Istituto Nazionale di Astrofisica

Osservatorio astronomico di Brera

INAF ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

Universo in fiore

Introduzione all'astronomia

Ilaria Arosio

Ilaria.arosio@brera.inaf.it

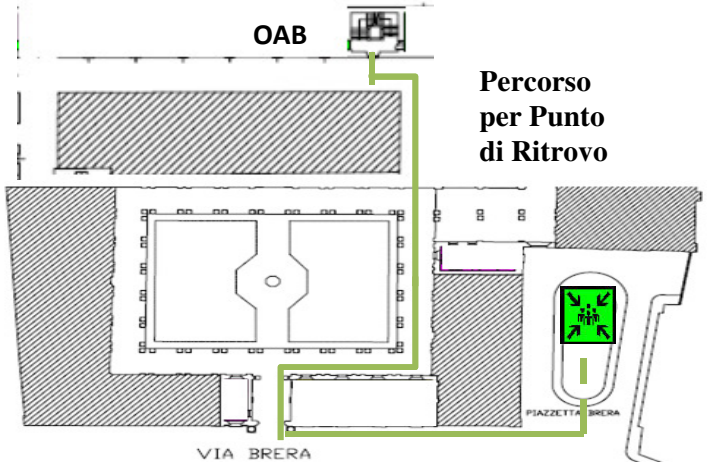
INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

3 novembre 2015

Osservatorio Astronomico di Brera

INAF

Uscite di Sicurezza
vie di fuga in caso di Emergenza



Punto di ritrovo

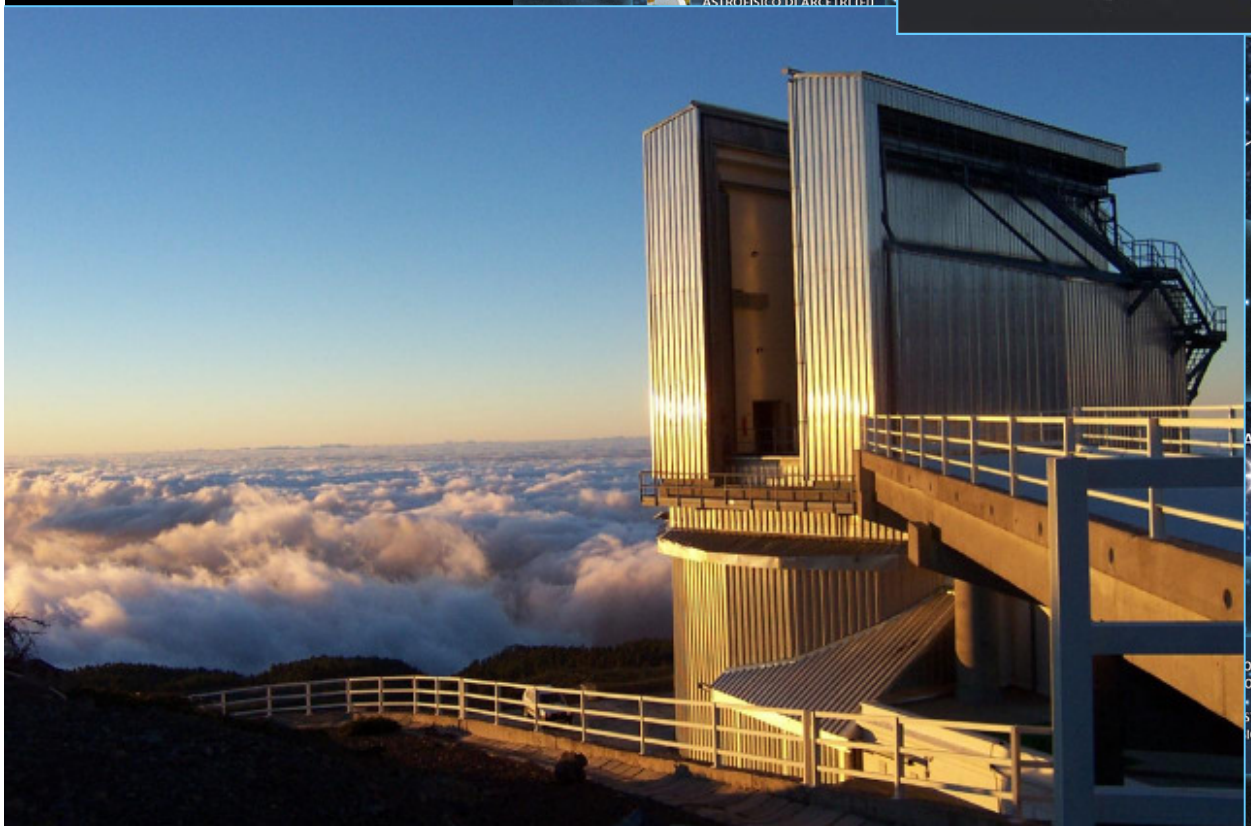
Piazzetta Brera

Fondato intorno al 1762,
l'OAB è la più antica istituzione di ricerca scientifica di Milano

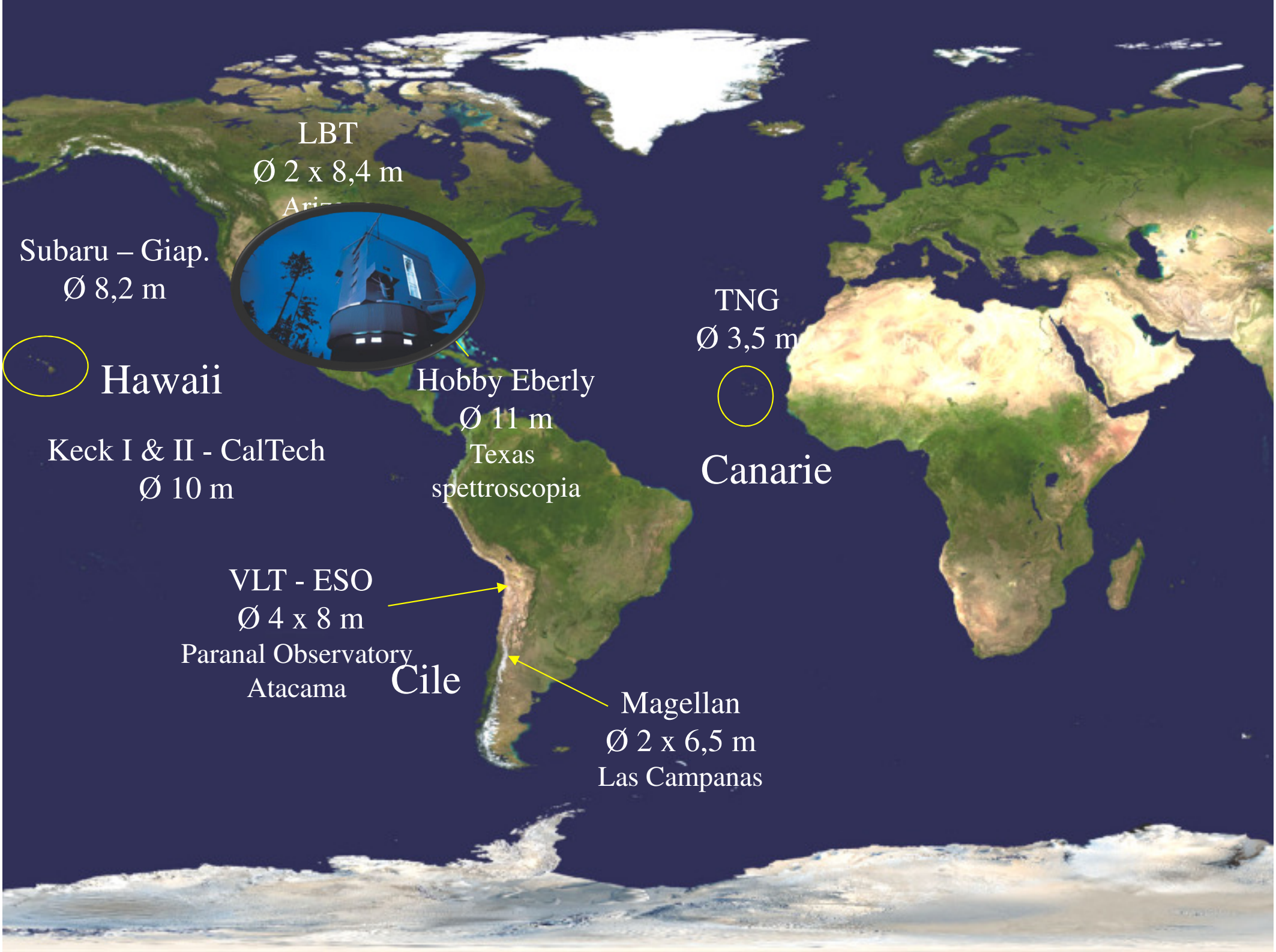
Fondato intorno al 1762,
l'OAB è la più antica istituzione di ricerca scientifica di Milano

INAF
ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI BRERA (MI)
ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI MILANO
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI PADOVA
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI TORINO
ISTITUTO DI FISICA DELLO SPAZIO INTERPLANETARIO DI TORINO
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI TRIESTE
MILANO
TRIESTE
PADOVA
TORINO
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI BOLOGNA
ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA DI BOLOGNA
ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI BOLOGNA
BOLOGNA
FIRENZE
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI TERAMO
OSSERVATORIO ASTROFISICO DI ARCETRI (FI)
TERAMO
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI CAPODIMONTE (NA)
ROMA
NAPOLI
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI ROMA
ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI ROMA
ISTITUTO DI FISICA DELLO SPAZIO INTERPLANETARIO DI ROMA
CAGLIARI
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI CAGLIARI
PALERMO
CATANIA
OSSERVATORIO ASTROFISICO DI CATANIA
TELESCOPIO NAZIONALE GALILEO (LA PALMA, ISOLE CANARIE - SPAGNA)
LA PALMA (SPAGNA)
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI PALERMO
ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI PALERMO

OSSERVATORIO
ASTRONOMICO DI TORINO
ISTITUTO DI FISICA DELLO
SPAZIO INTERPLANETARIO
DI TORINO
TORINO
OSSERVATORIO



ASTRONOMICO
DI CAPODIMONTE (NA)
ATANIA
OSSERVATORIO
ASTROFISICO DI CATANIA
O DI PALERMO
STROFISICA
ICA COSMICA

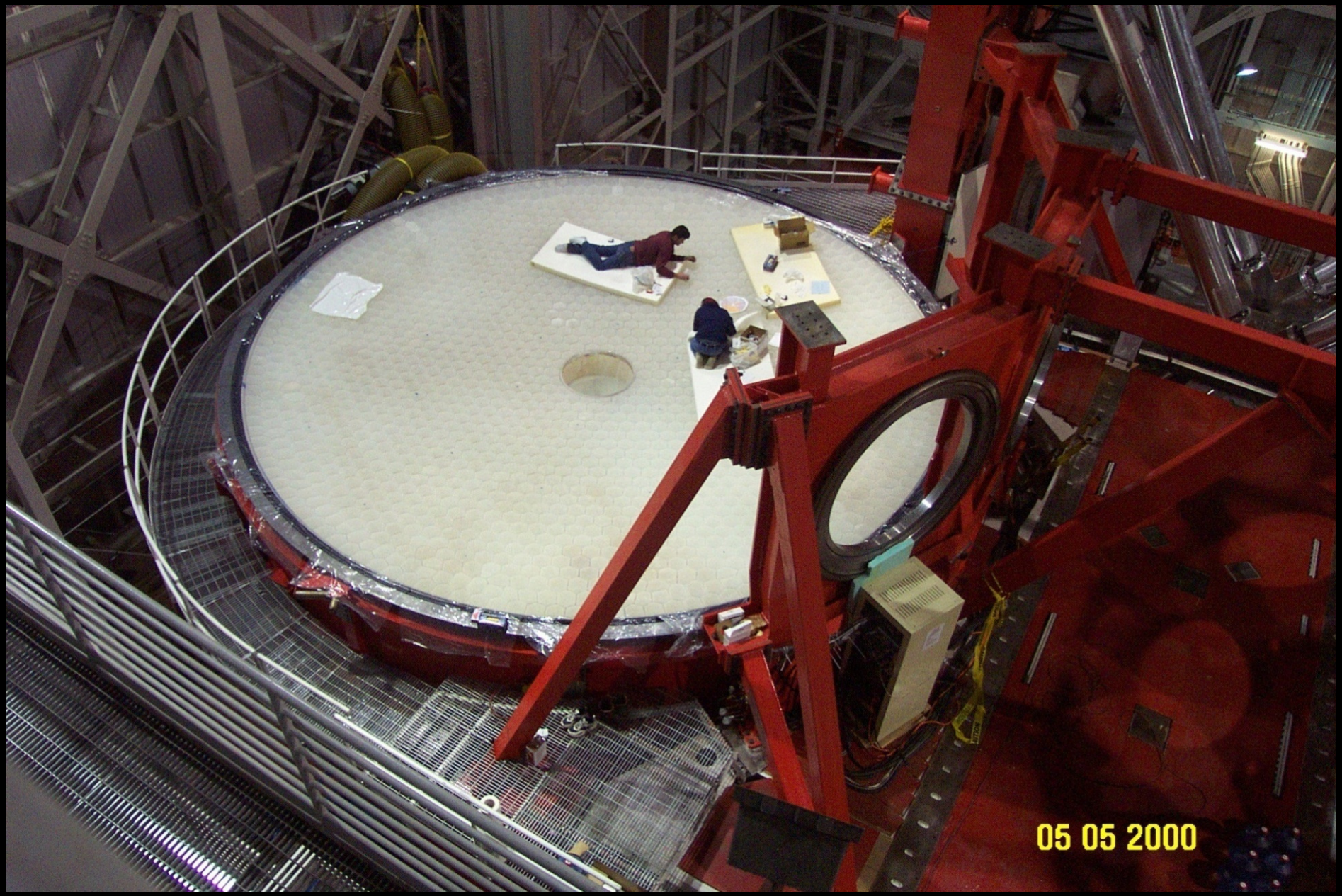

LBT
Ø 2 x 8,4 m
Subaru – Giap.
Ø 8,2 m
Hawaii
Keck I & II - CalTech
Ø 10 m
Hobby Eberly
Ø 11 m
Texas
spettroscopia
TNG
Ø 3,5 m
Canarie
VLT - ESO
Ø 4 x 8 m
Paranal Observatory
Atacama
Cile
Magellan
Ø 2 x 6,5 m
Las Campanas

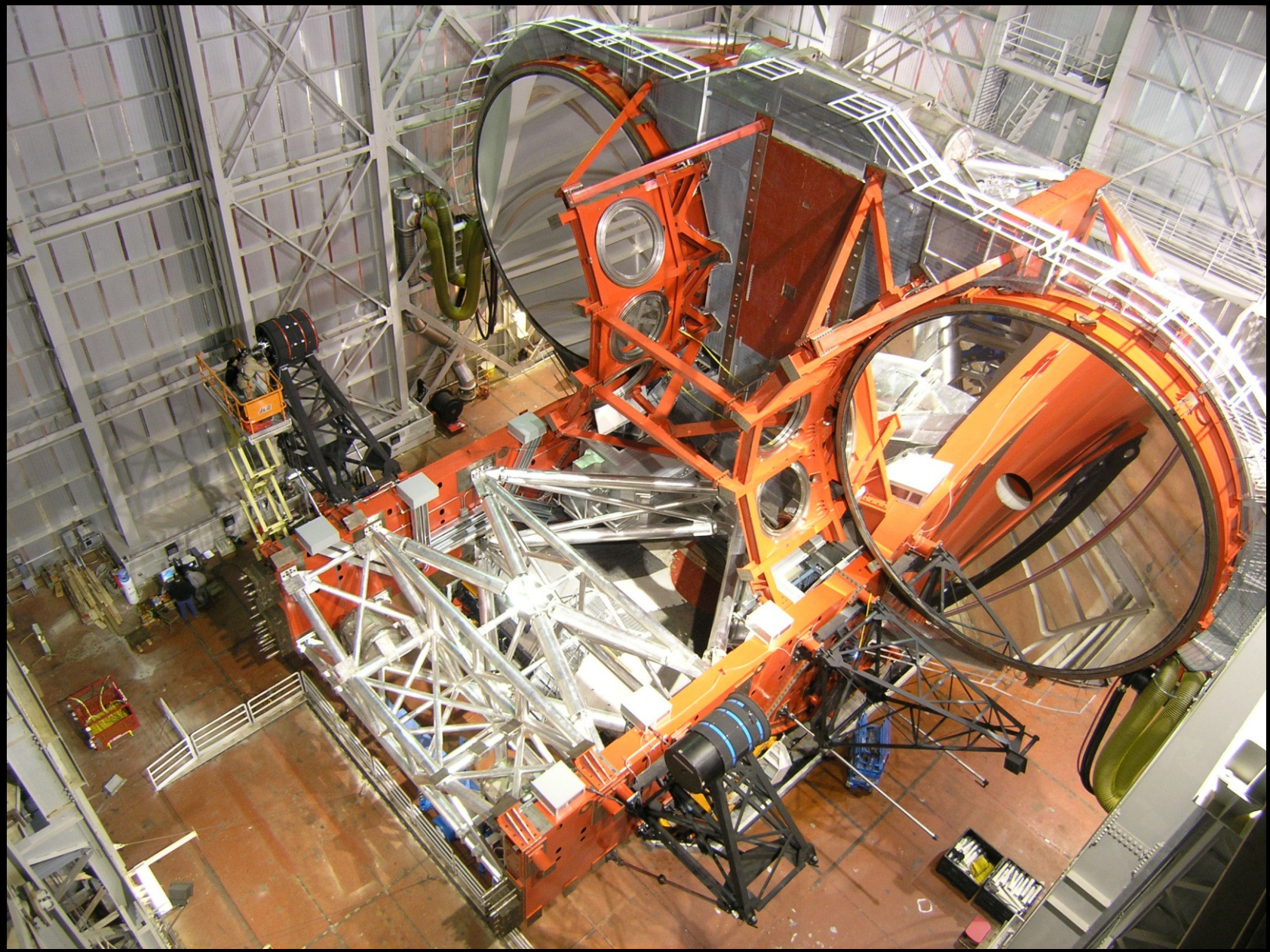
Subaru – Gia
Ø 8,2 m

Haw i

Keck I & I
Ø 1

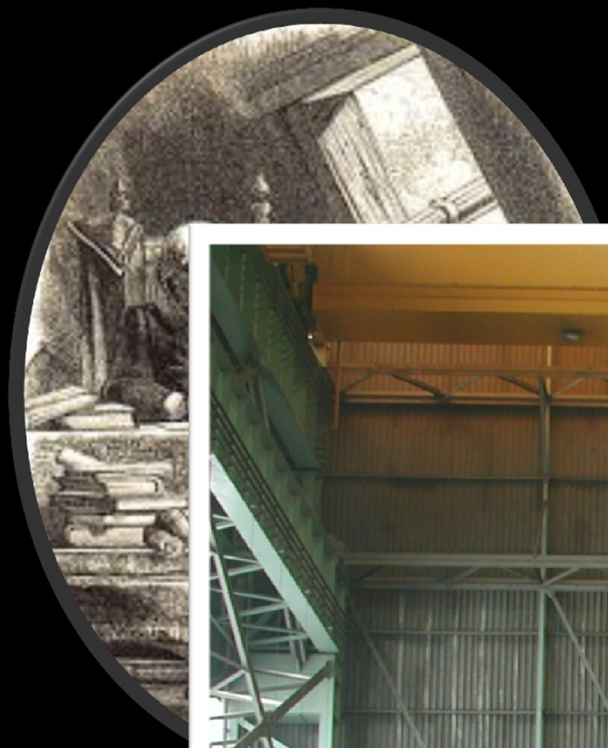
a


05 05 2000

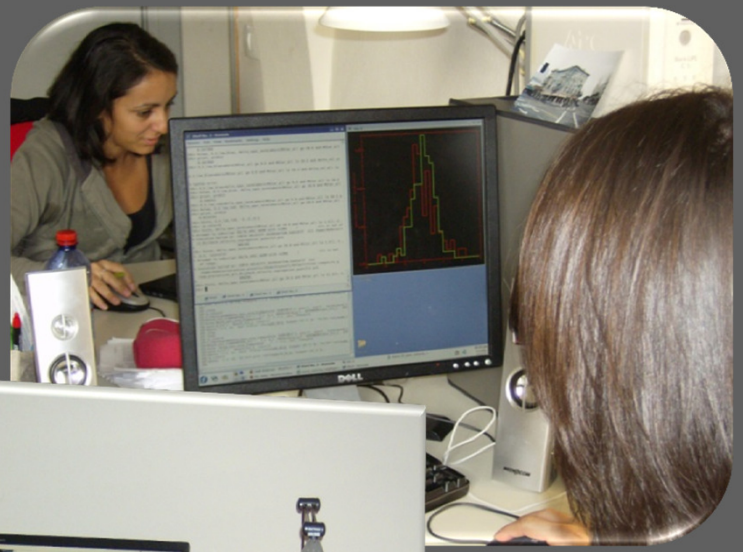


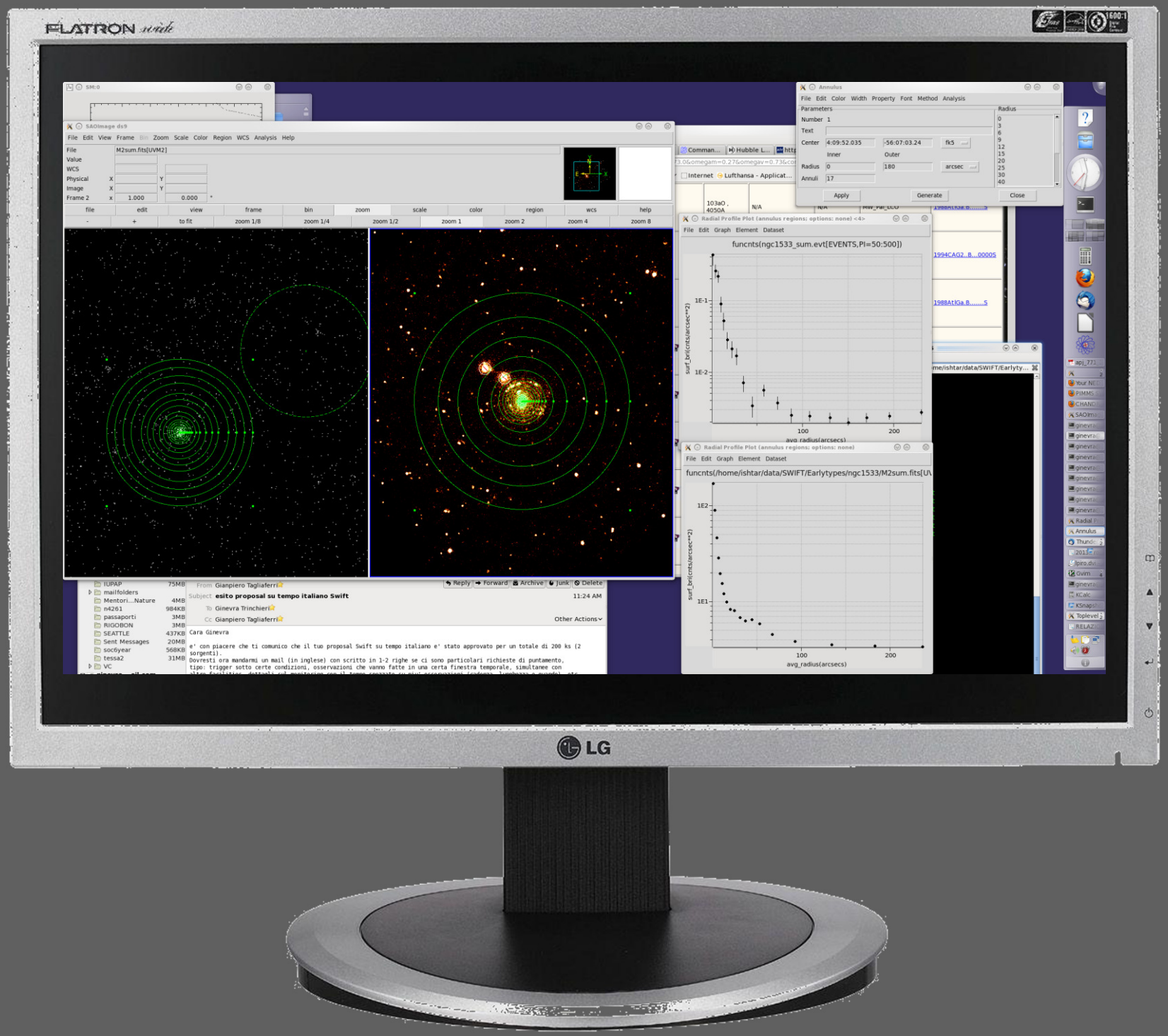
Cosa fa un astronomo?

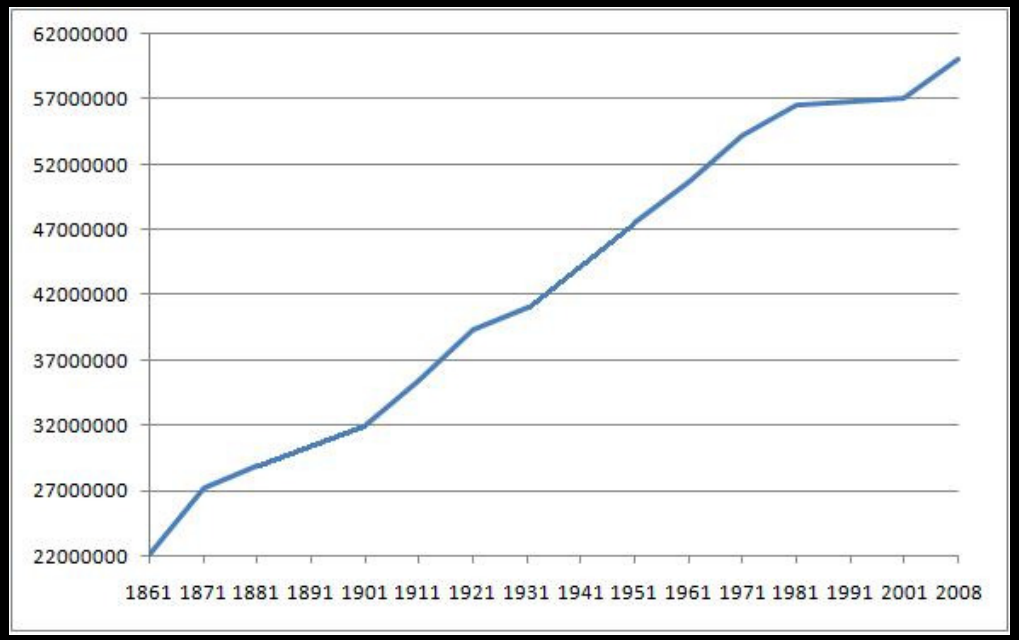
Cosa fa un astronomo?

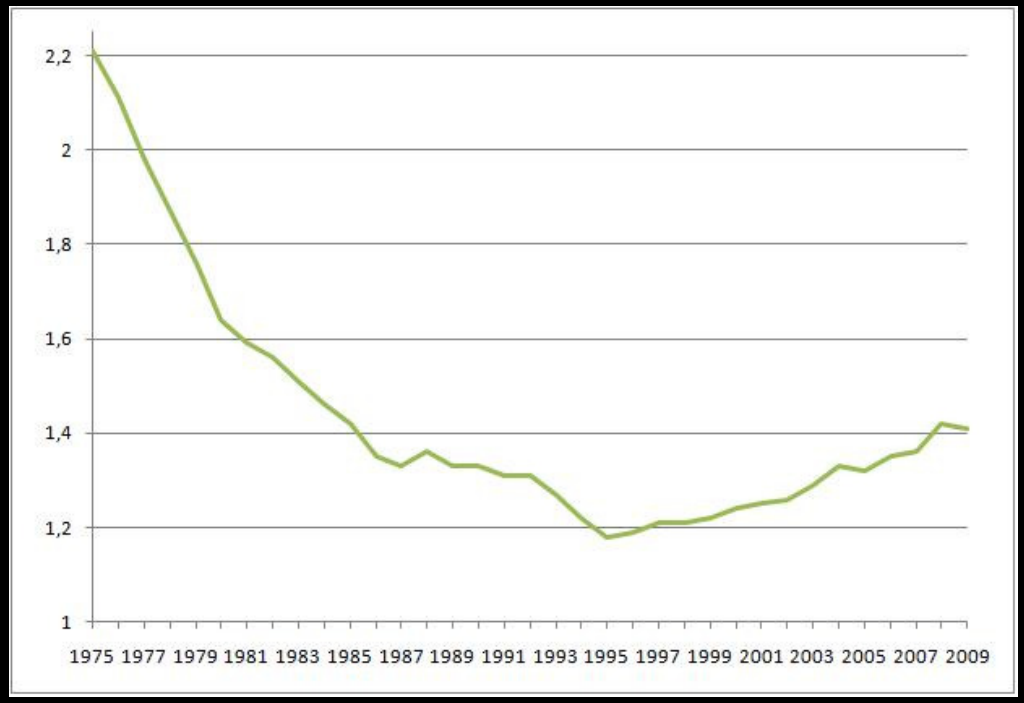


Cosa fa un astronomo?

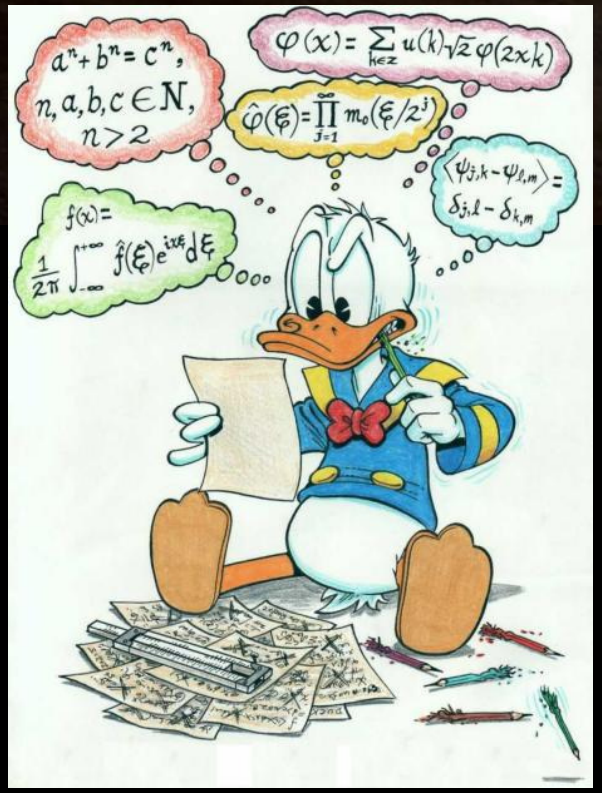



FLATRON wide
SAOImage ds9
M2sum.fits[UVM2]
Annulus
Radial Profile Plot (annulus regions: options: none) <4>
funcnts(ngc1533_sum.evt[EVENTS,PI=50:500])
surf_bri(cnts/arcsec**2)
avg_radius(arcsecs)
Radial Profile Plot (annulus regions: options: none)
funcnts(/home/ishtar/data/SWIFT/Earlytypes/ngc1533/M2sum.fits[U
esito proposal su tempo italiano Swift
Gianpiero Tagliaferri
Ginevra Trinchieri
Cara Ginevra
LG





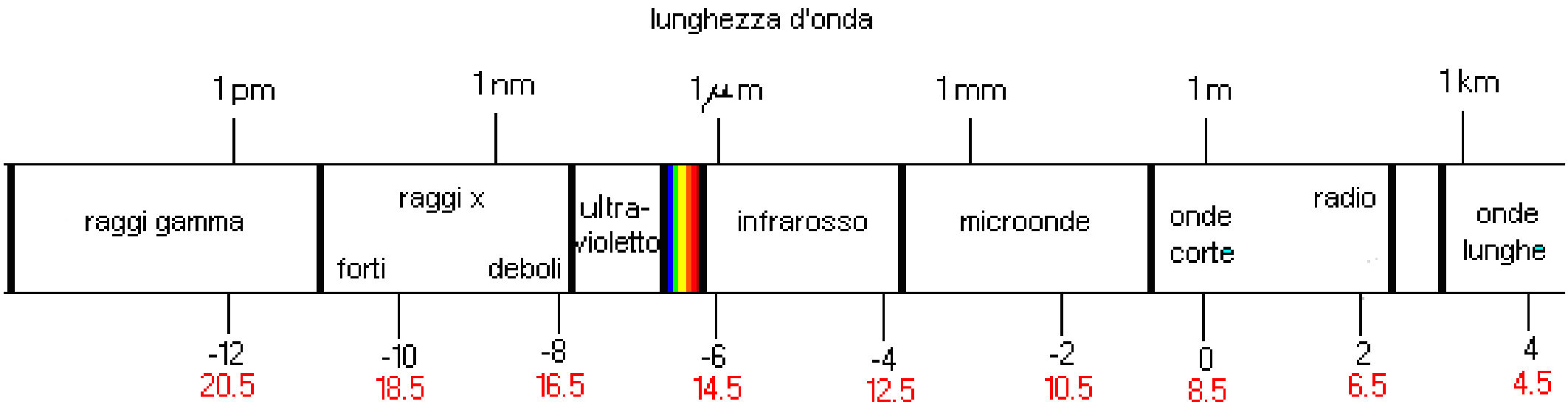
Anno	Popolazione 1º gennaio	Nascite	Tasso di natalità in ‰	Tasso di fecondità	Morti	Tasso di mortalità in ‰
1960	50.025.501	923.004	18,3	2,41	480.848	9,5
1970	53.685.301	917.496	17,0	2,43	528.622	9,8
1980	56.388.481	657.278	11,6	1,64	559.376	9,9
1990	56.694.360	580.761	10,2	1,33	544.397	9,5
2000	57.679.895	543.039	9,4	1,24	560.241	9,6
2010[110]	60.340.328	n.d.	9,2	1,40	n.d.	9,7
Anno	**Popolazione 1º gennaio**	**Nascite**	**Tasso di natalità in ‰**	**Tasso di fecondità**	**Morti**	**Tasso di mortalità in ‰**

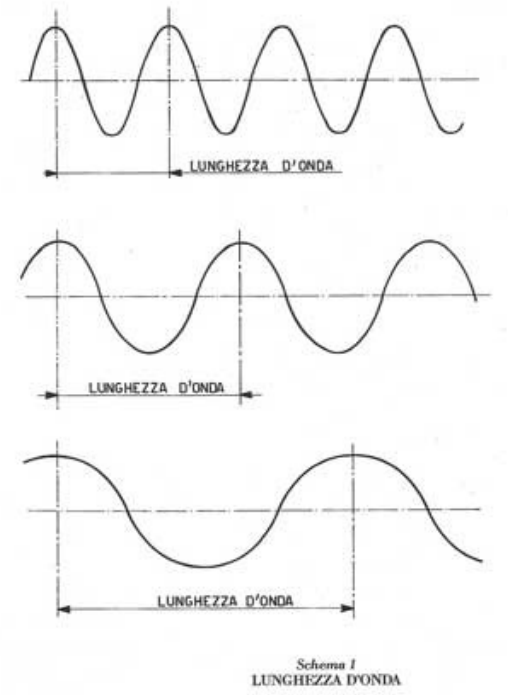

$a^n + b^n = c^n$,
$n, a, b, c \in \mathbb{N}$,
$n > 2$
$\varphi(x) = \sum_{k \in z} u(k)\sqrt{2}\varphi(2x-k)$
$\hat{\varphi}(\xi) = \prod_{j=1}^{\infty} m_0(\xi/2^j)$
$\langle \psi_{j,k} - \psi_{l,m} \rangle =$
$\delta_{j,l} - \delta_{k,m}$
$f(x) =$
$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \hat{f}(\xi) e^{ix\xi} d\xi$

