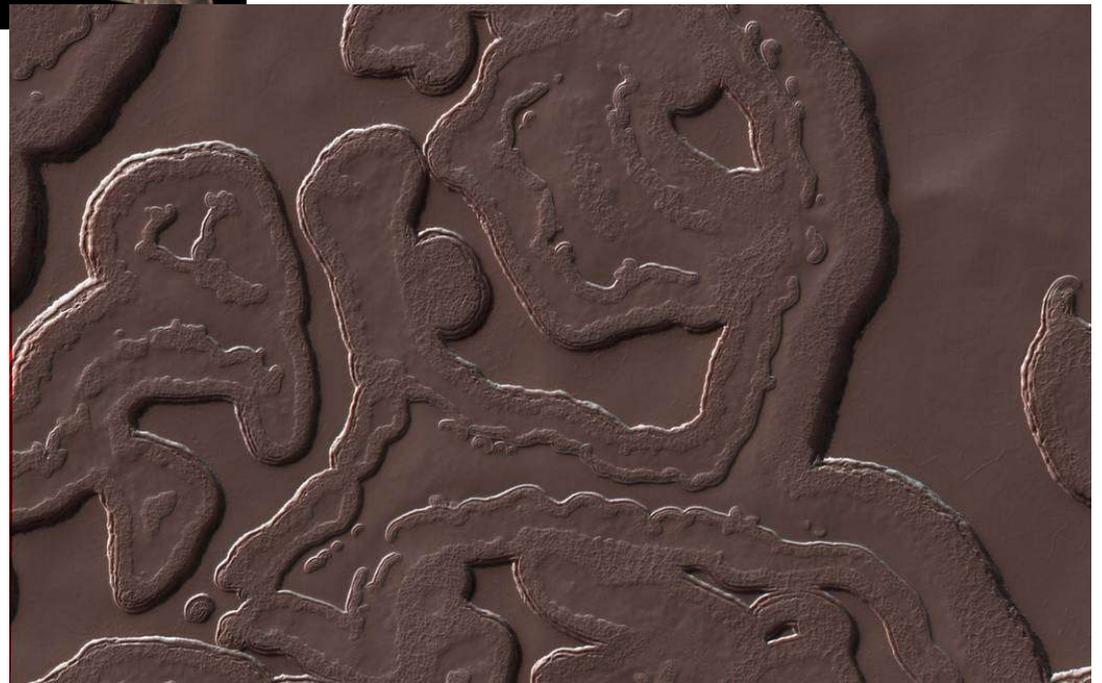
# Sembrano deserti della Terra



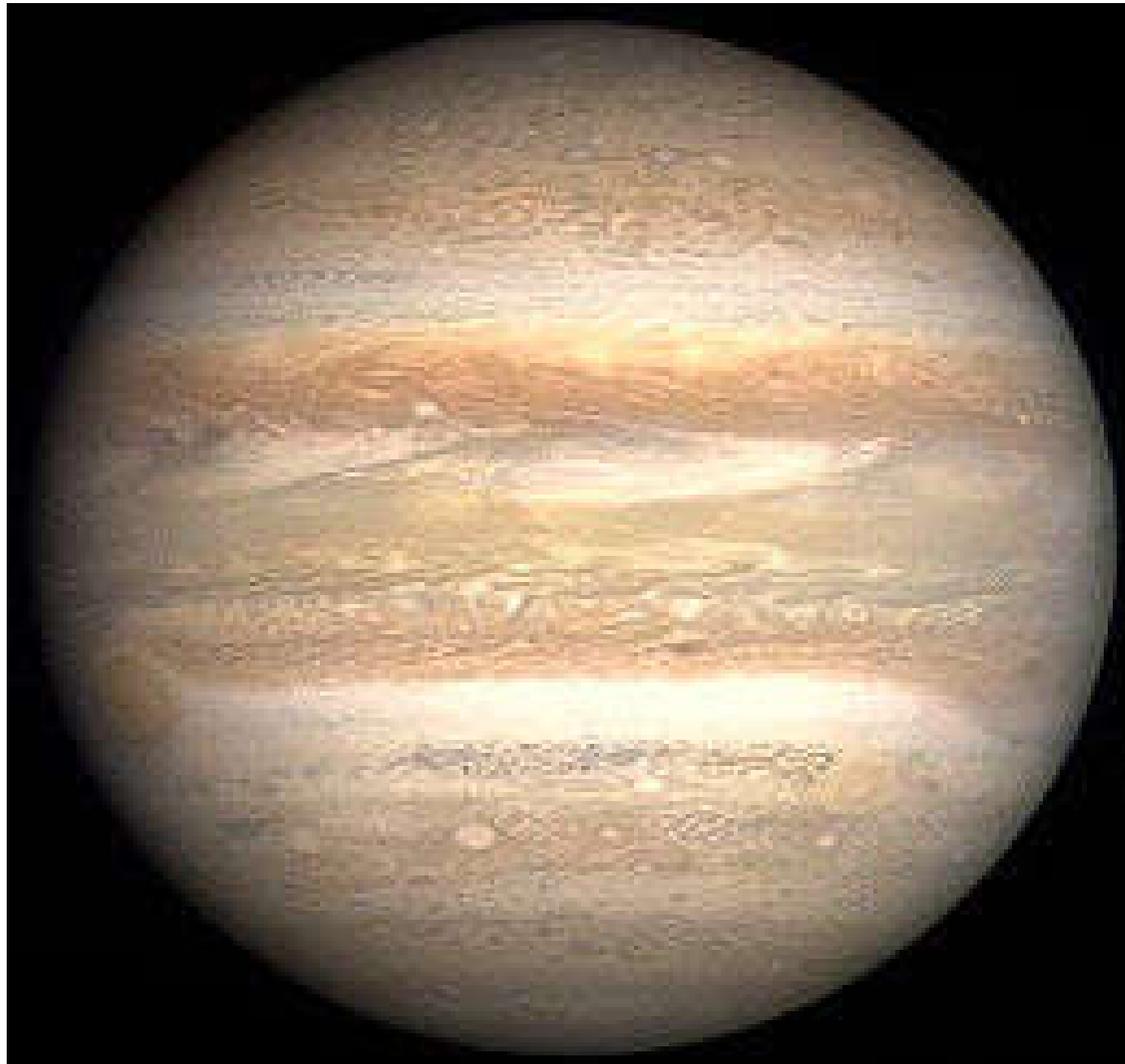
Sembrano le dune



January 23, 2017



# Giove, un gigante buono



11 volte più grande  
della Terra

320 volte più  
massiccio

Fatto d'idrogeno  
e in  $\frac{1}{4}$  di elio, se ci  
fosse un po' più  
grande,  
risponderebbe  
come una stella

Dista 5AU dal Sole

Di suoi circa 80 satelliti (conosciuti), una parte fu catturata (girano nella direzione retrograda): Giove ci protegge dagli impatti disastrosi  
Per essendo gigantesco, gira in 10 ore, ciò causa venti spaventosi

# Giove e suoi quattro satelliti (pianeti Medicei, Galileo, 1610)



Io, Europa,  
Ganimede,  
Callisto.

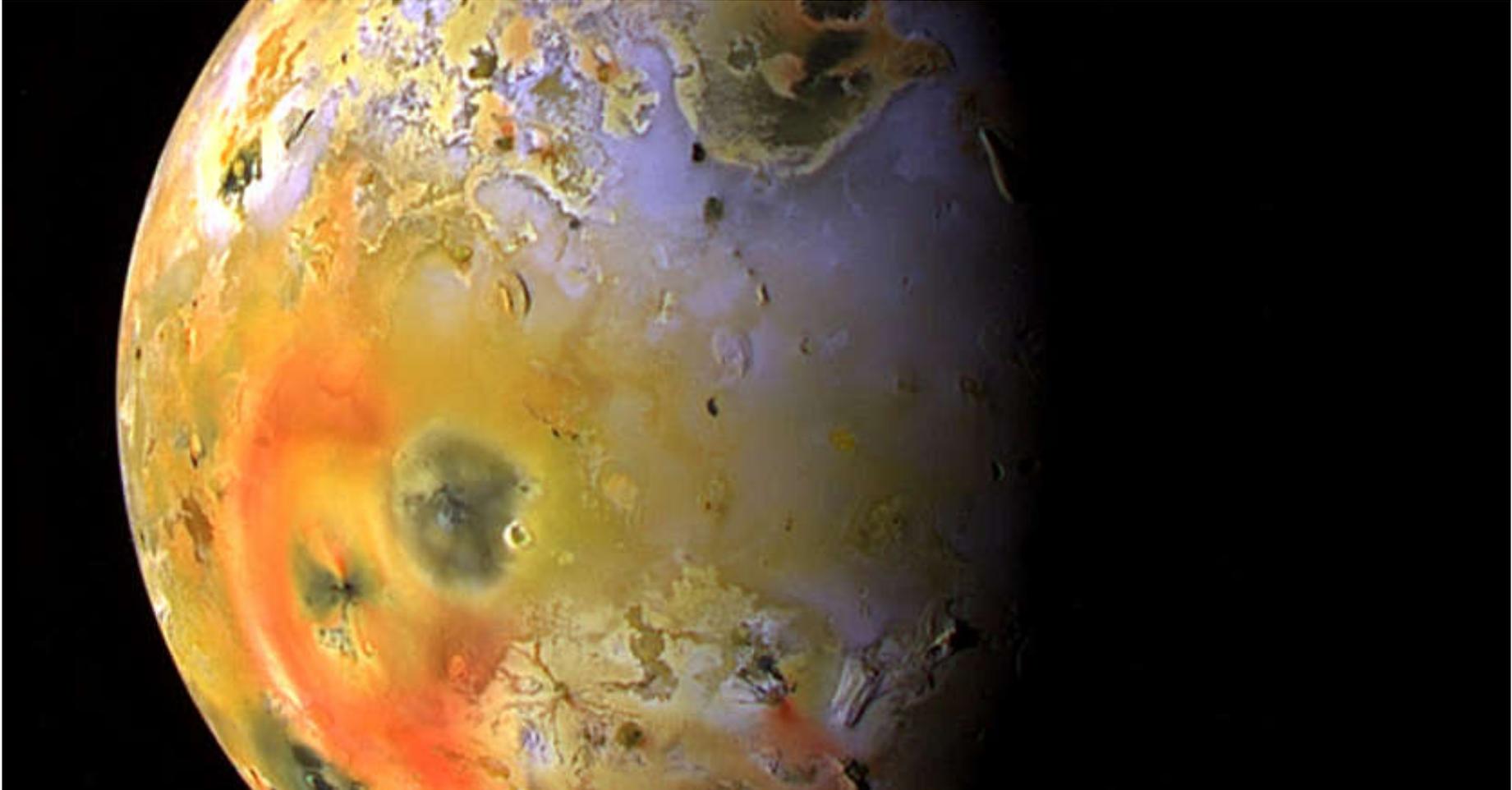
Perfettamente  
allineati, sono  
come un piccolo  
sistema planetario,  
che cambia ogni  
notte

I periodi di rotazione sono in risonanza: 1:2:4: (10)

Il periodo di rotazione dell'io è di 1,77 giorni.

Si possono vedere con un binocolo: a parte le righe spettrali  
dell'elio (He) è il quadro più bello della Natura

Io: i geyser di km altezza di zolfo liquido



Il corpo (pianeta/ satellite) geologicamente più attivo nel Sistema Solare: 300 vulcani, geyser alti anche 500 km. Temperatura sulla superficie fino a 2000°C.

# Europa: coperta di acqua ghiacciata



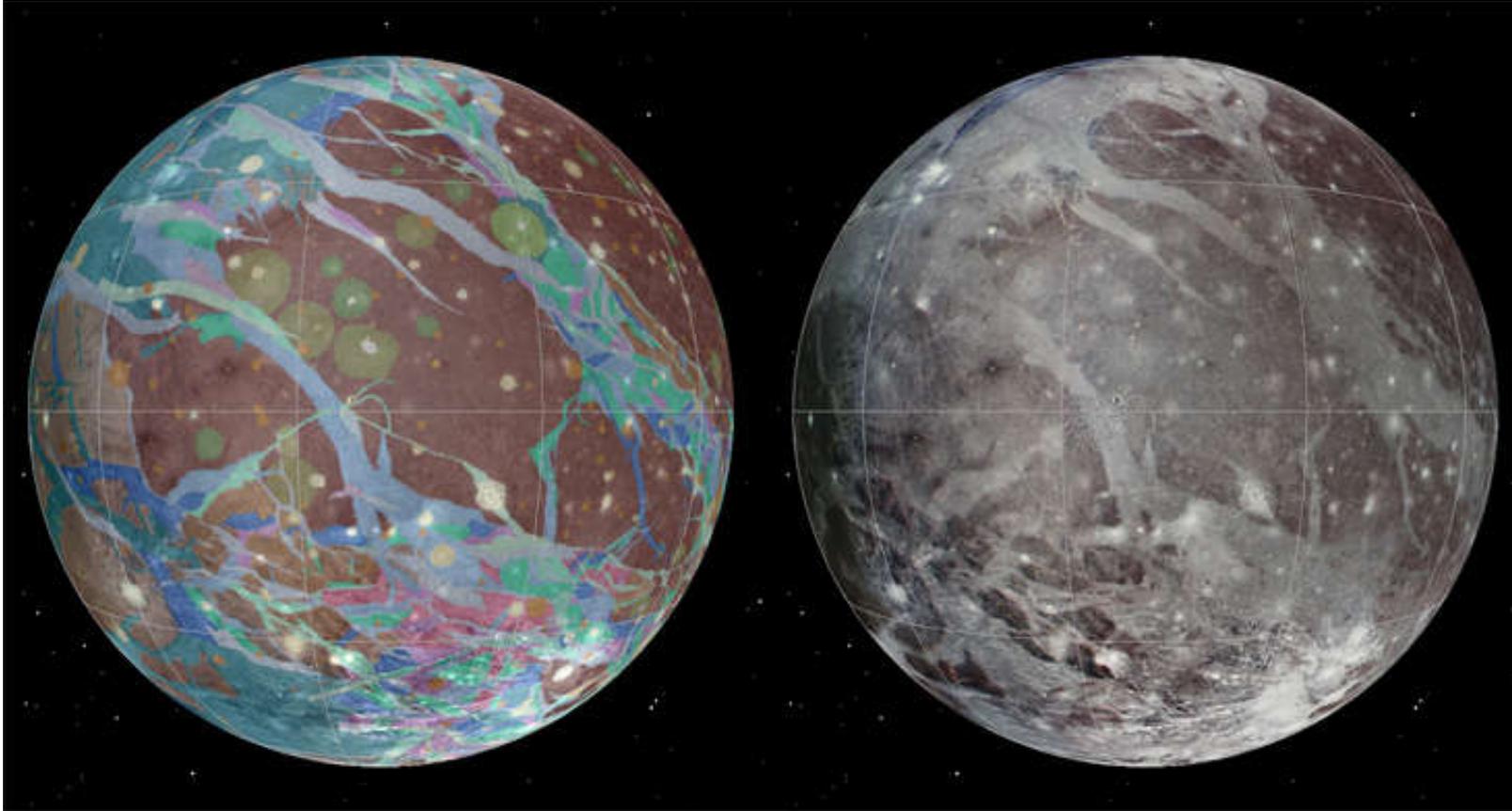
Lo strato di ghiaccio, di spessore di 600 (?) km.  
Sotto, magari, un oceano di acqua liquida,  
e al centro un nucleo roccioso?

# Ganimede: il satellite più grande nel sistema Solare



Più grande del Mercurio, fatto di ghiaccio ( $H_2O$ ) e rocce (silicati) molto antichi (4 mld di anni) .

# Ganimede: il satellite più grande nel sistema Solare

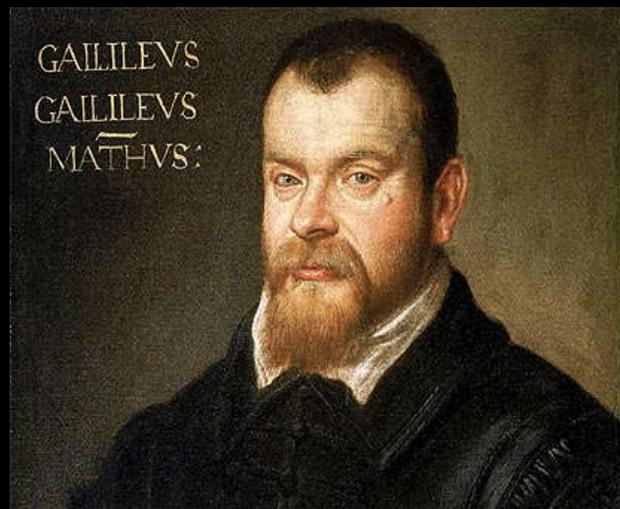


Più grande del Mercurio, fatto ghiaccio e rocce molto antiche (4 mld di anni)  
Un'atmosfera molto rarefatta contiene tracce di ossigeno.  
Potenzialmente Ganimede potrebbe essere una base per astronauti.

# Calisto: massacrato dalla pioggia di meteoriti

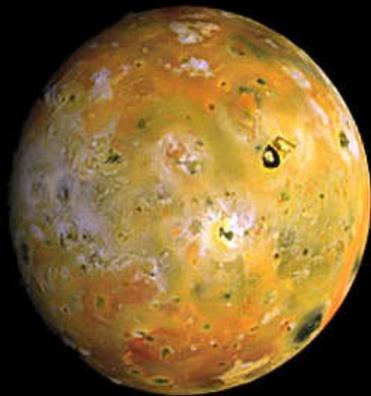


Il terzo per grandezza satellite nel Sistema Solare.  
Non è da escludere la presenza dell'oceano di acqua nel sottosuolo,  
(e della vita?)

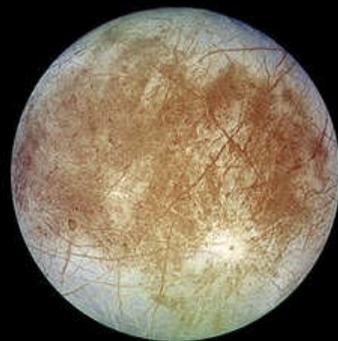


Lune di Giove – la più grande scoperta di Galileo

*... Quin etiam impensius amavit Ganymedem puerum formosum, Trois Regis filium, adeo etiam assumptâ aquilæ figurâ, illum humeris impositum, in cœlum transportavit, prout fabulantur poetæ... à me vocatur... Tertius ob luminis Majestatem Ganymedes... [Io,] Europa, Ganimeses puer, atque Calisto, lascivo nimium perplacuerè Jovi*  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ganymede\\_\(moon\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ganymede_(moon))



Io



Europa

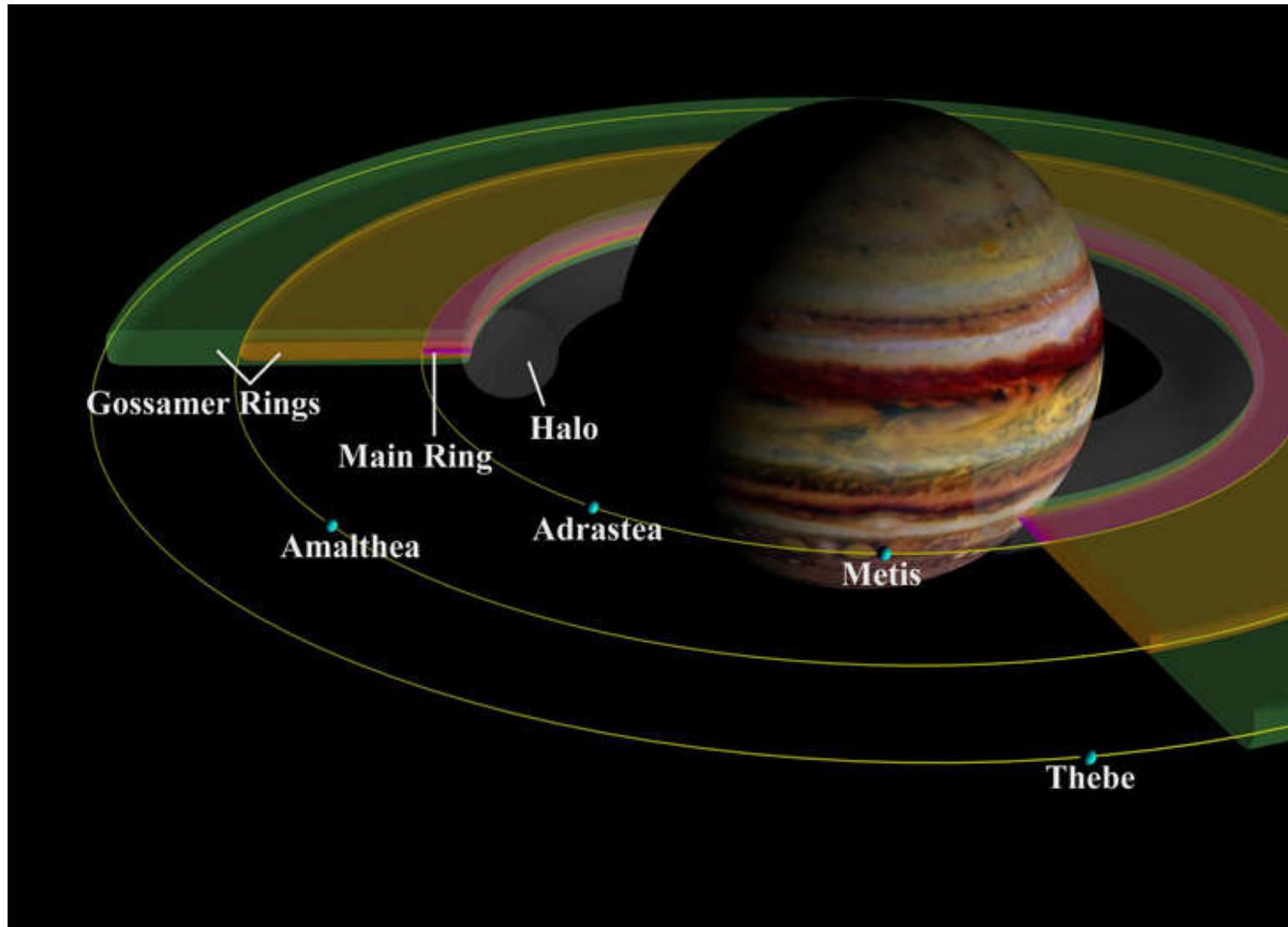


Ganymede



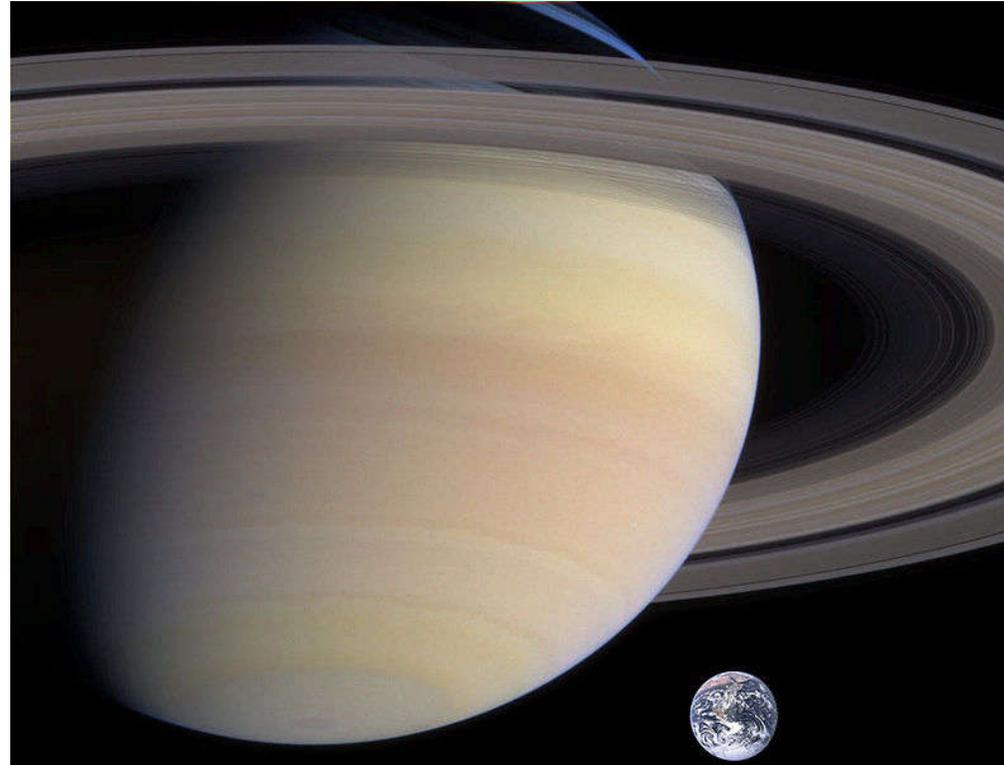
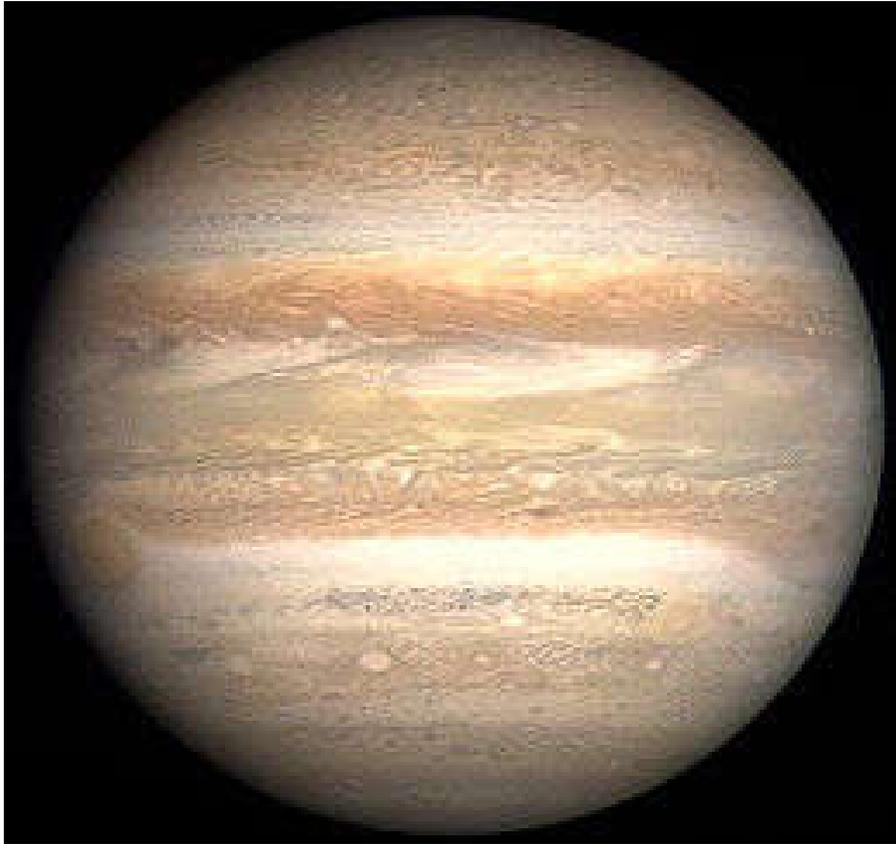
Callisto

e tanti altri satelliti, di cui molti probabilmente  
catturati sulla loro rotta verso la Terra



I satelliti 'retrogradi' sicuramente non posson fare la parte del sistema originale  
Amalthea, un satellite non molto grande, sembra di essere fatto  
del metallo incandescente.

# Saturno, un altro gigante, protettore

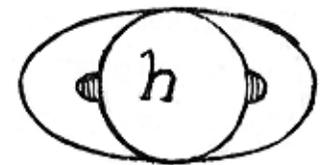


9 volte più grande della Terra, ma 'solo' 95 più massiccio

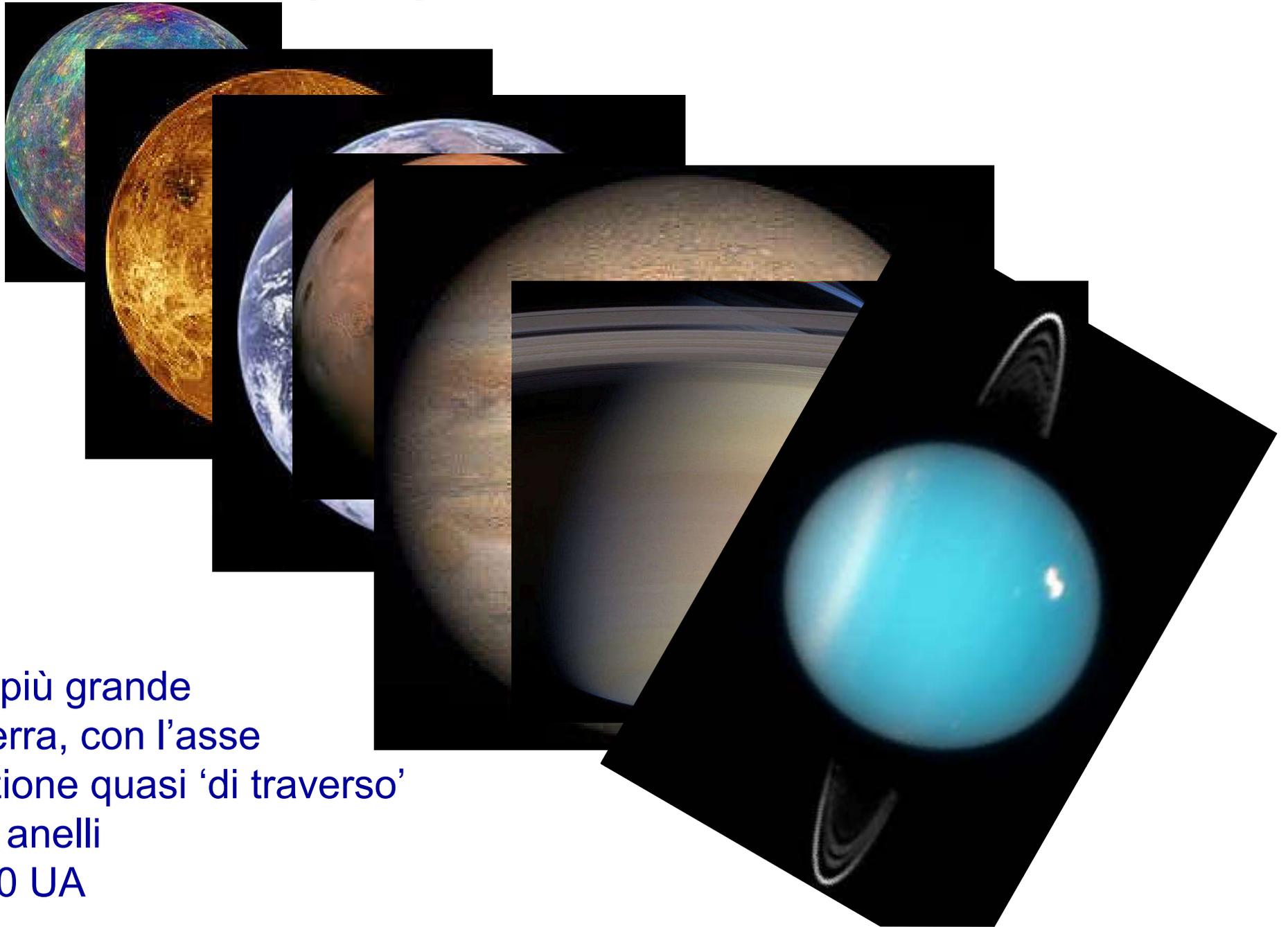
Densità media  $0,7 \text{ g/ cm}^3$  . Caldo all'interno  $> 11.700 \text{ }^\circ\text{C}$

Dista 10 AU dal Sole

Notato da Galileo, come un pianeta con un capello («Il Saggiatore»)

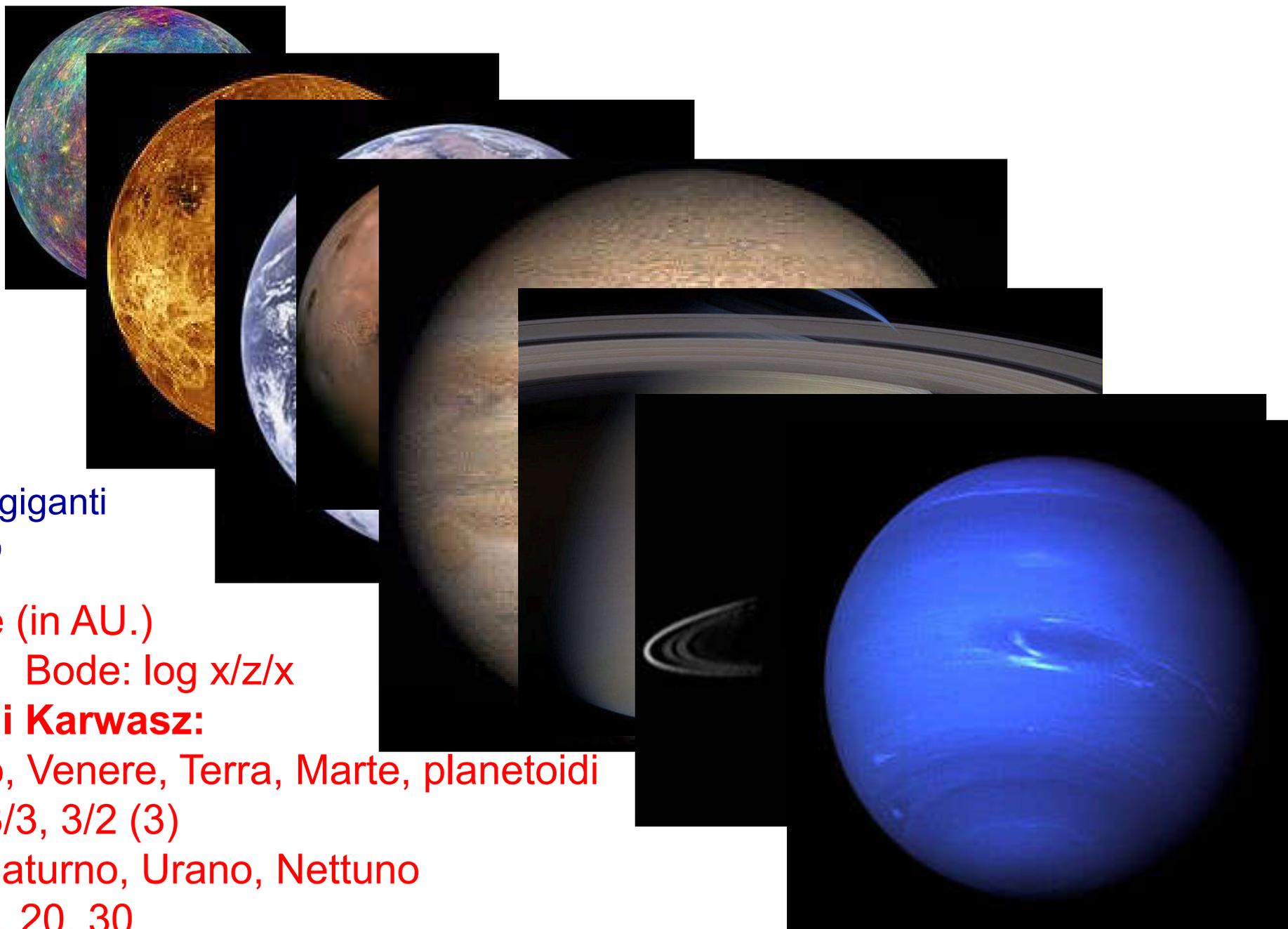


# Urano, anche esso con anelli, ma in 'perpendicolare'



4 volte più grande  
della Terra, con l'asse  
di rotazione quasi 'di traverso'  
e sottili anelli  
Dista 20 UA

# Nettuno, visto probabilmente da Galileo, è un pianeta 'calcolato' da matematici



Urano e  
Nettuno – giganti  
di ghiaccio

Distanze (in AU.)