Proprietà della radiazione elettromagnetica

Proprietà della radiazione elettromagnetica

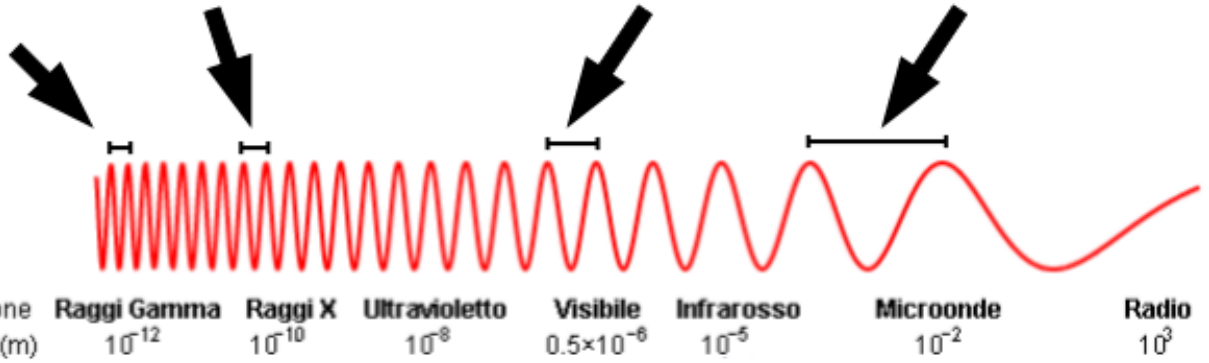
luce

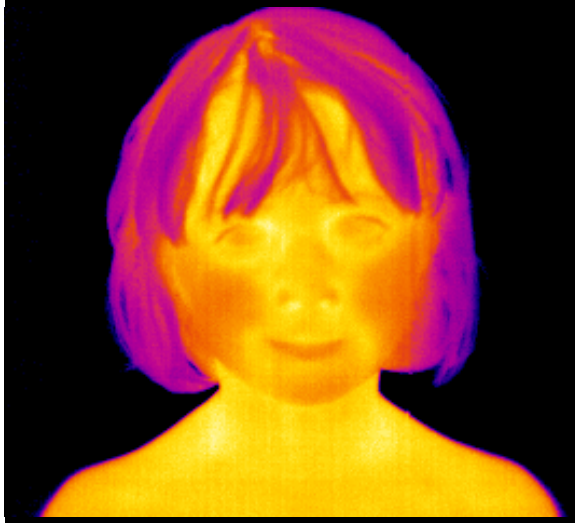


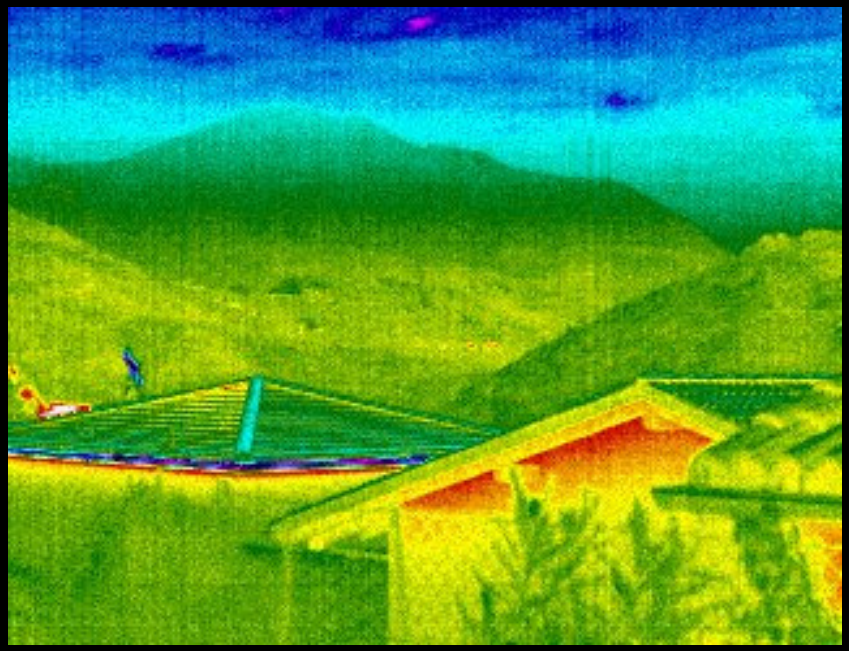


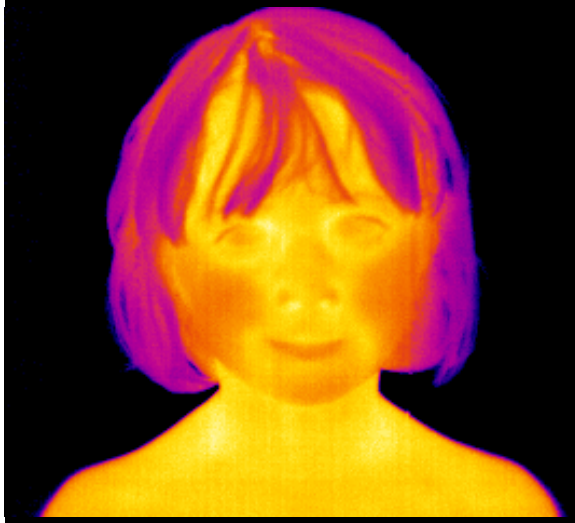
Schema 1
LUNGHEZZA D'ONDA

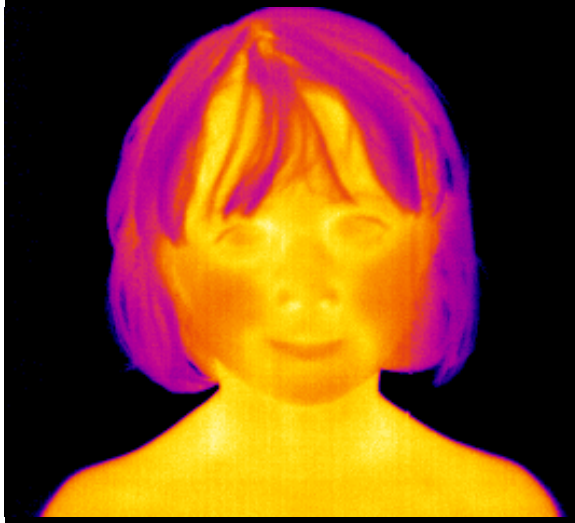
log lunghezza d'onda (m)
log frequenza (Hz)

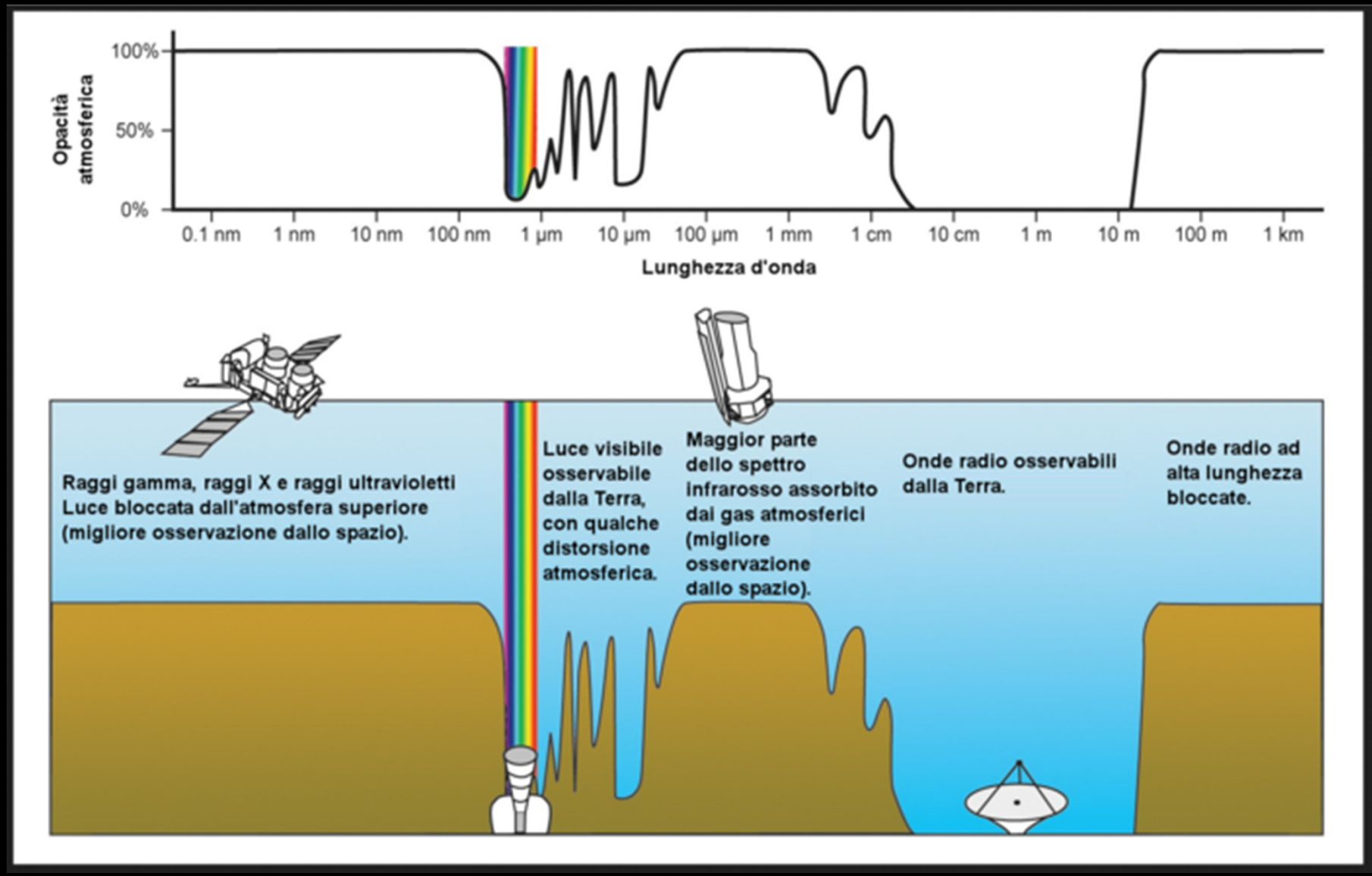


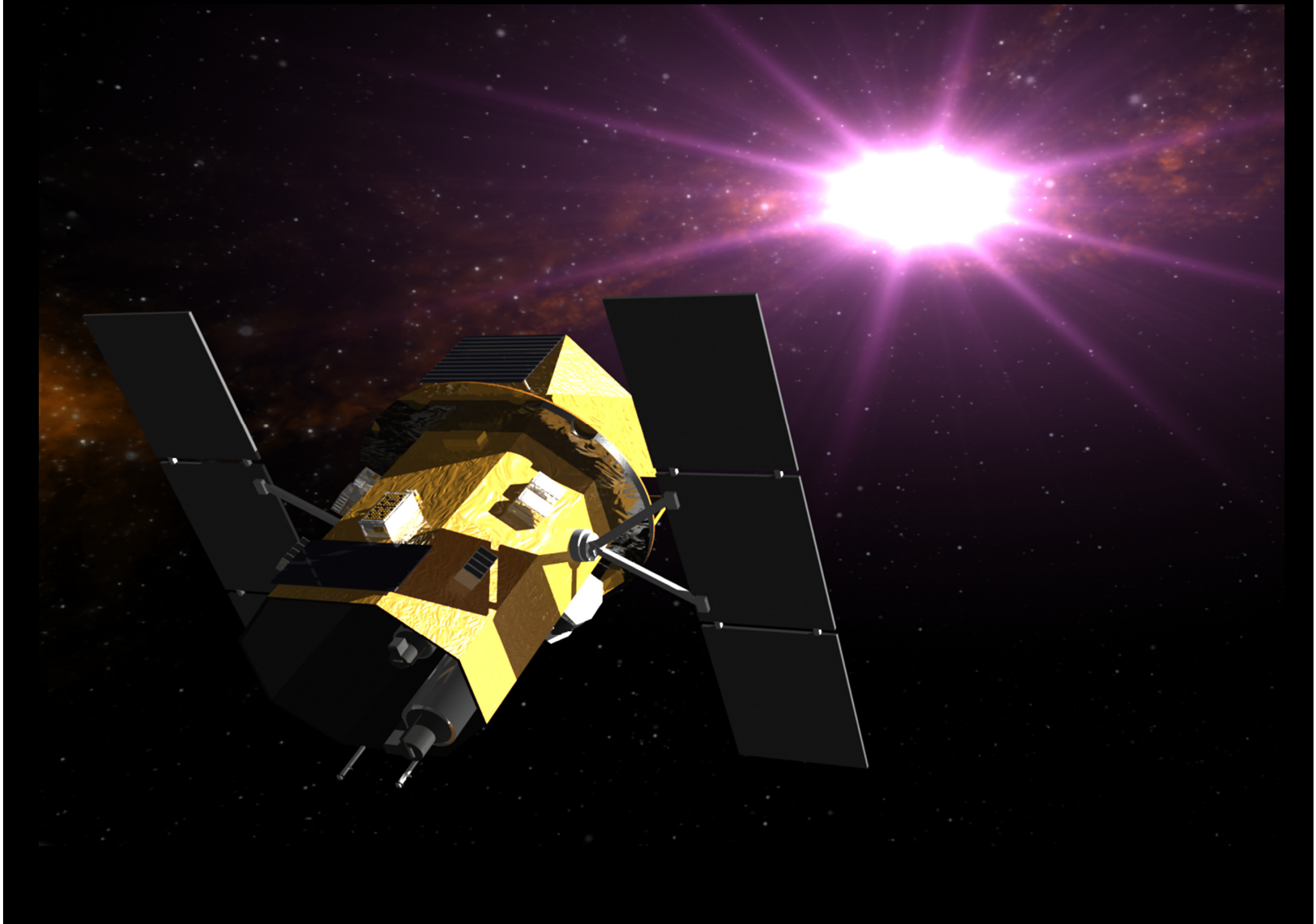









Opacità atmosferica
100%
50%
0%
0.1 nm
1 nm
10 nm
100 nm
1 µm
10 µm
100 µm
1 mm
1 cm
10 cm
1 m
10 m
100 m
1 km
Lunghezza d'onda
Raggi gamma, raggi X e raggi ultravioletti
Luce bloccata dall'atmosfera superiore
(migliore osservazione dallo spazio).
Luce visibile
osservabile
dalla Terra,
con qualche
distorsione
atmosferica.
Maggior parte
dello spettro
infrarosso assorbito
dai gas atmosferici
(migliore
osservazione
dallo spazio).
Onde radio osservabili
dalla Terra.
Onde radio ad
alta lunghezza
bloccate.



L'astronomia

etimologicamente significa *legge delle stelle* (dal greco: ἀστρονομία = ἀστῆρ/ἄστρον (stella) + νόμος (legge)),

è la scienza il cui oggetto è l'osservazione e la spiegazione degli eventi celesti.

Grande carro

settentrione

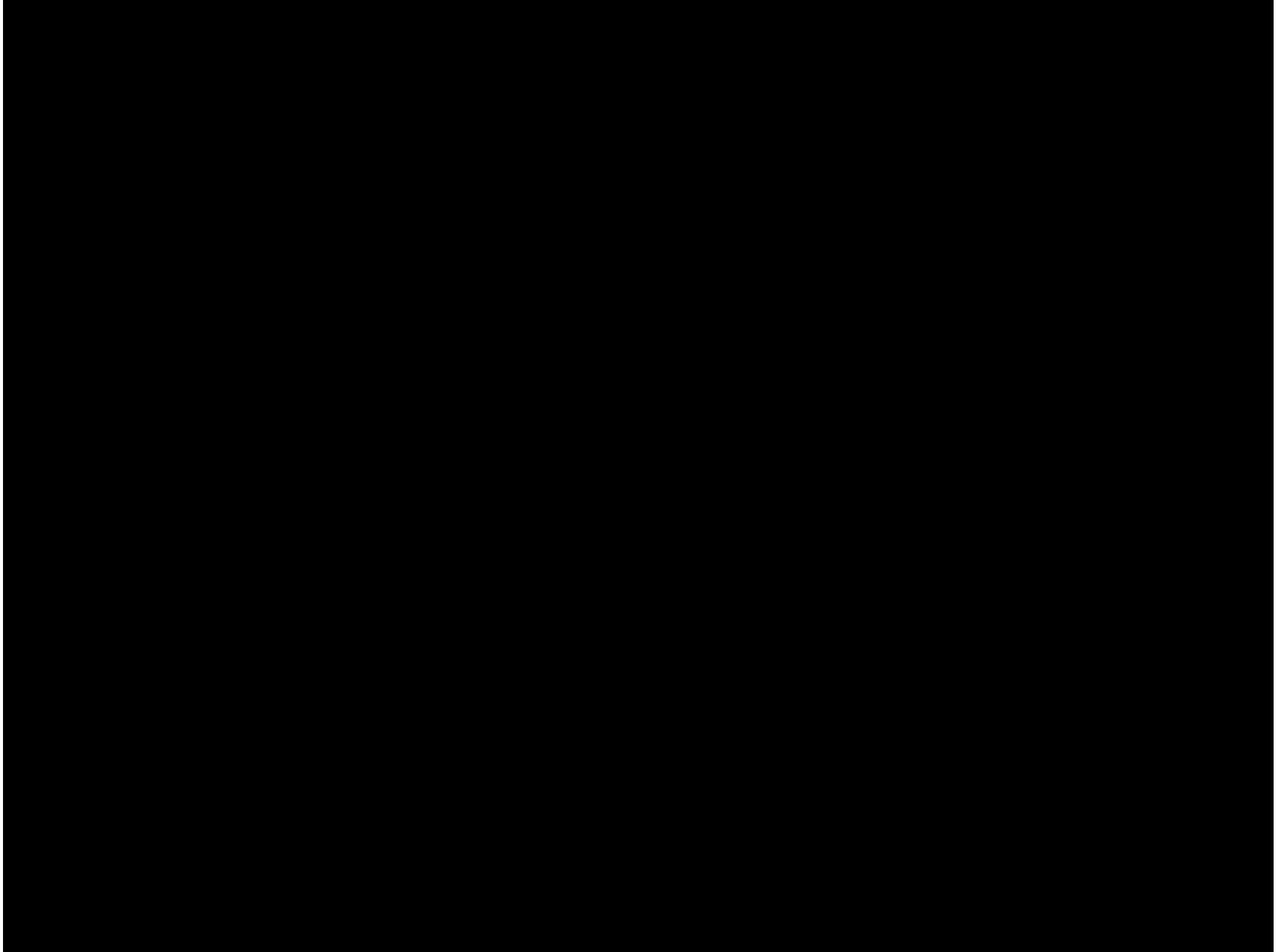
Sirio da 4000 a 2000 a.C

semina, straripamento Nilo, anno nuovo

Pleiadi nel I millennio a.C.

navigazione

levata eliaca inizio anno in Mesopotamia 2500 a.C.



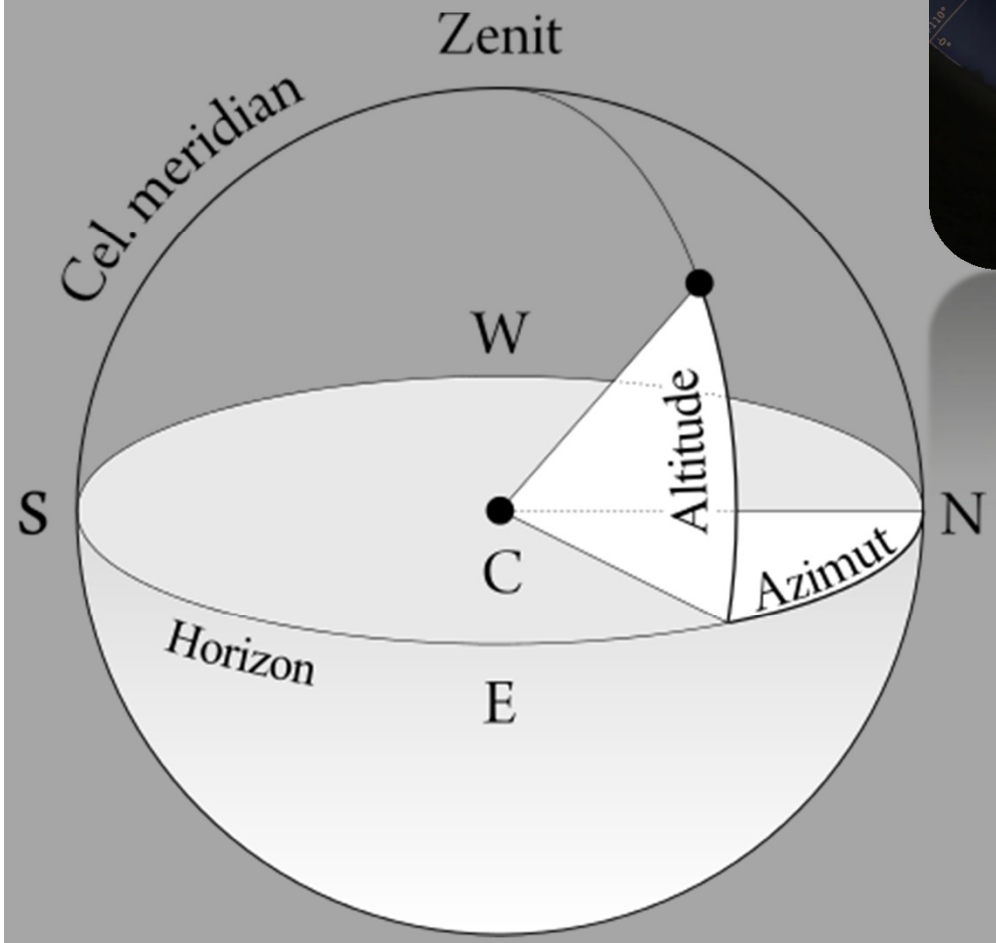
Capella
Betelgeuse
Rigel
S

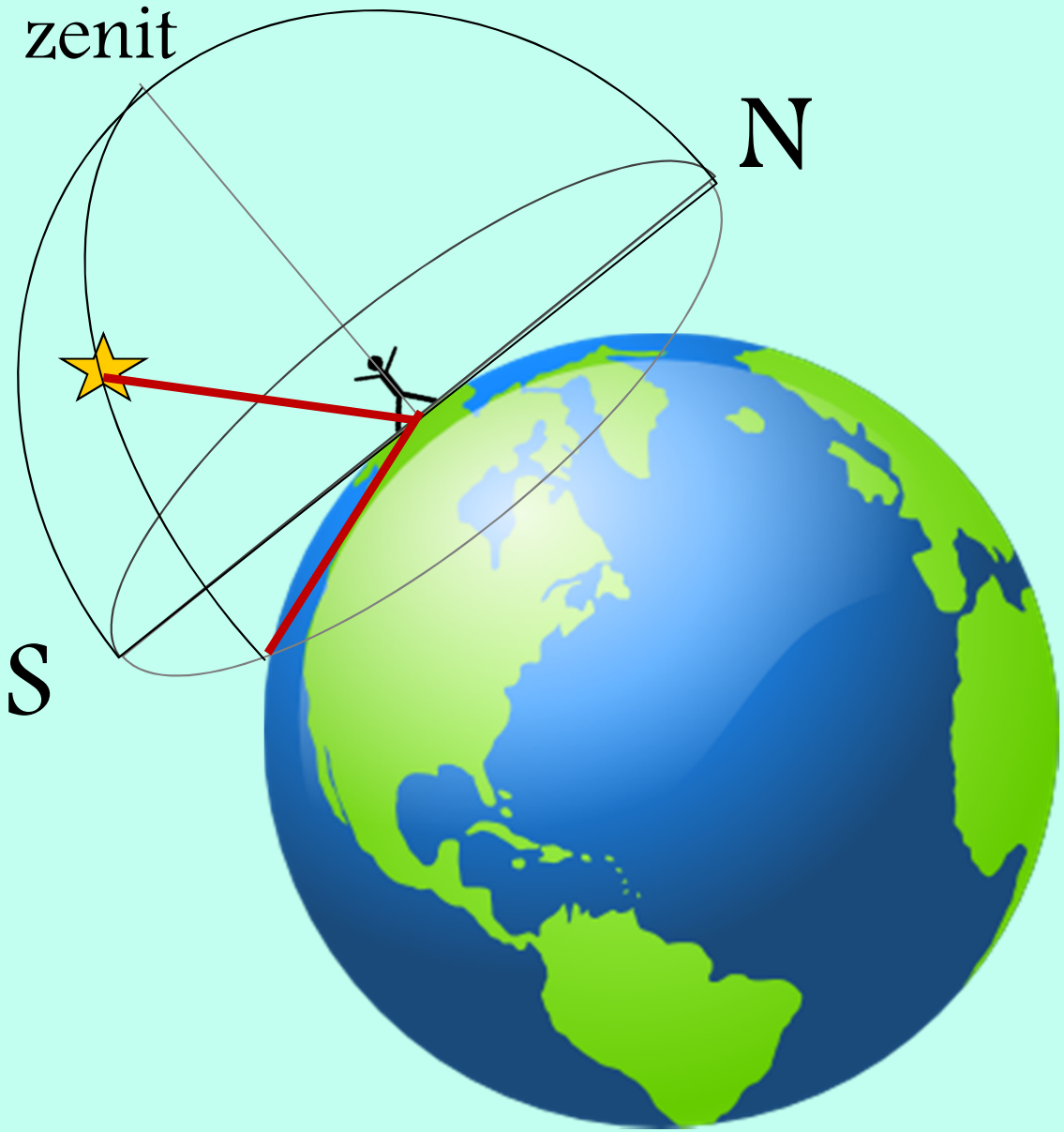
«Ehi! hai visto Orione stasera?»

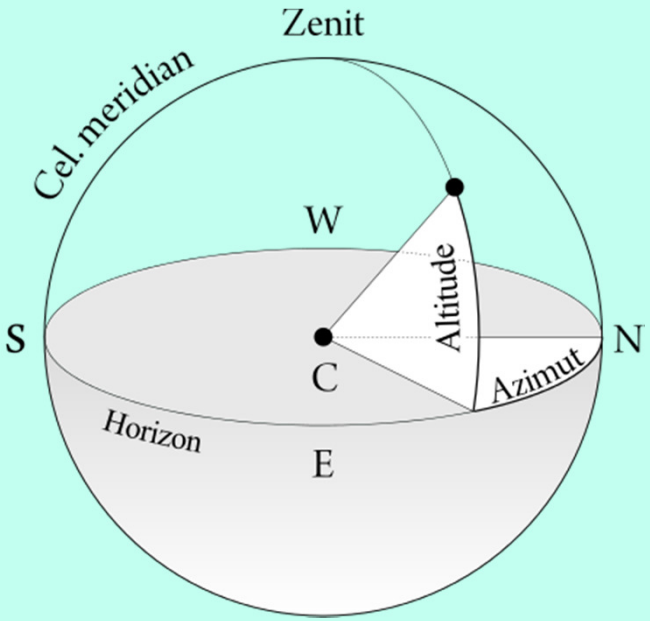
«No! Dove devo guardare?»

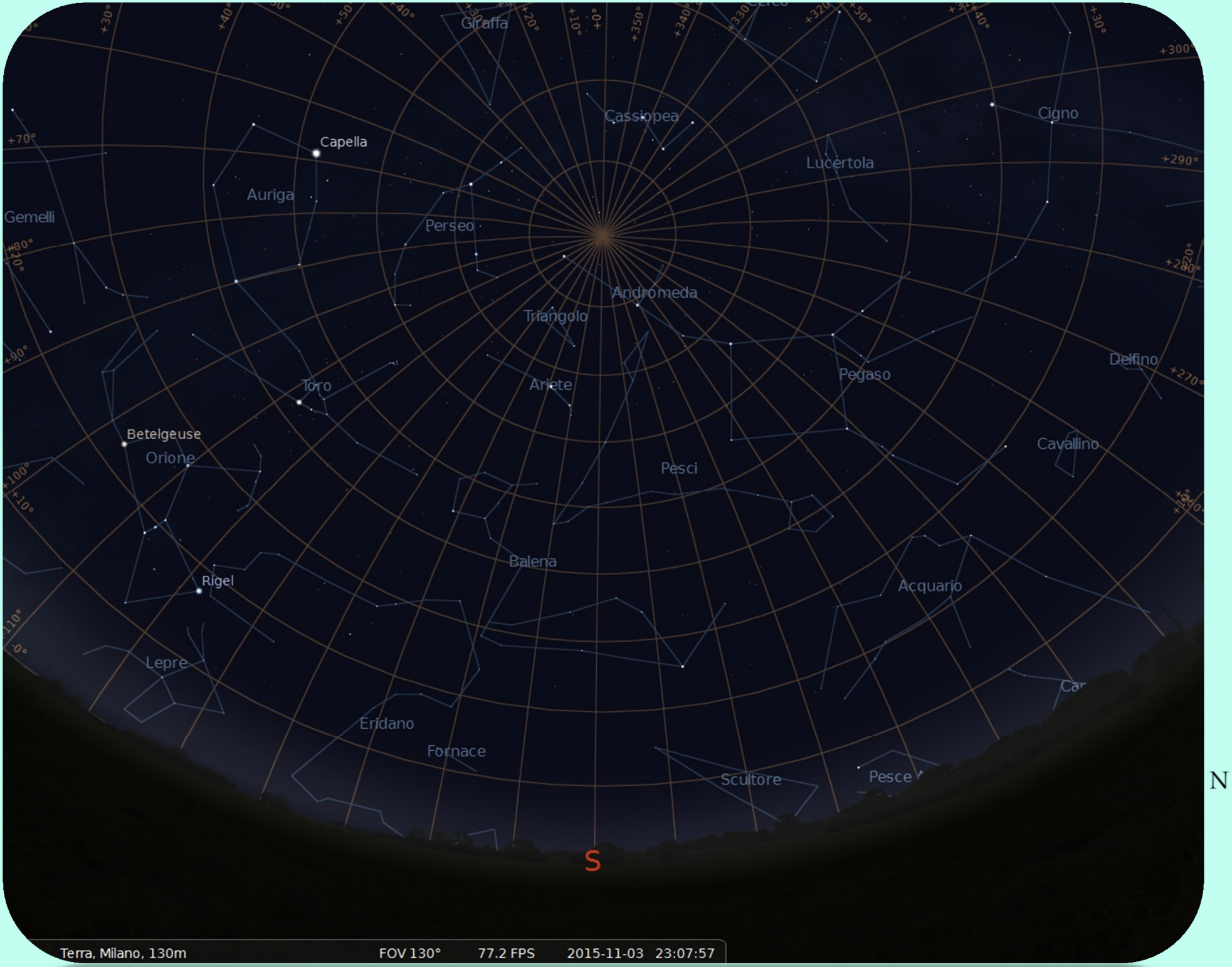
Giraffa
Cassiopea
Cigno
Capella
Lucertola
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Triangolo
Delfino
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Cavallino
Pesci
Balena
Rigel
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
S

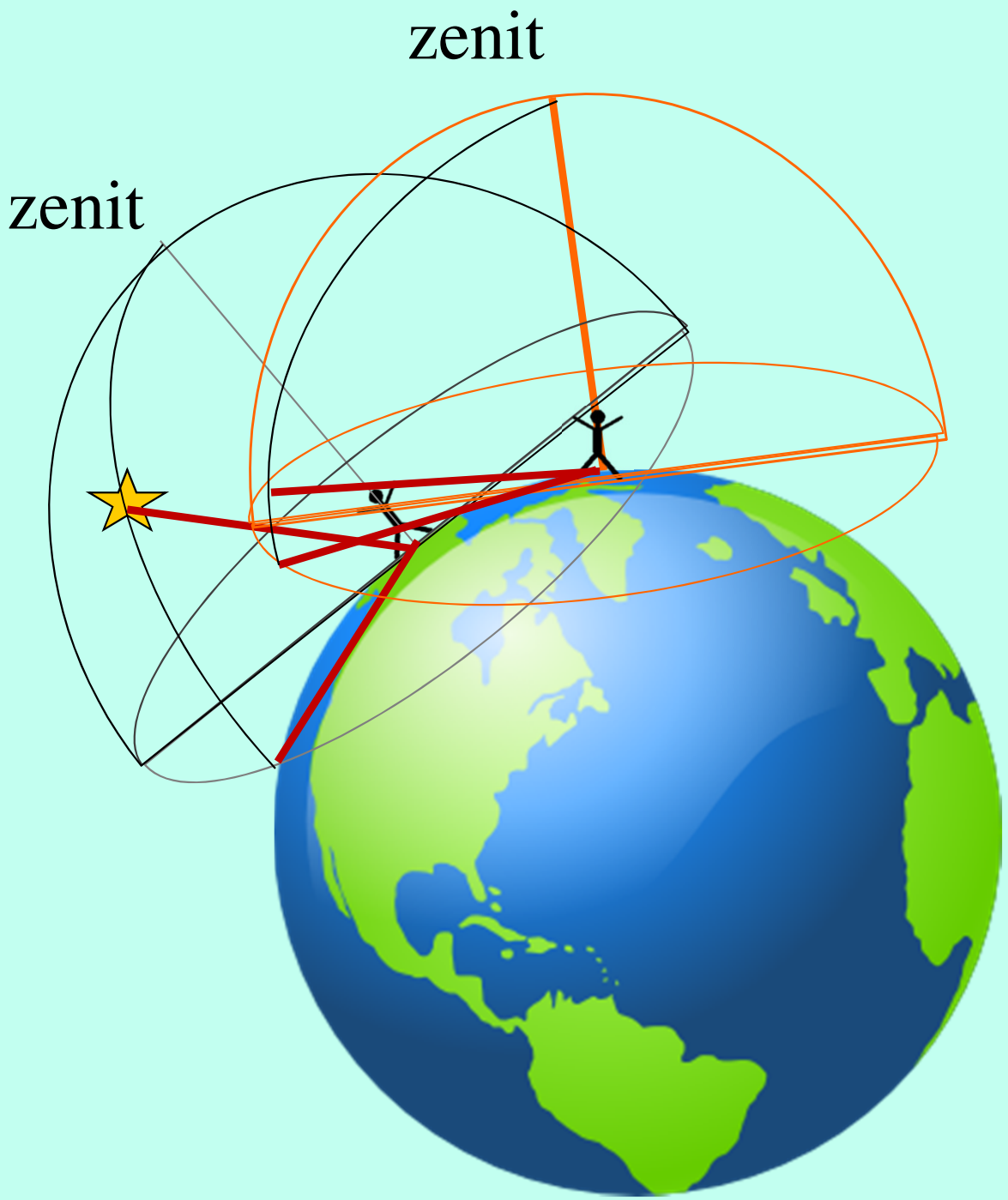
Giraffa
Cassiopea
Cigno
Capella
Lucertola
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Triangolo
Delfino
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Cavallino
Pesci
Balena
Rigel
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
Pesce
S