Legge di Bode:  $\log x/z/x$

**Legge di Karwasz:**

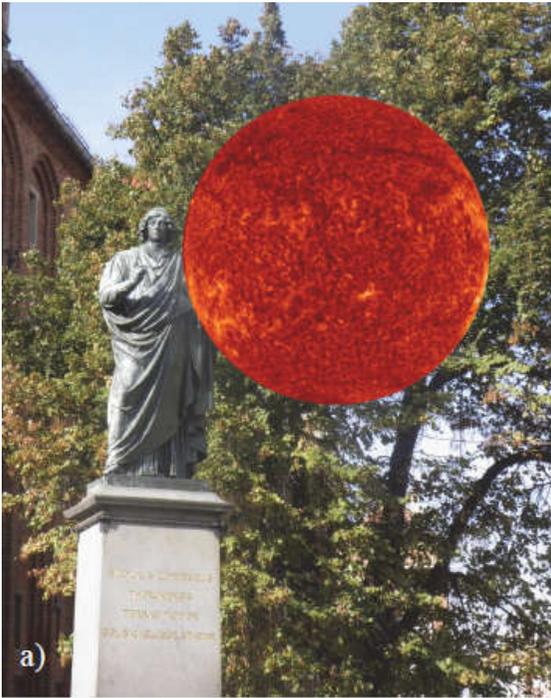
Mercurio, Venere, Terra, Marte, planetoidi

$3/8, 3/4, 3/3, 3/2$  (3)

Giove, Saturno, Urano, Nettuno

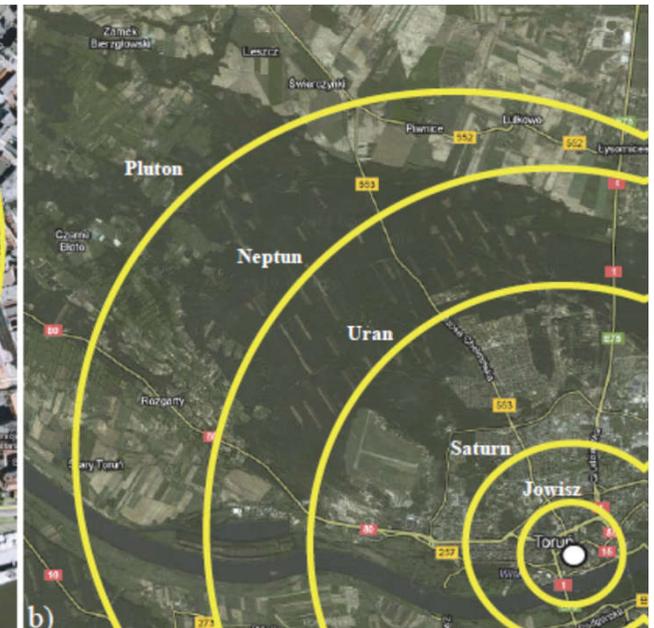
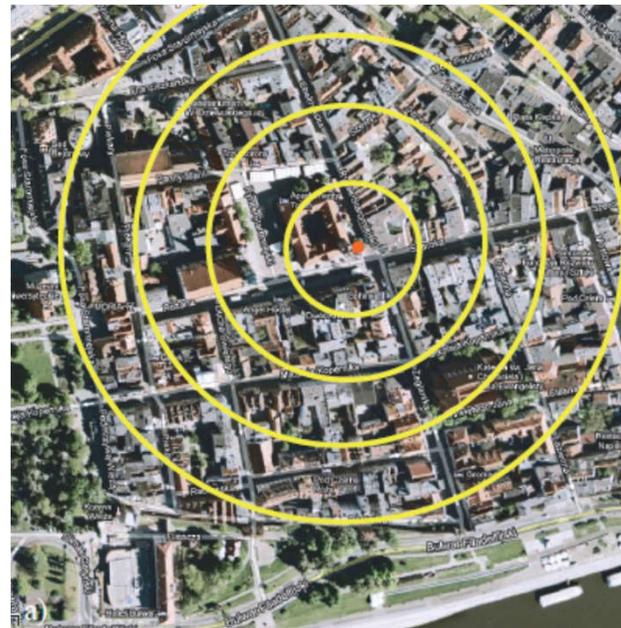
(3) 5, 10, 20, 30

# Il sistema Solare all'ora della cena



Mercurio  
Venere  
Terra  
Marte  
Giove  
Saturno  
Urano  
Nettuno

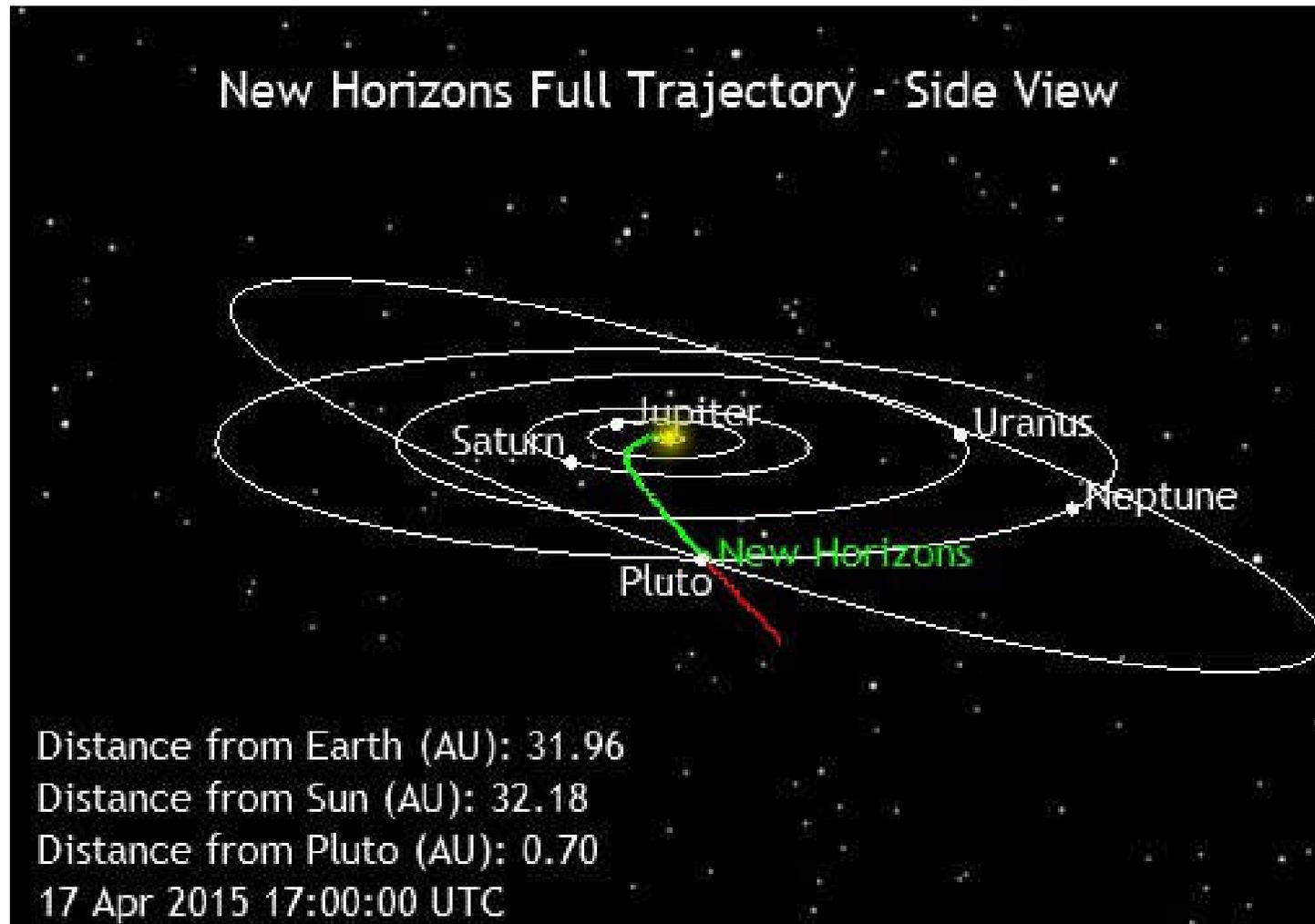
Citta' vecchia di Toruń  
Foto e idea : M. Więcek



# Orco, ed oltre, cioè i pianetini „plutonoidali”

Pluto,  
Orco,  
Makemake  
Haumea,  
Sedna,  
Eris

etc.



Pluto fu degradato dalla nomina 'pianeta' nel 1999.  
La sua orbita è molto allungata da 30 a 40 AU.

# Plutone i Caronte (pianeti nani)



Stige Notte Cerbero Idra

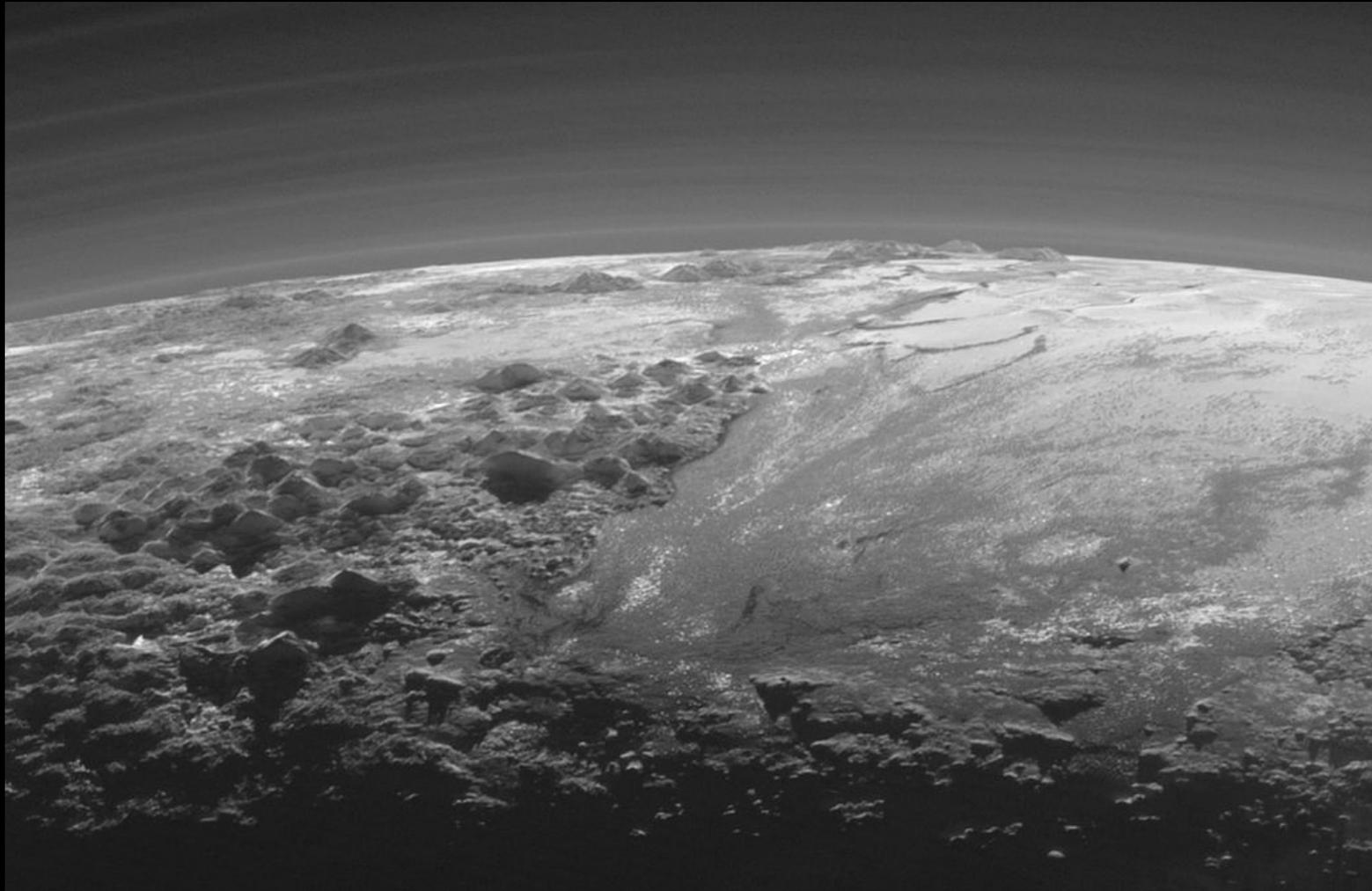


Plutone e' piu' piccolo della Luna

[https://it.wikipedia.org/wiki/Plutone\\_\(astronomia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Plutone_(astronomia))



Oceani di azoto liquido,  
con ghiaccio di metano

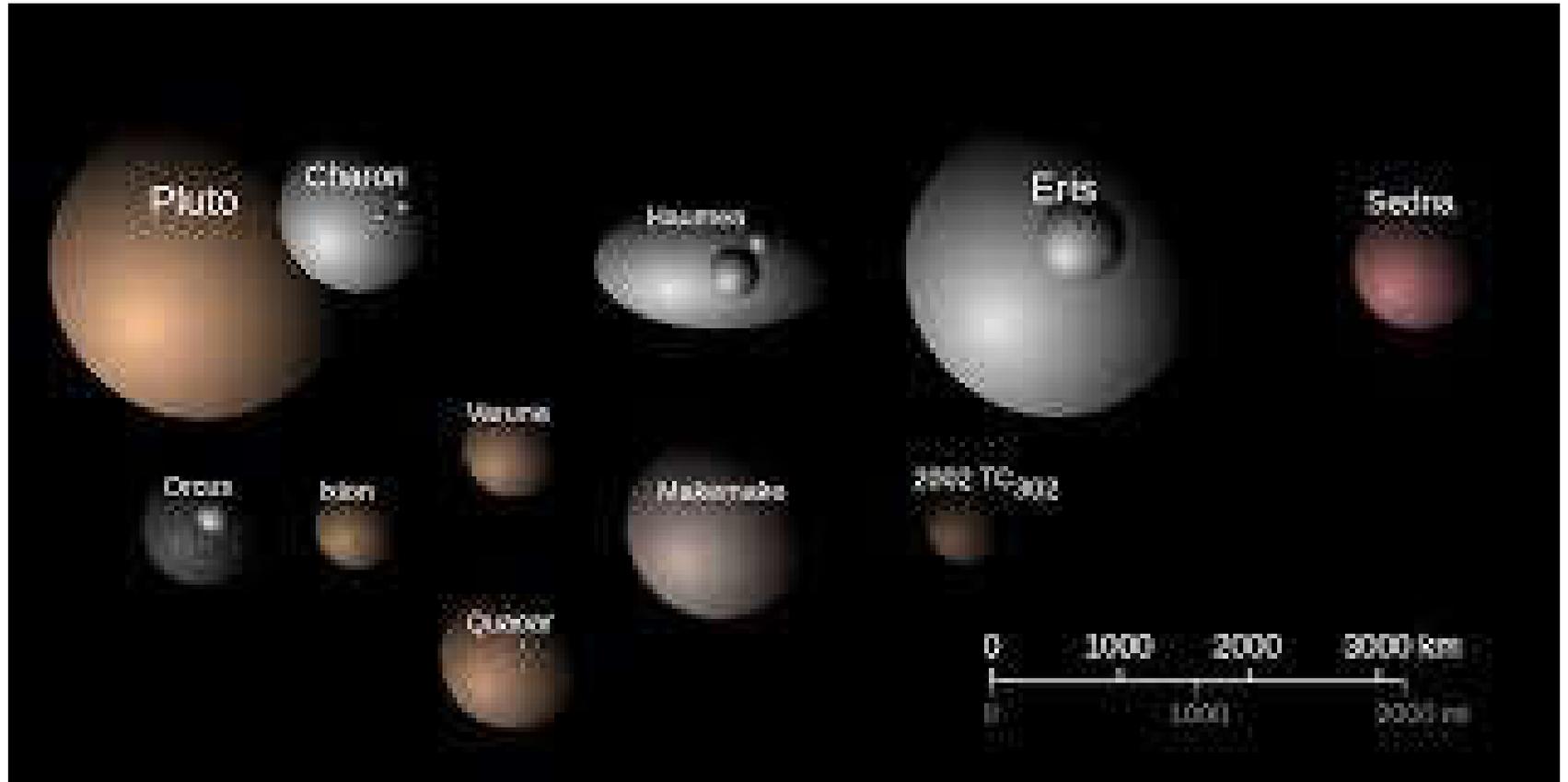


Sonda Horizon, 2015



# Le scoperte di nuovi pianetini sono ancora in corso

Pluto,  
Orco,  
Makemake  
Haumea,  
Sedna,  
Eris  
  
etc.