Zenit
Cel. meridian
W
Altitude
S
N
C
Azimut
Horizon
E


zenit
N
S

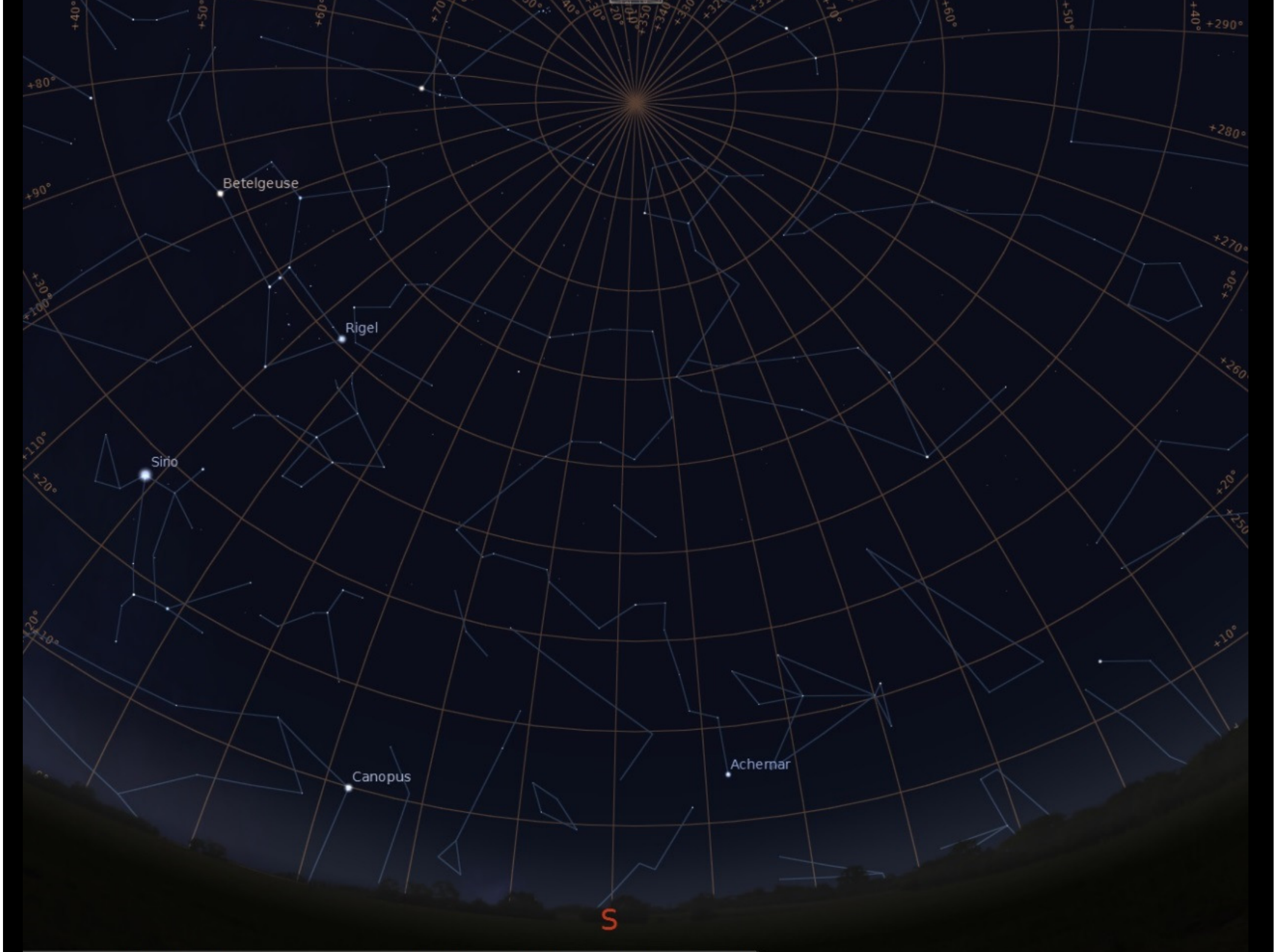

Zenit
Cel. meridian
W
Altitude
S
N
C
Azimut
Horizon
E

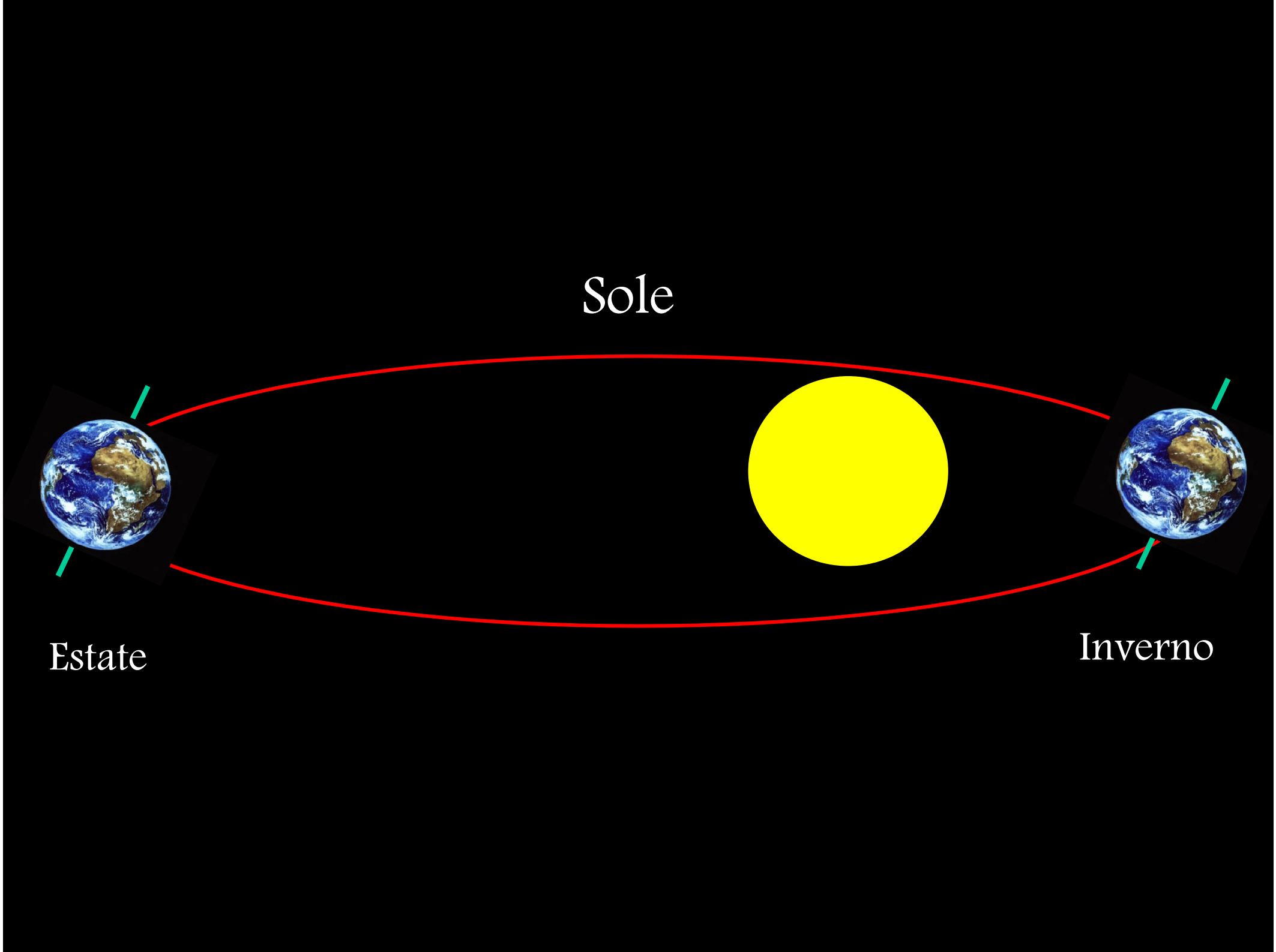

Giraffa
Cassiopea
Cigno
Capella
Lucertola
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Triangolo
Delfino
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Cavallino
Pesci
Balena
Rigel
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
N
S
Terra, Milano, 130m
FOV 130°
77.2 FPS
2015-11-03 23:07:57

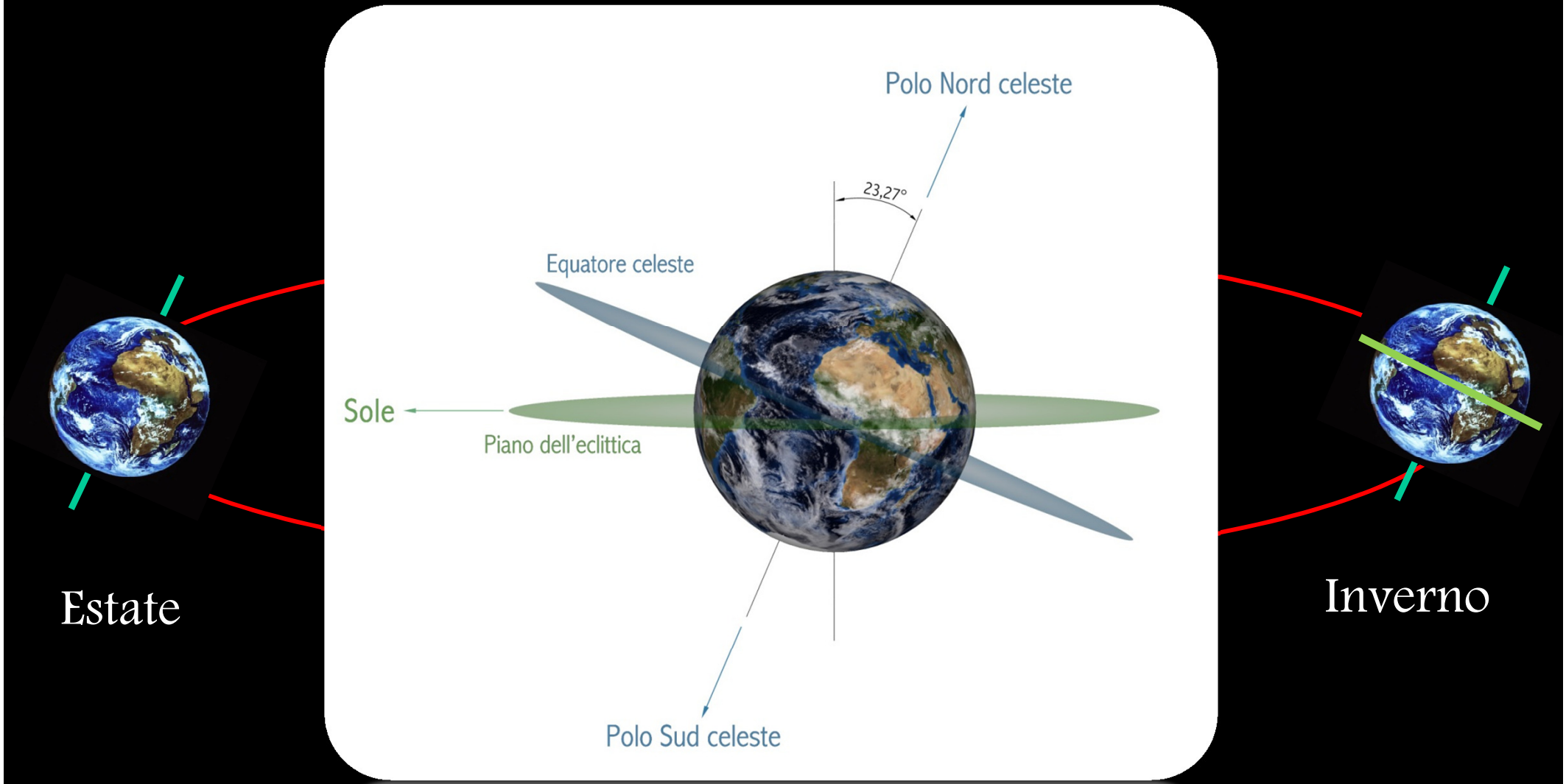

zenit
zenit

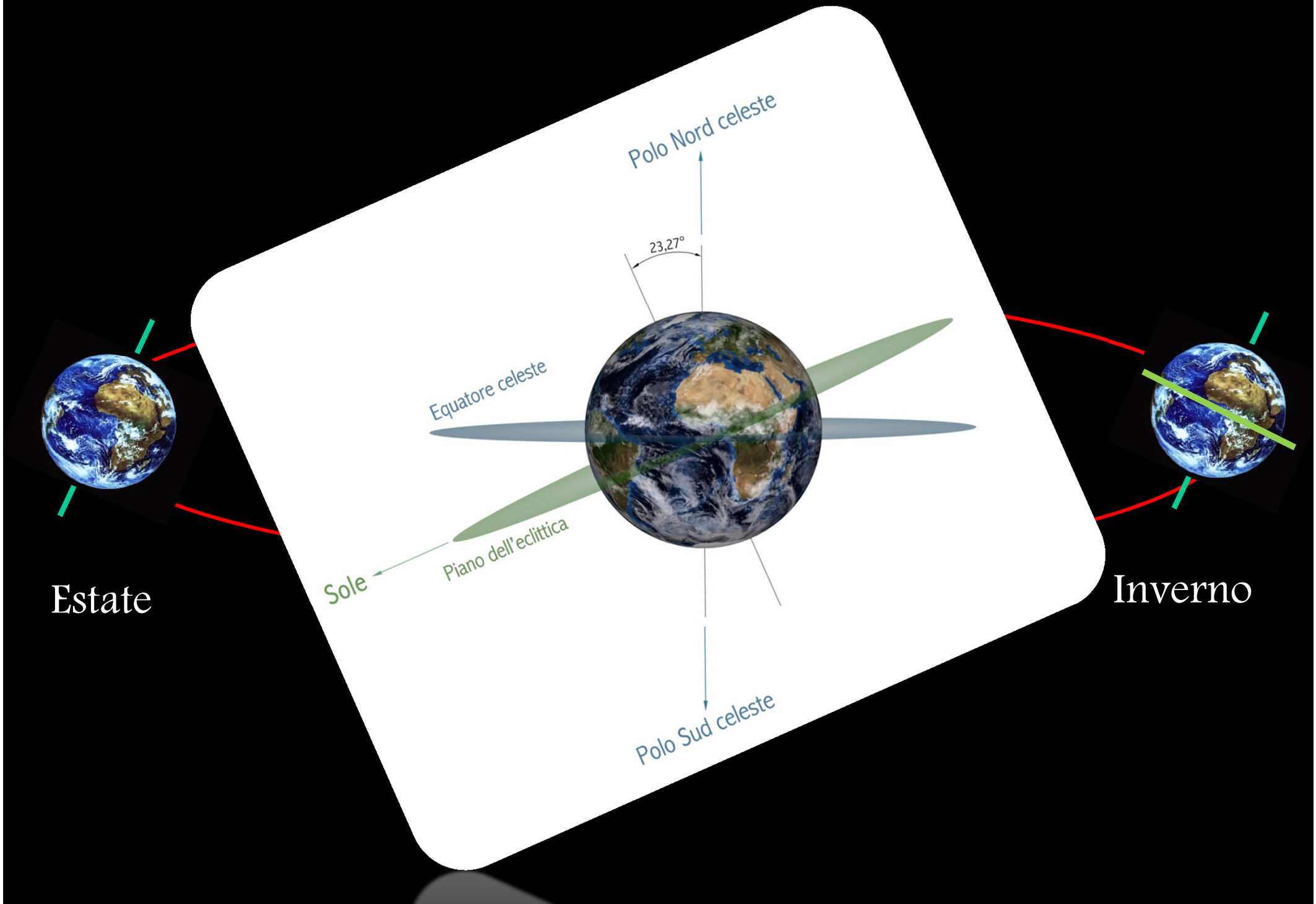
Giraffa
Cassiopea
Cigno
Capella
Lucertola
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Triangolo
Delfino
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Cavallino
Pesci
Balena
Rigel
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
S

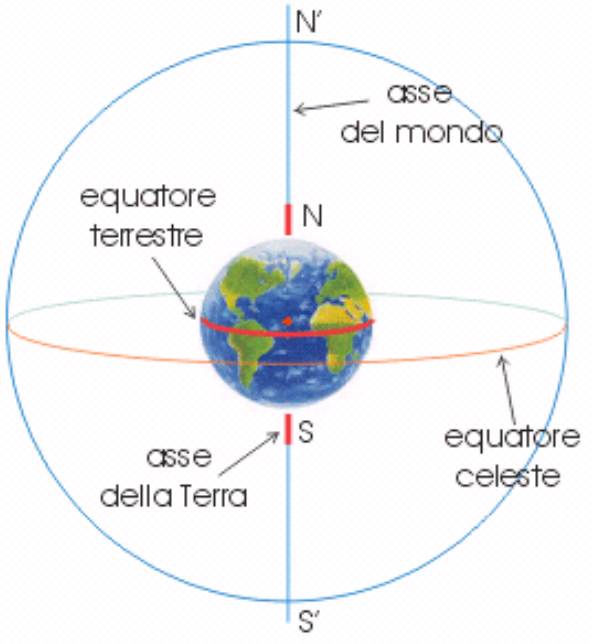
Capella
Procione
Betelgeuse
Rigel
Sirio
S

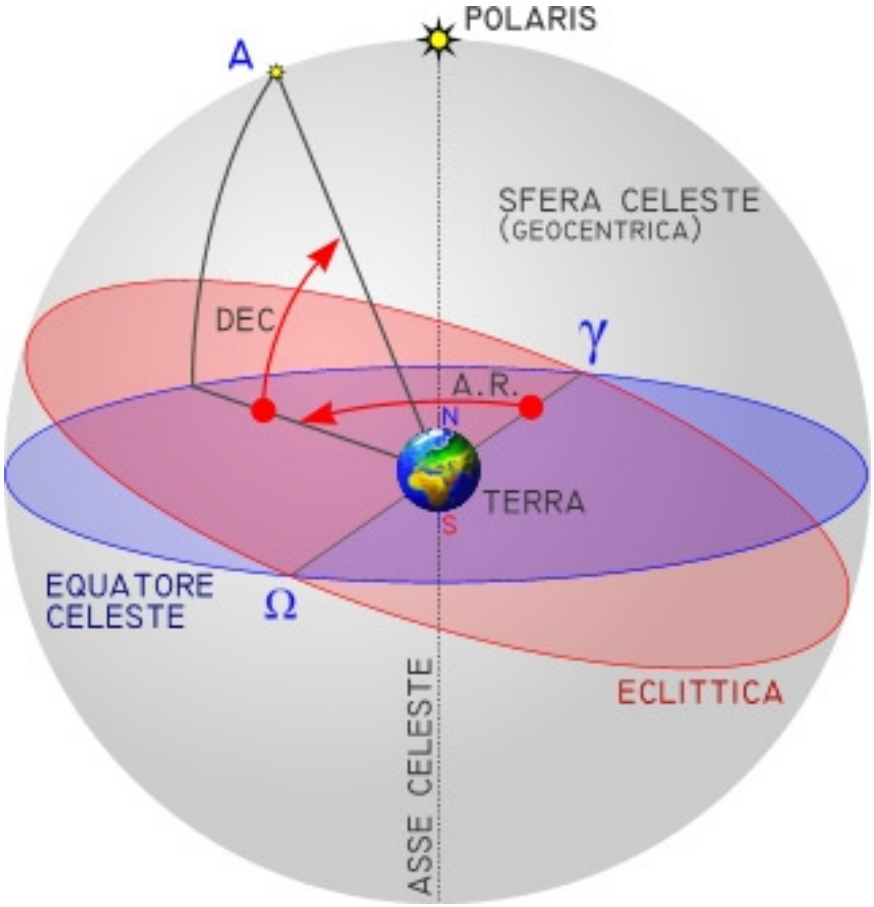

Betelgeuse
Rigel
Sirio
Canopus
Achernar
S


Sole
Estate
Inverno


Polo Nord celeste
23,27°
Equatore celeste
Sole
Piano dell'eclittica
Polo Sud celeste
Estate
Inverno


Polo Nord celeste
23,27°
Equatore celeste
Piano dell'eclittica
Sole
Polo Sud celeste
Estate
Inverno


N'
asse
del mondo
equatore
terrestre
N
S
asse
della Terra
equatore
celeste
S'


POLARIS
A
SFERA CELESTE
(GEOCENTRICA)
DEC
γ
A.R.
N
TERRA
S
EQUATORE
CELESTE
Ω
ECLITTICA
ASSE CELESTE

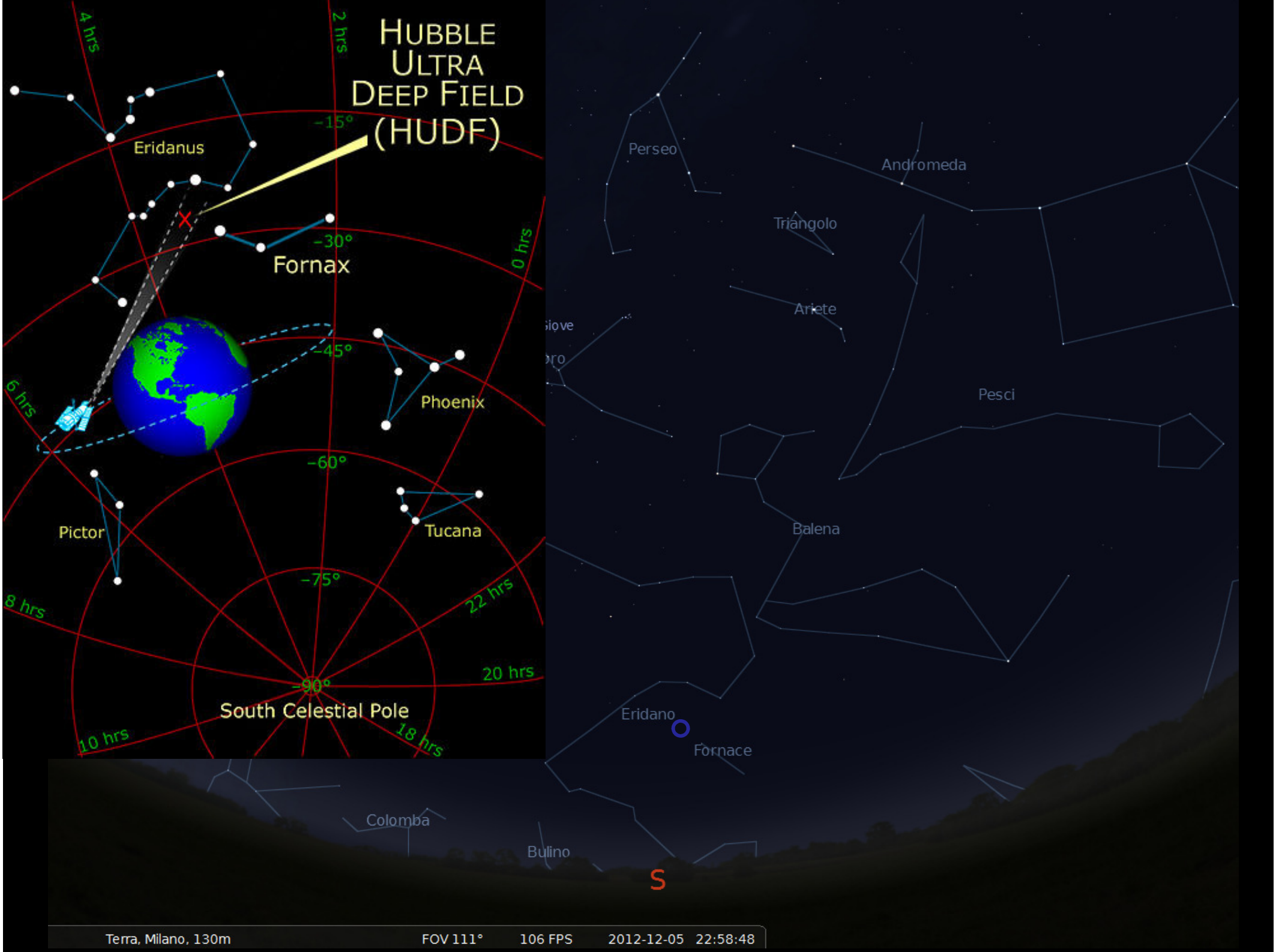
Rigel (β Ori) - HIP 24436
Magnitudine: 0.15 (estinto a: 0.76. B-V: -0.03)
Magnitudine assoluta: -6.72
RA/DE (J2000): 5h14m32.3s/-8°12'05.9"
RA/DE (della data): 5h15m18s/-8°11'04"
Angolo orario/DE: 20h33m53s/-8°11'04" (geometrico)
Angolo orario/DE: 20h33m59s/-8°08'51" (apparente)
Az/Alt: +125°06'07"/+18°42'01" (geometrico)
Az/Alt: +125°06'07"/+18°44'43" (apparente)
Classe spettrale: B8Ia
Distanza: 772.88 anni luce
Parallasse: 0.00422"
Capella
Betelgeuse
Rigel
S

Rigel (β Ori) - HIP 24436
Magnitudine: 0.15 (estinto a: 0.40. B-V: -0.03)
Magnitudine assoluta: -6.72
RA/DE (J2000): 5h14m32.3s/-8°12'05.9"
RA/DE (della data): 5h15m18s/-8°11'04"
Angolo orario/DE: 21h53m34s/-8°11'04" (geometrico)
Angolo orario/DE: 21h53m35s/-8°10'50" (apparente)
Az/Alt: +125°01'18"/+50°41'36" (geometrico)
Az/Alt: +125°01'18"/+50°41'59" (apparente)
Classe spettrale: B8Ia
Distanza: 772.88 anni luce
Parallasse: 0.00422"
Betelgeuse
Rigel
Sirio
Canopus
Achernar
S

Rigel (β Ori) - HIP 24436
Magnitudine: 0.15 (estinto a: 1.25. B-V: -0.03)
Magnitudine assoluta: -6.72
RA/DE (J2000): 5h14m32.3s/-8°12'05.9"
RA/DE (della data): 5h15m18s/-8°11'04"
Angolo orario/DE: 20h26m29s/-8°11'04" (geometrico)
Angolo orario/DE: 20h26m38s/-8°06'14" (apparente)
Az/Alt: +126°14'21"/+9°57'14" (geometrico)
Az/Alt: +126°14'21"/+10°02'32" (apparente)
Classe spettrale: B8Ia
Distanza: 772.88 anni luce
Parallasse: 0.00422"
Capella
Betelgeuse
Rigel
S

NASA
esa

Capella
Perseo
Auriga
Andromeda
Triangolo
Gemelli
Ariete
Giove
Toro
Pesci
Cane Minore
Procione
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Balena
Rigel
Sirio
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
Colomba
Bulino
S
Terra, Milano, 130m
FOV 111°
106 FPS
2012-12-05 22:58:48


HUBBLE ULTRA DEEP FIELD (HUDF)
4 hrs
2 hrs
0 hrs
6 hrs
8 hrs
22 hrs
20 hrs
10 hrs
18 hrs
-15°
-30°
-45°
-60°
-75°
-90°
Eridanus
Fornax
Phoenix
Pictor
Tucana
South Celestial Pole
Perseo
Andromeda
Triangolo
Ariete
Pesci
Balena
Eridano
Fornace
Colomba
Bulino
S
Terra, Milano, 130m
FOV 111°
106 FPS
2012-12-05 22:58:48

Hubble Ultra Deep Field:

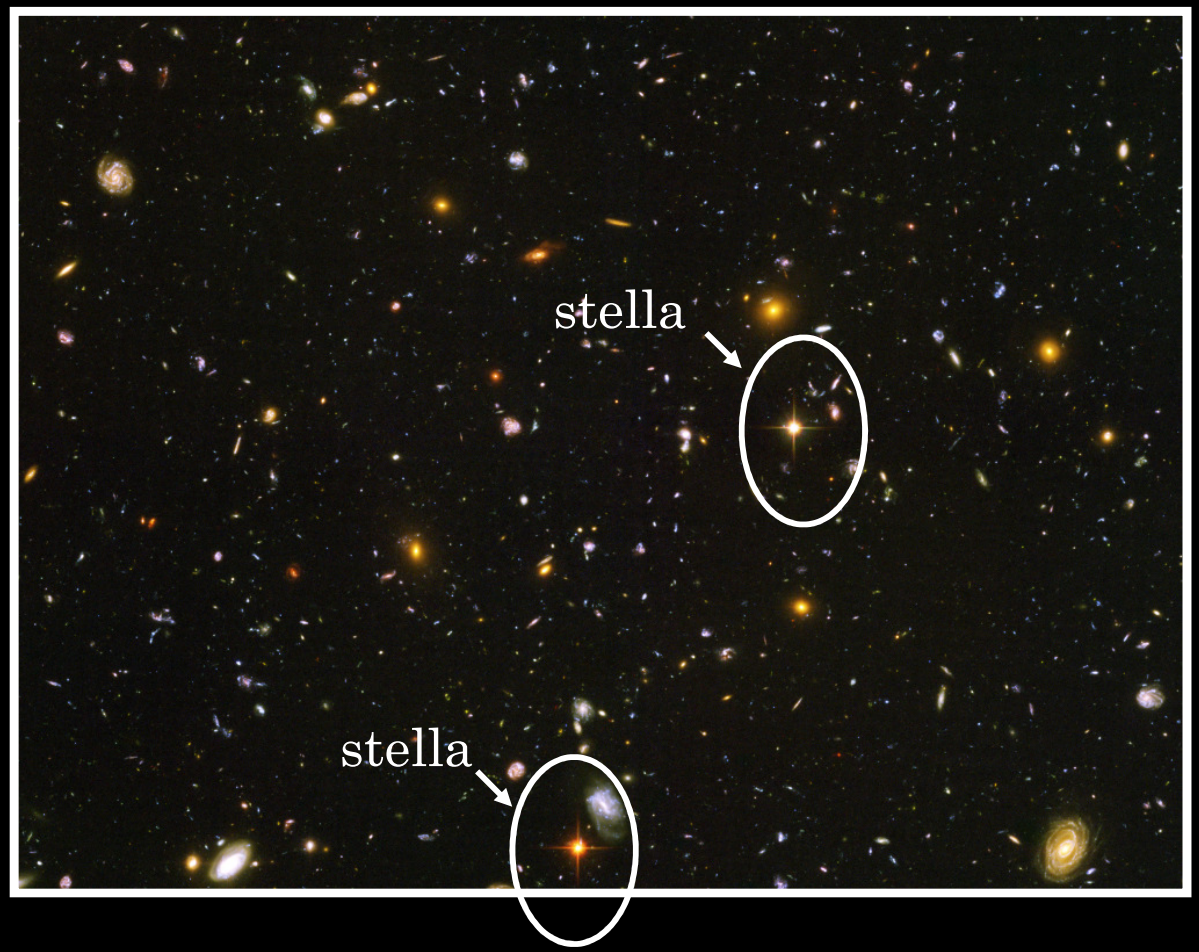
Angolo di cielo grande quanto un decimo della luna piena

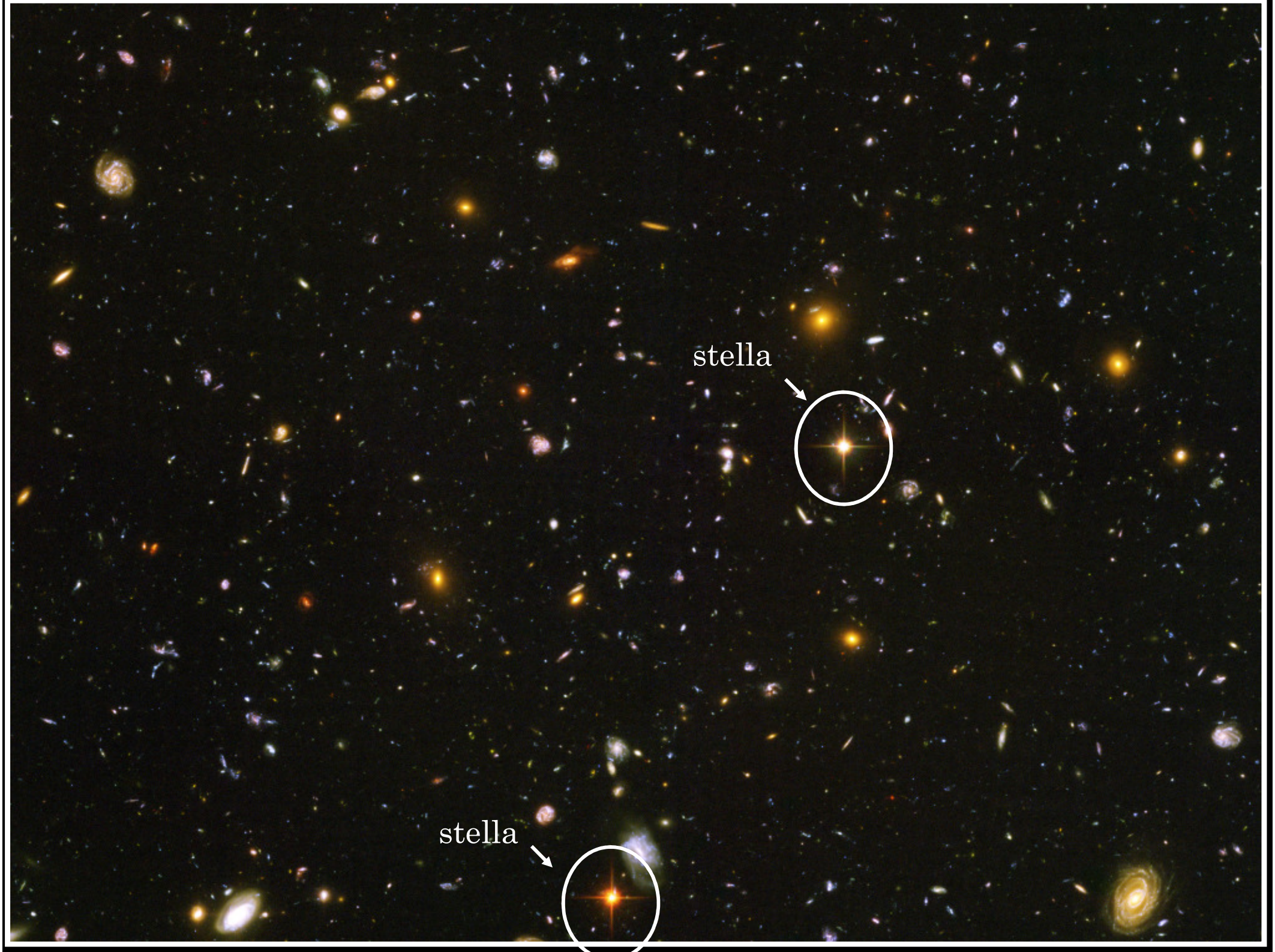
Hubble Ultra Deep Field:

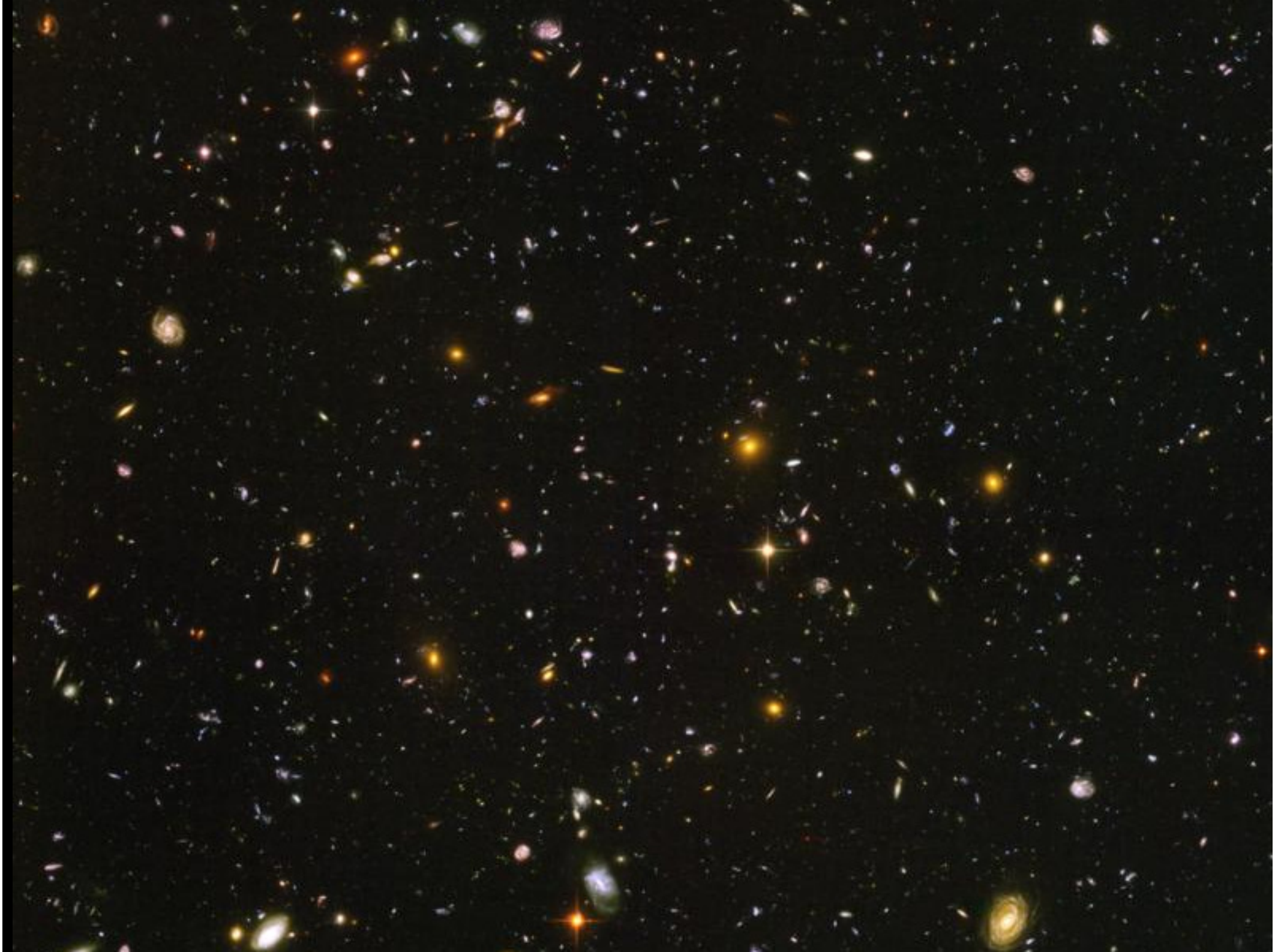
Angolo di cielo grande quanto un decimo della luna piena

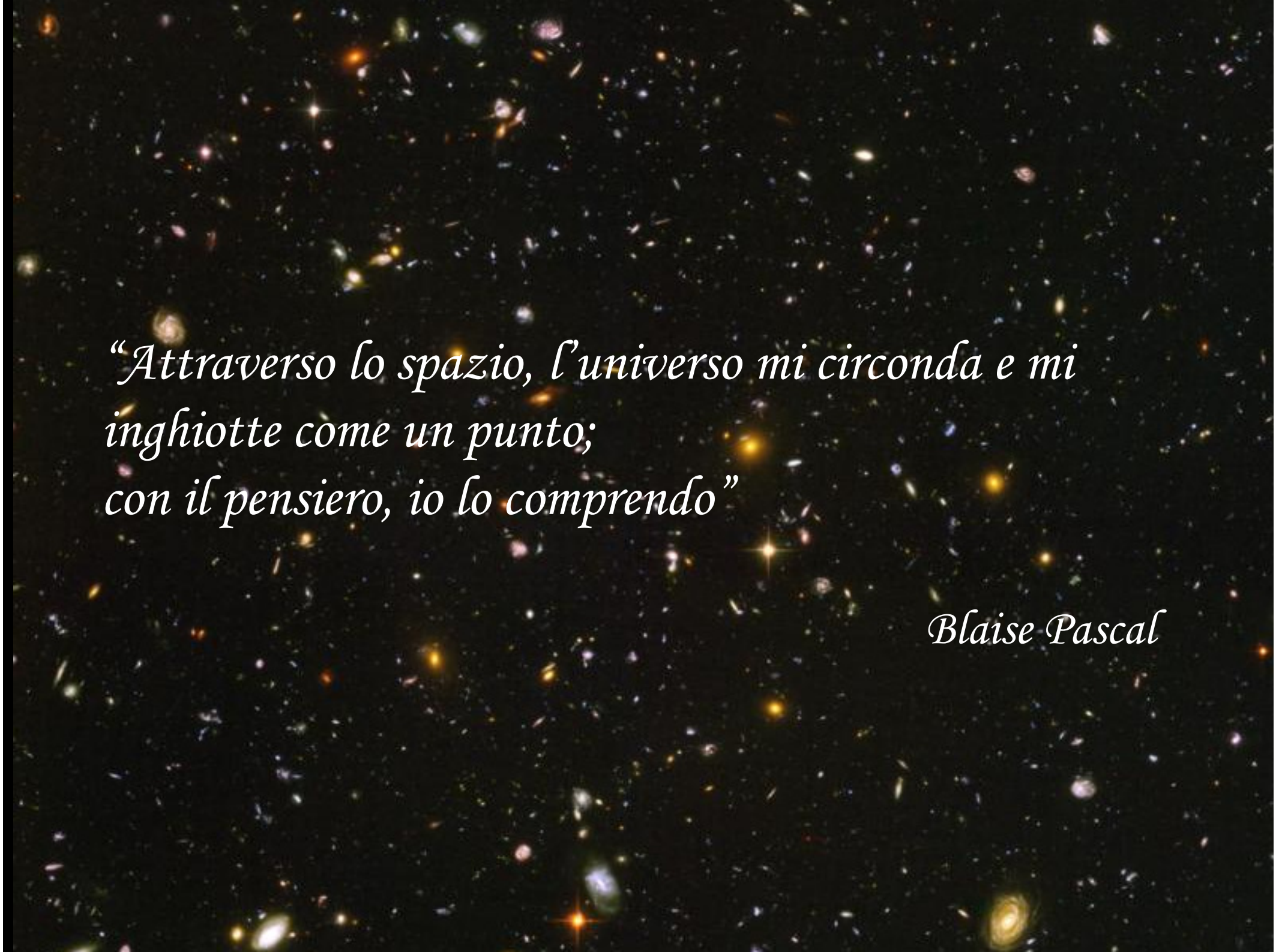
Ogni singolo punto luminoso in questo angolo di cielo

(ad eccezione di due sole stelle) è una galassia.

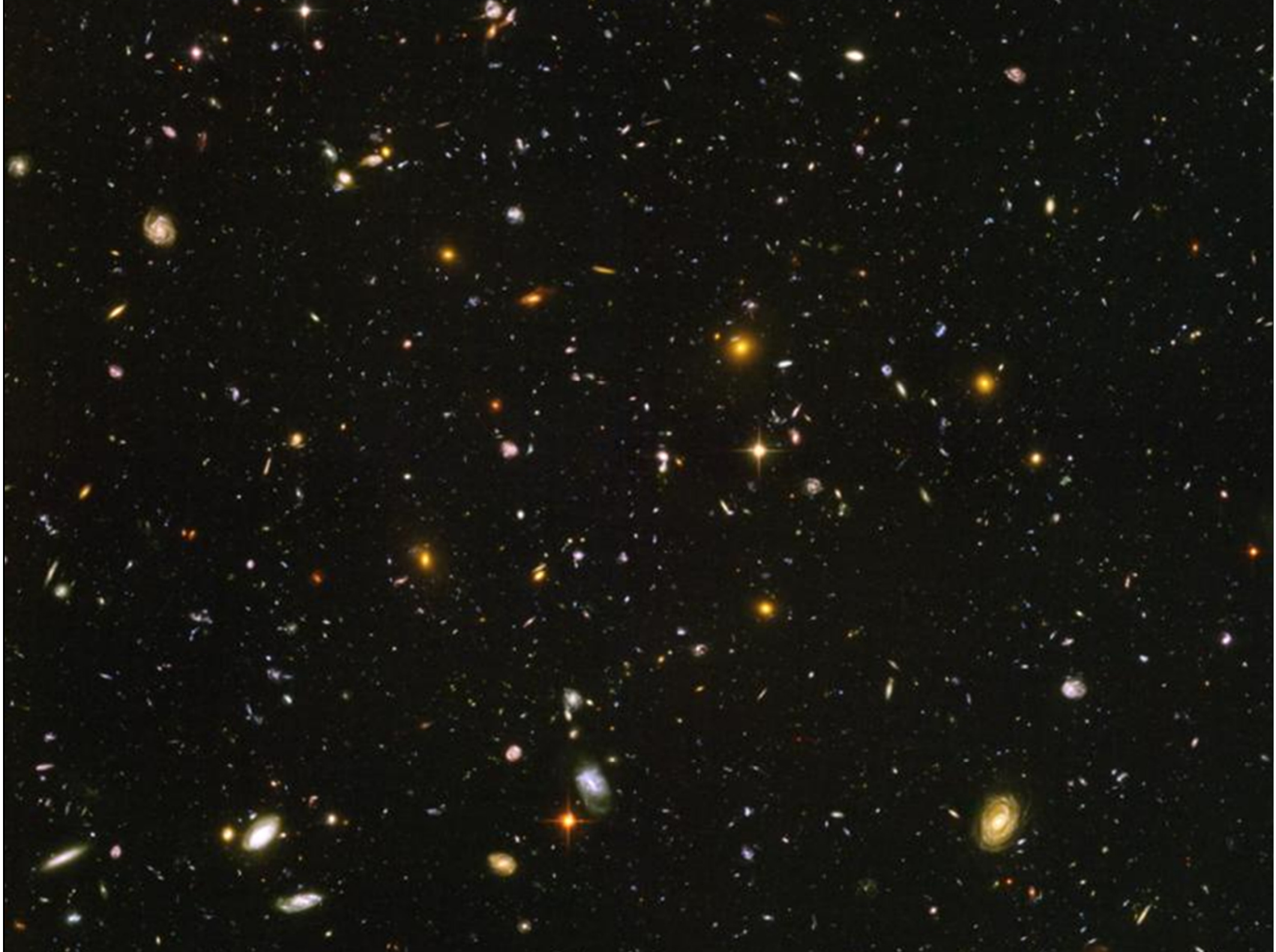



stella
stella

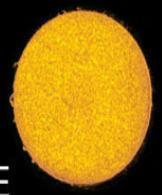



*“Attraverso lo spazio, l’universo mi circonda e mi inghiotte come un punto;
con il pensiero, io lo comprendo”*

Blaise Pascal



SISTEMA PLANETARIO



SOLE

57 909 176 km

MERCURIO

108 208 926 km

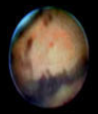
LUNA

VENERE

149 597 887,5 km

TERRA

227 936 637 Km



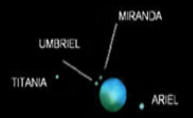
MARTE

778 412 027 Km

GIOVE

1 426 725 413 km

SATURNO



URANO

2 870 972 220 km

NETTUNO

4 498 252 900 km

PLUTONE

5 906 376 272 km

Anno luce:

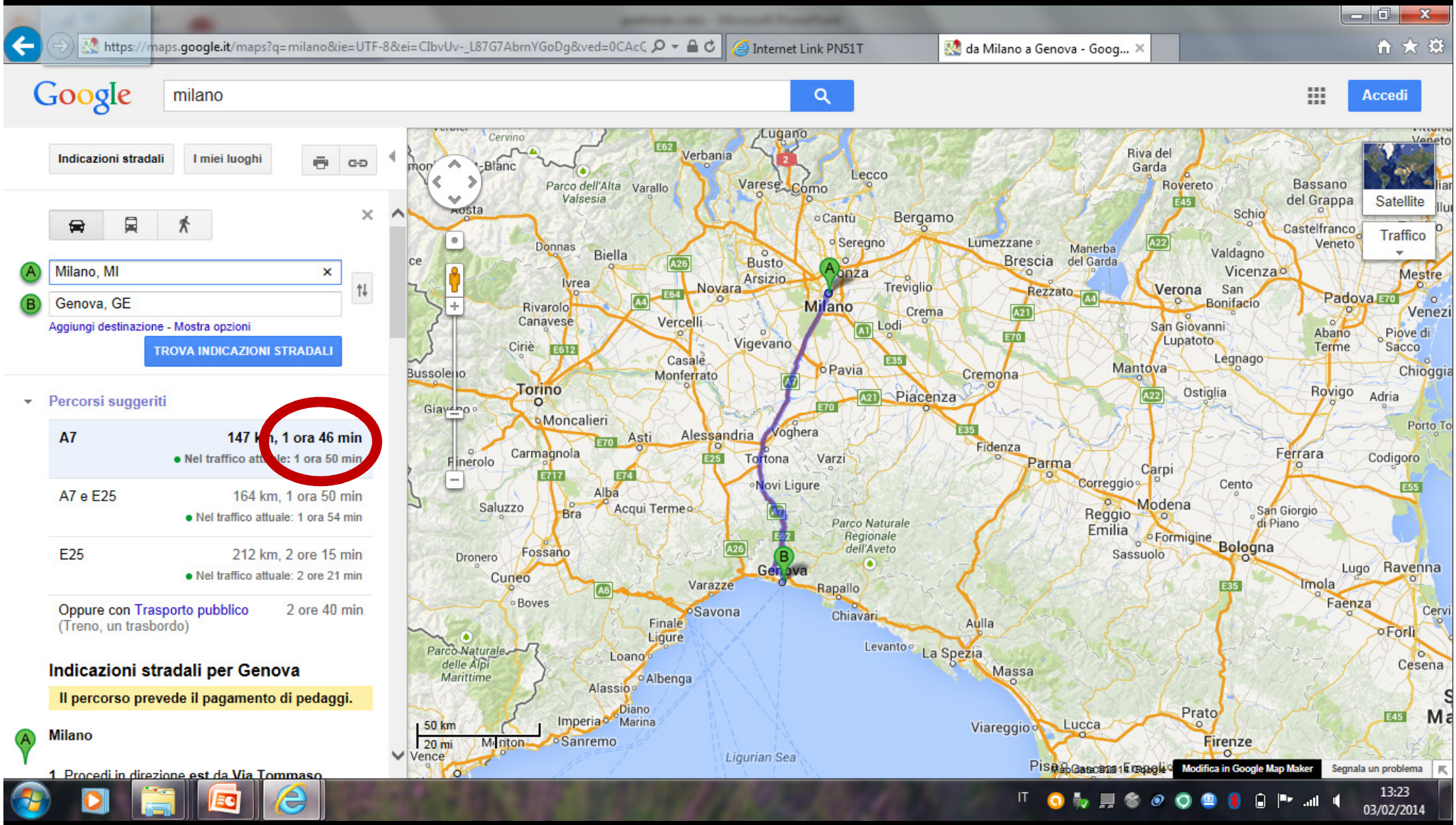
la distanza che la luce percorre in un anno

$$V = \frac{s}{t}$$

$$Vt = s$$

$$300.000\,{}^{Km}\!/_{s} \cdot 365\,g \cdot 24h \cdot 60m \cdot 60s = 9{,}4 \cdot 10^{12}\,Km$$

$$1\ \text{anno luce} \approx 9.400.000.000.000 \cdot Km$$


https://maps.google.it/maps?q=milano&ie=UTF-8&ei=CIbvUv-_L87G7AbrnYGoDg&ved=0CAcQ
Internet Link PN51T
da Milano a Genova - Goog...
Google
milano
Accedi
Indicazioni stradali
I miei luoghi
A Milano, MI
B Genova, GE
Aggiungi destinazione - Mostra opzioni
TROVA INDICAZIONI STRADALI
Percorsi suggeriti
A7 147 km, 1 ora 46 min
Nel traffico attuale: 1 ora 50 min
A7 e E25 164 km, 1 ora 50 min
Nel traffico attuale: 1 ora 54 min
E25 212 km, 2 ore 15 min
Nel traffico attuale: 2 ore 21 min
Oppure con Trasporto pubblico 2 ore 40 min
(Treno, un trasbordo)
Indicazioni stradali per Genova
Il percorso prevede il pagamento di pedaggi.
Milano
1. Procedi in direzione est da Via Tommaso
Satellite
Traffico
Milano
Genova
Torino
Ligurian Sea
50 km
20 mi
Modifica in Google Map Maker
Segnala un problema
IT
13:23
03/02/2014

Se devo dire *dove* sono
(in termini di coodinate celesti)
non mi importa molto della distanza
ma se devo dire come sono sì…

Perché è importante il concetto di distanza?

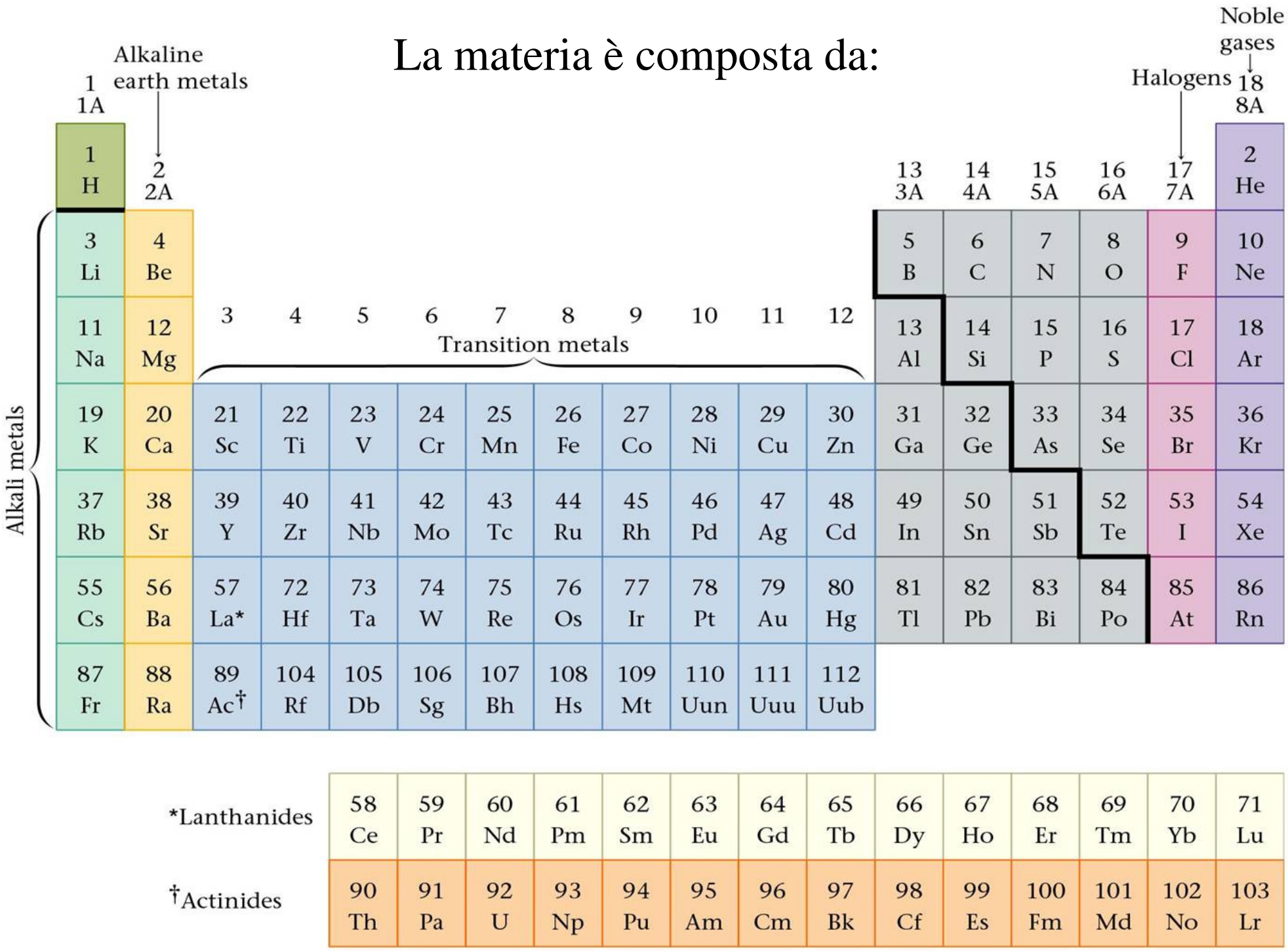
Roi

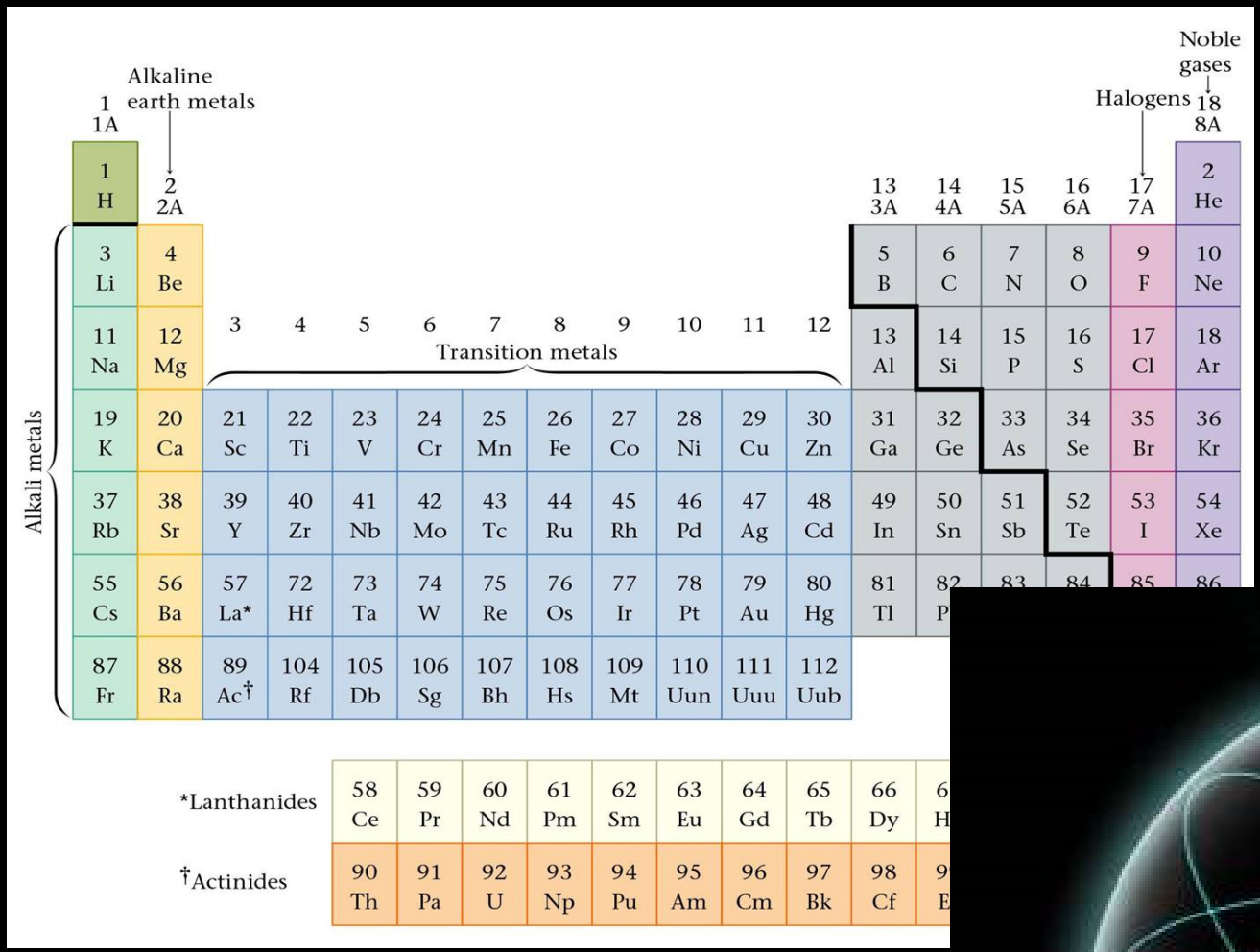
Roi

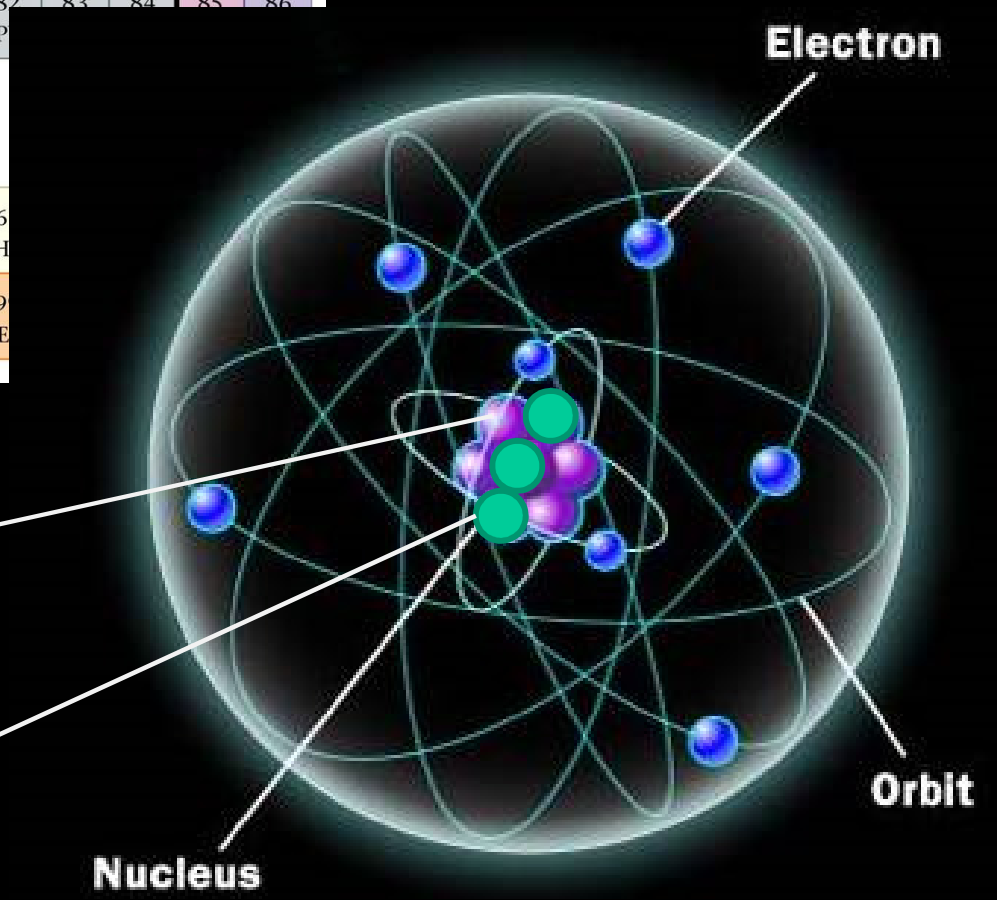
L'**astrofisica**

è quella branca dell'astronomia o della fisica che studia le proprietà fisiche, ovvero tutti i vari fenomeni, della materia celeste.

La materia è composta da:

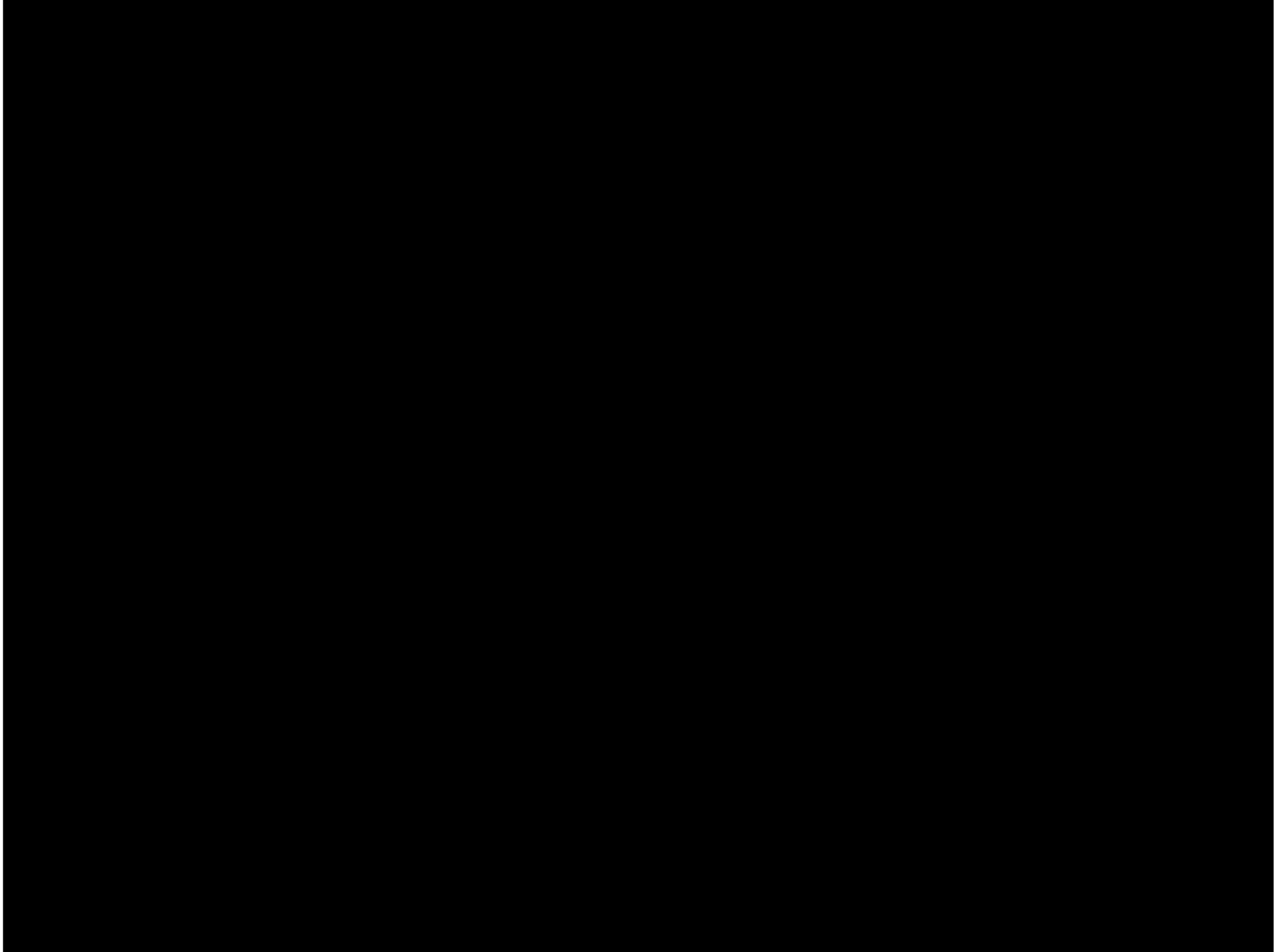






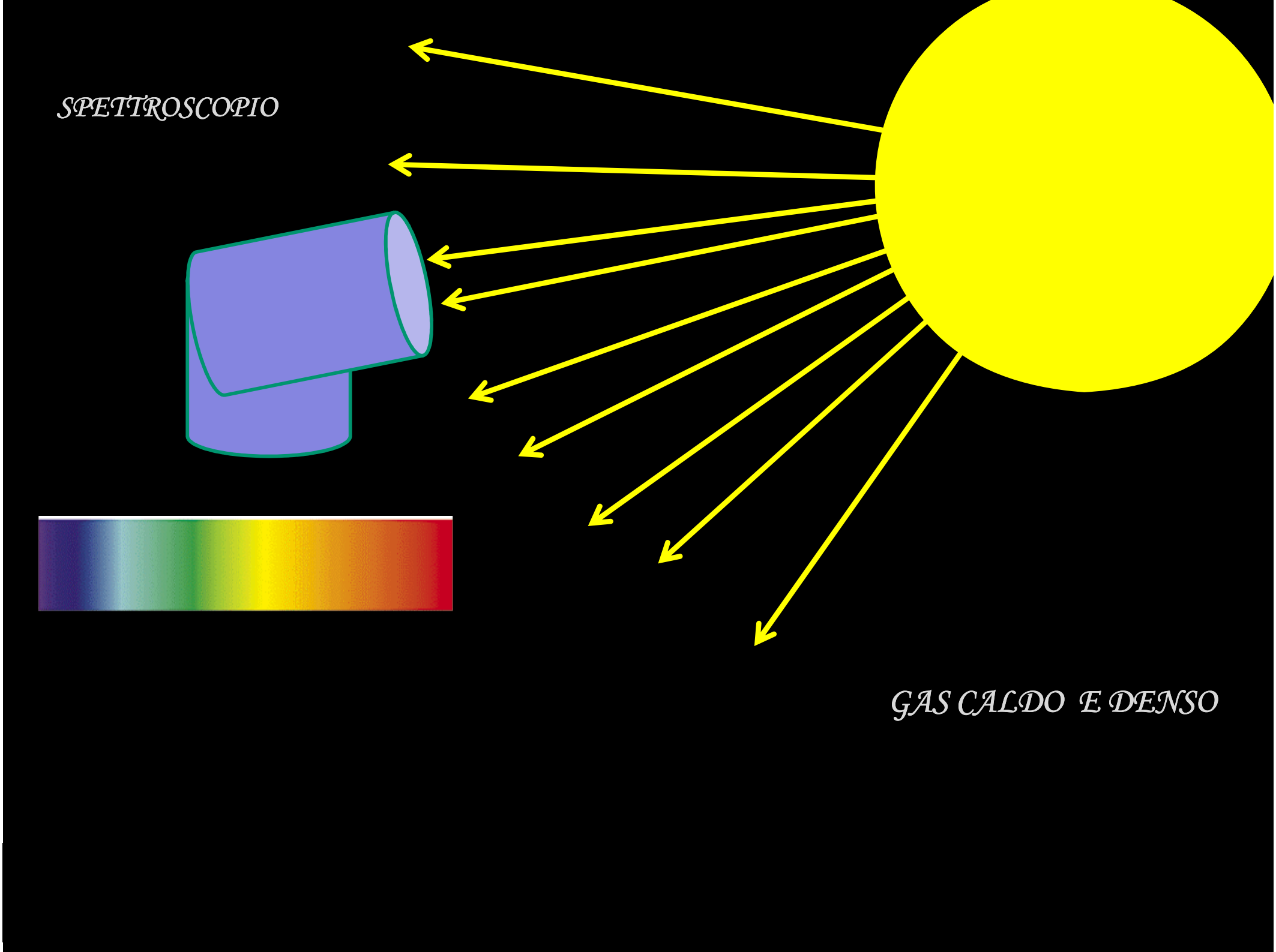
neutroni

protoni

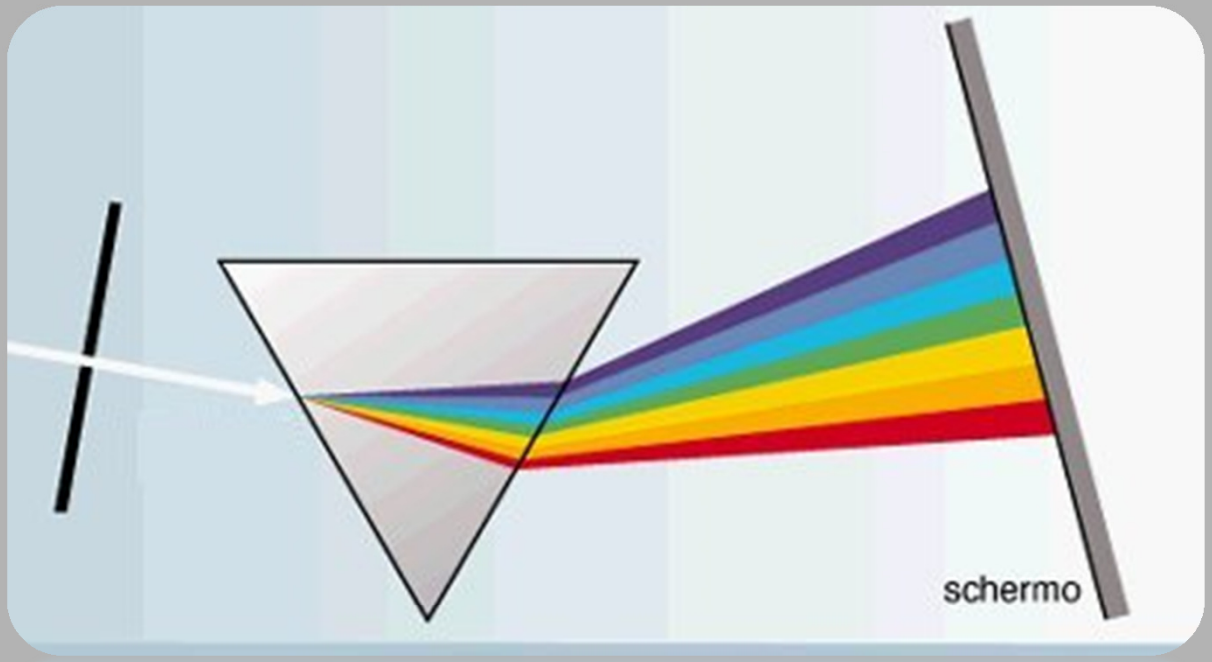


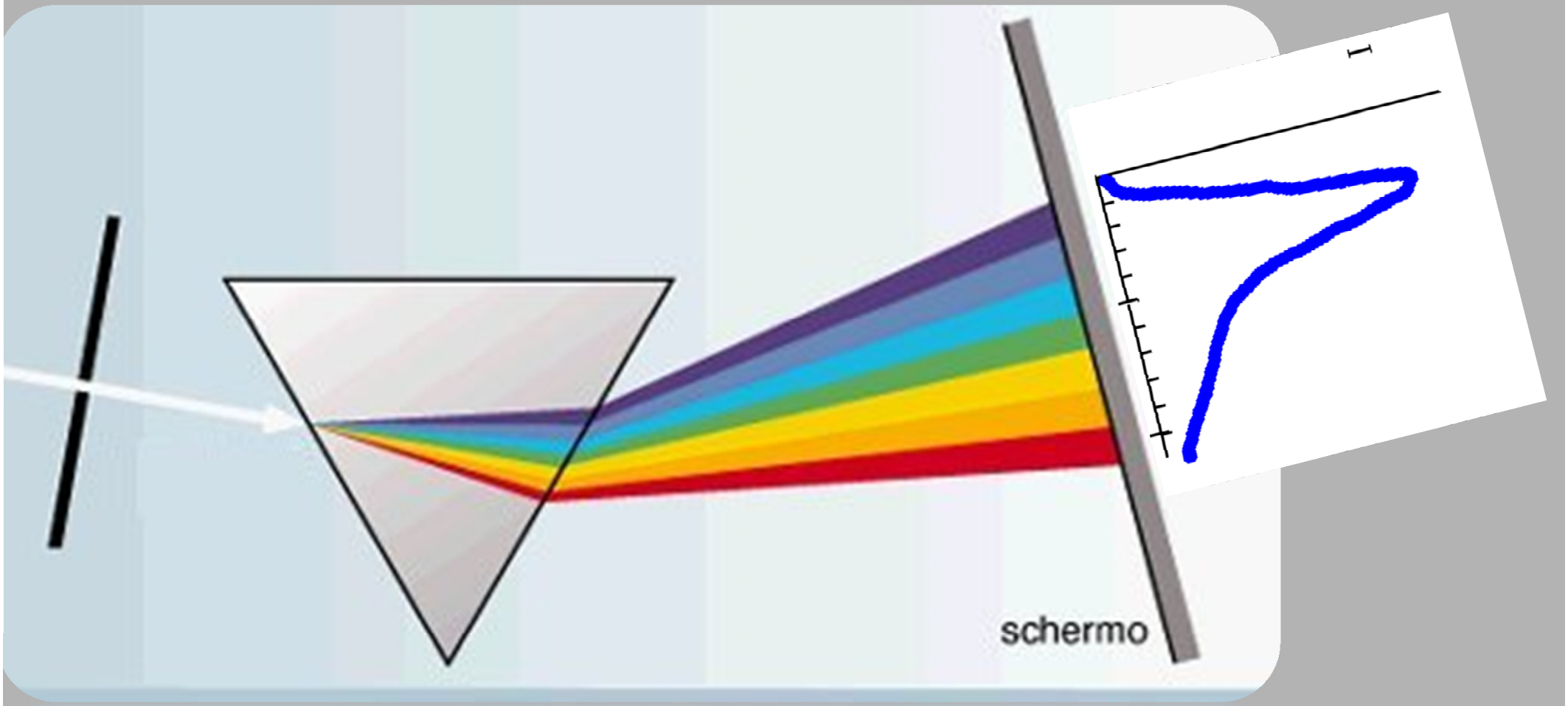
«Sei solo materia e radiazione!»
«Materia e radiazione!»
«Sei solo materia e radiazione!»

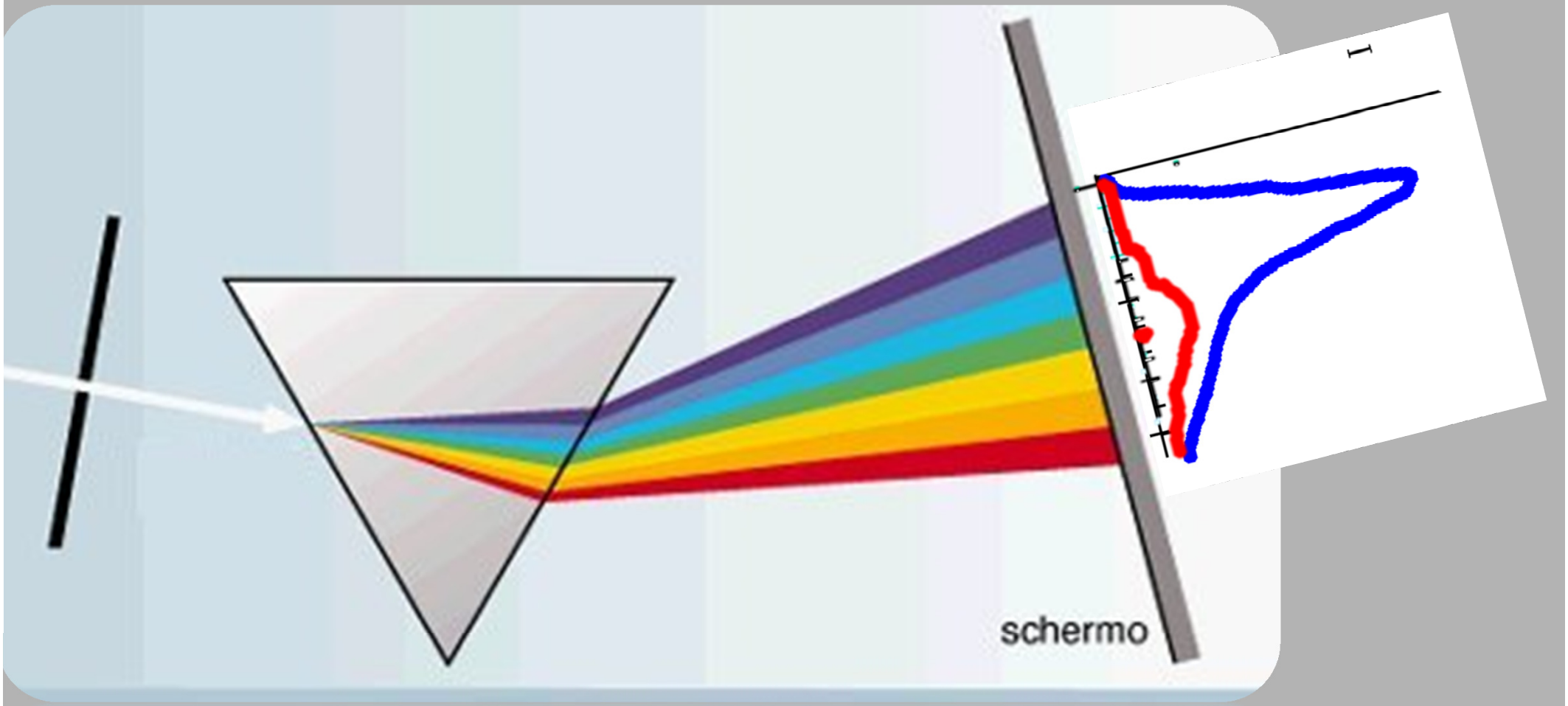
PINK
FLOYD
THE
DARK SIDE
OF THE
MOON

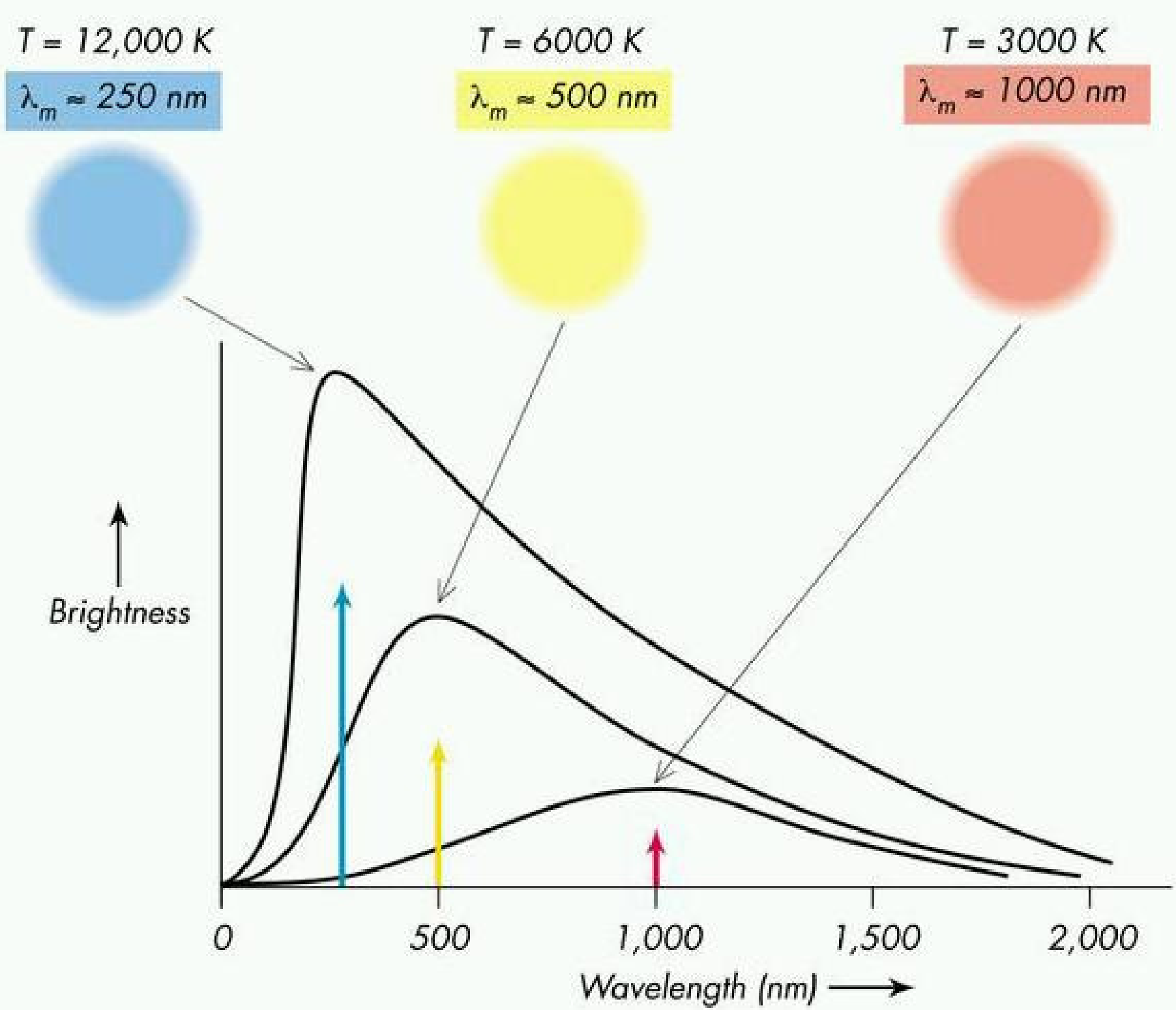

SPETTROSCOPIO
GAS CALDO E DENSO

sorgente
di
luce
bianca




I
schermo


schermo

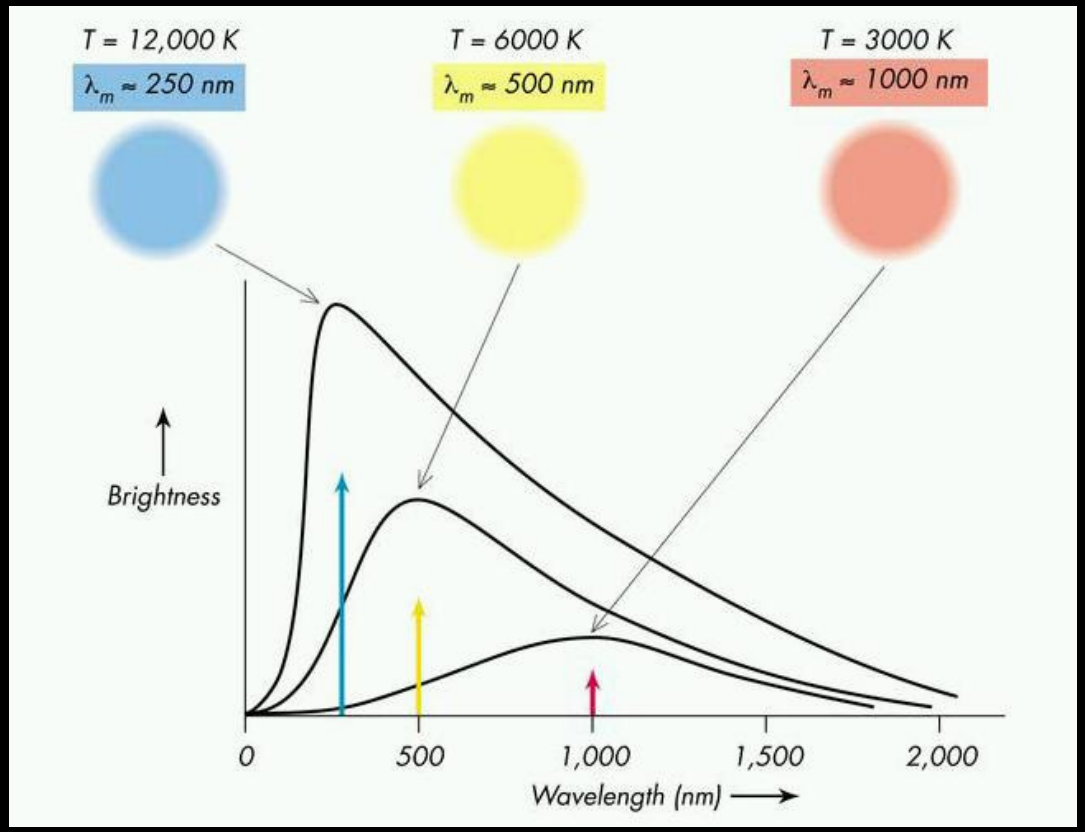

T = 12,000 K
λm ≈ 250 nm
T = 6000 K
λm ≈ 500 nm
T = 3000 K
λm ≈ 1000 nm
Brightness
0
500
1,000
1,500
2,000
Wavelength (nm)

La radiazione di corpo nero

$$\lambda_{\max} = \frac{0.2897}{T}$$

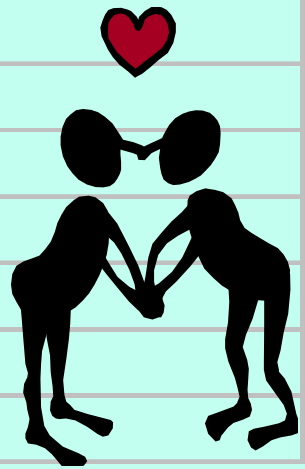
λ cm
T Kelvin

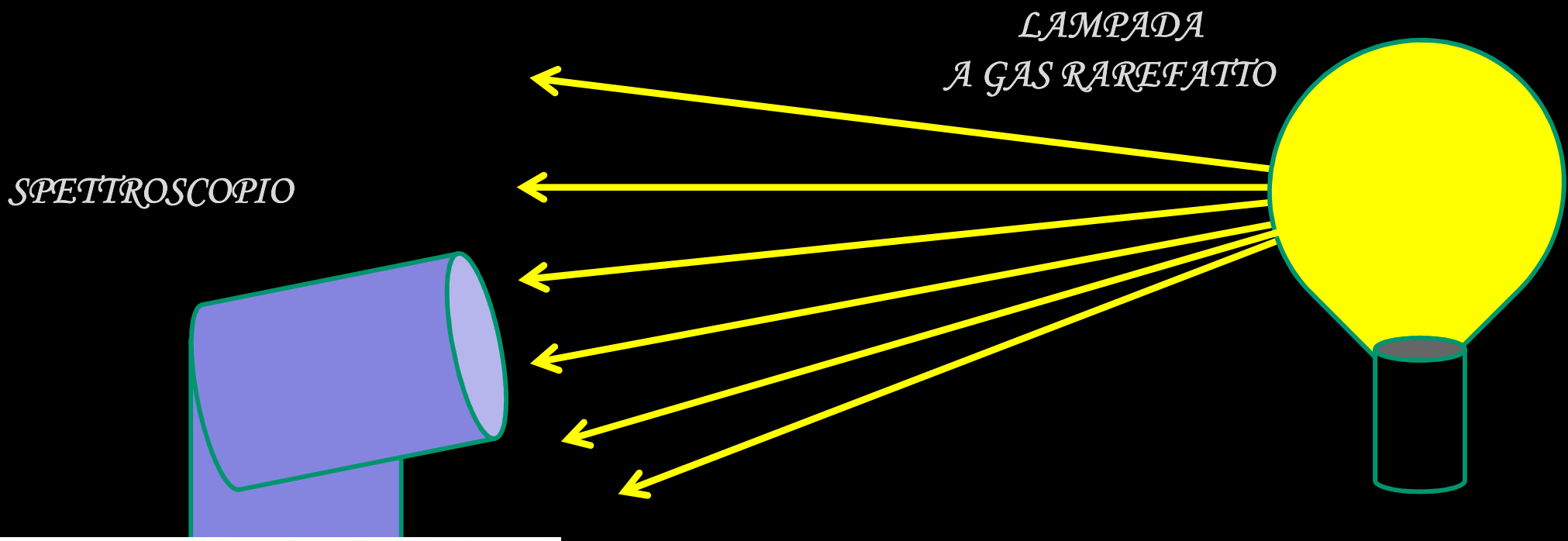
colore ⟷ temperatura

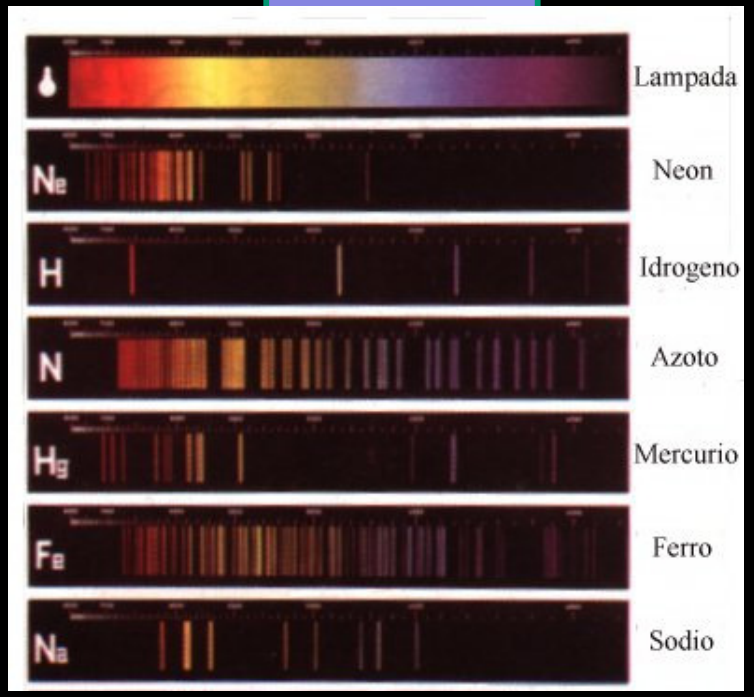


La classificazione delle stelle

Colore	Temperatura	categoria	*filastrocca*
blu intenso	40 000	O	*oh*
blu	28 000	B	*be*
blu-bianco	9 900	A	*a*
bianco	7 400	F	*fine*
giallo	6 030	G	*girl*
arancione	4 900	K	*kiss*
rosso arancio	3 480	M	*me*
rosso	3 000	R,N,S	





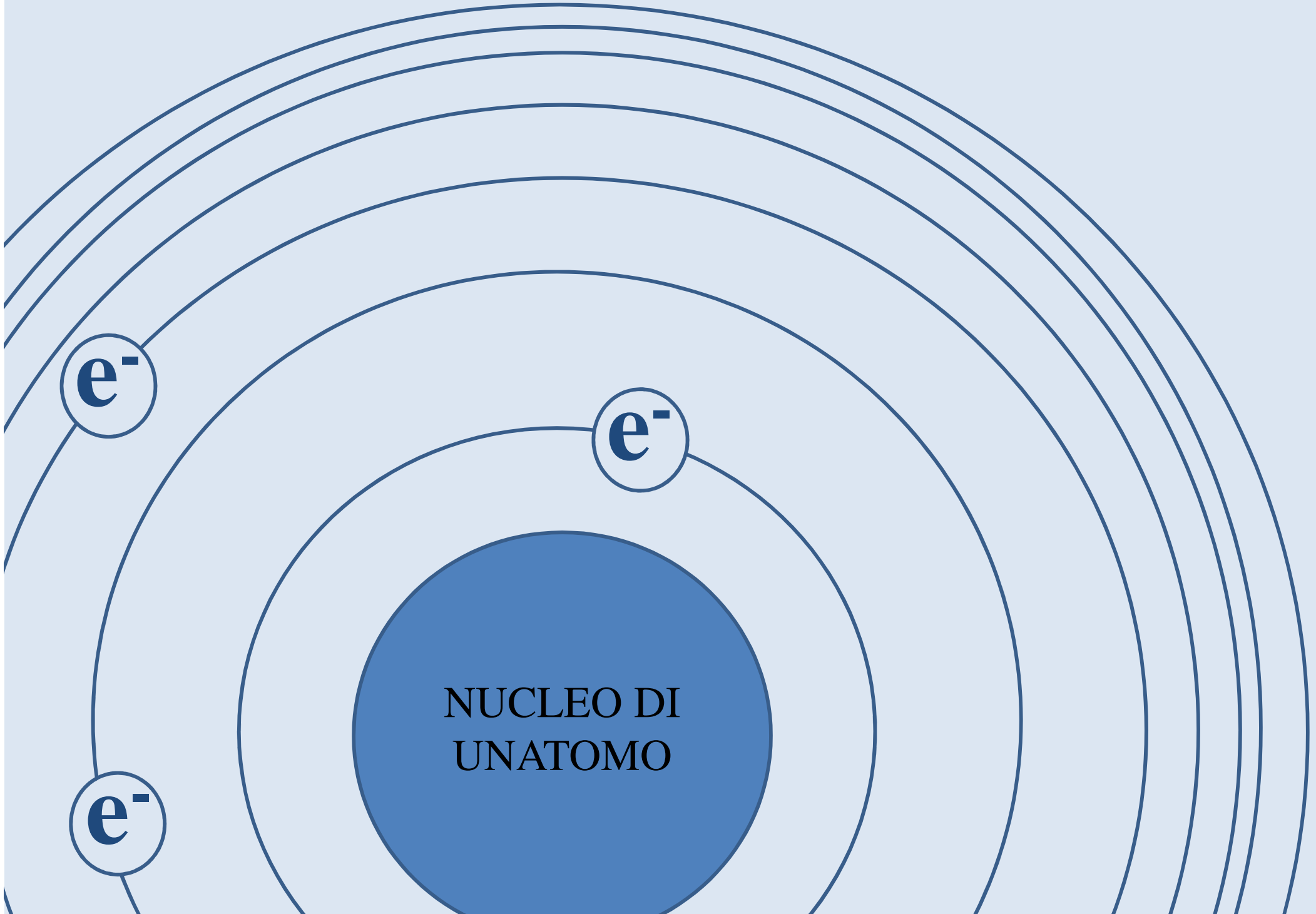


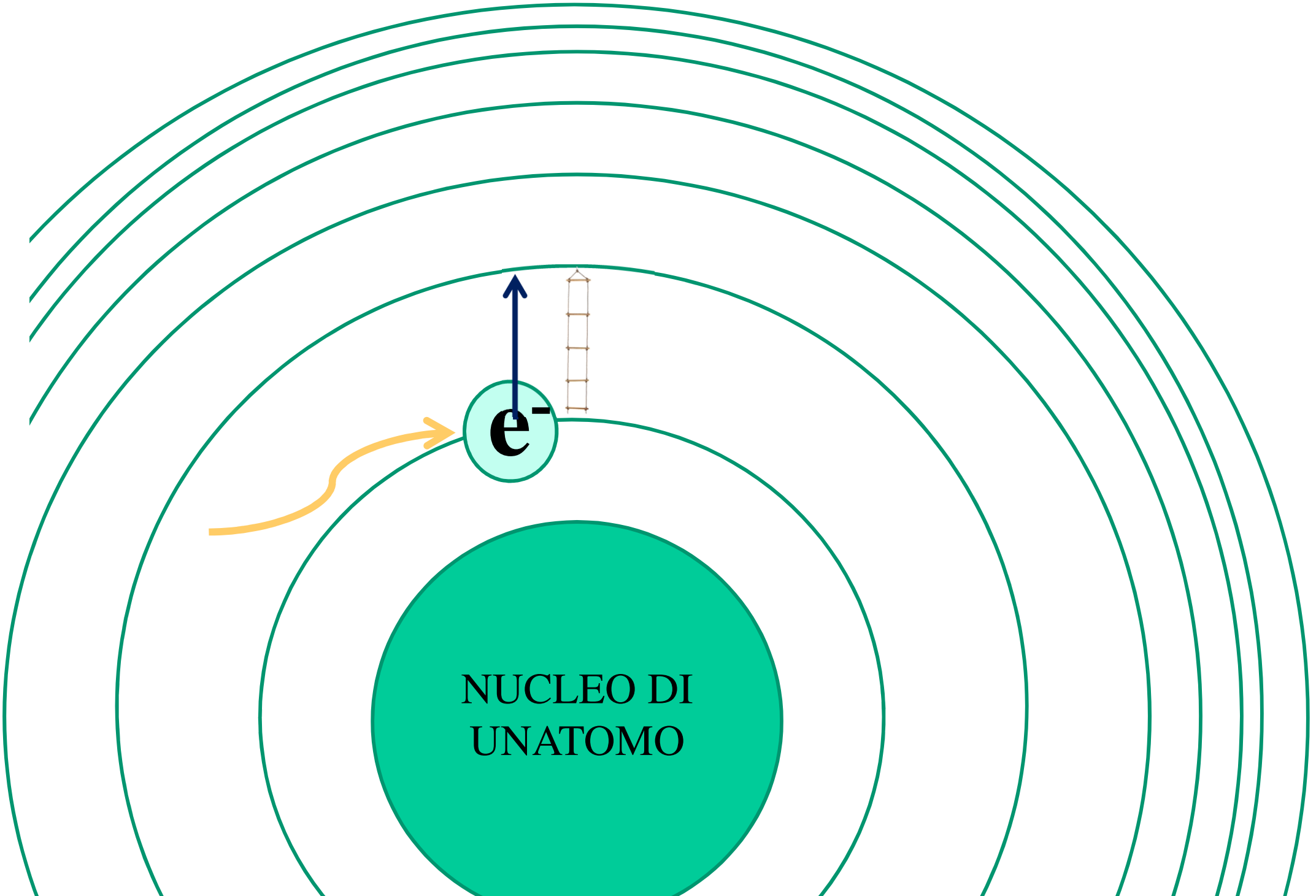
Nel 1859 Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff misero a punto il primo spettroscopio, uno strumento estremamente utile nella ricerca e nel riconoscimento di nuovi elementi.

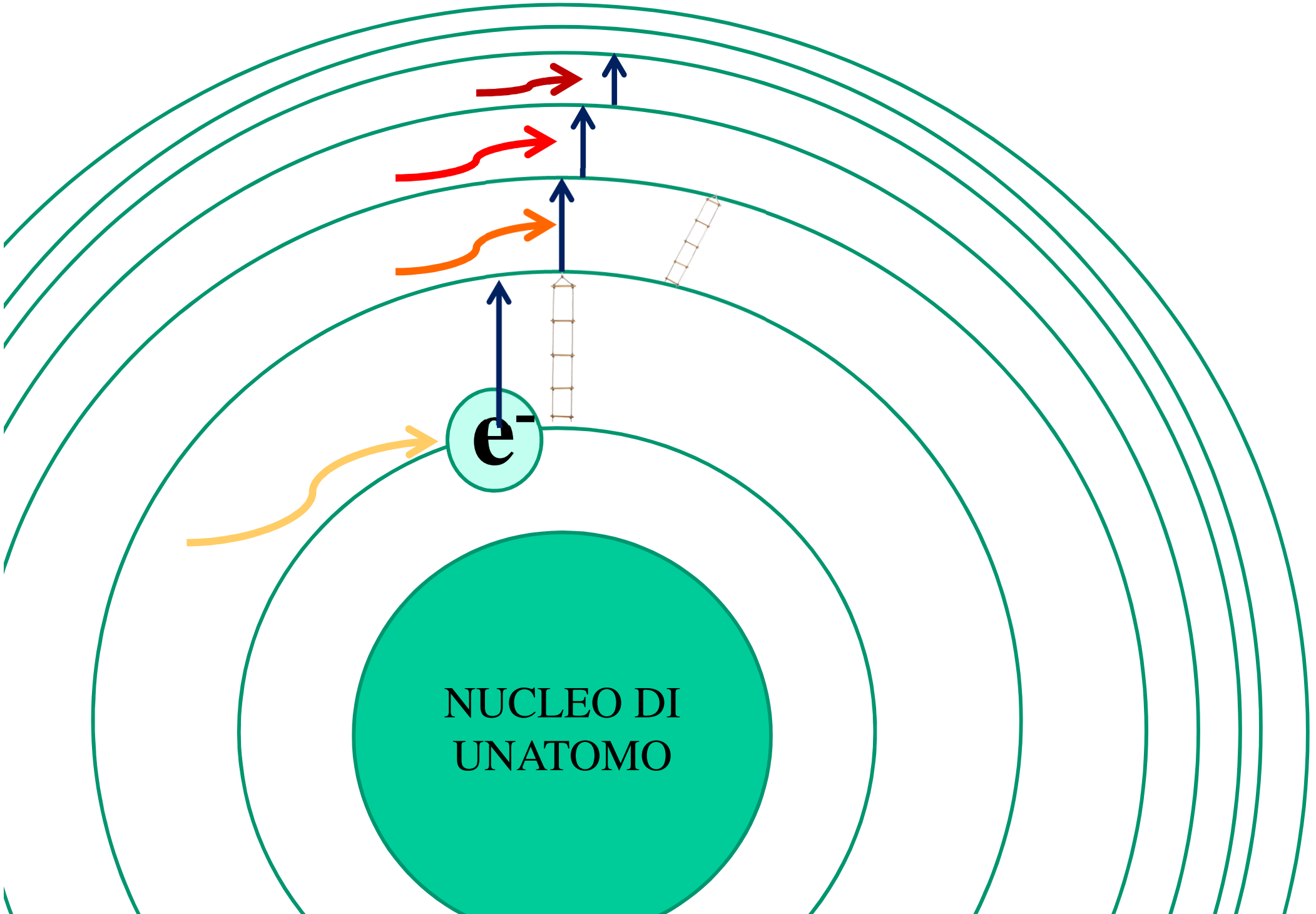
Nel 1860 gli stessi Bunsen e Kirchhoff identificaticarono il cesio e il rubidio dalle linee di emissione dei loro spettri atomici. Gli elementi presero il nome dal colore delle linee, rispettivamente celesti e rosse.