Le orbite di Pluto e di Orco sono complementari

Sedna ha un'orbita estremamente allungata

Eris, la dea della discordia, ha subito creato una lite tra gli scopritori

# Le comete – hanno portato la vita sulla Terra?



Cometa di Halley (ogni 88 anni), Hale-Bopp (1997). Le comete, in realtà, sono degli ammassi della neve sporca ( $H_2O$ , con le volte  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$  etc.). Si crede, che arrivano dalle zone remote del sistema Solare.

Due code: una di polvere, curva lungo la traiettoria, lasciata dietro, e un'altra gassosa, respinta dal vento solare

# Che cosa vediamo sul cielo?



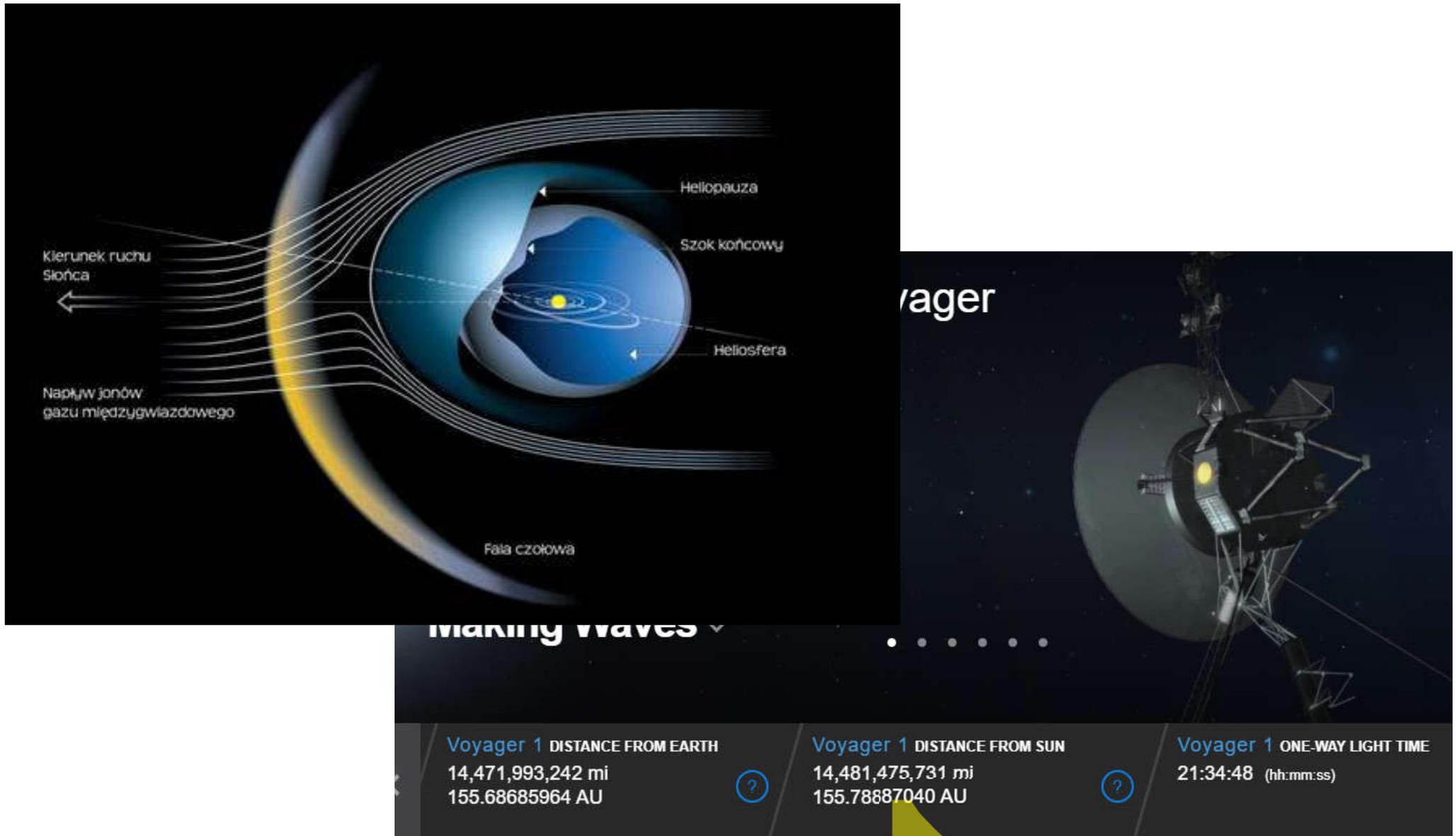
La meteorite di Čeljabinsk aveva 20 metri di lunghezza ed anche la più piccola delle comete ne ha qualche centinaio. Se un meteorite di media grandezza cadesse su Milano o Roma, l'onda d'urto spazzerebbe via tutta la città. Per questo tutti, dagli astronomi

I Greci erano convinti che le 'stelle cadenti', sono dei fenomeni atmosferici. Così le hanno chiamato 'meteori'

Poi, distinguevano le meteore in volo da queste cadute sulla terra: meteoriti. Non è una distinzione importante: oggi sappiamo, che meteore e meteoriti sono, semplicemente, sassi provenienti dallo spazio cosmico (vicino a noi).

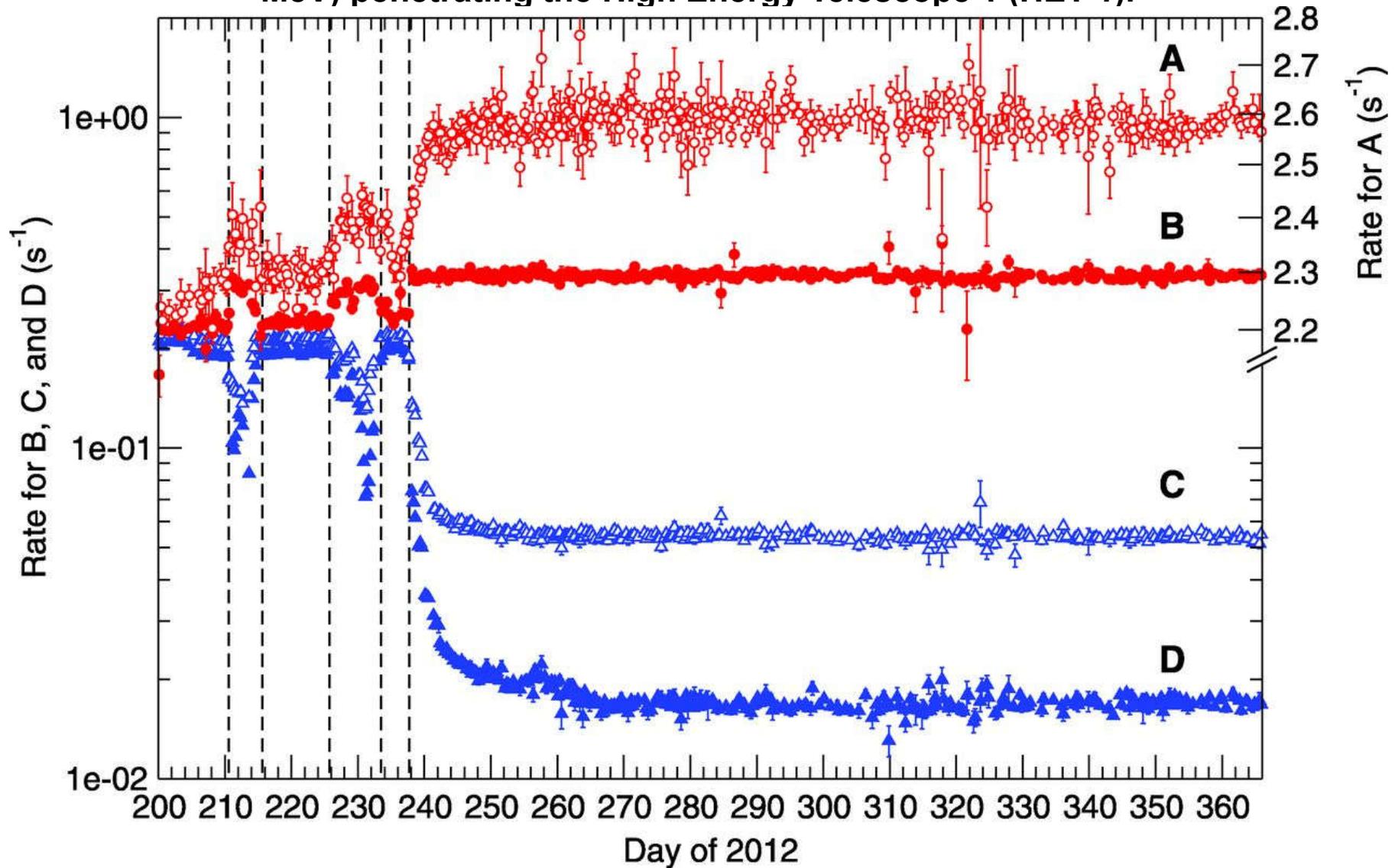
Lo «sciame» di S. Lorenzo arriva 12 Agosto: una «stella cadente» al minuto (c.a.)

# Il nostro «uovo» Solare (eliosfera)



[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/voyager/final-frontier.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/voyager/final-frontier.html)  
<https://sci.esa.int/web/ulysses/-/28659-voyager-1-still-within-the-heliosphere>  
<https://voyager.jpl.nasa.gov/>

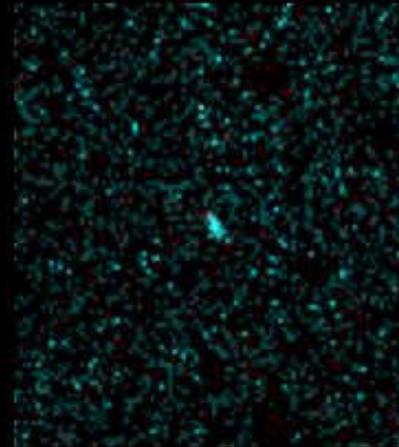
**Fig. 1** The counting rates (6-hour averages) of four different energetic particle species in the vicinity of the depletion region. (A) (y axis on right) GCR nuclei (mainly protons with  $E > 70$  MeV) penetrating the High Energy Telescope 1 (HET 1).



E C Stone et al. Science 2013;341:150-153



# Ultima foto della famiglia



Nettuno  
Giove

Urano  
Terra

Saturno  
Venere

Bye-bye pianeta blu!



# Una stelle per me, una stella per te...

- Catalogo di Ipparco
- Satellite „Ipparco”
- Osservatorio „Apache-point” in Texas:  
100 mln di stelle nella nostra Galassia

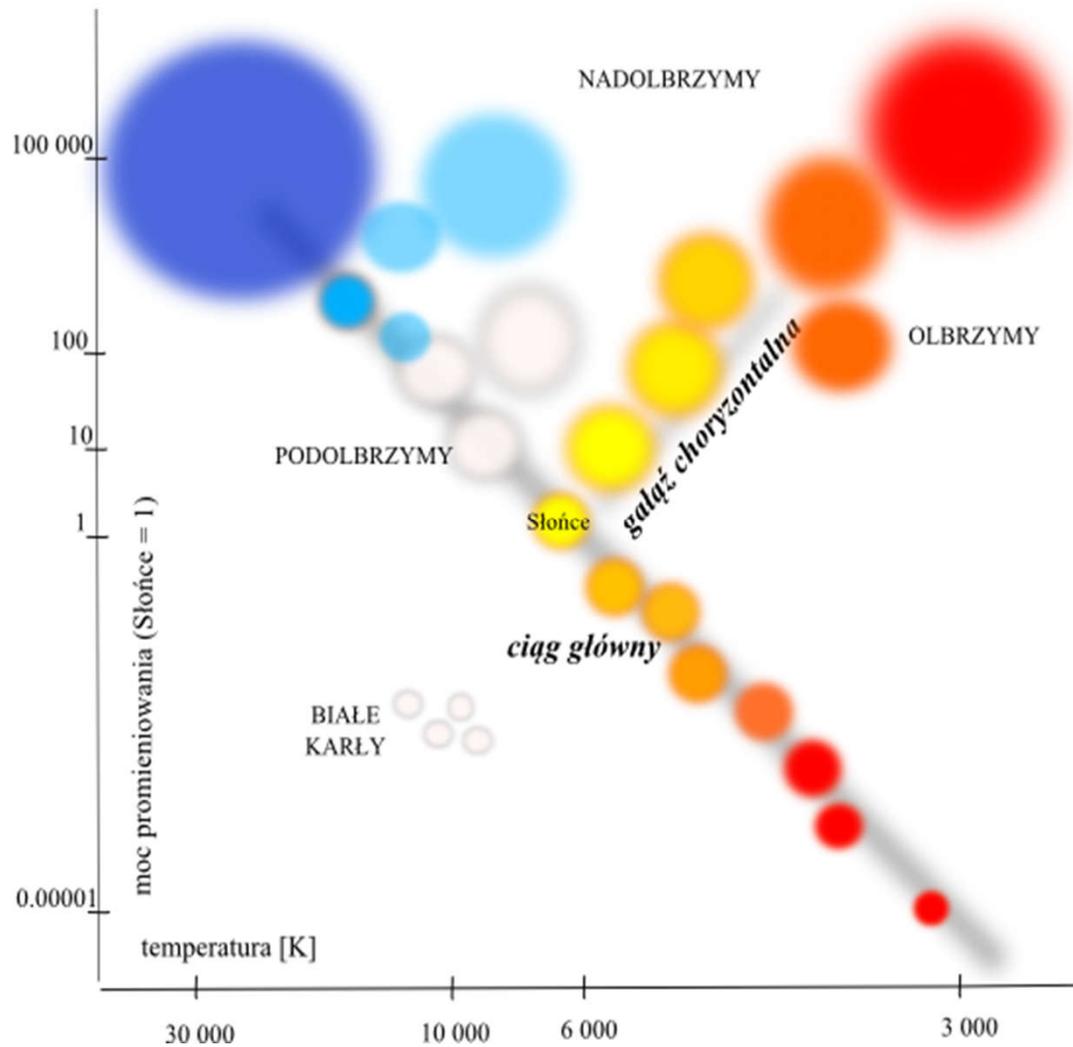


„Cigno”

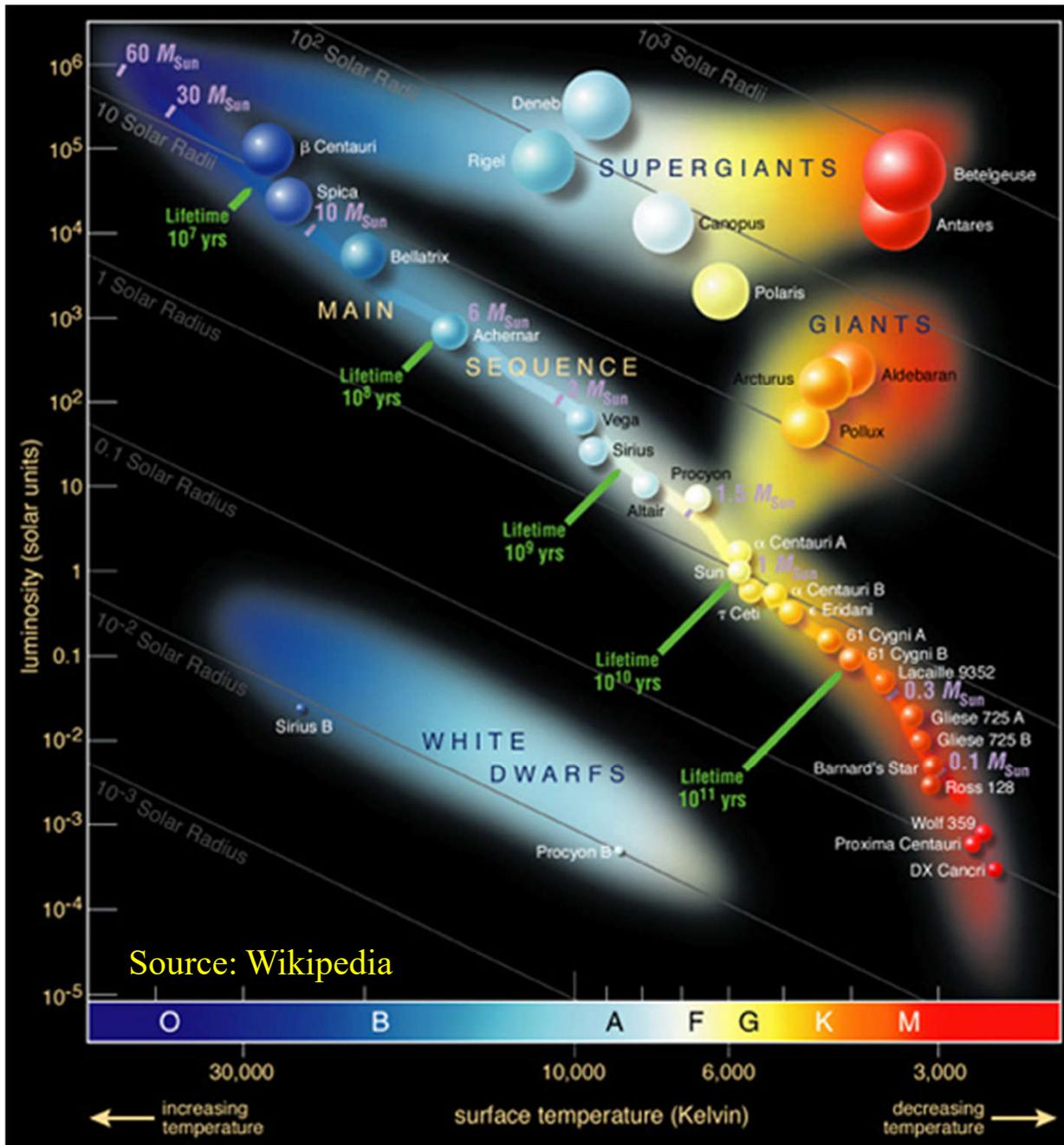


„Cassiopea”

# Di che colore sono le stelle?



Obserwatorium astronomiczne Piwnice k/ Torunia



## Diagramma di „Herschprung -Russel”

«Ma di esse, come de corpi, & unita, hauenti ordine & inanimati al tuto pensiamo. Et bisogna stimare, come Se hauenti vita, & attione.»

*De celo et mondo Aristotele tradotto di greco in volgare italiano.* Per Antonio Bruccioli. Impresso in Venetia, per Bartholomeo Imperatore nel 1552.

Donne-astronome all'inizio del XX secolo: spettri (i.e. colori) di milioni di stelle

# Così nascono le stelle



La nube interstellare vicina alla stella di  $\rho$ -*Ophiuchi* (costellazione Serpentario) <sup>[1]</sup>

[1] <http://it.wikipedia.org/wiki/File:RhoOph.jpg>; [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rho\\_Ophiuchi.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rho_Ophiuchi.jpg)

Aristotele: «Ma di esse, come de corpi, & unita, hauenti ordine & inanimati al tuto pensiamo. Et bisogna stimare, come Se hauenti vita, & attione.

» *De celo et mondo Aristotele tradotto di greco in volgare italiano*. Per Antonio Bruccioli. Impresso in Venetia, per Bartholomeo Imperatore nel 1552. Google books: iiVRxG4Lf7UC, p. 133

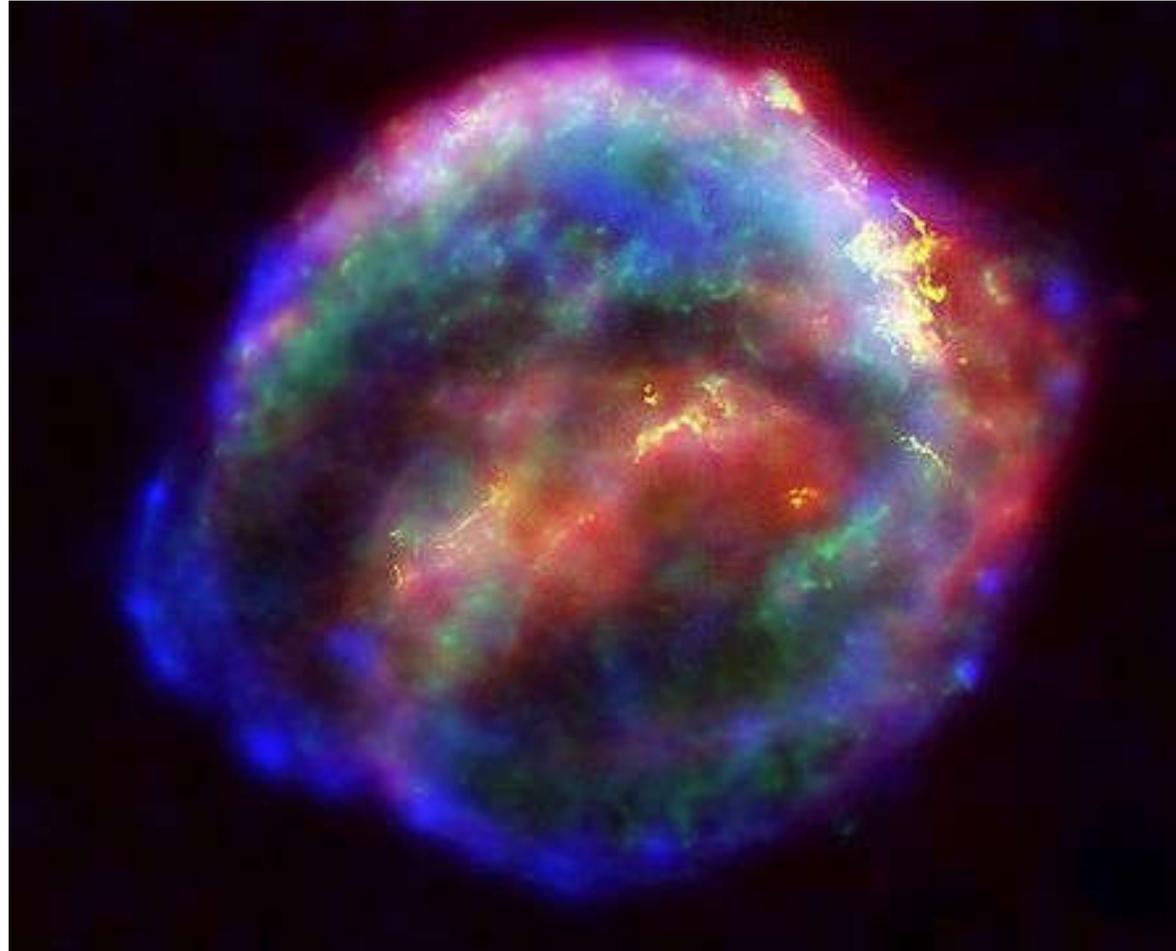
# Esplosione del gigante rosso

<http://www.nasa.gov/feature/ames/Kepler/caught-for-the-first-time-the-early-flash-of-an-exploding-star>



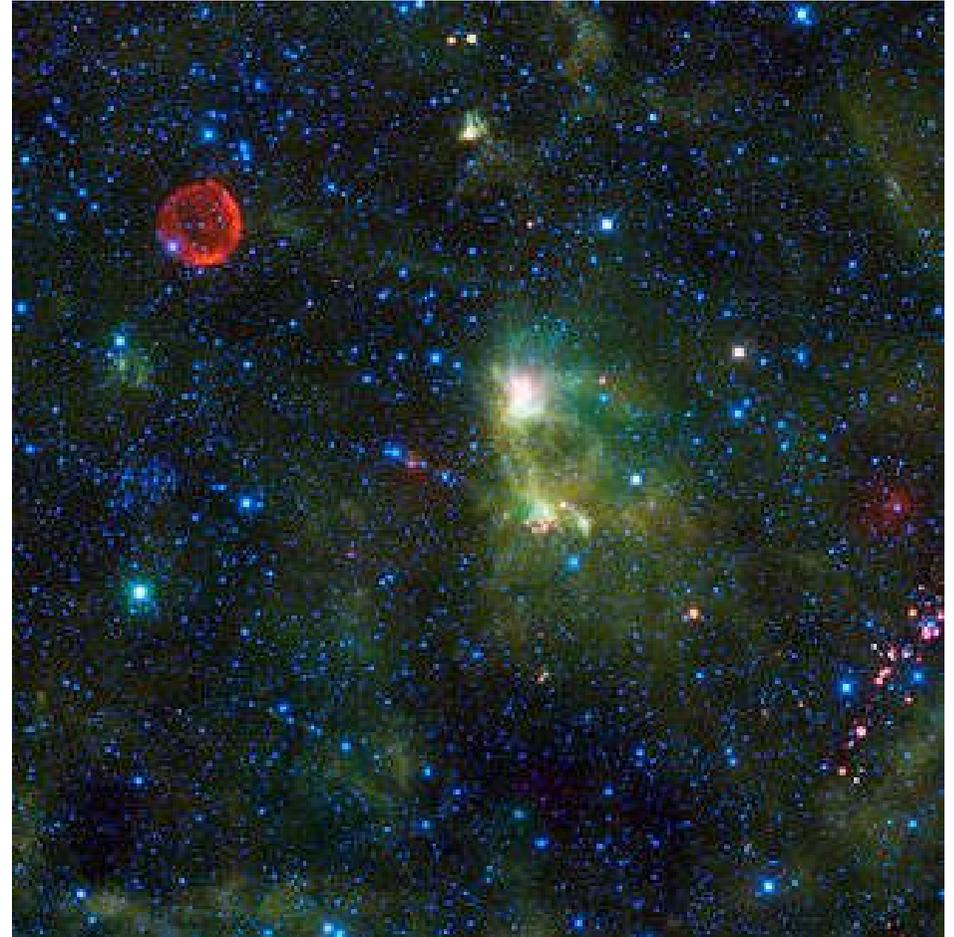
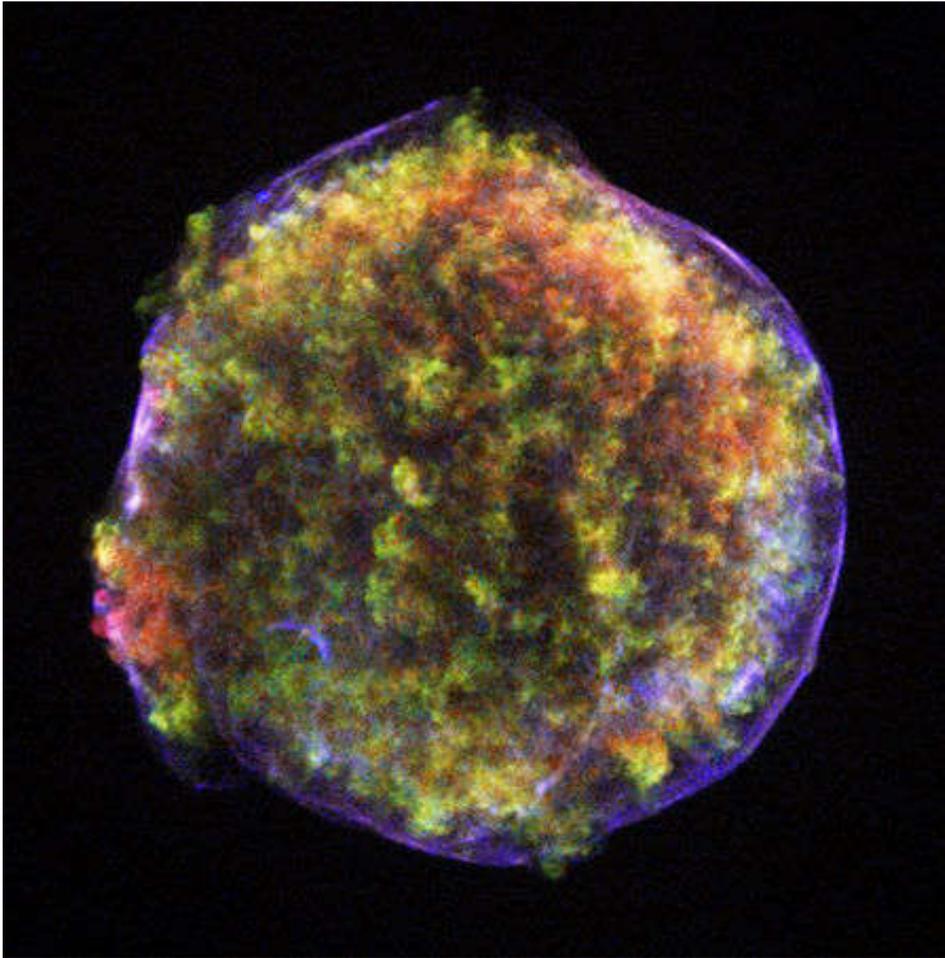
Telescopio Kepler (2011), 300 x Sole, 700 mln anni luce.  
Osservazione per tre anni, di 30 minuti, di 500 galassie,  $50 \times 10^{18}$  stelle. Due esplosioni. Qui sopra un modello della luminosità.

# Come muoiono le stelle? (SN 1604 Keplero)



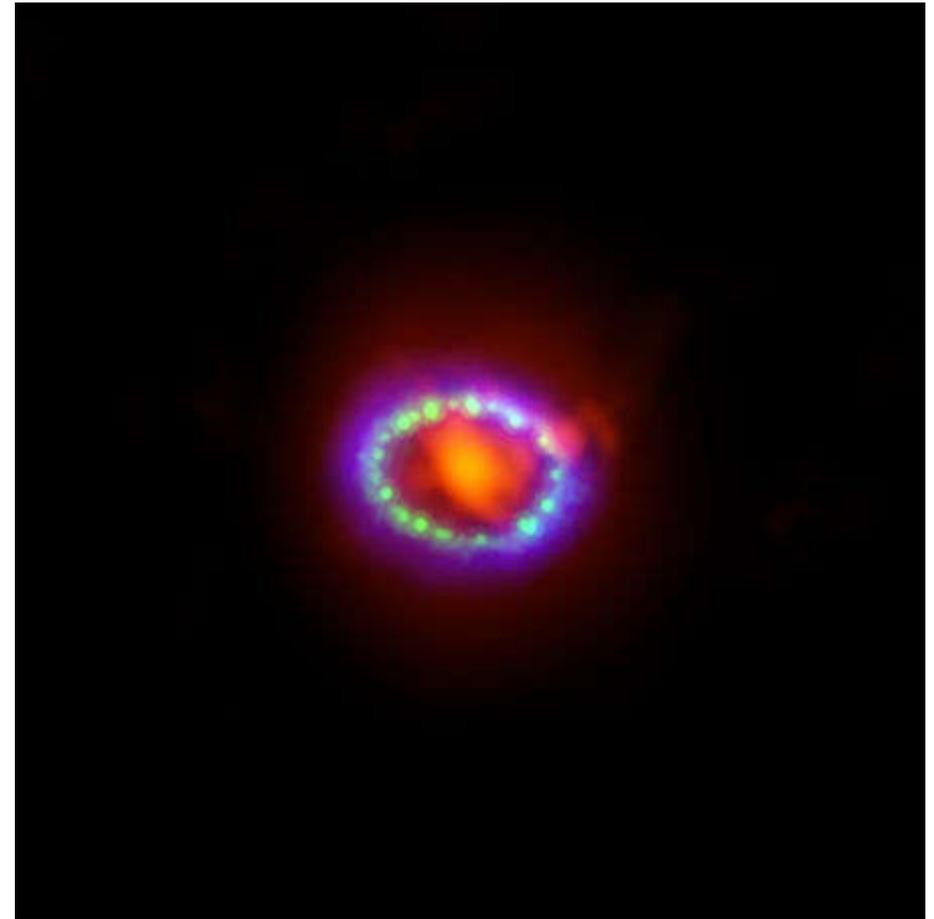
A [false-color composite](#) ([HST/SIRTF](#)) image of the supernova remnant nebula from **SN 1604**. 20,000 light-years from [Earth](#)  
Maksimum jasności -2,5 (jak Wenus)  
Credit: HST/[NASA/ESA](#)

# Come muoiono le stelle? (SN 1572 Tycho)



Remnant of SN 1572 as seen in [X-ray](#) light from the [Chandra X-ray Observatory](#)  
The red circle visible in the upper left part of this [WISE](#) image is the remnant of SN 1572.