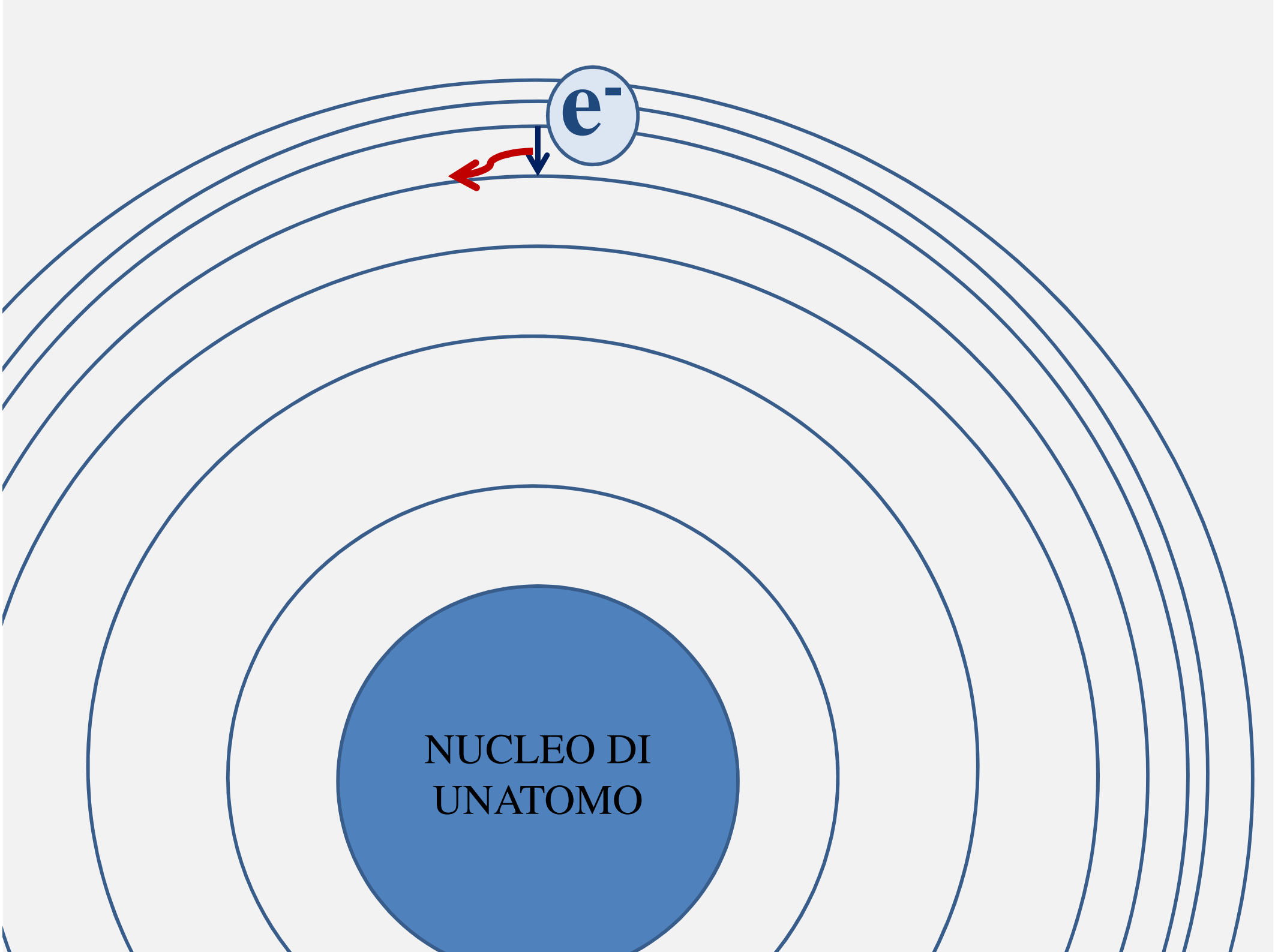
Il tallio e l'indio, il gallio e i gas nobili vennero riconosciuti grazie alle linee di emissione.

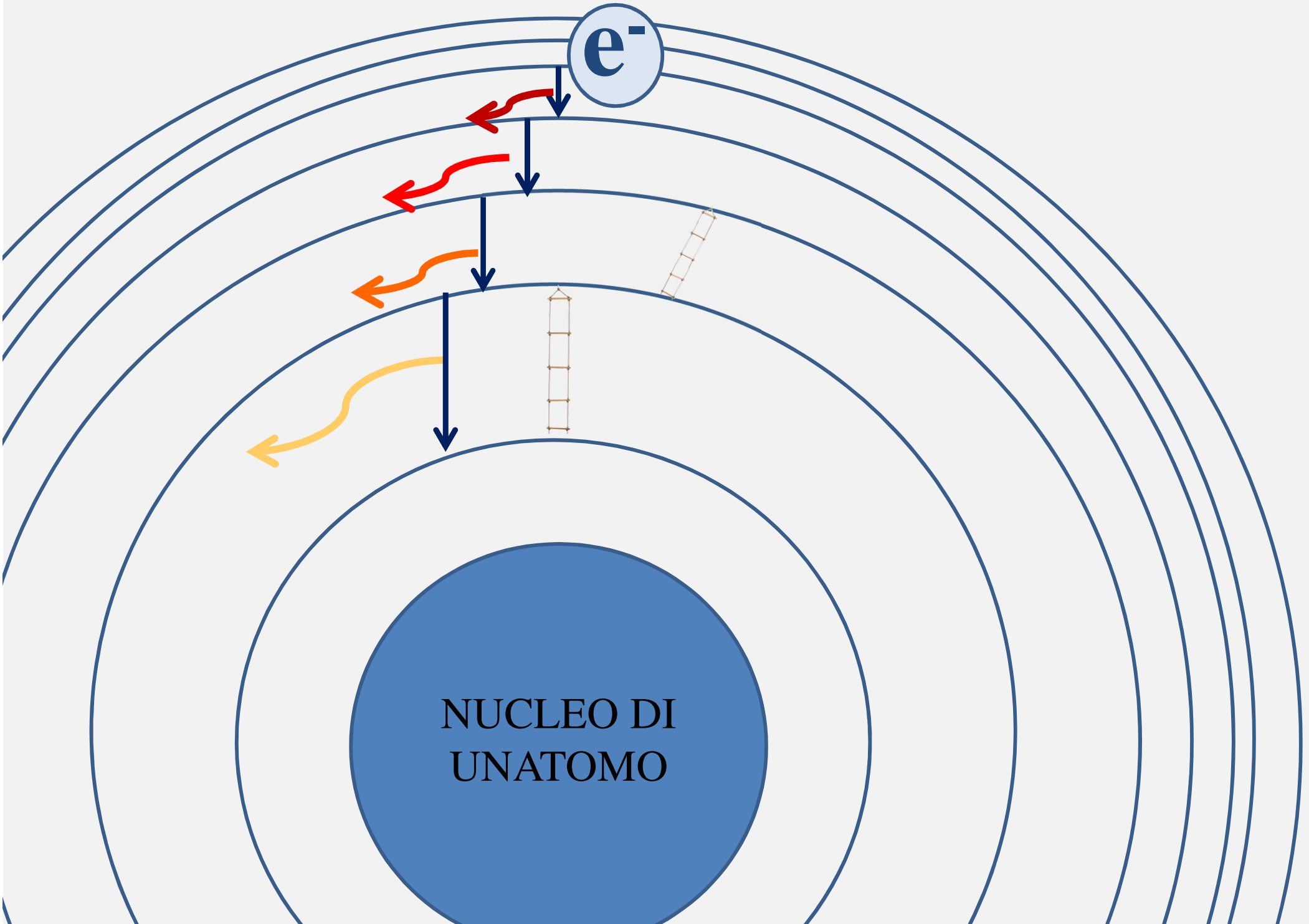
Per esempio l'elio fu rilevato nella corona solare nel 1868 prima ancora che sulla Terra.

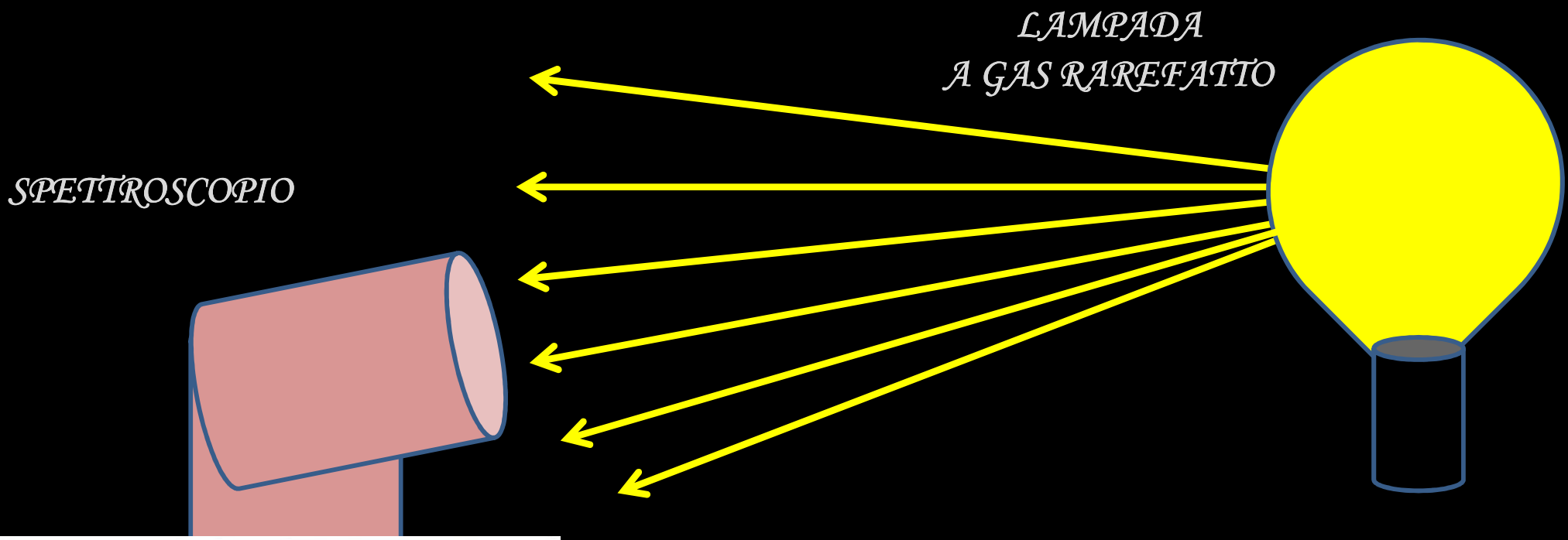

e-
e-
e-
NUCLEO DI
UNATOMO

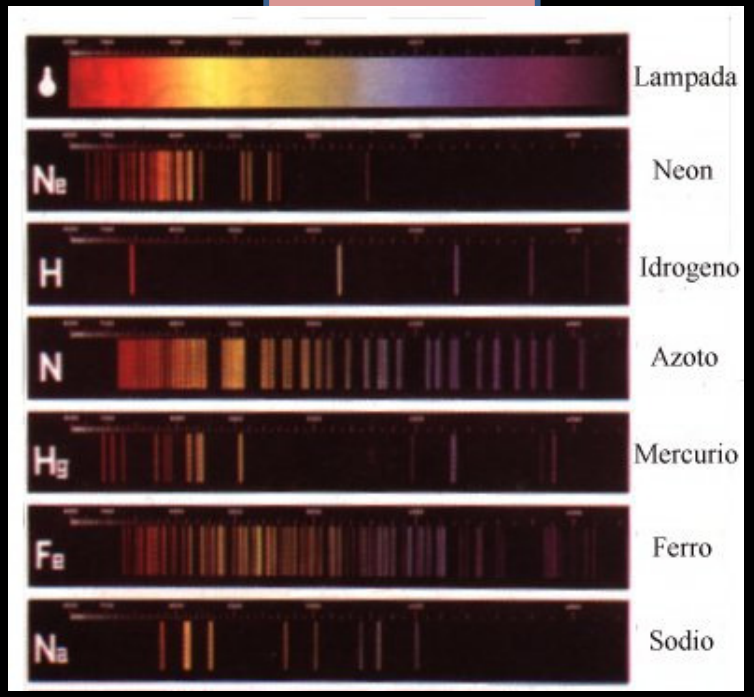

e-
NUCLEO DI
UNATOMO


e-
NUCLEO DI
UNATOMO


e-
NUCLEO DI
UNATOMO


e-
NUCLEO DI UNATOMO





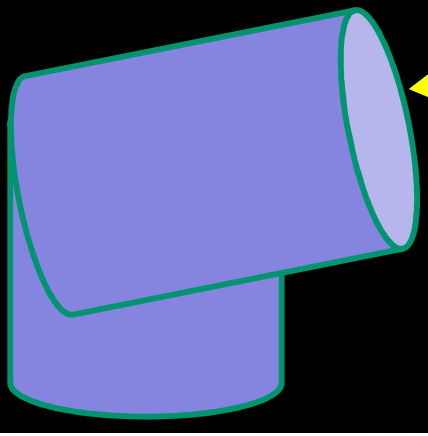
Nel 1859 Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff misero a punto il primo spettroscopio, uno strumento estremamente utile nella ricerca e nel riconoscimento di nuovi elementi.

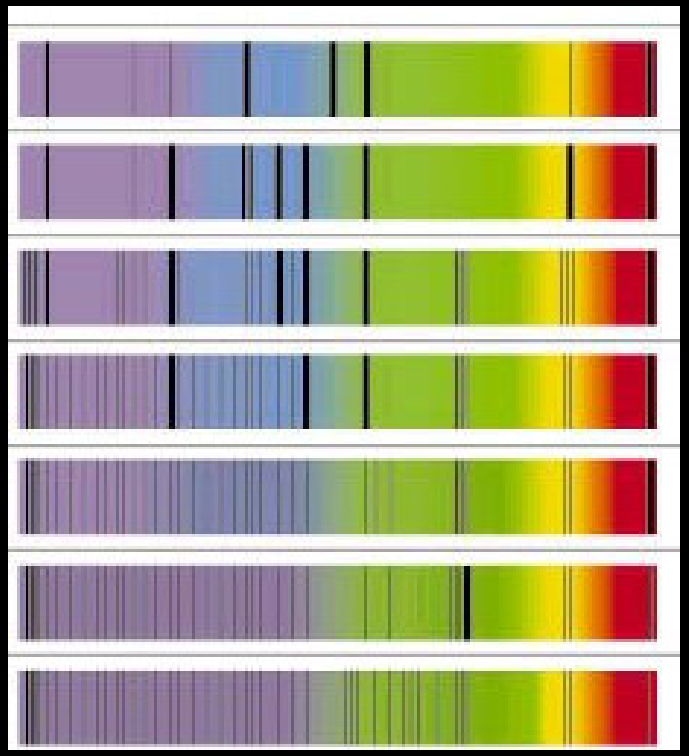
Nel 1860 gli stessi Bunsen e Kirchhoff identificaticarono il cesio e il rubidio dalle linee di emissione dei loro spettri atomici. Gli elementi presero il nome dal colore delle linee, rispettivamente celesti e rosse.

Il tallio e l'indio, il gallio e i gas nobili vennero riconosciuti grazie alle linee di emissione.

Per esempio l'elio fu rilevato nella corona solare nel 1868 prima ancora che sulla Terra.

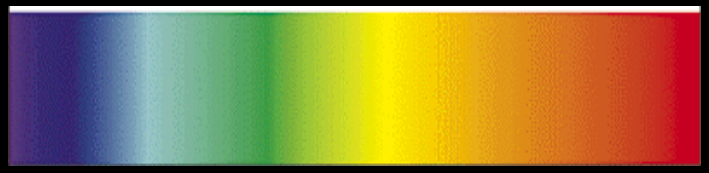
SPETTROSCOPIO

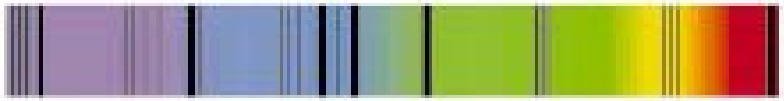


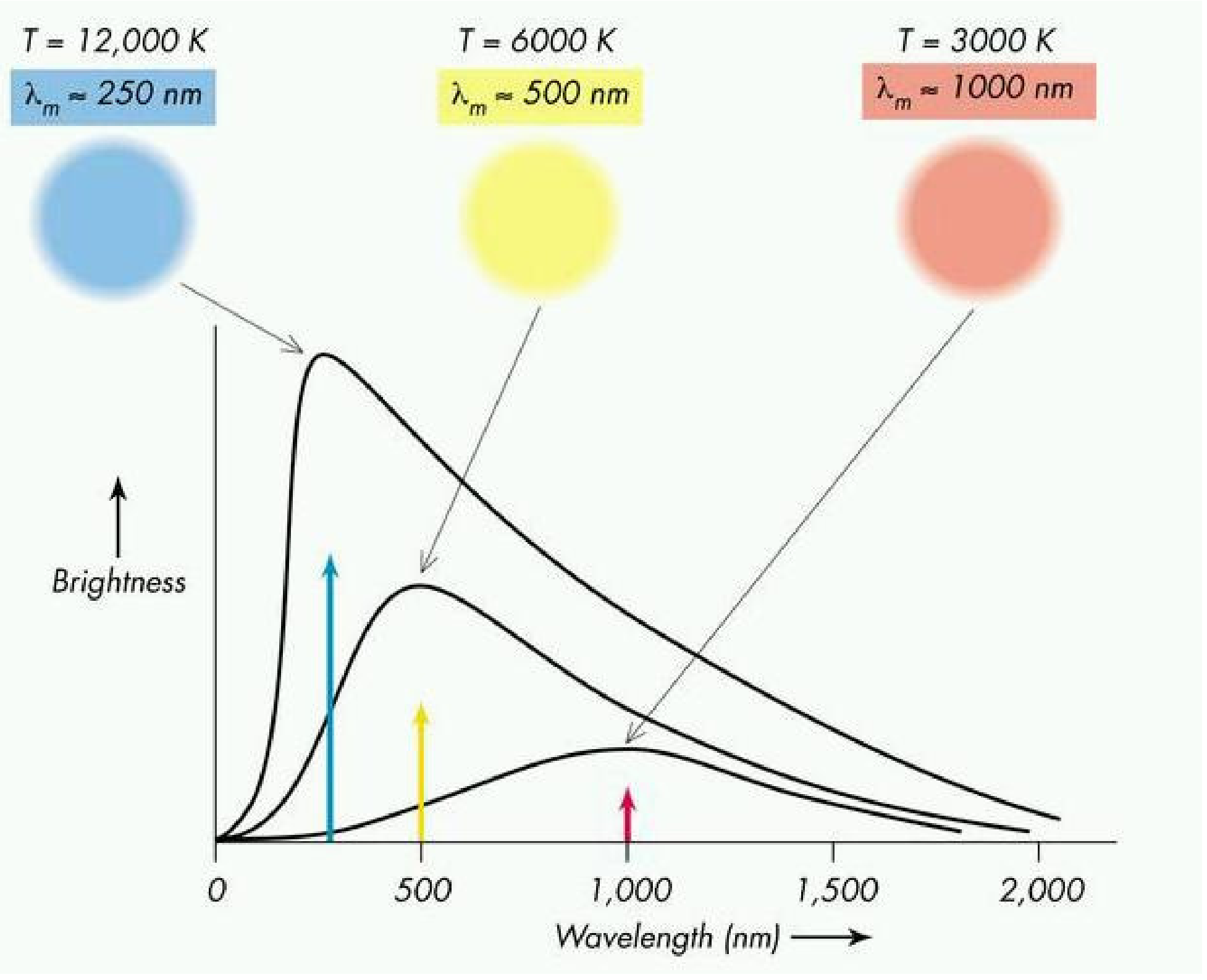


GAS
RAREFATTO
FREDDO

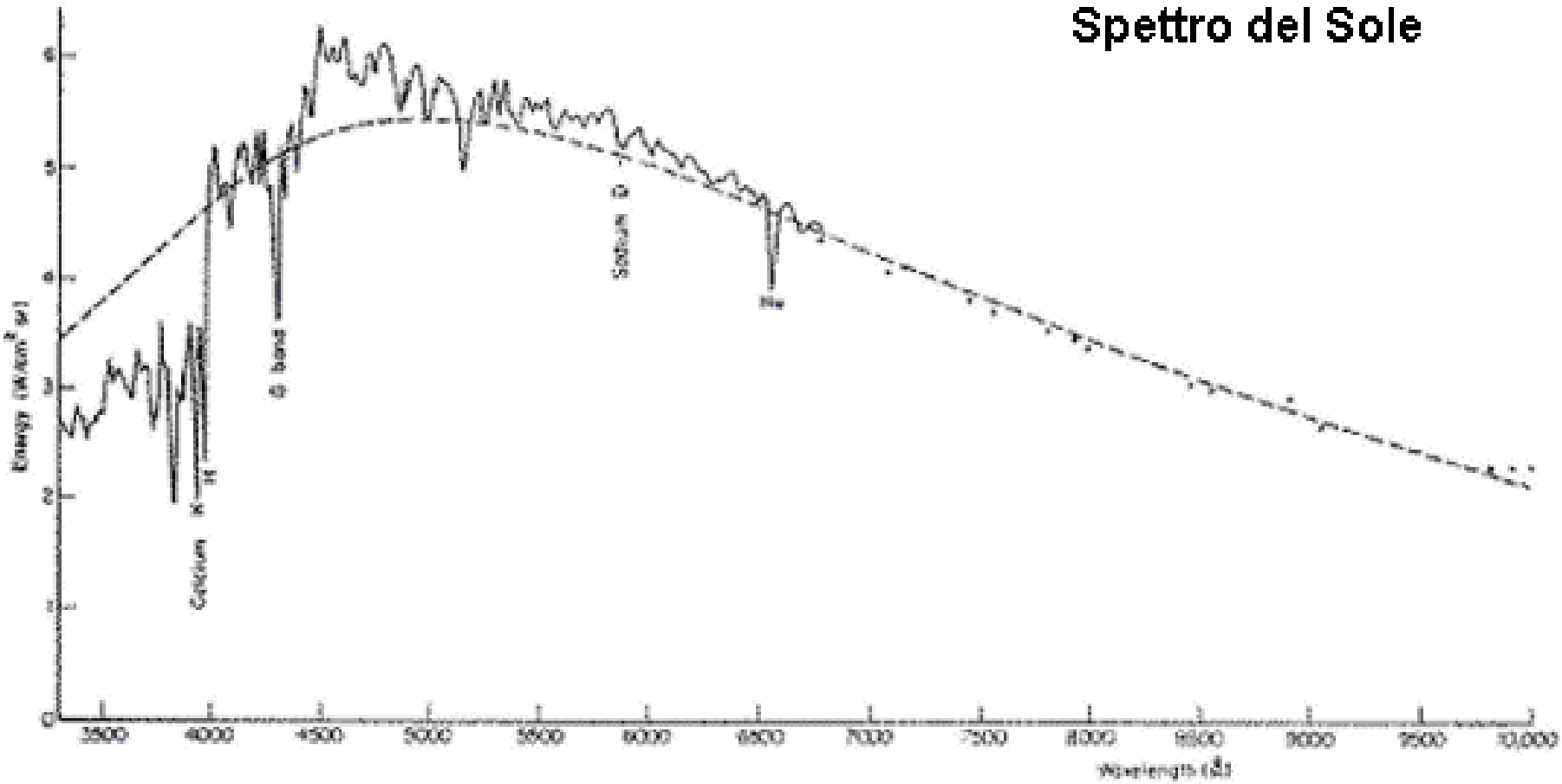
GAS CALDO E DENSO

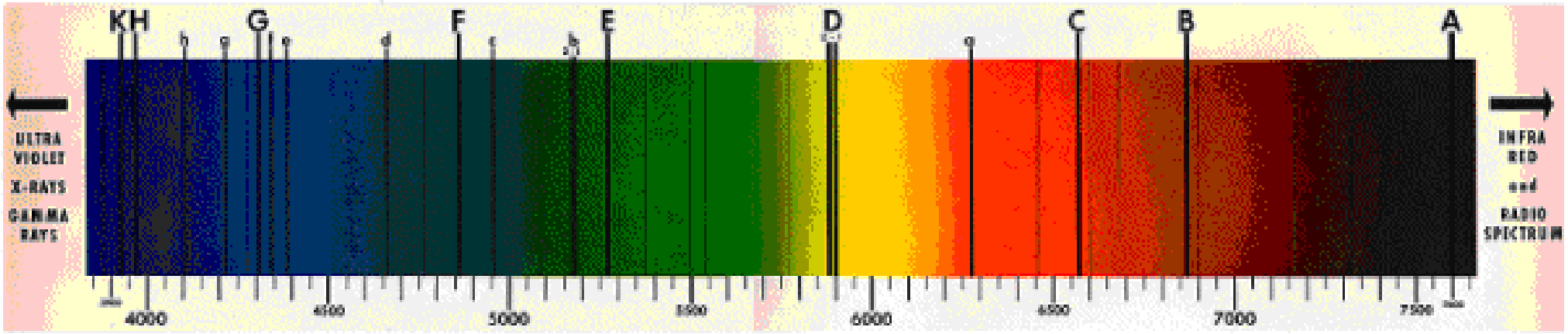


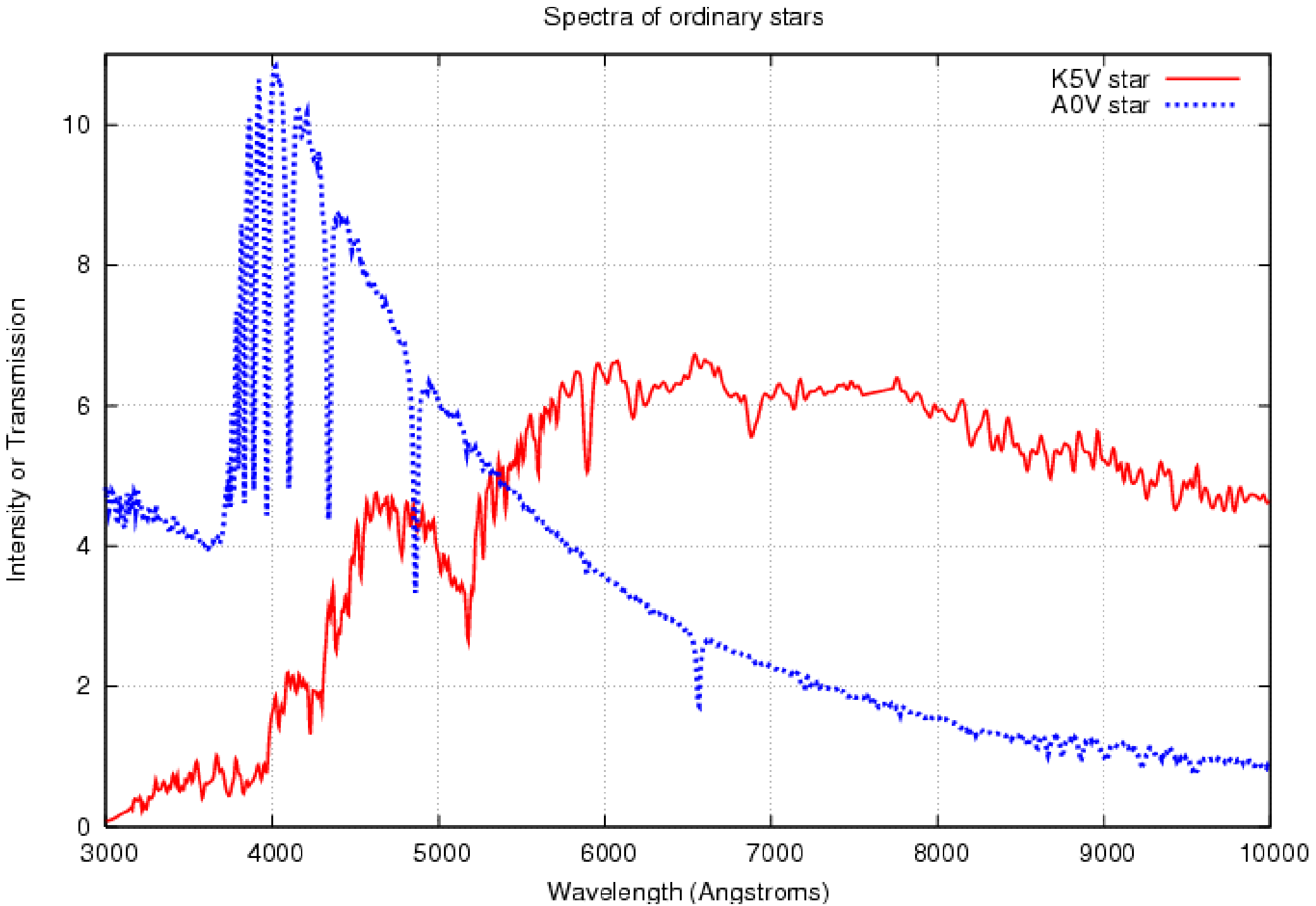
spettro tipico	temperatura alla superficie delle stelle	atomi producenti le principali righe spettrali	grandezza assoluta	colore della radiazione principale	stelle di questo tipo
	O da 35.000 a 40.000 °C	elio ionizzato idrogeno neutro elio ordinario	-6,5		λ di Cefeo
	B da 11.000 a 35.000 °C	elio neutro silicio, magnesio ossigeno, azoto idrogeno neutro	-5 2		h di Orione Altair
	A da 7.500 a 11.000 °C	metalli (specialmente calcio) che danno righe deboli, idrogeno (righe molto forti)	1,3 -0,5		Sirio Vega
	F da 6.000 a 7.500 °C	metalli (specialmente calcio) che danno righe forti idrogeno (righe deboli)	3		Procione
	G da 5.100 a 6.000 °C	potassio (righe forti) metalli neutri (righe forti) idrogeno (righe molto deboli)	5 -0,5		Sole Capella
	K da 3.500 a 5.100 °C	metalli neutri (righe forti) idrogeno (righe molto deboli)	0 8		Arturo 61 del Cigno
	M da 2.000 a 3.500 °C	molecole di ossido di titanio (righe forti)	-5 -4 12 o 13		Betelgeuse Antares e molte altre


T = 12,000 K
λm ≈ 250 nm
T = 6000 K
λm ≈ 500 nm
T = 3000 K
λm ≈ 1000 nm
Brightness
0
500
1,000
1,500
2,000
Wavelength (nm)

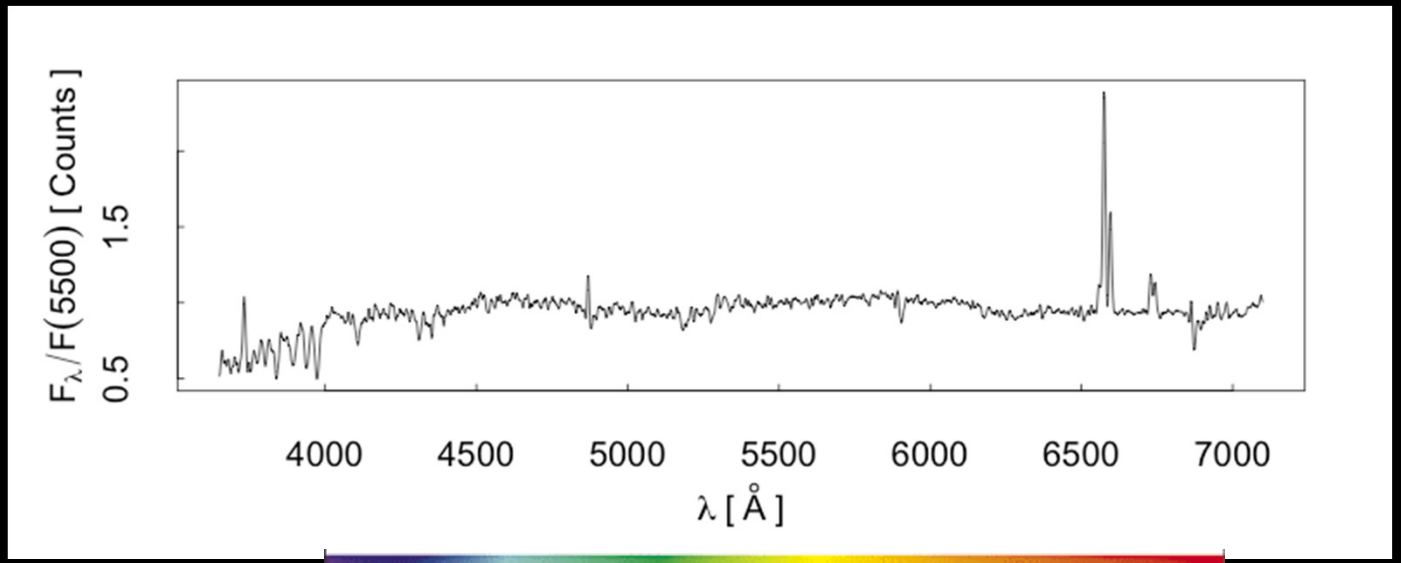
Spettro del Sole

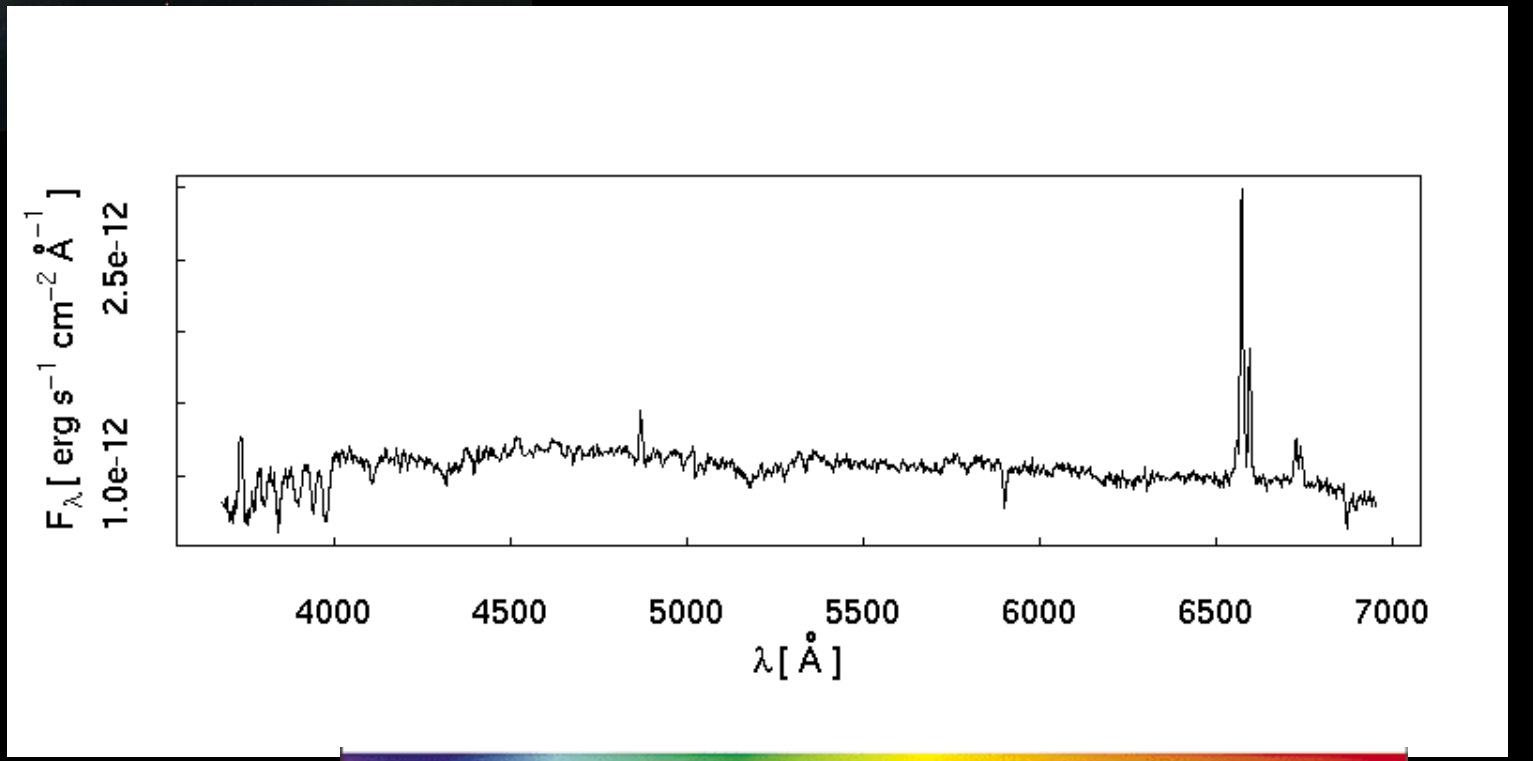





Spectra of ordinary stars
K5V star
A0V star
Intensity or Transmission
Wavelength (Angstroms)
0
2
4
6
8
10
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000