# Come muoiono le stelle: SN 1987



## The Mysterious Rings of Supernova 1987A

Credit: ([ESA/ STScI](#)), [HST](#), [NASA](#) .

Remnant of SN 1987A seen in light overlays of different spectra.

[ALMA](#) data ([radio](#), in red) shows newly formed dust in the center of the remnant.

[Hubble](#) ([visible](#), in green) and

[Chandra](#) ([X-ray](#), in blue) data show the expanding shock wave. [\[1\]](#)

# Via Lattea, cioè Galassia



<http://odkrywczyplanet.pl/droga-mleczna/>

La (nostra) Galassia ha 130 mila anni luce di diametro;  
Il Sole è posizionato 30 mila anni luce dal centro, cioè in periferia:  
un posto tranquillo, lontano dal buco nero centrale, divoratore delle stelle

# Che cosa c'è oltre la nostra Galassia?

## Altre galassie



Galassi Andromeda (M31) – visibile con occhio nudo (2,5 mln d'anni luce da noi)

## Due nebulose di Magellano



167 mila anni luce da noi. Con la galassia di Andromeda (a nostra) appartengono a un «cluster» di Virgo.

# Sempre più galassie



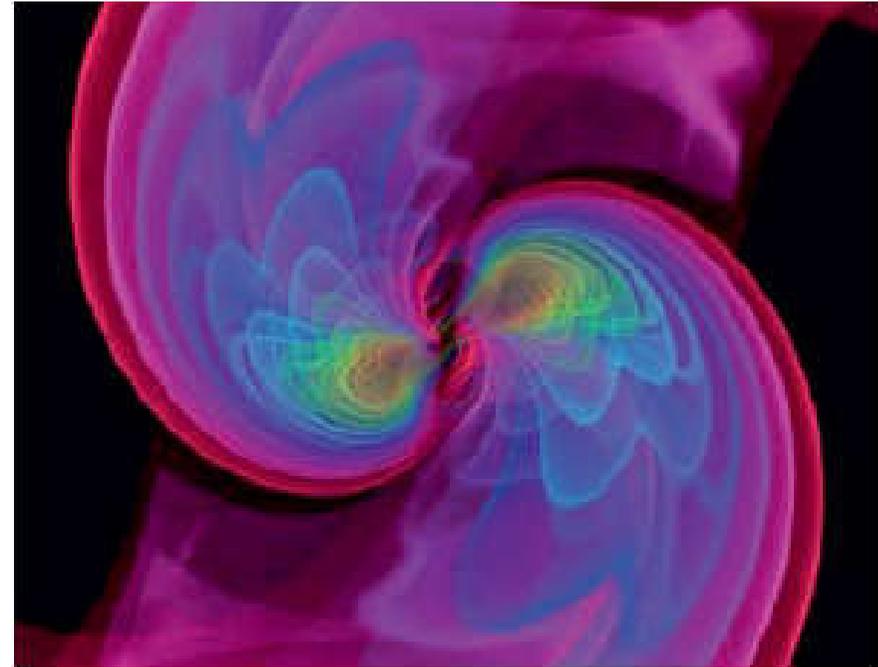
[NGC 4414](#), a typical [spiral galaxy](#) in the [constellation Coma Berenices](#), is about 55,000 [light-years](#) in diameter and approximately 60 million light-years away from Earth

# Ci si aspetta una collisione delle due galassie?



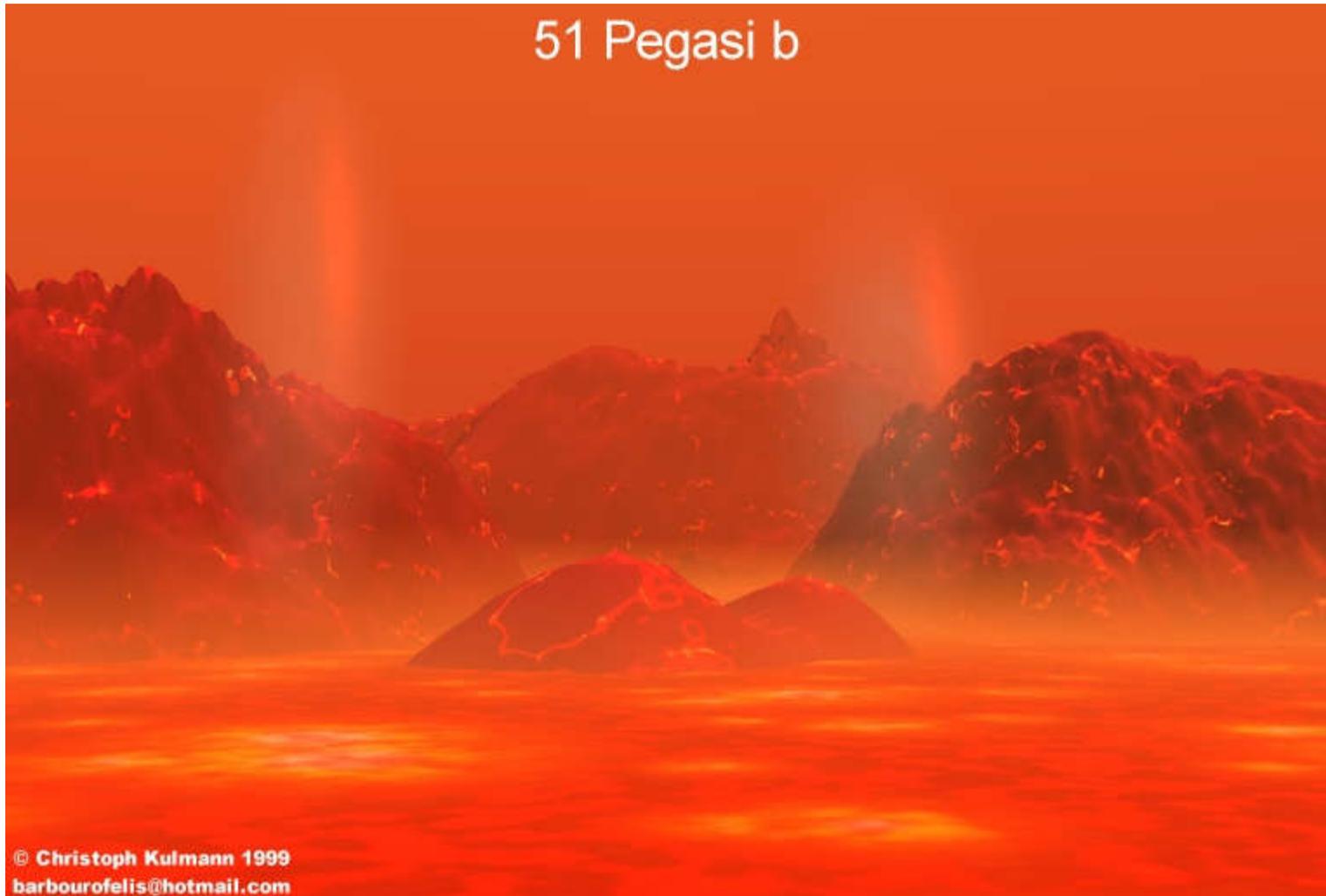
That is because it was taken by amateur astrophotographer Alex Cherney.

# Il terrore di buchi neri



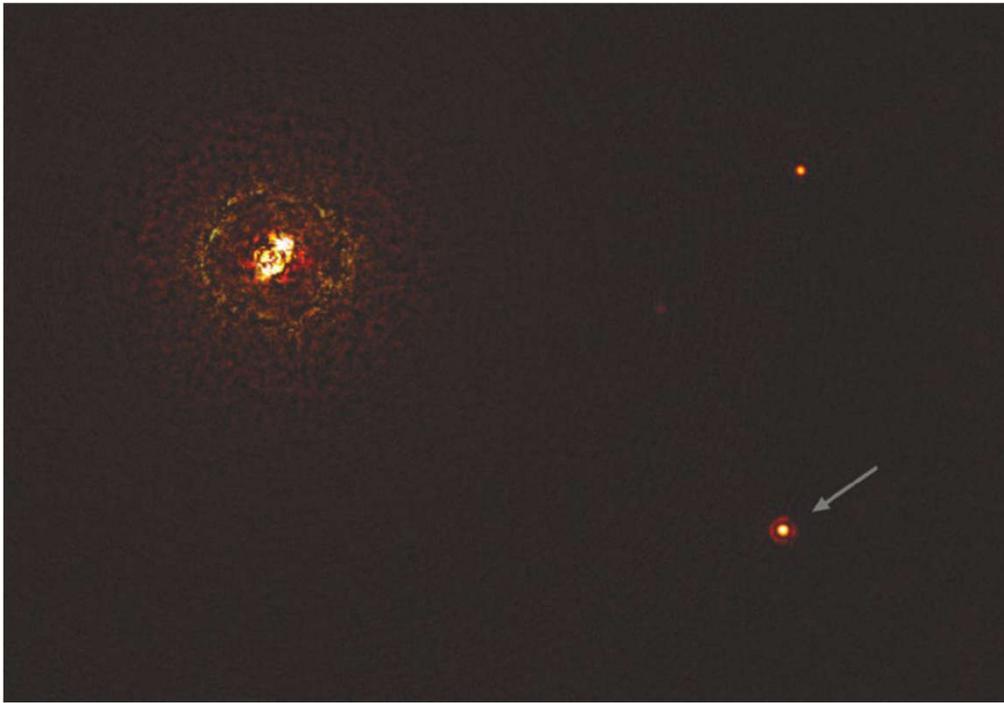
**Figura 2.20.** (a) Un buco gravitazionale visto da fuori è una sfera perfettamente nera: nessun raggio di luce esce da esso; il forte campo gravitazionale fuori del buco accelera la materia e la fa brillare prima di inghiottirla. (b) Le riproduzione artistica, basata su calcoli dettagliati, della collisione di due buchi neri della massa di 29 e 36 masse solari, registrata a Terra (14/09/2015) tramite le onde gravitazionali, e avvenuta alla distanza di 1,3 miliardi di anni luce. FONTE: Goddard Space Flight Center NASA (CC), <http://www.gsfc.nasa.gov/gsfsc/spacesci/pictures/blackhole/BH1.tif>; Nature News ©, 16/02/2016, doi:10.1038/530261a.

# Pianeti oltre il Sole

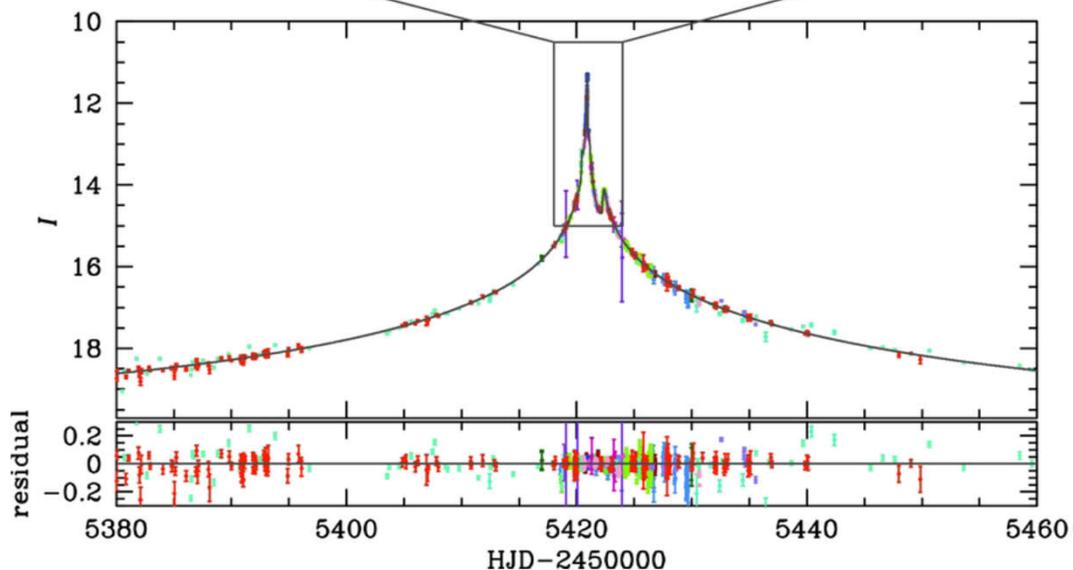


Alex Wolszczan, di Torun, in 1993 – ha scoperto il primo sistema planetario oltre il Sole: 4 pianeti attorno una stella morta (di neutroni)  
Nel 2019 fu insignito il premio Nobel per i sistemi planetari, ma non a lui.

# Come trovare pianeti extra-solari?



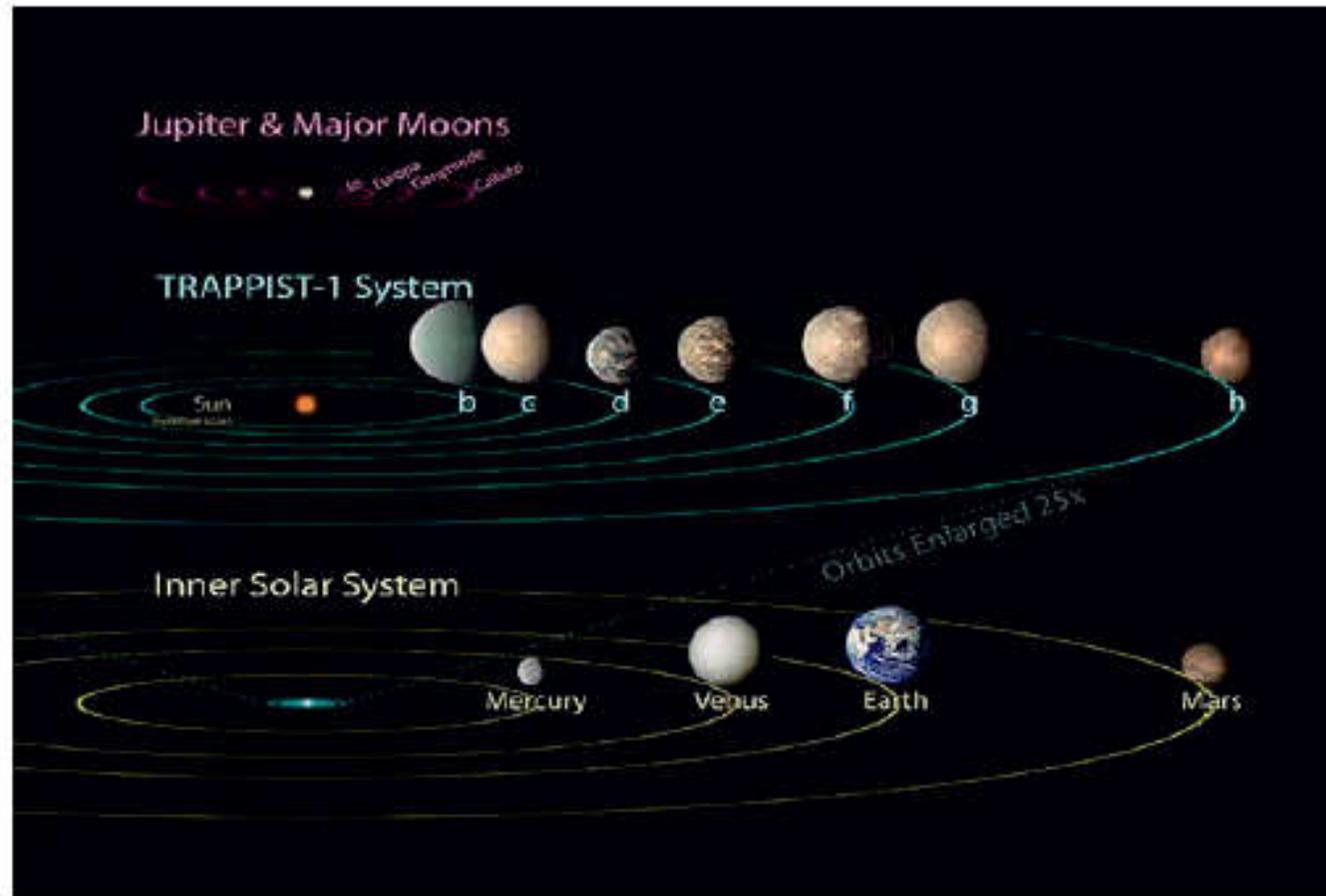
La prima, reale foto del pianeta extra-solare (b Centauri) e la visione artistica: un pianeta 2x più grande del Giove a distanza 100 volte più grande gira attorno un sistema binario.