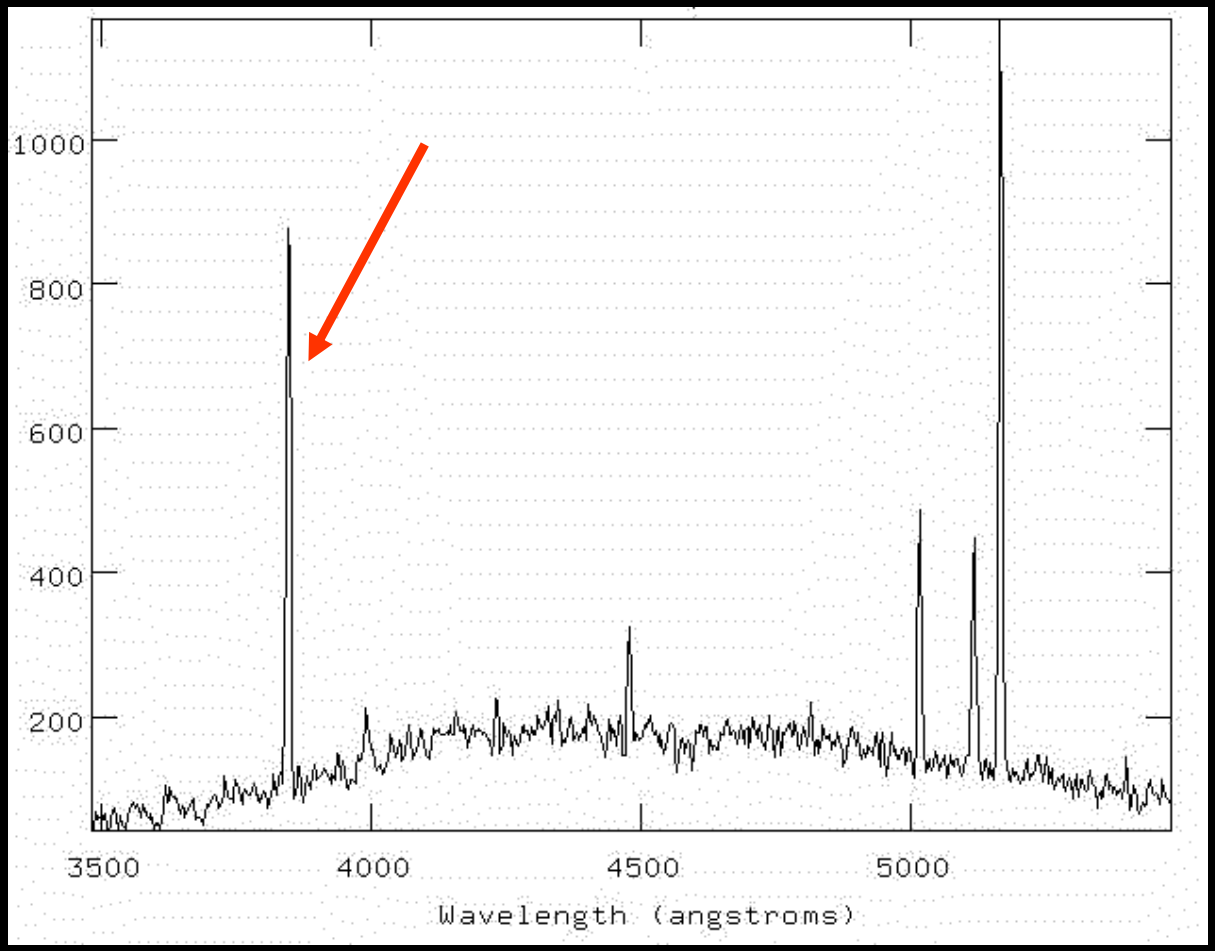
NGC 2903


$F_\lambda/F(5500)$ [Counts]
0.5
1.5
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
λ [Å]


F_λ [erg s^{-1} cm^{-2} Å^{-1}]
1.0e-12
2.5e-12
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
λ [Å]

La spettroscopia
studia la distribuzione luce alle varie lunghezze d'onda

Negli spettri ci sono spesso righe di emissione



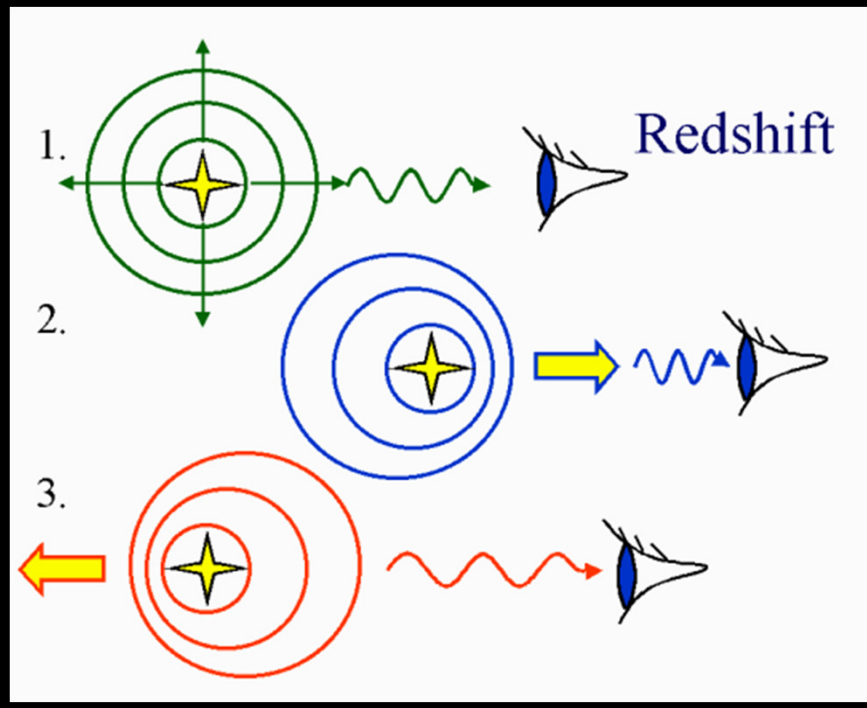
Radiazione prodotta da transizioni elettroniche all'interno degli atomi

Gran premio di Formula 1

Effetto Doppler

Se una sorgente luminosa si avvicina le lunghezze d'onda della radiazione diminuiscono

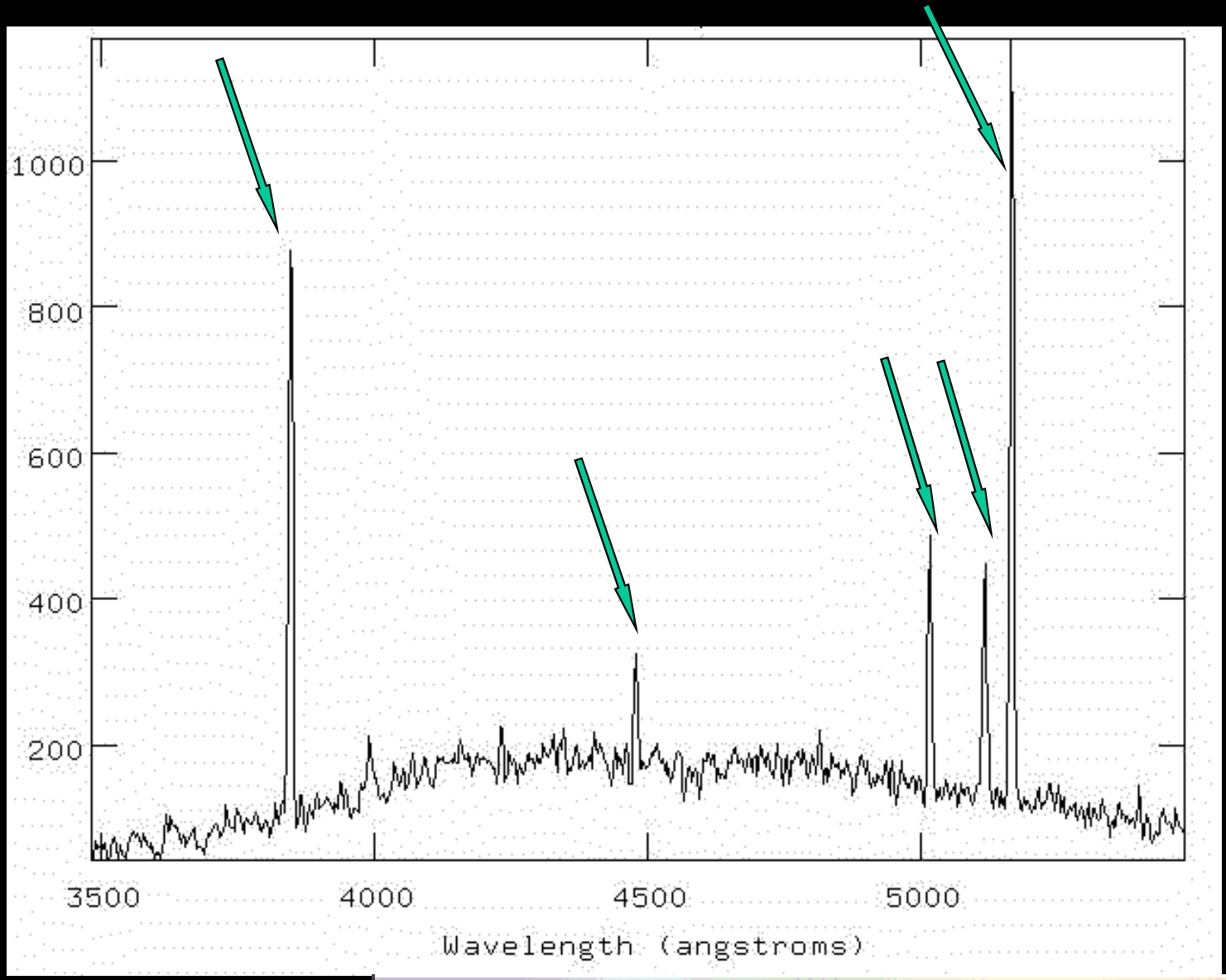
BLUE SHIFT

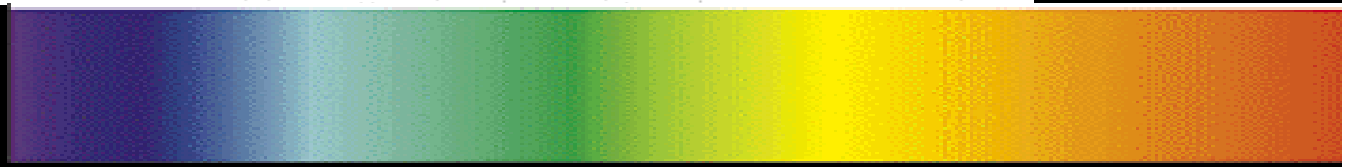


Se una sorgente luminosa si allontana le lunghezze d'onda della radiazione aumentano

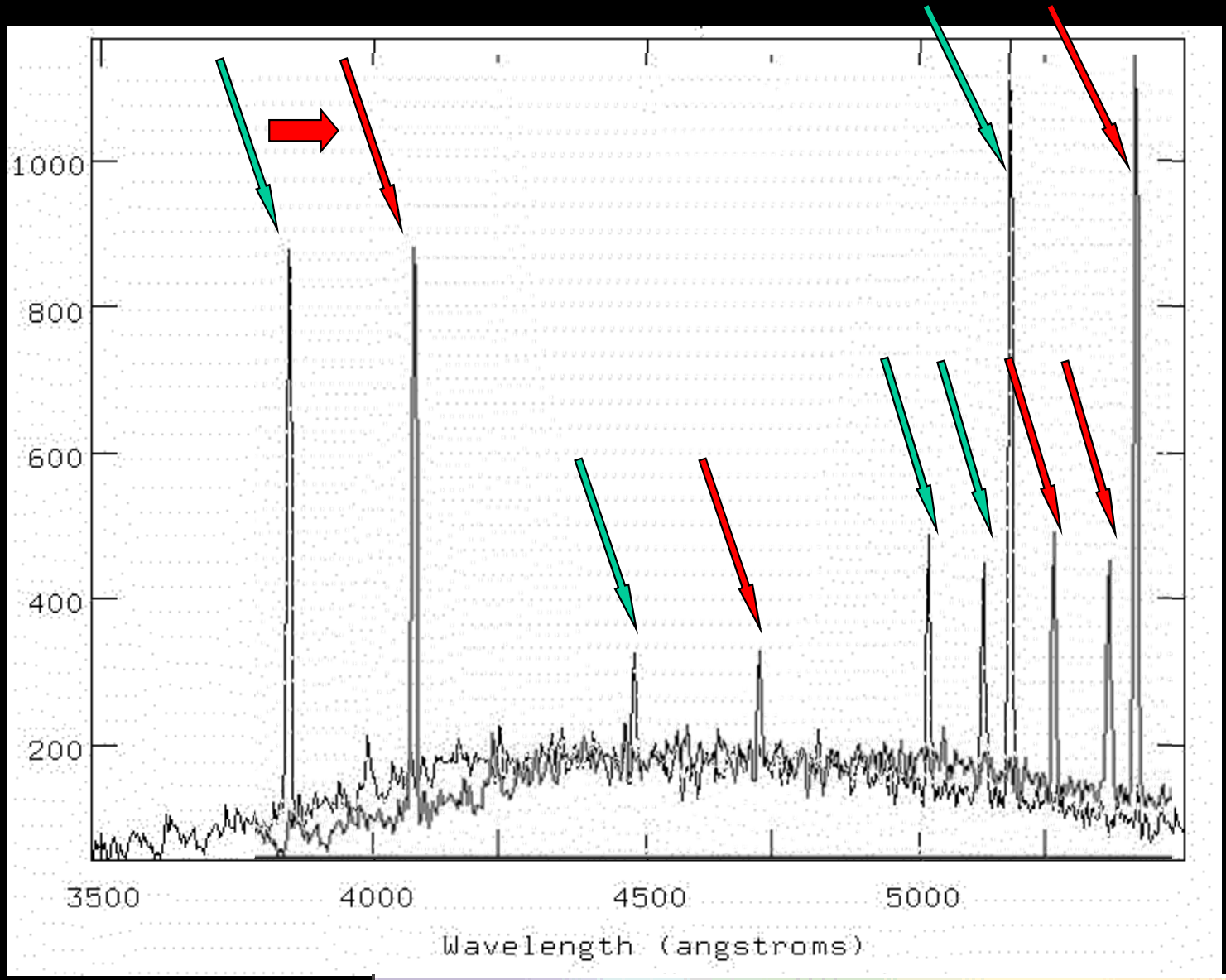
REDSHIFT

Sorgente “a riposo”

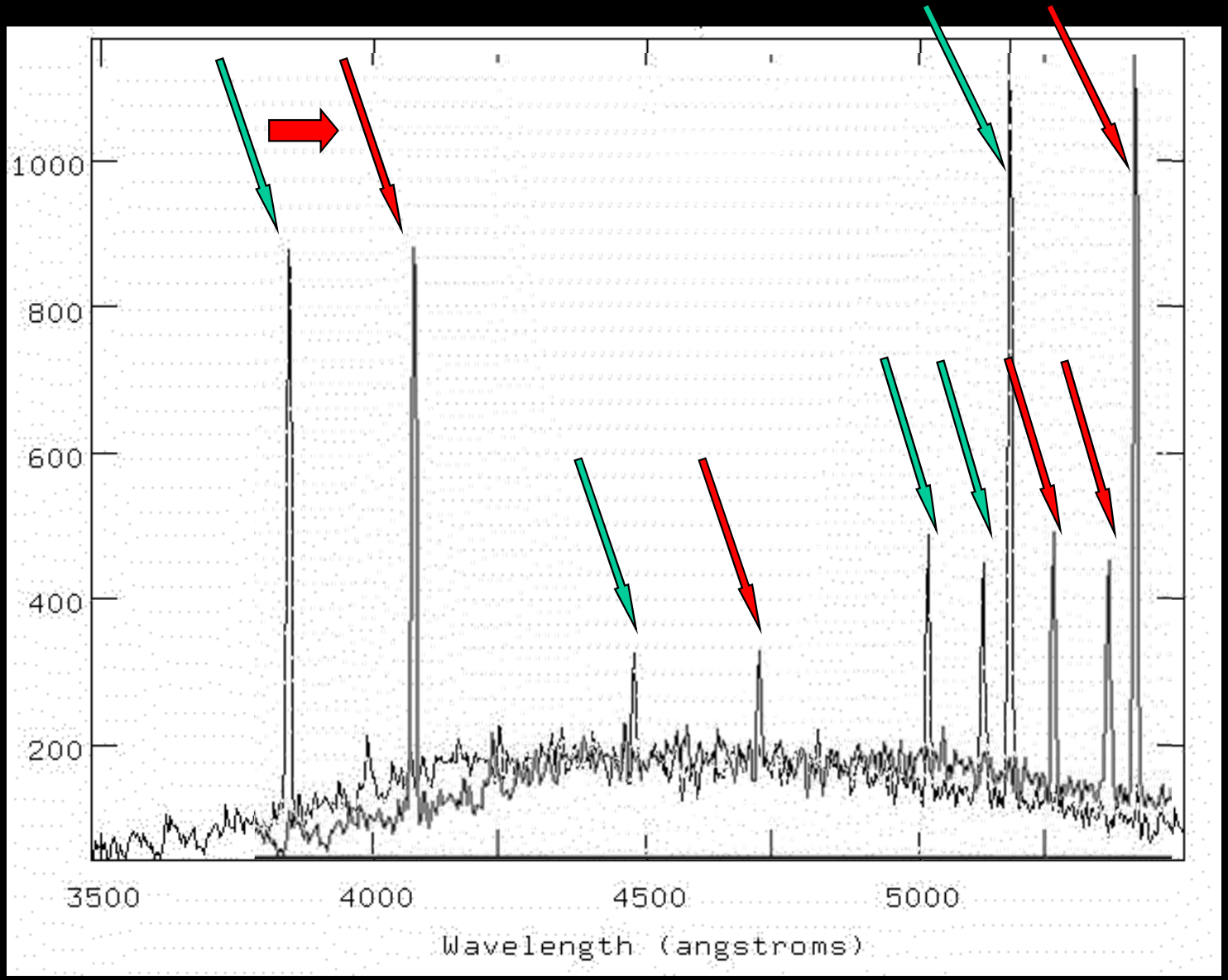




Effetto Doppler – sorgente in allontanamento



Effetto Doppler – sorgente in allontanamento

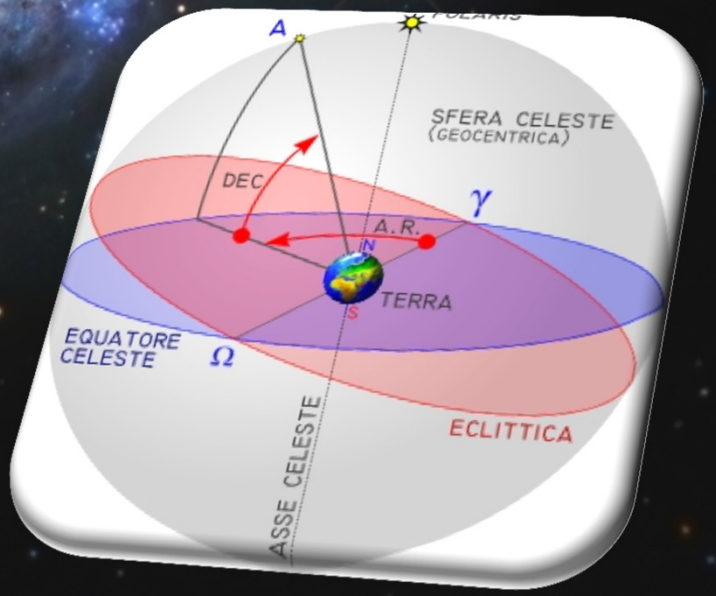


le righe si spostano quindi verso il rosso: **redshift**

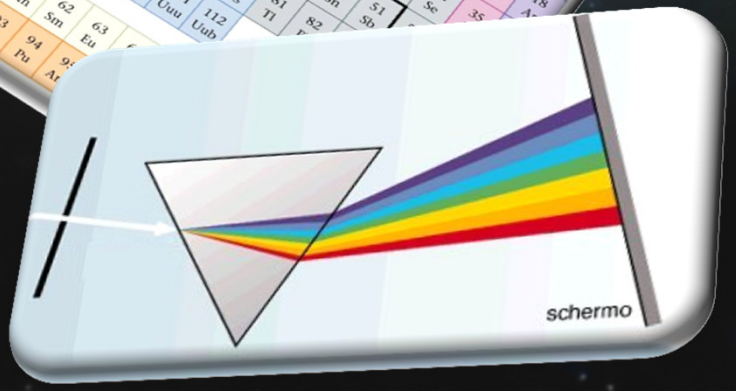
Effetto Doppler

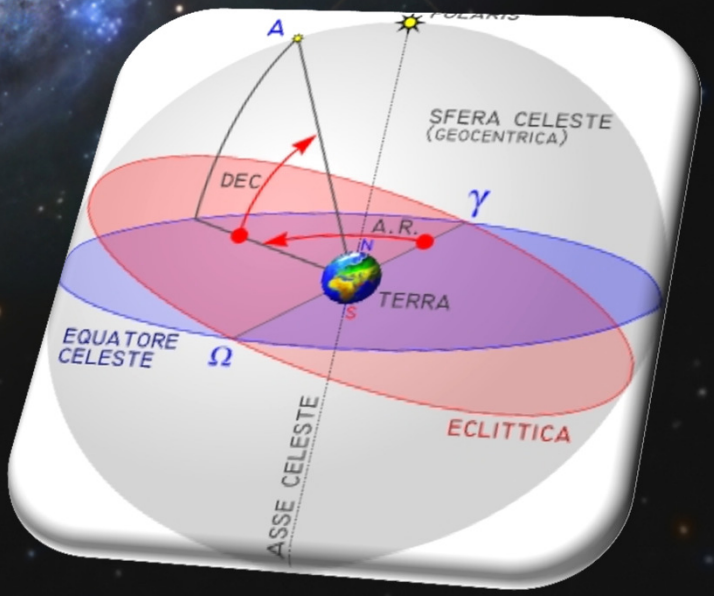
(non relativistico)

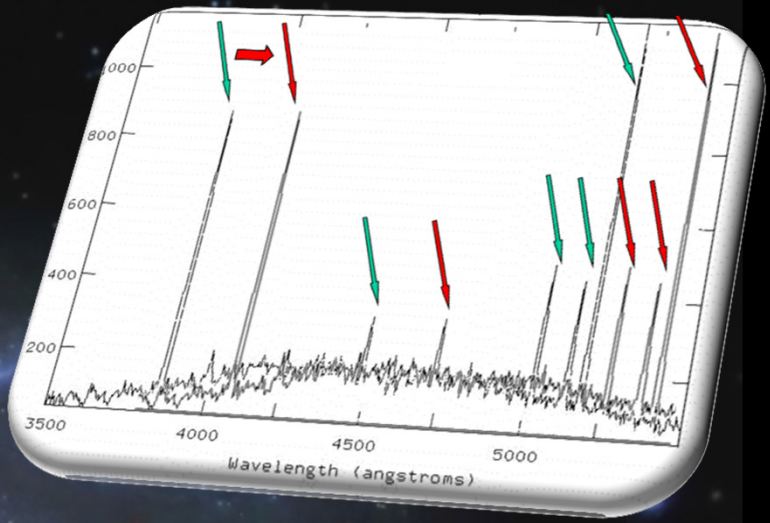
$$\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0} = \frac{v_s}{c} \approx z$$


A
SFERA CELESTE
(GEOCENTRICA)
DEC
γ
A.R.
N
S
TERRA
EQUATORE
CELESTE
Ω
ECLITTICA
ASSE CELESTE

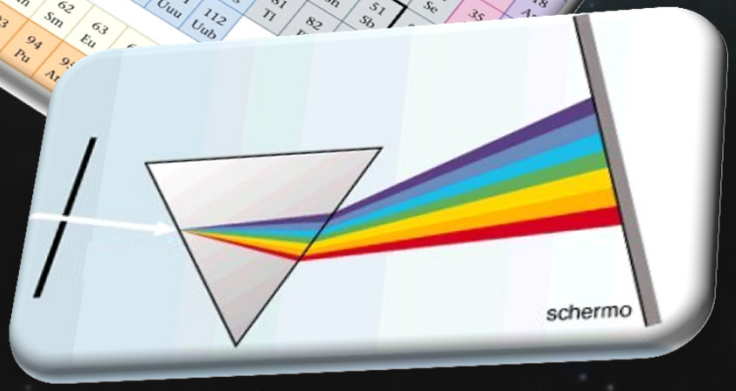
Alkaline earth metals
Alkali metals
Transition metals
Halogens
*Lanthanides
†Actinides

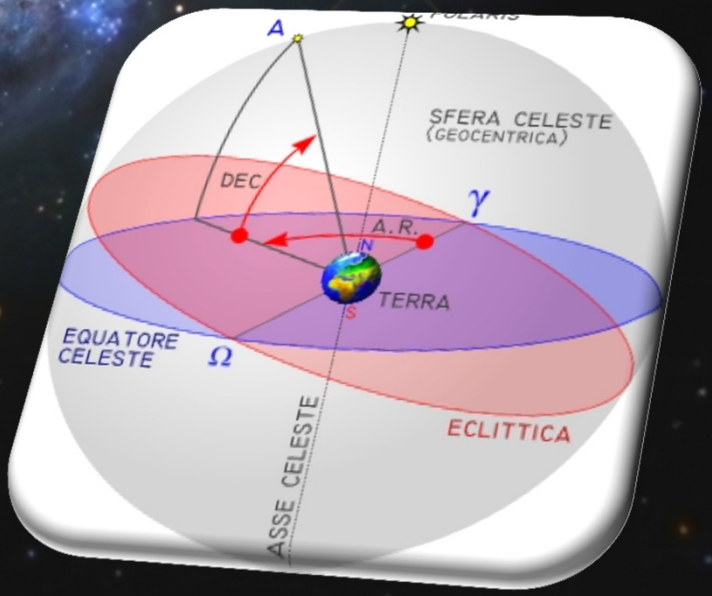

schermo

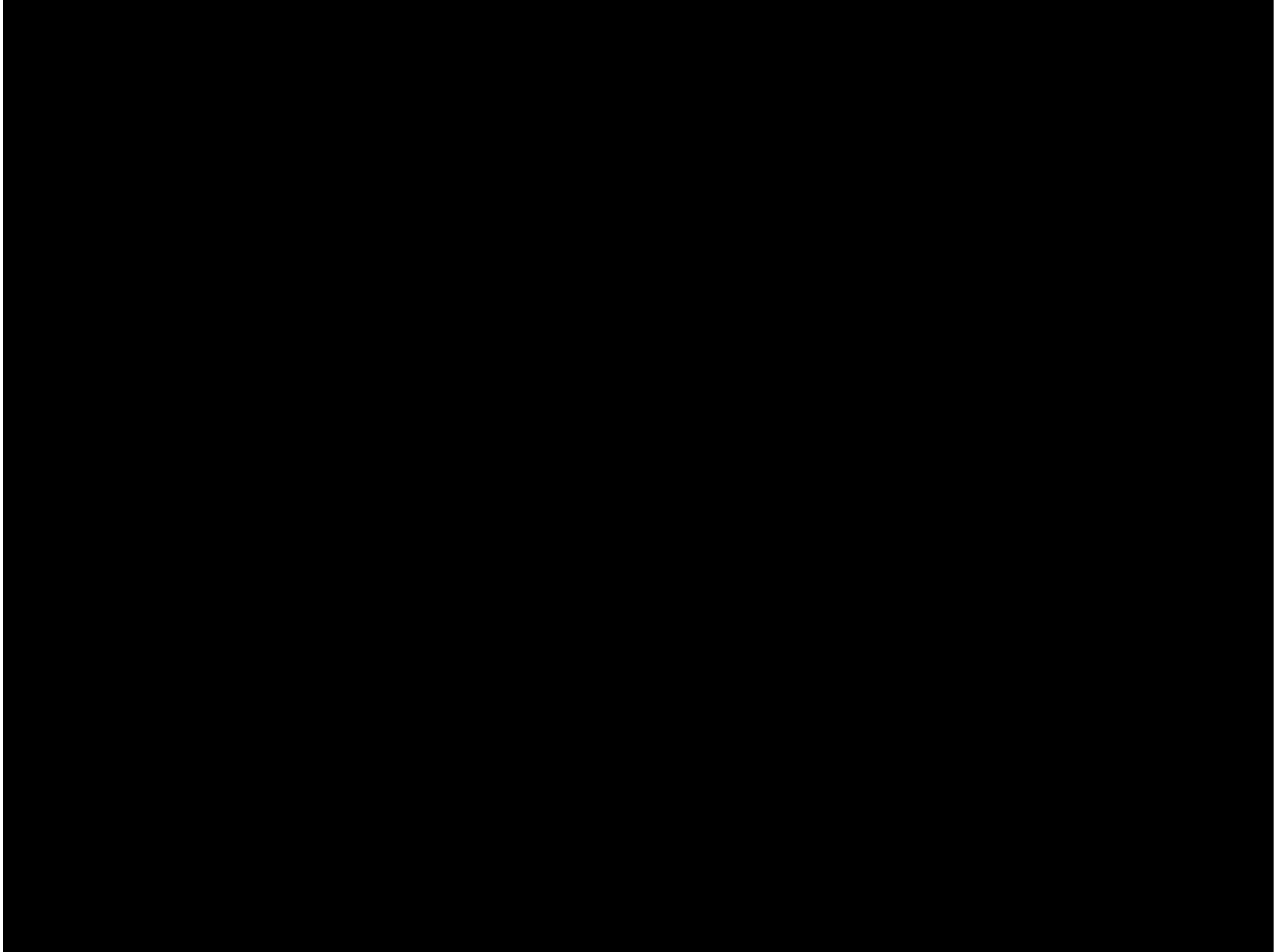

A
SFERA CELESTE
(GEOCENTRICA)
DEC
A.R.
γ
N
S
TERRA
EQUATORE
CELESTE
Ω
ECLITTICA
ASSE CELESTE


1000
800
600
400
200
3500
4000
4500
5000
Wavelength (angstroms)

Alkaline earth metals
Alkali metals
Transition metals
Halogens
*Lanthanides
†Actinides