Cambia la luminosità delle stella (la luce viene focalizzata)

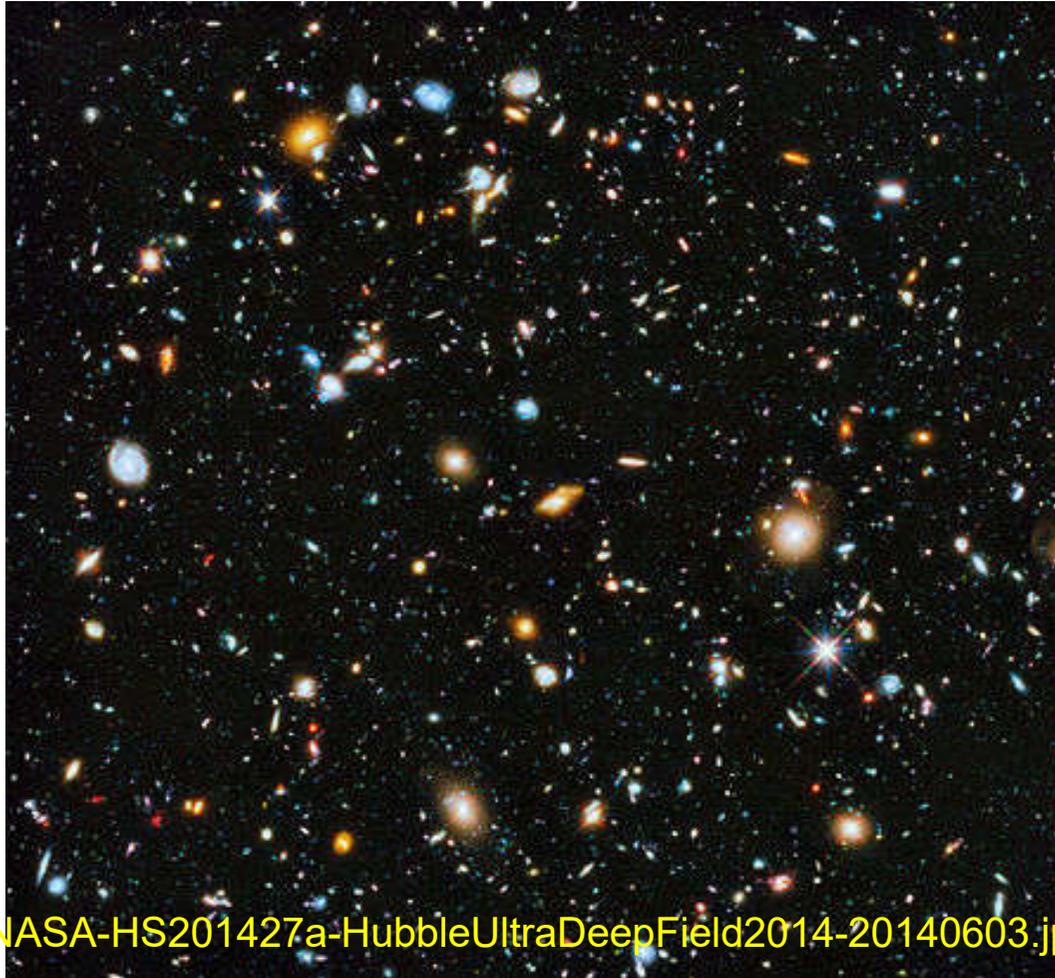
# Il sistema planetario «Trappist-1»

La Terra rimane un pianeta speciale per la vita. La prova? La vita stessa, fatta dagli elementi chimici che si trovano sul nostro pianeta.



**Figura 4.12.** I sette pianeti del sistema Trappist attorno a una nana rossa. Nonostante una apparente analogia col Sistema Solare, i pianeti somigliano più a Giove e alle sue lune: con periodi di rivoluzione di qualche giorno e le distanze dalla stella minore di quella di Mercurio dal Sole. FONTE: NASA/JPL-Caltech.

# Quante galassie ci sono?



NASA-HS201427a-HubbleUltraDeepField2014-20140603.jpg

Circa 10 miliardi di Galassie – solo nel Universo a noi accessibile.  
Le galassie si allontanano (da noi, e a vicenda): sembra un panettone in lievitazione.

Più rosse sono le galassie su questa foto – più lontane sono da noi.

# Vogliamo costruire il mondo?

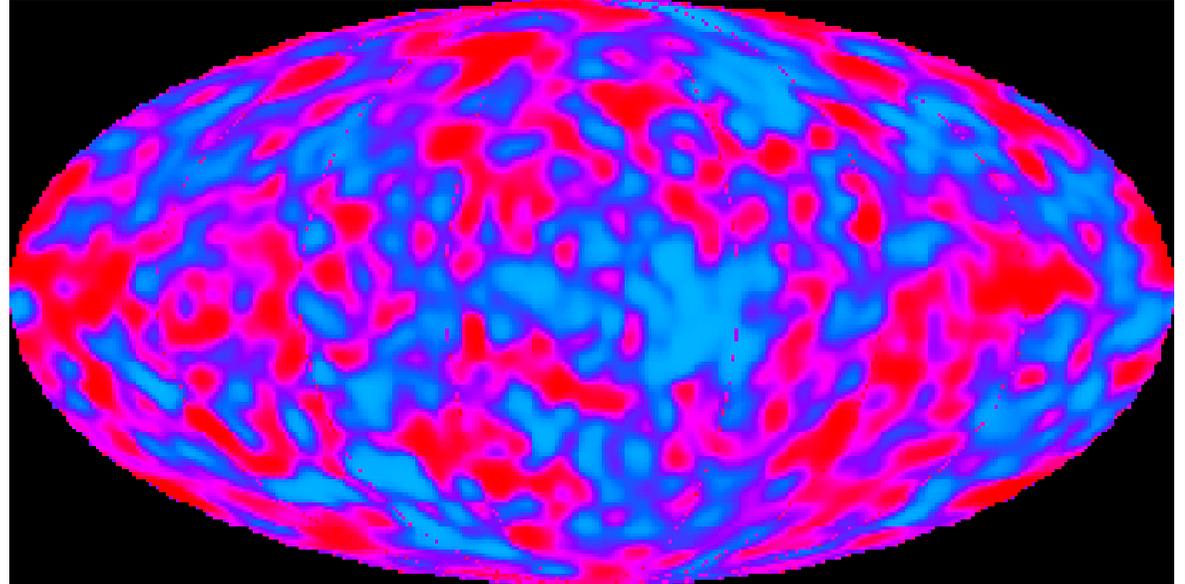
20 Scienza e Fede



**Figura 1.1.** Uno scherzo intellettuale: come progettare il mondo? La sequenza che propongono tutti, indipendentemente dalla lingua, età, educazione è sempre la stessa: prima il sole e la terra, come suggerisce “la ragion comune” e non l’idrogeno e le stelle, come dice la fisica. FONTE: Autore

Per capire come è stato l’inizio del mondo secondo la scienza moderna dovremo prima comprendere qualche principio di fisica, chimica, cosmologia. Ma per non fare i “sapientoni” ricordiamo che le domande sull’universo fanno parte della cultura umana in senso ampio, dalla filosofia (metafisica) alla teologia, dalle arti visive alla letteratura, fino all’astrofisica. La stessa domanda è stata esaminata e interpretata nella storia in modi molto diversi. Qui sotto sono riportate due immagini di Dio creatore: una meno nota, medievale, della cattedrale normanna di Monreale, un’altra ben conosciuta, rinascimentale, della Cappella Sistina.

# Uno strano rumore dallo spazio (1964)



= radiazione di relitto (di «fondo»)  
(„Big Bang” + 300 mila anni)  
Fu il primo segnale, che l’Universo  
ha mandato a se stesso.  
All’inizio, era la luce visibile, gialla.  
Adesso «vagabonda» come micro-onde

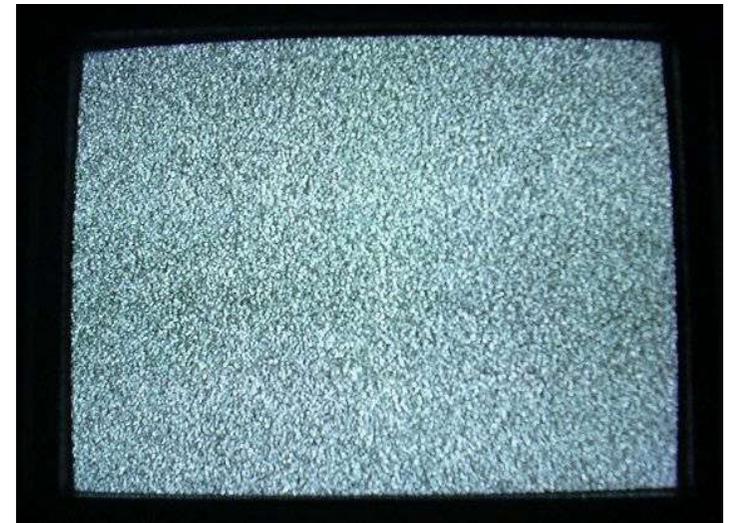
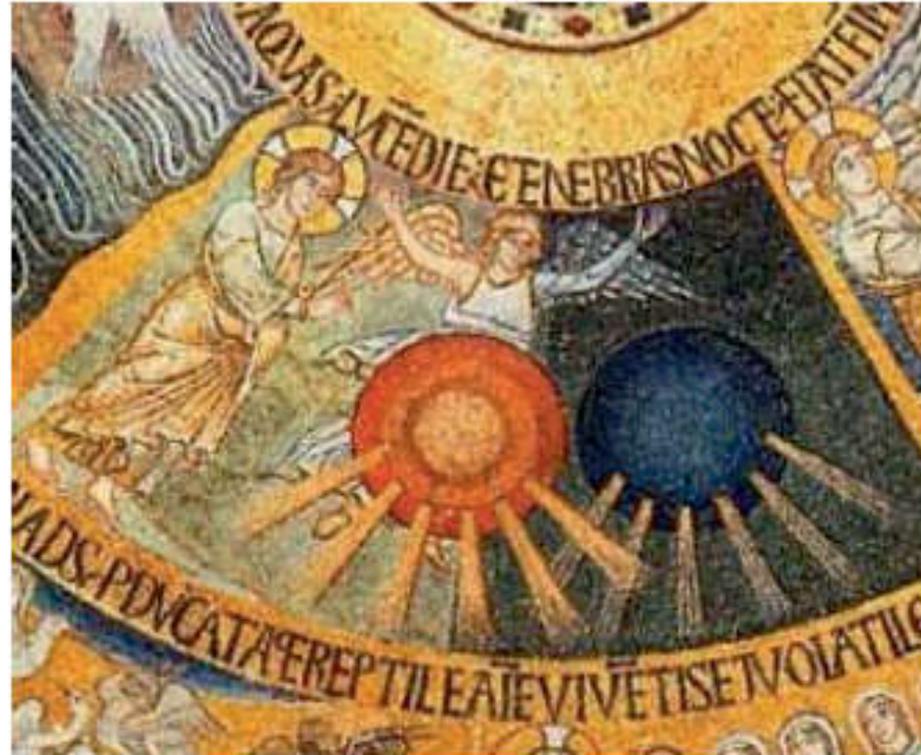
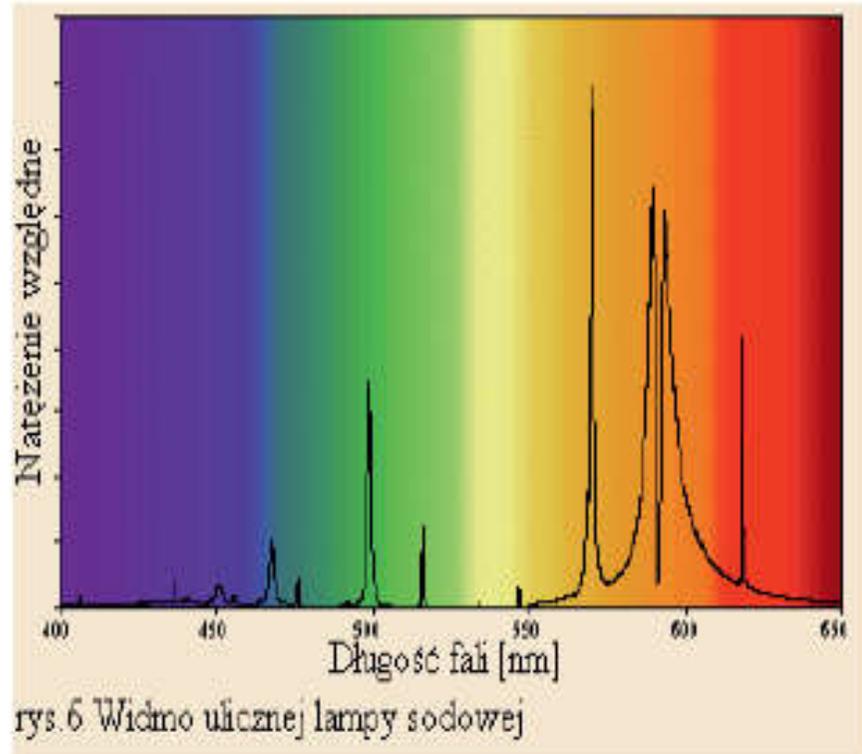


Foto: M. Karwasz

# La separazione della luce dalla materia



**Figura 3.20.** (a) Lo spettro di una lampada stradale gialla (a vapori di sodio) mostra un buco nella zona del colore arancione: i vapori sono densi, allora la luce non esce dal contenitore di sodio (spettro GK). (b) La geniale presentazione della luce che esce dall'universo scuro: il colore giallo corrisponde alla temperatura di separazione della materia dalla radiazione elettromagnetica. FONTE: La Basilica di San Marco, Patriarcato di Venezia, per gentile concessione, immagine: Edizioni Kina.



# «Big Bang» o «La Creazione»?



**Figura 1.2.** Due immagini della creazione del mondo: sull'affresco della Cattedrale a Monreale, Dio giovane, sorridente (e con una pianta in mano) sta plasmando i pianeti; secondo Michelangelo Dio somiglia a Zeus, con tanto di gesti fulminanti. FONTE: Duomo Monreale, Foto Ultreya, Milano; Cappella Sistina, Foto Musei Vaticani, con gentile concessione.

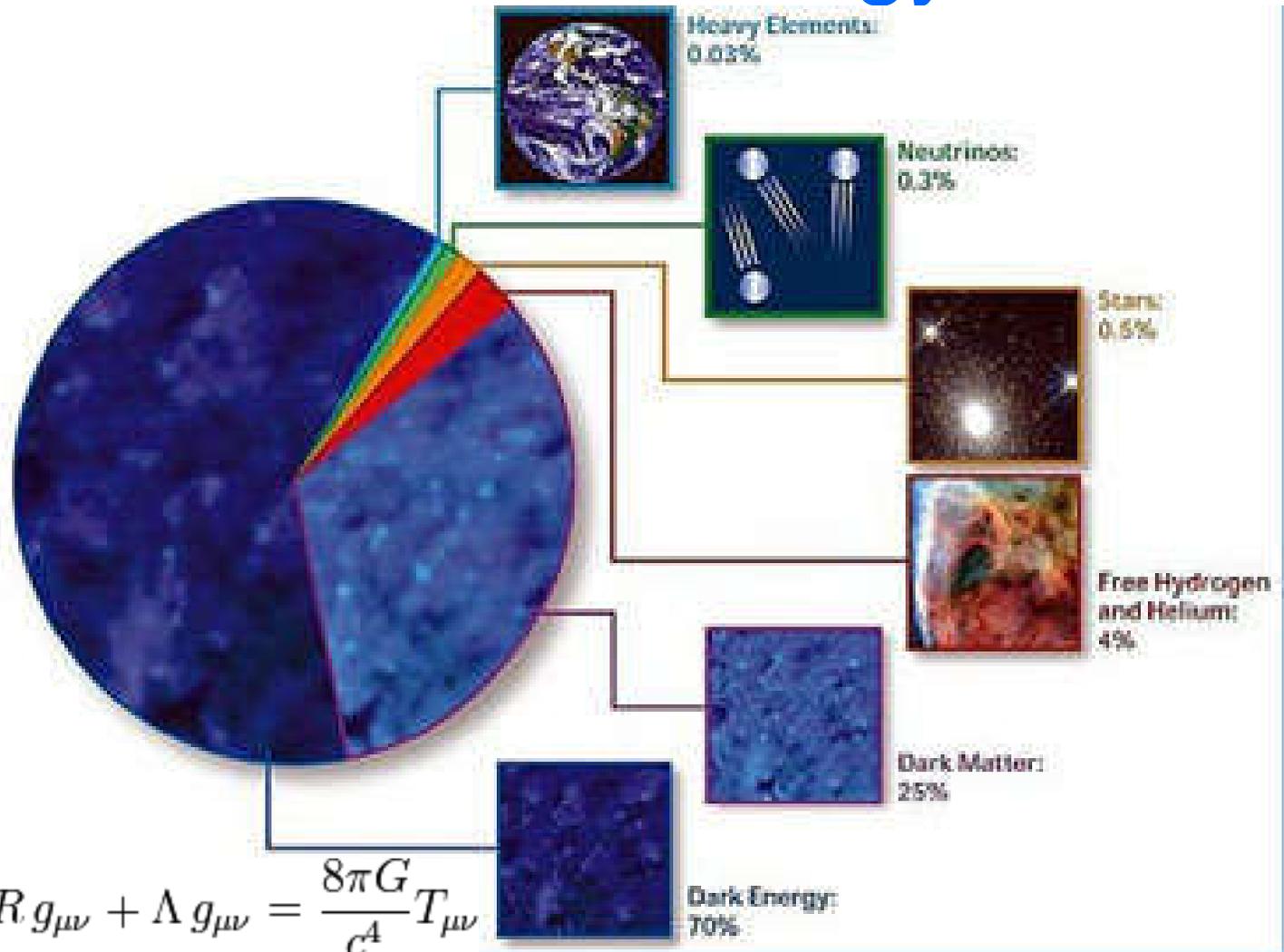
# Dark matter, dark energy...



"These days a theory without a dark-matter candidate is not considered an interesting one" —

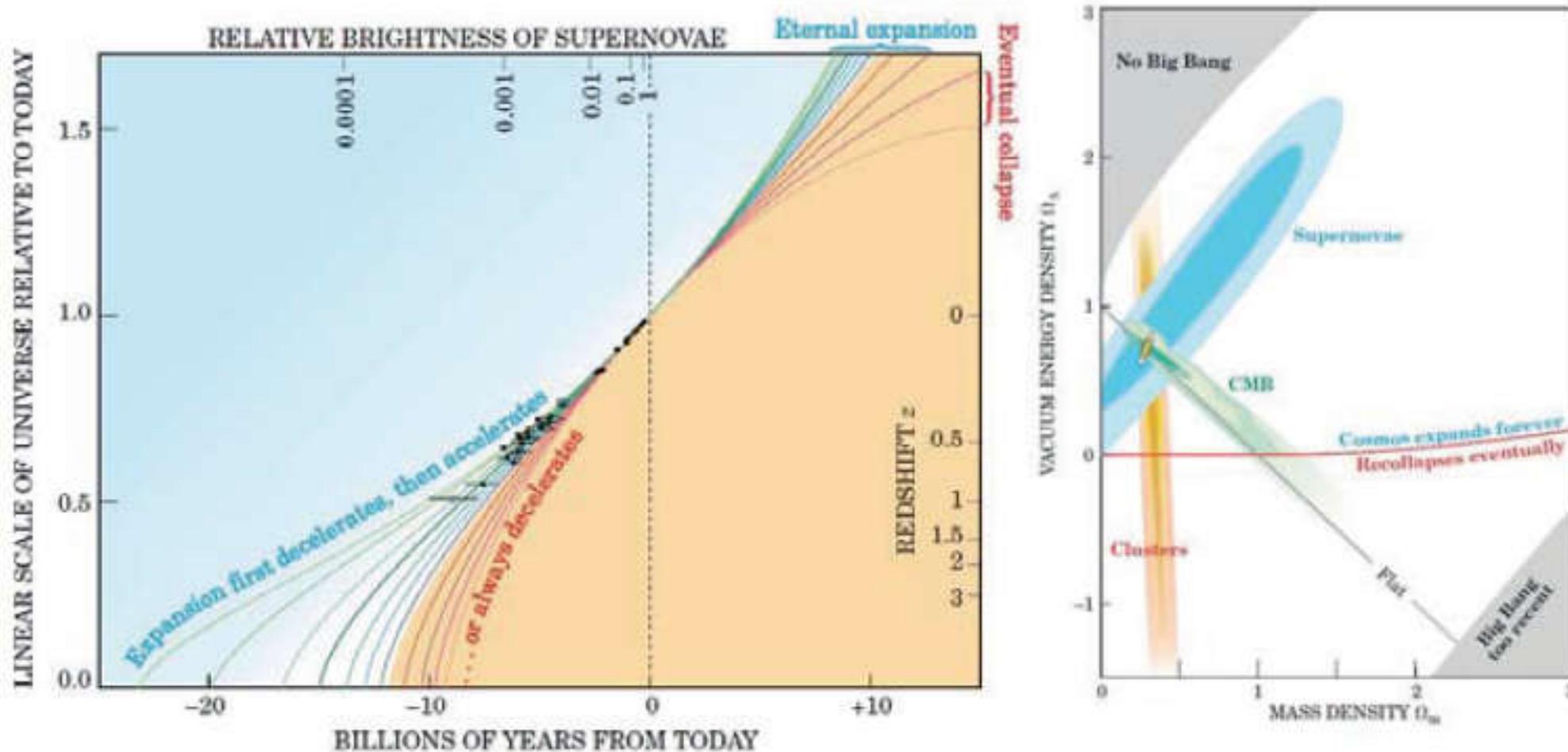
Leszek Roszkov

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$



- Non si capisce, che cosa tiene insieme le galassie, che girano su se stesse: ci deve essere qualche materia invisibile
- L'Universo non solo si espande, ma accelera la sua espansione. Non sappiamo perché: questa pressione misteriosa chiamiamo «dark energy»

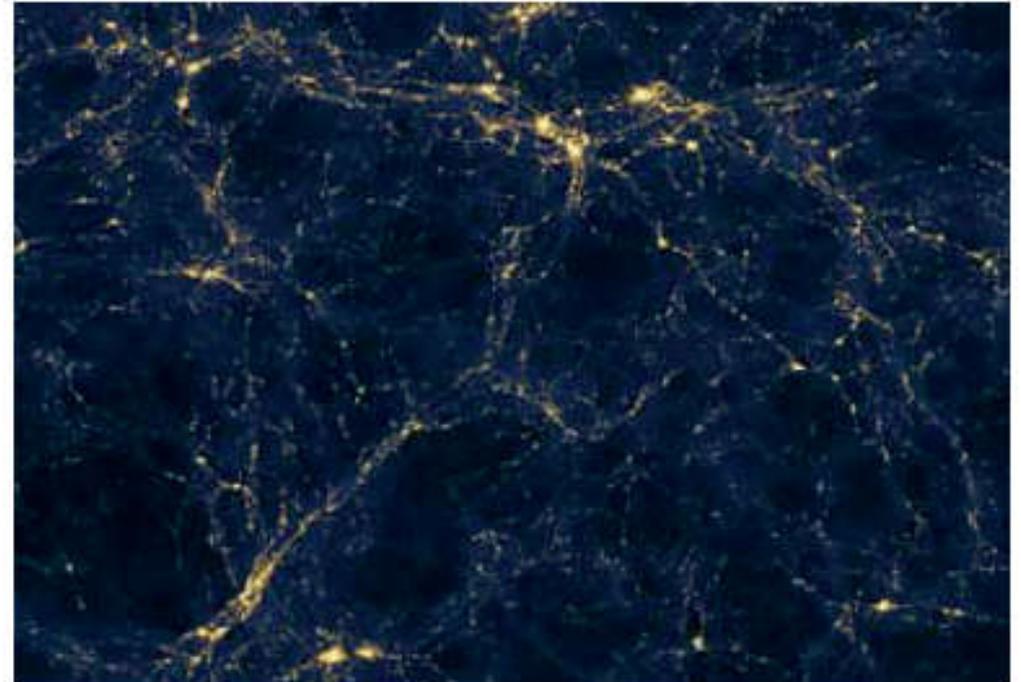
# La velocità dell'espansione rimane costante?



**Figura 2.17.** Due disegni dall'articolo del vincitore premio Nobel Saul Perlmutter: (a) la misura decisiva delle supernove di tipo Ia a grandi distanze (miliardi di anni) dalla Terra; il grafico presenta la storia dell'universo sino a 10 miliardi di anni fa: la zona colorata in marroncino corrisponde all'universo che decelera, la zona azzurra all'Universo che accelera. I punti misurati si trovano su una curva dell'universo che dopo l'esplosione iniziale ha decelerato la sua espansione, per accelerare qualche miliardo di anni fa. Adesso tutto indica l'universo infinito, in espansione sempre più rapida. b) Altre possibilità (teoriche) per l'universo: niente Big Bang (angolo in alto a sinistra), un Big Bang troppo recente (angolo in basso a destra); la curva rossa separa l'universo che espande per sempre (sopra) dall'universo che collassa. La riga nera indica l'universo "piatto", cioè 3D. Diverse misure sono congruenti tra di loro. FONTE: Physics Today 56, 4, 53 (2003)

**G. Karwasz, Scienza e Fede, Aracne Editrice, Roma, 2019**

# Qual è la causa di questa accelerazione?



**Figura 2.18.** "Il dito di Dio" (Fingers\_of\_God) la pagina inglese di Wikipedia (nel 2011, oggi cambiata. (b) Filamenti delle Galassie viste in scala dell'Universo intero: non sappiamo perché le galassie formano i gruppi più grandi, detti "cluster" (si parla di una misteriosa materia scura come un legante), poi non sappiamo perché il cluster formano dei filamenti come una ragnatela, non sappiamo se l'universo si estende oltre i limiti visibili: rimangono ancora più domande che risposte. FONTE: Wikipedia, 2011; Wikipedia 2019.

Ma nel primo minuto dell'universo era la materia, senza la radiazione, a pervaderlo. «e separò la luce dalle tenebre»



**Fig. 8.2.** Un'altra interpretazione della separazione della luce dalle tenebre, non secondo la fisica sperimentale, ma secondo i canoni della Fede: due angeli, uno bianco e uno nero, sono immagini del bene e del male. Affresco del XVII secolo, nella chiesa della Dormizione Della Theotokos, di Asklepio a Rodi. FONTE: Catalogo della chiesa, con la gentile concessione del Metropolita di Rodi, Mons. Kyrillos (22/05/2019).

# Quale sarà la fine dell'Universo?

Ma, pian piano, l'idrogeno nell'universo, il carburante delle stelle, potrebbe esaurirsi: questo avverrà non prima di  $10^{13}$  anni (cioè dieci bilioni, ovvero mille volte più dell'età dell'universo). Ancora mille volte di più, tra  $10^{16}$  anni, la Terra (ormai completamente fredda) potrebbe vagabondare da sola nell'Universo. Secondo le stime dell'astrofisico svizzero Arnold Benz<sup>3</sup>, la materia esisterà ancora per i prossimi  $10^{35}$  (un miliardo di miliardi di miliardi) anni, se non oltre...

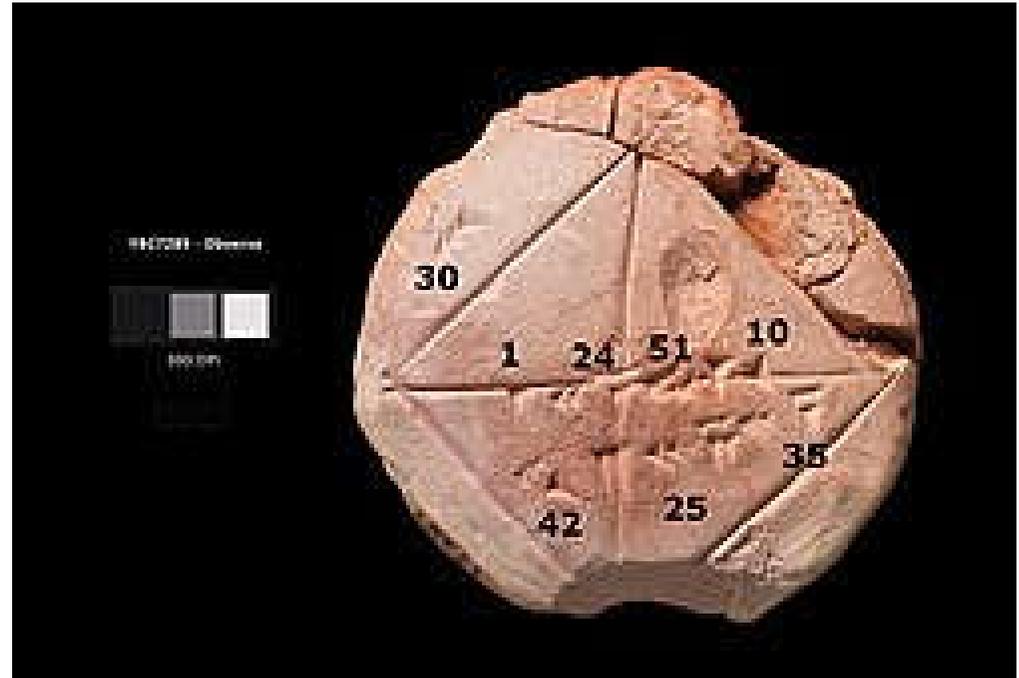


**Figura 2.3.** La Terra ci potrà ospitare ancora per qualche miliardo di anni (salvo imprevisti). Poi l'idrogeno, la fonte primaria dell'energia solare, comincerà a scarseggiare: ciò causerà il rigonfiamento del Sole, il riscaldamento della Terra e l'evaporazione degli oceani. Nel frattempo la nostra Galassia potrebbe entrare in collisione con un'altra, quella di Andromeda. Ma un miliardo di anni sono tanti... FONTE: Illustration copyright © Ron Miller.

# Disco di Nebra (1600 a.C.)



Il compendio astronomico dell'epoca di bronzo (Nebra, Germania)



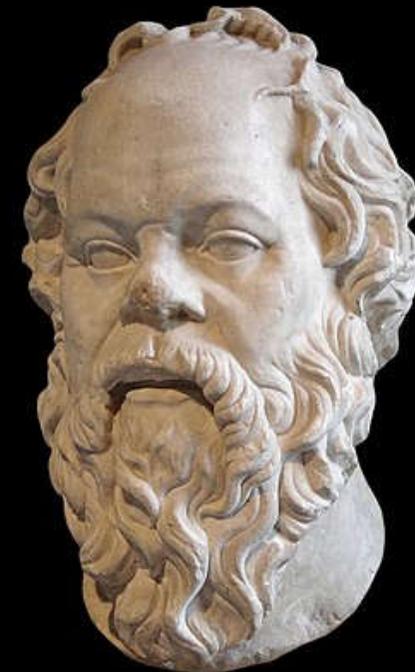
[https://en.wikipedia.org/wiki/YBC\\_7289](https://en.wikipedia.org/wiki/YBC_7289)

Tavoletta di Mesopotamia (1700 a.C.) con lo sviluppo del numero  $\sqrt{2}$  in frazioni  $1/60$

# I limiti del nostro sapere

La Terra, per quanto sia grande la sfera, nient'è rispetto alla grandezza del cielo, di cui limiti non sappiamo, e probabilmente saper neanche *non possiamo* ...

Nicolaus Copernicus, *De revolutionibus*, Norimberga, 1543



So, che non so niente  
(Socrate 470-399 a.C)

# Letteratura

- Steven Weinberg, I primi tre minuti, l'affascinante storia dell'origine dell'universo. Mondadori – De Agostini, 1994, Novara
- David Blanco Laserna, Il bosone di Higgs. La particella che dà sostanza a tutte le cose. Collana «Una passeggiata nel cosmo», RBA Italia, 2015
- Alberto Casas Gonzalez, La materia oscura. L'elemento più misterioso dell'Universo. Collana «Una passeggiata nel cosmo», RBA Italia, 2018
- G. Galileo, Sidereus Nuncius (Nunzio Sidereo)
- G. Galileo, Il Saggiatore
- G. Karwasz, Scienza e Fede, Aracne Editrice, Roma, 2019
- G. Karwasz, Astronomia per bambini, Publicat 2016 (in polacco, la traduzione parziale su richiesta)
- Marcello Spagnulo, Lo spazio oltre la Terra. Viaggio verso il futuro. Giunti, 2009 [190 pagine, formato grande, dettagliato, molto bello, su viaggi spaziali]
- Kendrick Frazier, Pianeta Terra. Il Sistema Solare, Mondadori, 1990 [bello, foto spettacolari].
- Peter Grego, Great Book of Universe, QED Publishing, 2009 [sulla Terra, Sistema Solare, Universo: semplice con belle foto]
- Margherita Hack, Massimo Ramella, Stelle, pianeti e galassie. Quattro passi nella scienza. Viaggio nella storia dell'astronomia dall'antichità ad oggi, Editoriale Scienza, 2017 [spiegazione semplici di processi astrofisici]
- Albi delle stelle – diversi autori