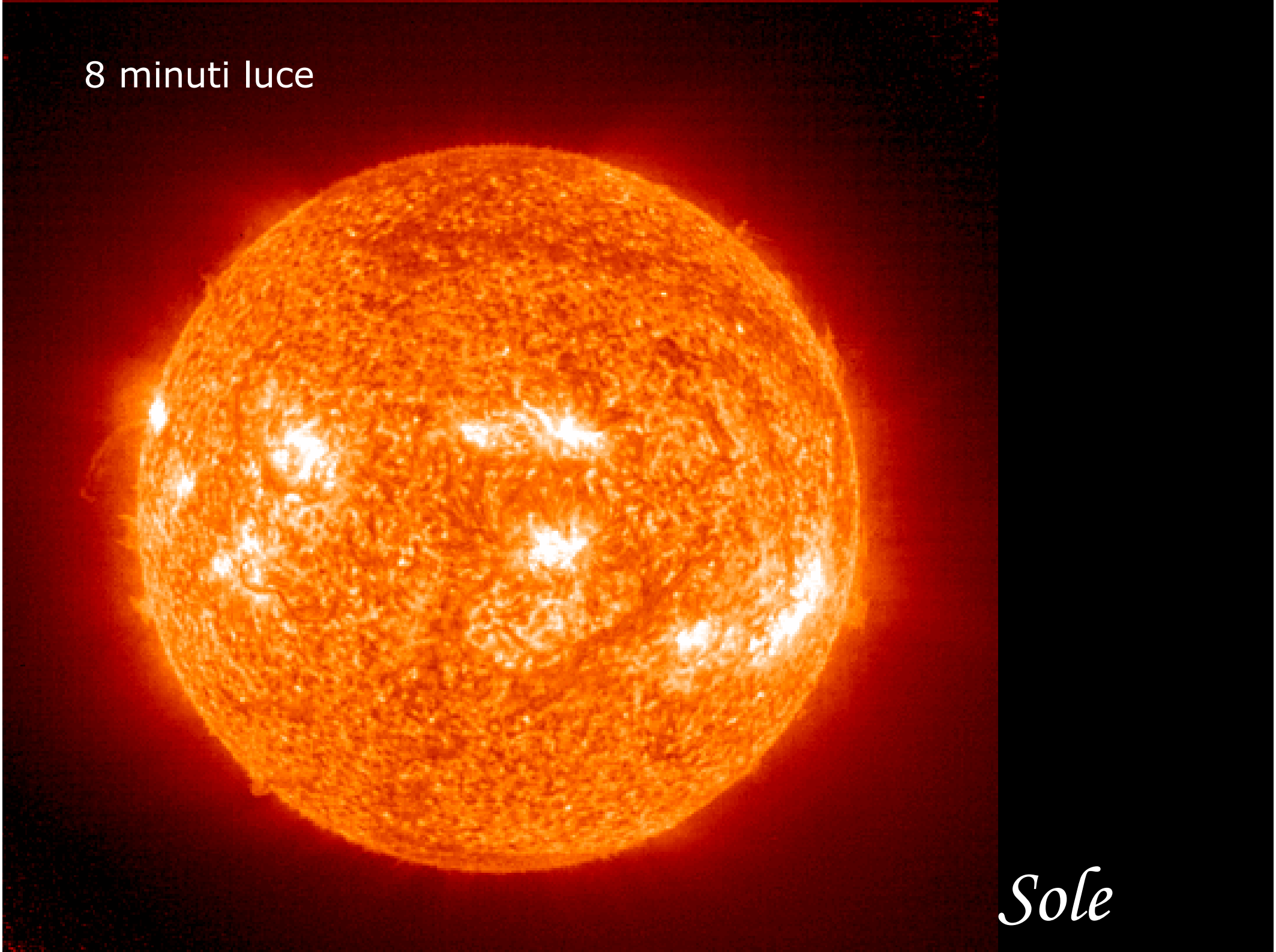

schermo


A
SFERA CELESTE
(GEOCENTRICA)
DEC
γ
A.R.
N
TERRA
S
EQUATORE
CELESTE
Ω
ECLITTICA
ASSE CELESTE

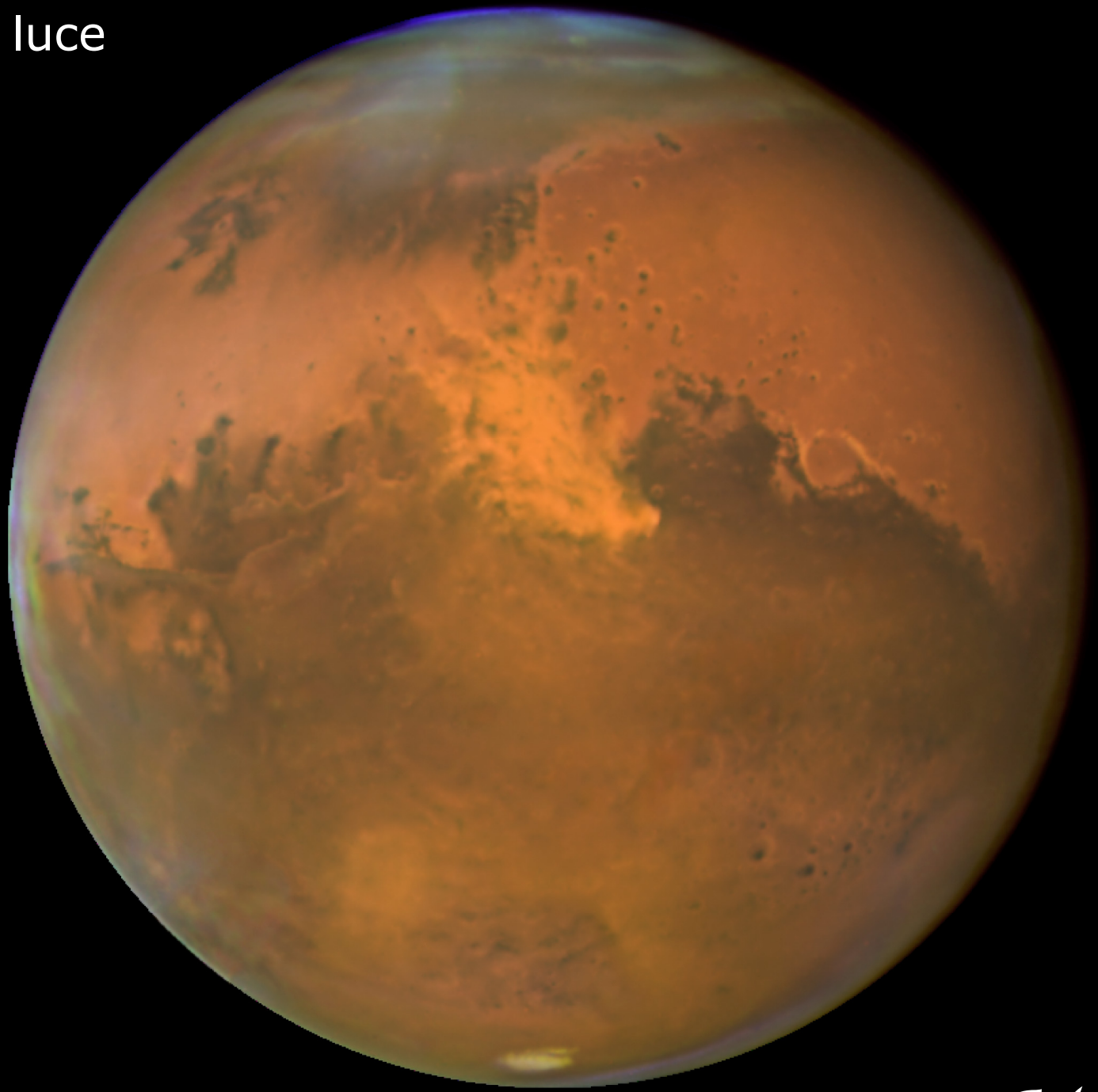


1,3 secondi luce

Luna


8 minuti luce
Sole

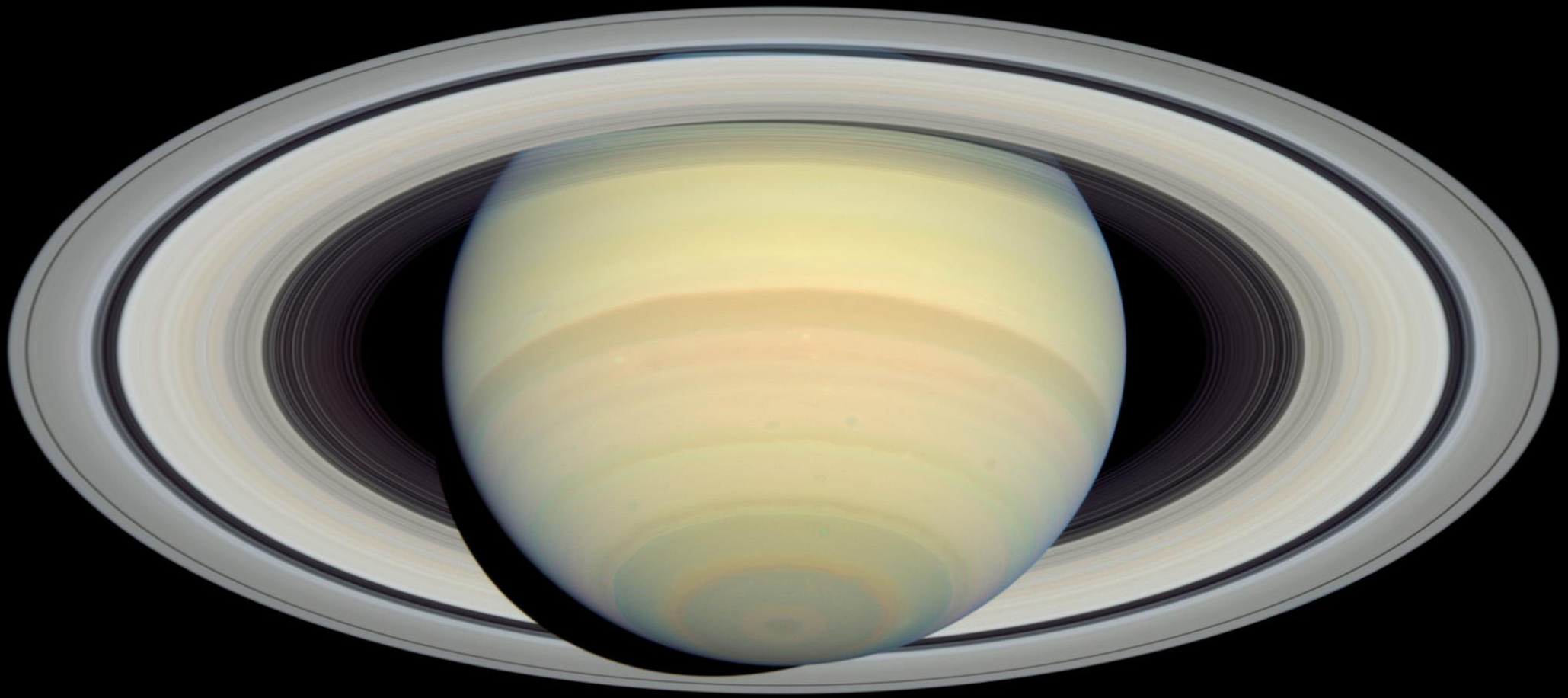
12 minuti luce



Marte

Marte
12 minuti luce

80 minuti luce

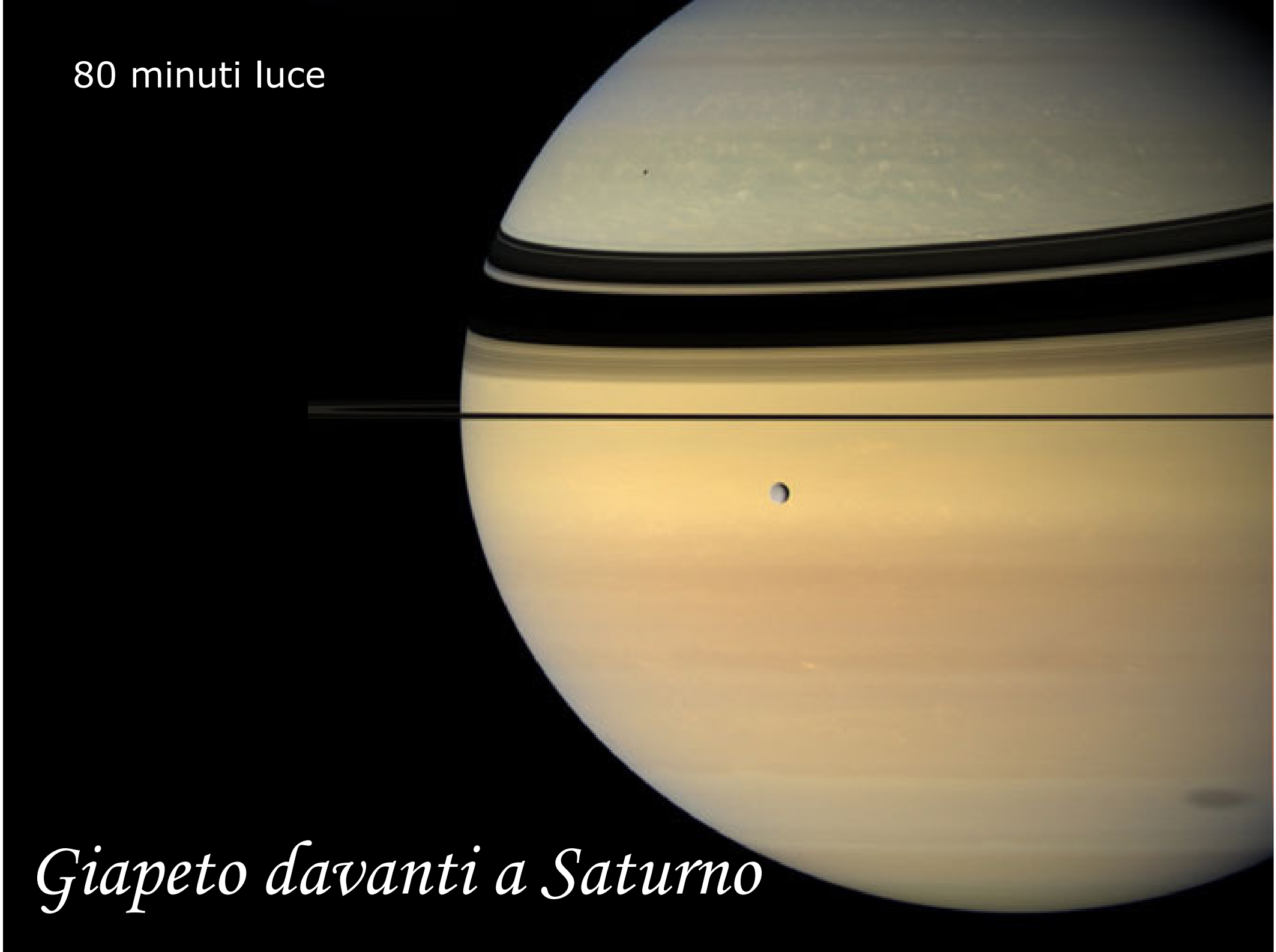


Saturno

80 minuti luce

Giapeto

80 minuti luce



Giapeto davanti a Saturno

3300 anni luce

Nebulosa planetaria - Occhio di gatto

Nebulosa del granchio - Resto di supernova

20000 anni luce
V838 Monocerotis – stella variabile

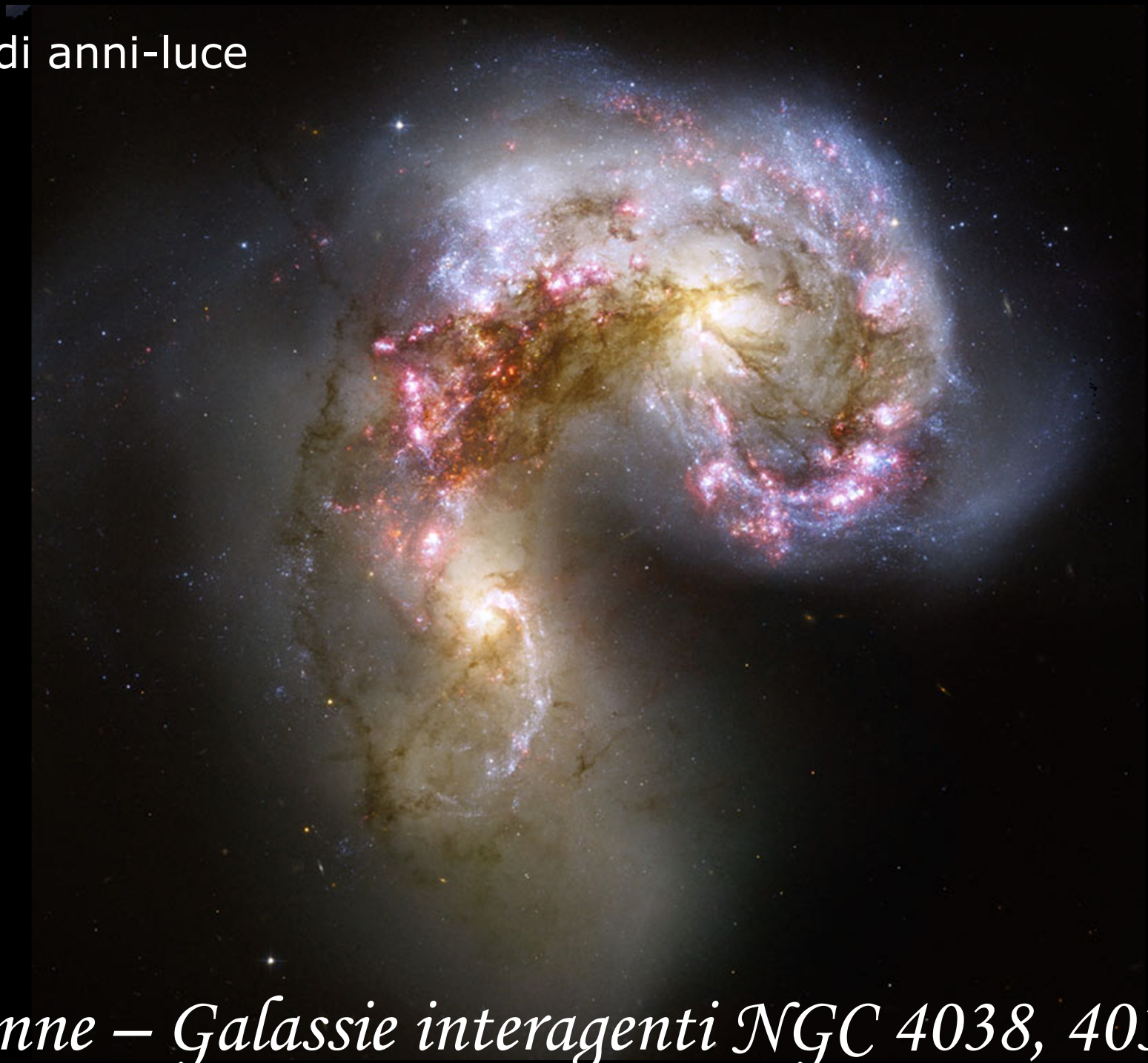
Ammasso di stelle M80

Formazione stellare nella piccola nube di Magellano

25 milioni di anni-luce
Galassia M101

31 milioni di anni-luce
Galassia vortice M51

63 milioni di anni-luce



Le antenne – Galassie interagenti NGC 4038, 4039

69 milioni di anni-luce

Galassia barrata NGC 1300

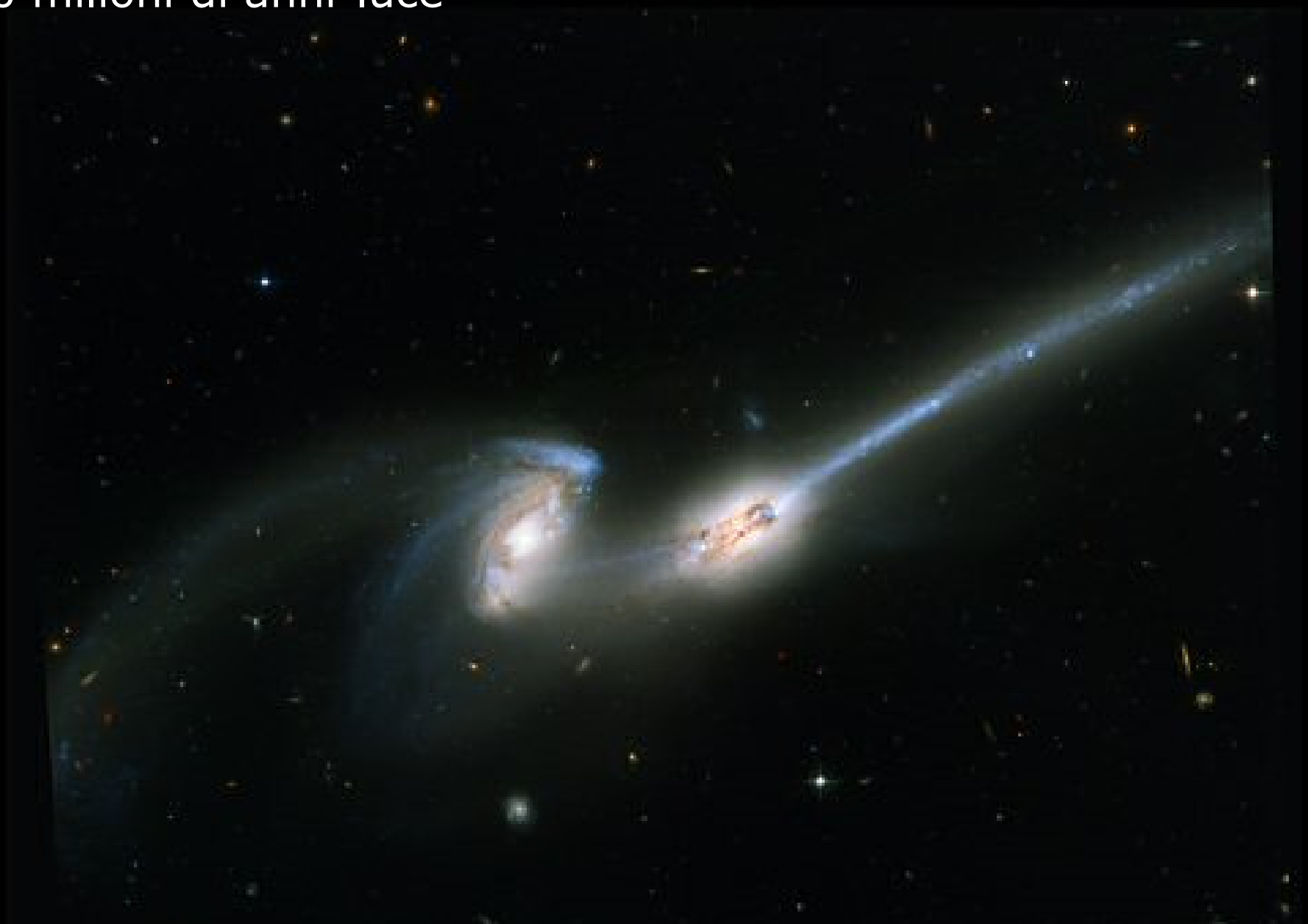
129 milioni anni luce

Galassie interagenti NGC 2207 e IC 2163

300 milioni di anni-luce

Galassia Anello – AM 0644-741

300 milioni di anni-luce



I topi – Galassie interagenti NGC 4676

300 milioni anni luce

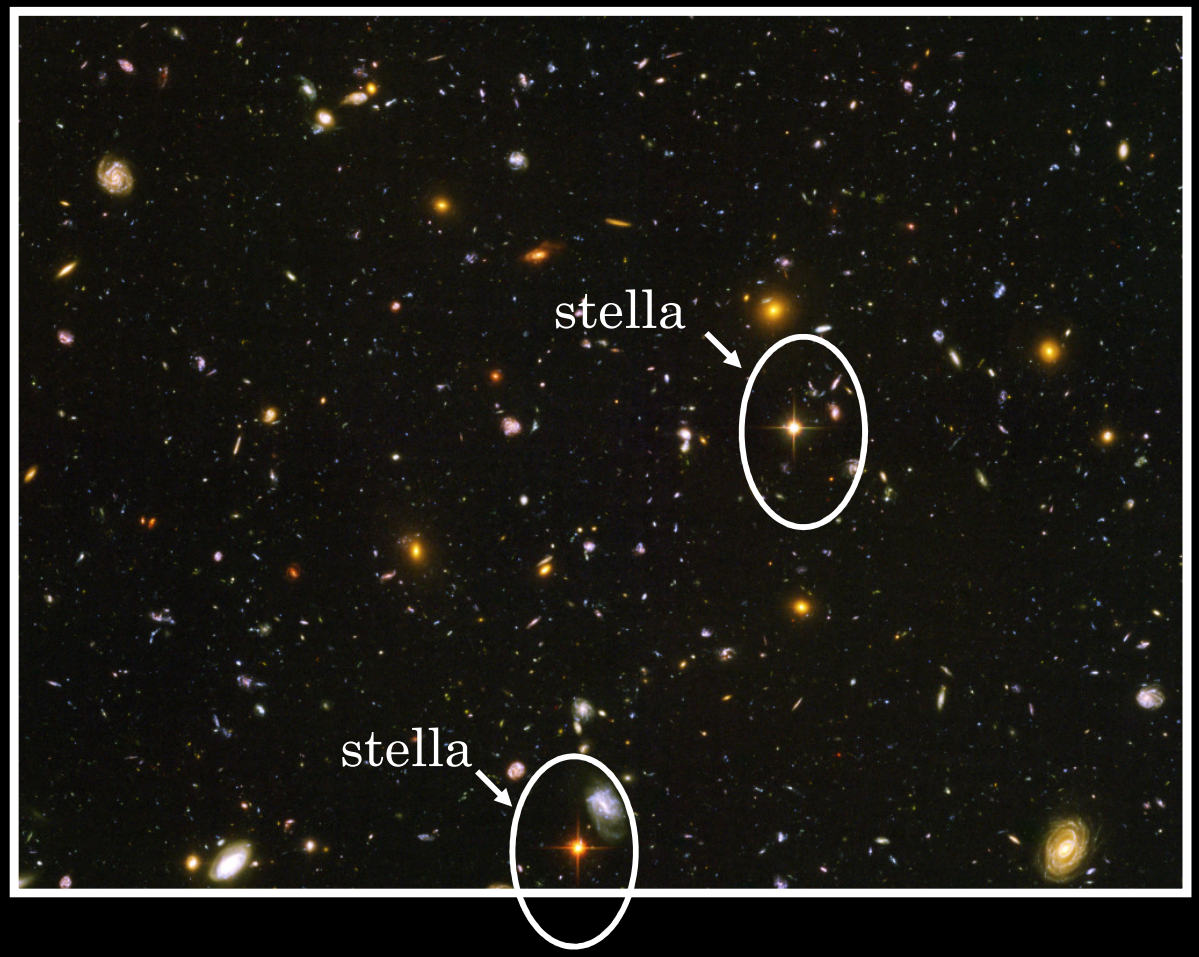
Galassie interagenti Arp 87

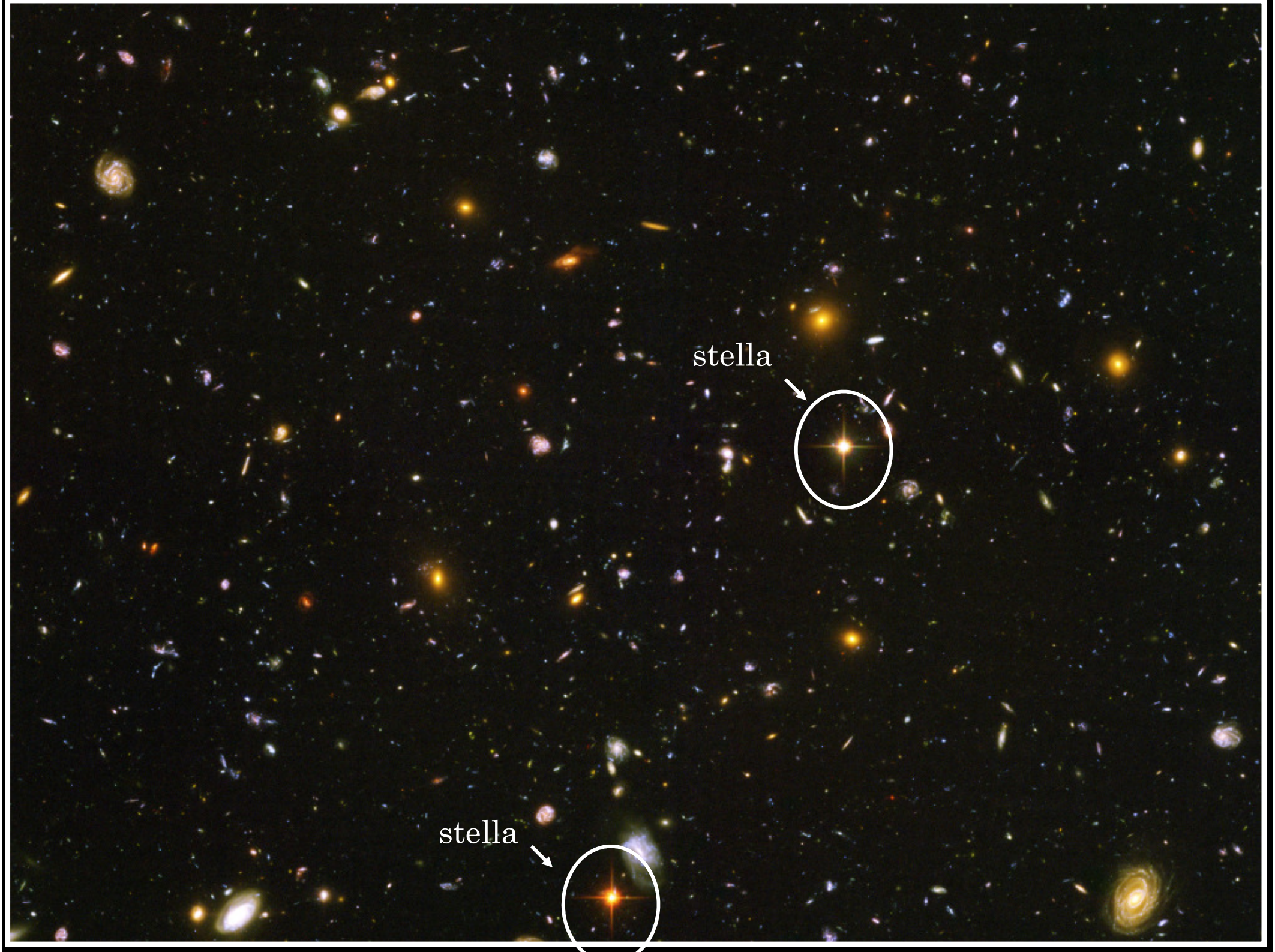
2,2 miliardi di anni luce
Ammasso di galassie Abell 1689

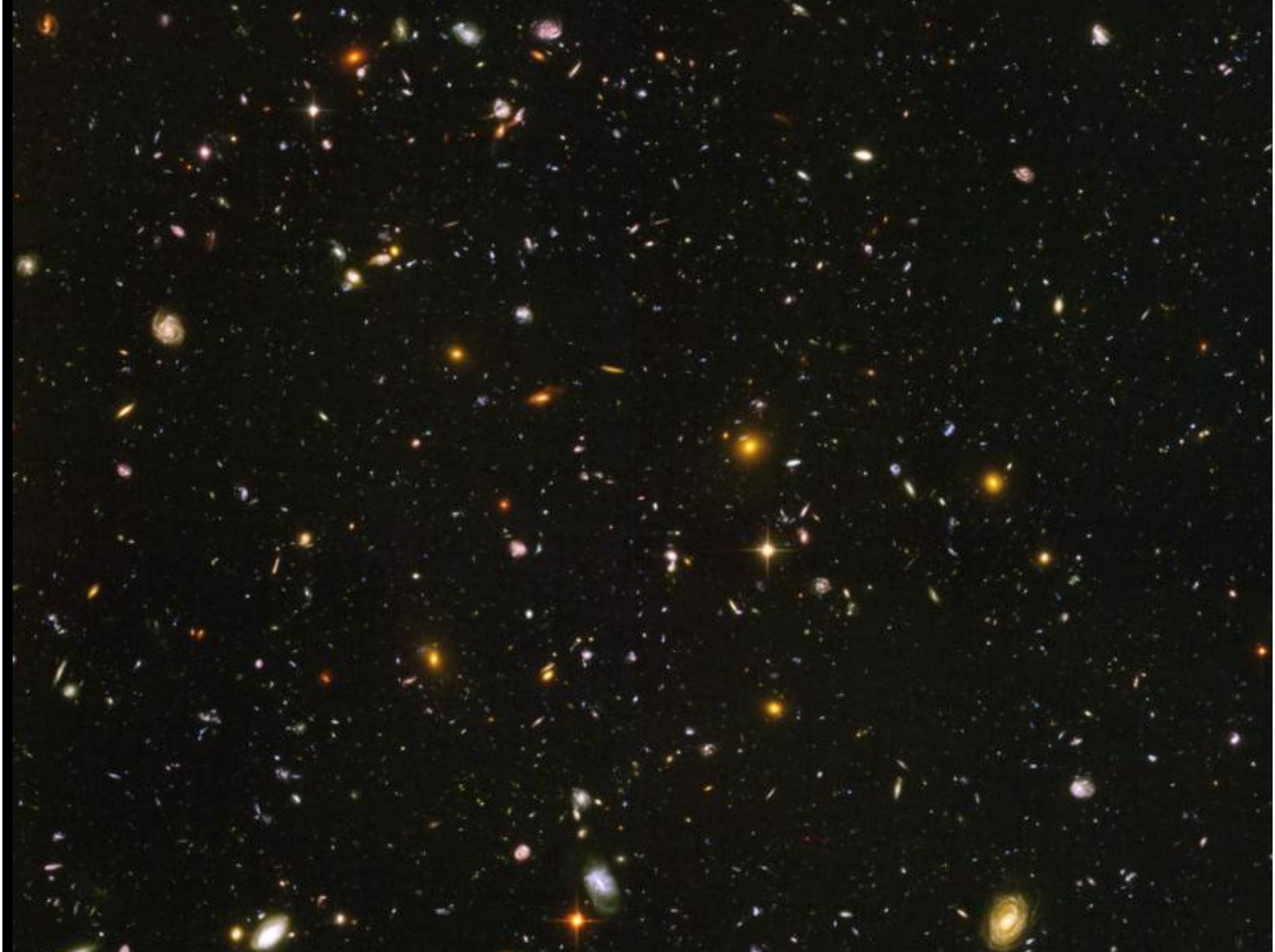
Hubble Ultra Deep Field:

Angolo di cielo grande quanto un decimo della luna piena

Ogni singolo punto luminoso in questo angolo di cielo (ad eccezione di due sole stelle) è una galassia.



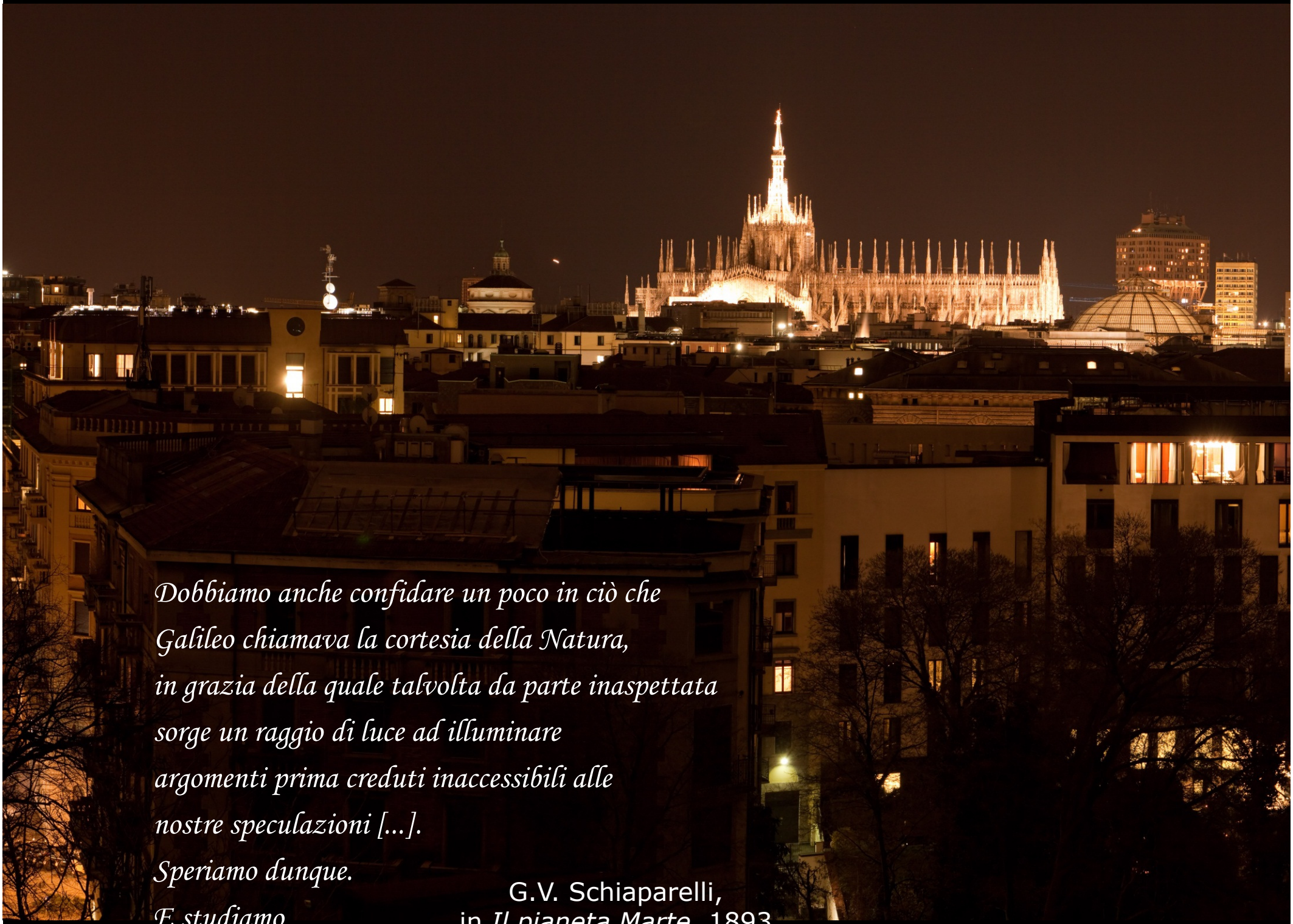

stella
stella



«Equipaggiato dei suoi cinque sensi, l'uomo esplora l'universo attorno a lui e chiama l'avventura Scienza.»

Edwin Hubble

Buona serata!
Ilaria Arosio



Dobbiamo anche confidare un poco in ciò che
Galileo chiamava la cortesia della Natura,
in grazia della quale talvolta da parte inaspettata
sorge un raggio di luce ad illuminare
argomenti prima creduti inaccessibili alle
nostre speculazioni [...].
Speriamo dunque.
E studiamo

G.V. Schiaparelli,
in *Il pianeta Marte*, 1893